



Ministère de l'Enseignement supérieur  
et de la Recherche

## **Rapport scientifique du**

### **Programme ACI IMPACT des OGM 2004-2007**

« Evaluer la relation entre modes de contrôle de gestion inter-firmes et organisation de la chaîne logistique amont dans les stratégies de séparation des filières OGM et non OGM. »

Coordonné par François Coléno

# Sommaire

Préambule .....	2
Introduction et rappel des objectifs.....	3
1. identification des modalités de gestions envisagées par les firmes de collecte (UMR SAD-APT) .....	5
Le cas étudié .....	6
La gestion de la séparation entre maïs semoulier et maïs amidonnier.....	7
Scénarios de gestion de la séparation OGM / non OGM.....	8
2. Modélisation de la chaîne de collecte (INRA UMR SAD-APT et AgroParisTech UR Gestion).....	10
La gestion des silos .....	11
La gestion du transport.....	11
La gestion du séchoir .....	12
Le fonctionnement du modèle .....	13
Résultats des simulations pour trois stratégies de collecte .....	15
3. Modélisation de l'allocation des surfaces OGM et non OGM à l'échelle des territoires de collecte en fonction des stratégies de collecte. (INRA UMR SAD-APT)20	
Résultats.....	23
4. Évaluation des mélanges fortuits au champ en fonction des stratégies de collecte (INRA UMR SAD-APT et UAR EcoInnov) .....	28
Conclusion .....	31
Références citées.....	33
Publication liées au projet.....	34

## ***Préambule***

Le projet « Evaluer la relation entre modes de contrôle de gestion inter-firmes et organisation de la chaîne logistique amont dans les stratégies de séparation des filières OGM et non OGM. » a été financé par le ministère de la recherche et de l'enseignement supérieur dans le cadre de l'appel d'offre ACI impact des OGM 2004. Ce programme de recherche a impliqué François Coléno (INRA, UMR SAD-APT), Frédérique Angevin (INRA, UAR Eco-Innov), Marianne Le Bail (Agro-ParisTech, UMR SAD-APT), et Michel Nakhla (Agro-ParisTech, UPR GEO).

## ***Introduction et rappel des objectifs***

La mise en place de la coexistence entre production OGM et production non OGM pose des questions spécifiques au niveau du territoire agricole, c'est-à-dire d'une petite région de plusieurs km<sup>2</sup>. Il s'agit de mettre en place des modes de gouvernances permettant d'assurer à la fois l'absence de mélanges fortuits entre parcelles voisines (Byrne et Fromherz, 2003), mais aussi de permettre la collecte des deux types de productions par les entreprises de collecte et de stockage. Pour ces dernières, il s'agit d'assembler, au niveau de leurs silos de collecte la récolte de plusieurs dizaines de parcelles agricoles, en assurant la ségrégation des deux produits et, dans le cas du maïs, d'assurer par la suite le séchage des deux productions. Ainsi, la coexistence entre production OGM et non OGM induit des questions à la fois sur les conditions de production et sur la transformation et le transport des récoltes. Le premier niveau a donné lieu à de nombreux travaux agronomiques qui ont proposé des modèles des phénomènes biologiques en cause dans la dissémination des gènes. Certains permettent de tester des modifications dans les assolements et les systèmes de culture et d'évaluer les risques de pollinisation croisée entre cultures OGM et non OGM dans différentes configurations régionales d'organisation des systèmes de production (Messéan et al, 2006). En ce qui concerne le niveau de la transformation et du stockage des récoltes, les travaux de Meynard et Le Bail (2001) ont mis en évidence des points sensibles au sein de la filière de production et de collecte des récoltes. Ces points sensibles tiennent à la gestion des assolements et à certains choix techniques (choix variétaux, décalages de floraison, entretien des bordures pour certaines espèces comme le colza, ...), mais aussi au stockage des récoltes en silos et, particulièrement pour le maïs, à l'étape du séchage qui constitue généralement un goulot d'étranglement dans la logistique des lots de grains. Toutefois, les travaux de Meynard et Le Bail (2001) se sont centrés sur des quantités de produits non OGM dans la collecte relativement faibles (de l'ordre de 10%) en se basant sur l'étude de filières existantes comme les maïs waxy et maïs semence.

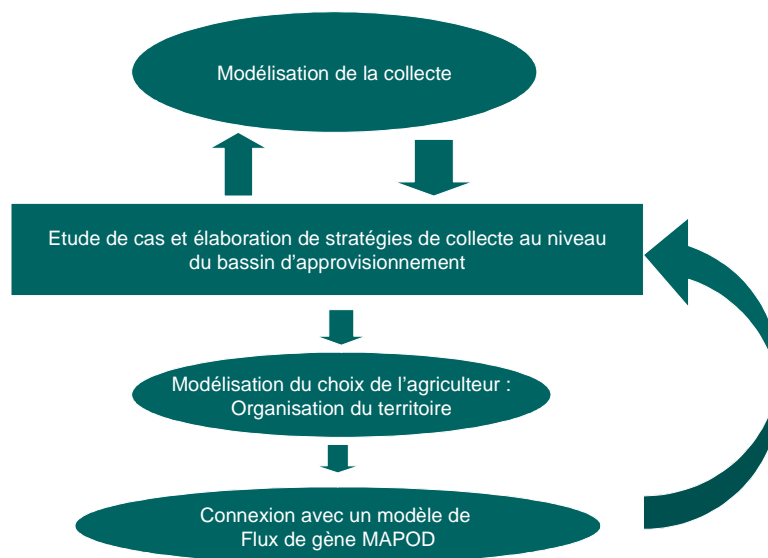
Le projet « Evaluer la relation entre modes de contrôle de gestion inter-firmes et organisation de la chaîne logistique amont dans les stratégies de séparation des filières OGM et non OGM » financé par l'ACI impact des OGM 2004 s'inscrit dans la

prolongement de ces travaux. Il s'agissait en effet d'étudier la faisabilité de la coexistence pour des parts de produits non OGM relativement importantes, et du coup difficile à séparer par l'allocation d'une chaîne de collecte spécifique. Ce projet visait donc :

