



Les répartitions possibles entre les acteurs de la filière agro-alimentaire des gains éventuels tirés des plantes transgéniques en France

Stéphane Lemarié, Marion Desquilbet, A. Diemer, Stephan Marette, F. Levert, M. Carrère, D.S. Bullock

► To cite this version:

Stéphane Lemarié, Marion Desquilbet, A. Diemer, Stephan Marette, F. Levert, et al.. Les répartitions possibles entre les acteurs de la filière agro-alimentaire des gains éventuels tirés des plantes transgéniques en France. [Rapport Technique] Inconnu. 2001, 185 p. hal-02279002

HAL Id: hal-02279002

<https://hal.science/hal-02279002>

Submitted on 4 Sep 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License



Les répartitions possibles entre les acteurs de la filière agro-alimentaire des gains éventuels tirés des plantes transgéniques en France

Stéphane Lemarié

Marion Desquilbet

Arnaud Diemer

Stéphan Marette

Fabrice Levert

Myriam Carrère

David Bullock (collab.)

Juillet 2001

*Etude financée par le Commissariat Général du Plan
(convention d'étude numéro 01/2001)*

Liste des auteurs et affiliations

Myriam Carrère

Ingénieur d'Etude
INRA-ESR, équipe SERD
INRA Université Pierre Mendès France
BP 47
38040 Grenoble Cedex 9
carrere@grenoble.inra.fr
<http://www.grenoble.inra.fr>

Marion Desquilbet

Chargée de Recherche
INRA-ESR
équipe Politique Agricole et Modélisation
rue Adolphe Bobierre
CS 61103, 35011 Rennes cedex
Marion.Desquilbet@roazhon.inra.fr
<http://www.rennes.inra.fr/economie>

Arnaud Diemer

Maître de Conférence
IUFM d'Auvergne
IHEDREA Paris
Département d'Economie
36-38 avenue Jean-Jaurès
63400 Chamalières
adiemer@auvergne.iufm.fr

Stéphane Lemarié

Chargé de Recherche
INRA-ESR, équipe SERD
INRA Université Pierre Mendès France
BP 47
38040 Grenoble Cedex 9
lemarie@grenoble.inra.fr
<http://www.grenoble.inra.fr>

Fabrice Levert

Assistant Ingénieur
INRA-ESR
équipe Politique Agricole et Modélisation
rue Adolphe Bobierre
CS 61103, 35011 Rennes cedex
Fabrice.Levert@roazhon.inra.fr
<http://www.rennes.inra.fr/economie>

Stéphan Marette

Chargé de Recherche
UMR Economie Publique INRA-INAPG
16 rue Claude Bernard
75231 Paris cedex 05
marette@inapg.inra.fr

Le chapitre 3 de ce rapport a été réalisé en collaboration avec David Bullock:

David S. Bullock

Associate Professor
Department of Agricultural and Consumer Economics
University of Illinois
305 Mumford Hall
1301 W. Gregory Drive
Urbana, IL 61801
Etats-Unis
dsbulloc@uiuc.edu
<http://www.ace.uiuc.edu/faculty/bullockd.html>

Remerciements

Ce rapport présente un bilan d'un peu plus de 6 mois de recherche. Pour conduire ces travaux, nous avons bénéficié de l'aide de plusieurs personnes que nous souhaitons remercier.

Le deuxième chapitre de cette étude n'aurait pas pu être conduit sans l'accès à différentes données qui nous ont été fournies par l'AGPM, le CETIOM, l'ITB et la Protection des Végétaux. Nous tenons à remercier les personnes de ces institutions avec qui nous avons été en contact, non seulement pour l'accès aux données, mais également pour leurs suggestions et réponses à nos questions.

L'analyse présentée ici s'appuie en partie sur une quinzaine d'entretiens réalisés auprès de responsables d'entreprises ou d'organismes que nous tenons à remercier pour leur accueil et le temps passé à répondre à nos interrogations.

A mi-parcours, nous avons eu l'occasion de discuter de résultats intermédiaires avec Hacina Benhamed, Pierre-Benoît Joly, Antoine Messéan et Egizio Valsceschini que nous remercions pour leurs observations.

Les résultats présentés ici n'engagent bien sûr que la responsabilité des auteurs.

Sommaire

Résumé

Une évolution des relations entre deux métiers de l'amont: les semences et les produits phytosanitaires	i
La diffusion et l'impact potentiel des OGM en France: quelques résultats concernant la betterave, le colza et le maïs	ii
Evaluation des coûts potentiels en cas de coexistence OGM / non OGM en France pour le colza et le maïs	v

Introduction

1

Chapitre 1. Le développement des OGM et l'évolution des relations entre les métiers de l'amont de l'agriculture

Introduction	6
1. Les déterminants des ventes et des profits tirés des innovations dans les industries amonts	7
1.1. Les semences conventionnelles	8
- Le cadre réglementaire	8
- Les déterminants de l'appropriabilité	8
- La segmentation et les pratiques des agriculteurs	11
1.2. Produits phytosanitaires	13
- Les caractéristiques de base des produits et le contexte réglementaire	13
- La segmentation	15
- Les pratiques des agriculteurs	15
- Les volumes de ventes et leurs distributions	16
1.3. Vers le développement de variétés présentant des composantes de l'offre en protection des plantes	17
- Le traitement de semences	17
- Les variétés non-OGM résistantes à des herbicides	18
- Les variétés OGM	18
2. Les acteurs et les structures industrielles	19
2.1. Evolution générale dans l'industrie des semences	19
2.2. Evolution générale dans l'industrie des phytosanitaires	21
2.3. Evolution générale sur les biotechnologies agricoles	24
- Du côté des firmes détentrices des OGM	24

- Du côté des semenciers	26
3. Un modèle de compétition sur la protection des plantes	27
3.1. Le modèle	27
3.2. Les fonctions de demande	29
3.3. L'équilibre initial avec une seule solution de protection des plantes	30
3.4. Analyse de l'impact de l'introduction d'une solution OGM	32
- Analyse dans le cas IR	32
- Analyse dans le cas HT	33
Conclusion	34
Références	35
Annexe A. Solution analytique du modèle de concurrence	36
- Le cas IR	36
- Le cas HT	36

Chapitre 2. La diffusion potentielle des OGM en France et son impact sur le revenu des agriculteurs et des firmes situées en amont

Introduction	39
1. Les hypothèses de travail et la démarche	40
1.1. Hypothèses générales	40
1.2. La démarche retenue pour réaliser les estimations dans ce chapitre	41
2. Analyse dans le cas HT (Colza et Betterave)	44
2.1. Formulation analytique	44
2.2. Application au cas du Colza HT	49
- Les données de départ	49
- L'adoption de programme OGM	51
- Les gains des acteurs et la stratégie optimale sur les OGM	52
- L'impact sur l'utilisation des pesticides conventionnels	56
- Analyse de sensibilité	57

2.3. Application au cas de la Betterave HT	65
- Les hypothèses et données de base	65
- L'adoption de programme OGM	67
- Les gains des acteurs et la stratégie optimale sur les OGM	69
L'impact sur l'utilisation des pesticides conventionnels	72
- Analyse de sensibilité	73
3. Analyse dans le cas du maïs Bt	76
3.1. Formulation analytique	77
- Les indices et variables	77
- Le profit et l'utilité de l'agriculteur	78
- Définition des seuils d'adoption	79
3.2. Analyse des zones de valeurs de paramètres pour l'adoption des technologies	80
- Effet du prix du maïs Bt (w_g)	80
- Effet du niveau d'aversion au risque (b)	82
3.3. Projection sur la France	84
- Formulation de la demande pour chaque technologie et le profit des firmes situées en amont	84
- Les données de départ	84
- Analyse de l'effet de l'introduction du maïs Bt dans le cas de base	87
Conclusion	92
- Rappel de la méthode	92
- Rappel des résultats	92
- Limites et extensions possibles	93
Références	95
Annexe A. Informations sur les données brutes utilisées pour les simulations sur le Colza HT	96
A.1. Nettoyage de la base :	96
A.2. Problème du prix des produits :	96
A.3. Pondération de l'échantillon :	98
Annexe B - Les données utilisées	100

Chapitre 3. Evaluation ex ante des coûts potentiels en cas de coexistence OGM / non OGM en France

Introduction	104
1. Analyse ex ante des coûts potentiels liés à la coexistence OGM - non OGM en France	104
<i>1.1. La réglementation actuelle de l'Union Européenne et de la France sur les OGM et le non OGM</i>	<i>105</i>
a. Les autorisations sur le maïs et le colza OGM dans l'Union Européenne et en France	105
b. La réglementation sur le non OGM dans l'Union Européenne	106
<i>1.2. Les coûts potentiels liés à la coexistence OGM - non OGM, de la production de semences à la transformation</i>	<i>108</i>
a. Les coûts liés à la coexistence OGM - non OGM au stade de la production de semences	109
b. Les coûts liés à la coexistence OGM / non OGM sur l'exploitation agricole	115
c. Les coûts liés à la coexistence OGM / non OGM au stade de la collecte et du stockage	117
d. Les coûts liés à la coexistence OGM / non OGM au stade de la transformation	122
<i>1.3. Conclusion partielle</i>	<i>123</i>
2. Répartition potentielle des coûts liés à la coexistence des deux filières entre les différents acteurs: un modèle de simulation	125
<i>2.1. Introduction : structure du modèle et hypothèses principales</i>	<i>126</i>
<i>2.2. Cadre analytique</i>	<i>130</i>
a. Agriculteurs de l'UE	130
b. Stockeurs/transformateurs de l'UE	132
c. Consommateurs de l'UE	135
d. Demande excédentaire du reste du monde	137
e. Conditions d'équilibre	137
<i>2.3. Simulations</i>	<i>138</i>
a. Présentation du modèle de simulation	138
b. Simulation 1	140
c. Simulation 2	144
d. Simulation 3	145
<i>2.4. Conclusion partielle</i>	<i>146</i>
Conclusion	148
Références	148
Annexes	151

Annexe 1. Les étapes de la production de semences de maïs et de colza	151
<i>A1.1. La création variétale (semences de pré-base)</i>	151
<i>A1.2. La multiplication des parents (semences de base) et la production de semence commerciale chez les agriculteurs</i>	152
<i>A1.3. Les îlots de production pour la production de semence de base et de semence commerciale</i>	153
<i>A1.4. Livraison et conditionnement de semence commerciale</i>	153
Annexe 2. Le circuit logistique de la graine chez l'organisme stockeur	154
Annexe 3. Les marchés du maïs et du colza en France et dans l'Union Européenne	155
<i>A3.1. Développement des cultures OGM en maïs et colza dans le monde</i>	155
<i>A3.2. Les importations de maïs et de colza (semence, graines, produits transformés) en France et dans l'Union Européenne</i>	156
- Les importations de semences de maïs et colza	156
- Les importations de maïs et de colza au stade agricole et au stade transformé	157
<i>A3.3. Les utilisations intérieures du maïs et du colza</i>	158
Annexe 4. Calibrage du modèle	160
<i>A4.1. Calibrage des coûts de production des agriculteurs</i>	161
- coûts de production par tonne du colza non OGM sans identité préservée	161
- coûts de production par tonne du colza OGM	162
- coûts de production par tonne du colza non OGM à identité préservée	163
<i>A4.2. Calibrage des paramètres des transformateurs</i>	163
- Calibrage de c_{rh}	163
- Calibrage de c_{ih}	163
- Calibrage de k	164
<i>A4.3. Calibrage des paramètres des consommateurs</i>	164
- Calibrage de la demande finale lorsque tous les consommateurs sont indifférents entre le colza non IP et le colza IP	164
- Calibrage de la demande finale lorsqu'un consommateur sur deux refuse le colza non IP	166
<i>A4.4. Calibrage du reste du monde</i>	166

Liste des tableaux

Chapitre 1.

Tableau 1. Type de fécondation et types de variétés pour les principales grandes cultures.....	10
Tableau 2. Les déterminants de l'appropriabilité sur les innovations semencières	10
Tableau 3. Poids des différentes espèces végétales dans l'activité semencière en France.....	11
Tableau 4. Segmentation des marchés de semences sur la betterave, le colza et le maïs	12
Tableau 5. Chiffre d'affaires en produits phytosanitaires de principaux pays d'Europe de l'Ouest.....	16
Tableau 6. Chiffre d'affaires du marché phytosanitaire français (en millions de F)	16
Tableau 7. Spécialisation des semenciers sur les différents marchés par espèce.....	20
Tableau 8. Les principales entreprises de phytosanitaires en France	24
Tableau 9. Participation des groupes de l'agrochimie dans les entreprises semencières.....	26
Tableau 10. Valeurs de paramètres retenues pour les simulations.....	29
Tableau 11. Résultat de deux premières simulations avec uniquement la solution 1.....	32
Tableau 12. Impact de l'introduction de la solution 2 dans le cas IR.....	32
Tableau 13. Impact de l'introduction de la solution 2 dans le cas HT.....	33

Chapitre 2.

Tableau 1. Remplacement des programmes conventionnels par les programmes OGM.....	50
Tableau 2. Bilan global des gains liés à la diffusion des OGM (en MF).....	56
Tableau 3. L'impact de la diffusion des OGM sur les ventes des pesticides conventionnels	57
Tableau 4. Bilan global avec différentes valeurs de Δ	59
Tableau 5. Bilan global avec un taux de marge plus faible sur les pesticides conventionnels	59
Tableau 6. Bilan global avec une baisse de prix des pesticides conventionnels	61
Tableau 7. Bilan global sans prise en compte des coûts de passage (en MF)	62
Tableau 8. Synthèse des effets observés avec l'analyse de sensibilité	64
Tableau 9. Remplacement des programmes OGM par les programmes conventionnels	66
Tableau 10. Bilan des pertes et gains pour les différents types d'acteurs (MF)	72
Tableau 11. L'impact de la diffusion des OGM sur les ventes des principaux herbicides conventionnels ..	72
Tableau 12. Bilan global avec différentes valeurs de Δ	74
Tableau 13. L'effet d'une baisse du prix des pesticides conventionnels sur le bilan global.....	75
Tableau 14. Valeur des paramètres dans le cas de base	87
Tableau 15. Bilan global des gains liés à la diffusion de maïs Bt (en MF)	91
Tableau 16. Détail des données départementales utilisées pour la projection des effets du maïs Bt en France.....	102

Chapitre 3.

Tableau 1. Prix (F / t) et quantités (M t) dans les simulations	140
Tableau 2. Changement dans les profits et les utilités de différents groupes d'agriculteurs, de transformateurs et de consommateurs, de la situation initiale à la simulation 1. unité: F / t.....	143
Tableau 3. Changement dans les profits et les utilités de différents groupes d'agriculteurs, de transformateurs et de consommateurs, de la situation initiale à la simulation 2. unité: F / t.....	145
Tableau 4. Changement dans les profits et les utilités de différents groupes d'agriculteurs, de transformateurs et de consommateurs, de la situation initiale à la simulation 3. unité: F / t.....	146
Tableau A1. Développement de la culture de maïs OGM dans le monde	155
Tableau A2. Développement de la culture de colza OGM dans le monde	156
Tableau A3. Semences de maïs : bilan de la commercialisation et origine des importations, campagne 1999/2000	156
Tableau A4. Semences de colza : bilan de la commercialisation, campagne 1999/2000	157
Tableau A5. Bilan d'approvisionnement du maïs, UE à 15.....	157
Tableau A6. Bilan d'approvisionnement du colza, UE à 15	158
Tableau A7. Utilisations intérieures du maïs, UE à 15	158
Tableau A7bis. Utilisations du maïs, France (1999/00).....	159
Tableau A8. Utilisations des tourteaux et huiles de colza, UE à 15	159
Tableau A9. Prix et quantités pour le colza non OGM sans IP dans la situation initiale.....	160
Tableau A.10. Hypothèses sur les élasticités prix du colza non OGM sans maintien de l'identité dans la situation initiale	160
Tableau A11. Hypothèses sur les niveaux des autres paramètres exogènes.....	161

Liste des figures

Chapitre 1.

Figure 1. Evolution des positions des leaders en phytosanitaires depuis 1999	22
Figure 2. Génoplande et les alliances entre les principaux acteurs français dans les biotechnologies agricoles	27
Figure 3. Représentation de l'utilité des agriculteurs et des points de basculements.....	30

Chapitre 2.

Figure 1. Distribution des coûts de désherbage dans l'échantillon total	49
Figure 2. Distribution des coûts de désherbage pour les programmes 100, 010, 110 et 001 remplacés par un programme OGM à un passage	51
Figure 3. Distribution des coûts de désherbage pour les programmes 101, 011, et 111 remplacés par un programme OGM à deux passages.....	51
Figure 4. Courbe de diffusion des OGM en fonction du supplément de prix sur la semence OGM	52
Figure 5. Evolution des dépenses de désherbage pour les agriculteurs de l'échantillon.....	53
Figure 6. Gains réalisés par l'innovateur avec ou sans prise en compte des revenus des ventes de l'herbicide OGM	54
Figure 7. Les pertes des fournisseurs de pesticides conventionnels.....	54
Figure 8. Bilan des gains et pertes réalisées par l'ensemble des firmes d'amont	55
Figure 9. Sensibilité de la courbe de diffusion à Δ	58
Figure 10. Sensibilité du profit de l'innovateur à Δ	58
Figure 11. Impact de la baisse du prix des herbicides conventionnels sur la courbe d'adoption	60
Figure 12. Impact de la prise en compte des coûts de passage sur la courbe d'adoption	62
Figure 13. Distribution des coûts de désherbage dans l'échantillon total	65
Figure 14. Courbe d'adoption potentielle de la Betterave OGM résistant à un herbicide	67
Figure 15. Courbe d'adoption potentielle de la Betterave OGM par zone géographique*	68
Figure 16. Courbe d'adoption potentielle de la Betterave OGM par type d'exploitation*	68
Figure 17. Evolution des dépenses de désherbage Betterave pour les agriculteurs.....	69
Figure 18. Gain de l'innovateur	70
Figure 19. Perte des fournisseurs de pesticides conventionnels	70
Figure 20. Variation des gains pour l'ensemble des firmes situées en amont	71
Figure 21. Représentation de la comparaison entre différentes technologies.....	79
Figure 22. Evolution des niveaux d'indifférence avec le prix du maïs Bt (w_g).....	81
Figure 23. Représentation des zones d'adoption des trois technologies	82
Figure 24. Evolution des niveaux d'indifférence avec le niveau d'aversion au risque et w_g faible.....	83
Figure 25. Evolution des niveaux d'indifférence avec le niveau d'aversion au risque et w_g élevé.....	83
Figure 26. Distribution des attaques de Pyrale en France.....	85
Figure 27. Carte de répartition des attaques de Pyrale en France	86

Figure 28. Courbe de demande en maïs Bt.....	88
Figure 29. Courbe de rendement moyen du maïs français.....	89
Figure 30. Dépenses des agriculteurs pour le contrôle de la Pyrale	90
Figure 31. Revenu des agriculteurs diminué des dépenses de contrôle de la pyrale	90

Chapitre 3.

Figure 1 : Structure du modèle.....	126
-------------------------------------	-----

Liste des encarts

Chapitre 1.

Encart 1. Quelques rappels sur les notions de différenciation et la segmentation des marchés.....	11
Encart 2. La gamme de produit tiré du Glyphosate par Monsanto	13

Chapitre 3.

Encart 1. Autorisations sur les OGM en France : le cas du maïs et du colza	106
Encart 2. Présence fortuite d'OGM dans des semences de variétés non OGM : trois cas d'intervention gouvernementale en 2000	107
Encart 3. Différents cas de figure envisagés pour la spécialisation des équipements des organismes stockeurs dans les filières OGM et non OGM	120

Résumé

Ce rapport vise à fournir des éléments d'évaluation *ex ante* des effets économiques qui résulteraient d'une diffusion des OGM en France, et notamment des gains ou des pertes pour les différents acteurs et au niveau global. Les OGM pris en compte dans cette étude sont ceux qui ont déjà connu une diffusion importante en dehors de l'Union Européenne, à savoir, ceux qui présentent une amélioration sur des caractères agronomiques. Plus précisément, il s'agit de plantes tolérantes à un herbicide total (HT) et de plantes résistantes à un insecte (IR). Dans le cas HT, il est possible d'éliminer les adventices en appliquant l'herbicide total sur la plante à n'importe quel stade. Dans le cas IR, la plante est protégée des attaques de cet insecte, sans application d'insecticide. Cette étude se limite donc à ces deux cas (HT et IR), et il est important de garder en tête qu'elle ne fournit pas d'indications sur l'impact potentiel des biotechnologies en général (et de la génomique en particulier).

L'étude comporte trois chapitres complémentaires. Le premier chapitre présente une analyse des effets des OGMs sur les relations entre industries d'amont (semences, pesticides, innovation OGM). Le second chapitre analyse l'adoption potentielle d'OGM par les agriculteurs français, et ses effets sur les revenus des industries d'amont et des agriculteurs, dans trois cas : colza résistant à un herbicide, betterave résistante à un herbicide, maïs résistant à un insecte. La troisième partie présente les coûts potentiels liés à la coexistence de deux filières en France, une filière avec OGM et une filière sans OGM au delà d'un seuil de tolérance donné.

L'analyse est basée en partie sur des entretiens (chapitres 1 et 3) ou un travail en collaboration avec les instituts techniques (chapitre 2). Un modèle de simulation particulier est mis en œuvre dans chacun des trois chapitres, à partir d'un modèle théorique centré sur la question étudiée dans ce chapitre, et en s'appuyant sur les résultats des entretiens ou les données des instituts techniques.

Une évolution des relations entre deux métiers de l'amont: les semences et les produits phytosanitaires

L'expérience américaine a montré que la mise en place des OGM agronomiques conduit à une évolution très nette des relations entre les semenciers et les firmes de l'agrochimie, avec deux changements importants. Premièrement, les choix des agriculteurs sur les semences et les pesticides sont de moins en moins dissociés, les semences incorporant des fonctions de protection des plantes. Autrement dit, une fois la semence achetée, l'agriculteur choisit ses pesticides dans un éventail plus restreint de produits. Deuxièmement, les caractères de protection des plantes qui sont intégrés ou combinés à la semence peuvent être protégés indépendamment de la semence. Les propriétaires de ces caractères peuvent accorder des licences aux semenciers et tirer des bénéfices spécifiquement sur ces caractères. Les variétés OGM sont donc des innovations composites en terme de propriété

intellectuelle, et les propriétaires des différentes parties doivent trouver un accord entre eux pour partager les bénéfices de cette innovation. Sur ce point, l'expérience américaine montre que le semencier a un certain poids, d'une part parce qu'un bon caractère ne présentera d'intérêt que dans une semence à très fort potentiel, et d'autre part parce que c'est le semencier qui intègre le caractère et met la semence sur le marché. L'importance de disposer d'un bon accès au marché des semences pour les firmes de l'agrochimie a conduit ces dernières à investir fortement dans le rachat de semenciers.

Pour pouvoir conduire les investissements importants dans les biotechnologies, les firmes de l'agrochimie ont développé, dans un premier temps, une stratégie de groupes en sciences de la vie basée sur l'exploitation des synergies entre les recherches sur les biotechnologies humaines et agricoles. Cette stratégie a montré ses limites entre autres à cause des écarts de niveaux de rentabilité des deux métiers (santé humaine vs santé des plantes). On a donc assisté, dans un second temps, à une dissociation des deux métiers et une série de fusions et acquisitions dans les métiers de la protection des plantes.

En dehors de l'analyse générale de la reconfiguration des relations entre métiers, le chapitre 1 fournit quelques éléments d'analyse complémentaires plus spécifiques à la France. Deux points principaux doivent être soulignés:

- L'industrie des semences en France comprend un nombre important d'acteurs indépendants qui sont détenus soit par des individus, soit par des coopératives. Leurs investissements dans les biotechnologies sont nettement plus faibles que ceux réalisés par les firmes leaders. Ces semenciers sont alors confrontés au problème de l'accès aux innovations dans des conditions convenables vis à vis des concurrents qui peuvent éventuellement être des filiales de firmes de l'agrochimie engagées sur les biotechnologies. Deux stratégies ont été suivies: (i) certains semenciers ont ouvert leur capital à des firmes leaders en biotechnologie dans le but d'avoir un bon accès au travers de cet actionnaire particulier, (ii) d'autres semenciers ont mis en place un certain nombre d'alliances (ex: Biogemma, Bioplante) pour donner un effet de levier à leurs investissements et négocier de concert les accès.
- Bien que les OGM ne soient pas développés pas en France, on voit se développer des produits présentant des propriétés équivalentes, à savoir de limiter, au moment de l'achat de la semence, l'éventail des pesticides qui peuvent être achetés. Ces produits peuvent également faire évoluer les relations entre le métier des semences et le métier de la protection des plantes.

La diffusion et l'impact potentiel des OGM en France: quelques résultats concernant la betterave, le colza et le maïs

Dans le chapitre 2 de ce rapport, l'objectif est d'étudier quel gain potentiel pourraient tirer les agriculteurs de l'utilisation des OGM en France. Un des premiers obstacles rencontrés dans ce genre d'exercice porte sur la prise en compte de l'hétérogénéité des gains pour les agriculteurs. En effet, les produits qui sont étudiés ici présentent des innovations sur des fonctions de protection des plantes.

Dans ces conditions, le gain pour un agriculteur dépend de l'ampleur du problème de protection des plantes auquel il est confronté. Par exemple, un maïs résistant à la Pyrale peut présenter un net progrès technique et assurer une protection presque totale contre les attaques de Pyrale, mais il ne présentera pas beaucoup d'intérêt pour l'agriculteur qui est exposé exceptionnellement à de telles attaques (à l'inverse il présentera de l'intérêt pour l'agriculteur exposé). Les résultats présentés dans ce rapport prennent assez bien cette contrainte en compte car ils se basent sur des données représentatives de l'hétérogénéité des situations d'agriculteurs.

Par construction, l'analyse conduite ici est faite *ex ante*. Cela signifie donc qu'il est nécessaire de faire des hypothèses sur les comportements des acteurs (agriculteurs et firmes situées en amont). Du côté des agriculteurs, deux cas de figure se présentent:

- Pour la betterave et le colza, nous disposons de données d'enquêtes réalisées respectivement par l'ITB et le CETIOM auprès de plus de 1000 agriculteurs dans chaque cas. Ces données indiquent précisément les dépenses de désherbages réalisées, les produits utilisés, le nombre de passages de traitement et les coûts supportés. En accord avec les instituts techniques, nous avons supposé que la solution OGM apporte un rendement équivalent à la solution conventionnelle, si bien que l'agriculteur n'adopte que si il réalise une certaine économie sur ces dépenses de désherbage (coût de passage et supplément de prix sur la semence OGM inclus).
- Pour le maïs, nous disposons de données sur la distribution des attaques de pyrale en France sur plusieurs années. Un modèle agronomique permet de simuler le rendement atteint avec différentes solutions de protection des plantes, l'agriculteur retenant celle qui lui offre le meilleur profit.

Ces hypothèses permettent de définir la demande des agriculteurs en semence OGM en fonction du supplément de prix sur la semence OGM par rapport à la semence conventionnelle. L'étape suivante consiste à calculer le profit dégagé par la firme qui commercialise l'OGM et en déduire le niveau optimal de tarification de la semence OGM.

Deux principales hypothèses restrictives ont été faites: (i) les prix des produits agricoles sont maintenus constants, (ii) le coût additionnel lié à une filière non-OGM ne sont pas pris en compte. Nous reviendrons sur ces hypothèses après avoir résumé les résultats.

Les résultats qui sont résumés ici correspondent à une tarification optimale de la part d'un innovateur en situation de monopole. Les simulations montrent que les niveaux de diffusion atteints pour le colza et la betterave HT sont de l'ordre de 70%, alors qu'ils sont de l'ordre de 40% pour le maïs Bt. Une telle diffusion conduit à des chutes de ventes de pesticides conventionnels supérieures à 80% dans tous les cas de figure. Enfin, la diffusion des OGM conduit à un gain total sur l'ensemble des acteurs toujours positif. Ces premiers résultats se sont avérés robustes lorsqu'on analyse la sensibilité des résultats à un certain nombre de paramètres.

La diffusion des OGM conduit à un gain social annuel de l'ordre de 240 MF pour le colza HT, 120 MF pour la betterave HT et 120 MF pour le maïs Bt (cette estimation n'inclut pas les coûts de

recherche et développement sur l'innovation OGM). Ce gain social dépend du taux de marge réalisé au départ sur les pesticides conventionnels. Plus ce taux est faible, plus les pertes de bénéfices des fournisseurs de pesticides conventionnels sont faibles et plus le gain total est élevé. Les chiffres indiqués ici sont basés sur une hypothèse de taux de marges assez élevé (50%) et peuvent donc être considérés comme des valeurs planchers.

Lorsque le partage des gains est analysé, le même résultat qualitatif est observé dans les différents cas de figure: les agriculteurs et l'innovateur qui propose la solution OGM enregistrent un gain positif, et alors que les firmes qui commercialisent les pesticides conventionnels subissent des pertes. En revanche, les proportions observées sont variables d'une simulation à l'autre. Qualitativement, si le contexte est plus difficile pour la diffusion des OGM, le prix optimal de la semence OGM pour l'innovateur diminue, si bien que le gain de ce dernier diminue et le gain des agriculteurs augmente. Ce cas de figure se produit lorsque le gain minimal pour qu'un agriculteur adopte les OGM augmente, ou lorsque les firmes proposant les pesticides conventionnels baissent leurs prix. En ordre de grandeur, le gain maximum des innovateurs est 20% supérieur au gain total. Ce résultat signifie qu'une large part de ce gain est réalisé aux dépens des fournisseurs de pesticides conventionnels. Du côté des agriculteurs, le gain minimum est égal à 20%-30% du gain total.

Il est important de bien garder en tête les hypothèses de travail qui ont été retenues pour réaliser ces calculs.

- Premièrement, les prix des produits agricoles sont supposés constants alors que les gains de productivité attendus devraient conduire une hausse de la production et donc une baisse de prix. Cette dernière conduirait alors à un transfert de surplus depuis l'agriculteur vers les entreprises situées en aval. Ce phénomène conduirait également à une diminution de la demande adressée aux industries amont, et donc à une baisse de prix optimal de la semence OGM pour l'innovateur. Il est difficile *a priori* d'estimer l'effet de ces deux phénomènes sur le surplus des agriculteurs. En revanche, on peut penser que le gain global sur l'ensemble de la filière devrait rester sensiblement, la baisse de prix affectant principalement la répartition de gains entre les différents types d'acteurs.
- Deuxièmement, les estimations réalisées ici ne prennent pas en compte l'accroissement du coût lié à une ségrégation plus difficile des filières OGM et non-OGM. Nous reviendrons plus loin sur ce résultat. Néanmoins, il est indéniable que ce phénomène conduit à une baisse du gain total lié à l'introduction des OGM. En théorie, rien n'empêche même que ce gain total soit négatif. Là encore, le partage des gains ou pertes entre les différents acteurs se trouverait affecté. Il est néanmoins difficile de savoir *a priori* l'acteur qui subirait les pertes les plus importantes.

Evaluation des coûts potentiels en cas de coexistence OGM / non OGM en France pour le colza et le maïs

Compte tenu de la forte opposition de l'opinion publique aux OGM en France, il est nécessaire d'envisager la diffusion des OGMs dans un contexte de filière double, l'une pouvant contenir des produits OGM et l'autre contenant uniquement des produits non OGM à identité préservée (IP) (c'est-à-dire des produits sans OGM au delà d'un seuil de tolérance donné). Les coûts liés à la segmentation en deux filières au niveau national pourraient réduire nettement le gain global lié à la diffusion des OGM, voire conduire à une perte globale. L'objectif du chapitre 3 est de présenter une analyse *ex ante* des coûts potentiels liés à la coexistence de ces deux filières en France et de la répartition de ces coûts entre les différents acteurs, dans les cas du maïs et du colza.

Dans la situation actuelle, il n'y a pas de culture commerciale d'OGMs en France, et les OGMs sont éliminés des produits destinés à l'alimentation humaine et de certains aliments pour animaux. Cependant, même en l'absence de commercialisation en France, des mélanges d'OGM dans des produits non OGM sont possibles, en raison des importations réalisées aux différents stades ou en raison de la présence d'essais techniques d'OGMs en France. En conséquence, différentes procédures ont d'ores et déjà été mises en place pour assurer une offre non OGM en réponse aux exigences exprimées en aval par les transformateurs et distributeurs. La segmentation en deux filières (avec OGM ou non OGM) dans un contexte où les OGMs seraient diffusés commercialement en France introduirait des coûts supplémentaires à chaque stade, de la production de semence de maïs ou de colza à la production d'un produit transformé contenant un ingrédient à base de maïs ou de colza.

Les coûts qui existent actuellement et les coûts qui seraient liés à l'introduction de cette double filière peuvent être séparés en deux grandes catégories, à savoir des coûts de ségrégation et des coûts de garantie.

- Les coûts de ségrégation seraient encourus pour maintenir à tous les stades une séparation physique des produits des deux filières, en garantissant une pureté très élevée pour le non OGM. Ils comprendraient :
 - des coûts pour éviter la pollinisation de champs non OGM par du pollen OGM, aux stades de la production de semences et de la production agricole. L'exigence d'une pureté élevée dans la filière non OGM créerait une incitation à un zonage de la production, avec des zones sans culture d'OGMs. Cependant, les intérêts des acteurs au sein d'une même zone géographique peuvent diverger, et la coordination entre ces acteurs pour aboutir à l'absence de cultures OGM serait très difficile à atteindre, dans un contexte avec des débouchés significatifs pour l'OGM. En l'absence de zonage, certains agriculteurs souhaitant participer à la filière non OGM pourraient en être empêchés si des OGMs étaient cultivés dans des champs voisins.
 - des coûts pour stocker, déplacer et transformer séparément des produits qui constituent actuellement une filière unique, et qui constitueraient alors deux filières, chacune étant de plus

petite taille. Il s'agirait de coûts logistiques dus à la spécialisation de certains équipements existants dans l'une des deux filières, en raison d'une perte dans la flexibilité avec laquelle ces équipements peuvent être utilisés, et de coûts d'investissements pour favoriser la gestion simultanée des deux filières.

- En plus de ces coûts de ségrégation, il existerait des coûts de garantie pour assurer un acheteur de la filière non OGM que le contenu de son produit est bien non OGM au seuil de tolérance accepté. Ils comprendraient :
 - des coûts pour réaliser des tests de contenu non OGM ;
 - des coûts pour mettre en place des contrats entre acheteurs et vendeurs spécifiant des procédures de ségrégation et de test, et pour vérifier le respect de ces contrats ;
 - des coûts internes de garantie pour définir des procédures d'assurance qualité chez certains acteurs.

L'étude présente les types de coûts encourus actuellement et les types de coûts que l'on peut anticiper en cas de diffusion commerciale des OGMs en France aux différents stades, de la production de semences à la transformation. Il n'y a pas de tentative pour quantifier ces différents coûts dans le cadre de cette étude. En revanche, un modèle de simulation est développé pour comprendre les effets de l'introduction des OGMs et de la séparation des deux filières sur les différents acteurs. Ce modèle utilise les enseignements de l'analyse qualitative qui précède sur les types de coûts liés à la segmentation, en posant des hypothèses ad hoc sur les niveaux de ces coûts. Ce modèle est appliqué au cas du colza au niveau de l'Union Européenne en distinguant trois groupes d'acteurs : les producteurs agricoles, les stockeurs/transformateurs (considérés comme un acteur agrégé) et les consommateurs. L'intérêt de ce modèle est de prendre en compte l'hétérogénéité de ces différents groupes: certains producteurs ont plus d'intérêt que d'autres à adopter des OGMs, les coûts pour préserver l'identité non OGM des produits sont différents selon les agriculteurs et selon les stockeurs/transformateurs, certains consommateurs refusent les OGM tandis que d'autres sont indifférents entre OGM et non OGM. Les simulations montrent que les effets de la diffusion des OGM et de la segmentation des filières avec OGM et non OGM peuvent être très différents, au sein d'un même groupe, selon les individus.

Ainsi, les consommateurs qui refusent les OGM subissent une perte lorsque les OGM sont diffusés. En effet, ils supportent une partie des coûts liés à la création d'un marché segmenté pour le non OGM à identité préservée. Ils paient donc leur produit plus cher que dans une situation sans diffusion d'OGM. Les consommateurs qui sont indifférents entre OGM et non OGM supportent certains des coûts liés à la segmentation, en raison des coûts dus à une perte de flexibilité dans l'utilisation des équipements pour la filière double. Dans une situation avec OGM et filière double, ces consommateurs peuvent gagner par rapport à une situation sans OGM, mais ils perdent nécessairement par rapport à une situation avec OGM sans filière double.

Les agriculteurs avec un avantage de coût pour les OGM gagnent moins qu'ils ne gagneraient dans une situation avec OGM sans segmentation (selon les hypothèses, il peuvent gagner ou perdre par

rapport à une situation sans OGM). Les stockeurs/transformateurs pour qui il est plus avantageux de rester dans la filière OGM perdent. Ceux qui ont un avantage pour faire du non OGM gagnent sur ce marché parce que la prime qu'ils acceptent fait plus que payer leur coût pour maintenir l'identité non OGM. De même certains agriculteurs ont des coûts plus faibles que d'autres pour participer à la filière non OGM. Ils gagnent à l'apparition des OGMs et de la filière non OGM, même si eux-mêmes n'adoptent pas la technologie OGM.

Les résultats obtenus à partir de ce modèle sont encore préliminaires, en raison de l'absence de données sur les coûts de la segmentation. Il n'est pas possible à ce stade de quantifier l'effet des coûts de la segmentation sur le gain ou la perte de la diffusion des OGM. Cependant, l'intérêt du modèle est de souligner qu'au delà d'un calcul en termes de gain ou de perte au niveau global il importe de prendre en compte l'effet sur les différents acteurs, certains pouvant perdre et d'autres gagner aux OGM.

Introduction

Un certain nombre d'Organismes Génétiquement Modifiés (OGM) présentant des améliorations sur des caractères agronomiques ont connu une diffusion très rapide en Amérique du Nord. A l'inverse, ils ont soulevé progressivement une vive controverse dans l'Union Européenne, avec deux conséquences importantes: la mise en place d'un moratoire (explicite ou implicite) sur la commercialisation de ces produits, le développement de stratégies visant à commercialiser des produits non OGM.

L'objectif de ce rapport est d'étudier l'impact économique qu'aurait le développement des OGM en France. Un certain nombre d'études équivalentes ont déjà été réalisés aux Etats-Unis¹. La plupart de ces travaux concluent que l'impact économique de ces cultures est positif, à la fois au niveau global, mais également pour les innovateurs et les agriculteurs qui adoptent ces cultures. Faut-il en conclure que la faible adoption des OGM en France se traduit par un fort manque à gagner sur le plan économique, pour les agriculteurs et les acteurs des secteurs liés à l'agriculture? Sans chercher à être exhaustif, quelques arguments importants permettent de comprendre que la transposition directe est délicate:

- Les conditions pédo-climatiques, les cultures et les problèmes de protection des plantes sont différents sur les deux continents. Par exemple, le maïs et le soja occupent près de la moitié des surfaces agricoles aux Etats-Unis alors que le soja est une culture marginale en France et l'importance relative du maïs est plus faible en France.
- Les OGM peuvent conduire à une modification des pratiques culturales. Néanmoins, l'effet économique dépend de la structure des exploitations agricoles et des pratiques culturales en place, qui sont toutes les deux nettement différentes en France et en Amérique du Nord.

¹ Voir Lemarié (2001) et OCDE (2000) pour une première synthèse de ces travaux.

- Enfin, si les OGM se diffusent en France, la demande de produits non OGM adressée au secteur agricole sera sans doute plus importante qu'aux Etats-Unis. Des mesures spéciales devront être prises de façon à ce qu'une offre de produit non-OGM soit maintenue parallèlement à la production OGM. Cette dernière pourrait bien générer des coûts additionnels.

L'analyse des effets économiques des OGM en France a été déjà abordée à plusieurs reprises. Un certain nombre de rapports (Conseil Economique et Social 1999, Bizet 1999, Le Déault 1998) dressent des bilans assez larges sur les perspectives de développement des biotechnologies (les OGM en faisant partie), et présentent de manière qualitative les gains et les risques liées à ce type de produits. Les instituts techniques ont également réalisé d'importantes contributions et ont délivré récemment des rapports de synthèses (Volan 2000, CETIOM 2000) en lien avec la fin du moratoire sur les OGM. Du point de vue économique, ces travaux donnent des indications sur les types d'agriculteurs qui auraient le plus intérêt à adopter ce type de culture. Enfin, il est nécessaire de mentionner l'étude conduite par l'INRA sur la "pertinence et la faisabilité d'une filière non-OGM" (Valceschini et Avelange 2001, Le Bail et *al.* 2001) au cours de laquelle a été conduite une analyse de l'organisation des filières et des conditions dans lesquels une production certifiée sans OGM au delà d'un certain seuil pouvait être réalisée.

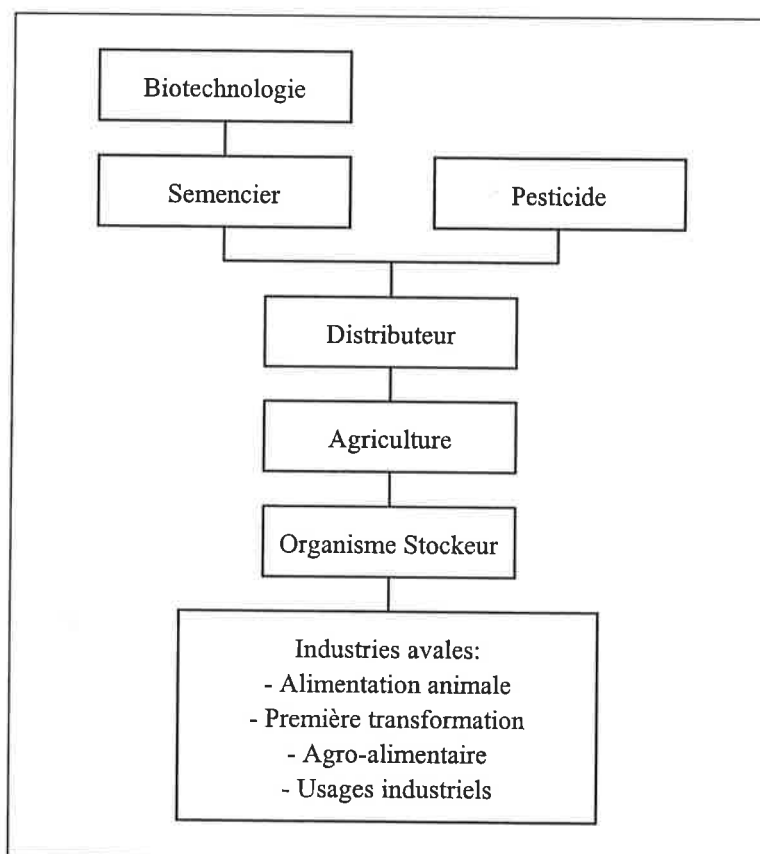
L'étude présentée ici est complémentaire des travaux qui viennent d'être rapidement rappelés. L'analyse est restreinte ici à un nombre bien limité d'OGM présentant des améliorations sur des caractères agronomiques. Notre approche se situe dans la lignée d'un certain nombre de travaux développés en économie agricole sur la mesure de l'impact des innovations et le partage des bénéfices entre les différents acteurs de la filière².

Avant de présenter en détail les différentes parties de cette étude, il est important de rappeler quelques indications sur l'organisation de la filière (Figure 1). Pour simplifier, nous avons placé sur ce schéma les acteurs pour lesquels les OGM pouvait avoir des effets. Typiquement, l'agriculteur qui se trouve au centre de cette filière utilise des semences et des pesticides qu'il aura achetés auprès d'un distributeur, celui-ci jouant le rôle d'intermédiaire vis à vis des semenciers et des fournisseurs de pesticides. La récolte est ensuite livrée à un organisme stockeur, puis intégrée en aval dans différentes filières de production (alimentation animale, alimentation humaine, utilisations industrielles non alimentaires). Les OGM envisagés ici sont soit des plantes tolérantes à un herbicide total (HT), soit des plantes résistantes à un insecte (IR). Dans le cas HT, il est possible d'éliminer les adventices en appliquant l'herbicide total sur la plante à n'importe quel stade. Dans le cas IR, la plante est protégée des attaques de cet insecte, sans application d'insecticide. Par rapport au schéma conventionnel, trois différences apparaissent: (i) la variété OGM est produite par le semencier, mais le semencier aura

² Voir Moschini (2001) pour une synthèse récente.

signé un accord de licence avec une firme de biotechnologie en amont, détentrice de ce caractère, (ii) une interdépendance s'établit entre le choix réalisé sur la semence et le choix réalisé sur les produits phytosanitaires, (iii) la production OGM devra être séparée de la production non OGM de la production de semences aux industries avalées si on se place dans un scénario où une part des consommateurs souhaite avoir le choix de ne pas acheter de produit OGM.

Figure 1. Une représentation schématique de la filière de production végétale



Ce rapport comprend trois chapitres complémentaires:

- Le chapitre 1 porte sur l'évolution des relations entre les acteurs situés en amont de l'agriculture. L'objectif est d'analyser les raisons pour lesquelles les OGM conduisent à une modification des relations entre les différents métiers de l'amont. Ces facteurs permettent d'expliquer en partie les restructurations qui se sont produites dans ces secteurs au cours des dix dernières années.
- Le chapitre 2 est centré sur l'agriculteur. Dans un premier temps, il s'agit d'étudier quel type d'agriculteur aurait intérêt à adopter une culture OGM, et quel bénéfice il pourrait en tirer. Après agrégation, cette première étape permet d'aboutir à une fonction de demande pour la semence OGM en fonction du prix de cette semence. Compte tenu de cette fonction de demande, il est possible ensuite d'estimer le gain de l'innovateur et donner une indication sur la tarification qu'il aurait intérêt à adopter.

- Le chapitre 3 porte sur les coûts pour séparer les produits avec OGM et les produits non OGM, dans le cas d'une diffusion des OGM en France. Une première partie de ce chapitre présente de manière qualitative les coûts actuels liés au non OGM en France et les coûts attendus en cas de diffusion des OGM. Une seconde partie présente un modèle de simulation utilisé pour indiquer qualitativement les effets de l'introduction simultanée des OGM et de la segmentation entre filières avec OGM et non OGM sur les différents acteurs.

L'analyse est basée en partie sur des entretiens (chapitres 1 et 3) ou un travail en collaboration avec les instituts techniques (chapitre 2). Un modèle de simulation particulier est mis en œuvre dans chacun des trois chapitres, à partir d'un modèle théorique centré sur la question étudiée dans ce chapitre, et en s'appuyant sur les résultats des entretiens ou les données des instituts techniques.

Références

- CETIOM (2000). Introduction de variétés génétiquement modifiées de colza tolérantes à différents herbicides dans le système de l'agriculture française: Evaluation des impacts agro-environnementaux et élaboration de scénarios de gestion. CETIOM, Thiverval-Grignon.
- Conseil Economique et Social (1999). La France face au déficit des biotechnologies: quels enjeux pour l'avenir? Conseil Economique et Social, Paris, 298 p.
- Le Bail, M., Meynard, J.M., Angevin, F. (2001). Proposition de stratégies de ségrégation au champ et en entreprise de collecte stockage. Programme de recherche pertinence économique et faisabilité d'une filière "sans utilisation d'OGM". Document de travail, mars 2001.
- Le Déaut, J.-Y. (1998). Rapport sur l'utilisation des organismes génétiquement modifiés en agriculture et dans l'alimentation. OPECST, 73 p.
- Lemarié, S. (2001). Le développement et l'impact des OGM Agronomiques aux Etats-Unis: une synthèse des analyses économiques. Dans : S. Lemarié et J.-M. Dittner, Analyse économique du développement des cultures à base d'organismes génétiquement modifiés aux Etats-Unis. Grenoble, INRA. 1: 1-50.
- Moschini, G. (2001). Biotech - Who wins? Economic Benefits and Costs of Biotechnology Innovations in Agriculture. *Estey Center Journal for Law and Economics in International* 2(1): 93-117.
- OCDE (2000). Modern biotechnology and agricultural markets: a discussion of selected issues. OECD, Paris, AGR/CA/APM(2000)5.
- Valceschini, E. et Avelange, I. (2001). Analyse économique et réglementaire de l'organisation d'une filière "sans OGM". Programme de recherche pertinence économique et faisabilité d'une filière "sans utilisation d'OGM". Document de travail, mars 2001.
- Volan, S. (2000). Introduction de variétés de Maïs transgéniques : évaluation des impacts agro-environnementaux et mise en place d'un système de biovigilance. AGPM, 140 p.

Chapitre 1.

Le développement des OGM et l'évolution des relations entre les métiers de l'amont de l'agriculture

Stéphane Lemarié

Arnaud Diemer

Stephan Marette

Introduction

Dans ce rapport il est envisagé le cas des OGM présentant des améliorations sur des caractères agronomiques. Dans l'industrie amont, la diffusion des OGM se traduit, du point de vue économique, par une évolution des parts de marché et une évolution des structures industrielles. Ces deux évolutions sont liés à deux phénomènes:

1) Ces produits présentent des innovations sur des fonctions de protection des plantes. La diffusion des OGM est la résultante d'un remplacement, au niveau des agriculteurs, de solutions conventionnelles par des solutions OGM. Le cas du Soja aux Etats-Unis est intéressant de ce point de vue. En l'espace de 3 ans, l'imazetapyr, un des désherbants leaders sur le Soja a vu sa part de marché passer de 45% à 17% malgré une baisse de prix de ces produits de l'ordre de 40%. Bien que les chiffres soient spectaculaires dans certains cas, le mécanisme économique sous-jacent est assez classique. Si la diffusion a effectivement lieu, deux phénomènes se produisent: (i) chaque nouveau produit présentant une innovation par rapport aux produits existants sur le marché vient progressivement prendre des parts de marché au dépend de ces derniers¹, (ii) le prix des produits existant aura tendance à diminuer en réaction à l'entrée de nouveaux produits dans le but de limiter la perte de bénéfices. Un phénomène très similaire se produit à chaque fois qu'une nouvelle matière active ou une nouvelle variété se diffuse sur son marché.

2) Les OGM présentent cependant deux particularités qui modifient nettement les relations entre les métiers situés en amont de l'agriculture:

- La semence est une composante de l'offre en matière de protection des plantes. Quel que soit le caractère envisagé, le choix de la variété de semence va avoir une influence déterminante sur le choix des pesticides réalisé ensuite.
- Les variétés OGM sont des innovations composites en terme de propriété intellectuelle, puisqu'elles mêlent un germplasm innovant détenu par un semencier à un événement de transformation détenu par une firme de biotechnologie. Pour que de telles variétés puissent se développer, il faut donc que ces deux parties trouvent un accord sur la façon de partager les bénéfices issues de telles innovations.

¹La façon de voir le remplacement des anciens produits par les nouveaux est assez simpliste. L'expérience montre que la diffusion des nouveaux produits n'est pas aussi déterministe qu'on le laisse entendre ici. Certains produits peuvent présenter un intérêt technique et s'avérer être des échecs commerciaux. Le contraste entre la diffusion très rapide des OGM en Amérique du Nord et sa non-diffusion en Europe est une bonne illustration des multiples facteurs qui viennent influencer la diffusion des produits. Retenons ici que nous nous plaçons dans un cas où la diffusion se produit effectivement. Dans ce cas, le remplacement des anciens produits par les nouveaux est assez classique.

L'objectif de ce chapitre est d'analyser l'impact des OGM sur les industries d'amont, au travers des deux phénomènes qui viennent d'être décrits: (i) le remplacement des produits conventionnel par les solutions OGM et (ii) la modification des relations entre les métiers de l'amont. La présentation est faite en trois temps. La première section est consacrée à l'analyse des déterminants des ventes d'une innovation et des bénéfices que l'innovateur pourra en tirer. Dans la deuxième section, l'objectif est de présenter l'évolution des stratégies des acteurs et des structures industrielles (en amont de la production végétale) et de discuter dans quelle mesure cela est lié à la mise en place des OGM. Enfin, dans la troisième section, nous illustrerons certains des phénomènes présentés dans les deux premières sections à l'aide d'un modèle de concurrence dans la protection des plantes.

1. Les déterminants des ventes et des profits tirés des innovations dans les industries amonts

Pour les industries étudiées dans ce chapitre, les ventes et les profits sont déterminés par trois facteurs principaux:

- Les facteurs de différenciation et de segmentation des marchés qui définissent le volume de marché sur lequel le produit pourra être commercialisé et l'éventail des produits concurrents qu'il devra affronter. Ces facteurs sont indispensables à prendre en compte pour analyser les ventes potentielles des nouveaux produits.
- Les facteurs d'appropriation des bénéfices par les innovateurs. Il s'agit en premier lieu des droits de propriété intellectuelle. Nous verrons cependant que certains dispositifs techniques (par exemple les semences hybrides) ont une influence très nette sur l'appropriabilité.
- Le cadre réglementaire qui concerne l'autorisation de mise sur le marché. Ce cadre définit un certain nombre de contraintes sur les caractéristiques techniques des produits. Il a également une influence sur les coûts que les entreprises doivent supporter pour mettre les produits sur le marché.

Ces déterminants seront étudiés successivement dans le cas de la semence conventionnelle, dans le cas des pesticides conventionnels, et enfin dans le cas des OGM que nous associeront au cas du traitement de semence.

1.1. Les semences conventionnelles

- Le cadre réglementaire

Le cadre réglementaire en vigueur sur le marché des semences conventionnelles présente trois composantes principales:

- La protection des innovations est basée sur le Certificat d'Obtention Végétal (COV)². Pour qu'une variété obtienne un COV, il faut qu'elle réponde aux trois critères suivant: Distinction, Homogénéité et Stabilité (DHS). Le critère "distinction" signifie que toute nouvelle variété doit être distincte des variétés existantes. Les critères "homogénéité" et "stabilité" signifient que la variété doit être régulière du point de vue génétique et reproductible à l'identique dans le temps. Le COV est équivalent au brevet dans le sens où il confère un monopole temporaire à celui qui le détient. En revanche, le COV diffère du brevet par le fait qu'il comporte deux exemptions - l'exemption pour la recherche et l'exemption du fermier- sur lesquelles nous reviendrons plus loin.
- Pour qu'une variété puisse être commercialisée en France, il est nécessaire qu'elle soit inscrite au catalogue officiel des variétés. Cette inscription nécessite que la variété réponde d'une part au critère DHS décrit plus haut et d'autre part qu'elle présente un progrès technique par rapport aux variétés du marché (critère de la Valeur Agronomique et Technologique ou VAT).
- Enfin, chaque sac de semence commercialisé doit répondre à une certification. Celle-ci se base sur des contrôles au champs et sur des tests réalisés sur les lots de semence, dans le but de vérifier différents critères (pureté variétale, germination, état sanitaire). La question de la certification non-OGM des semences, qui sera traitée en détail dans le chapitre 3, peut être vue comme un renforcement de ce système de certification.

- Les déterminants de l'appropriabilité

Pour bien comprendre les choix stratégiques des semenciers, il est nécessaire d'analyser de quelle manière il peut s'approprier les bénéfices de l'innovation. Revenons d'abord sur les deux exemptions particulières au COV.

L'exemption pour la recherche autorise les concurrents semenciers à utiliser les variétés du marché dans leur programme de recherche. L'intérêt de ce principe est de laisser un accès libre au progrès génétique existant qui est incorporé dans le génotype de la variété qui vient d'être introduite sur le marché. D'un autre côté, ce principe présente des inconvénients pour les semenciers leaders puisqu'il

² L'équivalent du COV existe également aux Etats-Unis avec les Plant Breeder's Rights. Néanmoins, les semenciers ont également la possibilité de protéger leurs variétés de semence par des brevets. Voir Heisey et al. (2000) pour une synthèse des différents régimes de propriété intellectuelle dans le monde pour ce qui concerne les obtentions végétales.

laisse une place pour une certaine imitation et limite donc la capacité de l'innovateur initial à s'approprier les bénéfices de son innovation. Deux contraintes limitent cependant la possibilité d'imiter:

- Premièrement, le critère de la DHS interdit la réalisation de copies exactes des variétés de départ. Cette mesure a été renforcée avec la révision de la convention UPOV en 1991 dans laquelle le concept d'essentielle dérivation a été introduit. Sous cette nouvelle convention, la distance génétique entre toute nouvelle variété et les variétés existantes doit passer un certain seuil.
- Deuxièmement, il existe toujours un délai pour obtenir une variété assez distincte de la variété d'origine. Plus ce délai est important et mieux la variété est protégée (Joly et Docus 1993).

L'exemption de l'agriculteur autorise ce dernier à utiliser les produits de sa récolte précédente pour ensemençer son champ, sans avoir donc à acheter sa semence. Dans la pratique, l'agriculteur mettra en œuvre cette exemption si la semence est le produit de sa récolte et si celle-ci a un niveau de performance équivalent à celui qu'il obtiendrait en achetant sa semence à un distributeur. On estime ainsi qu'en France la part des semences fermières dépasse 50% pour les céréales à paille, et est de l'ordre de 25% pour le colza. L'agriculteur devient alors, d'une certaine manière, un concurrent du semencier. Le prix de vente des semences doit alors s'aligner sur le coût de production de la semence pour l'agriculteur, laissant des marges faibles.

Lorsque les semences sont hybrides, l'agriculteur n'a généralement pas intérêt à utiliser le produit de sa récolte car les semences ainsi obtenues ont un potentiel inférieur à celui de la génération précédente (c'est à dire la génération des semences hybrides, achetées sur le marché). Ainsi, la possibilité de créer des variétés hybrides est apparue comme un moyen intéressant pour s'approprier les bénéfices de l'innovation en éliminant la concurrence potentielle de l'agriculteur. Au cours des dix dernières années, les semenciers ont tenté de développer des semences hybrides sur le colza et le blé et on se trouve dans une phase de coexistence de différents types variétaux (Tableau 1). Dans le cas du colza, les hybrides et les associations variétales représentent 20% des semences, mais on estime que ce pourcentage va progressivement augmenter, l'essentiel des recherches des semenciers portant actuellement sur des hybrides. Dans le cas du blé, le poids des hybrides est nettement moindre pour deux raisons: le différentiel de rendement entre les lignées et les hybrides est assez faible, et le coût de production des hybrides est élevé (notamment à cause du faible coefficient de multiplication). Aujourd'hui, la recherche sur les blés hybrides est menée uniquement par certains semenciers, et on estime que les variétés hybrides ne devrait représenter qu'une niche de marché dans laquelle certaines caractéristiques de rusticité et de stabilité pourraient être bien valorisées.

Si jusque là les semences fermières représentaient une perte sèche pour les obtenteurs, la situation est en train d'évoluer. En effet, le droit Européen sur les obtentions végétales laisse cependant la place à une "rémunération équitable" des obtenteurs sans pour autant remettre en cause le principe de

l'exemption du fermier³. Une mesure concrète est actuellement élaborée en France pour traduire ce principe. Avec cette mesure, l'agriculteur utilisant une semence fermière devrait reverser l'équivalent de la moitié des royalties versées dans le cas de l'achat d'une semence certifiée (soit à peu près 20 F/qtal pour les céréales à paille). Cette mesure permettra donc à l'obteneur de s'approprier une part plus large des bénéfices sur des obtention végétales de type lignée. Néanmoins, elle ne remet pas en cause fondamentalement la concurrence de l'agriculteur, si bien que les prix devront encore être alignés sur le coût de production de l'agriculteur, laissant des taux de marge assez faibles.

Tableau 1. Type de fécondation et types de variétés pour les principales grandes cultures

Espèces	Type de variété
Blé	2.5% Hybride 97.5% Lignées
Autres céréales à paille (orge, seigle, triticale)	100% Lignées
Maïs	100% Hybride
Tournesol	100% Hybride
Colza	10% Hybride 10% Association variétales 80% Lignées
Protégineux (pois, féverole)	100% Lignées
Betterave	100% Hybride (monogerme)
Pomme de Terre	100% Tubercule

Les facteurs influençant l'appropriabilité sur les variétés de semence sont résumés dans le Tableau 2. Le semencier est face à deux types concurrents: les autres semenciers et les agriculteurs. Le COV offre une assez bonne protection face aux semenciers concurrents, mais n'offre pas de protection contre les agriculteurs compte tenu de l'exemption du fermier. Dans le cas où l'exemption du fermier pose des problèmes au semencier, le recours à des constructions hybrides permet alors de s'affranchir de la concurrence des agriculteurs.

Tableau 2. Les déterminants de l'appropriabilité sur les innovations semencières

Source de concurrence	Moyen de protection	
	COV	Hybride
Semenciers concurrents	Assez bon, renforcé par la révision de la convention UPOV	Faible
Agriculteurs	Faible (exemption du fermier)	Fort

³ Voir le site de la SICASOV pour plus de détails (www.sicasov.fr)

- La segmentation et les pratiques des agriculteurs

D'après le GNIS, le marché total des semences en France, incluant les ventes en France et les exportations, représentait un peu plus de 11 milliards de francs pour la saison 1999/2000, les exportations représentant un peu plus d'un quart de ce chiffre. Le marché est séparé en plusieurs marchés par espèces ou groupe d'espèces. On peut d'abord distinguer les grandes cultures qui représentent les trois quarts du marché total français, et les potagères et florales qui représentent le quart restant. La ventilation ensuite des différentes espèces au sein des grandes cultures (Tableau 3) met en évidence l'importance des semences de maïs.

Tableau 3. Poids des différentes espèces végétales dans l'activité semencière en France

Espèce ou groupe d'espèce	Part dans les semences de grande culture*
Maïs et Sorgho	49%
Céréales	18%
Fourragères	11%
Betterave	10%
Pomme de Terre	7%
Oléagineux	6%

* Estimations faites à partir des données du GNIS. Les pourcentages sont exprimés par rapport à l'activité totale sur les semences de grandes cultures, incluant les ventes en France et les exportations.

Encart 1. Quelques rappels sur les notions de différenciation et la segmentation des marchés

Sur des marchés, comme ceux des semences ou des pesticides, où les biens présentent des caractéristiques différentes, l'analyse de la concurrence entre produits s'appuie sur les notions de différenciation verticale et horizontale des produits.

La différenciation entre produits est verticale lorsque tous les utilisateurs sont d'accord entre eux pour classer les produits en terme de préférence. Autrement dit, si tous les produits sont payés au même prix, tous les utilisateurs s'orienteront vers le produit le plus performant ou présentant la plus grande qualité. Si les choix des utilisateurs sont différents, cela signifie que certains utilisateurs accordent moins d'importance ou ne sont pas prêts à payer plus cher pour le produit de haute qualité. Par exemple, certains agriculteurs seront prêts à payer très cher pour disposer d'un produit qui leur permet de contrôler les problèmes de pyrale sur le maïs parce qu'ils subissent tous les ans des attaques sévères de pyrale. En revanche, d'autres agriculteurs qui subissent rarement de tels attaques ne seront pas prêts à payer aussi cher.