- à identifier les modalités de gestion de la chaîne logistique, et plus particulièrement de la chaîne de collecte, c'est-à-dire la chaîne regroupant agriculteurs, entreprises de collecte et de stockage (ECS) et transporteurs.
- à proposer une modélisation de cette chaîne qui puisse permettre d'évaluer ces différentes modalités à la fois au niveau du fonctionnement de la chaîne en elle-même et au niveau du territoire, afin de permettre une interaction avec le modèle MAPOD (Angevin et al., soumis).

Pour réaliser le premier objectif nous avons envisagé de réaliser un inventaire des modalités de gestion pouvant être mises en place par les entreprises de collecte stockage. Au cours du déroulement du projet il nous est apparu qu'un tel travail typologique serait redondant avec celui mené par Meynard et Le Bail (2001), d'autant plus que les échantillons risquaient de se recouvrir fortement. Nous avons donc réorienté notre travail vers des études de cas, menées de façon approfondie sur deux coopératives agricoles situés dans deux régions françaises. Ce travail nous a permis d'identifier deux modalités de gestion de la collecte permettant la coexistence.

Par la suite, nous avons élaboré deux modèles de simulation permettant d'évaluer ces scénarios de gestion au niveau de la chaîne logistique d'une part, et au niveau du territoire agricole, d'autre part. L'interconnexion entre ces différents modèles est illustrée en figure 1. Enfin, le modèle d'organisation du territoire peut être connecté facilement avec MAPOD (Angevin et al., soumis). Il est ainsi possible d'évaluer les conséquences en termes de flux de gène de telle ou telle modalité de gestion de la collecte.



*Figure 1 : interconnexion des différents modèle à partir des scénarios de collecte identifiés*

### **1. identification des modalités de gestions envisagées par les firmes de collecte (UMR SAD-APT)**

Dans le cas de la coexistence de maïs OGM et non OGM, les travaux de Meynard et Le Bail (2001) ont mis en évidence que les points critiques au sein de la filière de production et de collecte des récoltes tenaient à la gestion de certains choix techniques (choix de variétés ou de dates de semis permettant des décalages de floraison, par exemple) mais aussi au stockage des récoltes en silos et, plus particulièrement, à l'étape du séchage qui constitue généralement un goulot d'étranglement dans la logistique des lots de grains. Pour gérer ces points sensibles, dans le cas de petites quantités de maïs non OGM à isoler, ces travaux ont permis d'identifier plusieurs stratégies de gestion de la collecte. Dans ce même objectif, nous avons cherché à explorer les solutions organisationnelles qui permettraient aux OCS d'assurer la séparation entre filière OGM et non OGM pour des tailles de lots importantes (de l'ordre de 25 à 50 % des volumes collectés), à appareil industriel constant et pour des productions d'OGM et de non OGM dispersées. Pour cela, nous avons identifié différentes stratégies d'organisation de la collecte, en interaction

avec deux coopératives situées dans deux régions françaises contrastées (la Beauce et l'Alsace). Ce travail repose sur une étude de cas (Dubois et Gade, 2002) réalisé au cours de l'année 2005 sur les deux coopératives. Cette étude s'est centrée sur la gestion de la collecte, depuis la mise en culture jusqu'à la commercialisation et particulièrement sur les mécanismes permettant d'assurer la séparation entre deux productions :

- le maïs amidonnier et le maïs semoulier (cas de l'Alsace) ;
- le colza érucique et le colza alimentaire (Cas de la Beauce).

Nous avons ainsi pu identifier, en premier lieu, que la contrainte d'infrastructure ne porte que sur la production de maïs. En effet, le colza bénéficie des équipements de collecte des autres productions (le blé en particulier) et de ce fait, ils s'avèrent surdimensionnés pour cette culture. Du coup, la ségrégation de ces deux productions peut se faire sans difficultés. Au contraire, le maïs utilise des infrastructures dimensionnées en propre pour cette production et en général, au plus juste. La gestion de la ségrégation au niveau de la collecte est donc un problème majeur pour cette production. C'est pourquoi, nous nous sommes centrés pour la suite du travail sur l'exemple du maïs. Dans l'étude de cas que nous avons menée, le maïs semoulier représente 20 à 25% de la collecte totale et le taux de pureté variétal exigé est de 85%.

Pour réaliser ce travail, nous avons interviewé plusieurs responsables de coopératives qui interviennent à différents niveaux de gestion de la collecte :

- coordination des assolements et des relations avec les agriculteurs;
- planification de la collecte et du transport,
- commercialisation et gestion de silos de réception
- suivi de site de stockage et de séchoirs.

A partir de ces entretiens nous avons élaboré une représentation de la collecte du maïs. Elle a ensuite été mobilisée pour extrapoler des scénarios de gestion de la séparation OGM non OGM.

### **Le cas étudié**

La collecte en maïs de cette coopérative représente 250 000 tonnes, principalement commercialisées pour l'alimentation humaine. La collecte se répartit entre maïs de qualité

amidonnière (190 000 t) et maïs de qualité semoulière (20 000 t), le reste étant commercialisé en aliment pour bétail.

La coopérative dispose de différents silos de collecte répartis sur son bassin d'approvisionnement. Ils ont une capacité de stockage faible (de l'ordre de 400 t réparties en 4 cellules). Les récoltes collectées sont ensuite dirigées sur des sites de séchage et ce, en fonction du type de produit collecté. Après séchage, les lots sont stockés dans des silos, dans des cellules différentes selon le produit.

### **La gestion de la séparation entre maïs semoulier et maïs amidonnier**

La gestion et la préparation de la collecte se répartissent en deux étapes. Une phase de planification qui s'étale des semis jusqu'à la récolte et une phase de pilotage en temps réel qui dure de 4 à 6 semaines à partir de la récolte. L'objectif de la phase de planification, pour ce qui concerne la séparation, est de déterminer la quantité à collecter pour chacun des types de production et d'allouer les infrastructures (silos de collecte, séchoirs et silos de stockage) aux différents produits en fonction de la localisation géographique des récoltes. Au cours la phase de pilotage, il s'agit de gérer les flux, de manière à assurer la séparation entre type de maïs tout en acceptant les livraisons des agriculteurs adhérents lorsqu'ils se présentent. Les mélanges entre les deux types de produits peuvent alors arriver à chacune des trois étapes de la collecte :

- Au niveau du silo de collecte : si le flux semoulier ne permet pas d'utiliser une cellule en pleine capacité, le responsable de silo peut être amené à mélanger les deux produits.
- Au niveau du séchage, si la quantité d'un produit est inférieure au volume du séchoir, le responsable peut être contraint de mélanger les deux produits afin de faire fonctionner le séchoir à pleine capacité.
- Au niveau du silo de stockage final, si les flux des deux produits ne sont pas suffisamment séparés dans le temps, le remplissage continu des cellules ne permet pas d'assurer la séparation des deux productions.

Ainsi, la séparation entre les deux filières repose essentiellement sur l'identification *a posteriori* des zones de production en fonction des surfaces emblavées par les agriculteurs et par un « pari » sur la répartition des flux de type de maïs livrés par les

producteurs. Il est alors possible que la coopérative soit dans l'incapacité d'assurer la séparation entre filières, comme ce fut le cas lors de la campagne 2004.

A partir de ces expériences, nous proposons 4 scénarios de gestion de la séparation OGM / non OGM.

### **Scénarios de gestion de la séparation OGM / non OGM**

Les scénarios que nous présentons reposent sur les principes de regroupements géographique ou temporel au niveau de la collecte, laissant libre choix aux agriculteurs du type de maïs qu'ils souhaitent produire. La séparation des productions au niveau inter parcellaire est donc gérée par les agriculteurs entre eux. Ces scénarios requièrent, ou non, des coordinations horizontales entre opérateurs de collecte et de stockage.

Ces scénarios sont définis comme suit :

- ***Un scénario de regroupement temporel de la collecte.*** Il s'agit là d'imposer aux agriculteurs des dates de livraisons fixes selon le type de produit (une semaine réservée aux productions OGM ou non OGM, par exemple). Certains silos de collecte sont ainsi dédiés, pour une période donnée, à une production. La séparation n'a donc pas à être gérée géographiquement. Par ailleurs, en concentrant la collecte d'un produit sur une courte période de temps, il est possible de disposer des flux de matières suffisants pour pouvoir à la fois dédier une ligne de séchage à cette production et pour pouvoir remplir une ou plusieurs cellules de stockage. L'inconvénient de ce scénario pour l'ECS est que les agriculteurs peuvent choisir de livrer à un concurrent offrant un niveau de contrainte moindre au moment où ils souhaitent récolter. Ceci occasionne alors une perte de volume récolté et de fait, une perte de part de marché.
- ***Un scénario de regroupement géographique de la collecte en fonction des surfaces emblavées.*** Il consiste à affecter les silos de collecte à un type de produit en particulier. Les silos sont choisis en fonction de la part d'un type produit dans leur bassin d'approvisionnement. Ceci permet de concentrer la livraison des récoltes dans certains silos de collecte et de réaliser la séparation à ce niveau. Si les surfaces couvertes représentent des tonnages suffisants il est alors possible de

dédier une ligne de séchage à chacune des productions sur la durée de la campagne de collecte et donc d'assurer la séparation lors du séchage et du stockage final. Ce scénario suppose toutefois que les surfaces emblavées soient suffisantes pour mobiliser les différentes structures de l'ECS (silo de collecte, séchoir et silos de stockage). Par ailleurs, les agriculteurs se situant dans une zone et produisant le produit non collecté supporteront des coûts de transport supplémentaires ou bien risquent de livrer à un concurrent.