La différenciation entre produits est horizontale lorsque le classement des produits en terme de préférence n'est pas le même d'un utilisateur à l'autre. Dans ce cas, les choix des utilisateurs sont différents, même si les prix des produits sont identiques.

Au sein d'un marché différencié, les segments regroupent des ensembles de produits assez proches et facilement substituables l'un à l'autre. En d'autres termes, la concurrence est toujours plus forte entre produits d'un même segment qu'entre produits de différents segments. Pour autant, les segments de marché ne constituent pas des compartiments totalement indépendants. Par exemple, l'introduction d'un nouveau produit dans un segment de marché peut parfois affecter les segments de marchés voisins. Compte tenu de ces interdépendances entre segments voisins, il y a toujours une part d'arbitraire dans la définition des frontières d'un segment de marché, certains produits ou certains utilisateurs pouvant se trouver à cheval sur deux segments.

Au sein de chaque marché-espèce, la segmentation est basée sur deux facteurs principaux: l'adaptation aux conditions de culture et les débouchés. On trouvera dans l'Encart 1 quelques brefs rappels sur les notions de différenciation et de segmentation. Le Tableau 4 indique les différents segments de marché de semence existant pour les trois espèces végétales qui sont plus particulièrement étudiées dans ce rapport.

Tableau 4. Segmentation des marchés de semences sur la betterave, le colza et le maïs

	Adaptation aux conditions de culture	Débouché
Colza		- Niche: Erucique
Maïs	Groupes de précocité	- Spécialisation des groupes de précocité sur les usages grain ou ensilage - Niches: Waxy, Blanc Maïs doux
Betterave	Résistance à la Rhizomanie	Industriel standard Fourrager

L'adaptation aux conditions de culture renvoie dans la pratique à des critères différents selon les espèces. Dans le cas du maïs, le critère majeur correspond à l'adaptation au climat. La segmentation se traduit donc par l'existence de différents groupes de précocité: les variétés les plus précoces étant adaptées au Nord de la France, les variétés les plus tardives étant adaptées au Sud. Dans le cas de la Betterave, le critère majeur correspond à la résistance à la Rhizomanie⁴.

Les différents débouchés de la production agricole peuvent conduire à une segmentation du marché amont, mais ceci n'est pas systématique.

Dans le cas du Colza, les deux débouchés concernent soit les usages alimentaires, soit les usages industriels. Cependant les variétés utilisées pour ces deux types d'usage sont généralement les mêmes. La principale segmentation qui prévaut actuellement concerne le colza érucique sur approximativement 10 000 ha. Dans ce cas, les débouchés standard et érucique sont incompatibles puisque le premier requiert un teneur maximum en acide érucique qui est nettement inférieure à la teneur minimum requise dans le second cas.

Dans le cas du Maïs, la production est utilisée pour produire du maïs grain ou de l'ensilage. Des critères de différenciation des variétés vis à vis de ces deux usages ont été progressivement mis en place au cours des dix dernières années. Compte tenu de la répartition des zones de production, il y a une certaine spécialisation des groupes de précocité par usage, les groupes les plus précoces étant destinés principalement à un usage en ensilage, les groupes les plus tardifs étant destinés principalement à la production de maïs grain. La distinction entre la production de grain ou d'ensilage

⁴ La Rhizomanie est une maladie qui conduit à d'importante chute de rendement. En 2000, cette maladie concernait 170 000 ha, soit plus de 40% de la surface de betterave en France.

a surtout conduit à une spécialisation des critères de sélection sur les segments existants, mais pas à une segmentation accrue du marché. En dehors de cette première spécialisation ensilage/grain, il existe une série de niches de marché qui correspondent à des usages spécifiques du maïs grain: maïs blanc, maïs waxy et maïs doux. Chacune de ces trois niches correspond à un segment de marché spécifique en amont sur les semences.

1.2. Produits phytosanitaires

- Les caractéristiques de base des produits et le contexte réglementaire

Un produit phytosanitaire est une préparation combinant une ou plusieurs matières actives avec certains adjuvants. La matière active confère la propriété biologique du produit en terme de lutte contre le ravageur ou contre les adventices. L'adjuvant permet de modifier l'efficacité du produit en modifiant sa propriété physique. L'Encart 2 donne une illustration, dans le cas du Glyphosate chez Monsanto, de la gamme de produit qui peut ainsi être générée à partir d'une matière active.

Encart 2. La gamme de produit tiré du Glyphosate par Monsanto

Monsanto est le leader mondial sur le marché des herbicides non sélectifs avec son produit phare, le Roundup. C'est en 1972, que les laboratoires de Monsanto inventent la molécule de glyphosate et découvrent ses propriétés herbicides. Cette molécule sera brevetée pendant plus de 20 ans à l'INPI (homologation en 1974, commercialisation en 1975) et deviendra la matière active du produit Roundup à raison de 360 g/L. Le Roundup est un désherbant qui présente certaines caractéristiques : il est foliaire (il pénètre dans les mauvaises herbes par les feuilles, les parties vertes...), systémique (il est transporté par la sève jusqu'aux racines et autres organes souterrains), complet (il détruit définitivement les mauvaises herbes en bloquant la synthèse des acides aminés aromatiques) et non persistant dans le sol.

Le Roundup est rapidement devenu la référence sur le marché de traitement des plantes vivaces qui étaient jusqu'alors détruites mécaniquement du fait de l'absence de produit efficace (système). Puis le Roundup a investi le marché des plantes annuelles suite à l'introduction d'une nouvelle technique, la TAE (Technique d'Application Economique) qui permet de diminuer les coûts pour les agriculteurs. Cette technique développée dans les années 80 consiste à ajouter au glyphosate un surfactant qui a pour rôle d'agresser la cuticule et qui aide ainsi la pénétration de la matière active. On diminue alors les doses de glyphosate par deux et donc le coût/hectare. Genamin, le surfactant de Monsanto, est vendu pour être utilisé avec le Roundup classique. Depuis la date d'expiration du brevet (1991⁽¹⁾), de nombreuses sociétés concurrentes sont arrivées sur le marché avec des produits génériques concurrents à base de glyphosate.

Monsanto a adapté son offre (en proposant des prix plus faibles, en jouant sur les élasticités de la demande au prix) et élargi son portefeuille produits grâce à de nouvelles formulations de Roundup⁽²⁾. Il s'agit d'une stratégie de bas prix associée à une politique de marque. Grâce à l'ajout de surfactant, les proportions qui étaient de 360g/L pour le Roundup ont pu passer à 120 g/L sur deux nouveaux produits très efficaces sur les plantes annuelles (le Sting spécifique aux céréales et l'Azural spécifique aux vignes).

Dans le même temps, Monsanto a continué à élargir sa gamme Roundup avec des produits contenant des bioactivateurs. Ces derniers permettent au glyphosate de pénétrer dans la plante sans agresser la cuticule et donc sans la stresser (contrairement au surfactant). En outre, ils activent la circulation de la sève en augmentant la pénétration jusqu'aux racines. Avec cette nouvelle formule brevetée, Monsanto a lancé 4 nouveaux produits à forte valeur ajoutée: le Roundup Bioforce (le plus connu et le plus

vendu, il contient deux bioactivateurs), le Roundup Star (similaire au Bioforce mais conçu pour la distribution), le Roundup Expert (destiné à la vigne, il contient trois bioactivateurs) et le Roundup Géoforce (formule sèche).

(1) Le brevet a expiré en septembre 2000 aux Etats-Unis.

(2) Le Roundup représente aujourd'hui encore 80% du chiffre d'affaires phytosanitaire de la division agriculture de Monsanto France.

Les matières actives sont généralement protégées par brevet pour une durée de 20 ans (Hartnell 1996). Passé ce délai, des formes génériques de cette matière active apparaissent sur le marché, conduisant à une baisse du prix des produits qui en sont tirés. En France, ces les produits génériques représentent 10% du marché phytosanitaire global. Cette proportion varie en fonction des innovations introduites. Les ventes de génériques sur les herbicides betteraves et les fongicides pommes de terre ont eu tendance à se développer au cours des dernières années, alors que ventes de générique sur les fongicides céréales, les insecticides maïs, les herbicides céréales et maïs ont eu tendance à diminuer.

Les produits génériques représentent 10% du marché (1 544 MF pour le chiffre d'affaires des produits génériques en 1999-2000). Les évolutions de ce marché sont toutefois fonction des segments de marché génériques. Sur les marchés génériques en baisse, les produits sont souvent moins utilisés en raison de l'arrivée de nouveautés plus attrayantes pour l'agriculteur pour leur efficacité et surtout en raison de la sécurité qu'elles offrent à l'utilisateur, à l'environnement et au consommateur.

Le commercialisation des pesticides est réglementée par la directive 91/414 (Tait et Assouline 1998). Les autorisations de mise sur le marché sont accordées pour une durée de 10 ans. Cette directive a eu deux effets principaux, (i) les entreprises ont dû redemander des autorisations de vente sur leurs produits, et ont parfois été contraintes à abandonner des produits, (ii) le coût des homologations a nettement augmenté. On considère aujourd'hui que le coût de mise au point d'une molécule (recherche, développement et homologation) est de 130 Millions de US\$ (Ollinger et Fernandez-Cornejo 1998). Nous reviendrons dans la section suivante sur les implications de ces évolutions sur les stratégies des acteurs.

En 2000 la Taxe Générale sur les Activités Polluantes (TGAP) a été appliquée aux produits phytosanitaires. Il est encore trop tôt pour évaluer les effets de cette taxe sur la consommation de produits phytosanitaires. Retenons simplement que la TGAP distingue différentes classes de produits selon les critères de toxicité et d'écotoxicité, le niveau de taxe appliqué étant différent selon les classes⁵.

⁵ Le niveau de taxation s'étend de 0 F par kilo (classe 1) pour les matières actives exemptées de classement (telles que le cuivre, le soufre, le glyphosate...) à 11 F par kilo pour les molécules les plus toxiques (classe 7). En France, 300 à 350 molécules sur les 700 homologuées sont concernées par la TGAP.

- La segmentation

Les matières actives sont généralement spécifiques des problèmes de protection des plantes et peuvent être employées avec différentes cultures. A la différence des semences où la segmentation par culture est stricte, la segmentation pour les produits phytosanitaires est essentiellement basée sur les cibles. Cette segmentation peut être définie comme une segmentation en deux étapes:

- Une ventilation par grandes catégories de cible distingue les fongicides, les herbicides, et les insecticides. Ces trois grandes catégories représentent plus de 90% du marché total. On peut considérer que ces trois catégories représentent des marchés assez indépendants les uns des autres.
- Une ventilation au sein de chaque catégorie selon les cibles plus précises. On distinguera par exemple les herbicides totaux des herbicides sélectifs au sein de la catégorie des herbicides, avant de faire des sous-classes au sein des herbicides sélectifs (ex: anti-dicotylédones vs anti-monocotylédones). Suivant le découpage adopté, il est possible que les segments ne soient pas totalement indépendants : l'introduction d'une innovation dans un segment pourra, dans certains cas de figure, affecter les ventes des produits du segment voisin.

- Les pratiques des agriculteurs

Le choix des produits phytosanitaires est généralement beaucoup plus complexe que le choix variétal. Dans le cas d'une variété, l'agriculteur choisira généralement une seule variété sur une parcelle. Dans le cas de la protection des plantes, l'éventail des problèmes nécessite de réaliser différents passages pour chaque type de problème de protection des plantes: luttent contre les mauvaises herbes, lutte contre les insectes, etc. De plus, au sein de chaque type de problèmes, il sera nécessaire de conduire différents passages pour contrôler le problème en question aux différents stades du cycle de vie de la culture. Enfin, à chaque passage, l'agriculteur sera plus ou moins efficace selon la combinaison de produit qu'il utilisera et les doses auxquelles il utilisera les produits.

L'emploi de produits phytosanitaires n'est pas le seul moyen de conduire la protection des plantes. Dans le cas de la protection contre les ravageurs, certains biopesticides peuvent représenter des alternatives intéressantes. Par exemple, la lutte contre la Pyrale sur le maïs peut également être conduite au moyen de trychogramme ou de bactérie Bt. Dans le cas du désherbage, certaines pratiques de binage plus ou moins mécanisées peuvent aussi être réalisées. D'une façon générale, on peut considérer que les moyens de lutte par emploi de produits phytosanitaires se sont imposés jusque là car ils sont efficaces et peu coûteux en terme de main d'œuvre. L'emploi de méthodes alternatives devient compétitif dès lors que l'agriculteur est capable de valoriser la production, comme c'est le cas typiquement avec les produits issus de l'agriculture biologique.

- Les volumes de ventes et leurs distributions

Tableau 5. Chiffre d'affaires en produits phytosanitaires de principaux pays d'Europe de l'Ouest

Pays	CA (M\$)
France	2299
Allemagne	1120
Italie	763
Grande-Bretagne	654
Espagne	616
Hollande	281
Grèce	194
Belgique	133
Portugal	130
Danemark	106
Autriche	86

Source: UIPP

La France représente le plus gros marché au sein de l'Europe en produits phytosanitaires (Tableau 5). Les fongicides et les herbicides représentent plus des trois quarts du marché des produits phytosanitaires (respectivement 36% et 40%). La mise en place de la TGAP en a précipité les ventes, celles de 2000 ayant été anticipées en 1999. En d'autres termes, les ventes moyennes sur 1999-2000 sont proches des ventes réalisées en 1998.

Tableau 6. Chiffre d'affaires du marché phytosanitaire français (en millions de F)

Années	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Fongicides	4266	4173	4757	5022	5162	4879
Insecticides	1414	1428	1433	1371	1596	1386
Herbicides	4430	5199	5118	5730	5729	4457
Divers	1327	1434	1435	1585	1688	1606
Total	11437	12234	12743	13708	14175	12328

Source: UIPP

Il est très difficile d'obtenir des données sur la distribution des ventes par culture. Notons que cette distribution est différente de la distribution des surfaces, l'emploi de produits phytosanitaire étant parfois nettement plus important sur certaines cultures que sur d'autres. Ainsi, les dépenses en produit phytosanitaire sur la vigne, les production maraîchères et fruitières varient entre 2000 et 5000 F/ha. En revanche, pour les grandes cultures ces dépenses varient généralement entre 500 et 1500 F/ha. Malgré

ces écarts importants, le déséquilibre en terme de surface est tel que plus des trois quarts du marché phytosanitaire français est destiné aux grandes cultures⁶.

1.3. Vers le développement de variétés présentant des composantes de l'offre en protection des plantes

Les deux sous-sections précédentes tendent à montrer que les choix de semences et de produits phytosanitaires sont classiquement assez indépendants. Nous présentons à présent une série de cas de figure dans lesquels l'agriculteur réduit l'éventail de ses choix en matière de protection des plantes au moment où il achète sa semence.

- Le traitement de semences

Un traitement de semences désigne un produit phytosanitaire qui est directement appliqué sur la graine avant le semis. Les premiers traitements de semences étaient basés sur des fongicides et avaient pour objectif de contrôler les parasites transmis par la semence. Plus récemment, ont été mis au point des traitements de semence avec des propriétés systémiques. Le pesticide diffuse d'abord alentours de la graine la protège contre les parasites. Ensuite le produit est ensuite absorbé par les racines puis véhiculé par la sève et se répartit dans les feuilles au fur et à mesure de leur développement.

Le Gaucho (produit Bayer) est aujourd'hui le produit leader sur le traitement de semence⁷. Mis sur le marché en 1991, ce produit à base d'imidaclopride a une action sur les insectes pendant les premières semaines du cycle végétatif. En 1998, les ventes mondiales de Gaucho atteignaient 500 millions de \$. Aujourd'hui les firmes se penchent sur la possibilité d'associer plusieurs molécules dans le traitement de semence et sur le contrôle de certaines maladies en végétation comme la rouille des céréales sur laquelle des essais sont actuellement réalisés.

Le traitement de semence peut être vu comme une étape intermédiaire entre l'application d'un pesticide indépendamment de la variété semencière utilisée l'intégration de la fonction de protection des plantes dans le génotype de la plante (cas des OGM). En effet, le traitement de semence peut facilement être appliqué sur n'importe quelle variété au dernier moment sans avoir à modifier la variété elle-même. Le développement du traitement de semence a néanmoins complexifié les gammes de produit des semenciers et augmenté le coût de gestion des stocks supporté par ces derniers. Par ailleurs, le développement du produit dépend de l'éventail de variété sur lequel il est appliqué, éventail qui peut se trouver contraint par les antagonismes entre molécules utilisées dans le traitement de

⁶ On peut estimer que la part des ventes destinées à la vigne et aux productions maraîchères et fruitières représente approximativement 15% du marché français des produits phytosanitaires alors que ces cultures représentent moins de 5% de la surface cultivée en France.

⁷ Depuis 1999 l'usage du Gaucho sur le Tournesol a été interdit à cause des risques de liés aux effets sur les abeilles.

semences. En résumé, le traitement de semence et les OGM ont en commun le fait que le développement des produits nécessite une certaine implication des semenciers.

- Les variétés non-OGM résistantes à des herbicides

Ces produits présentent des propriétés équivalentes aux semences OGM tolérantes à un herbicide, mais elles ne sont pas obtenues par transgénèse. Depuis 2000, deux produits ont été mis sur le marché:

- La tolérance à l'imazamox (famille de imidazolinones) développé par Cyanamid Agro avec le système Clearfield⁸. Ce caractère est protégé par brevet et a été intégré par différents semenciers qui ont obtenue des licences d'utilisation. Par exemple, Pioneer dispose déjà de deux variétés tardives de maïs, Résista et California, versions résistantes de Cécilia et Marista.
- La tolérance à la cycloxydime, matière active du Stratos Ultra de BASF. Ce caractère a été intégré, entre autres, dans la variété DK 312 (variété de RAGT, n°3 sur le marché français du maïs grain) pour donner la variété Lexxor dont la dose est 25 F plus chère que celle de DK 312.

Des produits équivalents ont aussi été mis sur le marché aux Etats-Unis et au Canada. Dans le cas du Soja, les exportations américaines de non OGM certifiées sont en partie orchestrées par DuPont avec l'utilisation comme point de départ de semences de Soja tolérantes aux sulfonilurés.

- Les variétés OGM

Les autorisations de mises sur le marché sur les OGM sont définies par la directive 90/220. Deux types d'autorisations sont accordées⁹:

- Les autorisations sur les essais aux champs (partie B) sont accordées de manière décentralisée par l'instance compétente dans chaque pays membre. L'information sur les essais est transmise aux autres pays membres qui peuvent faire des observations¹⁰.
- Les autorisations de mise sur le marché (partie C) suivent un circuit plus complexe. Les dossiers sont d'abord examinés par un état membre, l'autorisation est ensuite accordée par l'ensemble des états membres et valable pour tous les pays, enfin les variétés contenant les événements autorisés doivent être inscrites dans chaque pays au catalogue officiel des variétés.

⁸ Le groupe agrochimique avait mis au point un nouvel herbicide, l'AC 264, une association d'imazamox et de pendiméthaline, permettant le désherbage de variétés résistantes (système Clearfield). Suite au report de l'homologation de l'AC 264 et au rachat de Cyanamid par BASF, le maïs Clearfield n'a pas été commercialisé en 2000.

⁹ La directive 90/220 a récemment été amendée, et sera remplacé en 2002 par la directive 2001/18. Les principales modifications concernent les points suivants: (i) une reconnaissance du besoin d'étiquetage, (ii) une plus grande consultation de la société civile, notamment dans le cas de la mise en place d'essais.

¹⁰ L'information sur les essais réalisés en Europe est centralisée au Joint Research Center. Cette information est disponible publiquement sur le site <http://biotech.jrc.it/>

Les produits pour lesquels les demandes de commercialisation ont été faites présentent des améliorations sur des caractères agronomiques. Trois caractères sont concernés: la tolérance à un herbicide total (HT, sur betterave, colza et maïs), la résistance à un insecte (IR ou Bt sur maïs) et la possibilité de rendre des plantes mâle-stériles (sur colza). Plus de détails sur les événements de transformations autorisés en Europe sont donnés dans le chapitre 3 (sous-section 1.1, paragraphe a). Aujourd'hui plusieurs variétés de maïs Bt sont autorisées à la vente en France, mais les industriels ont pour le moment suspendu leurs ventes. En Europe, seule l'Espagne présente des surfaces en OGM assez importantes.

2. Les acteurs et les structures industrielles

Comme cela a été rappelé dans l'introduction de ce rapport, 4 principaux métiers sont en relation en amont de la production végétal: les semences, les produits phytosanitaire, la distribution, et les biotechnologies. L'objectif de cette section est d'analyser l'évolution générale des relations entre ces métiers et d'expliquer en particulier l'effet des OGM sur cette évolution.

Le métier de la distribution ne sera pas étudié ici pour deux raisons: (i) les entretiens ont eu tendance à confirmer que ce métier a relativement peu d'influence sur la diffusion des OGM (il a une influence en général sur la diffusion des produits, mais dans le cas des OGM, cette influence semble être assez faible, (ii) c'est un métier qui a été relativement peu étudié (il était donc difficile de repartir d'un acquis).

2.1. Evolution générale dans l'industrie des semences

Par souci de concision, nous nous concentrerons ici uniquement sur le cas de la France.

Le GNIS recense actuellement une centaine d'établissements obtenteurs en France, certains d'entre eux faisant parti d'un même groupe. Deux classements complémentaires peuvent être réalisés pour mieux caractériser cette population: le premier sur le type d'espèce végétal qui est travaillé, le second sur la base du type de détention¹¹.

L'analyse est basée sur les marchés semenciers visés. Pour ne pas entrer trop dans le détail des marchés par espèces, 4 principaux groupes de marchés ont été distingués (Tableau 7): les grandes cultures, les plantes fourragères, les potagères et les fleurs. L'analyse du positionnement des établissements sur chacun de ces marchés montre la très nette séparation entre les établissements spécialisés sur les potagères et florales et les établissements spécialisés sur les grandes cultures et les fourragères. Cette séparation s'explique sans doute les caractéristiques différentes des clients qui sont visés et les réseaux commerciaux concernés: d'un côté les semences pour les grandes cultures et les

¹¹ Nous reprenons ici les résultats d'une étude précédente (Lemarié et. al 2001).

plantes fourragères sont commercialisés par les coopératives ou les négocient en agrofourmiture, alors que d'un autre coté les potagères et florales sont destinés aux maraîchers ou aux particuliers.

Tableau 7. Spécialisation des semenciers sur les différents marchés par espèce

Type de marché visé	Nombre d'établissements
Grandes cultures	46
Plantes fourragères	13
Grandes cultures et plantes fourragères	11
Potagères	11
Florales	2
Potagères et florales	6
4 groupes de marché	1
Grandes cultures et potagères	2
Grandes cultures, potagères et florales	2

L'analyse de la forme de détention du capital fait ressortir 5 types d'entreprises:

- Les semenciers indépendants détenus par des personnes individuelles (15 obtenteurs). Il s'agit en quelque sorte de la catégorie la plus ancienne de semencier, puisque certaines de ces entreprises ont été créées il y a plus d'un siècle. Cette catégorie est de plus en plus mince sous l'effet de différents rachats¹². Ces entreprises sont de taille relativement petite, et les semences représentent généralement leur seule activité. Les deux tiers d'entre elles ont moins de 100 employés, la plus grande étant Florimond Desprez avec 235 employés et 300 millions de F de chiffre d'affaires.
- Les filiales de groupes coopératifs (37 établissements, soit 20 groupes différents après regroupement). Historiquement, ces coopératives ont été impliquées dans la production et la distribution de semence et elles ont progressivement investi l'activité de sélection soit en créant leur propre station de sélection, soit en achetant d'autres établissements. En dehors des trois activités de collecte, distribution et de semencier, certaines de ces coopératives se sont également diversifiées dans d'autres métiers liés à l'agro-alimentaire. La distribution des chiffres d'affaires sur l'activité semencière est très étalée : les plus petits établissements sont de taille comparable à des semenciers indépendants, mais les plus grands groupes se situent dans les 10-20 premiers semenciers mondiaux (l'exemple le plus connu étant Limagrain, 4^{ème} semencier au monde et leader sur la sélection du maïs en Europe).
- Les filiales communes entre plusieurs établissements (10 établissements). Typiquement, il s'agit d'un regroupement de l'activité de recherche entre plusieurs semenciers de taille assez modeste. L'activité de recherche concerne soit des espèces végétales sur lesquelles il est difficile d'amortir

¹² Les deux exceptions sont Germicopa et Caussades qui correspondent à des reprises par les employés, suite au désengagement des groupes dont ils faisaient parti (respectivement Rhône Poulenc et Sanofi).

un programme de recherche compte tenu de la taille du marché¹³, soit une activité de biotechnologie pour laquelle il est nécessaire de concentrer les moyens pour rester compétitif face aux programmes menées par les grands groupes industriels. Nous reviendrons plus loin le rôle de ces filiales communes.

- Les établissements filiales de semenciers étrangers (25 établissements). Généralement, un semencier étranger souhaitant s'implanter en France a deux solutions à sa disposition: (i) déléguer ses variétés à une entreprise française et toucher des royalties en contrepartie, (ii) créer une filiale en France qui gèrera le développement, la production et la commercialisation de toute nouvelle variété. La deuxième solution correspond à un engagement plus lourd, mais elle assure un meilleur contrôle du développement commercial des produits. D'une manière générale, cette deuxième solution est adoptée pour les semences à forte valeur ajoutée (ex: maïs) et quand les semenciers ont une position forte dans le pays d'origine. C'est la stratégie qui a été adoptée par Pioneer au cours des années 80, et c'est la stratégie qui est actuellement suivie par des semenciers comme KWS (Allemagne) ou Golden Harvest (USA).
- Les filiales de groupes industriels (10 établissements). Aujourd'hui les 4 groupes concernés sont tous des groupes de l'agrochimie (DuPont, Monsanto, Syngenta, et Aventis) l'entrée de deux d'entre eux étant relativement récente. La même analyse 10 ans plus tôt aurait montré une plus grande diversité des groupes industriels impliqués avec, entre autres, Lafarge Coppée (via Hybrinova et Claes Luck), Shell (via Nickerson), Cargill (via Semences Cargill) ou Beghin Say (via Agrosem). Comme nous le verrons plus loin, on retrouve parmi les établissements concernés les leaders en France sur la betterave (avec Hillebrand), le colza (avec DeKalb et Novartis) et le maïs (avec Pioneer et Dekalb).

2.2. Evolution générale dans l'industrie des phytosanitaires

Comme nous l'avons indiqué plus haut, les matières actives à la base des nouveaux produits phytosanitaires (ou "spécialités") peuvent être protégées par brevet, des formes génériques de cette matière active pouvant apparaître une fois la durée du brevet écoulée. Il est possible de faire une distinction au sein des entreprises de pesticides entre les firmes dont l'essentiel de l'activité se base sur de nouvelles spécialités et celles dont l'essentiel de l'activité se base sur des produits génériques. Compte tenu des investissements importants nécessaires pour développer de nouvelles spécialités, les firmes de la première catégorie doivent être implantées sur les principaux continents et avoir une taille critique. Lorsqu'on analyse la distribution des chiffres d'affaires (au niveau mondial) dans le domaine

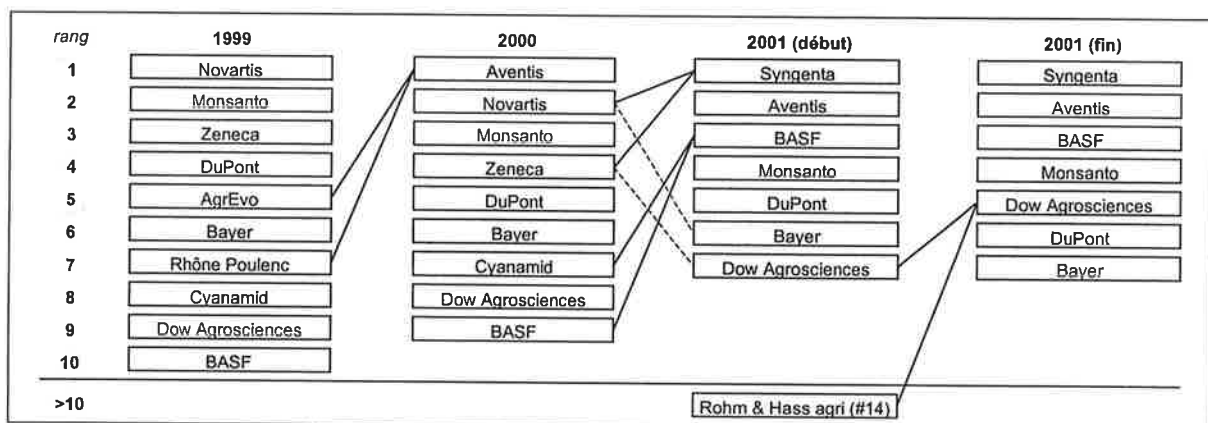
¹³ Quelques exemples sont illustratifs:

- Unisigma, filiale de recherche commune en céréales à paille entre Advanta et des coopératives françaises,
- le GIE REGA filiale commune entre 4 semenciers et spécialisée sur les gazons (recherche et production),
- Sémunion Verneuil filiale de recherche commune entre Sémunion et Verneuil semence spécialisée sur les plantes fourragères.

des phytosanitaires, les firmes produisant des spécialités ont aujourd'hui une taille allant de 2 à 6 milliards de \$, alors que les firmes produisant des génériques ont une taille inférieure à 0.8 milliards de \$. Le nombre de firmes produisant des spécialités est très limité et elles concentrent à elles seules 80% du chiffre d'affaires mondial.

Aujourd'hui, toutes les firmes engagées sur la production de spécialités réalisent également d'importants efforts sur les biotechnologies. L'image était relativement différente au milieu des années 90 où Cyanamid, Dow, Bayer et BASF n'avaient pas encore réalisé d'engagements significatifs. Les engagements sur les biotechnologies ont principalement trois objectifs: (i) utiliser ces nouvelles technologies pour accélérer la mise au point de nouvelles matières actives, (ii) mettre au point de nouveaux caractères génétiques sur des fonctions de protection de plantes dans le but d'être plus concurrentiel sur ce marché, (iii) développer de nouvelles filières de productions par la mise au point de nouveaux caractères de qualité.

Figure 1. Evolution des positions des leaders en phytosanitaires depuis 1999



Les flèches en trait plein indiquent les fusion ou acquisition, alors que les flèches en pointillé indique les cessions importantes de matières actives. Ce schéma ne tient pas compte du rachat possible d'Aventis par Bayer qui est en négociation.

D'importantes restructurations ont eu lieu dans ce secteur au cours des 3 dernières années. Pour simplifier le propos, nous nous concentrerons uniquement sur les plus importantes, à savoir celles qui concernent les firmes produisant des spécialités. Alors qu'elles étaient 10 pendant la deuxième moitié des années 90 (Figure 1), ces firmes seront au nombre de 6 au début de l'année 2002 après le rachat de Aventis Crop Science. Cette concentration s'est produit par fusion et acquisition, et s'explique principalement par 3 arguments¹⁴:

- Des bénéfices plus difficiles à réaliser, liées à une tendance à la baisse des marchés agricole, une concurrence forte de la part des OGM en Amérique du Nord et des investissements croissants pour développer de nouveaux produits.

¹⁴ Voir Bijman (2000).

- Un abandon progressif de projets de création de groupes en "sciences de la vie". L'idée générale était de regrouper au sein d'un même groupes des activités de santé humaine et de protection des plantes dans le but de bénéficier de synergies en recherche et pouvoir ainsi amortir plus facilement les investissements sur ce domaine, en particulier dans les biotechnologies. Les 10 leaders en 1999 étaient tous présents à la fois sur la pharmacie et l'agriculture. Après la cession d'Aventis Crop Science, seul Bayer sera encore présent sur les deux domaines. En l'espace des deux ans, American Home Product a cédé Cyanamid, Novartis et AstraZeneca ont fusionné leurs activités avant de s'en séparer par une introduction en bourse, Pharmacia a également commencé l'introduction en bourse de Monsanto, et enfin DuPont et BASF ont cédé leur activité dans le domaine de la Pharmacie. Plusieurs explications peuvent être apportées pour expliquer cette séparation pharmacie-agriculture: un écart trop important des taux de rentabilité des deux activités qui désavantage ces firmes hybrides par rapport à celles qui sont exclusivement dans le domaine de la pharmacie, une valorisation difficile des investissements en biotechnologie liée entre autre aux controverses sur les OGM, et enfin, pour celles qui ont décidé d'abandonner leurs activités liées à l'agriculture, le besoin de rester compétitif dans la pharmacie où d'importantes fusions et acquisitions ont également eu lieu.
- Un effet d'autorenforcement dès lors que les concentrations créent des asymétries trop importantes sur les tailles d'entreprises. Pendant la deuxième moitié des années 90, les tailles des entreprises étaient assez proches les une des autres entre 2 et 3 milliards de \$. Les premières fusions et acquisitions ont fait apparaître des firmes beaucoup plus grandes qui peuvent mettre en difficulté, à terme, celles qui ont conservé leur taille. Cet argument explique en partie le rachat de Cyanamid par BASF et celui (annoncé) d'Aventis Crop Science par Bayer. Si ce dernier rachat est confirmé, DuPont et Dow AgroSciences auront des tailles assez nettement inférieures par rapport aux 4 leaders. Il est donc possible qu'elles soient contraintes, de ce fait, de s'engager à leur tour dans un mouvement de fusion-acquisition.

La distribution des ventes entre les grandes catégories de pesticide montre que ces firmes sont en général présentes sur les trois classes de produits. Les firmes d'origine américaines (Monsanto, DuPont et Dow) dégagent plus de ventes sur les herbicides par rapport aux Européennes, ceci s'expliquant par le poids plus important que représentent les herbicides en Amérique du Nord. A l'inverse, le poids des firmes Européennes est plus fort en Europe. Lorsqu'on compare la répartition des ventes à l'échelle de la France (Tableau 8) par rapport à l'échelle mondiale, les 7 premières firmes représentent dans les deux cas approximativement 80% du marché, mais la répartition firmes Européennes/firmes Américaines est plus équilibrée au niveau mondial (55%/25%) qu'en France (70%/10%). Ainsi, avec scénario de rachat d'Aventis CropScience par Bayer, 70% du marché français des produits phytosanitaires devrait être détenu par trois firmes Européennes, avec des tailles relativement équivalentes pour chacune des trois. En conséquence, le chiffre d'affaires en France des firmes

américaines est plus proche de celui des plus gros fournisseurs de génériques que celui des leaders Européens.

Tableau 8. Les principales entreprises de phytosanitaires en France

	CA France (MF)	Fongicide	Herbicide	Insecticide	RC+TS**
Zeneca	1721	52%	34%	9%	5%
Novartis	2500				
Aventis CropScience	2800	35%	40%	15%	10%
BASF	3100	58%	29%	7%	6%
Bayer	1640				
DuPont	640	40%	51%	9%	0%
Monsanto	630	0%	100%	0%	0%
Dow AgroSciences	600	8%	81%	7%	4%
Sipcam-Phyteurop	504	25%	60%	9%	6%
Cerexagri	429	62%	15%	5%	0%
Philagro	329	49%	43%	8%	0%
Calliope	250	30%	40%	30%	0%
Makheteshim- Agan	298	16%	82%	2%	0%
CFPI Nufarm	266	0%	97%	0%	3%

Source: Référence Appro (Avril 2001). La catégorie "autre produits" n'est pas mentionnée ici et représente le complément pour atteindre 100%.

* Régulateur de Croissance et Traitement de Semence

2.3. Evolution générale sur les biotechnologies agricoles

- Du côté des firmes détentrices des OGM

A la différence des deux métiers des semences et des phytosanitaires présentés plus haut, le métier des biotechnologies agricoles est émergent. Pour simplifier le propos, nous ne discuterons ici que des innovations en biotechnologie sous la forme de nouveaux caractères qui puissent être intégrés dans les semences comme c'est le cas avec les OGM. Le fait de pouvoir parler de métier des biotechnologie tient à la possibilité de protéger ces innovations et d'en tirer des bénéfices à partir des ventes de licences. Cette possibilité est une condition nécessaire pour qu'un métier s'individualise, mais elle n'est pas une condition suffisante. Les 5 dernières années ont en effet montré que les firmes ayant basé leur stratégie sur le développement des biotechnologie sous forme d'OGM ont eu besoin de renforcer leurs actifs (c'est à dire les brevets qu'elles détenaient), principalement dans deux directions:

- Premièrement en s'assurant que les brevets qu'elles détenaient constituaient des portions de propriété intellectuelle valorisables et non dépendants d'autres brevets par des concurrents. Or, comme il s'agissait d'un domaine émergent, l'examen des domaines de revendication par les examinateurs de brevet a été parfois délicat, et certaines brevets avec des domaines de

revendications très larges ont été acceptés dans un premier temps avant d'être réexaminés lors de procès. Ce problème a été rendu plus aigu encore par le fait que les domaines de recherches des différentes firmes pouvaient être extrêmement proches, comme cela a été le cas avec les recherches autour des gènes Bt¹⁵. Pour faire face à cela les firmes ont été engagées dans un nombre important de procès ou ont choisi de racheter certaines startups de biotechnologies¹⁶.

- Deuxièmement, en s'assurant un accès au marché des semences. Pendant plusieurs années, certaines firmes comme Monsanto, DuPont ou AgrEvo ont considéré qu'elles pourraient valoriser correctement leurs actifs en biotechnologie par une stratégie de fournisseur de biotechnologie¹⁷, c'est à dire en accordant des licences non exclusives aux différents semenciers qui souhaiteraient intégrer les caractères développés avec les OGM. L'expérience américaine a révélé qu'avec une telle stratégie ne permettait pas d'intégrer les caractères développés dans le meilleur matériel possible, et rendait de ce fait les OGM moins intéressants pour les agriculteurs. Autrement dit, une stratégie unique de fournisseurs plaçait les firmes de biotechnologies dans une certaine situation de dépendance vis à vis des semenciers. A l'inverse, le fait d'avoir une filiale dans le domaine des semences permet d'assurer une bonne diffusion du caractère par les meilleures variétés de cette filiale. Avec une telle configuration, les concurrents ne souhaitant pas perdre trop de parts de marché seront plus enclins à intégrer des événements de transformations dans leurs meilleurs variétés. La firme de biotechnologie peut alors choisir d'accorder soit une licence exclusive à sa filiale semencière et gagner ainsi des parts de marché sur les semences soit une licence non exclusive et assurer ainsi une large diffusion de l'événement de transformation. Dans ce deuxième cas, la menace de ne pas accorder de licence met la firme de biotechnologie dans une position plus forte pour négocier les tarifs de cession de licence.

¹⁵ Voir Krattiger (1996) pour une analyse détaillée des brevets sur le Bt. Voir également Joly et De Looze (1996) pour une analyse détaillée des brevets dans les biotechnologies.

¹⁶ Voir Joly (2000) pour plus de détails sur ce dernier point.

¹⁷ Voir Joly et Docus (1993) pour une analyse plus détaillée de la stratégie de fournisseur de biotechnologie.

Tableau 9. Participation des groupes de l'agrochimie dans les entreprises semencières

	Prise de participation majoritaire	Prise de participation minoritaire
Monsanto	DeKalb Holden's Asgrow Agronomics Cargill international PBI Cambridge Hybritech	
DuPont	Pioneer HiBred Hybrinova	
Syngenta	Hilleshög Northup King Agrosem	Advanta Maisadour semences C.C. Benoist Secobra
Dow AgroSciences	Mycogen Cargill Seeds US	Verneuil Semences
Aventis		KWS
BASF		Svalöf Weibull

Seuls sont rapportés ici les prises de participations dans des semenciers implantés sur les marchés de grandes cultures situés en Europe ou en Amérique du Nord.

- Du côté des semenciers

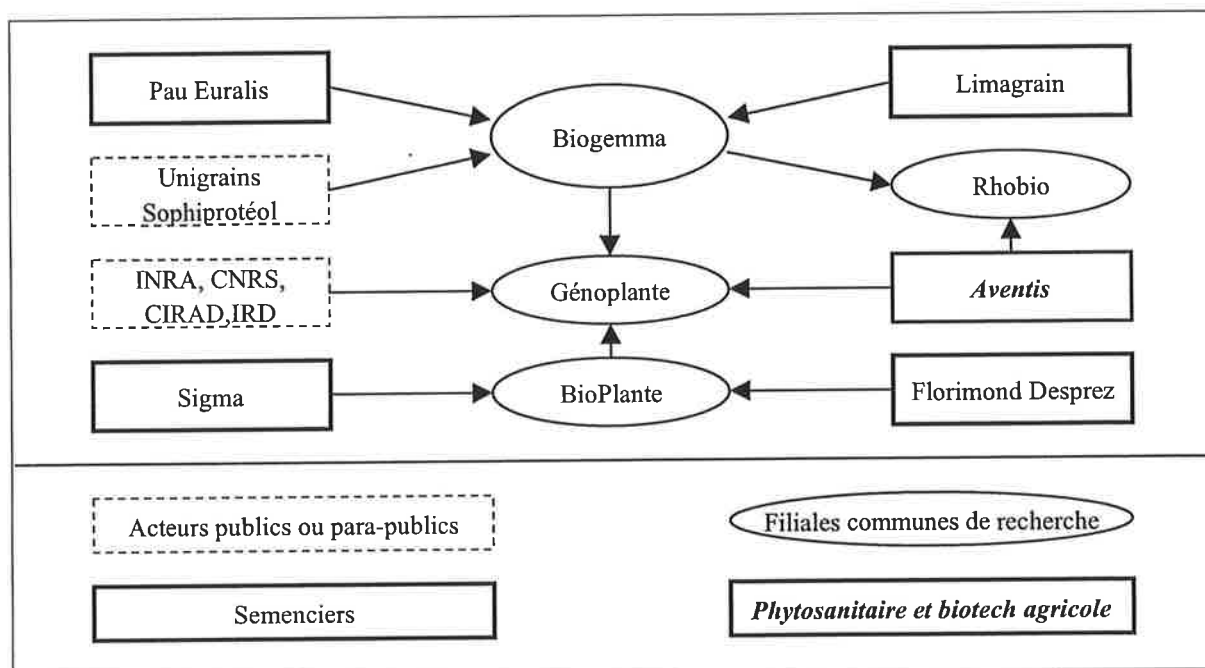
Compte tenu de la taille des marchés et du niveau de concentration, les semenciers (indépendants) ne peuvent pas engager des investissements en recherche sur les biotechnologies qui soient comparables aux investissements réalisés par les plus grands groupes de l'agrochimie. Ces semenciers se placent donc en situation d'intégration des innovations dans leurs variétés. Le point clef pour ces acteurs est alors de pouvoir avoir accès dans des conditions convenables par rapports aux concurrents semenciers.

Deux stratégies ont été adoptées jusque là par les semenciers français:

- Une stratégie de regroupement, comme c'est le cas avec Biogemma, BioPlante et Génoplante (Figure 2). L'objectif est double: (i) fédérer un certain nombre de projets de recherche en biotechnologie dans le but de constituer un portefeuille de brevets qui permette d'être en position plus favorable pour négocier l'accès à certaines innovations en biotechnologie détenues par des firmes de biotechnologies concurrentes, (ii) améliorer les conditions d'accès à certaines innovations en biotechnologies en négociant au nom de plusieurs semenciers.
- Une stratégie de partenariat privilégié avec une firme de biotechnologie. Cela se matérialise par une prise de participation minoritaire de ce dernier dans la firme de semences (

Tableau 9). En France, les acteurs concernés sont Verneuil Semences (Dow), Maisadour, C.C. Benoist, et Secobra (Syngenta).

Figure 2. Génoplante et les alliances entre les principaux acteurs français dans les biotechnologies agricoles



3. Un modèle de compétition sur la protection des plantes¹⁸

3.1. Le modèle

L'analyse s'appuie ici sur un modèle de différenciation verticale à la Mussa Rosen (1978). Les échanges se déroulent sur une seule période dans un contexte d'information parfaite. Les produits considérés correspondent à une solution de protection des plantes. Potentiellement, une solution repose sur l'usage d'un pesticide particulier et d'une semence particulière. Par simplicité, nous supposons qu'un seul produit pesticide est utilisé pour une solution de protection des plantes et que tous les agriculteurs emploient ce produit à la même dose.

Le rendement atteint par l'agriculteur qui utilise la solution i est défini par:

$$y = y_M (1 - a (1 - \alpha_i) \theta)$$

Cette formulation est identique à celle qui sera utilisée dans le chapitre suivant dans le cas du maïs Bt (voir la section 3 du chapitre 2). θ reflète l'ampleur du problème de protection des plantes auquel l'agriculteur est exposé. Cette variable est différente d'un agriculteur à l'autre et, pour le modèle

¹⁸ Le modèle proposé ici est basé une extension d'un premier modèle de Lemarié et Marette (2001).

théorique envisagé ici, nous supposons que cette variable est distribuée de manière uniforme entre 0 et 1. y_M est le niveau de rendement atteint lorsque l'agriculteur ne rencontre aucun problème de protection des plantes. On peut voir donc qu'au fur et à mesure que le problème de protection des plantes s'aggrave, le rendement décroît de façon linéaire. Le paramètre a traduit l'ampleur de la baisse de rendement après un certain accroissement du problème de protection des plantes. α_i indique l'efficacité technique de la solution de protection des plantes. Ce paramètre est compris entre 0 et 1. Si $\alpha_i=1$ alors la solution est parfaitement efficace et le rendement atteint est égal au rendement qui aurait été atteint sans problème de protection des plantes.

Le profit de l'agriculteur qui utilise la solution i est défini par:

$$\begin{aligned}\pi_i &= y p - w_i - \rho_i \\ &= p y_M (1 - a (1 - \alpha_i) \theta) - w_i - \rho_i\end{aligned}$$

p est le prix de la production agricole. w_i est le coût en pesticide de la solution de protection des plantes i . ρ_i est le coût additionnel en semence de la solution de protection des plantes i par rapport au coût de la semence conventionnelle. La surface totale sur laquelle les choix sont faits est égale à N .

Trois solutions de protection des plantes sont envisagées:

- La solution 0 correspond au fait de n'appliquer aucune protection particulière. Dans ce cas $\alpha_0=0$, $w_0=0$ et $\rho_0=0$. Autrement dit, $\pi_0 = p y_M (1 - a \theta)$
- La solution 1 correspond à l'utilisation d'une solution de protection des plantes conventionnelle basée uniquement sur l'emploi d'un pesticide. Dans ce cas, $\alpha_1>0$, $w_1>0$ et $\rho_1=0$.
- Enfin, la solution 2 correspond à l'utilisation d'une solution de protection des plantes basée sur l'utilisation de semences OGM. Cette solution est supposée plus efficace du point de vue technique que la solution 1 ($\alpha_2>\alpha_1$). Deux sous-cas doivent être distingués:
 - Pour le contrôle des insectes (cas IR), la semence seule suffit à assurer la protection des plantes. On a alors, $\alpha_2>0$, $w_2=0$ et $\rho_2>0$.
 - Pour le contrôle des adventices (cas HT), l'agriculteur utilise une semence OGM de type HT en combinaison avec un herbicide total. On a alors, $\alpha_2>0$, $w_2>0$ et $\rho_2>0$.

L'agriculteur choisit la solution de protection des plantes qui lui offre le meilleur profit. Pour garder des expressions simples, il est équivalent de raisonner sur le profit de l'agriculteur ou sur le profit additionnel par rapport au fait d'utiliser la solution de type 0. On définit donc l'utilité de l'emploi de la solution des plantes de type i par:

$$\begin{aligned}u_i &= \pi_i - \pi_0 \\ &= p y_M a \alpha_i \theta - w_i - \rho_i\end{aligned}$$

La composante pesticide de la solution i est proposée par n_i firme(s) qui se livrent une concurrence en quantité (concurrence à la Cournot). Le coût marginal de production de chaque produit est supposé nul. Dans le cas des solutions de protection des plantes basées sur l'utilisation de semence OGM, ρ_i est fixé par une firme de biotech qui est supposée être en position de monopole.

Un tel modèle peut être résolu de manière analytique. Nous donnerons également une série de résultats de simulations en prenant les valeurs des paramètres indiquées dans le Tableau 10.

Tableau 10. Valeurs de paramètres retenues pour les simulations

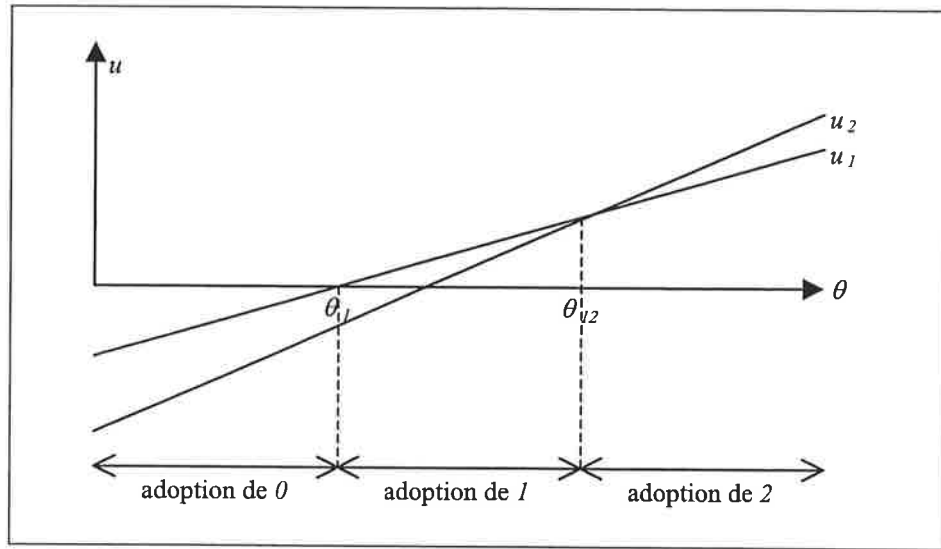
Paramètre	Valeur
a	0.1
p	100
γ	100
α_1	0.50
α_2	0.75
N	1

3.2. Les fonctions de demande

Si toutes les solutions étaient gratuites ($w_i=0$ et $\rho_i=0$) alors tous les agriculteurs choisirait la solution technique la plus efficace. En revanche, si on a des raisons de penser que les solutions techniques les plus efficaces seront plus chers, alors les choix des agriculteurs ne seront pas toujours les mêmes.

L'utilité de chaque produit est croissante avec l'ampleur du problème de protection des plantes (Figure 3). La courbe est d'autant plus croissante que le produit est efficace. Si les solutions les plus efficaces sont aussi les plus chers, alors il existe toujours un niveau seuil sur θ au delà duquel la solution la plus efficace sur le plan technique est préférée à la solution la moins efficace. Cette propriété traduit un fait empirique simple: l'agriculteur sera prêt à payer cher pour la solution efficace uniquement si il est confronté à de gros problèmes de protection des plantes.

Figure 3. Représentation de l'utilité des agriculteurs et des points de basculements



Il est possible de calculer les seuils au niveau desquels les choix des agriculteurs basculent:

- θ_1 est le niveau pour lequel l'agriculteur est indifférent entre les solutions 0 et 1. Pour $\theta > \theta_1$ alors l'agriculteur préfère la solution 1 à la solution 0 (et réciproquement).
- θ_{12} est le niveau pour lequel l'agriculteur est indifférent entre les solutions 1 et 2. Pour $\theta > \theta_{12}$ alors l'agriculteur préfère la solution 2 à la solution 1 (et réciproquement).

Après résolution les valeurs de θ_1 et θ_{12} sont définies par:

$$\theta_1 = \frac{1}{p y_M a} \frac{w_1}{\alpha_1}$$

$$\theta_{12} = \frac{1}{p y_M a} \cdot \frac{w_2 - w_1}{\alpha_2 - \alpha_1}$$

Comme la distribution des θ est uniforme entre 0 et 1, il est possible de calculer simplement les fonctions de demande:

- Avant l'introduction des OGM, seule la solution conventionnelle est présente sur le marché. La demande est $D_1 = N (1 - \theta_1)$
- Après l'introduction des OGM, la demande pour les deux solutions est $D_2 = N (1 - \theta_{12})$ et $D_1 = N (\theta_{12} - \theta_1)$

3.3. L'équilibre initial avec une seule solution de protection des plantes

Les détails de la résolution ne sont pas présentés ici. Nous donnerons ici la solution analytique pour l'équilibre initial car cette solution est relativement simple et permet de mettre en évidence certaines propriétés générales.

Lorsque la solution 1 est proposée par n_1 firmes identiques, les prix et les quantités à l'équilibre sont définies par:

$$w_1^* = a p y_M \frac{\alpha_1}{1+n_1}$$

$$q_1^* = N \frac{1}{1+n_1}$$

Le profit de chacune des firmes est:

$$\Pi_1^* = N a p y_M \frac{\alpha_1}{(1+n_1)^2}$$

Le surplus des agriculteurs adoptant la solution 1 est¹⁹:

$$W_1 = \int_{\theta_1}^1 u_1 d\theta = N a p y_M \frac{\alpha_1 n_1^2}{2(1+n_1)^2}$$

Ces équilibres présentent deux propriétés importantes qui seront vérifiées dans tous les cas de figure (voir l'annexe A pour les résultats avec les autres équilibres):

- Deux termes reviennent régulièrement dans les expressions, à savoir N la surface totale sur laquelle les choix de protection des plantes sont réalisés et le produit $a p y$ qui représente le manque à gagner pour l'agriculteur lié au problème de protection des plantes envisagé ici. Il est intéressant de voir que le manque à gagner pour l'agriculteur augmente si (i) le problème en question a un impact fort sur le rendement (paramètre a), (ii) si le rendement est élevé (paramètre y), ou si (iii) les prix agricoles sont élevés (paramètre p).
- Le prix à l'équilibre, le profit chaque firme et le surplus des agriculteurs augmentent tous de manière proportionnelle avec l'ampleur du manque à gagner de l'agriculteur ($a p y$) et l'efficacité technique du produit. Il est intéressant en particulier de retenir que si le prix de la production agricole diminue, alors les firmes situées en amont réagissent en baissant leur prix dans les mêmes proportions.

Avec les valeurs des paramètres indiquées dans le Tableau 10, deux simulations ont été faites en prenant une ou deux entreprises. Dans la simulation A avec une seule entreprise en monopole, la solution 1 est adoptée sur 50% du marché, et le monopole parvient à s'accaparer les 2/3 du surplus total (contre 1/3) aux agriculteurs. En passant de 1 à 2 entreprises (simulation B), le prix de la solution 1 diminue et cette solution est adoptée sur 67% du marché. Cet élargissement de la demande conduit à un accroissement du surplus total, mais dans des proportions plus faibles que l'augmentation de la

¹⁹ Pour être précis, le surplus des agriculteurs est défini comme le surplus lié à la commercialisation de la solution 1, par rapport à la situation dans laquelle seule la solution 0 est disponible.

demande, car l'élargissement concerne des agriculteurs qui ont des propensions à payer plus faibles (θ plus faible). Enfin, cette baisse de prix conduit à un ré-équilibre du partage du surplus au profit des agriculteurs dont le surplus est égal à la moitié du surplus total.

Tableau 11. Résultat de deux premières simulations avec uniquement la solution 1

Variable	Simulation A	Simulation B
n_1	1	2
w_1	250	166
θ_1	0.5	0.33
q_1	0.5	0.33
Q_1	0.5	0.67
Π_1	125	55.6
W_1	62.5	111.1
W_{total}	187	222

Q_i est la quantité totale produite par toutes les entreprises produisant le produit i . W_{total} est le surplus total sur l'ensemble des acteurs (agriculteurs et entreprises amonts).

3.4. Analyse de l'impact de l'introduction d'une solution OGM

Les solutions analytiques correspondant aux nouveaux équilibres sont indiquées dans l'annexe A.

- Analyse dans le cas IR

Deux simulations ont été réalisées (C et D). Elles correspondent respectivement aux simulations A et B avec un nouvel acteur proposant seule une semence OGM de plus grande efficacité.

Tableau 12. Impact de l'introduction de la solution 2 dans le cas IR

Variable	Simulation A	Simulation C	Simulation B	Simulation D
n_1	1	1	2	2
n_2	0	1	0	1
w_1	250	150	166	107.1
ρ_2	-	300	-	267.9
θ_1	0.5	0.3	0.33	0.214
θ_{12}	-	0.6	-	0.643
q_1	0.5	0.3	0.33	0.214
Q_1	0.5	0.3	0.67	0.429
Q_2	-	0.4	-	0.357
Π_1	125	45	55.6	22.6
Π_2	-	120	-	95.7
W_1	62.5	22.5	111.1	45.9
W_2	-	120	-	124.4
W_{total}	187	307	222	312

Par rapport à la situation initiale, le prix de la solution 1 diminue de 35% à 40% et se situe en dessous du prix de la solution 2. L'introduction de la solution 2 conduit à un décalage de la demande pour le produit 1. Par exemple en passant de la simulation A à C, la demande pour le produit 1 qui se situait initialement pour θ compris entre 0.5 et 1 se situe à présent pour θ compris entre 0.33 et 0.6. Le surplus total augmente très nettement et se partage à peu près équitablement entre les agriculteurs et les firmes situées en amont. Une grande partie du gain enregistré par la firme proposant la solution 2 résulte d'un transfert de ventes depuis la firme proposant le produit 2 dont le profit diminue très nettement.

Lorsqu'on compare les simulations A et C d'un côté et les simulations B et D de l'autre, on peut remarquer que toutes les variations, qu'elles soient positives ou négatives, ont des amplitudes plus faibles quand la situation initiale est plus concurrentielle (avec $n_1=2$).

- Analyse dans le cas HT

En repartant de la simulation A, deux nouvelles simulations (E et F) ont été réalisées en introduisant une solution 2 de type HT et en supposant que la composante herbicide de cette solution est proposée par une ou deux firmes.

Tableau 13. Impact de l'introduction de la solution 2 dans le cas HT

Variable	Simulation A	Simulation E	Simulation F
n_1	1	1	1
n_2	0	1	2
ρ_2	-	250	250
w_1	250	200	178.6
w_2	-	150	107.1
θ_1	0.5	0.4	0.357
θ_{12}	-	0.8	0.714
q_1	0.5	0.4	0.357
q_2	-	0.8	0.143
Q_1	0.5	0.4	0.357
Q_2	-	0.2	0.286
Π_1	125	80	63.8
Π_B	-	50	71.4
Π_2	-	30	15.3
W_1	62.5	40	31.9
W_2	-	55	81.6
W_{total}	187	255	279

Deux propriétés identiques au cas IR sont observées: (i) le prix de la solution 1 diminue, et la demande pour cette solution est décalée vers les agriculteurs ayant des propensions à payer plus faibles, (ii) le surplus total augmente très nettement et celui-ci repose en partie sur un transfert depuis la firme qui propose le produit 1.

Dans le cas HT, la solution 2 est commercialisée par deux types de firme, la première vendant la partie semence et la seconde la partie pesticide. Cette configuration est plus complexe que dans le cas IR où la solution 2 est entièrement intégrée dans la semence. Cette particularité conduit à un prix plus fort par rapport au cas IR, alors que tous les autres paramètres sont identiques (avec $n_1=1$ et $n_2=1$, la solution 2 revient à 300 F/ha dans la configuration IR et 400 F/ha dans la configuration HT). Compte tenu de cet effet, toutes les variations observées entre la situation initiale et la situation finale ont des amplitudes plus faibles. En particulier, la solution 1 subit moins de perte et le gain total sont plus faibles. Enfin, comme les prix des solutions sont plus élevés, la part des agriculteurs dans le surplus total est plus faible.

Conclusion

Les structures des industries situées en amont de la production végétale ont connu d'importantes restructurations au cours des 10 dernières années. Ce phénomène s'explique en partie par le développement des biotechnologies pour deux raisons: (i) les OGM agronomiques modifient les relations entre les semenciers et les firmes de l'agrochimie, (ii) le développement des biotechnologies nécessite d'importants investissements en recherche.

Dans le cas de la France, deux points principaux doivent être soulignés:

- L'industrie des semences en France comprend un nombre important d'acteurs indépendants dont les investissements en recherche sur les biotechnologies sont nettement plus faibles que ceux réalisés par les firmes leaders. Ces semenciers sont alors confrontés au problème de l'accès aux innovations dans des conditions convenables vis à vis des concurrents qui peuvent éventuellement être des filiales de firmes de l'agrochimie engagées sur les biotechnologies. Deux stratégies ont été suivies: (i) certains semenciers ont ouvert leur capital à des firmes leaders en biotechnologie dans le but d'avoir un bon accès au travers de cet actionnaire particulier, (ii) d'autres semenciers ont mis en place un certain nombre d'alliances (ex: Biogemma, Bioplante) pour donner un effet de levier à leurs investissements et négocier de concert les accès.
- Bien que les OGM agronomiques ne se soient pas diffusés en France, on voit se développer des produits présentant des propriétés équivalentes, à savoir de limiter, au moment de l'achat de la semence, l'éventail des pesticides qui peuvent être achetés. Ces produits peuvent également faire évoluer les relations entre le métier des semences et le métier de la protection des plantes.

Pour compléter l'analyse de l'évolution des relations entre les métiers de l'amont, deux directions nous semblent maintenant importantes à développer:

- Il est nécessaire de pouvoir analyser les pouvoirs de marché aux différents maillons de la chaîne. Pour ce qui concerne la commercialisation des inputs agricoles, le modèle présenté dans la section 3 est une première tentative. Nous verrons dans le chapitre suivant que certaines données sont disponibles pour pouvoir tester un tel modèle. Néanmoins ce modèle est difficilement applicable

directement car les choix des agriculteurs en matière de protection des plantes sont plus complexes que ce qui a été supposé ici (utilisation de plusieurs produits, à différentes doses avec plusieurs passages). Par ailleurs, pour ce qui concerne les questions d'accès à la technologie pour les semenciers, de nombreux travaux ont été réalisés sur les accords de licences et mériteraient d'être appliqués ici.

- Il est nécessaire de ne pas se limiter à la seule analyse des innovations sur les caractères agronomiques. De nombreux acteurs reconnaissent que l'impact des biotechnologies reposera surtout sur la création de nouvelles filières. Les mêmes acteurs reconnaissent aussi généralement que de telles filières ne peuvent pas être mises en place sans l'implication des acteurs de l'aval très tôt dans le projet. Là encore, le développement des biotechnologies s'accompagnera sans doute d'une évolution des relations entre les métiers (ici les métiers de l'amont et les métiers de l'aval). Cette question ne faisait cependant pas partie des objectifs de cette étude et nous avons donc décidé de ne pas le traiter.