- ***Un scénario de regroupement géographique décidé avant le semis.*** Il s'agit de pré-affecter des silos de collecte à un produit donné et d'en informer les agriculteurs avant le semis. Il leur est ainsi possible de choisir leur production en tenant compte du lieu de collecte le plus proche et des coûts de transport pour se rendre dans d'autres silos. Ce scénario permet ainsi d'inciter indirectement les agriculteurs à choisir un type de production déterminé. Par ailleurs l'ECS peut modifier son affectation après le semis si la part d'un produit attendu dans une zone est inférieure à la part espérée. Toutefois, il n'est pas exclu que les agriculteurs choisissent de livrer à un concurrent plus proche de leur exploitation et acceptant les deux produits.
- ***Un scénario de regroupement géographique, ou temporel, avec mise en place de mécanismes compensatoires entre opérateurs.*** Ce scénario repose sur une mise en commun des infrastructures de collecte (silos) entre les différents opérateurs sur un bassin donné. Si le silo de collecte d'une ECS sur un bassin donné accepte uniquement les récoltes OGM, celui de son concurrent acceptera les productions non OGM. L'agriculteur livrera sa production au silo concerné en indiquant à qui est destiné sa livraison. Il revient alors aux deux opérateurs de mettre en place des mécanismes compensatoires pour leur permettre de concentrer les récoltes soit au niveau du séchage, soit au niveau du stockage final. Cette organisation limite les problèmes de concurrence entre opérateurs que l'on pouvait voir dans les autres scénarios, mais il induit des coûts de transaction importants liés à la mise en place de mécanismes de compensation

A partir de l'identification de ces stratégies de gestion avec les acteurs gestionnaires de la collecte, nous avons produit deux modèles permettant de les évaluer<sup>1</sup> à la fois au niveau de la chaîne de collecte et au niveau du territoire de collecte (Figure 1). Le second de ces modèles nous permet de générer des allocations des cultures OGM et non OGM sur un territoire agricole. Il est alors possible en mobilisant le modèle MAPOD (Angevin et al, in press) de calculer les taux de présence fortuite, au niveau des silos, dus aux flux de gènes.

## ***2. Modélisation de la chaîne de collecte (INRA UMR SAD-APT et AgroParisTech UR Gestion)***

La collecte de maïs en Europe se déroule à l'automne, en général de septembre à décembre. Durant cette période, chaque agriculteur récolte son maïs et l'achemine par ses propres moyens au silo de collecte de l'entreprise à laquelle il souhaite vendre sa production. Chacun de ces silos est composé de cellules de tailles équivalentes, mais relativement faible au regard de la quantité totale de grains qu'ils doivent contenir. Les silos sont donc vidés régulièrement et le grain est acheminé sur des sites de séchages pour y être séché. Une fois le grain séché il est stocké en lot homogène dans des silos portuaires pouvant contenir jusqu'à 300 000 tonnes de maïs. Afin d'assurer une bonne qualité des grains, et du coup l'accès aux marchés rémunérateurs de l'alimentation humaine, le délai maximal entre la récolte et le séchage doit être inférieur à 48h.

Le modèle proposé se focalise sur les deux points critiques identifiés par les travaux de l'objectif 1 et prend en outre en compte le transport entre les silos de collecte et les sites de séchage. Il est ainsi composé de trois modules : les silos de collecte, les séchoirs et le transport.

Par ailleurs, nous considérons deux modes de pilotage de la chaîne de collecte aux différents points critiques. Le premier mode de pilotage, favorable à la ségrégation, consiste à chercher à constituer des lots homogènes. Le second vise au contraire à

---

<sup>1</sup> Le scénario consistant à mettre en commun les infrastructures n'a pas été modélisé. Il a en effet été jugé, dans un premier temps, irréaliste par les opérateurs.

minimiser les coûts en utilisant les capacités de stockage et de séchage à leur potentiel maximal.

### **La gestion des silos**

Chaque jour un silo reçoit une quantité totale de maïs, OGM et non OGM ( $QR_{j,t}$ ). Pour stocker ces deux types de production, plusieurs règles de gestion sont mobilisées. S'il existe une cellule contenant un produit donné, la récolte de ce produit sera stockée dans cette cellule. Si celle-ci n'a pas une capacité suffisante, le reliquat pourra être stocké dans une cellule contenant elle aussi le même produit ou dans une cellule vide. Si ce n'est pas possible :

- le reliquat est refusé et reporté au jour suivant dans le cas du mode de pilotage favorable à la ségrégation (**SS1**) ;
- le reliquat est déversé dans une cellule contenant l'autre produit et pouvant l'accueillir (**SS2**).

Dès que toutes les cellules sont pleines, les récoltes qui arrivent sont reportées au jour suivant. On a donc, tant qu'il existe une cellule non vide et que les deux récoltes n'ont pas été traitées :

$$\text{Si } QC_{i,t} + a_{i,t} * QR_{j,t} \leq C_i \quad QC_{i,t} = QC_{i,t} + a_{i,t} * QR_{j,t}$$

Où  $QC_{i,t}$  est la quantité stockée dans la cellule  $i$  au temps  $t$ , et  $a_{i,t}$  prend la valeur 1 si la cellule  $i$  contient le produit  $j$  et 0 sinon.

Dans le cas du mode de gestion SS2,  $a_{i,t}$  prend la valeur 1 dès lors que tout ou partie de  $QR_{j,t}$  ne peut être stockée.

### **La gestion du transport**

Chaque jour, les silos émettent des demandes de transport dès lors que les quantités stockées dépassent un seuil. Ces demandes sont classées en fonction du temps d'attente dans les silos afin que soient traitées en priorité les récoltes les plus anciennes. Par ailleurs, afin de respecter le délai de 48h entre la récolte et le stockage, les productions livrées à  $t-1$  sont prioritaires, le temps d'acheminement entre les silos et le séchoir étant

d'une demi journée. Enfin, si la capacité de stockage d'attente du séchoir de destination est nulle, le transport n'est pas effectué.

On a donc :

$$TQ_{i,j,k,t} = QC_{i,t} \text{ si } QC_{i,t} > \text{seuil}$$

$$WQ_{k,j,t+1} = \min (WQ_{k,j,t} + TQ_{i,j,k,t}, WC_k)$$

$$QC_{i,j,t+1} = QC_{i,j,t} - (WQ_{k,j,t+1} - WQ_{k,j,t})$$

Où  $TQ_{i,j,k,t}$  est la demande de transport de produit  $j$  du silo  $i$  vers le séchoir  $k$  émise au temps  $t$ ,  $WQ_{k,j,t}$  est la quantité de produit  $j$  contenu dans le silo d'attente du séchoir  $k$  au temps  $t$  et  $WC_k$  la capacité de stockage du silo d'attente du séchoir  $k$ .

### La gestion du séchoir

Le site de séchage est composé de deux structures. Des silos d'attente où sont stockés de manière provisoire les lots à sécher et les séchoirs proprement dits, qui ont une capacité de séchage donnée. Les silos d'attente sont constitués de plusieurs cellules de capacité donnée. En ce qui concerne le stockage temporaire et le séchage, deux modes de pilotage sont possibles :

- Le premier mode, favorable à la ségrégation (SD1) consiste à éviter les mélanges dans les cellules d'attente, comme dans le cas des silos. Par ailleurs, dans le cas de ce mode de pilotage, les lots de séchage seront constitués de manière homogène en acceptant une sous utilisation des séchoirs.

$$\text{Si } \max (b_{i,1,t-1}, b_{i,2,t-1}) = 1 \quad DQ_{i,j,t} = b_{i,j,t-1} * \min (DC_i, WQ_{i,j,t})$$

$$\text{Sinon } DQ_{i,j,t} = \min (DC_i, WQ_{i,j,t}) \text{ si } WQ_{i,j,t} \text{ où } j \text{ est tel que } WQ_{i,j,t} = \max_k (WQ_{i,k,t})$$

Où  $DQ_{i,j,t}$  est la quantité de produit  $j$  séché par le séchoir  $i$  au temps  $t$ ,  $DC_i$ , la capacité maximum de séchage du séchoir  $i$ .  $b_{i,j,t}$  prend la valeur 1 si le lot séché en  $t$  est du produit  $j$  et 0 sinon.

- Le second mode de pilotage (SD2) vise à minimiser les coûts de stockage, de transport et de séchage. Pour cela, les mélanges entre lots OGM et non OGM sont autorisés aussi bien dans les cellules d'attente que dans la constitution des lots de séchage. On a donc :

$$DQ_{i,j,t} = \min (DC_i, WQ_{i,j,t}) \text{ si } WQ_{i,j,t} \text{ où } j \text{ est tel que } WQ_{i,j,t} = \max_k (WQ_{i,k,t})$$

$$WQ_{i,j,t} = WQ_{i,j,t-1} - b_{i,t}$$

Par ailleurs, pour éviter de déclasser les lots, les règles de gestion visent à éviter les changements de type de lot à sécher, en particulier dans le sens OGM vers non OGM.

### **Le fonctionnement du modèle**

Le modèle fonctionne sur un pas de temps d'une demi-journée. Chaque demi journée (j) les quantités de maïs OGM et non OGM pouvant être acceptées sont mises à jour et les stocks des silos de collecte sont recalculés. C'est à partir de ces données que sont déclenchées les demandes en transport. Dans le même temps, les lots sont séchés au niveau en tenant compte des options de gestions propres au séchoir. Les quantités séchées sont défalquées des stocks en attente devant les séchoirs. Par la suite, l'affectation des lots à transporter est réalisée en fonction des besoins exprimés par les silos ainsi que par les capacités d'accueil au niveau des séchoirs. Les stocks aux silos et aux séchoirs en j+1 sont alors ré-estimés en fonction des départs des silos et des arrivées aux séchoirs.

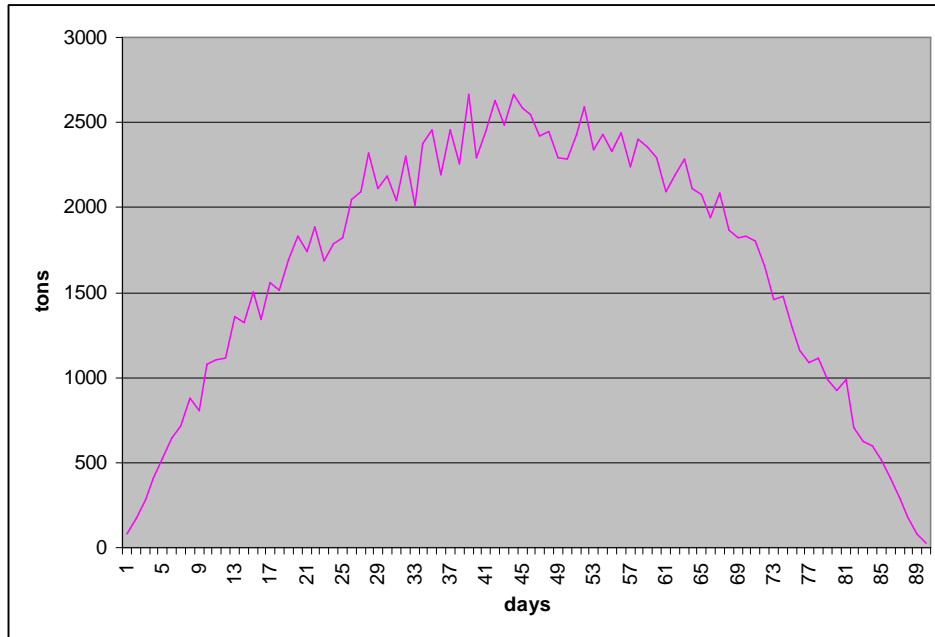
Afin d'effectuer nos simulations nous avons paramétré la taille des silos de collecte et d'attente des sites de séchage ainsi que la capacité des séchoirs et le nombre de camion de 36 tonnes utilisés (Tableau 1). Ces données sont celles qui ont été renseignées pour les cas étudiés pour établir les stratégies de gestion de la collecte.