Références

- Bijman, J. (1999). "Life Science Companies: Can they combine seeds, agrochemicals and pharmaceuticals?" *Biotechnology and Development Monitor*(40): 14-19.
- Hartnell, G. (1996). "The innovation of agrochemicals: regulation and patent protection." *Research Policy* **25**(3): 379-395.
- Joly, P.-B. (1999). "Les biotechnologies végétales pour le "meilleur des mondes" agricoles ?" *OCL* **6**(2): 179-187.
- Joly, P.-B. et C. Ducos (1993). *Les artifices du vivant : stratégies d'innovation dans l'industrie des semences*. Paris, INRA Editions, Economica.
- Joly, P.-B. et M.-A. de Looze (1996). "An analysis of innovation strategies and industrial differentiation through patent applications: the case of plant biotechnology." *Research Policy* **25**(7): 1027-1046.
- Krattiger, A. F. (1996). *Insect resistance in crops: a case study of Bacillus thuringiensis (Bt) and its transfer to developing countries*. ISAAA, Ithaca, NY, 2, 42 p.
- Lemarié, S. et S. Marette (2001). *The GM seeds and the pesticide market : toward a theoretical framework*. in N. Kalaitzandonakes *Economic and environmental impacts of agbiotech: a global perspective*, Kluwer-Plenum (Forthcoming)
- Lemarié, S., I. Jorge et P.-B. Joly (2001). *SMEs in the french agrochemicals, seeds and plant biotechnology industries*. INRA, Grenoble, 19 p.
- Ollinger, M. et J. Fernandez-Cornejo (1998). "Sunk cost and regulation in the US pesticide industry." *International Journal of Industrial Organization* **16**.
- Tait, J. et G. Assouline (1998). *Pesticides policies*. in J. Bijman and J. Tait *European Union policies on agrochemicals, biotechnology and seeds (PITA project)*

Annexe A. Solution analytique du modèle de concurrence

- Le cas IR

Lorsque la solution 1 est proposée par n_1 firmes identiques, et la solution 2 est proposée par une firme en monopole, les équilibres en prix sont:

$$\begin{cases} w_1^* = a p y_M \cdot \frac{\alpha_2 \alpha_1}{2(n_1 + 1)\alpha_2 - n_1 \alpha_1} \\ \rho_2^* = a p y_M \cdot \frac{\alpha_2 ((n_1 + 1)\alpha_2 - \alpha_1)}{2(n_1 + 1)\alpha_2 - n_1 \alpha_1} \end{cases}$$

Les quantités à l'équilibre sont:

$$\begin{cases} q_1^* = N \cdot \frac{\alpha_2}{2(n_1 + 1)\alpha_2 - n_1 \alpha_1} \\ q_2^* = N \cdot \frac{((n_1 + 1)\alpha_2 - \alpha_1)}{2(n_1 + 1)\alpha_2 - n_1 \alpha_1} \end{cases}$$

Les profits à l'équilibre sont:

$$\begin{cases} \Pi_1^* = N \cdot a p y_M \cdot \frac{\alpha_2^2 \alpha_1}{(2(n_1 + 1)\alpha_2 - n_1 \alpha_1)^2} \\ \Pi_2^* = a p y_M \cdot \frac{\alpha_2 ((n_1 + 1)\alpha_2 - \alpha_1)^2}{(2(n_1 + 1)\alpha_2 - n_1 \alpha_1)^2} \end{cases}$$

Enfin, les surplus des agriculteurs utilisant les solutions 1 et 2 sont respectivement:

$$\begin{cases} W_1 = N \cdot a p y_M \cdot \frac{n_1^2 \alpha_2^2 \alpha_1}{(2(n_1 + 1)\alpha_2 - n_1 \alpha_1)^2} \\ W_2 = N \cdot a p y_M \cdot \frac{\alpha_2 ((n_1 + 1)^2 \alpha_2^2 - n_1^2 \alpha_1^2)}{(2(n_1 + 1)\alpha_2 - n_1 \alpha_1)^2} \end{cases}$$

- Le cas HT

Dans le cas HT, la résolution est faite en deux temps, en supposant que le prix de la semence OGM (ρ_2) est fixé d'abord. En procédant par induction arrière, on calcul d'abord les équilibre en Cournot sur le marché des pesticides. Les solutions d'équilibres dépendent de la valeur de ρ_2 . Ensuite, connaissant la quantité de solution 2 qui sera vendu en fonction de ρ_2 , la firme de biotechnologie fixe le prix de ρ_2 de manière optimale. On ensuite recalculer les équilibre sur le marché des pesticides en avec la valeur optimale de ρ_2 . Les solutions données ici correspondent à un optimum pour toutes les firmes.

Les prix d'équilibres sont:

$$\begin{cases} w_1^* = a p y_M \alpha_1 \cdot \frac{n_2 n_1 (\alpha_2 - \alpha_1) + \alpha_2 (2n_1 + n_2 + 2)}{2 (n_1 + 1) (n_2 n_1 (\alpha_2 - \alpha_1) + \alpha_2 (n_1 + n_2 + 1))} \\ w_2^* = a p y_M \alpha_2 \cdot \frac{\alpha_2 (n_1 + 1) - \alpha_1 n_1}{2 (n_2 n_1 (\alpha_2 - \alpha_1) + \alpha_2 (n_1 + n_2 + 1))} \\ \rho_2^* = a p y_M \cdot \frac{\alpha_2 + n_1 (\alpha_2 - \alpha_1)}{2 (n_1 + 1)} \end{cases}$$

Les quantités à l'équilibre sont:

$$\begin{cases} q_1^* = N \cdot \frac{n_2 n_1 (\alpha_2 - \alpha_1) + \alpha_2 (2n_1 + n_2 + 2)}{2 (n_1 + 1) (n_2 n_1 (\alpha_2 - \alpha_1) + \alpha_2 (n_1 + n_2 + 1))} \\ q_2^* = N \cdot \frac{\alpha_2 (n_1 + 1) - \alpha_1 n_1}{2 (n_2 n_1 (\alpha_2 - \alpha_1) + \alpha_2 (n_1 + n_2 + 1))} \end{cases}$$

Les profits à l'équilibre sont (Π_B est le profit tiré des licences sur la semence OGM):

$$\begin{cases} \Pi_1^* = N a p y_M \alpha_1 \cdot \left(\frac{n_2 (\alpha_2 - \alpha_1) + \alpha_2 (2n_1 + n_2 + 2)}{2 (n_1 + 1) (n_2 n_1 (\alpha_2 - \alpha_1) + \alpha_2 (n_1 + n_2 + 1))} \right)^2 \\ \Pi_2^* = N a p y_M \alpha_2 \cdot \left(\frac{n_1 (\alpha_2 - \alpha_1) + \alpha_2}{2 (n_2 n_1 (\alpha_2 - \alpha_1) + \alpha_2 (n_1 + n_2 + 1))} \right)^2 \\ \Pi_B^* = N a p y_M \cdot \frac{(n_1 (\alpha_2 - \alpha_1) + \alpha_2)^2}{4 (n_1 + 1) (n_2 n_1 (\alpha_2 - \alpha_1) + \alpha_2 (n_1 + n_2 + 1))} \end{cases}$$

Chapitre 2.

La diffusion potentielle des OGM en France et son impact sur le revenu des agriculteurs et des firmes situées en amont

Marion Desquilbet

Stéphane Lemarié

Fabrice Levert

Myriam Carrère

Introduction

L'objectif de ce premier chapitre est d'aborder les 3 questions suivantes:

1. Que peut-on dire du niveau de diffusion potentiel en France des OGM actuellement disponibles?
Dans quelles régions et sur quels types d'exploitation la diffusion serait-elle la plus importante?
2. Le niveau de diffusion est sensible au tarif appliqué sur la semence OGM. Quel est le niveau optimal de tarification de l'OGM pour les firmes situées en amont, et quels sont les niveaux de diffusion correspondants?
3. Quel est l'impact des OGM sur les gains de différents acteurs: agriculteurs, fournisseurs de pesticides conventionnels, firmes proposant les OGM?

Ce travail est appliqué à 4 cas, en partenariat avec les instituts techniques concernés: le Colza HT (collab. CETIOM), la Betterave HT (collab. ITB), le Maïs HT et le Maïs IR (collab. AGPM). Dans l'état actuel, des développements assez poussés ont été réalisés sur le Colza HT et la Betterave HT.

Les développements présentés ici présentent deux principaux intérêts:

- Ils prennent en compte l'hétérogénéité des gains pour les agriculteurs. En effet, les produits qui sont étudiés ici présentent des innovations sur des fonctions de protection des plantes. Dans ces conditions, le gain pour un agriculteur dépendra de l'ampleur du problème de protection des plantes auquel il est confronté. Par exemple, un Maïs résistant à la Pyrale peut présenter un net progrès technique et assurer une protection presque totale contre les attaques de Pyrale, mais il ne présentera pas beaucoup d'intérêt pour l'agriculteur qui est exposé exceptionnellement à de telles attaques (à l'inverse il présentera de l'intérêt pour l'agriculteur exposé). Or pour les quatre cas étudiés ici, les problèmes de protection des plantes sont suffisamment hétérogènes à l'échelle de la France pour que l'on soit contraint de prendre en compte l'hétérogénéité des gains pour les agriculteurs.
- Parmi les différentes variables qui entrent dans le calcul des gains pour l'agriculteur, le supplément de prix payé sur la semence OGM par rapport à la semence conventionnelle est l'une des moins bien connue. Compte tenu des différences de contexte par rapport aux Etats-Unis, une transposition des données américaines au cas français serait assez discutable. En revanche, on peut raisonnablement penser que l'innovateur qui mettra en place le programme OGM aura un comportement maximisateur du profit dégagé sur l'ensemble du territoire français. L'analyse proposée ici permet de donner une estimation du profit dégagé par cet innovateur avec différents niveaux de supplément de prix sur la semence OGM. Il est alors possible de donner une estimation du supplément de prix qui maximise le profit de l'innovateur.

1. Les hypothèses de travail et la démarche

1.1. Hypothèses générales

Trois hypothèses restrictives sont faites pour réaliser les simulations. Une discussion sur l'impact des ces hypothèses sera réalisée plus en détail dans le rapport final à partir des études françaises et de ce que l'on sait de l'expérience nord-américaine.

1) Non prise en compte de la baisse possible des prix agricoles et de la ré-allocation des surfaces agricoles entre les cultures.

De manière générale, selon le cadre retenu dans notre étude, un agriculteur décide d'adopter une variété OGM sur une culture donnée si l'adoption conduit à des gains de productivité, par diminution des coûts de production et/ou augmentation du rendement. A prix agricoles constants, la profitabilité de cette culture augmente pour les agriculteurs ayant adopté l'OGM. Ceci peut conduire à une augmentation du niveau d'offre de cette culture, à prix agricoles constants, pour deux raisons. Les agriculteurs peuvent augmenter la surface allouée à la culture considérée, au détriment d'autres cultures, en réponse à l'augmentation de sa profitabilité. Cet effet peut être renforcé par une augmentation du rendement. L'ajustement vers un nouvel équilibre entre offre et demande conduit à une diminution du prix agricole de la culture considérée. L'importance des effets sur les surfaces et les prix dépend de plusieurs facteurs, notamment la nature de modification de la relation prix-quantité offerte suite à l'adoption d'OGM, la relation prix-quantité demandée, les instruments de politique agricole utilisés sur la culture considérée.

En raison des délais de l'étude, nous examinons l'incitation à adopter pour différents types d'agriculteurs, selon l'effet anticipé de l'OGM sur leurs coûts de production et/ou leurs rendements, mais nous n'examinons pas l'effet agrégé de l'adoption au niveau national sur l'ajustement de l'offre et des prix. Cependant, nous donnerons des éléments d'analyse sur l'ampleur des ajustements d'offre et de prix que l'on peut attendre, notamment selon les instruments de politique agricole (par exemple, l'ajustement potentiel des surfaces de betterave sera limité par l'existence de quotas de production à prix préférentiels), et selon la place de la France sur les marchés mondiaux pour le produit considéré et ses substituts proches. Par exemple, l'ajustement des prix du colza sera certainement limité car il est un substitut proche du soja pour la demande en alimentation animale, or la France est un petit pays sur le marché du soja, c'est-à-dire prenant les prix mondiaux du soja comme donnés.

2) Non prise en compte des externalités négatives. Les externalités négatives liées aux risques de contournement de résistance (Maïs Bt), aux risques de flux de gènes vers des adventices (Colza HT) ou aux problèmes de repousse (Colza HT et Betterave HT) sont exclues du champ de notre étude.

3) Prise en compte partielle des effets indirects. Les simulations que nous réalisons sur l'adoption des OGM par les agriculteurs sont basées essentiellement sur les effets directs des OGM sur le profit au travers des gains de rendement ou des économies d'intrants. Or, on sait que certains agriculteurs

peuvent avoir intérêt à adopter parce que les OGM ont un effet indirect intéressant (par exemple, une diminution de la charge de travail pendant une période critique). Parmi ces effets indirects nous avons uniquement pris en compte la diminution du nombre de passages de traitement, en affectant un coût à chaque passage.

Deux autres hypothèses de travail ont été retenues pour les développements du volet 1, mais sont levées dans les chapitres suivants.

1) L'effet sur les prix des pesticides est exogène. Comme nous le montrerons, pour des prix donnés des pesticides conventionnels, les OGM conduisent à une baisse des ventes de pesticides. On peut s'attendre, en réaction, à ce que le prix des pesticides conventionnels diminue (ce que l'on peut observer dans le cas américain). En réaction à cette réaction, le prix optimal de tarification des OGM aura aussi tendance à diminuer. Rigoureusement, le travail sur la tarification des OGM doit donc s'appuyer sur l'analyse du déplacement de l'équilibre de marché. Combiner ce travail avec une analyse détaillée des effets sur les agriculteurs est assez délicat, et nous avons choisi pour le moment de conduire les deux tâches en parallèle. Plus précisément, ce chapitre s'attache à analyser, dans le détail, l'effet sur les agriculteurs et les comportements d'adoption qui en découlent. Les calculs sont réalisés dans ce volet avec plusieurs scénarios de baisse des prix des pesticides. Nous analyserons dans le chapitre suivant comment l'introduction des OGM conduit à un déplacement de l'équilibre de marché entre les produits de protection de plantes.

2) Le coût lié à la ségrégation des filières OGM et non-OGM. L'impact des OGM, tel qu'il est estimé ici, suppose que la production agricole est vendue sur le marché standard, et que la diffusion des OGM n'affecte pas la gestion et le coût des autres productions. Si l'on suppose que les OGM se diffusent en France, le scénario le plus probable est un scénario dans lequel co-existeraient, au moins pendant un certain temps, une filière OGM et une filière non-OGM. La présence d'une production OGM conduirait alors à augmenter le coût de séparation de ces deux filières. Ces effets seront étudiés dans les chapitres 5 et 6.

1.2. La démarche retenue pour réaliser les estimations dans ce chapitre

Dans la démarche qui est proposée ici nous envisageons trois types d'acteurs:

- *Les agriculteurs.* Chaque agriculteur réalise un arbitrage entre le fait de choisir un programme de protection des plantes de type conventionnel et un programme de type OGM. Son choix ira vers le programme qui lui semblera le plus rentable. Comme le programme de type OGM est une nouveauté, il se peut cependant que l'agriculteur reste sur le programme conventionnel si le gain apporté par le programme OGM n'est pas suffisamment important.
- *Les fournisseurs de pesticides conventionnels.* Ces acteurs sont supposés tirer une marge des ventes des pesticides conventionnels. Compte tenu du manque d'information sur le niveau de ces marges, nous avons été contraints de faire l'hypothèse d'un taux de marge identique sur tous les produits.

Dans un premier temps, on suppose que ces acteurs proposent les mêmes produits qu'actuellement au même prix. Certains prolongements sont néanmoins réalisés ensuite, en supposant qu'ils réagissent en baissant leurs prix.

- *L'innovateur.* Cet acteur est celui qui propose l'événement de transformation qui permet de conduire un programme de protection des plantes de type OGM. On suppose ici que l'événement de transformation est créé et que l'on se situe dans la phase où l'innovateur engrange les bénéfices de ces investissements en recherche. Dans le cas IR, le programme OGM nécessite uniquement l'utilisation de la semence OGM. Dans le cas HT, ce programme nécessite l'utilisation conjointe de la semence OGM et d'un herbicide total auquel la semence est tolérante (pour simplifier, cet herbicide sera appelé "herbicide OGM"). Le profit de l'innovateur est la somme des profits dégagés à partir des ventes de semences OGM à laquelle on ajoute éventuellement les profits dégagés à partir des ventes de l'herbicide complémentaire (différents cas de figures seront envisagés). Le supplément de prix payé sur la semence OGM est supposé représenter un profit complet pour l'innovateur car le coût de production de la semence OGM est approximativement égal au coût de production de la semence conventionnel. On considère que l'innovateur maximise son profit en jouant sur le supplément de prix payé sur la semence et qu'il n'a pas de marge de manœuvre pour fixer le prix de l'herbicide OGM dans le cas HT. Enfin, dans les traitements qui ont été réalisés jusque là, nous avons supposé qu'il n'y a qu'un seul innovateur.

Trois types d'acteurs ne sont pas pris en compte ici:

- *Les semenciers.* Dans la réalité, les semenciers signent un accord de licence avec l'innovateur qui leur permet d'intégrer l'événement de transformation dans leurs variétés. Supposer que l'intégralité du supplément de prix sur la semence représente un profit pour l'innovateur revient à faire deux hypothèses: (i) l'accord de licence stipule le versement de royalties sur chaque sac de semence OGM vendu, (ii) les semenciers sont en concurrence parfaite sur la fourniture de l'événement de transformation et sont contraints de vendre la semence OGM à un prix égal à la somme du prix de leur semence conventionnelle et des royalties qui sont reversées à l'innovateur. Autrement dit, une fois décomptées les royalties, le semencier réalise la même marge par sac de semence, qu'elle soit OGM ou conventionnelle. Cette hypothèse est extrême: on sait d'après l'expérience américaine que l'innovateur est contraint de laisser une marge supplémentaire au semencier, pour que ce dernier soit prêt à faire les investissements pour intégrer l'événement de transformation dans ses variétés. Les quelques informations disponibles montrent cependant que la marge laissée au semencier reste faible (de l'ordre de 10 à 20% du supplément de prix sur la semence OGM).
- *Les distributeurs* distribuent des semences (OGM ou conventionnelles) ou des pesticides. Ces distributeurs réalisent des marges, mais rien ne laisse penser néanmoins qu'ils réalisent une marge plus importante sur les solutions OGM par rapport aux solutions conventionnelles.

- *Les acteurs en aval de l'agriculteur.* Comme nous l'avons indiqué plus haut, les prix de la production agricole sont supposés constants et il ne se produit donc pas de transfert de surplus des agriculteurs vers l'aval. Par ailleurs, les acteurs en aval sont supposés tirer la même utilité de la production agricole qu'elle provienne de cultures OGM ou conventionnelle. Cette dernière hypothèse sera levée dans les chapitres 5 et 6.

En résumé, le schéma réducteur qui a dû être adopté ici pour garder une démarche assez simple nécessite de bien garder trois observations à l'esprit:

- Ce qui sera considéré ici comme le profit de l'innovateur regroupe dans la réalité le profit de l'innovateur et celui des semenciers qui créent des variétés OGM, la part allant à ces derniers étant assez faible.
- Le profit de l'innovateur rémunère un certain nombre de coûts fixes qu'il a dû supporter pour amener l'innovation sur le marché, à savoir les coûts de recherche et le coût des tests nécessaires pour obtenir l'autorisation de mise sur le marché.
- Le gain des agriculteurs ne prend pas en compte le transfert vers l'aval qui se produira s'il y a baisse de prix. Autrement dit, le gain des agriculteurs devrait plutôt être considéré comme le gain des agriculteurs et des acteurs situés en aval.

Une fois le cadre défini, quelques explications peuvent être données sur la méthode d'estimation, celle-ci étant assez nettement différente entre les cas HT et le cas IR:

- Dans le cas HT, nous partons d'une observation sur le programme conventionnel qui est appliqué par chaque agriculteur et le coût par hectare qu'il représente. Pour chaque type de programme conventionnel est proposé un programme OGM alternatif qui permet d'atteindre le même rendement. Autrement dit, le gain de l'agriculteur est supposé reposer uniquement sur une économie de dépenses en désherbage. Suivant l'économie réalisée, l'agriculteur choisit de garder le même programme conventionnel ou de basculer sur le programme OGM alternatif. Après avoir agrégé les choix des agriculteurs, il est possible de tracer la courbe de demande en semences OGM en fonction du supplément de prix par rapport à la semence conventionnelle, d'estimer les gains de l'innovateur et les pertes des fournisseurs de pesticides conventionnels.
- Le seul cas IR envisagé ici est celui du Maïs Bt. Nous ne disposons pas de données assez précises sur les utilisations d'insecticides pour lutter contre la pyrale. En revanche, l'effet des attaques de pyrale sur le rendement est assez bien connu. En se basant sur une telle formulation, et en supposant que l'agriculteur retient la solution qui lui offre la plus grande utilité (en prenant en compte l'aversion au risque), il est possible de calculer les seuils de basculement d'un programme vers un autre. Enfin, en utilisant des données sur la distribution des attaques de pyrales en France, nous tentons de réaliser une première projection des effets de la diffusion du maïs Bt.

Malgré ce cadre simplifié, les estimations dépendent de nombreuses variables, certaines étant mieux connues que d'autres. Trois cas de figure se présentent:

- Certaines variables sont bien connues et ne devraient pas trop changer suite à l'introduction des OGM. Il s'agit du prix de l'herbicide OGM dans le cas IR, des doses d'application des pesticides, du coût d'un passage de traitement, et de la correspondance entre programmes conventionnels et programmes OGM. Ces variables gardent la même valeur pour toutes les estimations.
- Certaines variables sont assez mal connues ou sont susceptibles de changer suite à l'introduction des OGM. Il s'agit du taux de marge réalisé sur les pesticides, du gain minimal que l'agriculteur doit anticiper pour basculer vers un programme OGM et enfin du prix des pesticides conventionnels qui peuvent diminuer par rapport à la situation actuelle après l'introduction des OGM. Pour chacune de ces variables, on réalisera une analyse de sensibilité des résultats.
- Certaines variables sont endogènes au modèles, dans le sens où ce sont les estimations qui sont faites ici qui vont en déterminer la valeur. Il s'agit ici du supplément de prix sur la semence OGM. Les résultats sont présentés avec un éventail large de valeurs ou à l'optimum de l'innovateur (c'est à dire lorsque le supplément de prix sur la semence OGM permet de maximiser le profit de l'innovateur).

2. Analyse dans le cas HT (Colza et Betterave)

2.1. Formulation analytique

Les indices :

j : agriculteur

k : la culture envisagée. k prend deux valeurs:

c : solution de type conventionnelle

g : solution de type OGM

i : herbicide conventionnel

Les variables :

Variables générales :

p : prix de l'output agricole

w_s^g : supplément de prix payé sur la semence OGM par rapport à la semence conventionnelle

w_h^c : vecteur des prix des herbicides conventionnels, w_{hi}^c étant le prix de l'herbicide conventionnel i

w_h^g : coût de l'herbicide OGM g

w_n : coût d'un passage de traitement (main d'œuvre, amortissement du matériel)

Δ : supplément de profit de l'agriculteur pour qu'il adopte la culture OGM

Variables spécifiques à l'agriculteur j :

y_j : rendement obtenu par l'agriculteur j (supposé identique pour OGM et conventionnel).

s_j : surface de la culture pour l'agriculteur j

h_{ij}^c : dose d'utilisation de l'herbicide conventionnel i par l'agriculteur j

h_j^g : dose d'utilisation de l'herbicide OGM g par l'agriculteur j

n_j^k : nombre de passages de traitement réalisé par l'agriculteur j sur une culture de type k .

c_j : Ensemble des autres coûts de l'agriculteur j indépendant du choix de k . Cela inclut le coût de la semence traditionnelle.

Constante:

S : surface totale allouée à la culture considérée. $S = \sum_j s_j$.

Le profit de l'agriculteur j sur un hectare de culture conventionnelle est égal à son revenu (prix multiplié par rendement) moins ses coûts (coût des herbicides conventionnels utilisés, coût des passages de traitement herbicide et ensemble des autres coûts):

$$\pi_j^c(p, w_h^c, w_n) = p y_j - \sum_i (w_{hi}^c h_{ij}^c) - w_n n_j^c - c_j$$

Le profit de l'agriculteur j sur un hectare de culture OGM est égal à son revenu (prix multiplié par rendement) moins ses coûts (coût de l'herbicide OGM utilisé, coût des passages de traitement herbicide, supplément de prix sur la semence OGM et ensemble des autres coûts):

$$\pi_j^g(p, w_h^g, w_s^g, w_n) = p y_j - w_h^g h_j^g - w_n n_j^g - w_s^g - c_j$$

Ces profits sont exprimées en fonction des prix des inputs et des outputs. Dans le cas d'un programme conventionnel, le programme conventionnel initialement conduit par l'agriculteur est supposé optimal. Plus précisément, les quantités d'herbicide conventionnel h_{ij}^c et le nombre de passages de traitement herbicide n_j^c sont supposés optimaux pour l'agriculteur étant donnés ses caractéristiques propres et les prix des inputs et output.

Dans le cas du programme OGM, on établit une correspondance entre les caractéristiques du programme conventionnel initialement conduit et les caractéristiques du programme OGM qui semblerait optimal. Cette correspondance a été établie en lien avec les instituts techniques. Elle dépend dans tous les cas du nombre de passages d'herbicides conventionnels.

- Condition d'adoption

L'agriculteur adopte si le profit avec le meilleur programme OGM apporte un profit additionnel au moins égal à Δ par rapport au profit obtenu avec le meilleur programme conventionnel. De manière

équivalente, l'agriculteur adopte le programme OGM si celui-ci lui permet de réaliser une économie de coût au moins égale à Δ par rapport au programme conventionnel.

$$\begin{aligned} \pi_j^g(p, w_h^g, w_s^g, w_n) - \pi_j^c(p, w_h^c, w_n) &> \Delta \\ \Leftrightarrow \sum_i (w_{hi}^c h_{ij}^c) - w_h^g h_j^g + w_n(n_j^c - n_j^g) - w_s^g &> \Delta \end{aligned}$$

On notera que le raisonnement a pu être ramené à une minimisation du coût pour deux raisons: (i) les deux programmes sont supposés aboutir au même rendement, (ii) le prix de l'output est le même quel que soit la culture envisagée. Ces deux hypothèses seront relâchées dans l'analyse de sensibilité sur le cas du Colza HT.

L'expression précédente peut également s'écrire :

$$\begin{aligned} \pi_j^g(p, w_h^g, w_s^g, w_n) - \pi_j^c(p, w_h^c, w_n) &> \Delta \\ \Leftrightarrow w_s^g < \sum_i (w_{hi}^c h_{ij}^c) - w_h^g h_j^g + w_n(n_j^c - n_j^g) - \Delta \end{aligned}$$

On définit une variable γ_j qui est égale à 1 si l'agriculteur j adopte le programme OGM et 0 si l'agriculteur j reste sur un programme conventionnel:

$$\begin{aligned} \gamma_j = 1 &\Leftrightarrow w_s^g < \sum_i (w_{hi}^c h_{ij}^c) - w_h^g h_j^g + w_n(n_j^c - n_j^g) - \Delta \\ \gamma_j = 0 &\Leftrightarrow w_s^g > \sum_i (w_{hi}^c h_{ij}^c) - w_h^g h_j^g + w_n(n_j^c - n_j^g) - \Delta \end{aligned}$$

Dans ce qui suit, on analyse l'adoption en fonction du supplément de prix sur la semence, w_s^g . Pour l'agriculteur j , l'équation précédente montre que l'adoption sera réalisée uniquement lorsque w_s^g passera en dessous d'une valeur seuil, donnée par $\sum_i (w_{hi}^c h_{ij}^c) - w_h^g h_j^g + w_n(n_j^c - n_j^g) - \Delta$. Cette valeur seuil est différente selon les agriculteurs. De plus, elle varie avec les prix des herbicides conventionnels, w_h^c , le prix de l'herbicide OGM, w_h^g , le coût d'un passage de traitement, w_n , et le profit additionnel minimal, Δ .

Par ailleurs, on remarque dans l'équation précédente que la valeur du paramètre γ_j (0 ou 1) ne dépend pas des variables w_s^g et Δ indépendamment, mais dépend de la somme de ces deux variables, $(w_s^g + \Delta)$. Considérons alors l'effet d'une augmentation du paramètre Δ d'une valeur initiale Δ_1 à une valeur finale Δ_2 (c'est à dire d'une augmentation du profit additionnel en OGM nécessaire pour "convaincre" l'agriculteur d'adopter la solution OGM). Toutes choses égales par ailleurs, la condition d'adoption de l'agriculteur j reste inchangée pour: $(w_{s1}^g + \Delta_1 = w_{s2}^g + \Delta_2)$, autrement dit, si le supplément de prix sur la semence OGM diminue d'une valeur initiale w_{s1}^g à une valeur finale $w_{s2}^g = w_{s1}^g + \Delta_1 - \Delta_2$.

- Taux d'adoption (ou niveau de diffusion)

Lorsqu'un agriculteur adopte le programme OGM, il l'adopte sur l'ensemble de sa surface allouée à la culture considérée, s_j . Le taux d'adoption de l'OGM, ou niveau de diffusion de l'OGM, est défini comme la part de la surface totale allouée à la culture considérée où le programme OGM est adopté:

$$TA = \frac{1}{S} \sum_j \gamma_j s_j.$$

(D'après ce qui précède, on remarque que, toutes choses égales par ailleurs, le taux d'adoption de l'OGM reste inchangé lorsque le paramètre Δ augmente de Δ_1 à Δ_2 , si le supplément de prix sur la semence OGM diminue de w_{s1}^g à $w_{s2}^g = w_{s1}^g + \Delta_1 - \Delta_2$).

- La demande pour les différents inputs

La surface totale en OGM est égale à la somme des surfaces des agriculteurs qui adoptent le programme OGM:

$$S^g = \sum_j \gamma_j s_j$$

La quantité vendue pour l'herbicide OGM est égale à la somme des doses d'utilisation multipliées par les surfaces pour les agriculteurs qui adoptent le programme OGM:

$$Q^g = \sum_j \gamma_j h_j^g s_j$$

La quantité vendue pour chaque herbicide conventionnel i est égale à la somme des doses d'utilisation multipliées par les surfaces pour les agriculteurs qui restent sur un programme conventionnel:

$$Q_i^c = \sum_j (1 - \gamma_j) h_{ij}^c s_j$$

- Les profits

On fait ici trois hypothèses:

- La firme qui commercialise les OGM commercialise intégralement l'herbicide OGM;
- Le taux de marge sur les herbicides, noté ϕ , est identique pour tous les produits;
- Le coût de production de la semence OGM est égal au coût de production de la semence conventionnelle. Autrement dit, la marge faite sur la commercialisation de l'OGM est de 100%.

Le profit de l'innovateur qui commercialise la semence OGM est égal à la somme du profit réalisé sur les ventes de semences OGM (supplément de prix sur la semence OGM multiplié par la surface totale en OGM) et du profit réalisé sur les ventes de l'herbicide OGM (marge sur l'herbicide OGM multipliée par la quantité totale d'herbicide OGM vendue):

$$\Pi^g = w_s^g S^g + w_h^g \phi Q^g$$

Le profit réalisé sur la vente de l'herbicide conventionnel i est égal à la marge sur l'herbicide conventionnel i multipliée par la quantité totale d'herbicide i vendue:

$$\Pi^i = w_i^h \phi Q_i^c$$

Le profit total des agriculteurs sur la culture considérée est égal à la somme des profits des agriculteurs qui adoptent le programme OGM et des profits des agriculteurs qui restent sur un programme conventionnel.

$$\Pi^a = \sum_j s_j [\gamma_j \pi_j^g + (1 - \gamma_j) \pi_j^c]$$

Ce profit total peut être décomposé de la façon suivante : $\Pi^a = \Pi_0^a - CH^a$.

- Π_0^a est la marge totale réalisée par tous les agriculteurs sur leurs cultures avant d'avoir décompté les dépenses de désherbage (herbicides et coûts des passages):

$$\Pi_0^a = \sum_j s_j (p y_j - c_j).$$

Sous les hypothèses adoptées ici, Π_0^a est un terme constant indépendant du niveau d'adoption des programmes OGM.

- CH^a est la somme des dépenses de désherbage des agriculteurs:

$$\begin{aligned} CH^a &= \sum_j s_j \left[\gamma_j (w_h^g h_j^g + w_n n_j^g) + (1 - \gamma_j) \left(\sum_i (w_{hi}^c h_{ij}^c) + w_n n_j^c \right) \right] \\ &= w_s^g S^g + w_h^g Q^g + \sum_i w_i^h Q^i + \sum_j \gamma_j w_n n_j^g s_j + \sum_j (1 - \gamma_j) w_n n_j^c s_j \end{aligned}$$

La somme des dépenses de désherbage des agriculteurs est composée de quatre termes. Le premier est égal aux ventes totales d'herbicides OGM par l'innovateur. Le second est égal aux ventes totales d'herbicide conventionnel par les firmes d'amont. Le troisième est égal aux dépenses en passages de traitement herbicide sur les surfaces où le programme OGM est adopté. Le quatrième est égal aux dépenses en passages de traitement herbicide sur les surfaces qui restent avec un programme conventionnel.

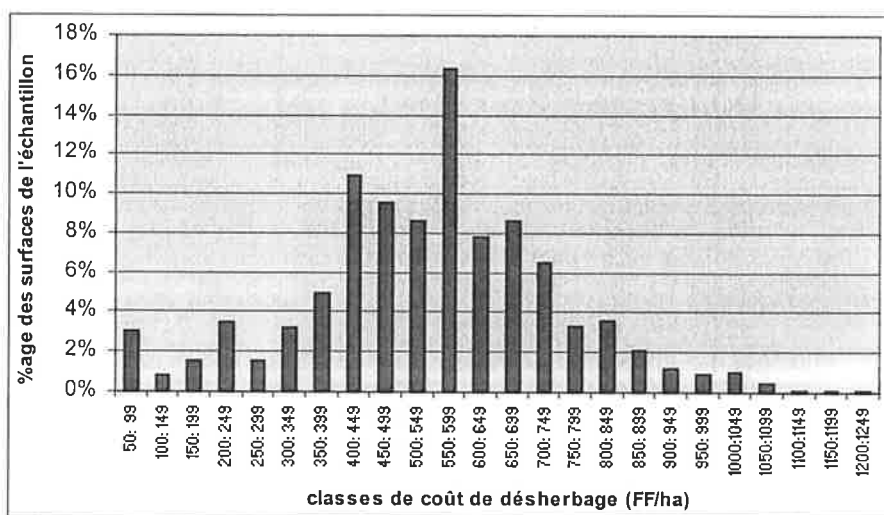
2.2. Application au cas du Colza HT

- Les données de départ

L'analyse a été faite à partir d'une base de données fournie par le CETIOM. Cette base de données reprend les résultats de l'enquête "charte environnement" conduite en 1999 (récolte 1999). Après nettoyage, la base traitée ici contient 1238 exploitations couvrant une surface totale en Colza d'un peu plus de 32 000 ha (soit 2.4% de la surface française). Les biais d'échantillonnage ont été corrigés en attribuant des poids aux exploitations de façon à ce que chaque département et chaque classe de taille d'exploitation ait une représentativité nationale. Les résultats présentés ici sont donc des projections nationales sur 1.369 millions d'hectares de Colza. Le détail des opérations réalisées pour nettoyer la base et de calcul des poids sont indiqués dans l'annexe A.

La distribution des coûts de désherbage sur l'ensemble de l'échantillon (Figure 1) montre l'importante diversité des stratégies conventionnelles de protection des plantes. Globalement la dépense en désherbant varie entre 0 et 1300 F/ha, avec une moyenne de 547 F/ha.

Figure 1. Distribution des coûts de désherbage dans l'échantillon total



Le coût indiqué ici ne prend pas en compte le coût des passages de traitement.

Le désherbage du colza peut nécessiter jusqu'à trois ou quatre interventions à l'un ou l'autre des stades suivants: présemis, prélevée, et post-levée. Chaque type de programme a donc été défini par un code en trois chiffres, chaque chiffre indiquant s'il y a eu intervention (chiffre 1) ou pas d'intervention (chiffre 0) au stade présemis (premier chiffre), prélevée (deuxième chiffre), ou post-levée (troisième chiffre). Par exemple, un programme "101" correspond à au moins une intervention au stade présemis, et à au moins une intervention au stade post-levée. Le programme OGM envisagé ici est un programme combinant l'herbicide total Roundup (matière active glyphosate) avec une semence de Colza qui lui est résistante (ou semence Roundup-Ready®). Les stratégies de remplacement conventionnel/OGM (Tableau 1) ont été définies à partir des données du CETIOM (2000). Le coût en

herbicide du programme OGM varie entre 100 et 200F/ha, le prix retenu pour le Roundup (w_g^h) étant de 50 F/l.

La Figure 2 et la Figure 3 donnent une indication de la distribution des coûts les deux sous-échantillons qui seront remplacés respectivement par des programmes OGM à 1 ou 2 passages. La dépense moyenne en désherbant est de 475 F/ha pour les programmes les plus légers (Figure 2) et de 609 F/ha pour les programmes les plus lourds (Figure 3).

Rappelons que nous faisons l'hypothèse que les deux types de programmes (conventionnel et OGM) conduisent au même rendement.

Dans les calculs suivant seront intégrés les coûts de passage de traitement. On pose le coût d'un passage à 45 F/ha, ainsi en adoptant la technologie OGM certains agriculteurs peuvent donc aller jusqu'à faire l'économie de deux traitements.

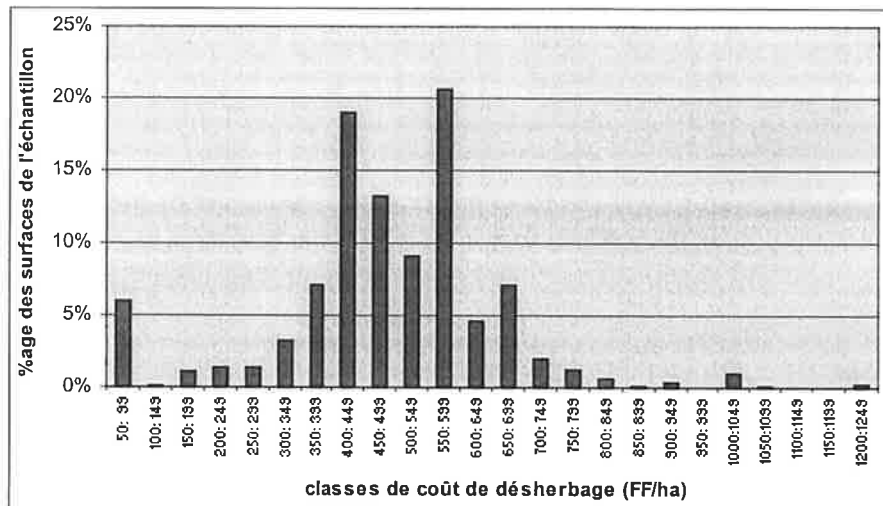
Dans les premières estimations qui sont faites avant l'analyse de sensibilité, le prix des herbicides conventionnels est supposé ne pas changer et le taux de marge sur les pesticides conventionnels est supposé égal à 50%.

Tableau 1. Remplacement des programmes conventionnels par les programmes OGM

Code	Surface concernée	Coût moyen	Programme conventionnel Détail	Programme OGM
100*	6%	248	Présemis seul (programme économique)	Un seul passage à 2 l/ha ($h^g=2$)
010*	17%	527	Prélevée seule	
110*	24%	508	Présemis – Prélevée	
001	2%	538	Post-levée seule	
101	16%	450	Présemis – Post-levée <i>Programme économique avec nécessité de faire face à un problème d'adventice tardive</i>	Deux passages à 2 l/ha chacun ($h^g=4$)
011	11%	701	Présemis – Post-levée <i>Programme classique ayant échoué partiellement et nécessitant un rattrapage, ou intégration dans le programme d'un problème d'adventice particulière et tardive.</i>	
111	24%	674	Présemis - Prélevée - Post-levée <i>Programme classique ayant échoué partiellement et nécessitant un rattrapage, ou intégration dans le programme d'un problème d'adventice particulière et tardive (crucifères, géraniens, graminées, etc...)</i>	

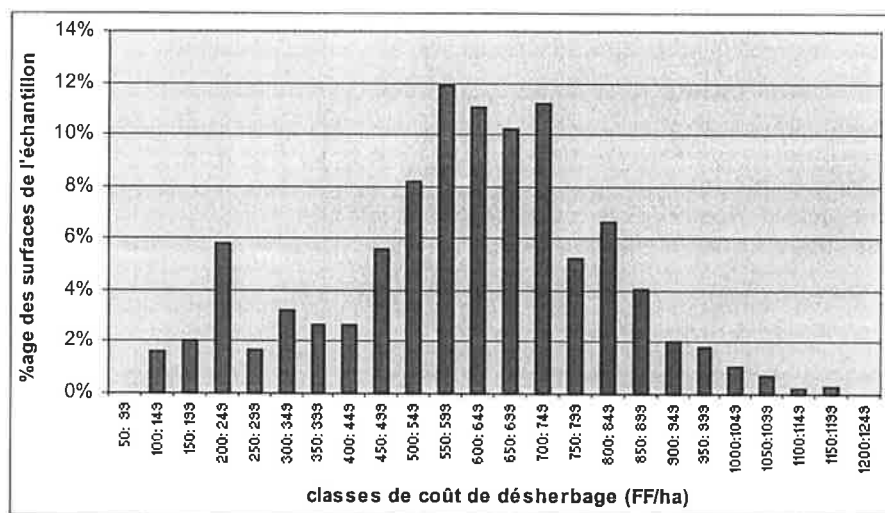
* L'absence de traitement en post-levée peut être due à l'absence de produit efficace. Dans ces cas-là, un second traitement avec le désherbant total pourrait dans ces situations s'avérer pertinent.

Figure 2. Distribution des coûts de désherbage pour les programmes 100, 010, 110 et 001 remplacés par un programme OGM à un passage



Le coût indiqué ici ne prend pas en compte le coût des passages de traitement.

Figure 3. Distribution des coûts de désherbage pour les programmes 101, 011, et 111 remplacés par un programme OGM à deux passages



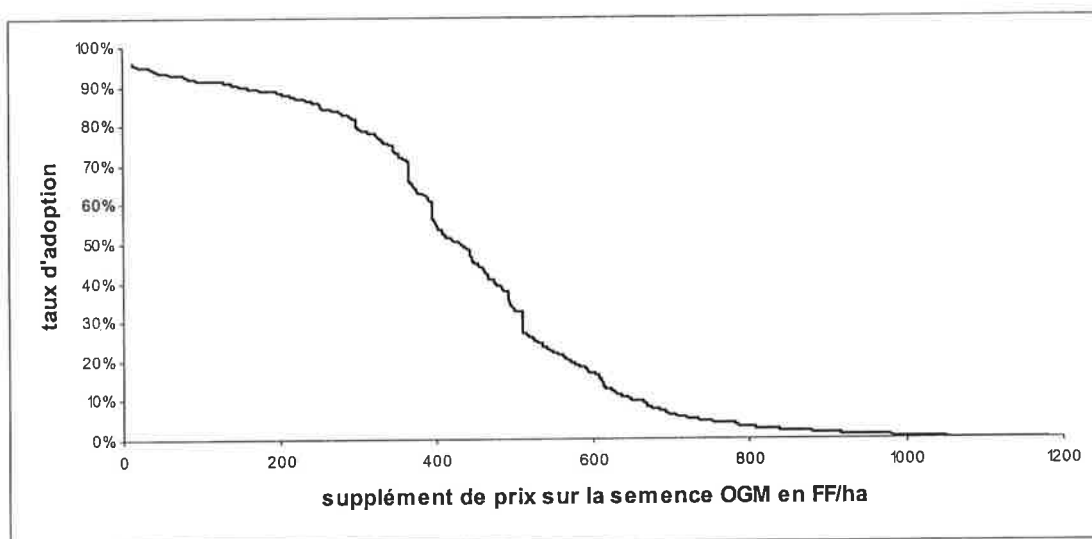
Le coût indiqué ici ne prend pas en compte le coût des passages de traitement.

- L'adoption de programme OGM

La Figure 4 représente la courbe de diffusion des OGM en fonction du supplément de prix payé sur la semence OGM (w_s^g). Lorsque la semence OGM est au même prix que la semence conventionnelle ($w_s^g=0$), le niveau de diffusion dépasse 90%. Dans ce cas de figure, le coût d'un programme de désherbage OGM varie entre 100 et 200 F/ha, et on comprend bien au vu de la courbe de distribution des coûts (Figure 1) qu'une très grande partie des agriculteurs soit intéressée. A l'inverse, dès que le

supplément de prix sur la semence est supérieur à 650 F/ha, la diffusion n'excède pas les 10%. Là encore, si l'on se réfère à la Figure 1, on voit que très peu d'agriculteurs seront intéressés par un programme OGM dont le coût serait de l'ordre de 700 à 800 F/ha. Entre ces deux extrêmes, la pente de la courbe de diffusion passe par des niveaux importants (spécialement entre 300 F/ha et 500 F/ha) qui se traduisent par une diminution de l'ordre de 3500 ha (ou 0.25% des surfaces françaises) par franc supplémentaire sur la semence OGM.

Figure 4. Courbe de diffusion des OGM en fonction du supplément de prix sur la semence OGM



Rappelons à titre indicatif que le coût de la semence conventionnelle de Colza en France varie entre 270 F/ha (variétés lignées) et 410 F/ha (variétés hybrides)¹.

- Les gains des acteurs et la stratégie optimale sur les OGM

- Les dépenses des agriculteurs en désherbage

Commençons d'abord par étudier l'évolution des dépenses de désherbage des agriculteurs avec différents niveaux de supplément de prix payé sur la semence OGM (c'est à dire différents niveaux de diffusion des OGM).

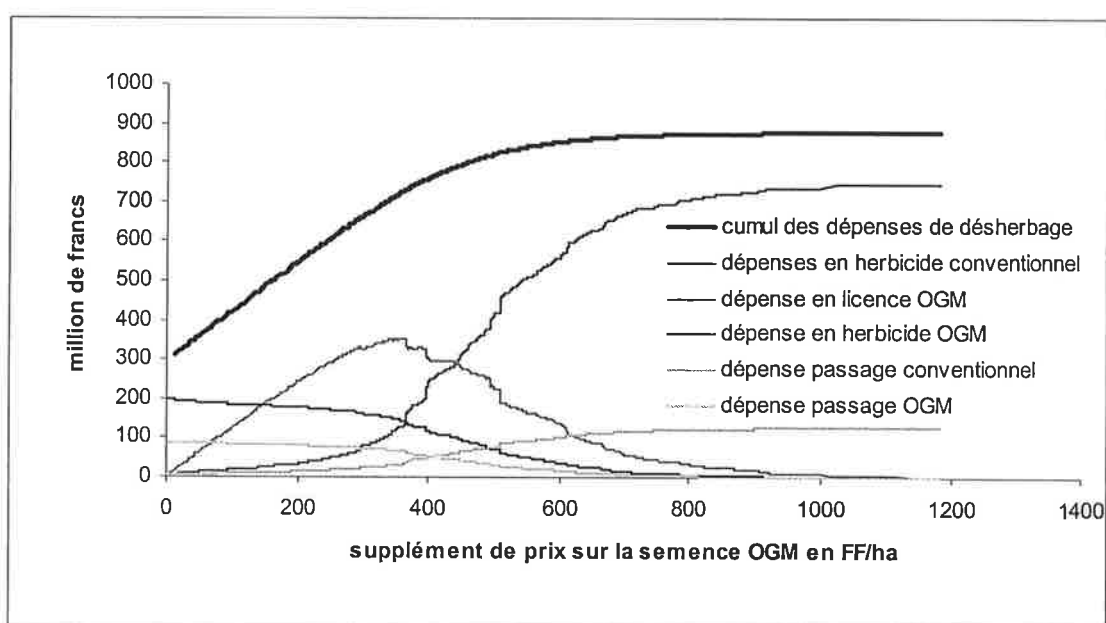
Sur la droite de la Figure 5, le supplément de prix sur la semence OGM est très élevé et dissuade tous les agriculteurs d'adopter, même ceux dont les dépenses actuelles en herbicide conventionnel sont importantes. Tous les agriculteurs conservent leur coût de désherbage conventionnel: c'est la situation de référence de l'enquête, où la dépense totale de désherbage est de l'ordre de 876 MF (748 MF d'herbicides + 128 MF de coût de passage).

¹ Prix donnés à titre indicatif d'après le site de vente en ligne www.agrifirst.com.

En se déplaçant vers la gauche, le supplément de prix sur la semence OGM diminue et devient attractif pour certains agriculteurs qui décident d'adopter dès lors que le coût du programme OGM égale le coût de désherbage conventionnel. En adoptant, les agriculteurs abandonnent donc totalement leurs dépenses en traitements (herbicide + passage) conventionnels et celles-ci se répartissent désormais en dépenses en herbicide OGM (100 ou 200 F/ha selon les cas), en cout de passage de l'herbicide OGM (45 ou 90F/ha) et en dépenses supplémentaires liées au surcoût de la semence.

Ainsi, le supplément de prix sur la semence diminuant, l'adoption croissante d'OGM se traduit par une diminution sensible des dépenses totales des agriculteurs en désherbage. Dans le cas de figure envisagé ici, ces dépenses peuvent passer de 876 MF à 311 MF lorsque la semence OGM est au prix de la semence conventionnelle.

Figure 5. Evolution des dépenses de désherbage pour les agriculteurs de l'échantillon



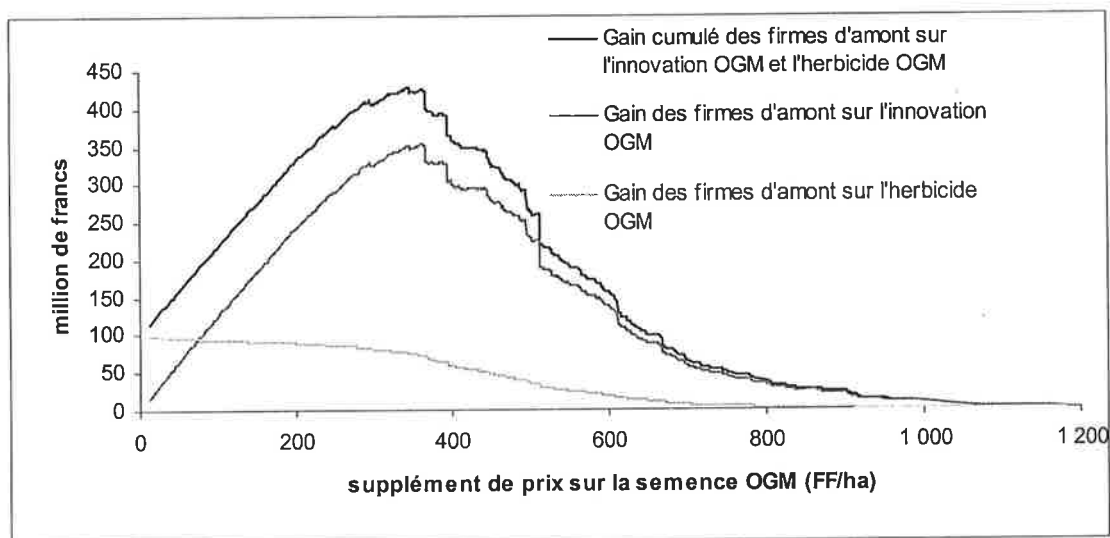
- Les gains et pertes des firmes situées en amont

Nous supposons ici que l'innovateur va fixer le supplément de prix sur la semence de façon à maximiser son profit. Il réalise donc un arbitrage entre un prix de licence faible qui lui permet de diffuser largement le produit mais qui lui laisse une marge faible, et un prix de licence élevé qui lui permet de dégager une marge importante sur chaque unité mais qui conduit à restreindre la diffusion du produit. La Figure 5 nous fournit une première indication sur cet optimum. Si le profit de l'innovateur est uniquement basé sur les royalties touchées sur les ventes de semences OGM, un maximum est atteint avec un supplément de prix sur la semence OGM de 364 F/ha. Le profit de l'innovateur est de 353 MF et les variétés OGM sont adoptées sur 71% des surfaces (Figure 4).

Si on suppose que le profit de l'innovateur prend également en compte les gains sur les ventes de l'herbicide OGM complémentaire en supposant que la marge sur celui-ci est de 50% (Figure 6), alors

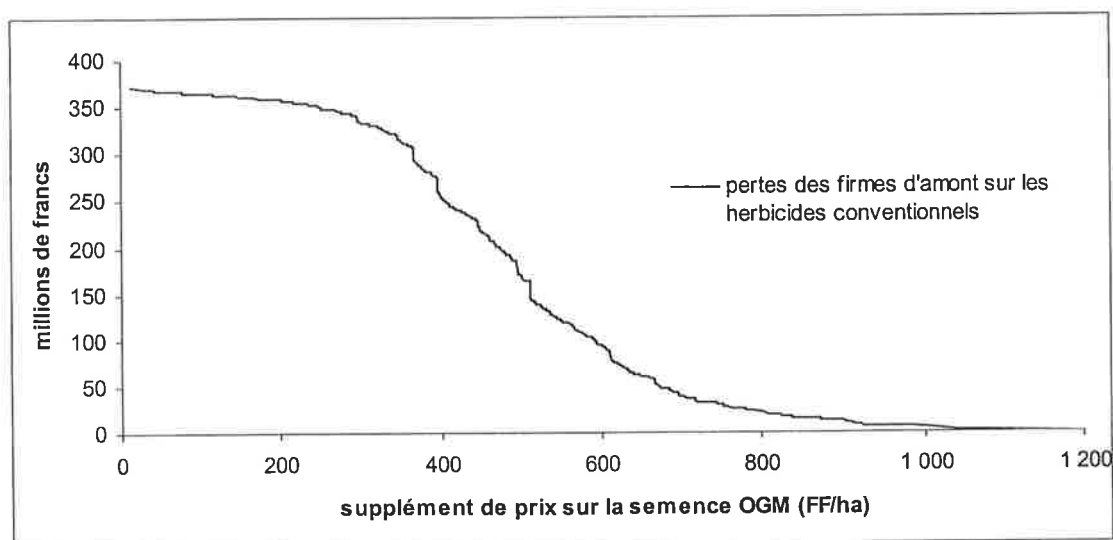
le niveau optimum de supplément de prix sur la semence est alors de 344 F/ha. Le profit de l'innovateur est ainsi de 428 MF (352 MF sur la licence et 76 MF sur les ventes d'herbicides OGM).

Figure 6. Gains réalisés par l'innovateur avec ou sans prise en compte des revenus des ventes de l'herbicide OGM



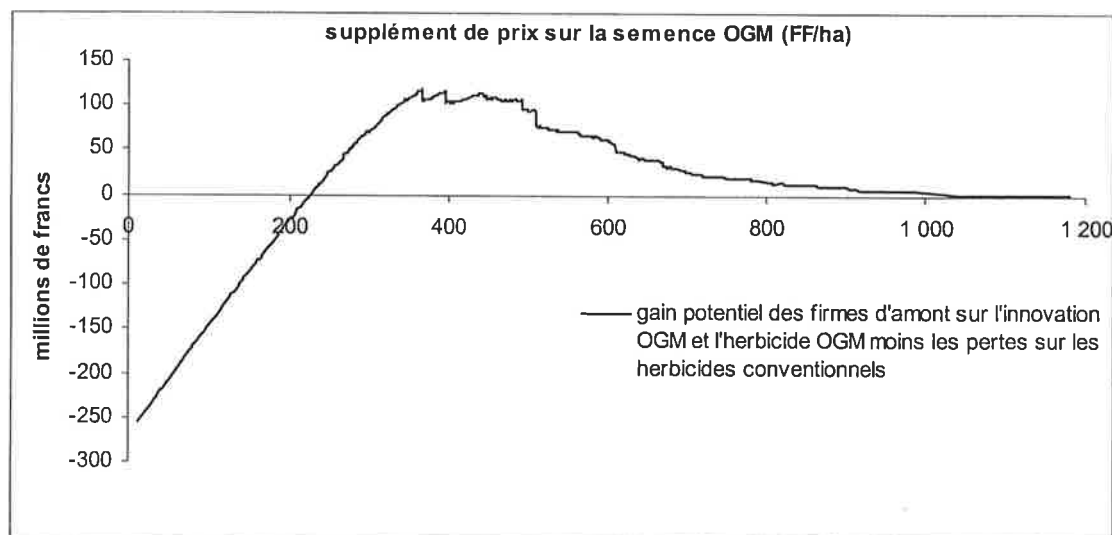
Plaçons nous à présent du côté des concurrents sur les pesticides conventionnels. En supposant un taux de marge (ϕ) de 50%, les pertes des firmes amont passent de 0 à 371 MF quand le supplément de prix sur la semence passe de 1200 F/ha à 0 F/ha. Lorsque l'innovateur choisit le prix optimal ($w_g^s=364$ F/ha) les pertes sont égales à 308 MF soit 82% du profit initial. Dans ces conditions, on peut s'attendre à ce que les fournisseurs de pesticides conventionnels réagissent en baissant leur prix. Ce cas de figure sera envisagé plus loin (analyse de sensibilité).

Figure 7. Les pertes des fournisseurs de pesticides conventionnels



La Figure 8 dresse un bilan des gains et des pertes réalisés par l'ensemble des firmes situées en amont. Pour une différence de prix entre la semence OGM et la semence conventionnelle inférieure à 225 F/ha, les pertes engendrées par la chute des ventes d'herbicides conventionnels sont supérieures aux recettes liées à la technologie OGM. L'amont est donc globalement en situation de perte par rapport à la situation de référence. A l'inverse, si la différence de prix est supérieure à 225 F/ha alors l'ensemble de l'amont dégage un profit supérieur par rapport à la situation initiale. Cette situation peut paraître surprenante car elle signifie que l'amont, comme les agriculteurs, enregistrent des gains positifs par rapport à la situation de référence. Cela s'explique par une diminution du coût de production des herbicides par les industriels dans le cas du programme OGM par rapport au programme conventionnel. En effet, le coût de production de la semence OGM est identique au coût de production de la semence conventionnelle. Le coût de production de l'herbicide OGM représente quant à lui 50 ou 100 F/ha selon la stratégie retenue (1 ou 2 passages). En revanche, le coût de production des herbicides conventionnels représente 50% des dépenses en herbicides conventionnels des agriculteurs et dépasse donc généralement le niveau de 100 F/ha. Notons néanmoins que ces estimations dépendent de l'hypothèse assez arbitraire retenue ici d'un taux de marge identique sur tous les pesticides. Ce point sera discuté plus loin avec l'analyse de sensibilité.

Figure 8. Bilan des gains et pertes réalisées par l'ensemble des firmes d'amont



Le Tableau 2 présente le bilan complet des gains des différents acteurs en comparant la situation de référence à la situation dans laquelle une semence OGM est commercialisée à un prix optimal pour l'innovateur (364 F/ha en plus par rapport à la semence conventionnelle). La diffusion des programmes conventionnels conduit à un gain global de 266 MF. 56 % de ces gains sont transmis à l'agriculteur alors que le reste représente le gain pour les firmes d'amont. En amont, une grande partie du gain de l'innovateur est réalisé au détriment des firmes produisant les pesticides conventionnels puisque le profit de ces dernières est diminué de 308 MF.

Tableau 2. Bilan global des gains liés à la diffusion des OGM (en MF)

	Référence	avec OGM*	Variation
Revenu sur la licence de la semence OGM	0	353	+353
Revenu sur les ventes de l'herbicide OGM	0	72	+72
Revenu sur les ventes d'herbicides conventionnels	374	66	-308
Coûts de passage en traitements	-128	-98	+30
Coûts de désherbage des agriculteurs	-749	-630	+119
Gain total dans la situation avec OGM	-	-	+266

* La semence OGM est commercialisée à 364 F/ha en plus par rapport à la semence conventionnelle.

- L'impact sur l'utilisation des pesticides conventionnels

Comme nous l'avons observé, la commercialisation des OGM à un prix de 364 F/ha conduit à une diminution de 82% des ventes totales de pesticides conventionnels. Cette baisse n'est cependant pas homogène sur l'ensemble des produits (Tableau 3). Ainsi, parmi les produits les plus vendus, le Colzor et le Novall subissent une baisse plus marquée ($\approx 90\%$) que le Tréflan et le Fusilade ($\approx 70\%$). Cette différence s'explique en grande partie par le coût que représentent ces produits dans un programme de désherbage. En se basant sur la dose moyenne d'utilisation dans les programmes conventionnels (avant introduction des OGM), le Colzor et le Novall représentent un coût supérieur à 450 F/ha, alors qu'à l'inverse le Tréflan et le Fusilade représentent un coût inférieur à 150 F/ha. Ainsi, lorsqu'un produit représente une charge importante, il est utilisé essentiellement dans des programmes conventionnels dont le coût est élevé et qui seront plus facilement remplacés par des programmes OGM.

Tableau 3. L'impact de la diffusion des OGM sur les ventes des pesticides conventionnels

Produit	Prix (F/l ou F/kg)	Doses (l/ha ou kg/ha)	Part de marché initiale	Ventes initiales	Ventes après diffusion des OGM*	Perte de ventes liée aux OGM
Colzor	99	5,0	36,45%	272 836 465	23 896 124	-91%
Butisan S	234	1,4	20,03%	149 894 335	32 236 485	-78%
Novall	250	1,8	12,50%	93 593 180	6 308 258	-93%
Tréflan	28	2,4	6,94%	51 925 414	17 820 634	-66%
Devrinol	170	2,0	5,92%	44 301 151	18 724 919	-58%
Fusilade X2	358	0,4	3,19%	23 900 530	6 512 986	-73%
Targa D+	610	0,4	2,50%	18 729 312	1 765 982	-91%
Pilot	221	0,7	2,36%	17 691 892	3 611 601	-80%
Eloge	510	0,3	2,11%	15 783 686	4 416 177	-72%
Stratos Ultra	137	1,2	2,01%	15 057 311	4 370 670	-71%
Agil	344	0,4	1,36%	10 216 389	1 990 386	-81%
Brassix	28	2,4	1,30%	9 733 337	2 800 927	-71%
Cent 7	212	0,5	0,71%	5 335 793	2 021 334	-62%
Pradone TS	166	3,0	0,59%	4 404 848	638 906	-85%
Quartz	120	0,5	0,47%	3 526 928	2 341 572	-34%
Lontrel	345	0,8	0,45%	3 401 268	853 394	-75%
Légurame PM	105	2,1	0,37%	2 795 722	943 732	-66%
Chrono	180	1,0	0,24%	1 795 283	201 946	-89%
Colzamid	170	3,8	0,22%	1 661 510	164 036	-90%
Kerb Flo	262	1,0	0,14%	1 073 780	0	-100%
Tichrey	28	2,5	0,06%	440 455	211 300	-52%
Sting ST	31	1,0	0,02%	134 980	49 464	-63%
Isoproturon	41	1,5	0,01%	93 761	93 761	0%
Zodiac TX	186	0,4	0,01%	87 442	40 358	-54%
Cetrelex	28	2,3	0,01%	62 352	0	-100%
Karmex	60	0,3	0,00%	10 953	0	-100%

* La semence OGM est commercialisée à 364F/ha en plus par rapport à la semence conventionnelle.