Taille des silos de collecte	4*100 t
Tailles de silos d'attente	2*250 t
Capacité de séchage	1000 t/ jour
Nombre de camions	30

*Tableau 1 : valeur des paramètres du modèle*

Nous avons, dans un premier temps, simulé le fonctionnement de la collecte avec un seul type de production, ceci afin de disposer d'un référentiel de la situation existante de manière à pouvoir réaliser des comparaisons. La courbe des livraisons des produits jour par jour dans ce cas est représentée en figure 2. On peut constater qu'elle a une forme en cloche qui correspond à la situation « idéale » visée par les entreprises de collecte et de stockage et qui s'explique, compte tenu du climat des zones de production de maïs. Les

agriculteurs cherchent en effet à livrer au cours de la période la plus sèche de la campagne de collecte, ceci à la fois pour pouvoir facilement faire rentrer les engins agricoles sur les parcelles et pour profiter au mieux du séchage naturel des grains ce qui diminue alors d'autant les coûts de séchage facturés par les ECS.



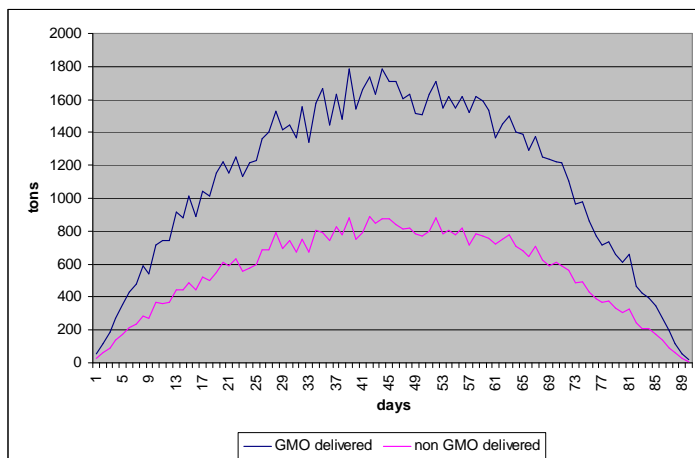
*Figure 2 : livraisons de référence utilisée dans la modélisation*

Par la suite, nous avons simulé

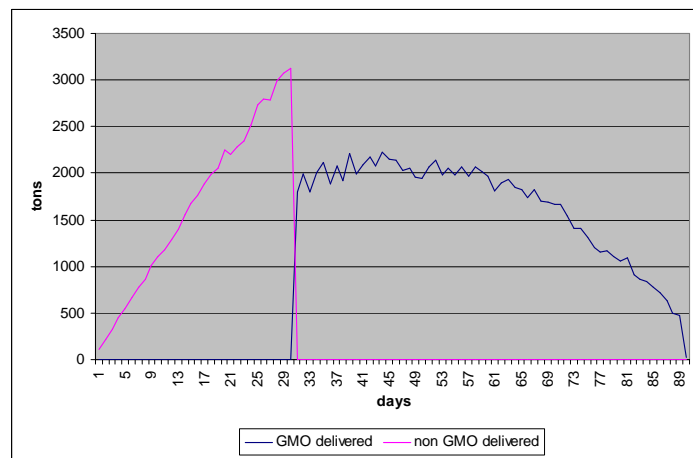
- une situation où les agriculteurs sont libres de livrer leurs production OGM ou non OGM comme ils le souhaitent ainsi qu'une situation où les infrastructures de l'entreprise (silo de collecte et de séchoir) sont affectés à une production donnée pour l'ensemble de la campagne de collecte.

La courbe des livraisons de ces deux situations est représentée par la figure 3a.

- Une situation où les agriculteurs doivent livrer les productions OGM en début de campagne de collecte (figure 3b).



a



b

*Figure 3 : livraison de produits OGM et non OGM sans contrainte ou avec planification spatiale (a) et planification temporelle (b)*

Pour chacune de ces simulations nous avons calculé le taux de grain OGM et non OGM séchés, le coût de transport des récoltes des silos vers les séchoirs et le taux d'occupation du séchoir. Ceci est bon indicateur du coût de production, le coût de fonctionnement du séchoir étant indépendant des quantités séchées. En ce qui concerne le taux de maïs OGM séché il s'agit à la fois des quantités d'OGM auxquelles s'ajoute celles ces variétés non OGM déclassées en OGM.