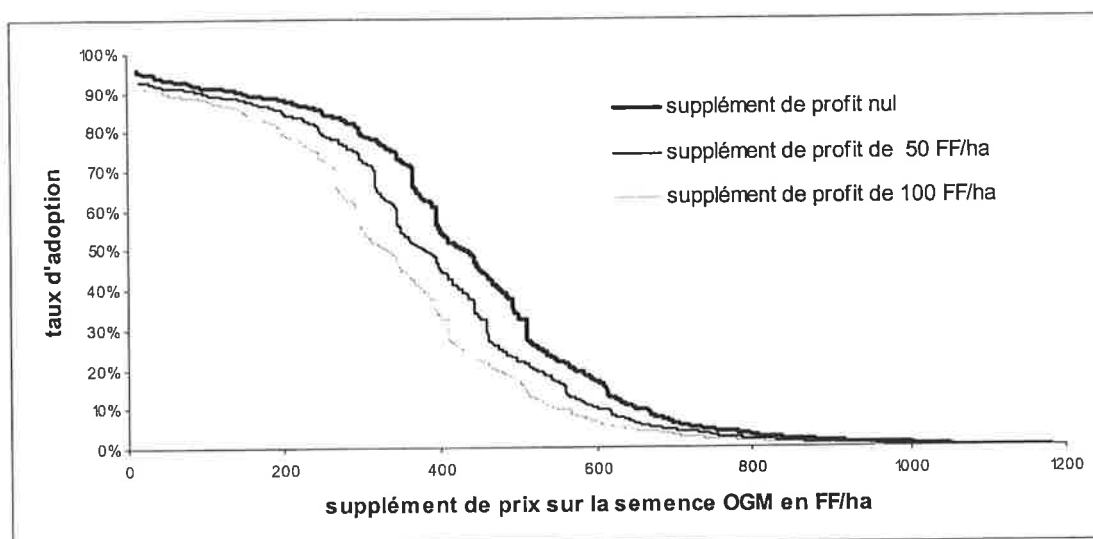
- Analyse de sensibilité

- Sensibilité au supplément de profit à partir duquel l'agriculteur adopte la solution OGM (Δ)

La Figure 9 donne quelques indications sur la sensibilité des résultats au gain minimal que l'agriculteur doit anticiper pour adopter (variable Δ). Comme cela a été montré de manière analytique dans la section 2.1, le taux d'adoption reste identique lorsque le prix de la licence, w_s^g , diminue de Δ .

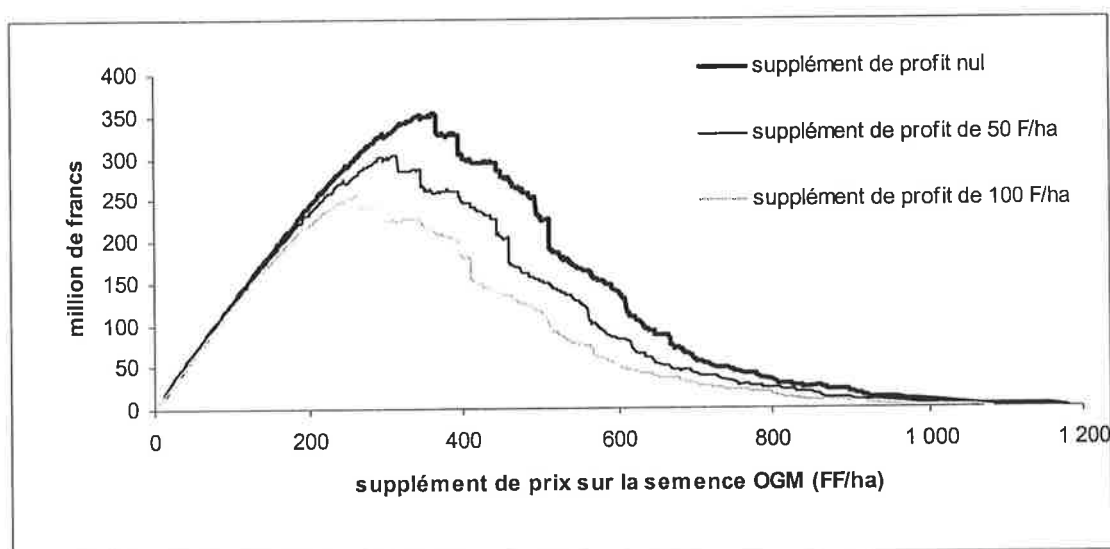
Cela conduit à décaler la courbe de demande vers la gauche (quand Δ augmente). La perte de diffusion estimée lorsque Δ augmente de 100 F/ha varie entre 10% et 25% suivant le supplément de prix sur la semence. De la même manière, on pourrait observer que la courbe des dépenses en traitement conventionnel (Figure 5) est décalée de Δ .

Figure 9. Sensibilité de la courbe de diffusion à Δ



La courbe de profit de l'innovateur (Figure 10) diminue car pour un prix de licence donné le niveau de diffusion est toujours inférieur. Le maximum de ces courbes se déplace vers la gauche quand Δ augmente: en réaction à l'adoption plus difficile des produits, l'innovateur a intérêt à baisser le supplément de prix payé sur la semence de Δ . Comme l'innovateur baisse le supplément de prix sur la semence OGM de Δ , le niveau de diffusion à l'optimum reste identique.

Figure 10. Sensibilité du profit de l'innovateur à Δ



Lorsque l'on examine le bilan global des gains et des pertes des acteurs (Tableau 4), on remarque qu'une augmentation de Δ conduit à un transfert de gain de l'innovateur vers les agriculteurs. Ce transfert est intégral et la variation de surplus global est inchangée.

Tableau 4. Bilan global avec différentes valeurs de Δ

	[A] Référence	[B] avec OGM et $\Delta=0^*$	[C] avec OGM et $\Delta=100^{**}$	Variation [B-A]	Variation [C-A]
Revenu sur la licence de la semence OGM	0	353	256	+353	+256
Revenu sur les ventes de l'herbicide OGM	0	72	72	+72	+72
Revenu sur les ventes d'herbicides conventionnels	374	66	66	-308	-308
Coûts de passage en traitements	-128	-98	-98	+30	+30
Coûts de désherbage des agriculteurs	-749	-630	-533	+119	+216
Gain total (de A à B ou de A à C)	-	-		+266	+266

* La semence OGM est commercialisée à 364F/ha en plus par rapport à la semence conventionnelle.

** La semence OGM est commercialisée à 264 F/ha en plus par rapport à la semence conventionnelle.

- Sensibilité au taux de marge sur les pesticides (ϕ)

Le taux de marge sur les pesticides (conventionnels et OGM) (ϕ) n'affecte pas la courbe de diffusion (Figure 4) et n'a pas d'effet sur la courbe de profit de l'innovateur (sur l'innovation OGM seule), si bien que le niveau optimal pour le supplément de prix sur la semence reste inchangé. La diffusion attendue des OGM est donc inchangée.

L'effet de la modification de ϕ sur le bilan des gains des acteurs est illustré dans le Tableau 5. Dans le cas présent, les estimations correspondant à la référence (avant introduction des OGM) sont aussi modifiées. Le gain des agriculteurs et le gain de l'innovateur lié à la vente de semence OGM sont inchangés. En revanche, comme le taux de marge est plus faible, la perte de profit des fournisseurs de pesticides conventionnels (en valeur absolue) est moindre ainsi que la perte sur les ventes de l'herbicide OGM. Dans ces conditions le gain des acteurs situés en amont est encore plus important et cela affecte directement le gain total. La part du gain des agriculteurs dans le gain total est maintenant plus faible (39% au lieu de 56%).

Tableau 5. Bilan global avec un taux de marge plus faible sur les pesticides conventionnels

	[A] Référence $\phi=25\%$	[B] avec OGM et $\phi=25\%^*$	Variation [B-A]
Revenu sur la licence de la semence OGM	0	353	+353
Revenu sur les ventes de l'herbicide OGM	0	36	+36
Revenu sur les ventes d'herbicides conventionnels	187	33	-154
Coûts de passage en traitements	-128	-98	+30
Coûts de désherbage des agriculteurs	-749	-630	+119
Gain total	-	-	+384

- Sensibilité au prix des pesticides

Comme nous l'avons indiqué plus haut, on peut penser que les fournisseurs de pesticides conventionnels baisseraient leurs prix en réaction à la baisse de leur activité de 82%. On doit ici se limiter à un cas de figure très simple dans lequel les agriculteurs qui restent sur la solution conventionnelle choisissent toujours le même programme de traitement. Cette hypothèse est respectée si on suppose que les prix de tous les produits diminuent de manière homothétique. Nous présentons ici une série de résultats dans lesquels les prix des pesticides conventionnels sont supposés diminuer de 40%.

La courbe d'adoption des OGM se trouve ici décalée vers la gauche: pour un supplément de prix donné, beaucoup moins d'agriculteurs tendent à adopter (Figure 11). Cela a un effet direct sur le profit de l'innovateur qui diminue également, conduisant à un déplacement de l'optimum vers la gauche. Lorsque le prix des pesticides conventionnels diminue de 40%, le niveau optimal pour le supplément de prix sur la semence OGM passe de 364 F/ha à 159 F/ha. Dans ce cas de figure, le fait de prendre en compte ou non les gains liés à la vente de l'herbicide OGM a également un effet sur le supplément de prix optimal de la semence OGM. Celui-ci passe de 159 F/ha à 152 F/ha quand ces ventes sont prises en compte. Cette baisse du prix de la semence OGM compense en grande partie le décalage sur la courbe d'adoption : la diffusion de la semence OGM atteint à présent 72% des surfaces avec un supplément de prix sur la semence OGM de 159 F/ha.

Figure 11. Impact de la baisse du prix des herbicides conventionnels sur la courbe d'adoption

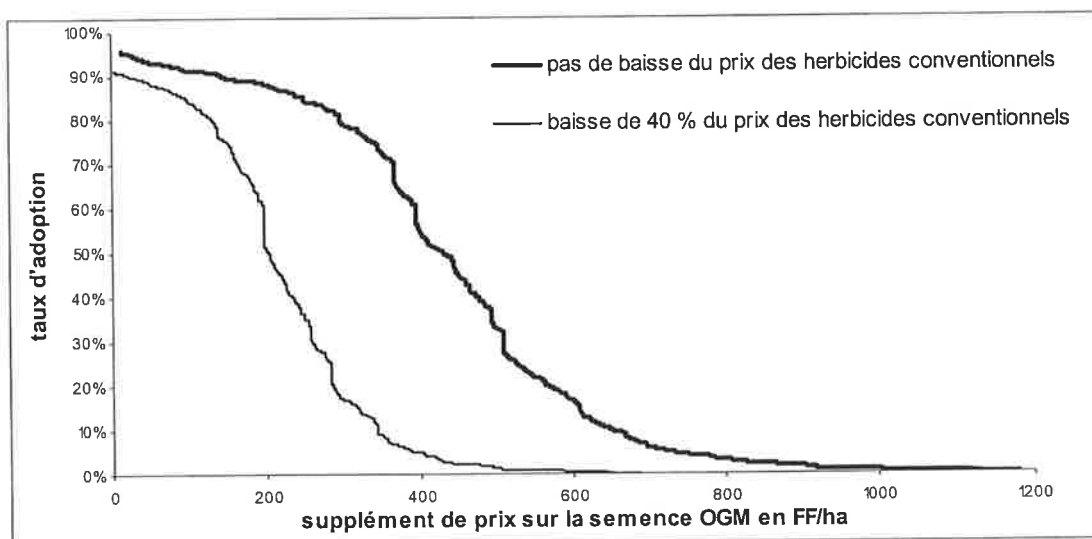


Tableau 6. Bilan global avec une baisse de prix des pesticides conventionnels

	[A] Référence	[B] avec OGM à prix identique*	[C] avec OGM et baisse de prix**	Variation [B-A]	Variation [C-A]
Revenu sur la licence de la semence OGM	0	353	158	+353	+158
Revenu sur les ventes de l'herbicide OGM	0	72	72	+72	+72
Revenu sur les ventes d'herbicides conventionnels	374	66	38	-308	-336
Coûts de passage en traitements	-128	-98	-107	+30	+21
Coûts de désherbage des agriculteurs	-749	-630	-378	+119	+371
Gain total (de A à B ou de A à C)	-	-		+266	+286

* La semence OGM est commercialisée à 364 F/ha en plus par rapport à la semence conventionnelle.

** La semence OGM est commercialisée à 159 F/ha en plus par rapport à la semence conventionnelle.

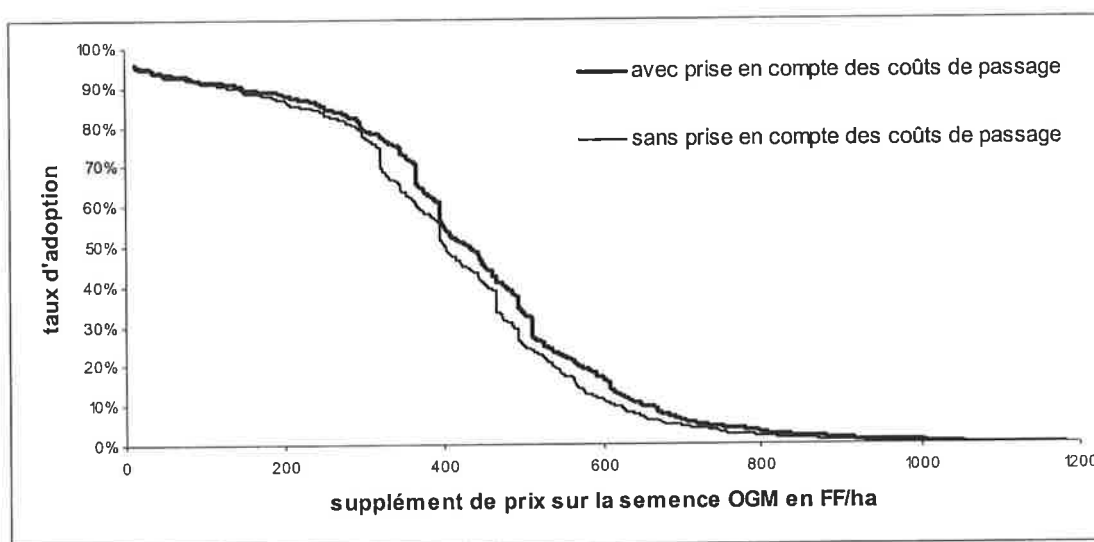
Le Tableau 6 montre l'effet sur le bilan global des gains des différents acteurs. La baisse du prix de la licence et la baisse du prix des pesticides conduisent à une très nette augmentation des gains des agriculteurs qui passe de +149 MF à +392 MF. Ce chiffre couvre non seulement le gain des adopteurs, mais également le gain des non-adopteurs. On notera néanmoins que l'essentiel de l'augmentation de gain des agriculteurs va aux adopteurs qui bénéficient de l'importante baisse de prix sur la licence. Le gain pour les entreprises d'amont diminue très nettement. Du côté des fournisseurs de pesticides conventionnels, la perte de bénéfice est supérieure à ce qu'elle était avec des prix inchangés. Cela est dû à la très forte baisse du taux de marge réalisé qui passe de 50% à 20%. Baisser les prix de 40% ne permet donc pas de "limiter les dégâts" pour ces acteurs. Il est possible néanmoins qu'une baisse moins importante permette à ces acteurs de ne pas subir une perte aussi conséquente. Du côté de l'innovateur, le bénéfice diminue très nettement du fait de la baisse du prix de la semence OGM. On notera ici que le gain de l'innovateur ne compense plus la perte de bénéfice des fournisseurs de pesticides conventionnels.

- Sensibilité à la prise en compte des coûts de passage

Dans ce qui précède, on a affecté un coût de 45 F/ha à chaque passage de traitement herbicide. On s'intéresse maintenant au cas où le coût de passage n'est pas pris en compte. Pour un agriculteur donné, le niveau de supplément de prix sur la semence OGM pour lequel il adopte reste identique si le nombre de passages est le même en OGM et en conventionnel. Il diminue (de 45 F/ha par passage en moins) si la technologie OGM permet d'économiser des passages. La courbe d'adoption a alors un autre aspect et se trouve décalée vers la gauche (Figure 12) : pour un supplément de prix sur la

semence OGM donné, moins de personnes adoptent car elles ne considèrent pas l'économie supplémentaire réalisée en effectuant éventuellement un ou plusieurs passage en moins.

Figure 12. Impact de la prise en compte des coûts de passage sur la courbe d'adoption



L'optimum de tarification de la semence se situe ainsi plus bas, à 321 F/ha au-dessus du prix de la semence conventionnelle, et c'est alors 75% des surfaces qui sont concernées par l'adoption. Le profit sur la semence OGM est inférieur au cas de référence (Tableau 7) car l'augmentation du taux d'adoption ne compense pas la baisse du prix de la licence. Cette baisse du prix de la licence entraîne également un gain plus important pour les agriculteurs. Ce gain de 162 MF sans considérer les coûts de passage est même supérieur au gain réalisé dans la situation de référence en y ajoutant les gains sur les économies de passage.

Tableau 7. Bilan global sans prise en compte des coûts de passage (en MF)

	Référence	avec OGM*	Variation
Revenu sur la licence de la semence OGM	0	329	+329
Revenu sur les ventes de l'herbicide OGM	0	76	+76
Revenu sur les ventes d'herbicides conventionnels	374	53	-321
Coûts de passage en traitements	-	-	-
Coûts de désherbage des agriculteurs	-749	-587	+162
Gain total dans la situation avec OGM			+245

* La semence OGM est commercialisée à 321F/ha en plus par rapport à la semence conventionnelle.

- Synthèse

On se place toujours dans le cas où l'innovateur applique le niveau optimal de supplément de prix sur la semence OGM. L'analyse de sensibilité permet de dégager plusieurs (Tableau 8):

- Le niveau de diffusion important observé dans le cas de base (71%) est confirmé dans à peu près tous les cas. Nous avons pu voir qu'une modification du profit additionnel à partir duquel les agriculteurs adoptent la solution OGM (Δ) ou du prix des pesticides conventionnels conduisait à un décalage sensible de la courbe d'adoption. Néanmoins, à chaque fois l'innovateur ajuste son choix en abaissant son prix, de telle sorte que le niveau de diffusion à l'optimum change très peu. L'observation sur le niveau de diffusion semble donc assez robuste.
- Le gain global estimé change relativement peu d'un cas de figure à l'autre, car la modification des paramètres conduit essentiellement à des transferts entre acteurs. Il faut noter néanmoins que l'hypothèse sur le taux de marge réalisé sur les pesticides aura un effet important sur le gain total : plus le taux de marge est faible, plus la perte sur les pesticides conventionnels est faible et plus le gain total est important.
- Le gain des agriculteurs estimé dans le cas de base correspond à un plancher. Le gain des adopteurs augmente très nettement lorsque la modification d'un paramètre conduit l'innovateur à baisser le supplément de prix sur la semence OGM.
- Les pertes des fournisseurs de pesticides conventionnels sont délicates à estimer car elles dépendent du taux de marge sur lequel on ne dispose pas d'information précise. Plus le taux de marge est important et plus les pertes seront importantes.
- Les gains de l'innovateur sont sensibles aux hypothèses faites sur Δ et sur la réaction des fournisseurs de pesticides conventionnels. Les estimations faites dans le cas de base correspondent plutôt à un plafond.
- Les gains de l'innovateur sont tantôt supérieurs, tantôt inférieurs aux pertes des fournisseurs de pesticides conventionnels. En effets les estimations des gains des entreprises amont sont sensibles aux paramètres, si bien que le solde des deux est également sensible.

Tableau 8. Synthèse des effets observés avec l'analyse de sensibilité

	Cas de base	$\Delta \uparrow$	$\phi \downarrow$	$w_c^h \downarrow$	<i>Pas de coûts de passage</i>
Licence	364 F/ha	Baisse (variation égale à la variation de Δ)	Inchangé	Baisse plus que proportionnelle	Diminue
Diffusion	71%	Inchangé	Inchangé	Augmente légèrement	Augmente
Perte des fournisseurs de pesticide conventionnel	- 308 MF	Inchangé	Plus faible (proportionnel avec ϕ)	Augmente	Augmente
Gain sur la semence OGM	+353 MF	Diminue (transfert intégral vers agriculteur)	Inchangé	Diminue (transfert vers l'agriculteur)	Diminue
Gain sur l'herbicide OGM	+72 MF	Inchangé	Plus faible (proportionnel avec ϕ)	Change peu	Augmente
Gain de l'agriculteur (passage + désherbage)	+149 MF	Augmente	Inchangé	Augmente	Augmente
Gain total	+266 MF	Inchangé	Augmente	Augmente légèrement	Diminue

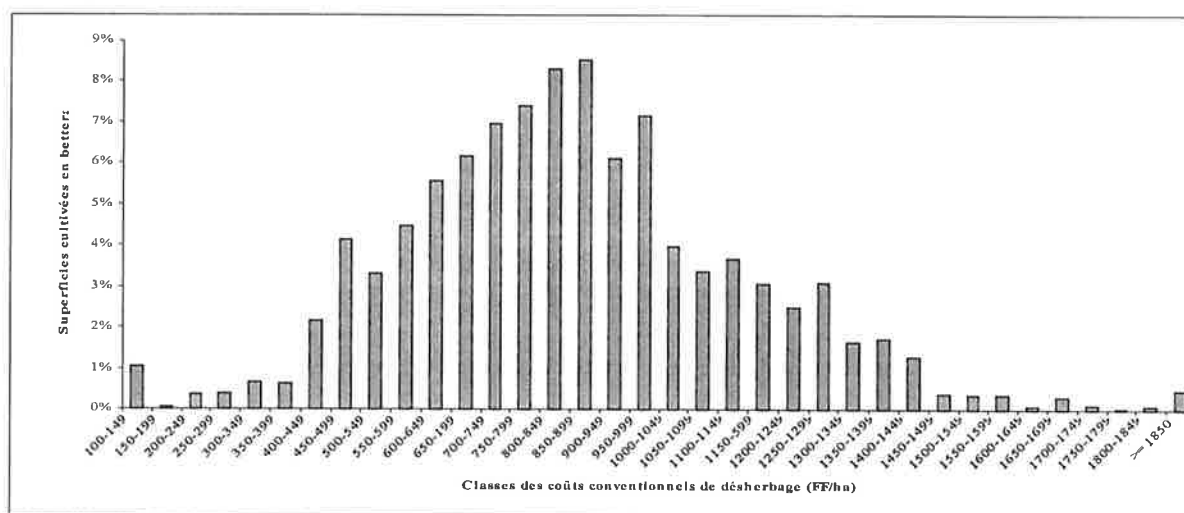
2.3. Application au cas de la Betterave HT

- Les hypothèses et données de base

L'analyse est faite ici à partir de données fournies par l'ITB. Ces données correspondent à une enquête menée en 2000 auprès de plus de mille agriculteurs² couvrant une surface totale en Betterave d'un peu plus de 10 000 ha (soit à peu près 5% de la surface française en Betterave). Les biais d'échantillonnage sont ici corrigés avec une méthode similaire à celle utilisée dans le cas du Colza. Les résultats présentés ici correspondent à une projection sur 400 000 ha en France.

La distribution des coûts sur l'ensemble de l'échantillon (Figure 13) montre également la variance importante. Les dépenses moyennes en désherbage s'élèvent à 858 F/ha, avec un écart type de 295 F/ha. La variance repose en grande partie sur les écarts de nombre de passages en post-levée qui varient entre 0 et une dizaine.

Figure 13. Distribution des coûts de désherbage dans l'échantillon total



Le coût indiqué ici ne prend pas en compte le coût des passages de traitement.

Les hypothèses concernant le remplacement des programmes conventionnels par les programmes OGM sont présentées dans le Tableau 9. Le programme OGM envisagé ici est un programme combinant l'herbicide Roundup à une semence de Betterave qui lui est résistante. Les programmes OGM retenus varient entre 1 et 3 passages de Roundup (essentiellement 2 ou 3) appliqués en post-

² A la différence du Colza, les données qui nous ont été fournies résultent d'une première agrégation dans laquelle ont été regroupés tous les agriculteurs se rapportant à une même classe de coût de traitement conventionnel (avec un pas de 10 F/ha) et toutes les stratégies de traitement conventionnelles (nombre de passages en prélevée, nombre de passages en post-levée). Dans un premier tableau, nous disposons de la surface totale de ces exploitations. Dans un deuxième tableau nous disposons de la vente de chaque produit.

levée avec une dose totale de 2,5 à 6 litres de produits. Le prix du litre de Roundup (w_g^h) est de 50 F/l, comme dans le cas du Colza. Dans certains cas, le programme OGM conduit à réduire très nettement le nombre de passages de traitement. En se basant sur les tarifs d'entraide, nous supposons que le coût d'un passage de traitement (w^p) s'élève comme dans le cas du colza à 45 F/ha. Le désherbage réalisé en présemis n'a pas été pris en compte ici, car nous supposons que cette opération est conduite indifféremment avec un programme conventionnel ou un programme OGM³. De la même manière nous avons supposé que les pratiques de binage mécanique seraient reconduites à l'identique avec les deux types de programmes⁴.

Tableau 9. Remplacement des programmes OGM par les programmes conventionnels

Programme conventionnel			Programme OGM		
Code*	Surface concernée	Coût moyen (avec passages)	Nombre de passages de Roundup	Dose appliquée	Coût du programme avec passages
0+1	0,35%	272	2	5	340
0+2	2,50%	671	2	5	340
0+3	14,38%	756	2	5	340
0+4	14,09%	906	3	6	435
0+5	3,49%	1160	3	6	435
0+6	0,84%	1320	3	6	435
0+8	0,13%	1380	3	6	435
0+12	0,14%	1890	3	6	435
1+0	0,23%	469	1	2,5	170
1+1	1,12%	699	2	5	340
1+2	16,12%	1015	2	5	340
1+3	27,90%	1120	2	5	340
1+4	15,45%	1248	3	6	435
1+5	2,87%	1362	3	6	435
1+6	0,18%	2034	3	6	435
1+7	0,09%	1540	3	6	435
1+9	0,12%	1720	3	6	435

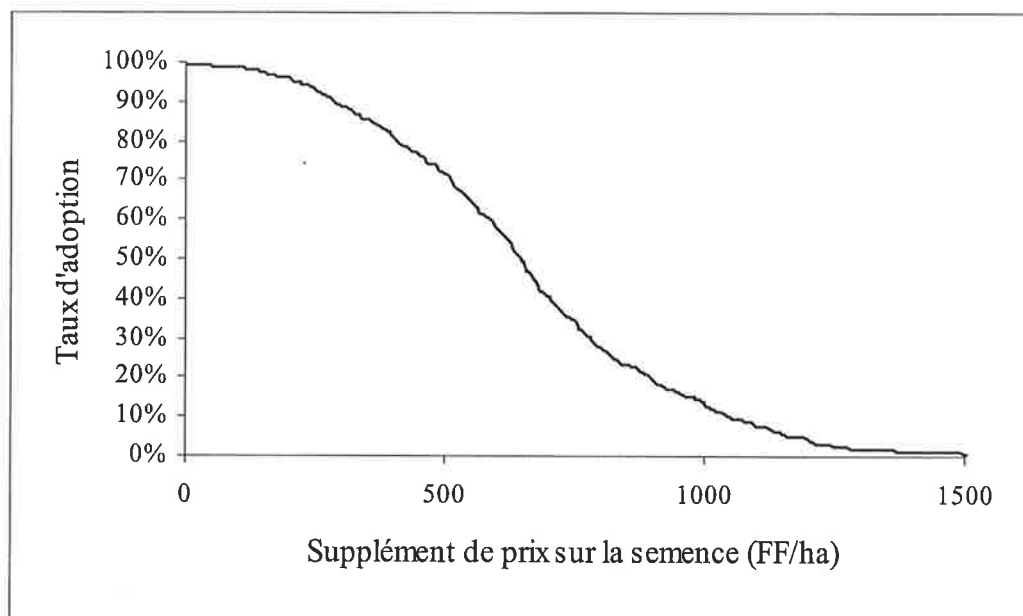
* Le premier chiffre correspond au nombre de passages en prélevée, le deuxième chiffre correspond au nombre de passages en post-levée

³ Les traitements en présemis sont réalisés principalement avec du Roundup, et visent à contrôler les labours reverdis. Il serait envisageable avec un programme OGM de supprimer ce passage, voir même de conduire une culture intermédiaire qui pourrait jouer le rôle de piège à nitrate (avec enfouissement de cette culture ou semis sous couvert). Relativement peu d'essais techniques ont été réalisés jusque là sur ce type de programmes, et nous avons préféré nous limiter à des programmes dont l'efficacité technique est assez bien connue.

⁴ Le binage est réalisé sur à peu près 10% des surfaces. Il est souvent réalisé en combinaison avec une application localisée d'herbicide. Néanmoins, la baisse générale des doses d'application des herbicides a réduit nettement l'intérêt des applications locales. Par ailleurs, le binage mécanique est aussi appliqué pour l'entretien de la structure du sol ou pour supprimer certains rangs qui se croiseraient dans les fourrières. Autrement dit, la maîtrise des problèmes d'adventices n'est pas toujours la vocation principale du binage mécanique.

- L'adoption de programme OGM

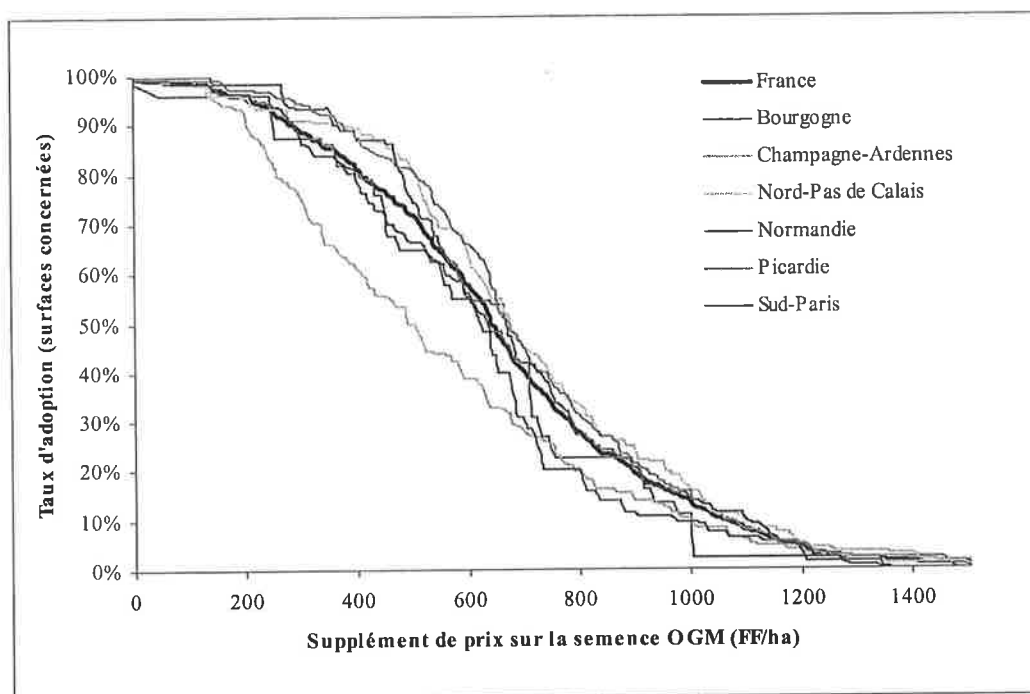
Figure 14. Courbe d'adoption potentielle de la Betterave OGM résistant à un herbicide



L'évolution du niveau de diffusion en fonction du supplément de prix sur la semence OGM (Figure 14) a une forme similaire à celle qui a été observée dans le cas du Colza. Lorsque la semence OGM est au prix de la semence conventionnelle, plus de 99% des agriculteurs adoptent un programme OGM. En revanche, le niveau d'adoption passe en dessous des 10% quand le supplément de prix sur la semence dépasse 1100 F/ha. Par rapport au Colza, on notera une forme beaucoup plus étalée de la courbe qui est liée à la variance plus importante des coûts de traitements. Lorsque le supplément de prix sur la semence OGM passe de 200 à 1100 F/ha, chaque franc supplémentaire sur la semence OGM conduit à une diminution moyenne de 0,1% du taux d'adoption (contre 0,25% dans le cas du Colza) soit à peu près 400 ha. Rappelons à titre indicatif que le coût de la semence de Betterave pour l'agriculteur s'élève à 1300 F/ha.

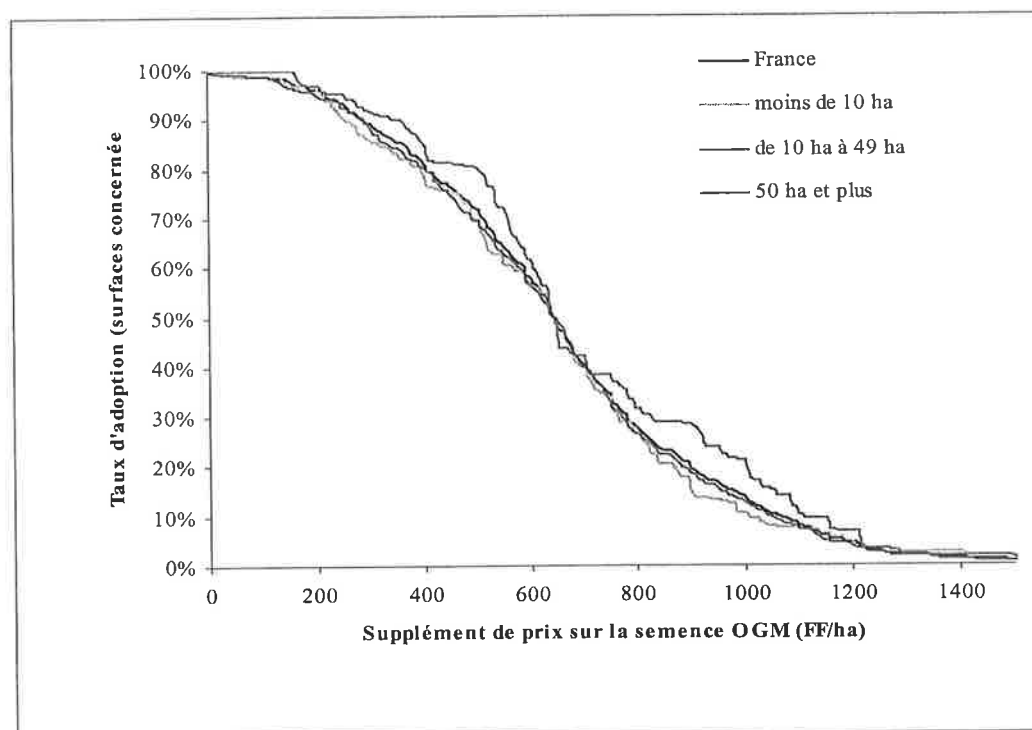
D'assez nettes disparités ressortent lorsque la diffusion est étudiée région par région (Figure 15): la diffusion est moins importante en Champagne-Ardenne (50% avec $w_g^s=500$ F/ha) qu'en Picardie et Nord-Pas de Calais (80% avec $w_g^s=500$ F/ha). Cet écart s'explique par les écarts très nets sur les coûts de désherbage: les agriculteurs en Champagne-Ardenne réalisent rarement un passage en prélevée car le semis est plus tardif, ce passage étant en général assez coûteux. L'analyse de la diffusion par type d'exploitation (Figure 16) tend à montrer que la diffusion est plus importante dans les exploitations où la sole en Betterave représente plus de 50 ha, les écarts étant néanmoins assez faibles.

Figure 15. Courbe d'adoption potentielle de la Betterave OGM par zone géographique*



**Les courbes Bourgogne et Normandie sont basés sur un nombre réduit d'observations, et moins représentatives que dans le cas des 4 autres régions.*

Figure 16. Courbe d'adoption potentielle de la Betterave OGM par type d'exploitation*

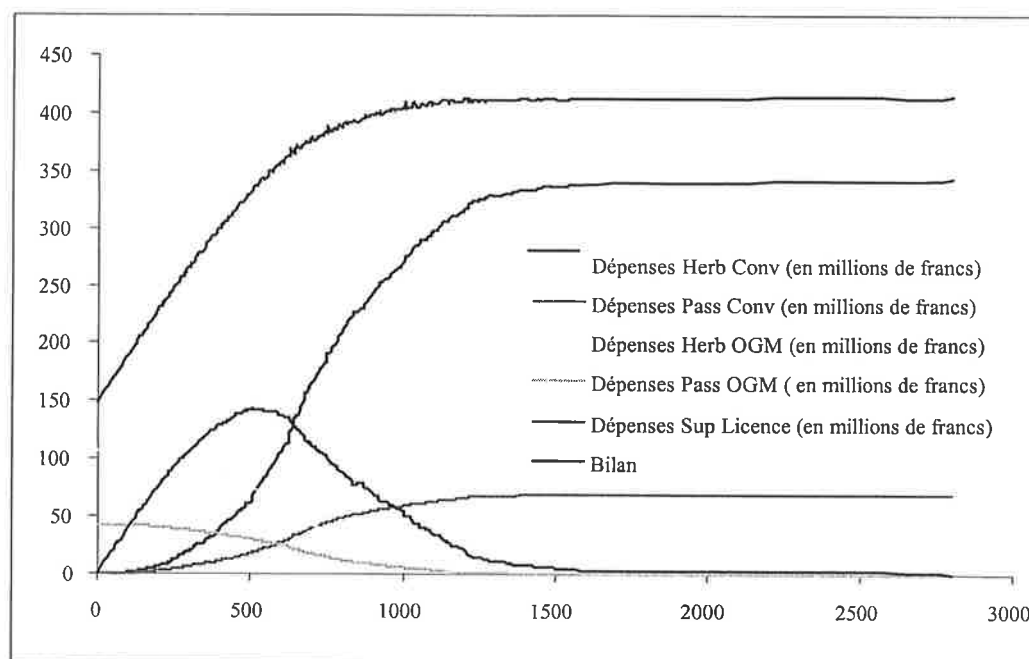


**Les types d'exploitation sont définies par leur surface en betterave, en distinguant trois classes: moins de 10 ha; de 10 à 49 ha; 50 ha et plus.*

- Les gains des acteurs et la stratégie optimale sur les OGM

- Les dépenses des agriculteurs en désherbage

Figure 17. Evolution des dépenses de désherbage Betterave pour les agriculteurs

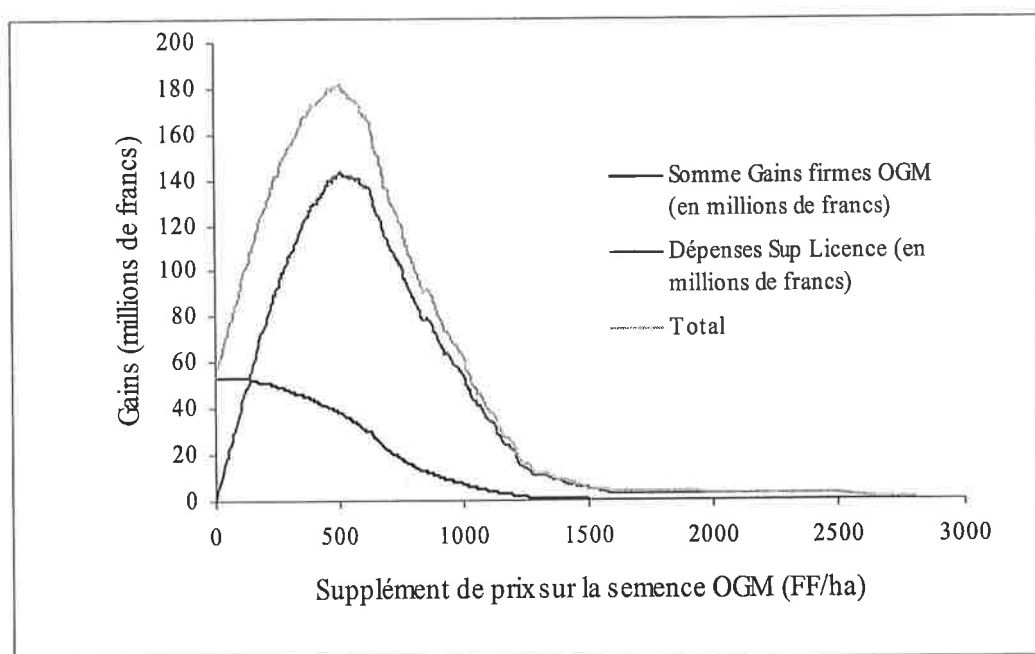


La Figure 17 indique l'évolution des dépenses totales en désherbage des agriculteurs, avec une décomposition par types de dépense. La partie droite du graphique où la semence OGM est à un prix très élevée reflète la situation actuelle dans laquelle tous les agriculteurs appliquent un traitement conventionnel. Les dépenses totales en produits désherbant sont égales à 343 MF, et le coût des passages de traitement s'élève à 70 MF. En se déplaçant ensuite vers la gauche, une proportion croissante d'agriculteurs adopte le programme OGM, et les dépenses en désherbage conventionnel sont progressivement remplacées par des dépenses en désherbage OGM. *In fine*, lorsque la semence OGM est au prix de la semence conventionnelle, l'adoption des OGM est presque totale et les dépenses totales en désherbage s'élèvent à 150 MF (dont 110 MF pour le Roundup et 40 MF pour les passages de traitement).

- Les gains et pertes des firmes situées en amont

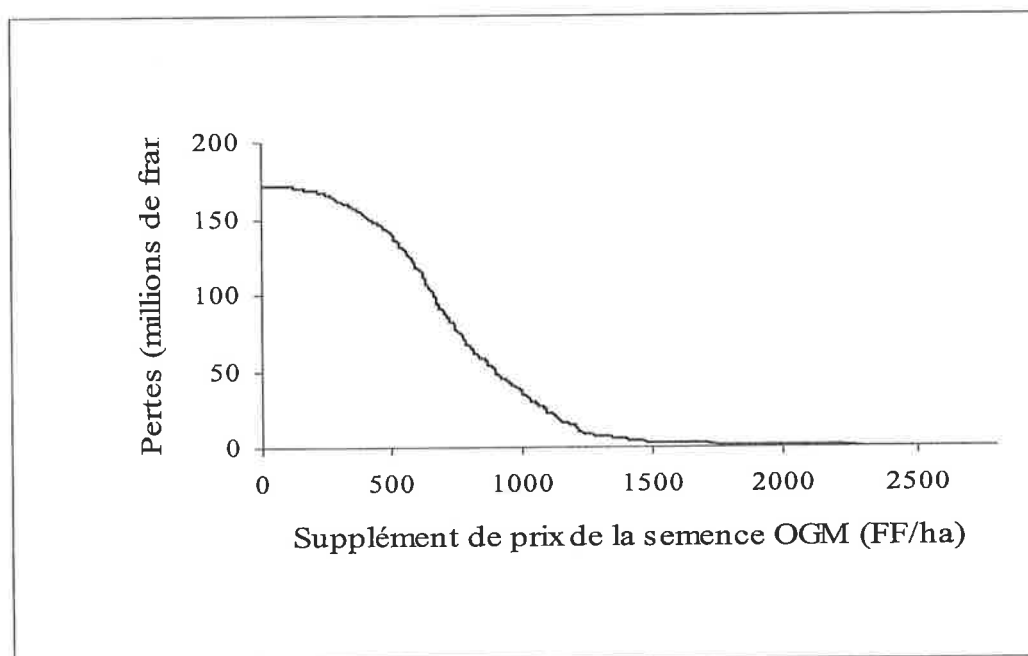
Dans le cas de la Betterave, la stratégie optimale de l'innovateur consiste à fixer un supplément de prix sur la semence OGM égal à 505 F/ha (soit une augmentation de 40% du prix de la semence). Cette valeur est la même que l'on prenne en compte ou non les marges réalisées sur l'herbicide OGM complémentaire (Figure 18). Une telle tarification conduit alors à une diffusion de 72%.

Figure 18. Gain de l'innovateur



Si on se place à présent du côté des fournisseurs de pesticides conventionnels (Figure 19), les pertes totales de profit varient entre 0 et 171 MF avec un taux de marge (ϕ) de 50%. Lorsque l'innovateur applique sa tarification optimale, la perte s'élève à 139 MF, soit 81% du bénéfice initial.

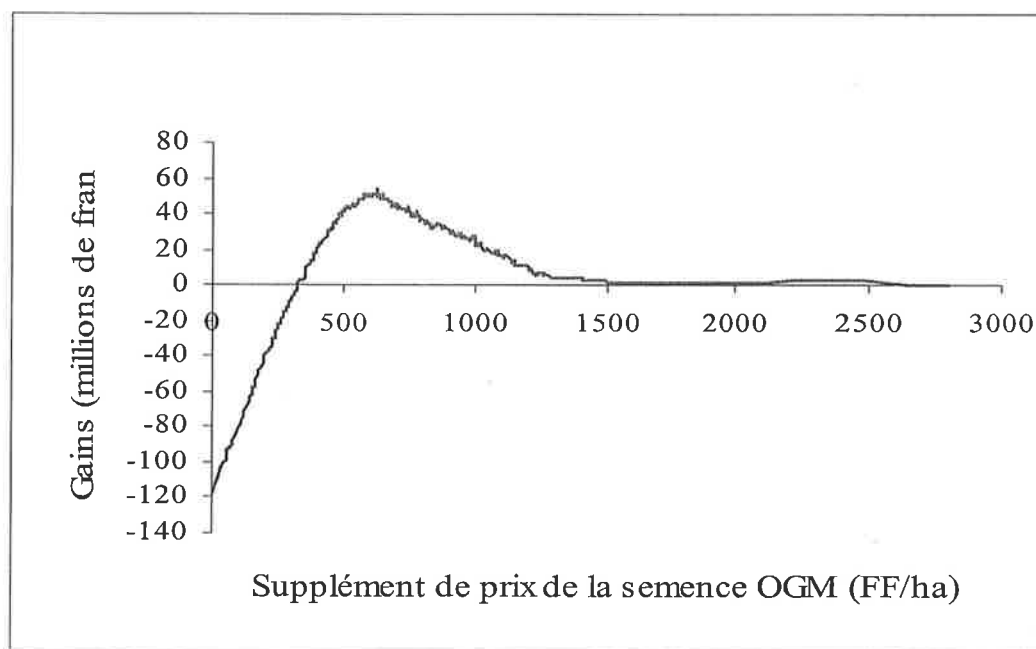
Figure 19. Perte des fournisseurs de pesticides conventionnels



Lorsqu'on considère à présent l'ensemble des firmes situées en amont (Figure 20), on observe une courbe similaire à celle du Colza dans laquelle les faibles suppléments de prix sur la semence OGM

conduisent à des pertes pour l'ensemble de ces entreprises, alors que des gains positifs sont observables à partir d'un certain seuil (ici 335 F/ha). Au delà de ce seuil, le gain de l'innovateur est supérieur aux pertes des fournisseurs de pesticides conventionnels.

Figure 20. Variation des gains pour l'ensemble des firmes situées en amont



Lorsqu'on se situe à l'optimum de l'innovateur, le bilan global (Tableau 10) amène à faire plusieurs remarques:

- Le gain total pour l'ensemble des acteurs est de 121,9 MF. Cette estimation est inférieure à celle du Colza, mais cela s'explique par la surface totale de la culture qui est trois fois supérieure dans le cas du Colza par rapport à la Betterave. En d'autres termes, ce gain ramené par unité de surface devient plus important dans le cas de la Betterave, et ceci en grande partie parce que les dépenses de désherbage conventionnel sont supérieures dans le cas de la Betterave.
- Le gain des agriculteurs s'élève à 78,5 MF, dont les trois quarts portent sur des économies de désherbant et le quart restant porte sur une économie de coût de passage.
- En proportion, les gains ou pertes des différents types d'acteurs sont équivalentes à celles qui ont été observées dans le cas du Colza: le gain des agriculteurs représente à peu près la moitié du profit de l'innovateur sur la semence OGM; les pertes sur les ventes d'herbicide conventionnelles sont équivalentes au gain de l'innovateur sur la semence OGM; enfin le gain des agriculteurs représente les deux tiers du gain total, le tiers restant allant aux firmes amont (ce tiers masquant un important transfert de ventes depuis les fournisseurs de pesticides conventionnels vers l'innovateur).

Tableau 10. Bilan des pertes et gains pour les différents types d'acteurs (MF)

	Référence	avec OGM*	Variation
Gain sur la licence de la semence OGM	0	143,7	+143,7
Gain sur les ventes d'herbicide OGM	0	38,4	+38,4
Gain sur les ventes d'herbicides conventionnels	171,5	32,8	-138,7
Coût de passage en traitements	-70	-48,4	+21,6
Coût en désherbage des agriculteurs	-343	-286,1	+56,9
Gain total	-	-	121,9

* La semence OGM est commercialisée à 505 F/ha en plus par rapport à la semence conventionnelle

L'impact sur l'utilisation des pesticides conventionnels

La perte de ventes totale sur les herbicides conventionnels (81%) masque des pertes variables lorsqu'on se place au niveau de chaque produit (Tableau 11). Parmi les produits les plus vendus, ce sont les produits de type Betanal Progress, Zeppelin, Lontrel ou Safari qui subissent les baisses les plus fortes (autour de 90%). A l'inverse des pertes plus faibles sont observées pour les produits de type Betanal ou Trammat.

Tableau 11. L'impact de la diffusion des OGM sur les ventes des principaux herbicides conventionnels

Composition	Principaux produits commerciaux	Part de marché initiale	Ventes initiales*	Ventes après OGM**	Perte de ventes
METAMITRONE	GOLTIX	34,48%	121,440	25,351	-79%
PHENMEDIPHAME+ ETHOFUMESATE+ DESMEDIPHAME	BETANAL PROG.	12,02%	42,341	4,531	-89%
QUINMERAC+ CHLORIDAZONE	ZEPPLIN REBELL T	11,16%	39,314	4,397	-89%
PHENMEDIPHAME	BETANAL FASNET BETAGRI	7,74%	27,256	9,114	-67%
LENACILE	VENZAR	6,15%	21,674	5,589	-74%
CHLORIDAZONE	PYRAMINE DF	5,87%	20,677	5,413	-74%
ETHOFUMESATE	TRAMAT BOXER EC AGRIJET 200 STEMAT 200 MURENA	5,43%	19,136	6,618	-65%
TRIFLUSULFURON-METHYLE	SAFARI	4,96%	17,465	1,229	-93%
CLOPYRALID	LONTREL	2,63%	9,274	0,566	-94%
FLUAZIFOP-P-BUTYL	FUSILATE	2,17%	7,650	1,268	-83%
CYCLOXYDIME	STRATOS ULTRA	1,62%	5,705	0,983	-83%
QUIZALOFOF ETHYL ISOMERE D	TARGA D+	1,21%	4,252	1,023	-76%

L'ensemble des compositions présentées ici représentent 95% des ventes totales en France.

* Les ventes sont exprimées en Millions de francs.

** Les ventes après diffusion des OGM ont été calculées en supposant que le supplément de prix sur la semence OGM est égal à 505 F/ha.

Le classement des produits est modifié. Le Roundup devient le principal herbicide avec des ventes s'élevant à 76,8 MF, équivalentes aux ventes de l'ensemble des herbicides conventionnels. Au sein des herbicides conventionnels, les produits de type Betanal Progress et Zeppelin passant des places n°2 et n°3 aux places n°7 et n°8, alors qu'à l'inverse les ventes des produits de type Betanal ou Tramat deviennent plus importants au sein des herbicides conventionnels.

- Analyse de sensibilité

- Sensibilité à Δ

Δ représente le gain minimal que doit apporter le programme OGM par rapport au programme conventionnel pour être adopté. En faisant, passer Δ de 0 à 100 F/ha, la courbe de diffusion se décale vers la gauche. Pour répondre à cette baisse de la demande, l'optimum passe de 505 F/ha à 480 F/ha. Malgré cette baisse de prix, le taux de diffusion diminue en passant de 72% à 60%. Rappelons que dans le cas du colza, la baisse de prix était beaucoup plus forte (équivalente à Δ), ce qui permettait de maintenir constant le niveau de diffusion.

Le bilan des gains et des pertes pour les différents types d'acteurs (Tableau 12) met en évidence deux phénomènes:

- Un transfert de gain depuis le fournisseur de la solution OGM vers les agriculteurs, dans le cas où les agriculteurs adoptent avec les deux niveaux de Δ . Ce transfert est lié à la légère baisse de prix de la semence OGM qui conduit à une diminution de gain de 32 MF pour ces fournisseurs (26,7 MF pour la semence OGM et 5,5 MF sur l'herbicide OGM).
- Un certain nombre d'agriculteurs adoptent avec $\Delta=0$ et n'adoptent plus avec $\Delta=100$ F/ha. Ces agriculteurs ne bénéficient plus d'économies sur les dépenses de désherbage avec $\Delta=100$ F/ha. Cela explique que l'économie sur le coût total de désherbage (OGM et conventionnel) soit plus faible avec $\Delta=100$ F/ha (50,3 MF au lieu de 48,4 MF). Cela explique également que les pertes des fournisseurs d'herbicides conventionnels soient plus faibles (124 MF au lieu de 138,7 MF). On notera que ce deuxième phénomène n'existait pas dans le cas du colza.

Globalement, les gains des premiers agriculteurs compensent le manque à gagner des seconds, si bien que l'économie sur les dépenses de désherbage augmente (85,7 MF au lieu de 78,5 MF, en incluant les coûts de passage). Cette augmentation des gains est réalisée au dépend du fournisseur de la solution OGM, si bien que le gain global pour l'ensemble des acteurs diminue légèrement (111 MF au lieu de 121 MF soit une baisse de 8%).

Tableau 12. Bilan global avec différentes valeurs de Δ

	[A] Référence	[B] avec OGM et $\Delta=0^*$	[C] avec OGM et $\Delta=100^{**}$	Variation [B-A]	Variation [C-A]
Gain sur la licence de la semence OGM	0,0	143,7	117,0	+143,7	+117,0
Gain sur les ventes d'herbicide OGM	0,0	38,4	32,9	+38,4	+32,9
Gain sur les ventes d'herbicides conventionnels	171,5	32,8	47,1	-138,7	-124,4
Coût de passage en traitements OGM	0,0	-30,6	-26,3	-30,6	-26,3
Coût de passage en traitements conventionnel	-70,0	-17,8	-24,0	+52,2	+46,0
Coût en désherbage des agriculteurs (hors passages)	-343,0	-286,1	-277,0	+56,9	+66,0
Gain total	-	-	-	121,9	111,2

* La semence OGM est commercialisée à 505 F/ha en plus de la semence conventionnelle.

** La semence OGM est commercialisée à 480 F/ha en plus de la semence conventionnelle.

- Sensibilité à ϕ

Une nouvelle simulation a été réalisée en diminuant le taux de marge des fournisseurs de pesticides de 50% à 25%. Ce changement n'affecte pas la courbe de diffusion, si bien que l'optimum reste identique. Les dépenses des agriculteurs et les gains du fournisseur de la solution OGM restent également identiques.

Cette modification n'affecte que les bénéfices des fournisseurs d'herbicides (OGM et conventionnels) qui diminuent de moitié à la fois dans la situation initiale et après la diffusion des OGM. La perte des fournisseurs d'herbicides conventionnels diminue donc de moitié (69,4 MF au lieu 138,7 MF). Cette moindre perte dépasse très nettement le manque à gagner des fournisseurs d'herbicide OGM, si bien que le gain total augmente très nettement en passant de 122 MF à 172 MF. Comme dans le cas du colza, ϕ est le paramètre auquel le gain total est le plus sensible.

- Sensibilité à la baisse de prix des pesticides conventionnels

On considère ici que les fournisseurs de herbicides conventionnels dont les ventes baissent de 80% dans le cas de base vont réagir en baissant leurs prix. Une baisse de prix de 40% est envisagée ici sur l'ensemble des pesticides conventionnels. Ce changement conduit à un décalage de la courbe de diffusion vers la gauche. En réaction, le prix optimal de la semence OGM passe de 505 F/ha à 290 F/ha, soit une baisse en proportion à peu près équivalente à celle des herbicides conventionnels. Cette baisse de prix ne suffit pas à rattraper le décalage sur la courbe de diffusion, si bien que le nouvel optimum correspond à un niveau de diffusion de 57% (au lieu de 72% dans le cas de base).

L'analyse du bilan global pour l'ensemble des acteurs (Tableau 13) met en évidence des propriétés équivalentes à ce que nous avons observé dans le cas du colza. Compte tenu de la réaction des fournisseurs de l'innovateur, la baisse de prix ne suffit pas pour enrayer la perte des fournisseurs d'herbicides conventionnels qui reste à peu près identique. Du côté de l'innovateur, les gains diminuent de plus de la moitié. Enfin, le gain des agriculteurs est presque triplé et repose à la fois sur un gain du côté des adopteurs (grâce à la baisse de prix de la semence OGM) et un gain du côté des non adopteurs (grâce à la baisse de prix des herbicides conventionnels).

Globalement, le gain total change peu (129 MF au lieu de 121 MF), l'essentiel de variations de gain au niveau de chaque acteurs reposant sur des transferts depuis ou vers d'autres acteurs.

Tableau 13. L'effet d'une baisse du prix des pesticides conventionnels sur le bilan global

	[A] Référence	[B] avec OGM sans baisse de prix*	[C] avec OGM avec baisse de prix**	Variation [B-A]	Variation [C-A]
Gain sur la licence de la semence OGM	0,0	143,7	65,7	+143,7	+65,7
Gain sur les ventes d'herbicide OGM	0,0	38,4	30,6	+38,4	+30,6
Gain sur les ventes d'herbicides conventionnels	171,5	32,8	31,4	-138,7	-140,1
Coût de passage en traitements OGM	0,0	-30,6	-24,5	-30,6	-24,5
Coût de passage en traitements conventionnel	-70,0	-17,8	-25,7	+52,2	+44,3
Coût en désherbage des agriculteurs (hors passages)	-343,0	-286,1	-189,7	+56,9	+153,3
Gain total	-	-	-	121,9	+129,3

* La semence OGM est commercialisée à 505 F/ha en plus de la semence conventionnelle.

** La semence OGM est commercialisée à 290 F/ha en plus de la semence conventionnelle.

3. Analyse dans le cas du maïs Bt

L'analyse sur le maïs Bt repose sur les mêmes hypothèses générales que les deux analyses précédentes sur la betterave et le colza. La formulation précise diffère cependant d'une part parce que l'hypothèse de rendement identique entre la solution conventionnelle et la solution OGM ne peut plus être retenue, et d'autre part parce que les données de base dont nous disposons concernent non pas les pratiques de protection des plantes (les traitements herbicides), mais les problèmes de protection des plantes (les attaques de pyrales).

Les solutions de protection des plantes retenues dans le cas de la lutte contre la pyrale sont plus simples que celles retenues plus haut pour le désherbage du colza ou de la betterave:

- Les traitements conventionnels contre la pyrale ne correspondent qu'à un seul passage d'insecticide à un prix donné, alors que plusieurs passages sont généralement nécessaires pour conduire un désherbage conventionnel.
- L'utilisation d'une semence résistante à la pyrale se substitue directement à l'utilisation d'un insecticide contre la pyrale. Lorsque le Maïs Bt est adopté, il n'y a donc aucun traitement insecticide contre la pyrale. Dans le cas du désherbage, la solution OGM correspondait à l'utilisation d'un herbicide total en complément avec la semence résistante à cet herbicide, avec un ou plusieurs passages de cet herbicide total.

En revanche, la formulation proposée ici est plus complexe que celle retenue dans le cas HT sur deux points:

- L'effet de la pyrale sur le rendement est important, et les différents types de programmes de traitement n'offrent pas le même niveau de protection contre la pyrale. Il est donc nécessaire de définir comment le rendement varie en fonction des attaques de pyrale et des types de traitement utilisés - à savoir, absence de traitement, traitement insecticide conventionnel, ou adoption de maïs Bt. Dans le cas du désherbage, nous avons supposé (en accord avec les instituts techniques) que le rendement restait identique en passant de la solution conventionnelle à la solution OGM, si bien que le raisonnement portait uniquement sur les coûts de désherbage.
- Les attaques de pyrales sont très variables d'une année sur l'autre et peu prévisibles au moment de choisir le moyen de lutte. La lutte contre la pyrale est donc préventive, qu'il s'agisse d'un programme conventionnel ou d'un programme OGM⁵. Cette lutte permet d'augmenter le

⁵ Dans le cas de la solution OGM, il est clair que l'agriculteur dispose de peu d'information sur l'attaque de pyrale au moment de choisir sa semence. Le choix d'une variété Bt est donc fait de manière préventive. Dans le cas de la solution conventionnelle, on pourrait penser que ce choix soit fait de manière plus adaptative. Les personnes de l'AGPM et de la Protection des Végétaux avec qui nous avons été en contact nous ont indiqué que, dans la pratique, les traitements étaient le plus souvent préventifs. La Protection des Végétaux travaille d'ailleurs

rendement attendu et de diminuer le risque pris. Pour prendre en compte ces deux variables, il faut intégrer un paramètre d'aversion au risque dans le choix de l'agriculteur. Dans le cas du désherbage, les choix de traitements sont plutôt réalisés en réponse à des niveaux d'infestation observés si bien que la prise en compte de l'aversion au risque est moins importante.

Les détails de la formulation retenue ici sont présentés dans la sous-section 3.1. On analyse ensuite réalisée les zones de valeurs des paramètres dans lesquelles les différentes technologies sont adoptées (sous-section 3.2.). Enfin, on présente une projection de l'adoption potentielle au niveau français (sous-section 3.3). Les résultats de cette projection révèlent certaines limites liées aux données utilisées. Pour cette raison, il nous a semblé préférable de ne pas conduire d'analyse de sensibilité comme nous l'avons fait plus haut dans le cas du colza et de la betterave.

3.1. Formulation analytique

- Les indices et variables

- Les indices

j : agriculteur

k : type de programme utilisé dans la lutte contre la pyrale:

0 : aucun programme

c : traitement insecticide conventionnel

g : utilisation de maïs Bt

- Les variables

n_j : niveau d'attaque des pyrales (nombre de larves de pyrale par plante). Il s'agit d'une variable aléatoire de moyenne $\bar{n}_j$ et d'écart type σ .

y_{jM} : rendement atteint par l'agriculteur j en l'absence d'attaque de pyrale.

y_{jk} : rendement atteint par l'agriculteur j étant donné une attaque de pyrale de niveau n_j et un programme de lutte contre la pyrale k .

α_k : efficacité de la technologie k , mesuré comme la proportion de larves de pyrales tuées avant qu'elles n'aient un effet néfaste sur le rendement. Sur ce point, les travaux s'accordent pour dire que α_k est supérieur pour le maïs Bt par rapport au traitement insecticide ($\alpha_0 < \alpha_c < \alpha_g$)

actuellement sur un système d'information qui permettrait aux agriculteurs d'ajuster au mieux le choix de traitement.

a : coefficient d'impact contre la pyrale, mesuré comme le pourcentage de chute de rendement consécutif à une attaque de pyrale d'un niveau équivalent à 1 larve par plante (cette larve ayant survécu à la technologie k).

s_j : surface de la culture de maïs grain pour l'agriculteur j

p : prix du maïs grain

w_k : coût du programme utilisé pour lutter contre la pyrale ($k=0, c$ ou g). Dans le cas du traitement insecticide ($k=c$), ce coût prend en compte le produit et le coût du passage. Dans le cas du maïs Bt ($k=g$), le coût représente le supplément de prix payé sur la semence de maïs Bt par rapport à la semence de maïs conventionnel.

c_j : Ensemble des autres coûts de l'agriculteur j indépendant du choix de k . Cela prend en compte le coût de la semence traditionnelle.

Δ : supplément de profit de l'agriculteur pour qu'il adopte le maïs Bt en remplacement des technologies 0 ou c .

b : coefficient d'aversion au risque de l'agriculteur ($b=0$ lorsque l'agriculteur est neutre au risque).

- Le profit et l'utilité de l'agriculteur⁶

On suppose que le rendement atteint par l'agriculteur j après une attaque de pyrale décroît linéairement avec le nombre de larves par plante ayant survécu à la technologie k . Exprimé en fonction du nombre initial de pyrale, le rendement décroît d'autant moins que la technologie permet d'éliminer un nombre important de larves. La formulation retenue est la suivante:

$$y_{jk} = y_{jM} (1 - a (1 - \alpha_k) n_j)$$

Le profit observé *ex post* donc:

$$\begin{aligned} \pi_{jk} &= p y_j - w_k - c_j \\ &= p y_{jM} (1 - a (1 - \alpha_k) n_j) - w_k - c_j \end{aligned}$$

L'agriculteur base son choix non pas sur le profit observé *ex post*, mais sur une utilité qui prend en compte l'espérance de profit attendu et la variance de profit. La formulation retenue est la suivante⁷:

$$\begin{aligned} u_{jk} &= E[\pi_{jki}] - b \text{ var}[\pi_{jki}] \\ &= p y_{jM} (1 - a (1 - \alpha_k) \bar{n}_j) - b p y_{jM} a (1 - \alpha_k)^2 \sigma^2 - w_k - c_j \end{aligned}$$

⁶ La formulation retenue ici est très proche de celle utilisée par Ostlie et al. (1997) Marra et al. (1998) ou encore Nelson et al. (1999). Hyde et al. (1997) utilisent quant à eux une formulation plus complexe dont le paramétrage est plus délicat. Nous avons choisi ici de commencer l'analyse avec une formulation relativement simple.

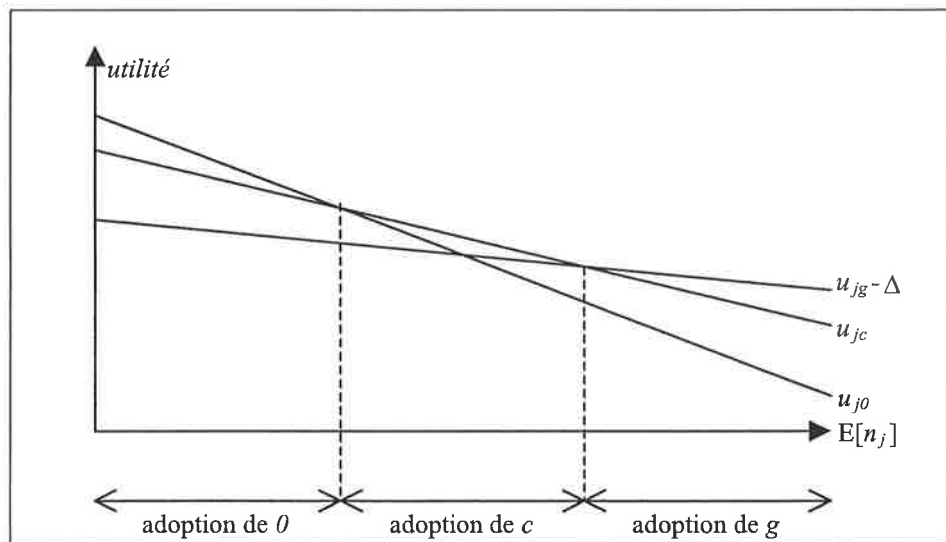
⁷ La forme utilisée ici pour prendre en compte l'aversion au risque est une des formes standard utilisées en économie. Une autre forme possible consiste à définir l'utilité comme une forme exponentielle du profit.

On peut remarquer ici que pour un prix donné, l'utilité augmente avec l'efficacité technique pour deux raisons: (i) dans le premier terme, l'effet négatif de l'attaque de pyrale tend à diminuer, ce qui conduit à une augmentation de l'espérance de profit, (ii) dans le deuxième terme, la variance du profit tend également à diminuer.

- Définition des seuils d'adoption

La Figure 22 donne une illustration du raisonnement qui est fait lorsqu'on compare les trois technologies. Cette figure représente l'utilité des trois technologies en fonction du niveau moyen d'attaque de pyrale, pour des niveaux donnés des autres paramètres (prix du maïs, prix des technologies c et g). Plus le moyen de lutte est efficace et plus la pente de la courbe est faible. Pour un niveau d'attaque moyen donné, l'agriculteur choisit la technologie qui donne le profit le plus élevé, donc qui correspond à la courbe située le plus en haut. Lorsque deux technologies sont comparées, on peut remarquer alors qu'il y aura toujours un niveau seuil sur $\bar{n}_j$ au dessus duquel la technologie la plus performante (avec une courbe de pente plus faible) sera préférée à la technologie la moins performante. Une fois comparées l'ensemble des technologies deux à deux, il est possible de définir, pour chacune d'elles, un segment de valeurs sur $\bar{n}_j$ au sein duquel elle sera préférée aux autres.

Figure 21. Représentation de la comparaison entre différentes technologies



L'agriculteur choisit la solution qui offre la plus grande utilité. Dans le cas du maïs Bt ($k=g$) l'utilité doit être supérieure d'au moins Δ pour que la solution soit retenue. Le choix d'adoption est donné par :

- aucun traitement si $(u_{j0} \geq u_{jc})$ et $(u_{j0} + \Delta \geq u_{jg})$
- conventionnel si $(u_{jc} \geq u_{j0})$ et $(u_{jc} + \Delta \geq u_{jg})$
- OGM si $(u_{jg} \geq u_{j0} + \Delta)$ et $(u_{jg} \geq u_{jc} + \Delta)$

Le seuil d'indifférence de l'agriculteur j entre les technologies k_1 et k_2 est noté $\bar{n}_j(k_1, k_2)$. Le seuil d'indifférence entre le traitement insecticide ($k=c$) et l'absence de lutte contre la pyrale ($k=0$) est défini par :

$$\pi_{jc} = \pi_{j0} \Leftrightarrow \bar{n}_j(c, 0) = \frac{1}{p y_{jM} a} \cdot \frac{w_c}{\alpha_c} - b p y_{jM} a (2 - \alpha_c) \sigma^2$$

Le seuil d'indifférence entre l'utilisation de Maïs Bt ($k=g$) et l'absence de lutte contre la pyrale ($k=0$) est défini par :

$$\pi_{jg} = \pi_{j0} + \Delta \Leftrightarrow \bar{n}_j(g, 0) = \frac{1}{p y_{jM} a} \cdot \frac{w_g + \Delta}{\alpha_g} - b p y_{jM} a (2 - \alpha_g) \sigma^2$$

Le seuil d'indifférence entre l'utilisation de Maïs Bt ($k=g$) et le traitement insecticide ($k=c$) est défini par :

$$\pi_{jg} = \pi_{jc} + \Delta \Leftrightarrow \bar{n}_j(g, c) = \frac{1}{p y_{jM} a} \cdot \frac{w_g + \Delta - w_c}{\alpha_g - \alpha_c} - b p y_{jM} a (2 - \alpha_g - \alpha_c) \sigma^2$$

Il est important de noter que les niveaux seuils peuvent varier d'un agriculteur à l'autre selon le rendement y_{jM} atteint en l'absence du pyrale. Deux agriculteurs exposés au même niveau d'attaque peuvent être conduits à faire des choix différents si leurs rendements sont différents.

3.2. Analyse des zones de valeurs de paramètres pour l'adoption des technologies

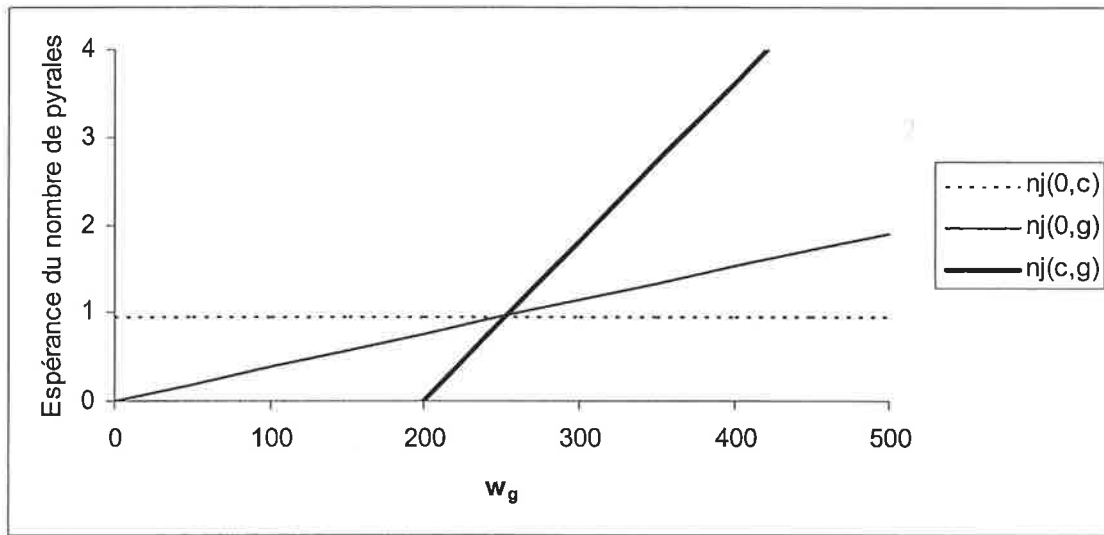
L'objectif de cette sous-section est de montrer d'une part qu'il existe une zone de valeurs de paramètres dans lesquelles l'adoption de c est impossible, et d'autre part, que cette zone disparaît quand l'aversion au risque devient assez importante.

- Effet du prix du maïs Bt (w_g)

La Figure 21 donne une indication de la variation des trois niveaux d'indifférence avec w_g . On peut voir que les trois droites se croisent en un même point. Il s'agit là d'une propriété générale qui s'observe dans tous les cas de figure. Le prix de la technologie g au niveau duquel on est indifférent entre les trois technologies est défini par:

$$\hat{w}_g = \frac{\alpha_g}{\alpha_c} w_c - \Delta - b (a p y_{jM})^2 \sigma^2 \alpha_g (\alpha_g - \alpha_c)$$

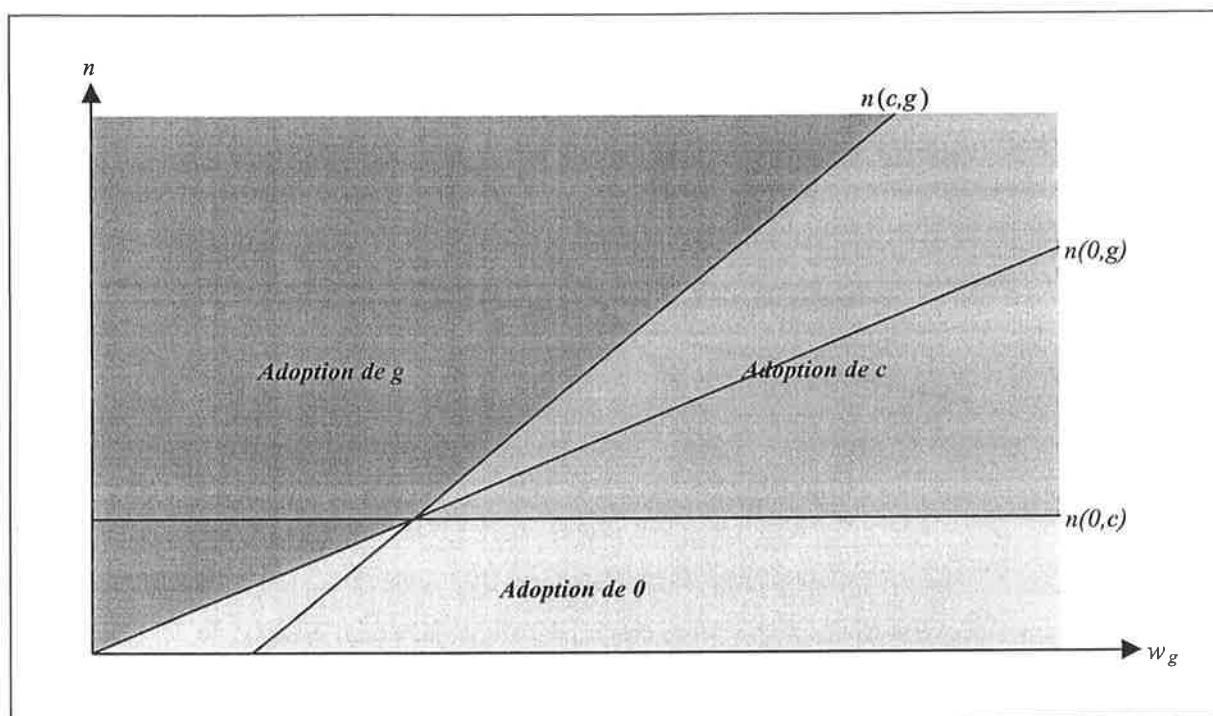
Figure 22. Evolution des niveaux d'indifférence avec le prix du maïs Bt (w_g)



Deux zones peuvent être repérées selon que w_g est au dessus ou en dessous de $\hat{w}_g$ (voir la Figure 23 pour une illustration):

- Lorsque $w_g < \hat{w}_g$ alors quand $\bar{n}_j$ augmente en partant de 0, il rencontre d'abord la courbe d'indifférence $\bar{n}_j(g,0)$ avant de rencontrer $\bar{n}_j(c,0)$. Cela signifie donc que l'on passe directement de la technologie 0 à la technologie g: la technologie c ne sera alors jamais adoptée.
- Lorsque $w_g > \hat{w}_g$ alors quand $\bar{n}_j$ augmente en partant de 0, il rencontre d'abord la courbe d'indifférence $\bar{n}_j(c,0)$ avant de rencontrer $\bar{n}_j(g,0)$ puis $\bar{n}_j(g,c)$. Cela signifie donc que l'on passe d'abord de la technologie 0 à la technologie c puis de la technologie c à la technologie g.

Figure 23. Représentation des zones d'adoption des trois technologies



Le point au niveau duquel les trois courbes d'indifférence se croisent a été exprimé ici en fonction de w_g parce que nous analysons la sensibilité à ce paramètre. On peut observer néanmoins que l'égalité définissant $\hat{w}_g$ peut être reformulée différemment en fonction d'un autre paramètre. Retenons ici que quel que soit le paramètre étudié, il y aura toujours au point au niveau duquel les trois courbes d'indifférence se croiseront. Suivant la position par rapport à ce point, on observera deux types de basculement: soit de 0 vers g directement (l'adoption de c est alors impossible), soit de 0 vers c puis de c vers g (l'adoption de c est alors possible).

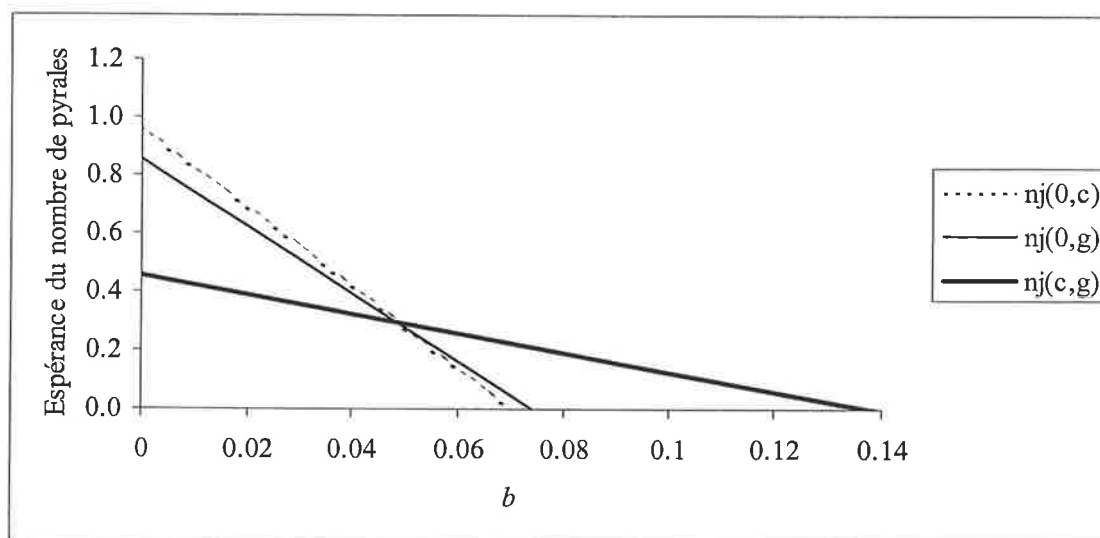
- Effet du niveau d'aversion au risque (b)

Quels que soient les couples de technologie envisagés, plus l'aversion au risque est élevée et plus les seuils d'indifférence sont faibles. Autrement dit, si l'aversion au risque augmente, on basculera plus facilement vers la technologie la plus efficace du point de vue technique. Deux formes de graphes sont obtenus selon les valeurs des paramètres.

Si on se trouve dans un cas où l'adoption de c est impossible sans aversion au risque, alors on obtient un graphe de la forme de la Figure 24. (La Figure 24 correspond au cas particulier w_g est égal à 225). On observe alors un point au niveau duquel les trois courbes se croisent. A gauche de ce point, on se trouve dans une situation où on passe directement de 0 à g alors qu'à droite de ce point, on se trouve dans une situation où on passe d'abord de 0 à c, puis de c à g. Une propriété intéressante apparaît: dans les cas où l'adoption de c est impossible sans aversion au risque, le fait d'introduire une

aversion au risque assez grande va faire apparaître une zone dans laquelle l'adoption de c devient possible.

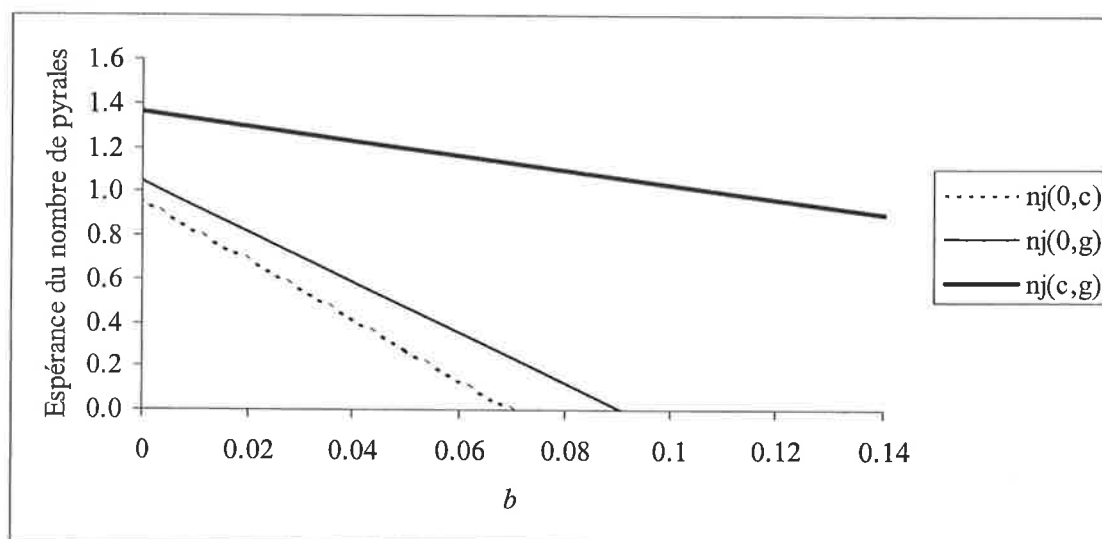
Figure 24. Evolution des niveaux d'indifférence avec le niveau d'aversion au risque et w_g faible



$w_g=225$. Voir le Tableau 14 pour les valeurs par défaut des autres paramètres.

Dans le cas contraire où l'adoption de c est possible sans aversion au risque, on ne trouve pas de valeur de b positive pour laquelle les trois courbes d'indifférence se croisent (Figure 25). On se trouve alors dans un cas de figure qui correspond à la partie droite de la Figure 24.

Figure 25. Evolution des niveaux d'indifférence avec le niveau d'aversion au risque et w_g élevé



$w_g=275$. Voir le Tableau 14 pour les valeurs par défaut des autres paramètres.

3.3. Projection sur la France

- Formulation de la demande pour chaque technologie et le profit des firmes situées en amont

Comme dans le cas HT, la variable γ_{jk} indique si la technologie k est utilisée ($\gamma_{jk}=1$) ou non ($\gamma_{jk}=0$) par l'agriculteur j . La surface totale sur laquelle la technologie est définie par:

$$S^k = \sum_j \gamma_{jk} S_j$$

On ne fait pas de distinction entre les différents insecticides, et on considère ici uniquement la somme des profits des fournisseurs d'insecticides. En supposant que le taux de marge (ϕ) est identique pour tous les produits, on obtient la formulation suivante:

$$\Pi^c = S^c \phi w_c$$

Du côté de l'innovateur proposant le maïs Bt, le coût de production de la semence OGM est supposé égal au coût de production de la semence conventionnelle. Le profit de l'innovateur est donc:

$$\Pi^g = S^g w_g$$

- Les données de départ

Le modèle présenté plus haut est appliqué uniquement au maïs grain, qui représente approximativement la moitié de la surface française de maïs, l'impact de la pyrale sur le maïs ensilage étant faible.

Pour appliquer le modèle présenté plus haut, il est nécessaire de disposer de données sur le niveau moyen d'attaque de pyrale, le rendement et la surface en maïs grain pour chaque entité j étudiée. A la différence du cas du colza et du cas de la betterave étudiés précédemment, pour lesquels les simulations étaient basés sur des échantillons d'agriculteurs, nous disposons uniquement de données au niveau départemental. Les calculs sont réalisés ici en supposant que tous les agriculteurs au sein d'un même département peuvent être regroupés pour former un seul agriculteur-département j .⁸

Les niveaux d'attaques de pyrale sont calculés d'après des données de la Protection de Végétaux et de l'AGPM. Les niveaux d'attaques correspondent à une moyenne sur la période 1995-1998 et concernent essentiellement des larves univoltines. Les données sur le rendement⁹ et les surfaces

⁸ Plus précisément, la protection des végétaux dispose de données plus fines sur la distribution des attaques de Pyrale qui ne suivent pas le découpage départemental. Néanmoins, il n'était pas possible de coupler ces données avec des données de surface en maïs.

⁹ Rigoureusement, le rendement fourni par le SCEES est le rendement après attaque de Pyrale. Pour simplifier, nous avons supposé que le rendement sans attaque de Pyrale (y_{jM}) était égal au rendement fourni par le SCEES.

départementales ont été tirées des publications du SCEES. Le détail de ces sources est donné dans l'annexe B.

Compte tenu des données manquantes sur les attaques de pyrale, seulement 61 départements sont pris en compte dans l'analyse qui est faite ici. Ces départements couvrent près de 1,5 millions d'hectares de maïs grain, soit 87,6% de la surface en maïs grain française, en moyenne annuelle sur la période 1995-1998. Parmi ces 61 départements, 4 départements (soit 3% de la superficie totale) n'ont pas subi d'attaques de pyrale sur la période envisagée. La distribution des niveaux d'attaque de pyrale est détaillée dans la Figure 26 et la Figure 27. Le rendement moyen sur les 61 départements est de 85,4 qtx/ha, valeur très proche de la moyenne nationale (85,5 qtx/ha).

Figure 26. Distribution des attaques de Pyrale en France

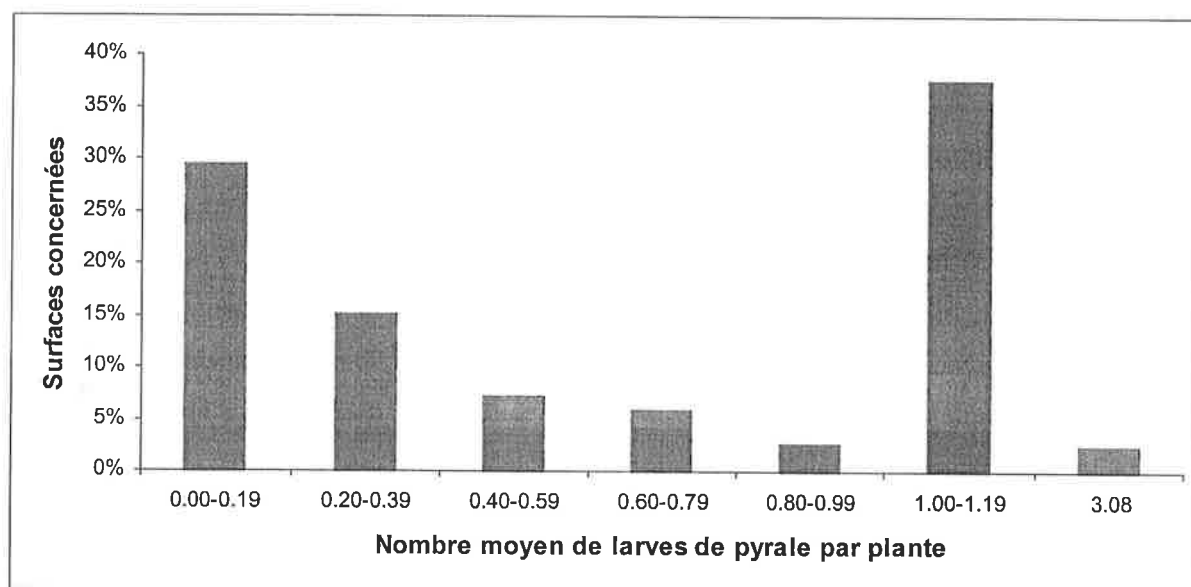
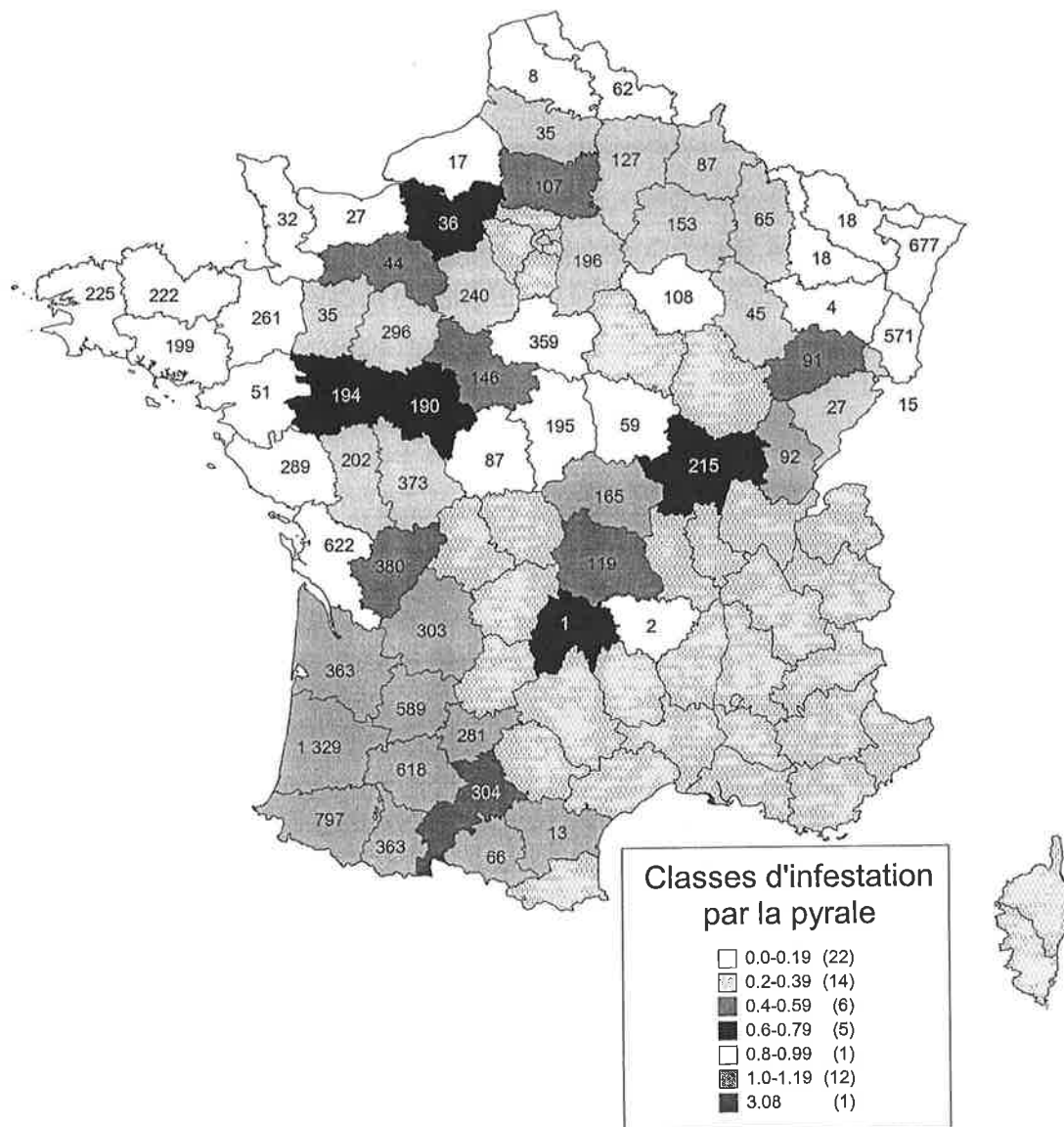


Figure 27. Carte de répartition des attaques de Pyrale en France



Les couleurs correspondent aux classes d'infestation par la pyrale en nombre de larves par plante. Le chiffre entre parenthèse dans la légende est le nombre de département dans chaque classe d'infestation. Le chiffre indiqué dans chaque département est production annuelle (moyenne 1995-1998 en milliers de tonnes de maïs grain). Les départements en clair sans chiffres sont les départements pour lesquels aucune données sur les attaques de pyrale n'a pu être obtenue.

Les valeurs de paramètres sont indiquées dans le Tableau 14. Le coût du traitement insecticide, w_c , est tiré de Volan (2000). L'impact d'une attaque d'une pyrale sur le rendement, a , est issu de Nelson et al. (1999). Les paramètres α_c et α_g , donnant l'efficacité d'un insecticide conventionnel et du maïs Bt pour la lutte contre la pyrale, ont été choisis après discussion avec Guy le Hénaff (Protection des Végétaux, Ministère de l'Agriculture, Nancy) et Denis Bourguet (département santé des plantes et environnement, INRA, Versailles-Grignon). La valeur de α_c retenue ici est plutôt favorable, ce paramètre étant situé dans une fourchette de 50-75 %. Rappelons que les calculs sont faits pour le moment sans aversion au risque.

Tableau 14. Valeur des paramètres dans le cas de base

Paramètre	Description	Valeur
p	Prix du maïs grain	65 F/qt
w_c	Coût du traitement insecticide	200 F/ha
a	Impact d'une attaque d'une pyrale sur le rendement	5%
α_c	Efficacité d'un insecticide conventionnel (proportion de larves tuées)	75%
α_g	Efficacité du maïs Bt (proportion de larves tuées)	95%
Δ	Supplément de profit de l'agriculteur pour qu'il adopte le Maïs Bt	0 F/ha
ϕ	Taux de marge réalisé sur l'insecticide conventionnel	50%

- Analyse de l'effet de l'introduction du maïs Bt dans le cas de base

- Analyse de la situation de référence avant introduction du maïs Bt

Dans la situation de référence, avant l'introduction d'OGM, le modèle proposé ici prévoit que des insecticides sont utilisés sur 545 300 hectares de maïs grain pour lutter contre la pyrale, tandis que les 954 300 hectares restants ne sont pas traités. Cette estimation est plus élevée que la surface réellement traitée en France chaque année, qui est autour de 450 000 hectares (Volan, 2000). Cet écart s'explique en partie par le fait que nous avons été contraints de supposer que les départements adoptent sur l'ensemble de leur surface en maïs grain dès que le seuil sur le niveau d'attaque minimum ($n_j(0,c)$) est passé. La distribution géographique des zones traitées est également différente. Avec le modèle proposé ici, le traitement insecticide concerne dix départements, soit quatre départements situés en Aquitaine (33, 40, 64, 47), quatre départements situés en Midi-Pyrénées (32, 65, 82, 31), le Jura (39) et l'Allier (03). Or, l'essentiel des surfaces réellement traitées en France se situe dans l'Aquitaine (traitement contre le complexe Sésamie-Pyrale) et le Sud du bassin parisien (traitement contre la Pyrale). Autrement dit, on ne retrouve pas avec le modèle la zone de traitement dans le Sud du bassin parisien.

En général, il est recommandé aux agriculteurs de traiter lorsque le seuil de 0,8 larves par plante est dépassé. Dans le cas présent, le seuil moyen d'intervention se situe à 1,02 larves par plante.

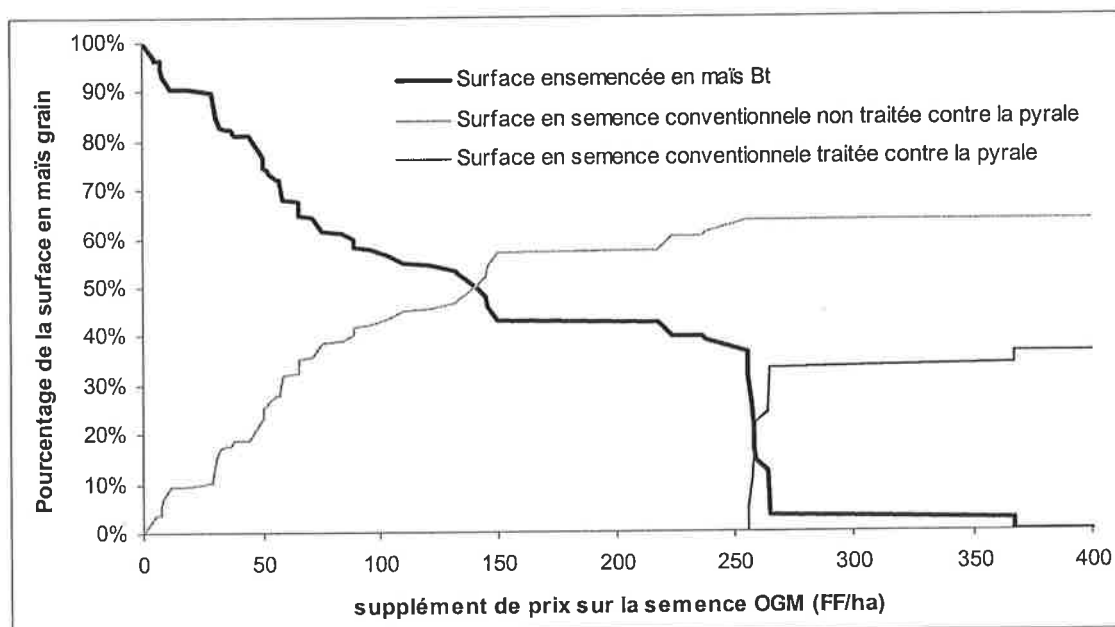
- La demande en maïs Bt

La Figure 28 représente l'adoption de maïs Bt en fonction du supplément de prix sur la semence de maïs Bt (w_g). Cette courbe peut être divisée en trois parties :

- Lorsque w_g est supérieur à 265 F/ha, la demande en Maïs Bt est très faible. Plus précisément, la demande est nulle lorsque w_g est supérieur à 367F, seuil en dessous duquel le département de Haute-Garonne commence à adopter. On notera que ce département est atypique car la pression de Pyrale (3,08) est plus de deux fois supérieure à celle des autres départements (cf Figure 26). Dans cette zone de prix, on se trouve dans une situation très semblable à la situation de référence avec une absence de traitement sur 2/3 des surfaces, un traitement sur 1/3 de surface, et une surface en maïs Bt nulle à très faible.

- Dans la fourchette très étroite où w_g varie entre 255 et 265 F/ha, on observe un basculement très rapide de l'ensemble des départements qui réalisaient un traitement insecticide vers la culture du maïs Bt. Dans le bas de cette fourchette ($w_g=255$ F/ha), on trouve toujours une absence de traitement sur 2/3 des surfaces, mais un abandon complet du recours au traitement insecticide et une adoption de maïs Bt sur 1/3 des surfaces.
- Enfin, lorsque w_g passe progressivement de 250 à 0 F/ha, les départements qui ne réalisaient aucun traitement dans la situation de référence adoptent progressivement le maïs Bt. Notons que l'augmentation de la surface en maïs Bt est insignifiante dans la zone située entre 150 et 250 F/ha et devient significative en dessous de 150 F/ha (chaque diminution de 1 F du supplément de prix sur la semence conduisant alors en moyenne à augmenter la surface en maïs Bt de 7000 hectares).

Figure 28. Courbe de demande en maïs Bt



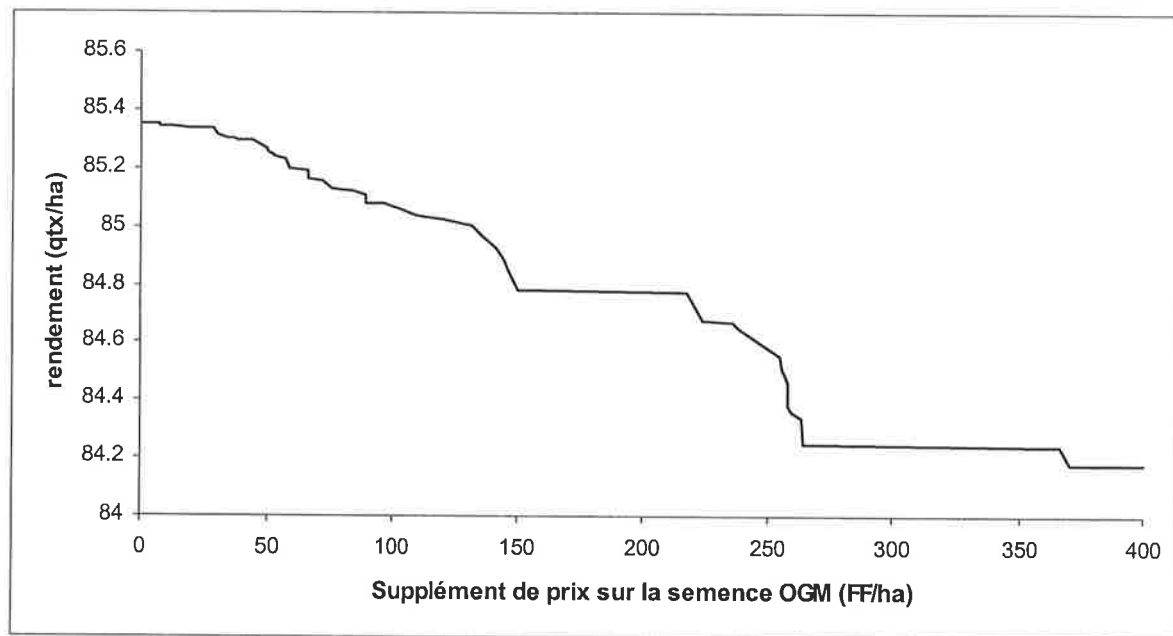
- Les gains et les dépenses agriculteurs

Le maïs Bt étant plus efficace que le traitement conventionnel ou l'absence de traitement, le rendement augmente dans les départements qui l'adoptent. L'adoption de chaque nouveau département conduit alors à une augmentation du rendement moyen en France. Ainsi, plus le prix de la semence de maïs Bt est proche du prix de la semence conventionnel, plus la surface en maïs Bt est importante et plus le rendement moyen en production du maïs grain en France est élevé (Figure 29).

Avec uniquement un remplacement du traitement insecticide par le maïs Bt, le rendement augmente de 1 qt/ha dans les départements qui adoptent et de 0,5 qt/ha en moyenne sur l'ensemble de

la France. Si à l'extrême toute la surface de maïs française bascule en Bt, le rendement moyen en France augmente d'un peu plus de 1 qt/ha.

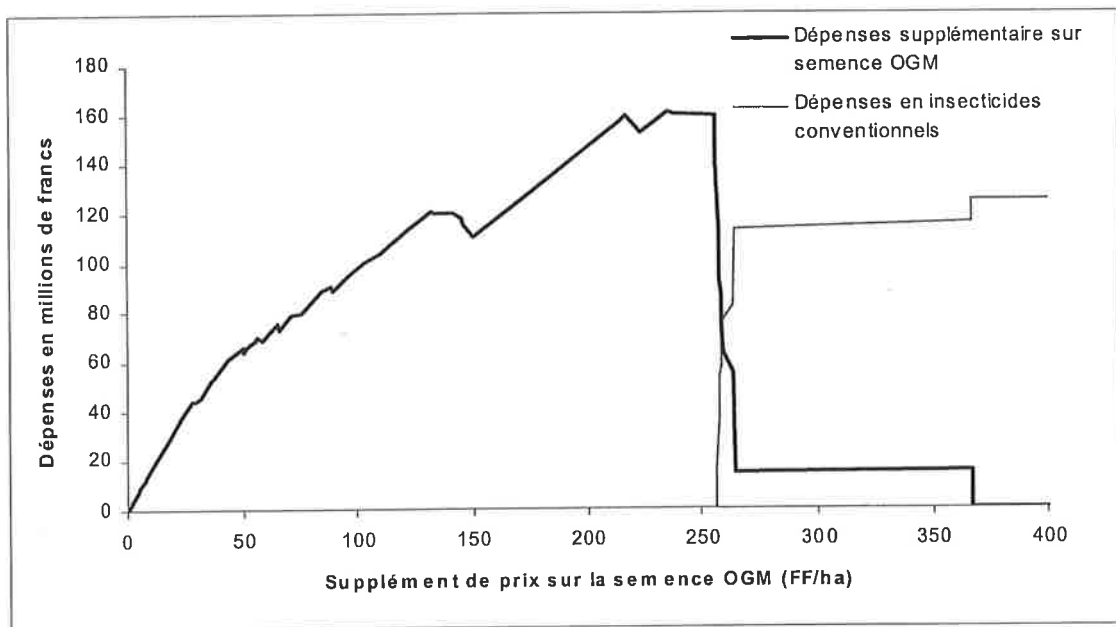
Figure 29. Courbe de rendement moyen du maïs français



Les dépenses des agriculteurs pour contrôler la Pyrale (Figure 30) correspondent uniquement à des dépenses en insecticides lorsque le supplément de prix sur le maïs Bt est supérieur à 260 F/ha.

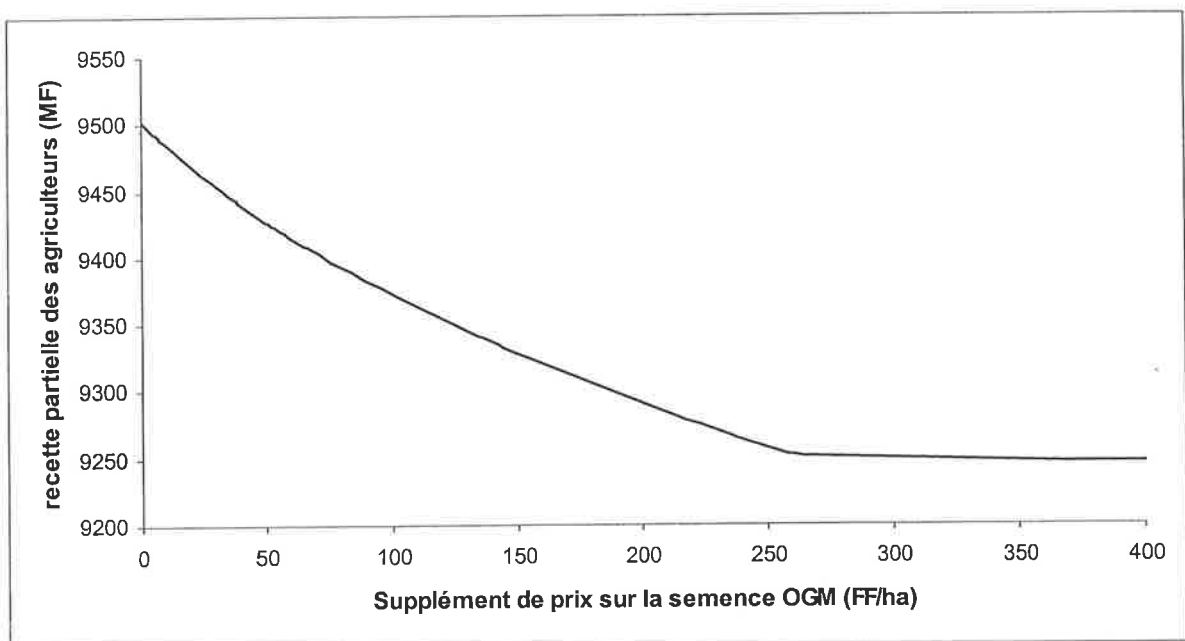
A l'inverse, en dessous du seuil de 250 F/ha toutes les dépenses pour contrôler la Pyrale correspondent aux dépenses pour payer le supplément de prix sur la semence de maïs Bt. Ces dépenses sont égales au profit réalisé par l'innovateur, car le coût marginal de production du maïs Bt est égal à celui de la semence conventionnelle. D'après la Figure 30, le prix de la semence OGM conduisant à maximiser le profit de l'innovateur est égal à 236 F/ha. A ce prix, le profit de l'innovateur est égal à 160 millions de francs.

Figure 30. Dépenses des agriculteurs pour le contrôle de la Pyrale



La Figure 31 indique le revenu des agriculteurs diminué des dépenses de contrôle de la pyrale. Pour un supplément de prix sur la semence OGM supérieur à 250 F/ha cette recette est stable et correspond approximativement à la situation initiale. En dessous de ce seuil, la recette augmente progressivement pour deux raisons: (i) de nouveaux départements adoptent le maïs Bt parce que celui-ci permet d'augmenter le profit des agriculteurs, (ii) le profit des agriculteurs qui adoptent déjà le maïs Bt augmente grâce à la baisse du prix de la semence OGM.

Figure 31. Revenu des agriculteurs diminué des dépenses de contrôle de la pyrale



- Le bilan des gains et pertes des différents acteurs

On se place ici dans le cas de figure où l'innovateur choisit son prix optimal ($w_g=236$ F/ha). A ce prix, 39% des surfaces sontensemencées en OGM. Il s'agit de la totalité des surfaces qui recevaient un traitement conventionnel (36% des surfaces) plus 3% de surfaces qui ne recevaient pas de traitement.

Dans une telle situation, la diffusion du maïs Bt conduit à un gain total de 118 MF, qui se répartit de la manière suivante:

- Les agriculteurs bénéficient d'une augmentation des recettes de 55 MF en grande partie annulée par une augmentation des dépenses de 35 MF. Leur gain total est égal à $(55 - 35) = 20$ MF (soit 17% du gain total).
- L'innovateur gagne 160 MF tandis que les fournisseurs d'insecticides perdent 62 MF. Le gain total des firmes situées en amont est égal à $(160 - 62) = 98$ MF (soit 83 % du gain total). Le gain de l'innovateur est nettement supérieur à celui des agriculteurs. Il se base en partie sur un transfert de bénéfices depuis les fournisseurs d'insecticides.

Tableau 15. Bilan global des gains liés à la diffusion de maïs Bt (en MF)

	Référence	avec OGM*	Variation
Revenu sur la licence de la semence OGM	0	160	+160
Revenu sur les ventes d'insecticides	62	0	-62
Dépenses de agriculteurs pour contrôler la Pyrale	-125	-160	-35
Recettes sur les ventes de maïs	9 372	9 427	+55
Gain total dans la situation avec OGM	-	-	+118

* La semence OGM est commercialisée à 236F/ha en plus par rapport à la semence conventionnelle.

Les proportions observées ici sur les gains sont nettement différentes de celles qui ont été obtenues avec la Betterave et le Colza, le poids des gains des agriculteurs étant nettement plus faible (17% ici au lieu de 30% à 60%plus haut). Cette propriété tient essentiellement à la forme de la distribution des attaques de pyrale en France (Figure 2), avec un creux dans la distribution des attaques pour des niveaux situés entre 0.39 et 1 larve par plante. Il en résulte (Figure 28) une zone de la courbe de demande autour de 250 F/ha dans laquelle la demande est très inélastique, précédée par une zone entre 150 et 250 F/ha dans laquelle la demande est au contraire très élastique. Dans la zone située autour de 250 F/ha, le monopole est capable de s'accaparer presque la totalité du surplus parce qu'il peut augmenter son prix sans faire diminuer la demande qui lui est adressée.

La forme de cette courbe tient en grande partie à la construction de nos données sur les attaques de pyrale. Pour compléter les données 1995-1998 fournies par la Protection des Végétaux, le niveau d'infestation de pyrale a été fixé à 1 pour dix départements qui étaient exclus des données de la PV mais pour lesquels d'autres sources suggéraient des niveaux d'infestation voisins de 1 (voir annexe B). Ceci explique le pic de la distribution des attaques autour d'une larve par plante. Cette hypothèse forte n'est évidemment pas satisfaisante, mais il n'est pas satisfaisant non plus d'exclure de l'analyse dix

départements pour lesquels il est connu que l'infestation de pyrale est importante. Pour poursuivre ces travaux, une investigation plus poussée des données existantes devrait être menée. En l'état actuel, il convient de retenir que la différence par rapport aux cas du colza et de la betterave tient en partie aux données. Compte tenu des limites sur ces données, il nous a semblé préférable de conduire l'analyse de sensibilité uniquement sur les seuils d'adoption, qui ne dépendent pas des données sur la distribution des attaques de pyrale en France dont nous venons de voir les limites.

Conclusion

- *Rappel de la méthode*

Ce chapitre fournit des éléments d'évaluation des gains qui pourraient être tirés de l'utilisation des OGM en France et de la répartition de ces gains entre agriculteurs et industries d'amont. Par construction, l'analyse conduite ici est faite *ex ante*. Elle est donc basée sur des hypothèses a priori sur le comportement d'adoption des agriculteurs. On peut rappeler ici brièvement la méthode utilisée.

- Pour étudier le cas des variétés HT (colza et betterave), nous avons utilisé des données sur les dépenses réelles de désherbage, qui incluent les coûts des herbicides utilisés et une estimation des coûts de passage de traitement. Nous avons supposé que si une variété OGM était introduite, elle serait adoptée par l'agriculteur s'il réalisait une certaine économie sur ses dépenses de désherbage (en incluant le supplément de prix sur la semence OGM).
- Pour étudier le cas des variétés IR (maïs), nous avons utilisé des données sur la distribution des attaques de pyrale en France sur plusieurs années. Nous avons fait des hypothèses sur les pertes de rendement dues à la pyrale et sur la protection apportée par un traitement insecticide ou une semence OGM apportant une résistance à l'insecte. Nous avons supposé que si une variété OGM était introduite, l'agriculteur l'adopterait s'il obtenait une certaine augmentation de son profit.

Ces hypothèses permettent de définir la demande des agriculteurs en semence OGM en fonction du supplément de prix sur la semence OGM par rapport à la semence conventionnelle. L'étape suivante consiste à calculer le profit dégagé par la firme qui commercialise l'OGM et en déduire le niveau optimal de tarification de la semence OGM.

Un intérêt de cette étude est de se baser sur des données qui reflètent l'hétérogénéité des problèmes de protection des plantes et des coûts phytosanitaires, donc l'hétérogénéité des gains potentiels liés aux OGM pour les agriculteurs.

- *Rappel des résultats*

Les résultats qui sont rappelés ici correspondent à une tarification optimale de la part d'un innovateur en situation de monopole. Les simulations montrent que les niveaux de diffusion atteints pour le colza et la betterave HT sont de l'ordre de 70%, alors qu'ils sont de l'ordre de 40% pour le maïs

Bt. Une telle diffusion conduit à des chutes de ventes de pesticides conventionnels supérieures à 80% dans tous les cas de figure. Enfin, la diffusion des OGM conduit à un gain total sur l'ensemble des acteurs toujours positif. Ces premiers résultats se sont avérés robustes lorsqu'on analyse la sensibilité des résultats à un certain nombre de paramètres.

La diffusion des OGM conduit à un gain social annuel de l'ordre de 240 MF pour le colza HT, 120 MF pour la betterave HT et 120 MF pour le maïs Bt (cette estimation n'inclut pas les coûts de recherche et développement sur l'innovation OGM). Ce gain social dépend du taux de marge réalisé au départ sur les pesticides conventionnels. Plus ce taux est faible, plus les pertes de bénéfices des fournisseurs de pesticides conventionnels sont faibles et plus le gain total est élevé. Les chiffres indiqués ici sont basés sur une hypothèse de taux de marges assez élevé (50%) et peuvent donc être considérés comme des valeurs planchers.

Lorsque le partage des gains est analysé, le même résultat qualitatif est observé dans les différents cas de figure: les agriculteurs et l'innovateur qui propose la solution OGM enregistrent un gain positif, et alors que les firmes qui commercialisent les pesticides conventionnels subissent des pertes. En revanche, les proportions observées sont variables d'une simulation à l'autre. Qualitativement, si le contexte est plus difficile pour la diffusion des OGM, le prix optimal de la semence OGM pour l'innovateur diminue, si bien que le gain de ce dernier diminue et le gain des agriculteurs augmente. Ce cas de figure se produit lorsque le gain minimal pour qu'un agriculteur adopte les OGM augmente, ou lorsque les firmes proposant les pesticides conventionnels baissent leurs prix. En ordre de grandeur, le gain maximum des innovateurs est 20% supérieur au gain total. Ce résultat signifie qu'une large part de ce gain est réalisé aux dépens des fournisseurs de pesticides conventionnels. Du côté des agriculteurs, le gain minimum est égal à 20%-30% du gain total.

- Limites et extensions possibles

Plusieurs directions peuvent être suggérées pour poursuivre l'analyse qui est faite ici.

- 1) Dans le cas du colza et de la betterave HT, les résultats sont basés sur une année d'enquête sur les pratiques de désherbage des agriculteurs. Il faudrait vérifier la robustesse de ces résultats étendant l'étude à d'autres années. Il serait intéressant également de réaliser une étude du même type dans le cas du maïs HT. Dans le cas du maïs Bt, les données utilisées sur les attaques de pyrale portent sur plusieurs années mais certaines zones ne sont pas couvertes tous les ans. De plus, les attaques de sésamie ne sont pas prises en compte. Il serait important de compléter les données utilisées dans la mesure du possible.
- 2) Les résultats présentés dans ce chapitre correspondent à une tarification optimale de la part d'un innovateur en situation de monopole. Il serait intéressant d'étendre l'analyse au cas de la tarification qui serait fixée par plusieurs innovateurs en situation de concurrence imparfaite. En effet, plusieurs événements sont aujourd'hui disponibles sur le marché dans tous les cas de figure (RoundupReady et LibertyLink dans le cas HT; Bt11, Bt176 et Mon810 dans le cas du maïs Bt).

3) Les prix des produits agricoles sont supposés constants dans ce chapitre. En réalité, les gains de productivité attendus devraient conduire une augmentation de la production et donc une baisse de prix. Cette dernière conduirait alors à un transfert de surplus depuis l'agriculteur vers les entreprises situées en aval. Ce phénomène conduirait également à une diminution de la demande adressée aux industries amont, et donc à une baisse de prix optimal de la semence OGM pour l'innovateur. Rappelons à ce titre que nous avons pu voir avec le modèle du chapitre 2 (section 3) que les prix des inputs à l'équilibre sont toujours proportionnels au prix de l'output agricole. On peut penser que le gain global sur l'ensemble de la filière devrait rester sensiblement le même, la baisse de prix affectant principalement la répartition de gains entre les différents types d'acteurs. Pour étudier cette question plus en détail, il serait nécessaire d'intégrer les résultats de ce chapitre dans un modèle d'équilibre à plusieurs marchés liés verticalement.

4) Les estimations réalisées ici ne prennent pas en compte l'accroissement du coût lié à une ségrégation des filières OGM et non-OGM, qui conduit à une baisse du gain total lié à l'introduction des OGM. En théorie, rien n'empêche même que ce gain total soit négatif. Là encore, le partage des gains ou pertes entre les différents acteurs se trouverait affecté. Il est néanmoins difficile de savoir *a priori* l'acteur qui subirait les pertes les plus importantes.

5) On considère ici trois types de gains que les agriculteurs peuvent obtenir en adoptant des OGM HT ou IR : une diminution du prix des pesticides, une diminution du coût des passages de traitements phytosanitaires, éventuellement une augmentation du rendement (cas IR). Les études menées dans les pays où les OGM agronomiques sont déjà adoptés suggèrent d'autres facteurs de gain pour les agriculteurs. Ainsi, d'après Phillips (2000), dans le cas du colza HT au Canada, les agriculteurs obtiennent un meilleur prix pour du colza HT parce que les récoltes sont plus propres. De plus, ils peuvent semer le colza plus tôt, donc obtenir un meilleur rendement, parce qu'il est possible d'appliquer l'herbicide après l'émergence. Dans une étude sur le soja HT aux Etats-Unis, Bullock et Nitsi (2001) concluent que les économies de coût de désherbage ne semblent pas suffisantes pour compenser le surcoût de la semence OGM pour tous les agriculteurs qui adoptent. Ils concluent que d'autres facteurs tels que la "facilité d'utilisation" et la "diminution du risque" conduisent à des économies de coût non négligeables pour beaucoup d'agriculteurs. Il serait intéressant de tenter de chiffrer les gains qui pourraient être apportés par ces différents facteurs dans le cas français, et d'étudier dans quelle mesure ils modifient les résultats obtenus ici ex ante sur le choix d'adoption des agriculteurs.

Références

- Bullock, D. S., Nitsi., E. I. (2001). Roundup ready soybean technology and farm production costs : measuring the incentive to adopt. *American Behavioral Scientist* 44, 1283-1301.
- CETIOM (2000). Introduction de variétés génétiquement modifiées de colza tolérantes à différents herbicides dans le système de l'agriculture française: Evaluation des impacts agro-environnementaux et élaboration de scénarios de gestion. Rapport. CETIOM, France.
- Hyde, J., Martin, M. A., Preckel, P. V. and Edwards, C. R. (1999), The economics of Bt corn: valuing protection from the European Corn Borer. *Review of Agricultural Economics*, 21(2).
- Marra, M., Carlson, G. and Hubbell, B. (1998). Economic impacts of the first crop biotechnologies., North Carolina State University,
<http://www.ag-econ.ncsu.edu/faculty/marra/FirstCrop/sld001.htm>.
- Nelson, G.G., Josling, T., Bullock, D.S., Rosegrant, M., Hill, L. (1999). The economics and politics of genetically modified organisms in agriculture : implications for WTO 2000. Bulletin 809, College of Agricultural, Consumer and Environmental Sciences, University of Illinois at Urbana-Champaign, 119 p.
<http://web.aces.uiuc.edu/wf/GMO/GMO.pdf>.
- Ostlie, K. R., Hutchison, W. D. and Hellmich, R. L. (1997). Bt Corn and European Corn Borers: long term success through resistance management. North Central Regional Extension publication, NCR602, University of Minnesota.
<http://www.extension.umn.edu/distribution/cropsystems/DC7055.html>.
- Phillips, P.W.B. (2000). The economic impact of herbicide tolerant canola in Canada. Document de travail, université de Saskatchewan, Canada.
- Volan, S. (2000). Introduction de variétés de maïs transgéniques : évaluation des impacts agro-environnementaux; Mise en place d'un système de bio vigilance. Synthèse des données scientifiques et techniques sur le maïs génétiquement modifié. Document interne AGPM, 134 p.

Annexe A. Informations sur les données brutes utilisées pour les simulations sur le Colza HT

A l'origine : 2223 fiches d'enquêtes ; 1296 exploitations (927 font du colza alimentaire et énergétique, 369 font un seul des 2 types)

A.1. Nettoyage de la base :

- Suppression d'un des deux enregistrements pour les 927 exploitations enregistrées en double, le rendement conservé est celui du colza alimentaire (recodage en AE)
- Suppression d'un enregistrements car un seul produit utilisé (CALI) correspondant à un fongicide
- Suppression de 6 enregistrements car le produit 4 (ROUN,GLYP,ACTI, ALTI, KARM,PILA) n'est pas comptabilisé dans le calcul du coût
- Suppression de 13 enregistrements avec surface en colza = 0
- Suppression de 29 enregistrements avec coût de désherbage non renseigné à cause de doses manquantes
- Suppression de 9 enregistrements avec coût de désherbage =0
- 7 remplacements du nom de produit NAPR par DEVR, 11 remplacements de TRIF par TREF, 2 remplacement de COLD par COZA.
- Modification de 2 exploitations avec des surfaces en colza sup. à 800ha. On fixe cette surface à 205ha
- Modification de la dose de TARGA D+ de 2l/ha à la dose généralement utilisé de 0,5l/ha de l'exploitation ayant le coût de désherbage traditionnel le plus élevé.
- Changement de la plupart des prix utilisés dans l'enquête qui correspondent plus à des prix valable en 1997. Remplacement par les prix des herbicides mentionnés dans la « brochure colza 99 » du Cetiom, ou si manquants, par les prix inspirés de l'index Teyssier.