## Résultats des simulations pour trois stratégies de collecte

### Stratégie de collecte décentralisée

Le tableau 2 présente le pourcentage de la collecte traité sans planification de livraisons. Nous pouvons d'abord remarquer que, dans la plupart des cas, il est impossible de sécher l'intégralité du maïs qui a été livré par les agriculteurs. Cela signifie que certains volumes de maïs sont reportés au jour suivant et qu'il reste du maïs non séché à la fin de la période de collecte. Ces quantités peuvent être séchées plus tard, mais ne pourront pas alors être vendues sur le marché le plus profitable. En outre, nous pouvons remarquer que, dans chaque cas, le pourcentage de maïs OGM à la fin du processus dépasse 100 %. Ceci signifie qu'une partie du maïs non OGM a été déclassée. Ce point est confirmé par le fait que le pourcentage de maïs non OGM est inférieur à 100 % dans chaque cas

	Règle de décision en faveur de la ségrégation au niveau des silos de collecte (SS1)		Règle de décision en faveur de la minimisation des coûts au niveau des silos de collecte (SS2)	
	Règle de décision en faveur de la ségrégation au niveau des séchoirs (DS1)	Règles de décision en faveur de la minimisation des coûts (DS2)	Règle de décision en faveur de la ségrégation au niveau des séchoirs (DS1)	Règles de décision en faveur de la minimisation des coûts (DS2)
25% de non OGM	96 <sup>1</sup> /110 <sup>2</sup> / 55 <sup>3</sup>	90 <sup>1</sup> /112 <sup>2</sup> /24 <sup>3</sup>	97 <sup>1</sup> /116 <sup>2</sup> /44 <sup>3</sup>	89 <sup>1</sup> /112 <sup>2</sup> /19 <sup>3</sup>
33% de non OGM	93 <sup>1</sup> /114 <sup>2</sup> /52 <sup>3</sup>	98 <sup>1</sup> /131 <sup>2</sup> /32 <sup>3</sup>	88 <sup>1</sup> /120 <sup>2</sup> /26 <sup>3</sup>	97 <sup>1</sup> /135 <sup>2</sup> /21 <sup>3</sup>
50% de non OGM	93 <sup>1</sup> /123 <sup>2</sup> /63 <sup>3</sup>	100 <sup>1</sup> /161 <sup>2</sup> /39 <sup>3</sup>	94 <sup>1</sup> /156 <sup>2</sup> /34 <sup>3</sup>	100 <sup>1</sup> /169 <sup>2</sup> /31

*Tableau 2 : pourcentage de la collecte totale (1), d'OGM (2) et de non OGM (3) en fin de process en fonction de la quantité livrée. Cas d'une logique décentralisée.*

Nous pouvons, par ailleurs noter que les règles de décision du silo de collecte en faveur de la ségrégation ont un rôle plus important sur la quantité de maïs non OGM en fin de processus que celles concernant le séchoir. En effet, le maïs non OGM en fin de chaîne est plus haut lorsque la règle SS1 est activée (55 % contre 44 % et 24 % contre 19 % pour 25 % de non OGM par exemple). Les risques de mélange concernent en effet ce niveau en premier lieu et ce, pour des quantités plus grandes. La gestion du séchoir peut alors amplifier le phénomène. Enfin, nous pouvons remarquer que la combinaison de règles de décision en faveur des deux niveaux (silo et séchoir) permet d'isoler de 51 à 61 % du maïs non OGM, avec une faible augmentation des coûts (Figures 4 et 5).

Pour chacune de ces simulations nous avons calculé le taux de grain OGM et non OGM séchés, le coût de transport des récoltes des silos vers les séchoirs et le taux d'occupation du séchoir qui est bon indicateur du coût de production, le coût de fonctionnement du séchoir étant indépendant des quantités traitées. En ce qui concerne le taux d'OGM séchés il s'agit à la fois des OGM et des non OGM déclassés en OGM.