58 enregistrements sont donc supprimés en plus des doublons par rapport à la base d'origine. L'échantillon est donc constitué de 1238 exploitations.

A.2. Problème du prix des produits :

Les prix utilisés à l'origine dans l'enquête correspondent en fait à des prix de 1997. Les écarts avec les prix actuels nous semblant important sur certains produits, nous avons choisi de recalculer les coûts de désherbage des exploitation avec les prix en cours en 1999 à partir de la « brochure colza 99 » du Cetiom (*cf. Annexe I*). Lorsque ceux-ci ne figuraient pas dans la brochure, les prix de l'enquête ont été conservé s'ils semblaient cohérent avec les prix figurant dans l'index Teyssier des prix et des normes agricoles.

Tableau A.1. Prix des herbicides

Nom commercial	Firmes	Matière active	Prix dans l'enquête F/l ou kg	Prix brochure Colza 99 F/l ou kg	Prix Teyssier 97/98-99/00 F HT/l ou kg	Prix utilisé dans nos traitements F/l ou kg
Colzor	Evolva	Tébutame + clomazone	98	98-100	95-94	99
Butisan S	BASF	Métazachlore	360	232-236	220-247	234
Novall	BASF	Métazachlore + quinmérac	236	248-252	238-245	250
Tréflan	Dow AgroSciences	trifluraline	26	24-32	28-28	28
Devrinol	Rhône-Poulenc	Napropamide	170	122-191	160-142	170
Fusilade X2	Sopra	fluazifop-p-butyl	450	350-367*	470-395	358
Pilot	Philagro	Quizalofop éthyl D	220	217	230-240	221
Targa D+	Rhône-poulenc	Quizalofop éthyl D	540	600-620*	540-512	610
Stratos Ultra	BASF	Cycloxydime	145	135-140	142-150	137
Eloge	Bayer Agro	Haloxifop R	500	500-520	498-505	510
Agil	Evolva	Propaquizafop	280	337-350	294-275	344
Brassix	Sipcam-Phyteurop	Trifluraline	26	24-32	-27	28
Cent 7	Dow AgroSciences	Isoxaben	200	200-225	232-220	212
Pradone TS	Rhône-poulenc	Carbétamide + diméfuron	140	165-167	167-170	166
Lontrel	Dow AgroSciences	Clopyralid	370	340-350	410-380	345
Quartz	Rhône-poulenc	Diflufénicanil + isoproturon	120		132-128	120
Légurame PM	Rhône-poulenc	Carbétamide	97	103-107	112-108	105
Chrono	Dow AgroSciences	Pyridate + piclorame	170	176-184	-195	180
Colzamid	RP Leadagro	Napronamide	155	122-191	-	170
Kerb Flo	AgrEvo	Propyzamide	250	258-267	263-250	262
Tichrey	Makhteshim	Trifluraline	26	24-32	-	28
Sting ST	Monsanto	Glyphosate	31		-	31
Cetrex	Sipcam-Phyteurop	Trifluraline	26	24-32	-	28
Isoproturon		Isoproturon	41			41
Zodiac TX		Diflufénicanil + isoproturon	186		202-200	186
Karmex	DuPont	Diuron	60		60-58	60

A.3. Pondération de l'échantillon :

L'objectif est que notre échantillon soit le plus représentatif possible de la situation de la culture du colza en France. On ne s'intéresse pas ici à la distinction entre colza alimentaire et énergétique car l'enquête indique que les pratiques de désherbage sont strictement identiques entre les deux types de culture. Nous ne pouvons pas non plus réutiliser directement les coefficients pondérateurs utilisés par le Cétiom du fait des exploitations que nous avons éliminées de l'enquête de départ.

Nous disposons de résultats de l'enquête structure du SCEES de 1997 qui nous donne la répartition des surfaces en colza par département et par classes de taille ainsi que de la surface totale en colza en 1999 issue de la statistique agricole annuelle du SCEES (1 369 000 ha).

Chaque exploitation se voit donc attribuée une nouvelle surface de manière à ce que soit respectée la représentativité départementale et par classe de taille de l'enquête structure et que la nouvelle surface cumulée des exploitations de l'échantillon soit égale à la surface totale en colza en 1999.

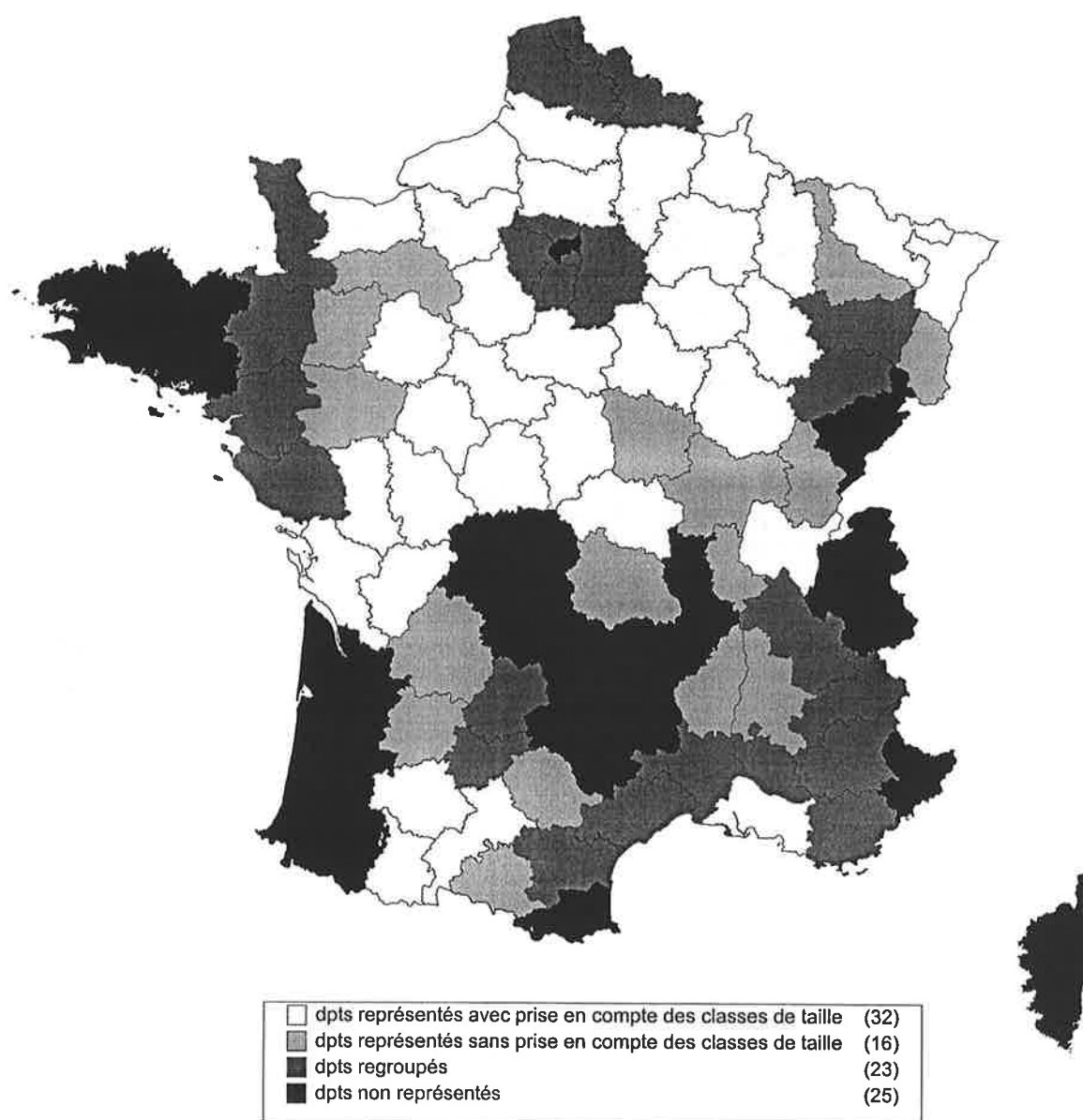
Ainsi, pour les départements ayant suffisamment d'exploitations enquêtées dans chaque classe, celle-ci est prise en compte dans la pondération. Pour ceux où la représentativité est jugée insuffisante, on ignore ce critère de pondération afin de ne pas créer de biais artificiel. Les départements ayant très peu d'exploitations enquêtées sont regroupés avec un ou plusieurs voisins de même spécificité géographique afin d'avoir une représentation plus juste non pas du département mais de l'ensemble géographique en question. Enfin, 25 départements n'ont aucune exploitation enquêtée et ne sont donc pas pris en compte dans cette étude (cf. *Annexe 2*). Cependant, afin d'avoir des résultats censés représenter la situation française, la surface globale de l'étude est bien la surface totale de colza en France incluant les superficies éventuellement ensemencées dans ces départements. Les autres départements sont donc sur-pondérés pour compenser l'absence de donnée.

Au final, nous travaillons sur l'échantillon suivant :

<u>Avant pondération</u>	<u>Après pondération</u>
1 238 exploitations	
32 737 ha de colza	1 369 000 ha de colza
18, 2 MF de dépenses de désherbage	748, 5 MF de dépenses de désherbage
547 F/ha de coût moyen de désherbage	

En première analyse de nos données on peut dire que désormais les coûts de désherbages s'échelonnent de 56 F/ha à 1 235 F/ha. Les 9 principaux programmes de désherbage (cf. *Annexe 3*) représentent 30% des exploitations en nombre et 24% des surfaces. Ce sont des traitements réalisés soit à base de trifluraline en présemis suivi ou non d'un traitement de prélevée (type Butisan, Devrinol ou Colzor) ou bien des traitements avec seulement le produit Colzor appliqué en prélevée en un seul passage.

Figure A.1. Situation et représentativité des exploitations de l'étude



Départements avec prise en compte des classes de taille :

01, 02, 03, 08, 10, 13, 14, 16, 17, 18, 21, 27, 28, 31, 32, 36, 37, 41, 45, 51, 52, 55, 57, 60, 65, 67, 72, 76, 79, 80, 86, 89

Départements sans prise en compte des classes de taille :

07, 08, 24, 26, 39, 47, 49, 53, 54, 58, 61, 63, 68, 69, 71, 81

Départements regroupés :

04, 05 et 38 (partie des Alpes) ; 11, 30 et 34 (partie du Languedoc Roussillon); 35 et 50 (Manche-Ille-et-Vilaine) ; 44 et 85 (Loire-Atlantique-Vendée); 46 et 82 (Lot et Tarn et Garonne) ; 59 et 62 (Nord-Pas-de-Calais), 70 et 88 (Haute-Saône-Vosges); 77, 78, 91, 94 et 95 (partie d'Ile de France); 83 et 84 (Var-Vaucluse).

Départements non représentés :

06, 12, 15, 19, 2A, 2B, 22, 23, 29, 33, 40, 42, 43, 48, 56, 64, 66, 73, 74, 75, 87, 90, 92, 93

Annexe B - Les données utilisées

Nous utilisons quatre sources pour construire notre base de données sur les infestations moyennes de pyrales par département :

- Les surfaces considérées sont les surfaces départementales moyennes de maïs grain sur la période 1995-1998 (source : Statistique Agricole Annuelle du SCEES).
- Guy Le Hénaff, du Service Régional de la Protection des Végétaux (SRPV, Ministère de l'Agriculture), Nancy, nous a fourni des informations sur les niveaux moyens d'infestation par département pour les années 1995, 1996, 1997 et 1998. Au total, 50 départements sont informés au moins sur une des quatre années. Ces 50 départements représentent 945 366 hectares de maïs grain, soit 55 % de la surface nationale de maïs grain, en moyenne sur la période 1995-1998. Ces données sont issues d'enquêtes de terrain et de comptages sur des parcelles réalisées par la Protection des Végétaux. Il s'agit des données les plus précises qui soient disponibles. Cependant, ces données sont incomplètes. De plus, les données disponibles n'offrent pas toutes le même niveau de précision, certaines régions pouvant avoir de très nombreuses parcelles visitées par des enquêteurs et d'autres aucune. Ainsi, la Lorraine est renseignée sur les quatre années avec 250 à 300 parcelles visitées chaque année, alors qu'il n'y a aucune information sur le Sud Est de la France et la région Rhône-Alpes. Il y a également très peu d'informations sur le sud-Ouest où les problèmes de pyrale sont plutôt gérés par l'Association Générale des Producteurs de Maïs (AGPM) ou les groupements de producteurs de maïs.
- Ces informations sont complétées par la carte d'infestation pyrale du maïs de la campagne 1999 réalisée par le SRPV. Cette carte présente des infestations de pyrale supérieures à une larve par plante dans les départements du Sud-Ouest. Cette information est corroborée par Guy Le Hénaff selon qui les problèmes liés à la pyrale bivoltine sont croissants et sérieux dans le Sud-Ouest depuis 1997. La raison en est imputable à l'usage massif d'insecticides génériques (pyréthrinoides) contre le complexe sésamie-pyrale, qui a pour effet pervers de réduire les espèces auxiliaires qui sont les prédateurs naturels de ces insectes. Ainsi on pose un indicateur d'infestation égal à 1 pour les départements concernés et sur lesquels il n'y a pas d'information dans les données SRPV 1995-1998.
- La dernière source utilisée est le rapport réalisé par Sandrine Volan pour l'AGPM (2000). Selon ce rapport, le seuil d'infestation de pyrale au delà duquel il est utile de traiter est de 0,8 larves par plantes, et 450 000 hectares seraient traités contre la pyrale en France. Deux régions sont distinguées : l'Aquitaine (départements 24, 33, 40, 47 et 64) où l'infestation a été jugée supérieure à 0,8 chaque année de 1995 à 1999 sauf en 1997, et le Sud du bassin parisien (départements 28, 41, 45 et 77) où le seuil d'infestation a été supérieur à 0,8 en 1995 uniquement mais où les gens continuent à traiter. On complète ainsi les données en posant une infestation au moins égale à 1

pour les départements d'Aquitaine et une infestation présente mais inférieure à 0,8 sur le Sud du bassin parisien.

Finalement, nous obtenons 61 départements renseignés couvrant 1 499 611 hectares, soit 87,6 % de la surface en maïs grain française, en moyenne annuelle sur la période 1995-1998.

	Moyenne France 1995-1998	Moyenne des départements renseignés 1995-1998
Superficie en maïs grain (ha)	1 712 735	1 499 611
Rendement moyen (qt/ha)	85,4	85,5

Tableau 16. Détail des données départementales utilisées pour la projection des effets du maïs Bt en France

	Département	Rendement (wt/ha)	Surface en maïs grain (ha)	Indice infestation	nb. données PV		Département	Rendement (wt/ha)	Surface en maïs grain (ha)	Indice infestation	nb données PV
31	Haute-Garonne	83	36 588	3.08	1	90	T de Belfort	78	1 888	0.27	2
39	Jura	84	11 038	1.19	4	86	Vienne	87	43 150	0.27	3
3	Allier	83	20 000	1.08	4	80	Somme	85	4 088	0.25	2
9	Ariège	77	8 600	1.00 *	0	52	Haute-Marne	68	6 625	0.24	1
11	Aude	73	1 800	1.00 *	0	55	Meuse	74	8 750	0.23	4
24	Dordogne	71	42 920	1.00 **	0	8	Ardennes	85	10 250	0.22	3
32	Gers	89	69 310	1.00 *	0	25	Doubs	83	3 200	0.22	4
33	Gironde	90	40 470	1.00 **	0	51	Marne	83	18 500	0.21	3
40	Landes	99	134 950	1.00 *	0	88	Vosges	64	575	0.19	4
47	Lot-et-Garonne	86	69 000	1.00 *	0	68	Haut-Rhin	97	59 125	0.19	2
64	Pyrénées-Atl.	86	92 675	1.00 **	0	85	Vendée	88	33 003	0.19	2
65	Hautes-Pyrénées	90	40 595	1.00 *	0	54	M et Moselle	71	2 500	0.18	4
82	Tarn-et-Garonne	92	30 675	1.00 *	0	57	Moselle	68	2 625	0.16	4
45	Loiret	88	40 750	0.88	2	10	Aube	76	14 375	0.16	2
15	Cantal	100	95	0.69	3	17	Charente Mar	95	65 693	0.15	3
37	Indre-et-Loire	71	26 625	0.64	3	56	Morbihan	67	29 625	0.15	2
49	Maine-et-Loire	69	28 050	0.64	2	50	Manche	86	3 725	0.12	1
27	Eure	79	4 625	0.62	3	36	Indre	79	11 000	0.10	2
71	Saône-et-Loire	78	27 500	0.60	1	67	Bas-Rhin	93	73 150	0.10	2
16	Charente	84	45 540	0.57	3	76	Seine-Maritime	82	2 100	0.07	3
63	Puy de dôme	84	14 150	0.52	1	14	Calvados	78	3 525	0.05	1
60	Oise	84	12 750	0.51	3	35	Ille-et-Vilaine	77	34 000	0.03	3
41	Loir-et-Cher	88	16 560	0.45 **	2	18	Cher	81	23 975	0.03	1
70	Haute-Saône	82	11 163	0.44	4	22	Côtes-d'Armor	80	27 900	0.03	2
61	Orne	73	6 000	0.40	2	43	Haute-Loire	88	175	0.02	2
2	Aisne	83	15 250	0.38	2	58	Nièvre	81	7 250	0.02	1
53	Mayenne	65	5 375	0.38	2	29	Finistère	73	30 750	0.00	1
77	Seine-et-Marne	85	23 250	0.34 **	0	44	Loire-Atl.	70	7 375	0.00	1
28	Eure-et-Loir	100	24 000	0.34	2	59	Nord	85	7 300	0.00	2
79	Deux-Sèvres	91	22 238	0.30	3	62	Pas-de-Calais	82	1 000	0.00	2
72	Sarthe	74	39 875	0.29	2		Dpt non rens	85	213 124	?	

Le rendement et la surface correspondent à des moyennes entre 1995 et 1998 (source SCEES). La colonne "Nb données PV" indique le nombre d'années entre 1995 et 1998 pour lesquelles la Protection des Végétaux a pu fournir des données.

** Estimation établie à partir de la SRPV pour 1999. ** Estimation établie à partir du AGPM (Volan 2001).*

Chapitre 3.

Evaluation ex ante des coûts potentiels en cas de coexistence OGM / non OGM en France

Marion Desquilbet

avec la collaboration de David S. Bullock

Introduction

Ce chapitre est divisé en deux parties. La première partie présente une description qualitative des coûts actuels pour le non OGM certifié et des coûts que l'on peut anticiper en cas de diffusion des OGMs en France avec coexistence de filières avec OGM et non OGM. La seconde partie présente un modèle de simulation sur l'introduction des OGMs au niveau de l'Union Européenne avec deux filières séparées, avec OGM et non OGM.

1. Analyse ex ante des coûts potentiels liés à la coexistence OGM - non OGM en France

Cette partie présente une analyse des coûts actuels pour le non OGM certifié et des coûts qui seraient liés à la coexistence de deux filières en France, l'une pouvant contenir des produits OGM et l'autre comportant uniquement des produits non OGM à identité préservée (IP) (c'est-à-dire des produits sans OGM au delà d'un seuil de tolérance donné). L'analyse présentée ici est uniquement qualitative.

Actuellement, il n'y a pas de culture commerciale d'OGMs en France, les semenciers ayant volontairement suspendu la commercialisation des quelques variétés OGM autorisées. Les distributeurs et les transformateurs français ont choisi d'éliminer les OGMs des produits destinés à l'alimentation humaine. Pour certaines filières (essentiellement de viande de qualité), les OGMs sont également éliminés des aliments pour animaux. Cependant, même en l'absence de commercialisation en France, des mélanges d'OGM dans des produits non OGM sont possibles, en raison des importations réalisées aux différents stades ou en raison de la présence d'essais techniques d'OGMs en France. En conséquence, différentes procédures ont d'ores et déjà été mises en place pour assurer une offre non OGM en réponse aux exigences exprimées en aval par les transformateurs et distributeurs. Les difficultés pour offrir du non OGM seraient plus grandes dans un contexte où les OGMs seraient diffusés commercialement en France. L'objectif de cette partie est de présenter quels types de coûts en découleraient dans le cas du maïs et du colza.

Pour cela, cette partie reprend en partie la méthodologie adoptée dans l'étude de Bullock, Desquilbet et Nitsi (2000), qui examinent les coûts liés à l'apparition de filières non OGM en vue de l'exportation pour le soja et le maïs aux Etats-Unis. Elle s'appuie également sur les études de Valceschini et Avelange (2001) et de Le Bail et Choimet (2001), qui concernent le cas français, en analysant essentiellement la situation actuelle de faible pression des OGM (avec également certains développements sur la situation en cas de forte pression OGM). Enfin, outre d'autres éléments de bibliographie, elle utilise des entretiens réalisés avec quelques acteurs à partir de questions ouvertes sur une potentielle coexistence OGM - non OGM en France. Les personnes interrogées ont réfléchi a priori sur les contraintes apportées par la coexistence des deux filières et le type de coûts engendrés. Il

convient d'avancer deux réserves concernant ces entretiens. Tout d'abord, le nombre d'entretiens réalisé à ce stade est faible. De plus, beaucoup des personnes rencontrées n'avaient pas réfléchi à la question de la coexistence OGM - non OGM avant l'entretien, car cette question n'est pas dans leurs préoccupations actuelles. Cependant, il est possible de faire une première analyse à partir de ces entretiens, analyse qu'il conviendrait de corriger et d'enrichir par la suite.

La première section présente le contexte réglementaire sur les OGMs et le non OGM dans l'UE et en France. La seconde section présente les coûts encourus dans le contexte actuel de non diffusion des OGMs en France et les coûts attendus en cas de coexistence OGM - non OGM. Les stades de la production de semences, de la production agricole, de la collecte et du stockage et de la transformation sont examinés successivement. L'objectif est d'exposer les types de coûts présents ou attendus à chaque stade, sans évaluation quantitative de ces coûts. La troisième section propose une première synthèse sur ces coûts.

1.1. La réglementation actuelle de l'Union Européenne et de la France sur les OGM et le non OGM

a. Les autorisations sur le maïs et le colza OGM dans l'Union Européenne et en France

Le principal instrument d'autorisation de mise sur le marché d'OGMs dans l'Union Européenne (UE) est la directive 1990/220/CEE relative à la dissémination volontaire d'organismes génétiquement modifiés, remplacée par la directive 2001/18/CE qui entrera en vigueur en septembre 2002.¹ Depuis l'entrée en vigueur de la directive 1990/220/CEE en octobre 1991, dix-huit autorisations ont été octroyées en vue de la diffusion commerciale d'OGMs, dont quatre autorisations pour du colza et quatre autorisations pour du maïs. Il existe actuellement un moratoire de fait dans l'UE sur les autorisations d'OGM, aucune nouvelle autorisation n'ayant été accordée depuis octobre 1998. De plus, certains Etats membres ont invoqué une clause de sauvegarde de la directive 90/220/CEE pour interdire provisoirement sur leur territoire la mise sur le marché de produits à base de maïs et de colza génétiquement modifiés (Commission Européenne, 2000a). En France, la commercialisation de certaines variétés de maïs OGM autorisés dans l'UE et de toutes les variétés de colza autorisées dans l'UE sont interdites (encart 1 ci-dessous).

¹ A la différence de la directive 1990/220/CEE, la nouvelle directive mentionne explicitement la question du seuil minimal au dessous duquel l'étiquetage n'est pas obligatoire.

Encart 1. Autorisations sur les OGM en France : le cas du maïs et du colza

Maïs :

- Trois événements de transformation sont autorisés pour toute utilisation (importation, culture et transformation industrielle) : le maïs Bt-176 de la société Novartis tolérant à la pyrale et à un herbicide (9 variétés autorisées; 3 variétés suspendues par décision du Conseil d'État) ; le maïs MON 810 de la société Monsanto tolérant à la pyrale (6 variétés autorisées) ; le maïs T 25 de la société AgrEvo tolérant à un herbicide.

- Un événement de transformation est autorisé seulement à l'importation en vue de sa transformation industrielle : le maïs BT-11 de la société Novartis, tolérant à la pyrale et à un herbicide.

Colza :

La France a décidé un moratoire jusqu'en novembre 2000 qui interdit la commercialisation des colzas génétiquement modifiés, afin de poursuivre l'évaluation du risque environnemental que peut entraîner le croisement de ces colza OGM avec des plantes sauvages, bien que le colza génétiquement modifié ait fait l'objet de 4 décisions favorables de la Commission. La France a affirmé sa volonté de maintenir ce moratoire en février 2001. Ce "moratoire colza" est mis en oeuvre de 2 façons différentes :

- les demandes d'autorisation de mise sur le marché de colzas déposées en France n'ont pas fait l'objet de "consentement écrit" par les autorités françaises ; ces colzas sont ainsi également interdits dans toute l'Union européenne;

- la commercialisation des colzas autorisés par le Royaume-Uni est suspendue en France pour l'utilisation décrite dans les décisions de la commission par arrêtés du 16 novembre 1998 (elle reste autorisée dans le reste de l'Union européenne).

Toutefois, les huiles obtenues à partir de ces colzas sont autorisées depuis juin 1997 par la procédure de notification prévue par le règlement 258/97 relatif aux nouveaux aliments. L'importation et la commercialisation de ces huiles sont donc autorisées, mais leur fabrication ne peut avoir lieu en France.

Sources : Ministère de l'économie, des finances et de l'industrie (2000) ; CETIOM (2001).

b. La réglementation sur le non OGM dans l'Union Européenne

La réglementation de l'UE impose un étiquetage obligatoire des produits alimentaires contenant des OGM. En application du règlement 49/2000/CE, la mention "produit à partir de (*maïs/soja*) génétiquement modifié" doit être spécifiée, pour chaque ingrédient du produit alimentaire contenant des OGM, sauf dans le cas d'une présence accidentelle d'OGM avec un contenu en OGM inférieur à un pour cent. Le règlement 50/2000/CE impose l'étiquetage des additifs et arômes contenant des OGM (Commission Européenne, 2000b).² Cependant, il n'existe pas encore de normalisation sur les procédures d'échantillonnage et de test à l'échelle européenne. La Commission Européenne a publié en juillet 2000 un document de travail proposant d'accompagner la labellisation par la mise en place d'une traçabilité de tous les OGM, dans l'objectif de reprendre le processus d'autorisation de nouvelles

² Ces deux règlements ne concernent pas l'ensemble des OGM actuellement autorisés dans l'UE, mais concernent uniquement une autorisation de soja OGM et une autorisation de maïs OGM. Pour des détails sur la réglementation européenne en matière d'étiquetage OGM voir Valceschini et Avelange (2001).

variétés OGM tout en répondant aux craintes des consommateurs (Commission Européenne, 2000c). Par ailleurs, il n'y a pas à l'heure actuelle de législation communautaire sur l'étiquetage des aliments pour animaux contenant des OGM.

Il n'existe pas actuellement de réglementation sur la présence accidentelle de semences OGM dans des variétés de semences non OGM. En l'état actuel, en France, la direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes (DGCCRF) considère que la commercialisation en toute connaissance de cause de semences contenant des OGM autorisés (même en quantité infime) constitue une "tromperie sur la marchandise", si l'acheteur n'en a pas été informé. De plus, toute présence d'événements non autorisés est considérée comme illégale (Campariol, 2001). La France a déjà été confrontée en 2000 à la présence fortuite d'OGM en proportions très faibles, dans des lots de semences de variétés non OGM importés de pays où des OGM sont cultivés à grande échelle (voir encart ci-dessous).³

Encart 2. Présence fortuite d'OGM dans des semences de variétés non OGM : trois cas d'intervention gouvernementale en 2000

En mai 2000, le gouvernement français a ordonné la destruction de 600 hectares de colza, parce que leurs semences, d'une variété non OGM, avaient été mélangées lors de leur production avec du colza génétiquement modifié et résistant à un herbicide dans une faible proportion (de l'ordre de 1 %) (Gouvernement français, 2000a). La firme ayant fourni les semences a indiqué qu'elles avaient été importées du Canada, où elles avaient été contaminées par du pollen de champs voisins de colza OGM au cours de leur production (*Le Monde*, 20 mai 2000).

En juillet 2000, le gouvernement a écarté le recours à la destruction pour des semences de maïs conventionnelles avec des impuretés OGM en très faible proportion (de l'ordre de 2 pour mille) dans des lots correspondant à 4500 hectares de production. Les résultats faisaient état de la présence de trois types d'OGM, dont deux autorisés à la culture et à la consommation et un non autorisé à la culture mais autorisé à la consommation. Le gouvernement s'est engagé à étiqueter les récoltes potentiellement concernées (Gouvernement Français, 2000b).

En août 2000, le gouvernement français a ordonné la destruction de 46 hectares de cultures de soja, pour lesquelles une présence d'OGM d'un taux de 0,8 % à 1,5 % avait été relevée dans les semences. Ces cultures étaient elles même destinées à la production de semences (ministère de l'agriculture et de la pêche, 2000). Les semences avaient été importées des Etats-Unis (H. Kempf, *Le Monde*, 28 août 2000).

Ces événements ont sans aucun doute participé à accélérer la réflexion sur la définition de seuils de pureté sur les semences. Dans un document de travail transmis aux Etats membres le 22 janvier 2001, la Commission européenne envisage un seuil de présence fortuite de 0,3 % pour les variétés à

³ Une autre cause possible de présence fortuite d'OGMs dans les semences serait un mélange accidentel au cours de leur production en France, dû à la présence d'OGMs (actuellement très faible) dans les champs français (essais techniques, cultures commerciales, plantes issues de semences importées avec présence fortuite d'OGMs). D'après les acteurs interrogés, cependant, tous les cas actuellement avérés de présence fortuite d'OGM dans des semences sont à attribuer à la présence d'OGMs dans des semences importées.

pollinisation croisée et de 0,5 % pour les cultures autogames et celles à reproduction végétative.⁴ Ce seuil s'appliquerait aux seuls OGM ayant obtenu une autorisation de mise sur le marché dans l'Union Européenne. Pour les OGM non autorisés, la tolérance prévue est de 0% (Campariol, 2001). Les propositions de la Commission ont été transmises au Comité Scientifique des Plantes européen. Selon l'avis rendu par ce Comité, les seuils de 0,3 % et 0,5 % proposés par la Commission ne pourraient être obtenus que sous des conditions idéales de production de semences, et il deviendrait de plus en plus difficile d'atteindre ces seuils si la production d'OGM en Europe augmentait. De plus, l'opinion du Comité est qu'il n'est pas possible en pratique d'obtenir un seuil de 0% sur les événements non autorisés (Commission Européenne, 2001). La question de la pureté des semences est examinée dans la section 2.1 ci-dessous.

1.2. Les coûts potentiels liés à la coexistence OGM - non OGM, de la production de semences à la transformation

Les coûts liés à la coexistence OGM - non OGM peuvent être classés en deux grandes catégories :

- des coûts de ségrégation OGM - non OGM, pour séparer les produits des deux filières en évitant la présence accidentelle d'OGM au delà du seuil de tolérance accepté dans les produits non OGM. Il s'agit par exemple de coûts pour éviter la pollinisation OGM de plantes non OGM, dédier certains équipements à l'une des deux filières pendant une période de temps donnée, investir dans des nouveaux équipements.
- des coûts de garantie, pour s'assurer qu'un produit considéré comme non OGM est bien exempt d'OGM, au seuil de tolérance accepté. Il s'agit par exemple de coûts pour réaliser des tests de contenu OGM sur des échantillons, mettre en place des procédures de coordination entre différents acteurs (contrats, cahiers des charges) et contrôler leur application, instaurer de nouvelles procédures d'assurance qualité.

La présentation qui suit détaille ces coûts stade par stade, pour la production de semences, la production agricole, la collecte et le stockage et la transformation.

⁴ La Commission a défini ces seuils en faisant des hypothèses sur les taux de mélange OGM possibles aux stades ultérieurs à la production de semences, et en calculant par différence les taux de mélange OGM acceptables sur les semences, pour permettre d'atteindre le seuil de 1 % au stade du produit fini. Il en résulte qu'un seuil plus faible est retenu pour les variétés à pollinisation croisée que pour les variétés autogames, alors que les mélanges avec de l'OGM sont plus probables pour ces variétés (pouvant être fécondées par du pollen extérieur susceptible de provenir d'une plante OGM) que pour les variétés autogames (essentiellement autofécondées).

a. Les coûts liés à la coexistence OGM - non OGM au stade de la production de semences

- Contexte : taux de pureté actuels pour les semences de maïs et colza

La ségrégation OGM / non OGM est nécessaire dès le stade de la production de semences pour obtenir, en bout de chaîne, du non OGM avec une faible présence d'impuretés OGM. Actuellement, il n'existe pas de seuil réglementaire de présence fortuite d'OGM dans les semences non OGM. La Commission Européenne a proposé des seuils très faibles (0,3 % pour les variétés à pollinisation croisée, 0,5 % pour les cultures autogames, et dans les deux cas 0 % sur les événements non autorisés). Selon l'avis rendu par le comité d'experts de l'UE chargé d'évaluer cette proposition, ces seuils ne pourraient être atteints que sous des conditions idéales de production (voir section 1). Il est intéressant de rappeler les taux de pureté actuellement obtenus en production de semences en France pour comprendre le contexte de cette question des seuils non OGM sur les semences.

La question de la pureté et de la fixation des seuils n'est pas nouvelle pour les semenciers en France. La production de semences de l'UE est encadrée par des directives européennes fixant des obligations de moyens ou de résultats en matière de pureté, directives traduites au niveau français en un règlement technique homologué par le ministère de l'agriculture.⁵ En plus de la certification officielle, les semenciers développent des efforts pour atteindre une pureté élevée de leurs semences (qui constitue un critère de qualité important) via leurs propres systèmes d'assurance qualité. Autrement dit, la définition d'un seuil de présence fortuite d'OGM constitue une nouvelle contrainte sur un problème existant, plutôt qu'un problème entièrement nouveau.

Cependant, il n'y a pas de lien univoque entre les taux d'impureté variétale actuellement obtenus en production de semences, et le taux potentiel de pollution OGM en cas de coexistence de production commerciale OGM et non OGM en France. La pureté variétale des semences est évaluée à partir de critères morphologiques, pour le maïs comme pour le colza. Cette évaluation est réalisée a posteriori, en semant des échantillons de la semence commerciale produite, ainsi que des parents dans le cas d'une semence hybride. L'identification de la semence est réalisée uniquement par une description de ses caractères morphologiques. Les critères de pureté non OGM actuellement proposés par la Commission Européenne, quant à eux, sont basés sur des tests moléculaires de détection du contenu OGM. Ces tests peuvent détecter des impuretés qui ne seraient pas détectées sur des critères morphologiques. Ils peuvent donc mettre en évidence des présences d'impuretés plus grandes que celles qui seraient mises en évidence par un seul examen des critères morphologiques. Par ailleurs,

⁵ Il s'agit des directives communautaires 66/402/CEE pour les semences de maïs et 69/208/CEE pour les semences de colza au niveau de l'UE, et du règlement technique de la production, du contrôle et de la certification des semences au niveau français (Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, 1994). Au niveau international, l'OCDE régit la certification des semences en vue du commerce international (OCDE, 2000).

même en cas de développement de cultures commerciales d'OGM, toutes les impuretés présentes dans les semences ne seraient pas nécessairement OGM. Certaines impuretés pourraient être dues à une pollinisation par du pollen de variétés non OGM, auquel cas elles ne poseraient pas de problème pour l'identité non OGM de la semence. Les taux d'impureté variétale actuellement obtenus ne permettent donc pas d'anticiper directement quelle serait la présence d'impuretés OGM dans des semences non OGM.

L'expérience acquise jusque là sur la pureté des semences montre que la pureté absolue est difficile et coûteuse à atteindre. C'est la raison pour laquelle des seuils d'impureté sont acceptés par la réglementation. Dans le cas de la production de semences de maïs, la réglementation européenne et française ne définit pas de norme de pureté variétale minimale, mais définit un ensemble d'obligations qui concourent au maintien d'une pureté variétale élevée. D'après les acteurs interrogés, le taux de pureté obtenu pour les semences de maïs est en général de 99 % au moins. Le taux de pureté obtenu peut être plus faible (autour de 98 ou 98,5 %) dans les zones avec une forte production de maïs consommation, donc une forte masse pollinique (sud-ouest de la France notamment). Concernant le colza, il faut distinguer deux types de semences, les semences de variétés lignées et les semences de variétés hybrides. La réglementation européenne et française définit un seuil de pureté variétale minimale de 99,7 % pour les semences certifiées de variétés lignées de colza, et un seuil de pureté variétale minimale de 90 % pour les semences certifiées de variétés hybrides de colza. Actuellement, au stade de la production agricole commerciale, environ 80 % des surfaces françaises de colza sont semées avec des variétés lignées, environ 10 % sont semées avec des variétés hybrides et environ 10 % sont semées avec des associations variétales.⁶

Etant données les pratiques de production de semences, la présence d'impuretés OGM dans des semences non OGM pourrait être un problème si des OGM étaient cultivés à grande échelle en France. Afin de comprendre les mesures à mettre en place pour améliorer les niveaux de pureté des semences, et leurs coûts, il est tout d'abord nécessaire de connaître les pratiques actuelles de production de semences. Les étapes de la production de semences de maïs et de colza sont rappelées dans l'annexe. Les deux sections suivantes présentent les mesures prises actuellement pour le non OGM en production de semences, et le type de mesures qu'il faudrait envisager dans le cas d'une coexistence OGM - non OGM en France. Leur contenu est basé sur les différents entretiens réalisés.

- Mesures actuelles pour le non OGM en production de semences

Les mesures actuelles concernent essentiellement les semences de maïs, pour lequel la demande de pureté exprimée par les opérateurs d'aval a été plus forte. Le cas du maïs est présenté en détail ci-dessous, puis les cas du colza et du soja sont évoqués ensuite.

⁶ Les associations variétales sont composées en général de 80 % d'une lignée mâle stérile et de 20 % d'une lignée pollinisatrice dans la parcelle de l'agriculteur.

Certains opérateurs d'aval (distributeurs, amidonniers, semouliers notamment) ont exprimé aux semenciers des exigences d'absence d'OGM dans les semences de maïs, suite aux incidents sur des pollutions de semences en 2000 (voir encart 2). Les semenciers ont multiplié les audits et ont entrepris d'expliquer qu'il n'était pas possible d'atteindre le zéro absolu. En réaction aux exigences des opérateurs d'aval, la profession semencière a mis en place un programme volontaire visant à maîtriser la teneur en impuretés OGM dans les semences de maïs. L'objectif de ce programme était de rassurer les acheteurs, en l'absence de réglementation européenne. Ce programme définit des procédures mais ne définit pas de seuil autorisé de présence d'OGM. Les procédures sont de deux types. Certaines visent à assurer la ségrégation du non OGM, c'est-à-dire à limiter les possibilités de mélange OGM / non OGM (normes plus strictes sur le précédent cultural, l'isolement des parcelles, l'épuration en cours de végétation). D'autres visent à donner des garanties par la traçabilité ou par des procédures d'échantillonnage et de tests chimiques de contenu non OGM. Ce programme est suivi par tous les semenciers français, chacun ayant défini ses propres procédures d'application du programme. Les principales mesures prises par les semenciers pour le maïs sont détaillées ci-dessous.

En l'état actuel, en l'absence de commercialisation d'OGM en France, les impuretés OGM sur les semences de maïs proviennent essentiellement des semences de base importées (c'est-à-dire des semences issues de la multiplication des parents des hybrides).⁷ Pour les semences de base de maïs, souvent au moins un des parents est d'origine américaine.⁸ Les exigences vis-à-vis des semences importées des Etats-Unis ont augmenté, et les fournisseurs ont répondu par des efforts très significatifs, y compris dans certains cas en déplaçant la production de semences de base des Etats-Unis vers la France. Il reste cependant des cas problématiques, notamment pour des lignées développées à petite échelle pour lesquelles les efforts n'ont pas été aussi importants.

En plus d'exigences plus strictes sur les importations, des plans de contrôle ont été mis en place pour tester l'absence d'OGM dans les semences de maïs. L'effort de contrôle est le plus développé en

⁷ La pollution peut aussi venir d'essais de variétés OGM implantés en France. Les semences de bases sont les lignées parentales de la semence, à partir desquelles on réalise la production de semence commerciale. Pour atteindre une pureté élevée de la semence commerciale, les semenciers adoptent des précautions particulières pour que les semences de base soient le plus pures possible.

⁸ Les statistiques disponibles sur les importations françaises de semences de maïs et de colza sont présentées dans l'annexe, dans la section A.3.2.1. Les importations représentent 9 % des ressources françaises en semences de maïs en 1999/2000 (les ressources étant la somme du stock initial, de la production et des importations). Environ un quart de ces importations provient des Etats-Unis, où des variétés OGM sont cultivées à grande échelle. Dans le cas du colza, les importations représentent seulement 3 % des ressources françaises en semences. Les statistiques ne permettent pas d'évaluer la dépendance des importations pour le marché spécifique des semences de base. Les semences de base représentent des petits volumes, notamment pour le maïs pour lequel le taux de multiplication est élevé, donc les importations totales de semences totales ne permettent pas d'évaluer la dépendance des semences de base.

amont, aux premiers stades de la multiplication des semences. Les épis issus de la création variétale sont analysés par PCR en prenant quelques grains par lignée.⁹ Un épi au stade de la création variétale produit seulement de l'ordre de 250 graines, donc le test est nécessairement effectué sur un échantillon très petit. L'objet du test PCR à ce stade est essentiellement de vérifier que l'on n'est pas en présence d'une plante entièrement OGM. En revanche, le test ne permet pas de déterminer statistiquement la probabilité qu'aucun des grains non testés de l'épi ne soit OGM suite à une fécondation par du pollen OGM extérieur. Or, comme les grains non testés seront ensuite multipliés de nombreuses fois au cours de la production de semences, les répercussions d'un grain non détecté au stade de la recherche seraient importantes. Des analyses PCR sont également effectuées après multiplication des semences de base, et enfin après production des semences hybrides.

De plus, certains producteurs de semences pratiquent une ségrégation de lots de semences qui sont issues de lots différents de semences de base d'une même variété. Autrement dit, ils choisissent de considérer les deux lots issus de semences de bases de lots différents comme s'il s'agissait de deux variétés différentes. Ceci a pour objectif d'éviter de mélanger les deux lots avant les résultats d'analyses de contenu OGM sur ces lots, donc d'éviter le risque de mélange éventuel d'un lot non OGM avec un lot avec présence fortuite d'OGM à un seuil non acceptable. Cette procédure est relativement lourde, et conduit pour le semencier à des contraintes plus fortes dans la gestion de ses équipements.

Dans le cas du colza et du soja, des procédures d'assurance qualité du même ordre ont été mises en place, avec un nombre d'analyses plus faible. Comme le colza et le soja OGM ne sont pas autorisés à la culture en France, il est nécessaire d'obtenir une absence de détection de traces d'OGM dans les semences.

En l'état actuel, la production de semences non OGM en France a donc engendré un coût malgré l'absence de cultures OGM à grande échelle. Le coût total (que nous n'avons pas tenté de chiffrer) comprend des coûts de garantie (analyses PCR, éventuellement investissements en équipements de laboratoire pour réaliser ces analyses, définition de procédures d'assurance qualité, définition et application du cahier des charges non OGM), et des coûts de ségrégation (coût pour garantir la pureté non OGM des semences de base importées, ou éventuellement relocaliser leur production en France ; coût de ségrégation entre lots, coût de déclassement des lots).

⁹ Le test PCR (Polymerase Chain Reaction) est un test de laboratoire utilisé pour détecter l'ADN modifié en multipliant des sections cibles d'une molécule d'ADN.

- Comment conserver une pureté non OGM des semences en cas de diffusion commerciale de variétés OGM en France

• Contrôle de la pollinisation croisée

En cas de diffusion commerciale des OGM en France, un problème majeur serait de limiter la présence d'impuretés OGM résultant de la pollinisation des semences non OGM par du pollen OGM. Ainsi, nous avons vu qu'une des mesures actuelles est de rapatrier la production de certaines semences de base non OGM vers la France, pour assurer un environnement pollinique non OGM. Ceci deviendrait impossible en cas de diffusion commerciale des OGM en France, sauf s'il existait de grandes zones non OGM en France. La possibilité de pollinisation OGM existerait également au stade de la production de semence commerciale. Plusieurs types de solutions existent a priori pour limiter la pollinisation par du pollen OGM et conserver une pureté non OGM très élevée des semences, en cas de culture d'OGM à grande échelle en France.¹⁰

1) Tout d'abord, plusieurs procédures sont envisageables pour augmenter la pureté des semences sans augmenter significativement le décalage spatial (zonage) ou le décalage temporel (décalage dans la floraison) entre variétés OGM et non OGM. Il s'agit en fait de renforcer des procédures déjà utilisées pour la production de semences (ce qui est d'ailleurs déjà réalisé en partie par la profession semencière dans le cas du maïs) : augmentation du nombre de bordures mâles, du nombre de rangs mâles alternés avec des rangs femelle, de l'isolement des parcelles, de l'épuration en cours de végétation, du triage des épis. Ces procédures permettent d'augmenter la pureté des semences, mais elles ne permettent pas une absence totale d'impuretés OGM. En effet, l'augmentation de l'isolement sans recours à de grandes zones non OGM n'empêche pas l'arrivée de pollen étranger sur la parcelle, car le pollen peut voyager sur de grandes distances. Ces distances sont variables selon les espèces, et plus faibles pour le maïs que pour le colza. Si certains des grains d'une plante de la variété non OGM souhaitée étaient pollinisés par du pollen OGM provenant de l'extérieur du champ, ces grains n'apparaîtraient pas comme aberrants et ne seraient donc pas détectés de visu. Or, seuls les épis aberrants sont éliminés au cours de l'épuration et du triage. Ces procédures qui excluent le zonage ou un décalage significatif des dates de floraison OGM / non OGM sont donc imparfaites.

2) Une autre possibilité pour limiter la pollinisation par du pollen OGM consisterait à définir de vastes territoires sans OGM. Il s'agirait de zones entièrement semées avec des variétés non OGM. La zone située en bordure serait une zone tampon, susceptible de recevoir du pollen OGM de l'extérieur. Elle ne serait donc pas nécessairement destinée à la production de semences non OGM. Il y a lors deux arguments pour définir de grandes zones : plus l'exigence de pureté est forte, plus les zones tampon doivent être grandes ; et les zones tampons seront mieux amorties si elles servent à protéger une surface plus grande pour la production non OGM. Ces zones devraient être très grandes pour que la

¹⁰ Sur les questions liées au contrôle de la pollinisation croisée voir également Angevin et al. (2001).

probabilité de pollution par du pollen extérieur soit très faible, surtout dans les zones avec forte présence de maïs consommation, donc masse pollinique très importante (sud-ouest notamment).

Dans de nombreux cas, ceci supposerait d'agrandir considérablement la taille des îlots de production de semences (certains ont actuellement une surface de quelques hectares seulement), avec deux conséquences :

- Dans un îlot de production de semences, il n'est pas possible de mélanger les mâles, car il y aurait des problèmes de pureté si un champ de production de semences était pollinisé par un mâle différent d'un champ de production de semences voisin. Les petits îlots sont souvent utilisés pour produire des variétés peu développées. Produire des semences non OGM uniquement dans des grands îlots compliquerait donc la production de variétés non OGM à petite échelle.

- La concertation entre les agriculteurs concernés pour définir l'îlot serait plus difficile qu'actuellement. A priori, il serait possible de s'appuyer sur la loi française de 1972 qui instaure la possibilité de définir des zones protégées de production de semences dans lesquelles l'autorité administrative peut réglementer, limiter ou interdire la production de certaines espèces (voir annexe A.1.3), en interdisant au titre de cette loi la culture commerciale d'OGM dans l'îlot. Mais l'application de cette loi en agrandissant la taille de la zone protégée pourrait être très difficile en cas de désaccord marqué d'un grand nombre d'agriculteurs de cette zone.

3) Enfin, une dernière possibilité pour limiter la pollinisation par du pollen OGM consisterait à s'appuyer sur un décalage des périodes de floraison des variétés OGM et non OGM (méthode déjà utilisée en partie augmenter la pureté des semences). Il semble très difficile d'augmenter la maîtrise de la pureté par ce biais. En effet, le semencier n'a pas la maîtrise des dates de floraison dans les parcelles voisines des parcelles de production de semences. Garantir une maîtrise de la pureté non OGM par un décalage de floraison supposerait alors un décalage significatif par rapport à la période habituelle. Or il en résulterait une diminution significative du rendement, et une augmentation significative du risque de production. Le décalage significatif des dates de floraison semble a priori extrêmement difficile à mettre en place (les acteurs interrogés le considèrent irréalisable en pratique).

En cas de coexistence d'OGM et de non OGM sur le territoire français, différentes procédures de ségrégation sont donc envisageables a priori pour limiter l'arrivée de pollen OGM sur des plantes destinées à la production de semences non OGM, mais certaines sont imparfaites, d'autres sont difficiles à mettre en place. L'efficacité d'un ensemble donné de procédures varierait selon les cas, par exemple en fonction de la disposition des parcelles OGM et non OGM à proximité de la parcelle de production de semences, du vent, des barrières naturelles. Il est difficile de savoir a priori, et de manière générale, quelles procédures permettraient de respecter les seuils actuellement envisagés par la Commission Européenne pour la production de semences, et à quels coûts. Il est seulement possible, à ce stade, d'affirmer que la production de semences non OGM deviendrait extrêmement compliquée

en cas de coexistence en France d'une filière OGM et d'une filière non OGM de taille significative, s'il était nécessaire de respecter les seuils très faibles envisagés actuellement.

• **Autres coûts additionnels en cas de coexistence OGM - non OGM**

En cas de coexistence OGM / non OGM en France, en plus des coûts liés aux procédures de maîtrise de la pollinisation, les producteurs de semences non OGM devraient également faire face à des coûts de ségrégation des variétés OGM et non OGM en usine de conditionnement. Ces coûts seraient du même type que les coûts présentés plus loin pour les organismes stockeurs. De plus, les coûts de garantie augmenteraient très vraisemblablement par rapport à la situation actuelle (augmentation du nombre de tests et/ou alourdissement des procédures d'assurance qualité).

b. Les coûts liés à la coexistence OGM / non OGM sur l'exploitation agricole

Pour un agriculteur choisissant de cultiver du maïs ou du colza non OGM, une présence fortuite d'OGM dans les semences utilisées conduirait nécessairement à une présence fortuite d'OGM dans la récolte. Des mélanges entre OGM et non OGM pourraient également se produire sur l'exploitation agricole au moment du semis, de la période de croissance de la plante, de la moisson ou du stockage sur la ferme. On peut anticiper que les coûts de nettoyage du semoir, de la moissonneuse, des engins de transport et des équipements de stockage sur la ferme du matériel seraient faibles.¹¹ La question principale qui se pose au stade de l'exploitation agricole est de savoir s'il serait nécessaire de mettre en œuvre des mesures visant à limiter la pollinisation par du pollen OGM.

Pour limiter la présence d'impuretés OGM dues à la pollinisation, il serait nécessaire de suivre des procédures du même type que celles qui ont été présentées dans le cas de la production de semences (récolter à part les rangs en bordure de champ, veiller à l'isolement des champs, recourir à un zonage ou à un décalage dans le temps de la floraison OGM / non OGM). Comme pour le cas de la production de semences, il est difficile de connaître les procédures qui seraient nécessaires pour atteindre un seuil faible de présence fortuite d'OGM (inférieur à 1%), notamment de savoir s'il serait nécessaire ou non de recourir à un zonage de la production, et quelle serait la taille nécessaire pour les zones non OGM ; et l'efficacité d'un ensemble donné de procédures varierait selon les cas. Le Bail et al. (2001) présentent des résultats de simulations obtenus à partir d'un modèle de dissémination du pollen

¹¹ Dans une étude menée sur le cas des Etats-Unis, Bullock, Desquilbet et Nitsi (2000) calculent les coûts de différentes options de nettoyage du semoir et de la moissonneuse dans le cas du soja américain, en se basant sur des résultats d'études expérimentales. Selon leur étude, les coûts pour nettoyer le semoir et la moissonneuse de manière à obtenir une pureté d'au moins 99,8% sont faibles, de l'ordre de 15 dollars (un peu plus de 100 francs) pour nettoyer le semoir, et 10,5 dollars (environ 75 francs) pour nettoyer la moissonneuse, en incluant une estimation du coût en travail, soit au total un coût équivalent à environ 0,06 dollars (environ 50 centimes) par tonne pour une exploitation typique du Midwest. Il resterait à faire une investigation analogue dans le cas du maïs et du colza en France.

développé par Angevin et al. (2001), permettant de simuler des conditions climatiques et agronomiques réelles de production de maïs. Selon leurs résultats, pour deux parcelles contiguës de maïs consommation de même taille, l'une étant semée avec une variété OGM et l'autre avec une variété non OGM, il serait possible de rester en deçà du seuil de 1 % soit en respectant une distance de 100 m entre les champs, soit en respectant un décalage de floraison de 50°j équivalent à environ quatre jours pour des températures moyennes de juillet dans le bassin parisien. Il n'existe pas à notre connaissance de résultats analogues dans le cas du colza (la distance serait sans doute supérieure car la dissémination du pollen de colza est plus grande).

Comme en production de semences, il semble a priori extrêmement difficile d'organiser un décalage significatif des périodes de floraison OGM et non OGM, en raison des pertes de rendement et des risques de production qui en résulteraient. Concernant le zonage, à la différence de la production de semences, il n'existe pas de cadre réglementaire sur lequel appuyer la définition de grandes zones d'isolement sans culture de maïs ou de colza OGM sur des kilomètres. En l'absence d'un tel cadre réglementaire, la mise en place et l'administration de ces zones devraient s'appuyer exclusivement sur une concertation entre tous les acteurs de la zone. La structure du parcellaire étant très fragmentée en France, il faudrait une coordination entre un grand nombre d'agriculteurs. Il semble possible d'aboutir à cette concertation dans le cas d'un maintien du contexte actuel où les OGM sont fortement rejetés et connaissent des problèmes de débouchés. En revanche, si le contexte évoluait vers une coexistence de débouchés OGM et non OGM, il serait plus difficile de convaincre des agriculteurs ayant un intérêt économique à adopter des variétés OGM de ne pas le faire. La mise en place de cette coordination peut être aidée par le rôle des organismes stockeurs qui peuvent donner des incitations aux agriculteurs pour participer à une zone non OGM, via des contrats de production pour le non OGM incluant des primes.

Il ressort des entretiens réalisés que les organismes stockeurs n'excluent pas des stratégies de spécialisation de leurs propres points de collecte en refusant l'OGM à certains points de collecte. Cependant, les acteurs interrogés s'accordent pour juger qu'il serait très difficile de parvenir à une concertation des différents collecteurs d'une zone pour définir cette zone comme non OGM, dans un contexte avec des débouchés pour de l'OGM. A priori, les acteurs envisagent donc de telles stratégies de zonage uniquement pour leurs propres outils de collecte. Dans ce contexte, les agriculteurs souhaitant cultiver de l'OGM pourraient passer à la concurrence si un collecteur voisin acceptait l'OGM. Les acteurs interrogés n'envisagent donc pas de refuser l'OGM qui serait cultivé autour d'un point de collecte non OGM, mais plutôt de le dévier vers un autre point de collecte (selon le maillage entre les points de collecte de l'organisme stockeur, soit l'agriculteur irait livrer un peu plus loin au moment de la récolte, soit sa récolte serait enlevée par une société ou l'organisme stockeur lui-même). De plus, les acteurs interrogés jugent également qu'il serait nécessaire d'accorder des primes aux agriculteurs situés autour des points de collecte non OGM pour qu'ils acceptent de renoncer à l'OGM, si l'OGM présente un avantage au niveau économique.

En conclusion, il semble que l'on puisse anticiper que l'essentiel des coûts de ségrégation OGM - non OGM seraient des coûts pour limiter la pollinisation de variétés non OGM par du pollen OGM. Il est difficile en l'état actuel de savoir quels taux de pureté non OGM pourraient être atteints en l'absence de zonage. Comme pour la production de semences, il serait possible de limiter la pollinisation OGM par création de zones non OGM. Cependant, la mise en place de telles zones exigerait une coordination lourde entre acteurs (contrats entre l'organisme stockeur et les agriculteurs avec prime pour la production non OGM, accords entre organismes stockeurs). Les personnes interrogées étaient généralement très sceptiques sur cette possibilité.¹²

c. Les coûts liés à la coexistence OGM / non OGM au stade de la collecte et du stockage

- Mesures prises actuellement sur le non OGM

Actuellement, dans le cas du maïs, certains clients des organismes stockeurs (amidonniers et semouliers essentiellement) souhaitent garantir l'absence d'OGM dans leurs produits. En l'absence de diffusion commerciale d'OGM en France, l'essentiel des coûts encourus par un organisme stockeur pour livrer du maïs certifié non OGM consiste en des coûts de garantie, tandis qu'il n'y a que peu de coûts de ségrégation.

Les coûts de garantie comprennent des coûts d'analyses et des coûts de coordination verticale (c'est-à-dire de coordination entre acheteurs et vendeurs le long de la chaîne). Ainsi, les organismes stockeurs réalisent ou commandent à un laboratoire des analyses de contenu OGM sur les semences qu'ils fournissent aux agriculteurs via leur branche d'approvisionnement. Au moment de la livraison, ils demandent à l'agriculteur de fournir un document garantissant que la semence a été achetée via leur branche d'approvisionnement, ou de donner le nom de leur fournisseur et une preuve d'achat sur la semence achetée. Dans certains cas, des échantillons sont prélevés chez les agriculteurs qui n'ont pas acheté la semence chez l'organisme stockeur à qui ils livrent leur collecte. Ces échantillons sont prélevés au cours de la période de croissance du maïs, afin de réaliser des analyses de contenu OGM avant le moment de la collecte. Le coût correspondant (personnel, analyses) peut être facturé à ces agriculteurs.

Il y a également pour l'organisme stockeur un coût d'investissement dans des procédures d'assurance qualité (notamment pour mettre en place les procédures à suivre dans le cas où il est nécessaire de traiter à part une parcelle OGM ou une parcelle à risque). Deux cas de figure ont été exposés au cours des entretiens concernant les relations entre organismes stockeurs et transformateurs. Dans un cas, l'acheteur vient faire une reconnaissance de lots au niveau cellule chez l'organisme

¹² Il s'agit notamment de cinq responsables de la collecte dans des organismes stockeurs, et de personnes spécialistes de la production de semences

stockeur et prélève un échantillon sur lequel il fait réaliser une analyse de contenu OGM. Si cet échantillon lui convient, il fait appel spécifiquement à ce lot au moment de l'expédition. Dans l'autre cas, le client s'en remet à l'organisme stockeur pour lui expédier des lots non OGM, après un audit jugé satisfaisant des procédures d'assurance qualité de cet organisme stockeur.

Enfin, même en l'absence de diffusion commerciale d'OGM, certains organismes stockeurs encourent déjà des coûts de ségrégation proprement dite. Ainsi, certains organismes stockeurs ont choisi d'adapter leur logistique pour séparer le maïs non OGM certifié du reste du maïs - pouvant être non OGM mais n'entrant pas dans un circuit de certification (parce que l'agriculteur ne souhaite pas fournir de certificat sur sa semence, ou parce qu'il est localisé à proximité d'un essai OGM par exemple). Dans ce cas, les producteurs qui ne livrent pas du non OGM certifié (qui sont actuellement largement minoritaires) reçoivent des consignes particulières pour la livraison. Par exemple, la récolte est enlevée chez l'agriculteur par camion puis acheminée vers un séchoir et un silo dédiés, qui ne sont pas nécessairement les équipements les plus proches de cet agriculteur.

- Coûts potentiels pour les organismes stockeurs, en cas de coexistence OGM - non OGM

• Coûts de ségrégation

Le coût majeur de ségrégation au stade des organismes stockeurs proviendrait sans doute de la nécessité de spécialiser certains équipements pour l'OGM et d'autres pour le non OGM, pour être en mesure de collecter et stocker séparément de l'OGM et du non OGM.

La logistique de la collecte et du stockage de la graine chez l'organisme stockeur est rappelée dans l'annexe. Les installations des sites de stockage consistent en général en un ou plusieurs circuits allant de la fosse de réception à un élévateur, puis à des tapis roulants et un séchoir ou des cellules de stockage. Les graines sont souvent collectées à des sites de proximité, où elles sont stockées temporairement avant d'être amenées vers des sites de stockage final. En cas de coexistence d'OGM et de non OGM, il serait nécessaire de dédier certaines cellules de stockage à l'OGM et d'autres au non OGM. Il faudrait sans doute également spécialiser d'autres équipements (fosses de réception, élévateurs, tapis roulants, séchoirs) pour l'OGM ou pour le non OGM, pour éviter des présences accidentelles de graines OGM dans la filière non OGM. En effet, ces équipements sont conçus pour rester "raisonnablement" propres, mais ils ne sont pas conçus pour rester sans la moindre graine.¹³

¹³ Il faudrait très peu de mélanges au stade des organismes stockeurs pour parvenir au seuil très faible de 1 % de présence fortuite d'OGM par ingrédient dans les produits de la filière non OGM. Le nettoyage complet des équipements peut être long et coûteux. Il est en général réalisé seulement une fois par an, en dehors des périodes de collecte. Il n'existe a priori pas de données expérimentales permettant d'évaluer les taux d'impureté qui pourraient résulter du mélange avec des graines restées dans les équipements. Il semble que les mélanges au niveau du séchoir seraient trop importants pour garantir une pureté très élevée du maïs non OGM, en cas

Plusieurs types de spécialisation peuvent être envisagés a priori. L'encart ci-dessous présente trois types de spécialisation qui ont été évoqués au cours des entretiens, en détaillant dans chaque cas les contraintes supplémentaires dues à la double filière :

- certains équipements spécialisés OGM et d'autres équipements spécialisés non OGM à chaque point de collecte de proximité, pour toute la période de collecte ;
- une spécialisation OGM ou non OGM par points de collecte de proximité pour toute la période de collecte ;
- une spécialisation OGM ou non OGM pendant une partie de la collecte uniquement.

La logique est identique dans ces trois cas. En général, les équipements actuels de l'organisme stockeur ne sont pas adaptés pour stocker, déplacer et sécher deux types de maïs ou de colza. Or, le passage de la situation actuelle avec uniquement du non OGM en France à une situation avec coexistence d'une filière avec OGM et d'une filière non OGM exigerait de stocker deux types de maïs ou de colza séparément. De plus, en raison de l'exigence forte sur le niveau de pureté du non OGM, il serait sans doute nécessaire de déplacer et sécher ces deux types de maïs ou de colza dans des équipements spécialisés. Deux solutions extrêmes s'offriraient alors à l'organisme stockeur.

- La première serait d'utiliser les équipements existants en les spécialisant dans l'une des deux filières. Il en résulterait une perte dans la flexibilité avec laquelle ces équipements peuvent être utilisés. Cette perte de flexibilité se traduirait par des surcoûts logistiques, avec des coûts additionnels pour chacune des deux filières. Des exemples de tels surcoûts sont donnés dans l'encart ci-dessous. Ainsi, les livraisons de certains agriculteurs devraient peut-être être transportées plus loin pour trouver un silo acceptant leurs graines. De plus, certains organismes stockeurs devraient supporter des surcoûts logistiques pour assurer la rotation des camions entre leurs silos de stockage de proximité et leurs silos de stockage principal. Le même type de coût additionnel pourrait être attendu concernant le transport des graines jusqu'à l'usine de transformation.

- La seconde solution serait d'acheter de nouveaux équipements, avec un coût d'investissement. A court terme, cependant, il ne faut sans doute pas attendre d'investissement massif avec un changement radical des infrastructures existantes, en raison du coût élevé de certains équipements.

Les solutions adoptées seraient sans doute situées entre ces deux extrêmes, et varieraient sans doute selon les organismes stockeurs en fonction de la configuration physique de leurs équipements (rapprochement géographique entre les différents points de collecte intermédiaire ; nombre de circuits séparés pour déplacer, sécher et stocker des graines à chaque point de collecte). De plus, certains organismes stockeurs pourraient gérer les deux filières à des coûts plus faibles que d'autres.

d'alternance du séchage de maïs OGM et non OGM sans précaution particulière. Ainsi, Le Bail et Choimet (2001) citent un chiffre de 2 à 3 % de grains pouvant rester dans un séchoir après passage d'un lot et se mêler au lot suivant.

Encart 3. Différents cas de figure envisagés pour la spécialisation des équipements des organismes stockeurs dans les filières OGM et non OGM

1. Équipements spécialisés OGM et équipements spécialisés non OGM à chaque point de collecte, sur l'ensemble de la période de collecte

Dans ce cas de figure, des équipements différents seraient alloués à l'OGM et au non OGM à chaque point de collecte de proximité. Il y aurait donc une collecte simultanée d'OGM et de non OGM à chacun de ces points de collecte. Il en résulterait deux contraintes de capacité distinctes pour chaque culture à chaque point de collecte, une pour la filière OGM et une pour la filière non OGM (au lieu d'une contrainte de capacité totale dans la situation actuelle).

- Selon la configuration physique actuelle de ces points de collecte (en particulier, nombre de circuits séparés pour déplacer les graines jusqu'aux cellules de stockage, et nombre de cellules de stockage), il faudrait ou non investir dans des installations supplémentaires (cellules de stockage supplémentaires, murs de béton supplémentaires aux endroits où la collecte est en tas) pour permettre la coexistence des deux filières.

- La séparation physique OGM - non OGM serait plus facile dans le cas du maïs que dans le cas du colza. En effet, le maïs est la seule culture récoltée en octobre - novembre, alors que la récolte du colza chevauche la fin de la récolte de l'orge et le début de la récolte du blé. Dans le cas du colza, certaines cellules de stockage aux points de collecte de proximité et certains camions assurant le transport des graines jusqu'aux sites de stockage final sont donc occupés par l'orge ou le blé, il y a moins de capacité disponible pour traiter séparément colza OGM et colza non OGM.

Il pourrait en résulter des surcoûts logistiques de plusieurs ordres, pour coordonner le transport des graines des sites de stockage de proximité aux sites de stockage principal. Ainsi, dans le cas d'un transport assuré par camion, il y aurait deux types de coûts :

- coût pour nettoyer les camions entre un chargement OGM et un chargement non OGM, ou assurer les rotations entre sites de stockage de proximité et sites de stockage principal en dédiant certains camions à l'OGM et d'autres au non OGM ;

- coût pour adapter le rythme des rotations de camions au rythme de remplissage des cellules de stockage de proximité pour chacune des deux filières : en achetant ou en louant de nouveaux camions ; ou en investissant dans des capacités de stockage supplémentaires pour diminuer les contraintes sur les rotations des camions.

Selon leur configuration physique, soit les sites de séchage et de stockage principal gèreraient également OGM et non OGM en simultané avec spécialisation des équipements, soit ces sites seraient dédiés à l'une des deux filières (dans ce cas les surcoûts logistiques comprendraient également un parcours de distances supplémentaires par les camions entre les points de collecte de proximité et les sites de stockage principal).

2. Certains points de collecte de proximité spécialisés OGM et d'autres spécialisés non OGM, sur l'ensemble de la période de collecte

Dans ce cas de figure, certains sites collecteraient uniquement du non OGM. D'autres sites collecteraient de l'OGM, et éventuellement du non OGM qui serait mélangé avec l'OGM. La filière non OGM serait réservée en priorité aux agriculteurs situés autour des points de collecte non OGM.

L'organisme stockeur n'accepterait pas l'OGM à tous ses points de collecte de proximité. Il courrait alors le risque qu'un client non satisfait des conditions de collecte passe à la concurrence. Pour garder les agriculteurs cultivant de l'OGM autour des points de collecte non OGM, il y aurait un surcoût logistique pour dévier leur récolte vers un point de collecte OGM. Les agriculteurs pourraient aller livrer eux-mêmes au point de collecte OGM s'il était suffisamment proche. Cependant, le maillage des points de collecte d'un organisme stockeur est souvent assez lâche, avec des distances de l'ordre de dix kilomètres. Or, un trajet plus long des tracteurs jusqu'aux points de collecte est problématique au moment de la récolte, s'il est nécessaire d'arrêter la récolte dans les champs en attendant le retour de

ces tracteurs (l'agriculteur courant alors le risque d'un passage du beau temps au mauvais temps donc d'un retard encore plus grand dans la récolte, d'une perte de rendement, d'une mauvaise structure du sol pour la culture suivante). En cas de distance trop grande entre les points de collecte, l'organisme stockeur ou une société pourrait se charger d'enlever la récolte OGM chez l'agriculteur pour la dévier vers un point de collecte OGM.

Différents critères ont été mis en avant dans les entretiens pour le choix des points de collecte non OGM dans ce cas de figure :

- la distance avec un autre point de collecte de l'organisme stockeur ;
- la structure des exploitations situées autour du point de collecte (avec en priorité des grandes exploitations pour diminuer le nombre d'agriculteurs avec lesquels une coordination est nécessaire, et de grandes parcelles pour limiter les problèmes liés à la pollinisation croisée) ;
- les relations commerciales avec les agriculteurs situés autour du point de collecte (le choix se portera en priorité vers des zones où l'organisme stockeur a des liens rapprochés avec les agriculteurs, notamment où les agriculteurs achètent la semence à l'organisme stockeur) ;
- l'intensité de la concurrence avec les autres organismes stockeurs (dans une zone où la concurrence est faible, le risque de voir des producteurs changer de collecteur parce qu'ils ne sont pas satisfaits des conditions de collecte proposées serait faible).

3. Spécialisation des équipements pendant une partie de la période de collecte uniquement

Dans ce dernier cas, un même équipement serait utilisé successivement pour de l'OGM et du non OGM. Il faudrait alors :

- nettoyer l'équipement avant utilisation pour le non OGM (mais cela supposerait une pause dans l'utilisation de l'équipement pouvant aller jusqu'à plusieurs jours, ce qui serait très problématique en période de collecte) ;
- ou "rincer" l'équipement avec du non OGM, c'est-à-dire diriger les premiers volumes non OGM, susceptibles d'être mélangés avec les grains OGM restant dans l'équipement, vers la filière avec OGM. Avec cette méthode, une partie des volumes non OGM livrés par les agriculteurs serait donc finalement mélangée avec de l'OGM.

Comme nous l'avons déjà évoqué, il est très difficile de convaincre les agriculteurs livrant à la récolte de retarder la récolte, en raison des risques encourus en cas de mauvais temps. En général un agriculteur a un décalage de huit à dix jours au maximum entre la première et la dernière parcelle de maïs récoltées. Pour le colza, le décalage est encore plus court. Il semblerait donc extrêmement difficile de convaincre les agriculteurs de livrer leur culture dans une filière donnée seulement lors d'une période donnée.

Une autre solution consisterait à recourir au stockage chez les agriculteurs pour une des deux filières. Ce cas de figure est étudié en détail par Le Bail et Choimet (2001), qui relèvent deux contraintes : la contrainte de volume imposée par cette solution (la capacité de stockage chez les agriculteurs définit le volume maximal de l'une des deux filières) et les problèmes de qualité (les pertes de qualité peuvent être plus importantes au cours du stockage sur l'exploitation qu'au cours du stockage chez l'organisme stockeur).

• Coûts de garantie

En plus des coûts de ségrégation liés à la nécessité de déplacer, sécher et stocker à part l'OGM et le non OGM, la coexistence OGM - non OGM conduirait à une augmentation des coûts de garantie. En effet, l'organisme stockeur devrait être certain du contenu non OGM d'une remorque d'un agriculteur avant de la décharger dans une cellule de stockage dédiée au non OGM. De plus, il serait souhaitable pour lui d'être en mesure d'estimer les volumes respectifs des deux filières avant le moment de la

récolte, pour organiser la logistique de la récolte et la recherche des clients pour les deux types de produits (non OGM certifié ou avec OGM).

L'organisme stockeur pourrait passer un contrat avec l'agriculteur spécifiant des pratiques de production (achat d'une semence non OGM, contrôle des cultures cultivées dans les champs voisins, nettoyage des engins agricoles), et vérifier l'application de ce contrat, éventuellement prélever des échantillons pour réaliser des tests de contenu OGM avant la récolte. Il y aurait alors un coût de mise en place de ces contrats et de vérification du respect des contrats.

Il pourrait également, soit de manière alternative, soit en complément, tester le contenu OGM de l'échantillon prélevé lors de sa livraison par l'agriculteur. Des tests rapides déjà disponibles sur le marché permettent d'analyser le contenu OGM en dix à quinze minutes pour du soja ou certaines variétés de maïs (Bullock et al., 2000). Il s'agit de tests qui requièrent un équipement minimal et peuvent être réalisés n'importe où. Ce sont des tests qualitatifs, donnant une réponse oui/non (présence ou absence des OGM ciblés par le test dans l'échantillon). En cas de test OGM au moment de la livraison, il serait nécessaire d'attendre le résultat du test avant de décharger les graines. Il faudrait alors augmenter le nombre d'employés présents au moment de la réception, pour réaliser les tests OGM au plus vite et éviter une désorganisation de la réception. Si la livraison a lieu directement à la récolte, une attente plus longue du tracteur au point de collecte en raison des tests OGM est problématique, s'il est nécessaire d'arrêter la collecte dans les champs en attendant le retour d'un tracteur. L'agriculteur ou l'organisme stockeur devrait alors peut-être louer ou acheter des tracteurs ou des camions supplémentaires.

d. Les coûts liés à la coexistence OGM / non OGM au stade de la transformation

Le stade de la transformation n'a pas fait l'objet d'entretiens spécifiques pour des raisons de temps. Dans la situation actuelle, les OGM sont exclus de l'alimentation humaine et de certains débouchés en alimentation animale dans des filières de qualité, tandis qu'il sont acceptés dans le reste de l'alimentation animale et dans les débouchés industriels. Les transformateurs refusant le non OGM ont déjà mis en place de procédures pour contrôler les lots non OGM. Les coûts qu'ils subissent sont essentiellement des coûts de garantie pour s'assurer de l'absence d'OGM. Certains subissent également des coûts de ségrégation, essentiellement dans le cas du soja en raison de l'importance des importations OGM.

La situation actuelle est donc une segmentation des débouchés OGM - non OGM en fonction des utilisations, certains utilisateurs acceptant les OGM et d'autres non. Cette situation pourrait se prolonger dans un scénario de diffusion des OGM dans l'UE. Il pourrait également y avoir coexistence OGM - non OGM dans deux autres scénarios : une segmentation par destination, certains pays de l'UE acceptant les OGM et d'autres non ; et un doublement de gamme pour certains produits (avec une gamme avec OGM et une gamme non OGM).

Pour déterminer l'importance éventuelle des coûts de ségrégation, il faudrait tout d'abord réaliser une analyse détaillée des débouchés des produits et co-produits de la transformation pour chaque type d'usine. Ceci permettrait de déterminer dans quels scénarios l'usine participerait aux deux filières, auquel cas il y aurait un coût pour assurer la ségrégation dans l'usine, et dans quels scénarios elle participerait à une seule des deux filières, auquel cas il n'y aurait pas de coût de ségrégation dans l'usine. Il y aurait alors différents cas possibles dans le cas d'une participation aux deux filières : usine dédiée (mais le nombre d'usines est faible pour chaque type de transformation), nettoyage des équipements entre OGM et non OGM, ou "rinçage" des équipements en faisant passer du non OGM après de l'OGM. Une connaissance technique des procédés de transformation serait nécessaire pour étudier ces cas.

1.3. Conclusion partielle

La section précédente a détaillé les types de coûts liés à la coexistence OGM - non OGM, de la production de la semence à la production du produit transformé, en distinguant les coûts supportés actuellement et les coûts additionnels que l'on peut anticiper en cas de diffusion des OGM en France. Les coûts qui seraient liés à la nouvelle segmentation par diffusion des OGM en France¹⁴ peuvent être séparés en deux grandes catégories :

- Des coûts de ségrégation, pour maintenir à tous les stades une séparation physique des produits des deux filières, en garantissant une pureté très élevée pour le non OGM. D'après ce qui précède, il semble que l'on peut anticiper principalement deux types de coûts de ségrégation :
 - des coûts pour éviter la pollinisation de cultures non OGM par du pollen OGM, aux stades de la production de semences et de la production agricole
 - des coûts liés à une perte de flexibilité dans l'utilisation de certains équipements, en raison de leur spécialisation dans l'une ou l'autre des deux filières, aux stades de la collecte et du stockage, du transport, éventuellement de la transformation ; et des coûts d'investissement dans de nouveaux équipements
- Des coûts de garantie, pour assurer un acheteur de la filière non OGM que le contenu de son produit est bien non OGM au seuil de tolérance accepté :

¹⁴ En cas de diffusion des OGM en France, il y aurait une nouvelle segmentation aux stades de la production de semences, de la production agricole et de la collecte et du stockage, avec deux filières (avec OGM et non OGM) là où actuellement il n'en existe qu'une (non OGM). Comme il est expliqué précédemment, la diffusion des OGM en France pourrait également conduire à une nouvelle segmentation pour certaines industries de transformation, mais pas nécessairement. En effet, il existe déjà une segmentation selon les débouchés entre une filière avec OGM importés et une filière non OGM (non OGM pour l'alimentation humaine et certaines filières de qualité en alimentation animale, avec OGM pour le reste de l'alimentation animale et les débouchés industriels).

- tests de contenu non OGM
- mise en place de contrats spécifiant des procédures de ségrégation entre acheteurs et vendeurs, vérification du respect de ces contrats
- coûts internes de mise en place de procédures d'assurance qualité.

Plusieurs questions se posent alors, à savoir, quelle serait l'importance de ces coûts, comment ils varieraient en fonction du taux de diffusion des OGM, et comment ces coûts seraient partagés entre les différents acteurs et entre les deux filières (avec OGM ou non OGM). Il n'y a pas de tentative pour quantifier ces différents coûts dans le cadre de cette étude. En revanche, la partie suivante présente des résultats préliminaires obtenus à partir d'un modèle de simulation sur la répartition des coûts liés à la coexistence des OGM entre les différents acteurs.

2. Répartition potentielle des coûts liés à la coexistence des deux filières entre les différents acteurs: un modèle de simulation

Cette partie présente les résultats préliminaires d'un modèle de simulation développé pour comprendre les effets de la diffusion des OGM et de la séparation des deux filières (avec OGM et non OGM) sur les différents acteurs. Ce modèle utilise les enseignements de l'analyse qualitative qui précède sur les types de coûts liés à la segmentation, en posant des hypothèses ad hoc sur les niveaux de ces coûts.

Ce modèle est appliqué au cas du colza dans l'Union Européenne et le reste du monde.¹⁵ Trois groupes d'acteurs sont distingués : les producteurs agricoles, les stockeurs/transformateurs (considérés comme un acteur agrégé) et les consommateurs. Par mesure de simplification, les organismes stockeurs et les transformateurs sont agrégés en un unique acteur et le produit de la transformation du colza est ramené en équivalent colza sans distinguer les différents produits de transformation. Le modèle comprend donc deux marchés liés verticalement, le marché du colza au stade agricole (colza vendu par les agriculteurs et acheté par les stockeurs/transformateurs) et le marché du colza transformé (colza vendu par les stockeurs/transformateurs et acheté par les consommateurs).

L'intérêt de ce modèle est de prendre en compte l'hétérogénéité de ces différents groupes. Au stade agricole, il est supposé que différents agriculteurs ont des gains différents s'ils adoptent des variétés OGM, et des coûts différents dans le cas où ils décident de maintenir l'identité non OGM de leur colza. Les différents stockeurs/transformateurs ont des coûts de stockage et transformation différents, et des coûts de maintien d'identité non OGM différents. Les consommateurs ont des préférences différentes envers l'OGM et le non OGM. L'objectif de ce modèle à deux stades avec des groupes hétérogènes est d'examiner de manière détaillée qui gagne et qui perd dans chaque groupe pour différents scénarios d'introduction de coexistence OGM / non OGM. Les simulations montrent que les effets de la diffusion des OGM et de la segmentation des filières avec OGM et non OGM peuvent être très différents, au sein d'un même groupe, selon les individus.

¹⁵ Bien que l'ensemble de l'étude concerne le cas français, il a été choisi ici de raisonner au niveau de l'UE. En effet, on considère ici l'effet de l'introduction des OGM et des filières séparées sur les équilibres de marché. Il est alors indispensable de modéliser l'UE dans son ensemble, dans la mesure où si les OGM sont adoptés en France, ils le seront également dans le reste de l'UE. On aurait alors pu choisir de distinguer trois zones, France, UE hors France et reste du monde. Pour simplifier, on a préféré retenir uniquement l'UE dans son ensemble sans distinguer la France.

2.1. Introduction : structure du modèle et hypothèses principales

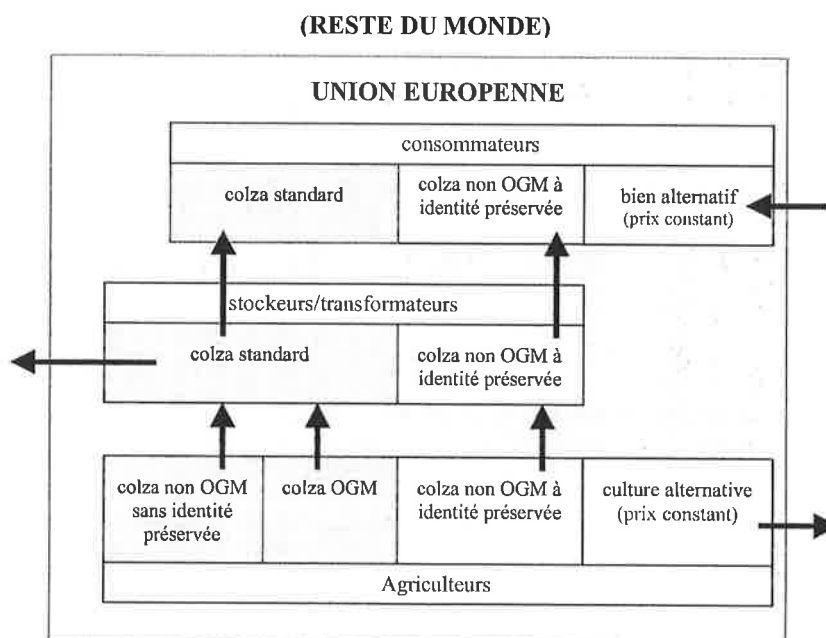
- Structure générale du modèle

La structure générale du modèle est résumée dans la figure 1 ci-dessous. Les agriculteurs ont le choix entre quatre productions : du colza non OGM sans identité préservée (c'est-à-dire produit à partir d'une semence non OGM mais pour lequel aucune procédure n'est mise en œuvre pour empêcher des mélanges avec de l'OGM), du colza OGM, du colza non OGM à identité préservée (cultivé à partir d'une semence non OGM et pour lequel des procédures sont prises pour éviter les mélanges avec du colza OGM), et une culture alternative.

Seul le colza à identité préservée (IP) au stade agricole peut être transformé en colza à identité préservée et vendu comme tel aux consommateurs finaux. En revanche, le colza non OGM sans identité préservée au stade agricole ne pourra pas être vendu comme non OGM après transformation. Il est considéré comme du colza appelé "standard" par les transformateurs, et mélangé indifféremment avec le colza OGM, pour être vendu comme du colza standard aux consommateurs.

Le colza standard est consommé dans l'UE ou exporté vers le reste du monde après transformation, tandis que le colza non OGM à identité préservée est uniquement consommé dans l'UE. On considère un bien alternatif, substitut proche du colza, à la transformation. Le prix de la culture alternative et le prix du substitut du colza à la consommation sont supposés constants (hypothèse d'équilibre partiel). En revanche, dans les simulations, les prix des différents types de colza aux deux stades sont déterminés de manière endogène comme les prix qui conduisent à l'équilibre offre-demande sur chaque marché.

Figure 1 : Structure du modèle



- Hypothèses sur les coûts liés à la segmentation

Les hypothèses suivantes sont retenues dans le modèle concernant les coûts liés à la segmentation OGM - non OGM, (ces hypothèses sont détaillées dans les sections qui suivent).

1) Au stade agricole, on suppose que le coût pour produire du colza non OGM à IP est supérieur au coût du colza non OGM sans IP pour chaque agriculteur. La différence entre les deux coûts reflète les coûts pour maintenir l'identité non OGM du colza : surcoût de la semence non OGM à IP ; coût de nettoyage des engins et équipements agricoles ; coût lié à la mise en place d'un contrat avec un organisme stockeur ; coût pour livrer à un silo acceptant le non OGM.

Pour simplifier, on suppose ici que la différence entre les deux coûts est constante pour chaque agriculteur : ainsi, on suppose que le coût additionnel pour maintenir l'identité non OGM ne varie pas selon le taux de diffusion de l'OGM. Cette hypothèse simplificatrice ne serait probablement pas vérifiée en réalité. Notamment, les problèmes liés à la pollinisation croisée augmenteraient avec le taux de diffusion des OGM. A ce stade, les mesures qui seraient nécessaires pour éviter cette pollinisation croisée ne sont pas claires, notamment il n'est pas clair qu'il faudrait ou non un zonage pour respecter les seuils actuellement établis ou envisagés, et si oui, comment il serait mis en place. La question du zonage n'est pas prise en compte dans le modèle.

On suppose ici que le coût additionnel de maintien de l'identité non OGM varie selon les agriculteurs. Cette hypothèse reflète par exemple des différences dans les coûts pour contrôler la pollinisation croisée selon la taille des parcelles et leur situation par rapport aux parcelles voisines (mais, une fois encore, ce coût est constant dans le modèle, donc par exemple ne reflète pas le fait que les voisins cultivent de l'OGM ou pas). Elle peut également refléter un coût pour livrer le non OGM à un point de collecte dédié plus ou moins éloigné (avec la même limite : le coût constant ne reflète pas le changement d'affectation possible des points de collecte selon le taux de diffusion de l'OGM).

2) Au stade du stockage et de la transformation, on considère deux types de coûts liés à la segmentation OGM - non OGM :

- un coût de maintien de l'identité non OGM, en excluant le coût d'achat du colza à l'agriculteur et en excluant les coûts liés à la spécialisation des équipements. Ce coût est symétrique du coût précédent pour les agriculteurs. Il est affecté uniquement au colza non OGM IP. Il est constant (il ne varie pas selon le taux de diffusion des OGM) et il varie d'un stockeur/transformateur à l'autre. Il reflète les coûts de garantie (tests de contenu OGM, mise en place de contrats avec les agriculteurs et entre organismes stockeurs et transformateurs), les coûts éventuels de nettoyage de certains équipements pour le non OGM.

- un coût lié la spécialisation des équipements (perte de flexibilité due à la spécialisation ; investissements en équipements nouveaux). Pour simplifier, on suppose que ce coût dépend uniquement des quantités agrégées de colza standard et de colza non OGM à IP qui sont transformées

(mais ne dépend pas des quantités transformées par un transformateur donné). Il est le même pour tous les transformateurs. Il est affecté en partie au colza non OGM à IP et en partie au colza standard. Plus exactement, on suppose que le coût supporté par un type de colza augmente avec la part de l'autre type de colza dans l'ensemble du colza transformé.

Ces hypothèses sur les coûts liés à la segmentation OGM - non OGM ne reflètent que partiellement les coûts que l'on peut réellement anticiper et qui ont été présentés précédemment. Les principales hypothèses simplificatrices sont les suivantes :

- Une partie de ces coûts ne varie pas selon le taux de diffusion des OGM ;
- Certains coûts varient selon le taux de diffusion, mais seulement au stade du stockage et de la transformation ;
- Les coûts qui varient en fonction du taux de diffusion sont identiques d'un stockeur/transformateur à l'autre.

- Autres hypothèses importantes

Il est important d'insister sur certaines hypothèses générales du modèle :

- Le modèle est un modèle statique. Lorsque l'on introduit un changement (par exemple, adoption du colza OGM dans l'UE), on se place toujours dans une situation d'équilibre entre offre agrégée et demande agrégée sur chaque marché pour examiner les conséquences de ce changement.
- C'est un modèle non spatial. Notamment, on ne considère pas de relation bilatérale acheteur-vendeur entre un agriculteur et un stockeur/transformateur. Tous les agriculteurs obtiennent le même prix pour un type de colza donné. S'il existe une demande pour du colza à identité préservée au niveau UE, n'importe quel agriculteur peut vendre du colza à identité préservée au même prix que les autres. Ainsi, on ne considère pas le cas où un agriculteur est dans l'impossibilité de vendre du colza non OGM à IP parce qu'il n'a pas d'acheteur à proximité.
- C'est un modèle à information parfaite. Pour prendre en compte le fait qu'il est nécessaire de mettre en œuvre des procédures de test et de contrat pour s'assurer que du colza est non OGM, on affecte un coût supplémentaire pour la production du colza à identité préservée. On suppose que ce coût est encouru uniquement pour du colza non OGM à IP. Autrement dit on ne considère pas la possibilité que des lots soient rejetés parce qu'une présence trop forte d'OGM a été mise en évidence, une fois que des coûts ont été encourus pour des procédures de préservation d'identité.

- Lien avec les modèles existants

Il est intéressant de recadrer le travail de modélisation qui suit dans la littérature économique sur les OGM. Ce modèle se situe dans la lignée des études qui examinent les effets économiques des OGM et des politiques menées sur les OGM au niveau agrégé. On peut distinguer plusieurs types d'études dans la littérature existante :

- des études empiriques des effets économiques des OGM ne prenant pas en compte la demande de non OGM : par exemple, Falck-Zepeda, Traxler et Nelson (2000) pour le coton Bt et le soja résistant au glyphosate, Moschini, Lapan et Sobolevsky (2000) pour le soja résistant au glyphosate. Ces études utilisent le cadre traditionnel de l'analyse offre-demande pour estimer les effets des OGMs sur les revenus de différents groupes et les revenus globaux. Une difficulté importante à laquelle est confrontée ce type d'étude est de devoir s'appuyer sur une hypothèse a priori de déplacement de la courbe d'offre agrégée des agriculteurs suite à l'adoption des OGM.
- des études empiriques des effets économiques des OGM prenant en compte la demande pour du non OGM : il existe encore peu d'études de ce type. Nielsen et Anderson (2000) utilisent un modèle empirique de l'économie globale, le modèle GTAP, pour quantifier les effets de différents scénarios où des pays adoptent les OGM hors UE tandis que l'UE interdit ou restreint les importations d'OGM, sur la production, le commerce et les revenus. La distinction OGM - non OGM est faite uniquement par pays d'origine. Il n'y a pas de modélisation de la segmentation entre offre OGM et offre non OGM dans un pays donné. Mayer et Furtan (1999) utilisent une analyse graphique au niveau agrégé pour étudier les effets potentiels de la ségrégation entre produits OGM et non OGM sur le marché du colza au Canada.
- des études non empiriques sur les effets de la segmentation OGM - non OGM : ces études sont peu nombreuses actuellement. Golan et Kuchler (2000) considèrent les effets d'un changement d'une situation initiale avec seulement du non OGM, à une situation finale avec à la fois de l'OGM et du non OGM à identité préservée. Ils argumentent de façon intuitive que les consommateurs qui préfèrent le non OGM perdent parce qu'ils doivent payer plus cher pour le non OGM en raison des coûts de l'identité préservée, tandis que les consommateurs indifférents entre OGM et non OGM gagnent parce qu'ils paient un prix plus faible en raison des coûts de production plus faibles de l'OGM. L'intérêt de cette étude est d'insister sur une réalité politique importante, à savoir, que les OGMs ont des effets différents à l'intérieur d'un même groupe (ici, les consommateurs), et que certains individus peuvent gagner et d'autres perdre à l'intérieur d'un même groupe. Cependant, ces arguments sont purement intuitifs. De plus, il ne prennent pas en compte l'hétérogénéité des autres groupes que les consommateurs, et notamment les agriculteurs, les organismes stockeurs et les transformateurs.

L'une des originalités du modèle qui suit est d'introduire explicitement la modélisation de la segmentation des filières dans un modèle empirique, en distinguant des coûts affectés uniquement au non OGM (les coûts additionnels pour préserver l'identité non OGM au stade de la production agricole et au stade du stockage et de la transformation) et des coûts affectés en partie à la filière avec OGM et en partie à la filière non OGM (les coûts liés à la perte de flexibilité en raison de la spécialisation de certains équipements au stade du stockage et de la transformation). Une autre originalité de ce modèle est de chercher à détailler les effets sur différents types d'acteurs au sein d'un même groupe (agriculteurs, stockeurs/transformateurs, consommateurs).

2.2. Cadre analytique

a. Agriculteurs de l'UE

Indices :

j : agriculteur ($j=1, \dots, J$)

k : culture produite. Chaque agriculteur peut choisir de produire quatre produits différents :

n : colza non OGM sans identité préservée (une semence non OGM est utilisée, mais aucune procédure n'est prise pour éviter des mélanges avec du colza OGM) ;

g : colza OGM (une semence OGM est utilisée) ;

i : colza non OGM à identité préservée (une semence non OGM est utilisée, et des procédures sont mises en œuvre pour éviter le mélange avec du colza OGM) ;

b : une culture alternative.

Constantes :

π_b : profit par hectare pour la culture alternative. Pour simplifier, on suppose qu'il est le même quel que soit l'agriculteur.

rdt : rendement. On suppose qu'il est le même quel que soit l'agriculteur ($j = 1, \dots, J$) et quel que soit le type de culture ($k = g, i, n, b$).

c_{kj} : coût de production par tonne de l'agriculteur j pour le colza k ($k = g, i, n$), supposé constant.

- On suppose : $c_{ij} > c_{nj}$ pour chaque agriculteur j : il est coûteux de mettre en œuvre des procédures pour éviter les mélanges OGM - non OGM (le coût de production du colza non OGM à identité préservée est toujours supérieur au coût de production du colza non OGM sans identité préservée).¹⁶

- On suppose : $c_{nj} > c_{gj}$ pour certains agriculteurs j , $c_{nj} < c_{gj}$ pour d'autres agriculteurs j : l'adoption d'une variété OGM conduit à une diminution du coût de production pour certains agriculteurs, mais pas nécessairement pour tous les agriculteurs.

s : aide directe à l'hectare de colza reçue par les agriculteurs.

ha : nombre d'hectares par agriculteur (supposé constant et identique quel que soit j)

Variable :

w_k : prix reçu par les agriculteurs pour la culture k .

¹⁶ Comme il est détaillé dans la partie 1, ces procédures peuvent inclure un prix supérieur de la semence non OGM à identité préservée, un coût de nettoyage des engins et équipements (semoir, moissonneuse, remorque, cellules de stockage à la ferme), un coût pour empêcher la pollinisation croisée, un coût de contractualisation avec un organisme stockeur.

On suppose que le colza n (non OGM sans identité préservée) au stade agricole ne peut pas être utilisé pour produire du colza non OGM à IP au stade de la transformation. Le colza agricole OGM et le colza agricole non OGM sans identité préservée sont des produits équivalents pour les transformateurs (qu'on appelle du colza standard). A l'équilibre, les transformateurs paient donc ces deux produits au même prix : $w_n = w_g = w_r$.

Il est important de souligner qu'on suppose ici que le coût de production de colza non OGM à identité préservée est constant pour chaque agriculteur. Notamment, un agriculteur donné a le même coût de production du colza non OGM à identité préservée dans une situation avec faible pression OGM et dans une situation avec forte pression OGM. Cette hypothèse ne permet pas de rendre compte du fait que le coût de maintien de l'identité non OGM peut augmenter avec la pression OGM, notamment le coût de contrôle de la pollinisation croisée.

Le profit de l'agriculteur j sur un hectare de la culture k est donné par¹⁷ :

$$\pi_{kj} = rdt(w_k - c_{kj}) + s$$

Comme les fonctions de profit sont linéaires par rapport aux prix, dans notre modèle il est toujours optimal pour un agriculteur de cultiver une seule culture, celle qui conduit au niveau de profit le plus élevé (si ce profit est strictement positif). Chaque agriculteur produit donc une seule culture sur tous ses hectares ha , celle qui lui donne le profit maximal.¹⁸ Son profit total est donc égal au nombre d'hectares sur son exploitation, multiplié par le profit maximal par hectare :

$$\Pi_{\max j} = ha \cdot \text{Max}(\pi_b, \pi_n, \pi_g, \pi_i, 0)$$

La quantité produite par l'agriculteur est égale au nombre d'hectares multiplié par le rendement, pour la culture pour laquelle le profit est maximal¹⁹:

¹⁷ Cette spécification revient à supposer que la technologie de production est Leontief, le rendement étant donné par une fonction $f_{kj}(x_1, \dots, x_m) = \text{Min}_{m \in \{1, \dots, M\}} (\alpha_{mkj} x_m)$, où $x_1, \dots, x_L$ ($L < M$) sont des inputs variables achetés par l'agriculteur à un prix donné (qui ne varie pas selon les simulations), et $x_{L+1}, \dots, x_M$ sont des inputs fixes possédés par l'agriculteur en quantités données $\bar{x}_{L+1}, \dots, \bar{x}_M$. Le rendement de l'agriculteur j sur la culture k est alors donné par $rdt = \text{Min}_{m \in \{L+1, \dots, M\}} (\alpha_{mkj} \bar{x}_m)$ et son coût variable de production par hectare est donné par $c_{kj} = \sum_{l=1}^L \frac{v_l}{\alpha_{lkj}}$ (voir

Desquilbet et Bullock, 2001).

¹⁸ L'hypothèse selon laquelle l'agriculteur produit soit un type de colza, soit la culture alternative sur toute son exploitation peut sembler surprenante. Elle permet de simplifier beaucoup l'écriture du modèle. Il est possible de l'interpréter en considérant ha non pas comme la surface totale de l'exploitation, mais comme une partie de l'exploitation sur laquelle l'agriculteur est susceptible de cultiver du colza (cette partie de l'exploitation pouvant basculer totalement en culture de colza ou en culture alternative, selon les prix de vente de ces deux cultures).

¹⁹ Dans cette équation (4) on suppose qu'il y a une seule culture pour laquelle le profit est maximal. Dans le cas où au moins deux profits spécifiques à une culture sont égaux au profit maximal, on suppose arbitrairement que

$$q_{kj}^s = ha \text{ rdt} \quad \text{si } \Pi_{\max j} = ha \pi_k, \quad q_{kj}^s = 0 \text{ sinon.}$$

Comme les coûts de production pour chaque type de colza varient selon les agriculteurs, à l'équilibre, selon les prix, certains peuvent trouver plus profitable de cultiver du colza OGM, tandis que d'autres peuvent trouver plus profitable de cultiver du colza non OGM, certains en préservant l'identité non OGM de ce colza et d'autres non.

Avec nos hypothèses, comme $c_{ij} > c_{ijj}$, un agriculteur ne cultive jamais de colza non OGM à identité préservée à moins que son prix ne soit supérieur au prix du colza sans identité préservée (c'est-à-dire à moins que $w_i > w_{ii}$ à l'équilibre).

La fonction d'offre agrégée par les agriculteurs pour la culture k est notée q_k^{sAGGF} , et est définie comme la somme des offres individuelles pour cette culture :

$$q_k^{sAGGF} = \sum_{j=1}^J q_{kj}^s$$

Chaque fonction d'offre agrégée dépend de tous les prix des produits et de tous les coûts de production. Chaque fonction d'offre est croissante en son propre prix, parce que pour des prix donnés des autres produits, certains agriculteurs trouvent profitable de basculer d'une autre culture à cette culture si son prix augmente. De la même manière, chaque fonction d'offre est décroissante dans les prix des autres produits (certains agriculteurs trouvent profitable de basculer de cette culture à une autre si le prix de l'autre culture augmente).

b. Stockeurs/transformateurs de l'UE

Indices :

h : stockeur/transformateur (appelé simplement "transformateur" par la suite) ($h = 1, \dots, H$)

Chaque transformateur achète du colza aux agriculteurs et l'utilise pour produire du colza transformé. On suppose qu'une tonne de colza au stade agricole conduit à la production d'une tonne de colza transformé (autrement dit on suppose qu'il n'y a pas de pertes lors de la transformation du colza). L'offre de colza transformé de type k est donc égal à la demande de colza agricole de type k . (Pour simplifier, on suppose que la culture alternative b est consommée sans être transformée).

k : culture produite. Chaque transformateur peut produire deux types de colza transformé :

rh : colza transformé "standard". Il peut être produit indifféremment à partir de colza OGM ou de colza non OGM sans identité préservée.

ih : colza transformé non OGM à identité préservée. Pour le produire, le transformateur doit acheter du colza non OGM à identité préservée aux agriculteurs.

l'agriculteur cultive seulement une des cultures pour lesquelles le profit est maximal. La culture b est supposée préférée, puis n , puis g , puis i .

Constante :

Q : capacité maximale de chaque transformateur. On suppose que chaque transformateur peut transformer du colza jusqu'à sa capacité maximale.

c_{kh} : coût unitaire de transformation du colza k par le transformateur h , hors coût d'achat du colza et hors coût lié à la perte de flexibilité. On suppose que :

- c_{rh} varie d'un transformateur à l'autre (les équipements étant configurés différemment, certains ont un avantage technologique sur d'autres pour transformer du colza) ;
- $c_{ih} > c_{rh}$ (en laissant de côté les coûts liés à la perte de flexibilité, il est plus coûteux de transformer du colza IP que du colza standard) ;
- la différence entre c_{rh} et c_{ih} est variable d'un transformateur à l'autre. (Le coût additionnel de maintien de l'identité pour un transformateur dépend de la configuration de son équipement par exemple).

k : paramètre constant

Variable :

w_k : coût d'achat du colza k aux agriculteurs, égal au prix de vente des agriculteurs

p_k : prix reçu par le transformateur pour du colza transformé k

q_r^{sAGGH} : quantité agrégée de colza standard transformé dans l'UE

q_i^{sAGGH} : quantité agrégée de colza à identité préservée transformé dans l'UE

$part_i = q_i^{sAGGH} / (q_r^{sAGGH} + q_i^{sAGGH})$: part du colza i dans le colza transformé dans l'UE

$part_r = q_r^{sAGGH} / (q_r^{sAGGH} + q_i^{sAGGH})$: part du colza r dans le colza transformé dans l'UE

On a vu dans la partie 1 de ce chapitre qu'en cas de coexistence OGM/non OGM en France (ou, de la même manière, dans l'UE), on peut anticiper qu'il y aurait notamment deux types de coûts de ségrégation au stade du stockage et de la transformation : des surcoûts logistiques dus à la nécessité de spécialiser certains équipements dans l'OGM et d'autres dans le non OGM (par exemple, louer des camions supplémentaires pour amener un type de colza donné d'un silo de stockage de proximité à un silo de stockage principal dédié), et des coûts d'investissement dans de nouveaux équipements (par exemple de nouveaux boisseaux d'expédition aux sites de stockage intermédiaire). La spécialisation de certains équipements dans l'une des deux filières conduirait à une perte de flexibilité dans l'utilisation de ces équipements donc un surcoût logistique. Pour rendre compte de cela, on suppose ici que chaque transformateur supporte un coût lié à la perte de flexibilité au niveau global, coût qui s'écrit : $k \text{ part}_i$ pour le colza standard, $k \text{ part}_r$ pour le colza non OGM à identité préservée, où k est un paramètre constant et $part_k$ est la part de la culture k dans la transformation totale de r et i (voir définition analytique plus haut). Ce terme reflète le surcoût qui résulte d'une perte de flexibilité dans le stockage, le transport et la transformation lorsque les deux types de colza doivent être séparés. Ce terme est

endogène et dépend des parts respectives du colza standard et du colza à identité préservée dans le colza transformé.

Le profit d'un transformateur sur une tonne de colza standard est alors donné par son prix de vente diminué du prix d'achat du colza agricole, du coût de transformation hors coût d'achat du colza et coût lié à la perte de flexibilité, et du coût lié à la perte de flexibilité :

$$\pi_{rh} = p_r - w_r - c_{rh} - k \text{ part}_i$$

Selon notre hypothèse, plus la part du colza i est importante dans le système de transformation, plus le coût résultant de la perte de flexibilité, $k \text{ part}_i$, est important. Dans le cas limite où seul du colza standard est transformé ($q_i^{\text{sAGGH}} = 0$), on a : $k \text{ part}_i = 0$, autrement dit, pas de coût lié à la perte de flexibilité. A l'inverse, le coût lié à la perte de flexibilité est maximal pour du colza standard lorsque la part du colza standard dans la transformation tend vers zéro. Ainsi, quand la part du colza i dans la transformation de colza est faible, cela signifie que la plupart des ressources du système de transformation sont utilisées pour le colza standard, donc que les pertes de flexibilité pour le colza standard sont faibles.

Pour le colza IP, de la même manière, on a :

$$\pi_{ih} = p_i - w_i - c_{ih} - k \text{ part}_r \quad \text{où } \text{part}_r = q_r^{\text{sAGGH}} / (q_r^{\text{sAGGH}} + q_i^{\text{sAGGH}})$$

En raison de la linéarité des fonctions de profit dans les prix, ici aussi, il est toujours optimal pour chaque transformateur de transformer un seul type de colza, celui qui conduit au profit maximal :

$$\Pi_{\max h} = Q \text{Max}(\pi_{rh}, \pi_{ih}, 0)$$

L'offre du transformateur pour le colza transformé $k \in \{i, r\}$ est alors définie par :

$$q_{kh}^s = Q \text{ si } \Pi_{\max h} = Q \pi_{kh}, \quad q_{kh}^s = 0 \text{ sinon.}$$

Comme les transformateurs ont des valeurs différentes pour les paramètres c_{rh} et c_{ih} , à l'équilibre certains transformateurs pourront trouver plus profitable de transformer du colza standard tandis que d'autres trouveront plus profitable de transformer du colza IP. Pour un transformateur donné, son choix de produire du colza standard ou du colza à identité préservée dépendra de ses paramètres c_{rh} et c_{ih} , des différences entre le prix de vente et le prix d'achat du colza sur chaque marché, $p_r - w_r$ et $p_i - w_i$, du paramètre de perte de flexibilité k , et de la part des deux types de colza dans la transformation au niveau agrégé.

L'offre agrégée de colza transformé de type $k \in \{i, r\}$ est notée q_k^{sAGGH} . Elle est définie comme la somme des offres individuelles :

$$q_k^{\text{sAGGH}} = \sum_{h=1}^H q_{kh}^s.$$

c. Consommateurs de l'UE

Indices :

l : consommateur ($l=1, \dots, L$)

k : bien consommé :

r : colza standard

i : colza non OGM IP

a : bien alternatif qui est un substitut proche avec le colza à la consommation

z : bien composite qui représente tous les biens de consommation finale à l'exception du colza et de son substitut proche (le bien a)

Constantes :

M : budget d'un consommateur (on suppose que chaque consommateur a le même budget). Le budget est le montant monétaire dépensé par le consommateur.

σ_{ral} , σ_{ial} , et ρ (paramètres positifs)

Variable : q_k (quantité du bien k)

On suppose que l'utilité du consommateur l a la forme suivante²⁰ :

$$U^l(q_a, q_r, q_i, q_z) = \left[(q_a + \sigma_{ral} q_r + \sigma_{ial} q_i)^\rho + q_z^\rho \right]^{\frac{1}{\rho}}$$

On suppose que le paramètre σ_{ial} est strictement positif : consommer du colza non OGM à IP augmente nécessairement l'utilité du consommateur. On suppose que le paramètre σ_{ral} peut être positif pour certains consommateurs mais égal à zéro pour d'autres, qui refusent de consommer de l'OGM : le consommateur peut avoir une utilité nulle (mais pas négative) de consommer de l'OGM²¹. On suppose également que le colza standard n'est jamais préféré au colza non OGM à IP (mais certains consommateurs peuvent être indifférents entre ces deux biens). D'après ces hypothèses on a :

$$0 \leq \sigma_{ral} \leq \sigma_{ial}, \text{ et } 0 < \sigma_{ial} \text{ pour } l = 1, \dots, L$$

²⁰ L'utilité dépend des quantités q_a , q_r et q_i uniquement de manière linéaire. Ce choix dans la spécification se répercute plus loin par le fait que chaque consommateur consomme uniquement un des trois biens, a , r ou i , à l'équilibre, en fonction de ses paramètres de préférence (σ_{ral} et σ_{ial}), et en fonction des prix d'équilibre. De plus, l'utilité dépend d'un bien numéraire, selon une fonction $\left[q_{nz}^\rho + q_z^\rho \right]^{\frac{1}{\rho}}$. Cette spécification a pour intérêt de permettre de déterminer de manière endogène la dépense totale de l'individu sur le bien a , r ou i .

²¹ Dans notre modèle un consommateur qui a une utilité nulle de consommer de l'OGM n'en consommera jamais à l'équilibre. Cette hypothèse permet donc d'obtenir des résultats similaires à ceux qu'on obtiendrait en supposant que certains consommateurs ont une utilité négative à consommer de l'OGM.

On suppose, de manière arbitraire, que pour des niveaux de prix tels qu'un consommateur est indifférent entre le bien a et le bien r et/ou i , il consomme le bien i , et s'il est indifférent entre le bien r et le bien i , il consomme le bien i . Les fonctions de demande des biens a , r , et i par le consommateur l sont données par²² :

$$q_{al}^d = \frac{M p_a^{\frac{1}{\rho-1}}}{p_z^{\frac{\rho}{\rho-1}} + p_a^{\frac{\rho}{\rho-1}}} \text{ si } \frac{p_r}{p_a} \geq \sigma_{ral} \text{ et } \frac{p_i}{p_a} \geq \sigma_{ial} ; q_{al}^d = 0 \text{ sinon.}$$

$$q_{rl}^d = \frac{M p_r^{\frac{1}{\rho-1}}}{p_z^{\frac{\rho}{\rho-1}} + p_r^{\frac{\rho}{\rho-1}}} \text{ si } \frac{p_r}{p_a} < \sigma_{ral} \text{ et } \frac{p_r}{p_i} \leq \frac{\sigma_{ral}}{\sigma_{ial}} ; q_{rl}^d = 0 \text{ sinon.}$$

$$q_{il}^d = \frac{M p_i^{\frac{1}{\rho-1}}}{p_z^{\frac{\rho}{\rho-1}} + p_i^{\frac{\rho}{\rho-1}}} \text{ si } \frac{p_r}{p_i} > \frac{\sigma_{ral}}{\sigma_{ial}} \text{ et } \frac{p_i}{p_a} < \sigma_{ial} ; q_{il}^d = 0 \text{ sinon.}$$

La fonction de dépense totale (qui donne la dépense nécessaire pour atteindre un niveau d'utilité égal à U pour des niveaux de prix p_a , p_r et p_i donnés) est donnée par :

$$E^l(p_a, p_r, p_i, U) = \left[p_z^{\frac{\rho}{\rho-1}} + p_j^{\frac{\rho}{\rho-1}} \right]^{\frac{\rho-1}{\rho}} U ,$$

La fonction d'utilité indirecte (qui donne le niveau d'utilité maximal pouvant être atteint étant donnés les prix et le budget) est donnée par :

$$V^l(p_a, p_r, p_i, M) = \left[p_z^{\frac{\rho}{\rho-1}} + p_j^{\frac{\rho}{\rho-1}} \right]^{\frac{1-\rho}{\rho}} M .$$

Le prix p_j ci-dessus est défini comme :

$$p_j = p_a \text{ si } \frac{p_r}{p_a} \geq \sigma_{ral} \text{ et } \frac{p_i}{p_a} \geq \sigma_{ial}$$

$$p_j = p_r \text{ si } \frac{p_r}{p_a} < \sigma_{ral} \text{ et } \frac{p_r}{p_i} \leq \frac{\sigma_{ral}}{\sigma_{ial}}$$

$$p_j = p_i \text{ si } \frac{p_r}{p_i} > \frac{\sigma_{ral}}{\sigma_{ial}} \text{ et } \frac{p_i}{p_a} < \sigma_{ial}$$

La fonction métrique monétaire d'utilité indirecte du consommateur l est donnée par :

$$\mu^l(\bar{p}^1, \bar{p}^0, M) = E^l(\bar{p}^1, V^l(\bar{p}^0, M)),$$

²² La forme de ces fonctions de demande découle de la forme de la fonction d'utilité adoptée. Plus précisément, elle est obtenue en supposant que le consommateur choisit les niveaux de consommation des biens qui conduisent à maximiser son utilité, étant donnée la contrainte budgétaire à laquelle il fait face.

où $\bar{p}^s = (p_a^s, p_r^s, p_i^s, p_z^s)$ est le vecteur des prix dans la situation s .

Cette fonction donne un équivalent monétaire du changement d'utilité du consommateur l lorsqu'il passe de la situation 0 à la situation 1 (combien d'argent il faudrait donner à ce consommateur dans la situation 1 pour qu'il ait la même utilité que dans la situation 0 si son budget est M).

Chaque consommateur consomme seulement un des biens a , r , ou i . On considère un ensemble de L consommateurs avec des valeurs différentes des paramètres σ_{ral} et σ_{ial} . A l'équilibre, certains peuvent consommer du colza standard, d'autres du colza non OGM à IP, et d'autres le substitut du colza a . La demande agrégée des consommateurs pour le bien $k \in \{a, r, i\}$ est notée q_k^{dAGGC} et est définie comme la somme des demandes individuelles :

$$q_k^{dAGGC} = \sum_{l=1}^L q_{kl}^d$$

d. Demande excédentaire du reste du monde

On suppose que les consommateurs du reste du monde sont indifférents entre le colza standard et le colza non OGM à IP. Comme le prix du colza à IP, p_i , est nécessairement supérieur au prix du colza standard, p_r , dans notre modèle, les consommateurs du reste du monde consomment seulement du colza standard. La demande excédentaire de colza standard dans le reste du monde est notée q_r^{dM} et est une fonction de p_r .

e. Conditions d'équilibre

Les conditions d'équilibre de notre modèle sont les suivantes :

- A l'équilibre, la somme des offres agrégées des colzas n et g par les agriculteurs de l'UE est égale à l'offre agrégée de colza standard r par les transformateurs de l'UE :

$$q_g^{sAGGF}(w_r, w_i) + q_n^{sAGGF}(w_r, w_i) = q_r^{sAGGH}(p_r - w_r, p_i - w_i)$$

- A l'équilibre, l'offre agrégée de colza i par les agriculteurs de l'UE est égale à l'offre agrégée de colza i par les transformateurs de l'UE :

$$q_i^{sAGGF}(w_r, w_i) = q_i^{sAGGH}(p_r - w_r, p_i - w_i)$$

- A l'équilibre, l'offre agrégée de colza r par les transformateurs de l'UE est égale à la somme de la demande agrégée de colza r par les consommateurs de l'UE et de la demande excédentaire du reste du monde :

$$q_r^{sAGGH}(p_r - w_r, p_i - w_i) = q_r^{dAGGC}(p_r, p_i) + q_r^{dM}(p_r)$$

- A l'équilibre, l'offre agrégée de colza i par les transformateurs de l'UE est égale à la demande agrégée de colza i par les consommateurs de l'UE :

$$q_i^{sAGGH}(p_r - w_r, p_i - w_i) = q_i^{dAGGC}(p_r, p_i)$$

Les quatre prix d'équilibre (w_i , w_r , p_i , p_r) sont déterminés de manière endogène par la résolution de ces quatre équations d'équilibre. Une fois ces prix déterminés, on peut déterminer les quantités

produites ou consommées à l'équilibre pour chaque individu et au niveau agrégé, et les revenus pour chaque individu et au niveau agrégé.

2.3. Simulations

a. Présentation du modèle de simulation

On présente ici des résultats préliminaires obtenus à partir de ce modèle, en donnant des valeurs particulières à l'ensemble des paramètres. Les paramètres sont calibrés de manière à donner une représentation stylisée du cas du colza dans l'UE et le reste du monde en 1999/2000. Les données et les hypothèses utilisées pour le calibrage du modèle sont détaillées dans l'annexe. Le calibrage est ad hoc, et notamment les hypothèses qui sont posées sur les niveaux des coûts liés à la segmentation OGM - non OGM sont ad hoc. Dans ces conditions, les simulations qui suivent ne visent pas à quantifier les effets de la segmentation, mais plutôt à donner des premières indications qualitatives sur les effets de cette segmentation.

Le modèle de simulation comprend :

- 4620 agriculteurs représentatifs dans l'UE, dont la moitié cultive du colza et la moitié cultive la culture alternative dans l'équilibre initial. Chaque agriculteur produit 5000 t de colza s'il cultive du colza, chaque agriculteur dispose de 1515 hectares pour le colza ou la culture alternative.
- 1500 transformateurs représentatifs dans l'UE, chacun ayant une capacité de production de 10000 tonnes. Parmi eux, 1155 transforment le colza dans l'équilibre initial et 345 ne font rien.
- 4220 consommateurs représentatifs, dont 2110 consomment du colza (avec une consommation de 5000 tonnes chacun) et 2110 consomment son substitut proche a.

Dans toute la suite, la quantité de colza est 5000 t pour un agriculteur ou un consommateur représentatif et 10000 t pour un transformateur représentatif.

Les coûts de production par tonne des trois types de colza, c_{kj} ($k = n, g$ ou i ; $j=1, \dots, 4620$) sont différents pour chaque agriculteur. Les coûts de transformation par tonne (en excluant le coût du colza agricole et le coût dû à la perte de flexibilité), c_{kh} ($k = r$ ou i ; $h=1, \dots, 1500$) sont différents pour chaque transformateur. Les paramètres de la fonction d'utilité σ_{kal} ($k = r$ ou i ; $l = 1, \dots, 2000$) sont différents pour chaque consommateur.

Dans la situation initiale, le colza OGM ne peut être ni produit ni importé dans l'UE. Les consommateurs de l'UE sont indifférents entre le colza standard (r) et le colza à identité préservée (i).²³

²³ Dans notre modèle de simulation, l'UE est un exportateur net de colza. Par conséquent, dans la situation initiale, même les consommateurs qui refusent de consommer de l'OGM ne perdent pas à consommer du colza sans IP, étant donné que tout le colza qu'ils consomment est produit dans l'UE, et est non OGM dans la situation initiale. En fait, certains consommateurs pourraient vouloir consommer uniquement du colza IP même en l'absence de production d'OGM dans l'UE : 1) les consommateurs pourraient être inquiets que le colza qu'ils

Les producteurs de l'UE produisent uniquement du colza non OGM sans identité préservée (n). Les transformateurs utilisent ce colza pour produire du colza transformé standard (rh), qui est soit consommé domestiquement, soit exporté vers le reste du monde. Les producteurs agricoles et les transformateurs de l'UE produisent 11.55 Mt (millions de tonnes) de colza, dont 10.55 Mt sont consommées dans l'UE et 1 Mt est exportée vers le reste du monde. Le reste du monde produit 31Mt de colza et en consomme 32Mt. Le prix d'équilibre sur le marché du colza agricole, w_{r0} , est égal à 1000 F / t, et le prix d'équilibre sur le marché du colza transformé, p_{r0} , est égal à 1200 F / t.

On présente les résultats de trois simulations. Dans la simulation 1, on analyse les conséquences de l'introduction simultanée de la technologie OGM sur le colza, d'un changement des préférences de la moitié des consommateurs en faveur du colza non OGM à IP (le bien i), et de l'introduction de la segmentation entre filière avec OGM et filière non OGM dans l'UE. La simulation 2 est conduite avec le même ensemble d'hypothèses que la simulation 1, sauf que les pertes de flexibilité au stade de la transformation sont supposées égales à 0 (le paramètre k est égal à 0). La simulation 3 représente une situation où la technologie OGM sur le colza devient disponible dans l'UE, avec une distribution des profits des agriculteurs identique aux simulations 1 et 2, et où les consommateurs de l'UE sont indifférents entre le colza standard et le colza à IP, si bien qu'il n'y a pas de segmentation et pas d'apparition de filière non OGM à IP. Les prix et les quantités d'équilibre dans la situation initiale et dans les trois simulations sont résumées dans le tableau 1.

consomment ait pu être pollinisé par du colza d'un essai OGM, ou pourraient ne pas être informés de l'origine du colza qu'ils consomment ; 2) l'UE est un exportateur net de colza et d'huile de colza mais un importateur net de tourteau de colza, utilisé principalement en alimentation animale. Certains consommateurs pourraient vouloir consommer uniquement de la viande issue d'animaux nourris sans OGM.

Tableau 1. Prix (F / t) et quantités (M t) dans les simulations

	situation initiale	simulation 1	simulation 2	simulation 3
prix				
w_r	1000,0	951,5	986,2	990,1
p_r	1200,0	1193,9	1185,1	1190,6
w_i	n.d.	972,9	1006,7	n.d.
p_i	n.d.	1245,3	1223,7	n.d.
quantités				
production agricole dans l'UE				
$q_{r,sAGGF}$	11,55	0	0	3,99
$q_{r,sAGGF}$	0	6,46	6,73	7,89
$q_{i,sAGGF}$	0	5,07	5,17	0
production transformée dans l'UE				
$q_{r,sAGGH}$	11,55	6,46	6,73	11,88
$q_{i,sAGGH}$	0	5,07	5,17	0
consommation dans l'UE				
$q_{r,dAGGH}$	10,55	5,30	5,34	10,63
$q_{i,dAGGH}$	0	5,07	5,17	0
exportations vers le reste du monde				
q_r^{dM}	1,0	1,16	1,39	1,25

b. Simulation 1

- Hypothèses sur les changements des coûts et des préférences

Trois caractéristiques sont modifiées de la situation initiale à la simulation 1 :

1) Le colza OGM est diffusé dans l'UE. On suppose que si un agriculteur adopte la technologie OGM son rendement en colza reste inchangé, et que l'économie de coût qui résulte de l'adoption du colza OGM varie selon les agriculteurs. D'après le calibrage, les coûts de production du colza OGM sont plus faibles que les coûts de production du colza non OGM pour 98% des agriculteurs. L'avantage de coût du colza OGM comparé avec le colza non OGM varie entre 0 et 320 F / t pour ces agriculteurs, avec une moyenne de 122 F / t.

Lorsque l'on considère la diffusion du colza OGM dans l'UE, la diminution du coût de production due à l'adoption de variétés OGM est calibrée d'après les résultats du chapitre 2 en supposant qu'on se place à l'optimum de l'innovateur (dans le cas où les coûts de passage de traitement ne sont pas pris en compte), soit 321 F / ha donc 97 F / t.

2) La moitié des consommateurs de l'UE est indifférente entre colza standard et colza IP tandis que l'autre moitié n'a aucune utilité à consommer du colza non IP.

3) Il y a une segmentation entre filière avec OGM et filière non OGM. On suppose (de manière arbitraire) que :

- le coût additionnel pour maintenir l'identité non OGM du colza varie de manière linéaire entre 1 et 11 F / t selon les agriculteurs, avec une moyenne de 6 F / t.
- Le coût d'IP pour les transformateurs (en excluant le coût dû à la perte de flexibilité) varie entre 10 et 30 F / t, avec une moyenne de 20 F / t.
- Le paramètre k est égal à 100 F / t : le coût lié à la perte de flexibilité pour le colza standard est égal à 100 F / t fois la part du colza IP dans le système de transformation (la quantité du colza IP transformé divisée par la somme des quantités du colza standard et du colza IP transformés). De la même manière, le coût lié à la perte de flexibilité pour le colza IP est égal à 100 F / t multiplié par la part du colza standard dans le système de transformation.

- Prix et quantités d'équilibre

En comparaison avec la situation initiale, le prix d'équilibre du colza standard agricole décroît d'environ 5% de 1000 F / t à 952 F / t, et le prix d'équilibre du colza standard transformé décroît d'environ 0.5% de 1200 F / t à 1194 F / t. Le prix d'équilibre du colza IP agricole est plus faible que le prix du colza agricole dans la situation initiale, à 973 F / t. Le prix d'équilibre du colza IP transformé est égal à 1245 F / t. Il y a maintenant une différence de 272 F / t entre le prix du colza IP agricole et le prix du colza IP transformé, comparée à une différence de 200 F / t entre les prix agricole et transformé pour le colza standard dans l'équilibre initial. Cette différence plus grande reflète des coûts plus élevés dus à l'IP et à la perte de flexibilité dans le système de transformation. Sur le marché du colza standard, l'offre de l'UE aux stades agricole et transformé est égale à 6,46 Mt. Tout le colza standard est OGM. La consommation domestique est égale à 5,30 Mt, et les exportations vers le reste du monde sont égales à 1,16 Mt. Sur le marché du colza IP, la production agricole et transformée dans l'UE et la consommation domestique sont égales à 5,07 Mt.

- Les coûts de la segmentation des filières à l'équilibre

Dans la simulation 1, le coût du maintien de l'identité non OGM pour les agriculteurs qui cultivent du colza non OGM à IP varie entre 1 et 11 F / t, et le coût moyen pour les agriculteurs qui cultivent du colza IP à l'équilibre est égal à 5,8 F / t. La part du colza standard dans la transformation totale du colza est $6,46 / (6,46 + 5,07) = 56 \%$, tandis que la part du colza IP dans la transformation totale du colza est égale à 44 %. Le coût lié à la perte de flexibilité est alors égal à 44 F/t pour le colza standard, et égal à 56 F / t pour le colza IP. Le coût de l'IP (en excluant le coût lié à la perte de flexibilité) pour les transformateurs qui transforment du colza à IP à l'équilibre varie entre 10 et 18 F / t, et le coût moyen de l'IP pour les transformateurs qui transforment du colza IP à l'équilibre est égal à 13,7 F / t.

D'après ces chiffres, le coût de la segmentation pour le colza standard est égal à 44 F / t. Le coût moyen de la segmentation pour le colza à IP est $(6 + 56 + 13,7) = 75,7$ F / t et est plus élevé de $(75,7 - 44) = 31,7$ F / t que le coût pour le colza standard. Le coût le plus élevé de l'IP pour les agriculteurs cultivant du colza IP est 11 F / t, le coût le plus élevé de l'IP pour les transformateurs transformant du

colza IP est $(56 + 18) = 74$ F / t. Le coût le plus élevé pour les transformateurs qui transforment du colza IP est plus élevé de $(74 - 44) = 30$ F / t que le coût de l'IP pour les transformateurs qui transforment du colza standard.

- La différence entre les prix du colza aux stades agricole et transformé

La différence entre les prix du colza standard transformé (p_t) et agricole (w_t) est égale à 200 F / t dans la situation initiale, et à $(1193,9 - 951,5) = 242,4$ F / t dans la simulation 1. Son augmentation (de 42,4 F / t) est plus faible (de 1,6 F / t) que le coût de la segmentation pour le colza standard (44 F / t). La raison est que pour les transformateurs qui transforment du colza standard à l'équilibre, les coûts unitaires pour transformer du colza (autres que les coûts pour acheter du colza) varient entre 180 et 200 F / t dans la situation initiale, alors qu'ils varient entre 180 et 198,4 F / t dans la simulation 1. Le transformateur avec le coût le plus élevé pour transformer du colza, parmi les transformateurs qui transforment du colza standard à l'équilibre initial, est plus faible de 1,6 F / t dans la simulation 1 en comparaison avec la situation initiale.

Dans la simulation 1, sur le marché du colza IP, la différence entre les prix du colza au stade agricole et au stade transformé est égale à $(1245,3 - 972,9) = 272,4$ F / t. Cette différence de prix est supérieure de $(272,4 - 242,4) = 30$ F / t à la différence de prix équivalente sur le marché du colza standard. Cette différence de prix est égale au coût le plus élevé de la segmentation parmi les transformateurs qui transforment effectivement du colza IP, moins le coût de la segmentation parmi les transformateurs qui transforment du colza standard.

- Qui gagne et qui perd

Dans la simulation 1, le prix d'équilibre du colza IP transformé ($p_{i1} = 1245$ F / t) est supérieur de 45 F / t au prix d'équilibre du colza standard transformé dans la situation initiale ($p_{t0} = 1200$ F / t). Les consommateurs qui refusent de consommer de l'OGM perdent, parce que le prix qu'ils paient pour le colza IP est plus élevé que le prix qu'ils payaient pour du colza standard (qui était entièrement non OGM) dans la situation initiale. Le tableau 2 montre le changement dans les profits et les utilités pour les différents groupes d'agriculteurs, de transformateurs et de consommateurs, entre la situation initiale et la simulation 1. Parmi les 2110 consommateurs qui consommaient initialement du colza, 1015 consommateurs se tournent vers le colza IP, avec une diminution dans leur utilité de 45 F / t, et 40 consommateurs se tournent vers le bien substitut α , leur utilité restant inchangée.

Tableau 2. Changement dans les profits et les utilités de différents groupes d'agriculteurs, de transformateurs et de consommateurs, de la situation initiale à la simulation 1. unité: F / t²⁴

nombre d'agriculteurs, transformateurs, consommateurs	situation initiale	simulation 1	changement moyen dans le profit (agriculteurs et transformateur) ou l'utilité en métrique monétaire (consommateurs) par tonne
agriculteurs			
1015	colza n	colza i	-32,9
1256	colza n	colza g	+ 14,6
39	colza n	culture alternative b	- 15,7
36	culture alternative b	colza g	+ 32,8
transformateurs			
647	colza r	colza r	- 1,7
447	colza r	colza i	+ 2,3
60	ne transformant pas de colza	colza i	+ 2,1
61	colza r	ne transformant pas de colza	-0,9
consommateurs			
1055	colza r	colza r	+ 6,1
1015	colza r	colza i	- 45,3
40	colza r	substitut a	0
5	substitut a	colza r	0

Le prix d'équilibre du colza agricole IP dans la simulation 1 ($w_{i1} = 973$ F / t) est inférieur de 27 F / t au prix d'équilibre du colza agricole standard dans situation initiale ($w_{r0} = 1000$ F / t). 1015 agriculteurs se tournent du colza non OGM sans IP vers le colza IP. En moyenne, le profit de ces agriculteurs diminue de 33 F / t. De plus, 39 agriculteurs se tournent du colza non OGM sans IP vers la culture alternative, et leur profit diminue de 16 F / t en moyenne. 447 transformateurs se tournent du colza standard vers le colza IP, et leur niveau de profit augmente en moyenne de 2,3 F / t. 60 transformateurs qui ne transformaient pas de colza dans la situation initiale commencent à en transformer. Leur niveau de profit augmente en moyenne de 2,1 F / t.

²⁴ Note: La colonne 1 indique le nombre d'agriculteurs, de transformateurs et de consommateurs auxquels le changement décrit dans les colonnes 2 à 4 s'applique. La colonne 2 (respectivement, 3) indique quel bien est produit ou consommé par ces groupes dans la situation initiale (respectivement, la simulation 1). La colonne 4 indique le changement moyen dans le profit ou la mesure de l'utilité en métrique monétaire pour ce groupe de la situation initiale à la simulation 1. Pour obtenir le changement dans l'utilité en métrique monétaire par tonne de colza standard, on multiplie le changement dans l'utilité par consommateur par le nombre de consommateurs qui consomment effectivement du colza dans la simulation 1, puis on le divise par la quantité totale consommée dans la simulation 1. On obtient les changements d'utilité par tonne de la même manière pour le colza IP et le bien substitut.

La raison pour laquelle les profits des transformateurs qui transforment du colza non OGM à IP augmente est que les coûts liés à la segmentation sont hétérogènes entre ces transformateurs. La différence entre les prix d'équilibre est déterminée par le coût marginal de transformation, c'est-à-dire le coût de transformation pour le transformateur qui a le coût le plus élevé, parmi tous ceux qui transforment du colza IP à l'équilibre. Les transformateurs avec un faible coût d'IP gagnent parce qu'ils font face à une différence de prix à l'équilibre qui est supérieure à leur coût de transformation.

Le prix d'équilibre pour le colza standard transformé ($p_{r1} = 1194 \text{ F/t}$) diminue de 6 F/t par rapport à la situation initiale ($p_{r0} = 1200 \text{ F/t}$). La diminution de p_{r1} est due à la diminution de la demande pour le colza standard, lorsque certains consommateurs se tournent vers du colza IP ou son proche substitut α . A l'équilibre, la consommation domestique totale de colza standard diminue de $(1 - q_r^{\text{dAGGH1}} / q_r^{\text{dAGGH0}} = 1 - 5,30 / 10,55) = 50 \%$. La diminution du prix, cependant, est limitée en comparaison avec le changement dans la consommation domestique ($1 - p_{r1} / p_{r0} = 1 - 1194 / 1200 = 0,5 \%$), parce que l'UE fait face à une demande excédentaire élastique du reste du monde. Il en résulte qu'un faible changement dans le prix se traduit par une forte variation des quantités échangées. Ainsi, les exportations du reste du monde augmentent de $q_r^{\text{dM}} = 1,0$ à $q_r^{\text{dM}} = 1,13 \text{ Mt}$. Les consommateurs domestiques qui sont indifférents entre OGM et non OGM gagnent parce qu'ils paient un prix plus faible que dans la situation initiale. Dans la simulation 1, 1055 consommateurs continuent à consommer du colza standard, et leur utilité augmente de $6,1 \text{ F/t}$.

Le prix d'équilibre du colza standard agricole dans la simulation 1 ($w_{r1} = 952 \text{ F/t}$) est plus faible de 48 F/t par rapport à la situation initiale ($w_{r0} = 1000 \text{ F/t}$). La diminution du prix du colza agricole standard est plus élevée que la diminution du prix du colza transformé standard, parce que la plupart des coûts de segmentation pour le colza standard sont transmis aux agriculteurs. Les transformateurs supportent également une partie des coûts de la segmentation. 647 transformateurs continuent à transformer du colza standard, et leur profit diminue de $1,7 \text{ F/t}$ en moyenne. Même si le prix du colza standard agricole diminue tant, certains agriculteurs gagnent toujours en comparaison avec la situation initiale, parce que leurs économies de coût dues à l'adoption du colza OGM sont plus élevées que la diminution de prix qu'ils subissent. Dans la simulation 1, 1256 agriculteurs se tournent du colza non OGM sans IP vers le colza OGM, et leur profit augmente de 15 F/t en moyenne. 36 agriculteurs se tournent de la culture alternative au colza OGM, et leur profit augmente de 33 F/t en moyenne.

c. Simulation 2

Dans la simulation 2, on suppose qu'il n'y a pas de pertes de flexibilité dans le système de transformation lorsque la segmentation est introduite (c'est-à-dire on fixe le paramètre k égal à zéro). Toutes les autres hypothèses sont identiques à la simulation 1. D'après le tableau 1, l'ordre des prix d'équilibre au stade agricole dans la situation initiale, la simulation 1 et la simulation 2 est donné par : $w_{r1} < w_{r2} < w_{i1} < w_{r0} < w_{i2}$. De la même manière, l'ordre des prix d'équilibre au stade transformé est donné par : $p_{r2} < p_{r1} < p_{r0} < p_{i2} < p_{i1}$. En comparaison avec la simulation 1, la différence entre les prix

transformé et agricole diminue à la fois sur le marché du colza standard et sur le marché du colza transformé, parce qu'il est moins coûteux de transformer à la fois du colza standard et du colza IP. Cette plus petite différence de prix conduit alors à un prix agricole plus élevé et un prix transformé plus faible, à la fois sur le marché du colza standard et sur le marché du colza IP, en comparaison avec la simulation 1. Cependant, comme il y a toujours un coût de segmentation pour les agriculteurs et pour les transformateurs, le prix d'équilibre du colza IP transformé est plus élevé que le prix du colza dans la situation initiale. Il en résulte que les consommateurs qui refusent les OGM perdent par rapport à la situation initiale.

Tableau 3. Changement dans les profits et les utilités de différents groupes d'agriculteurs, de transformateurs et de consommateurs, de la situation initiale à la simulation 2. unité: F / t

nombre d'agriculteurs, transformateurs, consommateurs	situation initiale	simulation 2	changement moyen dans le profit (agriculteurs et transformateur) ou l'utilité en métrique monétaire (consommateurs) par tonne
agriculteurs			
1031	colza n	colza i	+ 0,81
1277	colza n	colza g	+ 48,5
68	culture alternative b	colza g	+ 44,3
4	culture alternative b	colza i	+ 1,8
2	colza n	culture alternative b	- 0,38
transformateurs			
673	colza r	colza r	- 1,0
449	colza r	colza i	+ 3,0
68	ne transformant pas de colza	colza i	+ 2,4
consommateurs			
1055	colza r	colza r	+ 14,8
1034	colza r	colza i	- 23,6
21	colza r	substitut a	0
13	substitut a	colza r	- 7,4

Note: voir tableau 2.

d. Simulation 3

Dans la simulation 3, on suppose que la technologie OGM est introduite dans l'UE et que tous les consommateurs sont indifférents entre le colza standard et le colza IP. Seul le colza standard est donc produit à l'équilibre. En comparaison avec la situation initiale, le prix d'équilibre du colza standard au stade agricole diminue de $w_{r0} = 1000$ à $w_{r3} = 990$ F / t, tandis que ce prix au stade transformé diminue de $p_{r0} = 1200$ à $p_{r3} = 1191$ F / t. 66 % de la production de colza est OGM, et les 34 % restants sont non OGM non IP. 1507 agriculteurs adoptent la technologie OGM. Les profits moyens des producteurs d'OGM augmentent de 44 F / t en comparaison avec la situation initiale. Comme les coûts de

production diminuent en raison de l'adoption de la technologie OGM, cette augmentation a lieu malgré la diminution du prix agricole. Au contraire, les profits des agriculteurs qui n'adoptent pas la technologie OGM diminuent, parce que le prix plus faible qu'ils reçoivent n'est pas compensé par une diminution des coûts de production. 767 agriculteurs continuent à cultiver du colza non OGM, et leur niveau de profit décroît de 9,9 F / t en moyenne. 6 agriculteurs se tournent du colza à la culture alternative, et leur profit diminue de 3,8 F / t en moyenne. L'offre totale de colza standard augmente. Il en résulte que les transformateurs avec des coûts de transformation plus élevés entrent sur le marché du colza, ce qui conduit à une augmentation du coût marginal de transformation du colza standard. Il en résulte une augmentation du niveau de profit des transformateurs qui transformaient déjà du colza dans la situation initiale (égale à 0,56 F / t en moyenne), et pour les transformateurs qui entrent sur le marché du colza standard (égale à 0,29 F / t en moyenne). L'utilité des consommateurs de l'UE augmente, de 9,4 F / t, parce qu'ils font face à un prix plus faible pour le colza transformé. En plus des 2110 consommateurs qui consommaient du colza dans la situation initiale, et qui continuent à en consommer, 16 consommateurs se tournent du bien alternatif *a* au colza standard.

Tableau 4. Changement dans les profits et les utilités de différents groupes d'agriculteurs, de transformateurs et de consommateurs, de la situation initiale à la simulation 3. unité: F / t

nombre d'agriculteurs, transformateurs, consommateurs	situation initiale	simulation 3	changement moyen dans le profit (agriculteurs et transformateur) ou l'utilité en métrique monétaire (consommateurs) par tonne
agriculteurs			
1507	colza n	colza g	+ 44,0
797	colza n	colza n	- 9,9
6	colza n	culture alternative b	- 3,8
transformateurs			
1155	colza r	colza r	+ 0,56
33	ne transformant pas de colza	colza r	+ 0,29
consommateurs			
2110	colza r	colza r	+ 9,4
16	substitut a	colza r	+ 9,4

Note: voir tableau 2.

2.4. Conclusion partielle

Les conclusions suivantes se dégagent de ces résultats de simulations.

- Les consommateurs qui refusent les OGM perdent nécessairement de l'introduction des OGM.
- Les consommateurs qui sont indifférents entre OGM et non OGM bénéficient de l'introduction des OGM (notre analyse considère uniquement les effets de prix. On ne considère pas le fait que les OGM puissent avoir des effets négatifs sur la santé ou l'environnement).

S'il n'y a pas de coûts liés à la perte de flexibilité au stade du stockage et de la transformation, ces consommateurs gagnent encore plus lorsque les OGM sont diffusés. En effet, comme certains consommateurs refusent les OGM, la demande pour l'OGM diminue, ce qui conduit à une diminution encore plus grande du prix d'équilibre du colza standard (ce prix diminue déjà en raison de la diminution des coûts de production de l'OGM).

En présence de coûts liés à la perte de flexibilité au stade du stockage et de la transformation, ces consommateurs "indifférents" portent certains des coûts liés à la segmentation des deux filières. En ce sens, ces consommateurs "indifférents" perdent lorsque d'autres consommateurs refusent les OGM, parce que cela augmente les coûts de stockage et transformation, ce qui conduit à augmenter le prix payé par les consommateurs "indifférents".

- en moyenne, les agriculteurs qui ont un avantage de coût important pour le colza OGM (par rapport au colza non OGM) gagnent lorsque la technologie OGM est introduite, qu'il y ait segmentation des deux filières ou pas. Cependant, leur gain moyen est plus faible quand certains consommateurs demandent du non OGM, et encore plus faible lorsqu'ils supportent certains des coûts de la segmentation parce qu'il y a un coût lié à la perte de flexibilité.

- Les transformateurs qui ont un avantage de coût pour transformer du colza standard gagnent quand les OGM sont introduits et qu'il n'y a pas de demande pour du non OGM, parce que les quantités totales transformées augmentent, ce qui conduit à augmenter le coût marginal de transformation (c'est-à-dire le coût de la dernière unité transformée) donc à augmenter les profits sur les unités infra marginales. Mais ils perdent lorsque certains consommateurs demandent du non OGM.

- Les transformateurs qui ont un avantage de coût pour transformer du colza non OGM à IP gagnent lorsqu'il y a une demande pour du non OGM, parce que la prime qu'ils reçoivent fait plus que compenser leurs coûts. Ainsi, certains acteurs gagnent à l'introduction de la segmentation, même si cette segmentation est coûteuse.

- De même, certains agriculteurs qui ont un faible coût pour maintenir l'identité non OGM de leurs cultures gagnent à l'introduction des OGM et de la segmentation, même si eux même n'adoptent pas la technologie OGM.

Ces conclusions sont préliminaires en raison du manque de données quantitatives sur les coûts de la segmentation OGM - non OGM. Il conviendrait de mettre en œuvre d'autres simulations pour confirmer la validité de ces résultats. En particulier, le calibrage fait ici repose sur des hypothèses assez faibles de coûts de segmentation. Il est possible qu'il y ait plus d'acteurs qui perdent à l'introduction simultanée des OGM et de la segmentation OGM - non OGM avec des coûts de segmentation plus élevés. La conclusion principale de l'analyse préliminaire qui est faite ici est que les effets des OGM et de la segmentation OGM - non OGM sur les revenus peuvent être très différents pour différents agriculteurs, différents organismes stockeurs, différents transformateurs et différents consommateurs.

Conclusion

Ce chapitre présente des éléments d'analyse *ex ante* des coûts potentiels liés à la coexistence de deux filières, l'une avec OGM et l'autre non OGM, en cas de diffusion des OGM en France. Il est organisé en deux parties. La première partie présente les types de coûts encourus actuellement et les types de coûts que l'on peut anticiper en cas de diffusion commerciale des OGMs en France. La seconde partie présente un modèle de simulation développé pour comprendre comment les différents acteurs sont affectés par l'introduction des OGMs et de la séparation des deux filières. Les coûts liés à la segmentation en deux filières au niveau national pourraient réduire nettement le gain global lié à la diffusion des OGM, voire conduire à une perte globale. L'analyse faite ici est essentiellement qualitative et donne certains éléments permettant d'anticiper qui gagnerait et qui perdrait dans un scénario de diffusion des OGM avec segmentation OGM - non OGM. La méthode et les principaux résultats sont exposés en introduction et en conclusion des deux parties et ne sont pas repris ici.

Les résultats donnés dans ce chapitre sont préliminaires. Pour les compléter, il serait important de réunir des éléments quantitatifs, dans la mesure du possible, pour donner des ordres de grandeur sur les niveaux des coûts liés à la segmentation. Il faudrait également poursuivre l'analyse qualitative pour comprendre à quelle filière ces coûts seraient affectés et comment ils évolueraient en fonction du taux de diffusion des OGM. Ces éléments pourraient aider à améliorer les hypothèses du modèle de simulation sur les coûts de la segmentation des deux filières.

Références

- Angevin, F., Klein, E., Choimet, C., Meynard, J.M., de Row, A., Sohbi, Y. (2001). Modélisation des effets des systèmes de culture et du climat sur les pollinisations croisées chez le maïs. Dans : Isolement des collectes et maîtrise de disséminations au champ. Programme de recherche pertinence économique et faisabilité d'une filière "sans utilisation d'OGM". Document de travail, mars 2001.
- Bullock, D.S., Desquilbet, M., Nitsi, E.I. (2000). The economics of non-GMO segregation and identity preservation. Document de travail, 21 octobre 2000.
- Campariol, L. (2001). Les OGM sèment la confusion. Semences et Progrès n° 106, janvier-février-mars 2001, pp 9-16.
- CETIOM (2001). Dossier OGM. <http://www.ogm.cetiom.fr/OGM/OGMSite/index.html>.
- Commission Européenne (2000a). Communiqué de presse : les OGM dans l'UE : les faits. MEMO/00/43. 22 p. 13 juillet.
- Commission Européenne (2000b). Règlements CE n° 49/2000 et n°50/2000 de la Commission du 10 janvier 2000, Journal Officiel des Communautés Européennes.

- Commission Européenne (2000c). Document de travail des services de la Commission sur la traçabilité et l'étiquetage des OGM et des produits dérivés d'OGM. ENV/620/2000. 18 p.
- Commission Européenne (2001). Opinion of the Scientific Committee on Plants concerning the adventitious presence of GM seeds in conventional seeds. Health and consumer protection directorate, SCP/GMO-SEED-CONT/002-FINAL, 13 mars 2001.
- Commission Européenne, DG VI (2000). Economic impacts of genetically modified crops on the agri-food sector : a first review.
- Commission Européenne, DG VI (2001). L'agriculture dans l'Union Européenne: informations statistiques et économiques.
- Commission des Communautés Européennes (1966). Directive du Conseil du 14 juin 1966 concernant la commercialisation des semences de céréales (66/402/CEE). JO n° L 125 du 11/7/1966 p 2309.
- Commission des Communautés Européennes (1969). Directive du Conseil du 30 juin 1969 concernant la commercialisation des semences de plantes oléagineuses et à fibres (69/208/CEE). JO n° L 169 du 11/7/1969 p 3.
- Desquilbet, M., Bullock, D. S. (2001). Who pays the costs of non-GMO segregation and identity preservation? 5th ICABR conference "Biotechnology, science and modern agriculture: a new industry at the dawn of the century", Ravello, Italie, June 15-18, 2001.
- Falck-Zepeda, J. B., Traxler, G., and Nelson, R. G. (2000). Rent creation and distribution from biotechnology innovations: the case of Bt cotton and herbicide-resistant soybeans in 1997." *Agribusiness* 16, 21-32.
- Golan, E. and Kuchler, F. (2000). Labeling biotech foods: implications for consumer welfare and trade. Presented at International Agricultural Trade Research Consortium Symposium, Montreal, Canada, June 26-27.
- GNIS (2000a). Statistique annuelle semences et plants, 1999/2000.
- GNIS (2000b). Rapport d'activité 1999-2000.
- Gouvernement français (2000a). *"Destruction de 600 Hectares de Champs de Colza Transgéniques. Communiqué du Gouvernement - 25 mai"*.
- Gouvernement français (2000b). *"Présence éventuelle d'OGM : renforcement des contrôles. Communiqué du 14 juillet 2000"*.
- James, C. (2000). Global review of commercialized transgenic crops 2000. ISAAA Briefs n°21: preview. ISAAA, Ithaca, NY.
- Kempf, Hervé (2000). *"Arrachage de soja contaminé par les OGM"*. Le Monde, 28 août.
- Le Bail, M., Choimet, C. (2001). Diversité des systèmes d'isolement des lots de céréales en entreprises de collecte-stockage. Dans : Isolement des collectes et maîtrise de disséminations au champ. Programme de recherche pertinence économique et faisabilité d'une filière "sans utilisation d'OGM". Document de travail, mars 2001.

- Le Bail, M., Meynard, J.M., Angevin, F. (2001). Proposition de stratégies de ségrégation au champ et en entreprise de collecte stockage. Dans : Isolement des collectes et maîtrise de disséminations au champ. Programme de recherche pertinence économique et faisabilité d'une filière "sans utilisation d'OGM". Document de travail, mars 2001.
- Le Monde, 20 Mai 2000. *"La ministre de l'environnement demande la destruction de récoltes de colza transgénique"*.
- Mayer, H., and Furtan, W.H. (1999). Economics of transgenic herbicide-tolerant canola: The case of Western Canada. *Food Policy* 24: 431-442.
- Ministère de l'agriculture et de la pêche (1994). Arrêté du 4 novembre 1994 relatif à la production, au contrôle et à la certification des semences. Journal Officiel de la République Française, 13/11/1994, p 16110.
- Ministère de l'économie, des finances et de l'industrie (2000). Organismes génétiquement modifiés. <http://www.finances.gouv.fr/ogm>.
- Ministère de l'agriculture et de la pêche, ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement, secrétariat d'Etat aux PME, au commerce, à l'artisanat et à la consommation. *"Le gouvernement demande la destruction de cultures de semences de soja contenant des OGM"*. Communiqué de presse, 5 août 2000.
- Moschini, G., Lapan, H., and Sobolevsky, A. (2000). Roundup Ready® soybeans and welfare effects in the soybean complex. *Agribusiness* 16: 33-55.
- Nielsen, C., and Anderson, K. (2000). GMOs, trade policy, and welfare in rich and poor countries. Paper presented at a World Bank workshop on Standards, Regulation and Trade, held in Washington D.C., 27 April 2001.
- OCDE (2000). Systèmes des semences de l'OCDE, C(2000)146/FINAL, 28 septembre.
- ONIC (2001). Marché des céréales, France, Union Européenne, monde, juin 2001.
- USDA, Banque de Données PS&D View. USDA-Economic Research Service - National Agricultural Statistics Service.
- Valceschini, E. et Avelange, I. (2001). Analyse économique et réglementaire de l'organisation d'une filière "sans OGM". Programme de recherche pertinence économique et faisabilité d'une filière "sans utilisation d'OGM". Document de travail, mars 2001.

Annexes

Annexe 1. Les étapes de la production de semences de maïs et de colza

Dans le cas du maïs, chaque plante a à la fois une panicule (mâle) située en haut de la tige et des soies (femelles) situées plus bas sur la tige. La pollinisation se produit lorsque du pollen provenant de la panicule d'un plant de maïs est amené par le vent sur une soie du même plant ou d'un autre plant de maïs. Les semences de maïs utilisées en France sont des hybrides (essentiellement hybrides simples issus du croisement entre deux lignées parentales différentes, hybrides trois voies issus du croisement entre un hybride simple et une lignée fixée, ou hybrides doubles issus du croisement entre deux hybrides), l'hybridation permettant de créer une plante ayant une productivité supérieure à celles des parents. Il est difficile d'obtenir des niveaux de pureté très élevés parce qu'un plant producteur de semence peut être pollinisé par le pollen d'un plant d'une variété non désirable, il en résulte alors un plant avec des graines (qui seront des semences au stade suivant de la production) qui ne sont pas de la variété désirée. Les impuretés variétales sont obtenues soit lorsque le plant est fécondé par du pollen extérieur au champ de production de maïs, soit lorsqu'il est fécondé par son propre pollen au lieu d'être fécondé par du pollen du parent mâle (autofécondation).

Dans le cas du colza, chaque fleur possède à la fois des étamines (mâles) et un ovule (femelle). A la différence du maïs, les parties mâle et femelle ne sont pas séparées sur la plante. La majorité des semences de colza utilisées actuellement en France sont des variétés lignées, pour lesquelles toutes les plantes ont le même patrimoine génétique et peuvent s'auto-féconder. Une part croissante des semences de colza est constituée de semences hybrides. Pour la production de semences hybrides, l'autofécondation est rendue impossible soit par auto-incompatibilité, soit par stérilité mâle génique ou cytoplasmique. Des difficultés supplémentaires surviennent dans la production de semences de colza, par rapport au maïs, notamment le rôle plus des insectes dans la dissémination du pollen et les possibilités plus importantes de repousses qui peuvent polluer la parcelle de production de semences.

A1.1. La création variétale (semences de pré-base)

La première étape de la sélection consiste à réunir les caractères les plus intéressants de deux ou plusieurs plantes en les croisant.

Dans le cas du maïs, le sélectionneur épure et teste la valeur agronomique des croisements pendant environ dix ans. La première année, l'équipe de sélection crée un hybride à partir d'un croisement entre deux matériels de sa collection de plantes (constitué de populations ancestrales, de géniteurs publics, d'hybrides commerciaux, de lignées développées précédemment). Les années suivantes, la plante est ressemée chaque année et auto-fécondée, pour fixer les caractères souhaités. Chaque plante auto-

fécondée produit un épi, qui sert à ressemer une ligne l'année suivante. Chaque ligne est jugée, les plantes qui ne remplissent pas les critères souhaités sont éliminées. Cette étape est réalisée dans des champs de quelques hectares, sans règle d'isolement, en dirigeant toutes les étapes de la fécondation. A cet effet, des sacs en plastique sont placés sur l'épi avant que les soies ne sortent (elles sortent ainsi dans le sac en plastique et ne sont pas accessibles au pollen extérieur). Le pollen, lui, est recueilli dans des sacs en papier. La soie à polliniser est choisie, la pollinisation est effectuée à la main. Les risques de fécondation par du pollen extérieur sont faibles à cette étape, puisque les soies sont protégées et que la fécondation est dirigée. De plus, si des graines étaient tout de même malencontreusement pollinisées par du pollen extérieur à une étape donnée, ces graines, une fois semées à l'étape suivante, donneraient des plantes qui auraient des chances d'être éliminées par le sélectionneur si elles n'ont pas le phénotype souhaité. Il faut souligner cependant qu'une présence accidentelle d'une graine OGM à ce stade serait très problématique puisqu'elle se répercuterait ensuite sur toutes les semences descendant de cette graine.

A1.2. La multiplication des parents (semences de base) et la production de semence commerciale chez les agriculteurs

Une fois les lignées obtenues, pour le maïs ou le colza hybride, les parents sont multipliés dans des parcelles isolées chez des agriculteurs sous contrat avec des entreprises de production de semences. La semence issue de la multiplication des parents est appelée semence de base. Elle est ensuite utilisée pour la production de semence commerciale (ou semence certifiée), également réalisée dans des parcelles isolées chez des agriculteurs sous contrat.

Pour la production de semences hybrides, des rangs dits "mâles" et "femelles" sont alternés. Dans le cas du maïs, le pollen est supprimé dans les rangs dits "femelles" par la castration du maïs. Cette étape est réalisée soit à la main, soit par un passage à la machine suivi d'un passage à la main, et consiste à couper l'inflorescence mâle avant qu'elle ait libéré un seul grain de pollen. Dans le cas du colza, l'absence de fécondation dans les rangs "femelle" par du pollen de ces mêmes rangs est obtenu soit par auto-incompatibilité, soit par stérilité mâle des plantes de ces rangs.

Au stade de la production de semence commerciale, différentes procédures permettent d'obtenir une pureté élevée des semences. Il s'agit de procédures telles que le choix du précédent cultural, l'isolement de la parcelle, la bordure de la parcelle par des rangées du parent mâle ensuite récoltées séparément (afin d'augmenter la masse pollinique du parent mâle sur la parcelle, donc de diminuer la probabilité de fécondation du plant de production de semence par du pollen provenant de l'extérieur du champ), l'épuration en cours de végétation (consistant à éliminer les plants aberrants au cours de la période de croissance de la plante), le triage des plants après récolte, le nettoyage correct du semoir, de la moissonneuse et des installations de stockage et de transport. Pour certaines de ces procédures, des normes minimales sont définies de manière réglementaire.

A1.3. Les îlots de production pour la production de semence de base et de semence commerciale

Une des difficultés pour obtenir des semences très pures est la possibilité de contamination par du pollen extérieur. Dans le cas d'un hybride, la parcelle de production de semences est d'ailleurs particulièrement concernée par la possibilité de mélange par du pollen extérieur, en comparaison avec une parcelle de culture commerciale, car la masse pollinique y est faible, comme les rangs "femelles" ne produisent pas de pollen. Afin de limiter les possibilités de fécondation par du pollen extérieur, on définit en général des îlots de production dans lesquels on utilise un seul mâle pour la plante concernée, éventuellement commun à plusieurs hybrides, qu'il s'agisse de cultures destinées à la production de semences ou de cultures de consommation.

La définition des îlots de production de semence relève pour une grande part de la concertation entre les acteurs concernés. En appui de cette concertation, la loi française 72-1140 du 22/12/72 instaure la possibilité de définir des zones protégées de production de semences dans lesquelles l'autorité administrative peut réglementer, limiter ou interdire la production de certaines espèces. Ces zones sont définies chaque année par arrêté. Cette loi fournit un cadre pour régler les conflits potentiels. En cas de litige, elle permet de trancher en faveur du producteur de semences, quitte à détruire une production de culture de consommation à proximité d'une production de semences. En 1999/2000, il existait ainsi 199 zones protégées de production de semences de maïs en France. Ces zones représentaient 55 % de la production nationale de semences de maïs. En revanche, il n'existait pas de zones protégées dans le cas du colza (GNIS, 2000b).

Une autre possibilité pour limiter la fécondation par du pollen extérieur consiste à décaler les dates de floraison des plantes, et à faire en sorte que les soies du parent femelle soient réceptives au pollen à un moment où le pollen du parent mâle est libéré en abondance sur la parcelle, si possible en décalant ce moment par rapport aux possibilités d'arrivée de pollen extérieur.

A1.4. Livraison et conditionnement de semence commerciale

Les semences certifiées produites chez l'agriculteur sont livrées à une usine de traitement et conditionnement. Dans le cas du maïs, la semence est livrée à l'usine par benne en épis complets. Les épis sont tout d'abord séchés dans des bacs où circule de l'air chaud. Ils passent ensuite du stade de vrac non égréné au stade de vrac égréné puis de vrac commercial dans un système (tapis roulants, etc...). Dans le cas du colza, de la même manière, les graines sont pré-nettoyées pour enlever les bouts de tige restants, triées, analysées et conditionnées. Les règles de nettoyage en usine sont strictes, le risque de mélange à cette étape est donc relativement faible, en tout cas a priori contrôlable assez facilement.

Annexe 2. Le circuit logistique de la graine chez l'organisme stockeur

La récolte du colza a généralement lieu en juillet, elle chevauche la fin de la récolte de l'orge d'hiver et le début de la récolte du blé. La récolte du maïs a lieu en octobre - novembre, le maïs étant la seule culture récoltée à cette période. Après la récolte (et parfois le stockage à la ferme), l'agriculteur transporte généralement la récolte à un site de collecte d'un organisme stockeur voisin avec un véhicule à remorque. Dans certains cas l'organisme stockeur ou une société réalise ce transport par camion. A l'arrivée au site de collecte d'un organisme stockeur, un échantillon est prélevé et analysé. Les employés de l'entreprise analysent différentes caractéristiques de cet échantillon (par exemple, humidité et contenu en protéines dans le cas du maïs). Les graines sont généralement déchargées une fois les résultats de l'analyse connus. Le maïs est récolté humide dans la plupart des cas. Il est alors nécessaire de le sécher dans les vingt quatre heures suivant sa livraison. Le colza n'a généralement pas besoin d'être séché.

L'agriculteur livre soit à un site de collecte intermédiaire proche de chez lui, d'où le maïs ou le colza est redirigé par camion vers un site de stockage final (et de séchage dans le cas du maïs), soit directement à un site de stockage final. A un site de collecte intermédiaire, le maïs et le colza sont en général déchargés dans une fosse, d'où les graines sont transportées en hauteur par un élévateur (une chaîne verticale à godets insérée dans une structure métallique). Les graines sont alors dirigées par des tapis roulants au dessus de cellules de stockage, dans lesquelles elles tombent par gravité. Les graines sont ensuite déchargées par gravité dans un camion, qui les amène à un site de séchage (pour le maïs) et de stockage final. Il arrive que le maïs soit déchargé au niveau du sol et laissé en tas avant d'être transporté dans un camion (par exemple par un godet), d'où il est amené vers un site de stockage final.

A un site de séchage (pour le maïs) et de stockage final, les graines suivent le même type de circuit (fosse, élévateur, tapis roulant, cellule). Dans le cas du maïs, elles sont ensuite dirigées vers un séchoir d'où elles seront ensuite redirigées vers des cellules de stockage. Le séchoir est constitué d'un cylindre vertical dans lequel circule de l'air chaud. Le maïs circule dans le cylindre du haut vers le bas, en flux continu. Le circuit entre l'entrée et la sortie du maïs du séchoir dure en général autour de trois heures (la durée dépend du type de séchoir et du taux d'humidité) ; mais certaines graines restent plus longtemps dans le séchoir. Le séchoir doit être complètement plein pour fonctionner, il est en général vidé et nettoyé seulement une fois par an (le nettoyage est long, le séchoir comportant tout un ensemble de petites canalisations à gratter séparément).

Après le stockage, les graines sont libérées de la cellule de stockage par gravité, remontées par un élévateur puis dirigées sur un tapis roulant qui les amène à un boisseau d'expédition (une petite cellule de stockage) ayant un orifice situé au dessus d'un camion, d'un wagon ou d'une péniche (certains silos de stockage étant localisés près de lignes de chemin de fer ou près d'une rivière ou d'un canal).

Annexe 3. Les marchés du maïs et du colza en France et dans l'Union Européenne

A3.1. Développement des cultures OGM en maïs et colza dans le monde

A l'heure actuelle, il n'y a pas de diffusion commerciale d'OGMs en France. En 1999, l'adoption de maïs OGM représente 28 % des surfaces mondiales en maïs (tableau A1) et 13 % des surfaces mondiales en colza (tableau A2).²⁵ La culture de maïs OGM concerne 36 % des surfaces en maïs aux Etats-Unis (les Etats-Unis représentant neuf dixièmes des surfaces mondiales en maïs OGM), 44 % au Canada et 11 % en Argentine.

Tableau A1. Développement de la culture de maïs OGM dans le monde

Millions d'ha	1996	1997	1998	1999	2000	part du maïs OGM dans la surface nationale / mondiale (1999)	part du maïs OGM dans la surface mondiale (2000)
Etats-Unis	0,30	2,27	8,66	10,30			36 %
Canada	0,001	0,27	0,30	0,50			44 %
Argentine		0,07	0,09	0,31			11 %
Afrique du Sud			0,05	0,16			5 %
Espagne				0,01			0,2 %
Portugal				0,001			0,4 %
France			0,002	0,000			0,0%
TOTAL	0,30	2,61	9,11	11,28	10,30		28,0 %
							23 %

Sources : années 1996 à 1999 : Commission Européenne, DG VI, 2000 ; année 2000 : James, 2000.

La culture de colza concerne 61 % des surfaces en colza au Canada (le Canada représentant la quasi-totalité des surfaces mondiales en colza OGM) et 15 % des surfaces en colza aux Etats-Unis (tableau A2).

²⁵ Les chiffres pour l'année 2000 présentés dans les tableaux 1 et 2 sont issus d'une source différente des chiffres des années 1996 à 1999 et ne leur sont donc pas directement comparables.

Tableau A2. Développement de la culture de colza OGM dans le monde

Millions d'hectares	1996	1997	1998	1999	2000	part du colza OGM dans la surface nationale / mondiale (1999)	part du colza OGM dans la surface mondiale (2000)
Canada	0,1	1,4	2,4	3,4			61 %
Etats-Unis	0,01	0,02	0,03	0,06			15 %
TOTAL	0,11	1,42	2,43	3,46	2,8		13 %

Sources : années 1996 à 1999 : Commission Européenne, DG VI, 2000 ; année 2000 : James, 2000.

A3.2. Les importations de maïs et de colza (semence, graines, produits transformés) en France et dans l'Union Européenne

En l'état actuel, les OGMs ne sont pas commercialisés dans l'Union Européenne. Cependant, dès lors que des OGMs sont cultivés dans le reste du monde, il est possible d'avoir des OGMs dans l'UE pour des produits importés. Cette section présente les flux d'importation dans le cas du maïs et du colza.

- Les importations de semences de maïs et colza

Dans le cas des semences de maïs, les importations représentent 9 % des ressources françaises en 1999/2000 (les ressources étant la somme du stock initial, de la production et des importations). Environ un quart de ces importations provient des Etats-Unis, où des variétés OGM sont cultivées à grande échelle (tableau A3). Dans le cas des semences de colza, les importations représentent 3 % des ressources françaises (tableau A4). La source utilisée ne permet pas de distinguer les zones d'importation de semences de colza.

Tableau A3. Semences de maïs : bilan de la commercialisation et origine des importations, campagne 1999/2000

	tonnes	%		tonnes	%
total des ressources	279 814	100%	total des emplois	279 814	100%
dont : stock initial	112 742	40%	dont : ventes en France	88 998	32%
production	140 858	50%	exportations	68 157	24%
importations	26 214	9%	déclassés	16 051	6%
			stock final	106 609	38%
importations totales	26 214	100%			
dont: Hongrie	8 556	33%			
Etats-Unis	6 086	23%			
Chili	4 940	19%			
Canada	2 830	11%			

Source : GNIS, statistique annuelle semences et plants, 1999/2000. Les importations en provenance des quatre pays cités représentent 85 % des importations totales de semences de maïs.

Tableau A4. Semences de colza : bilan de la commercialisation, campagne 1999/2000

	tonnes	%		tonnes	%
total des ressources	12 371	100%	total des emplois	12 371	100%
dont : stock début	4 633	37%	dont : ventes en France	3 893	31%
production	7 350	59%	exportations	815	7%
importations	389	3%	déclassés	1 587	13%
			stock fin	6 077	49%

Source : GNIS, statistique annuelle semences et plants, 1999/2000.

- Les importations de maïs et de colza au stade agricole et au stade transformé

En 1998/99, les importations de maïs dans l'UE représentent 9 % des ressources (constituées de la somme de la production et des importations) (tableau A5).

Tableau A5. Bilan d'approvisionnement du maïs, UE à 15

	1997/98 1000 t	%	1998/99 1000 t	%
total ressources = total emplois	41 464	100 %	39 693	100 %
production	39 392	95 %	36 053	91 %
importations	2 072	5 %	3 640	9 %
exportations	1 746	4 %	2 094	5 %
variation de stocks	1 272	3 %	559	1 %
utilisations intérieures	38 314	93 %	38 011	93 %

Source : Commission Européenne, DG VI, 2001.

En 1999/2000, les importations de graines de colza représentent 7 % des ressources. La dépendance est plus marquée pour les tourteaux de colza dont les importations représentent 14 % des ressources (tableau A6).

Tableau A6. Bilan d'approvisionnement du colza, UE à 15

	1998/99		1999/00	
	1000 t	%	1000 t	%
graine de colza				
total ressources = total emplois	10 476	100 %	12 231	100 %
production	9 584	91 %	11 368	93 %
importations	892	9 %	863	7 %
exportations	798	8 %	2 018	16 %
disponibilités	9 678	92 %	10 212	84 %
tourteau et équivalent tourteau de colza				
total ressources = total emplois	5 987	100 %	6 654	100 %
production à partir de graines communautaires	4 920	82 %	5 236	79 %
production à partir de graines importées	500	8 %	483	7 %
importations	567	10 %	935	14 %
exportations	11	0.2 %	14	0.2 %
disponibilités	5 976	99.8 %	6 641	99.8 %
huile et équivalent huile de colza				
ressources = emplois	3 874	100 %	4 093	100 %
production à partir de graines communautaires	3 514	91 %	3 740	92 %
production à partir de graines importées	357	9 %	345	8 %
importations	3	0 %	8	0 %
exportations	840	22 %	777	19 %
disponibilités	3 034	78 %	3 316	81 %

Source : Commission Européenne, DG VI, 2001.

A3.3. Les utilisations intérieures du maïs et du colza

L'essentiel des utilisations intérieures du maïs (82 %) sont destinées à l'alimentation animale (tableau A6). 9 % sont destinées à l'alimentation humaine, dont 6 % après transformation. Les usages industriels représentent 8 % des utilisations (tableau A7).

Tableau A7. Utilisations intérieures du maïs, UE à 15

	1998/99		1999/00	
	1000 t	%	1000 t	%
utilisations intérieures totales	38 314	100 %	38 011	100 %
dont : alimentation animale	30 776	80%	31 068	82%
consommation humaine à l'état transformé	2 182	6%	2 092	6%
consommation humaine à l'état non transformé	3 267	3%	3 155	3%
usages industriels	3 579	9%	3 167	8%
semences	225	1%	208	1%
pertes (marché)	467	1%	413	1%

Source : Commission Européenne, DG VI (2001).

Tableau A7bis. Utilisations du maïs, France (1999/00)

utilisations totales	12940	100 %
exportations vers l'UE	8120	63%
fabricants d'aliments du bétail	3058	24%
amidonnerie	580	4%
semoulerie	140	1%
exportations hors UE	250	2%
semences	89	1%
autres utilisations intérieures	500	4%
freintes	203	2%

Source : ONIC (2001)

Les tritrateurs produisent du tourteau et de l'huile de colza à partir des graines. Les tourteaux sont quasi-exclusivement utilisés en alimentation animale tandis que les huiles sont utilisées pour trois quarts en alimentation humaine et pour un quart en usages industriels dans l'UE (tableau A8).

Tableau A8. Utilisations des tourteaux et huiles de colza, UE à 15

	1998/99		1999/00	
	1000 t	%	1000 t	%
tourteau et équivalent tourteau de colza				
utilisations intérieures	5758	100 %	6441	100 %
dont : alimentation animale	5754	100 %	6437	100 %
usages industriels	4	0 %	4	0 %
huile et équivalent huile de colza				
utilisations intérieures	2680	100 %	3027	100 %
dont : consommation humaine	2135	80 %	2342	77 %
usages industriels	538	20 %	677	23 %
alimentation animale	7	0 %	8	0 %

Source : USDA, PS&D View, 2001.

Annexe 4. Calibrage du modèle

Tableau A9. Prix et quantités pour le colza non OGM sans IP dans la situation initiale

variable	valeur	nom dans le modèle
surface récoltée dans l'UE	3,5 M ha	nombre d'agriculteurs cultivant du colza $\times$ ha
rendement moyen dans l'UE	3,3 t / ha	rdt
quantité produite et transformée dans l'UE	11,55 M t	q_n^{sAGGF} , q_r^{sAGGH}
exportations de l'UE vers le reste du monde	1 M t	$q_r^{sAGGH} - q_r^{dAGGC}$
consommation de colza transformé dans l'UE	$11,55 - 1 = 10,55$ M t	q_r^{dAGGC}
prix du colza agricole dans l'UE	1000 F / t	w_r
prix du colza transformé	1200 F / t	p_r
aide directe à l'hectare dans l'UE	3600 F / ha	s
production dans le reste du monde	31 M t	n.a.
consommation dans le reste du monde	32 M t	n.a.
importations du reste du monde depuis l'UE	1 million tons	q_r^{dM}

(F = Francs, M = million, t = tonne, ha = hectare).

Sources: Surface, rendement, production, exportations nettes de colza dans l'UE, production de colza du reste du monde: Oil World Statistics Update, year 1999/2000, March 30, 2001. Un équivalent exportations nettes de colza a été calculé en utilisant une moyenne pondérée par les prix des exportations nettes de graines de colza, des exportations nettes d'huile de colza et des importations nettes de tourteau de colza. La consommation dans l'UE et le reste du monde sont calculées pour équilibrer les bilans d'approvisionnement. Prix: prix à la production agricole : Agreste conjoncture, le bulletin, n°5, mai 2001, Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, France. Prix du colza transformé : prix des graines de colza à l'exportation, CETIOM, Colza d'hiver: les techniques culturales, le contexte économique, Mai 2000, France.

Tableau A.10. Hypothèses sur les élasticités prix du colza non OGM sans maintien de l'identité dans la situation initiale

élasticité prix de l'offre de colza agricole dans l'UE	1
élasticité prix de la demande de colza transformé dans l'UE	- 1
élasticité prix de l'offre de colza transformé dans le reste du monde	0,5
élasticité prix de la demande de colza transformé dans le reste du monde	- 0,5

Tableau A11. Hypothèses sur les niveaux des autres paramètres exogènes

Symbole	Nom du paramètre	Valeur
j	nombre d'agriculteurs	4620
π_b	profit/ha pour la culture alternative	1723 F / hectare
ha	nombre d'hectares par exploitation	5000 / 3,3
h	nombre de transformateurs	1500
Q	capacité par transformateur	5775 tonnes
d	nombre de consommateurs	4220
M	revenu par consommateur	$6,6 \times 10^9$ F
ρ	paramètre de la fonction d'utilité du consommateur	-255
p_a	prix du substitut proche du colza à la consommation	1200 F / unité
p_z	prix du bien composite	$1,36 \times 10^6$ F/unité

A4.1. Calibrage des coûts de production des agriculteurs

- coûts de production par tonne du colza non OGM sans identité préservée

On ordonne les 4620 exploitations agricoles selon la valeur de c_n , pour que l'exploitation 1 ait le coût de production de n (c_{n1}) le plus faible et l'exploitation 4620 ait le coût de production de n (c_{n4620}) le plus élevé. Pour calibrer les paramètres c_{n1} à c_{n4620} , on fait les hypothèses suivantes :

- La différence entre le coût de production de l'exploitation i et le coût de production de l'exploitation i+1 est constante.
- Dans la situation initiale, il est plus profitable de cultiver du colza n que la culture alternative pour les agriculteurs 1 à 2310, et il est plus profitable de cultiver la culture alternative b plutôt que du colza n pour les agriculteurs 2311 à 4620.
- Le coût de production par hectare de l'exploitation 1 est égal à un quart du revenu par hectare.
- Le coût de production par hectare de l'exploitation 1155 (l'exploitation moyenne cultivant du colza dans la situation initiale) est égal à la moitié du revenu par hectare (en incluant l'aide directe).²⁶

D'après les valeurs pour rdt , w_r et s , le revenu par hectare pour chaque exploitation est égal à $rdt \times w_r + s = 3,3 \times 1000 + 3600 = 6900$. Pour l'exploitation j, le coût par hectare est $rdt \times (\text{coût par tonne}) = 3,3 \times c_{nj}$. On a alors : $c_{n1} = (6900/3,3)/4 = 1725/3,3$ et $c_{n1155} = (6900/3,3)/2 = 3450/3,3$. On en déduit : $c_{ni+1} - c_{ni} = ((3450 - 1725)/3,3)/(1155 - 1) = 1725/(3,3 \times 1154)$.

On a alors : $c_{n2310} = 1568.63$ F/t, $\pi_{n2310} = 1723.51$ F/ha, $c_{n2311} = 1569.09$ F/t, $\pi_{n2311} = 1722.01$ F/ha. On fixe alors : $\pi_b = 1723$ F/ha (dans la situation initiale les 2310 premières exploitations trouvent plus profitable de cultiver du colza tandis que les 2310 dernières exploitations trouvent plus profitable de cultiver la culture alternative).

²⁶ Cette hypothèse est cohérente avec Agreste, Chiffres et Données Agriculture n° 131, février 2001, Rica France: Tableaux Standard 1999, Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, France.

On remarque alors que quand le prix reçu par les agriculteurs pour le colza, w_r , augmente de 1% par rapport à sa valeur initiale (donc de $w_{r0} = 1000$ à $w_{r1} = 1010$), le nombre d'agriculteurs cultivant du colza n augmente de 2310 à 2332 (donc de $22/2310=0,95\%$). (Ces agriculteurs basculent de la culture alternative b au colza n). L'élasticité d'offre par rapport au prix est donc égale environ à 0,95.

- coûts de production par tonne du colza OGM

On utilise ici les résultats des simulations du chapitre 2 pour calibrer une distribution du paramètre c_g dans laquelle on prend des valeurs $c_{g1}, \dots, c_{g4620}$ pour les 4620 exploitations du modèle.

a) Distribution des réductions de coût d'herbicide OGM pour les agriculteurs

D'après les données du CETIOM sur les 1238 exploitations de colza en France, en supposant que le prix des herbicides standards reste constant et que le prix de la licence est fixé à son optimum de 321 F par hectare, on obtient une réduction de coût en herbicide de 396F/ha en moyenne, avec un écart type empirique de 188. Ici, on divise ces valeurs par le rendement en colza, 3,3 t/ha, et on approxime la distribution empirique des réductions de coût en herbicide par tonne (de colza vendu par l'agriculteur) par une distribution normale de moyenne 120 et d'écart type 57.

Soit $CDFN(r; 120, 57)$ la fonction de distribution normale cumulée d'une variable aléatoire r de moyenne 120 et d'écart type 57. Pour trouver 4620 réductions de coût en herbicide représentatives à partir de cette distribution, on trouve ensuite 4620 valeurs pour les réductions de coût par hectare, qu'on appelle $r_1, \dots, r_{4620}$, où ces points sont définis implicitement par l'équation $CDFN(r_i; 120, 57) = i / 4620$ pour $i = 1, 2, \dots, 4620$.

b) Distribution de c_{gj}

Pour éviter d'avoir une corrélation entre les coûts de production par tonne du colza n et les réductions du coût en herbicide par tonne, on prend une permutation aléatoire de la liste $\{r_1, \dots, r_{4620}\}$, qu'on note $\{r'_1, \dots, r'_{4620}\}$. On définit alors le coût de production par tonne de colza OGM de l'exploitation j , c_{gj} , comme son coût de production par tonne de colza non OGM, c_{nj} , moins la réduction de coût en herbicide, r'_j , plus le coût de licence de la semence OGM, coûtlicence (c'est à dire la différence de prix entre la semence OGM et la semence non OGM, supposée identique pour tous les agriculteurs):

$$c_{gj} = c_{nj} - r'_j + \text{coûtlicence}, i = 1, 2, \dots, 4620.$$

Dans la situation initiale, on fixe le prix de licence à 3000 F/t. Alors, aucun agriculteur ne cultive d'OGMs. Dans les simulations où les OGMs sont adoptés dans l'UE, on fixe le prix de la licence à $321/3,3=97$ F/t.

- coûts de production par tonne du colza non OGM à identité préservée

On note le coût additionnel de maintien d'identité au stade agricole par i_{pfj} . On trouve 4620 valeurs pour les coûts additionnels de maintien d'identité, notés $i_{pf1}, \dots, i_{pf4620}$, variant entre 1 F/t et 11 F/t avec une moyenne de 6 F/t et un écart constant $i_{pf(i+1)} - i_{pfi}$.²⁷ Pour éviter d'avoir une corrélation entre ces coûts additionnels de maintien de l'identité non OGM et les autres coûts au stade agricole, on prend une permutation aléatoire de la liste $\{i_{pf1}, \dots, i_{pf4620}\}$, notée $\{i_{pf1}', \dots, i_{pf4620}'\}$. On définit alors le coût de production par tonne de colza non OGM IP de l'exploitation j , c_{ij} , comme son coût de production par tonne de colza non OGM, c_{nj} , plus le coût additionnel de maintien d'identité, ipf_j :

$$c_{ij} = c_{nj} + i_{pfj}', \quad i = 1, 2, \dots, 4620.$$

A4.2. Calibrage des paramètres des transformateurs

- Calibrage de c_{rh}

Le paramètre c_{rh} est le coût de transformation du colza standard, en excluant le coût d'achat du colza à l'agriculteur et le coût lié à la perte de flexibilité. On prend les coûts c_{rh} d'une distribution uniforme, entre 180 et 206 F/t, sur un échantillon de 1500 transformateurs. Le paramètre c_{rh} est inférieur à 200 F/t pour les 1155 premiers transformateurs, qui transforment donc du colza dans la situation initiale. Il est supérieur à 200 F / t pour les 345 derniers transformateurs, qui ne transforment donc pas de colza dans la situation initiale.

- Calibrage de c_{ih}

Le paramètre c_{ih} est le coût de transformation du colza non OGM à IP, en excluant le coût d'achat du colza à l'agriculteur et le coût lié à la perte de flexibilité. D'après nos hypothèses, c_{ih} est supérieur à c_{rh} , pour chaque transformateur. On appelle c_{iph} la différence entre c_{ih} et c_{rh} , c'est-à-dire le coût de maintien de l'identité (en excluant le coût lié à la perte de flexibilité). On suppose que ce coût varie

²⁷ Il y a peu d'information disponible sur les coûts de préservation d'identité au stade agricole. Bullock, Desquilbet and Nitsi (2000) rapportent que les primes aux agriculteurs livrant du soja non OGM sous contrat à des organismes stockeurs près de la rivière Illinois en 2000 étaient approximativement égaux à 50 F/t. Cette prime couvrait : les coûts de nettoyage du semoir et de la moissonneuse (approximativement 0,4 F/t), les coûts de contractualisation, les coûts pour conduire plus loin jusqu'au silo et attendre plus longtemps pour livrer les graines non OGM, le profit dû à l'IP et le coût d'opportunité pour ne pas utiliser de semence OGM (non observables et variant par exploitation). Notre ensemble de valeurs pour i_{pfj} est choisi arbitrairement étant donnée cette information.

linéairement entre 10 et 30 F / t avec une moyenne de 20.²⁸ On prend alors une permutation aléatoire de cette liste, c_{iph}^l , et on définit c_{ih} comme:

$$c_{ih} = c_{rh} + c_{iph}^l, h = 1, \dots, 1500.$$

- Calibrage de k

On assigne une valeur de 100 F / t au paramètre k, qui est le paramètre de coût lié à la perte de flexibilité.

A4.3. Calibrage des paramètres des consommateurs

- Calibrage de la demande finale lorsque tous les consommateurs sont indifférents entre le colza non IP et le colza IP

La valeur de la consommation finale totale des ménages de l'UE en 1998 était égale à 28×10^{12} F. On fixe le budget du consommateur l , $l = 1, \dots, 4220$, à $M = 28 \times 10^{12} / 4220 = 6,6 \times 10^9$ F. Pour calibrer p_z , et une distribution de σ_{ral} selon les consommateurs, on s'appuie sur les trois hypothèses suivantes :

(i) 2110 consommateurs consomment du colza, et 2110 consommateurs consomment le substitut proche dans la situation initiale; (ii) le paramètre σ_{ral} est distribué linéairement entre 0 et 2 ; (iii) si le prix du colza standard augmente de 1 %, la consommation totale de colza standard diminue de 1 %.

a) Calibrage des paramètres σ_{ral} , $l = 1, \dots, 4220$.

D'après notre modèle, le fait que le consommateur l consomme ou non le bien r est par la fonction indicatrice suivante :

$$\begin{aligned} \text{Ind}_l(p_a, p_r) &= 1 \text{ si le consommateur } l \text{ consomme du colza standard, i.e. si } \sigma_{ral} > p_r / p_a \\ &= 0 \text{ si le consommateur } l \text{ consomme le substitut a, i.e. si } \sigma_{ral} \leq p_r / p_a \end{aligned}$$

Dans la situation initiale, $p_{a0} = p_{r0} = 1200$ F/t, si bien que $p_{r0}/p_{a0} = 1$. On crée une liste de 4220 paramètres σ_{ral} variant linéairement de 0 à 2. On a alors : $\sigma_{ral} > 1$ pour $l = 2111, \dots, 4220$ (les consommateurs 2111 à 4220 consomment r dans la situation initiale).

²⁸ Tout comme pour les agriculteurs, il y a peu d'information sur les coûts de maintien de l'identité non OGM au stade de la transformation. Bullock, Desquilbet and Nitsi (2000) rapportent que la prime aux transformateurs américains livrant du soja non OGM au Japon moins la prime aux agriculteurs américains livrant du soja non OGM sous contrat aux organismes stockeurs près de la rivière Illinois en 2000 étaient approximativement égaux à 80 F / ton. Cette prime couvrait les coûts des tests, approximativement égaux à 6 F/t, les coûts de contractualisation, les coûts liés à la perte de flexibilité, le profit dû à la ségrégation (non observables). D'après ces valeurs on choisit arbitrairement les valeurs de c_{iph} et la valeur de k.

Lorsque p_r augmente de 1% depuis sa valeur initiale de $p_{r0}=1200$ à une valeur $p_{r1}=1212$, le ratio devient $p_{r1}/p_{r0}=1,01$. D'après notre définition des paramètres σ_{ral} , on trouve : $\sigma_{ral} > 1,01$ pour $l=2132, \dots, 4220$. Autrement dit, lorsque le prix de r augmente de 1%, le nombre de consommateurs qui consomment r diminue de $(2111-2132)/2110$, soit de 0,9%.

Cette liste définit également σ_{ial} (les consommateurs sont indifférents entre du colza standard et du colza IP dans la situation initiale).

b) calibrage de ρ et p_z

La demande agrégée de colza standard est donnée par :

$$(1) q_r^{dAGGC} = M \frac{p_r^{\frac{1}{\rho-1}}}{p_z^{\frac{\rho}{\rho-1}} + p_r^{\frac{\rho}{\rho-1}}} \sum_l Ind_l(p_a, p_r)$$

où $Ind_l(p_a, p_r) = 1$ si le consommateur l consomme du colza standard, 0 sinon.

D'après cette équation, la dépense totale sur le colza est donnée par :

$$(2) p_r \times q_r^{dAGGC} = M \frac{p_r^{\frac{\rho}{\rho-1}}}{p_z^{\frac{\rho}{\rho-1}} + p_r^{\frac{\rho}{\rho-1}}} \sum_l Ind_l(p_a, p_r)$$

Dans la situation initiale, $p_r \times q_r^{dAGGC} = 1,266 \times 10^{10}$ F, $M = 6,6 \times 10^9$ F, $\sum_l Ind_l(1200, 1200) = 2110$. En

utilisant ces valeurs dans l'équation précédente et en simplifiant l'expression, on obtient :

$$(3) p_z = 1200 \left(\frac{6,6 \times 2110}{1,266 \times 10^{10}} - 1 \right)^{\frac{\rho-1}{\rho}} = 1200 \times 1099^{\frac{\rho-1}{\rho}}$$

- Afin d'avoir une élasticité prix de 1, on souhaite :

$$q_r^{dAGGC}(1200, 1212) = 0,99 q_r^{dAGGC}(1200, 1200).$$

D'après l'équation (2), en utilisant : $\sum_l Ind_l(1200, 1200) = 2110$, $\sum_l Ind_l(1200, 1212) = 2089$, cette

équation est équivalente à :

$$(4) 2089 \frac{1212^{\frac{1}{\rho-1}}}{p_z^{\frac{\rho}{\rho-1}} + 1212^{\frac{\rho}{\rho-1}}} = 2110 \times 0,99 \frac{1200^{\frac{1}{\rho-1}}}{p_z^{\frac{\rho}{\rho-1}} + 1200^{\frac{\rho}{\rho-1}}}$$

En remplaçant p_z dans (4) par son expression dans l'équation (3) et en résolvant numériquement les équations (3) et (4), on obtient : $\rho = -255$ et $p_z = 1,36 \cdot 10^6$ F.

- Calibrage de la demande finale lorsqu'un consommateur sur deux refuse le colza non IP

Dans ce cas, $\sigma_{ia/l}$ est défini comme précédemment, et $\sigma_{ra/l}$ est fixé égal à 0 pour les valeurs paires de l , et fixé égal à $\sigma_{ia/l}$ pour les valeurs impaires de l .

A4.4. Calibrage du reste du monde

On prend des fonctions d'offre et de demande linéaires dans le reste du monde pour le colza standard transformé. Dans la situation initiale, les niveaux de production et de consommation dans le reste du monde sont respectivement égaux à 31 Mt et 32 Mt dans la situation initiale. On suppose de plus que l'élasticité prix de l'offre est égale à 0,5 et l'élasticité prix de la demande est égale à - 0,5 dans la situation initiale. On obtient alors :

Courbe d'offre: $S = 12916.666 p + 1.55 \cdot 10^7$

Courbe de demande: $D = -13333.333 p + 4.8 \cdot 10^7$

où les quantités sont en tonnes et le prix est en F / t.