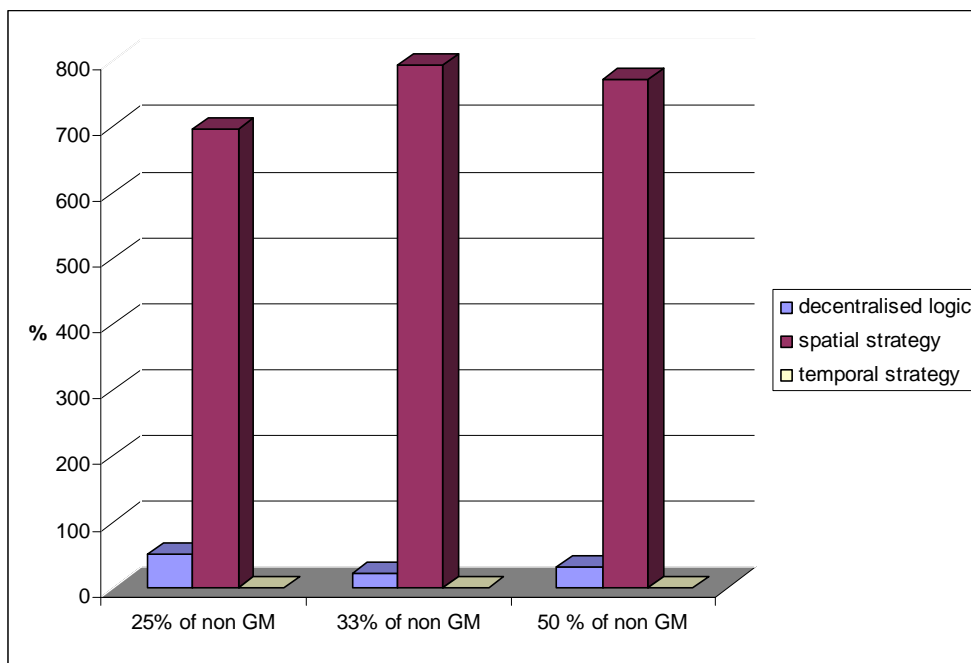


Figure 4 : Augmentation des coûts de transport par rapport à une collecte sans ségrégation pour les trois modes de ségrégation.

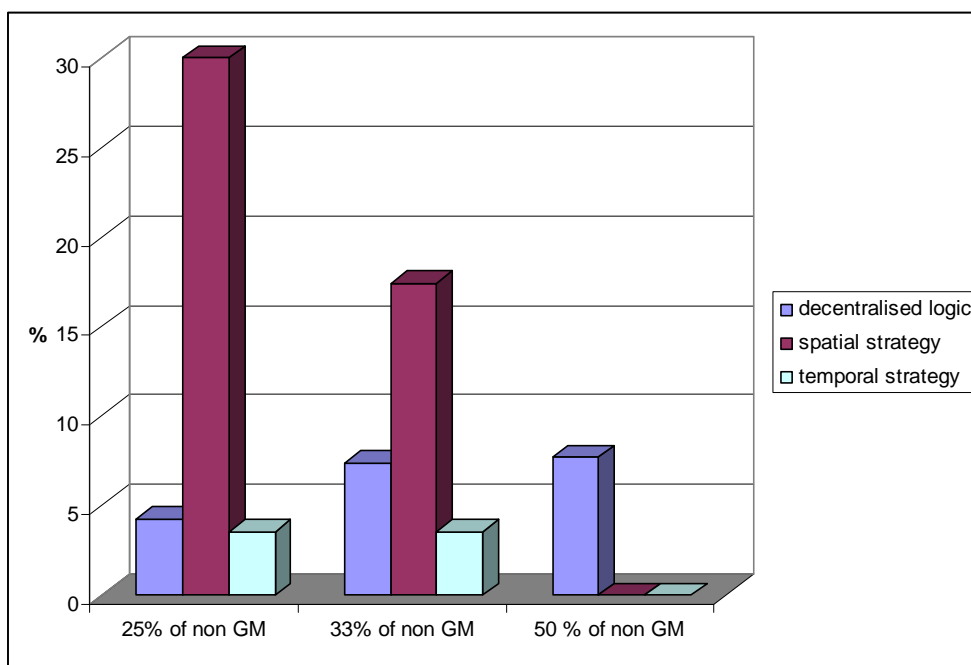


Figure 5 : augmentation des coûts de séchage séchoir en fonction des modalités de gestion pour les trois cas.

### Stratégie de collecte spatiale

Dans ce cas, les produits OGM et non OGM bénéficient de deux chaînes de collecte différentes. Un séchoir est consacré à chaque type de maïs. Selon la proportion de non OGM dans la collecte totale, 25 %, 33 % ou 50 % des silos de collecte sont alloués au maïs non OGM et le reste des silos au maïs OGM. Le tableau 3 montre la proportion d'OGM et de non OGM à la fin du processus de collecte. Nous pouvons tout d'abord remarquer que les règles de décision décentralisées n'ont aucune influence sur le résultat quand elles sont utilisées avec une logique centralisée. En effet, les résultats sont les mêmes pour toute les combinaisons de règles. Il n'y a donc aucun intérêt de combiner ces différentes logiques. La proportion de non OGM en fin de chaîne est supérieure à 90 % dans tous les cas. Mais, si les non OGM représentent moins de 50 % de la collecte totale, le taux de tout le maïs et le taux d'OGM à la fin du process est inférieur à celui obtenu pour les autres stratégies (voir tableaux 2, 3 et 4). Ceci vient du fait qu'il n'y a qu'un séchoir alloué aux OGM. Il n'est pas donc possible de sécher tout le maïs OGM collecté. A l'inverse, la chaîne de collecte non OGM est surdimensionnée. Le séchoir non OGM est du coup sous-utilisé. Ceci est d'ailleurs confirmé par le coût de séchage important pour cette stratégie (Figure 5).

	Règle de décision en faveur de la ségrégation au niveau des silos de collecte (SS1)		Règle de décision en faveur de la minimisation des coûts au niveau des silos de collecte (SS2)	
	Règle de décision en faveur de la ségrégation au niveau des séchoirs (DS1)	Règles de décision en faveur de la minimisation des coûts (DS2)	Règle de décision en faveur de la ségrégation au niveau des séchoirs (DS1)	Règles de décision en faveur de la minimisation des coûts (DS2)
25% de non OGM	$77^1/73^2 / 90^3$	$77^1/73^2 / 90^3$	$77^1/73^2 / 90^3$	$77^1/73^2 / 90^3$
33% de non OGM	$85^1/82^2/91^3$	$85^1/82^2/91^3$	$85^1/82^2/91^3$	$85^1/82^2/91^3$
50% de non OGM	$99^1/99^2/100^3$	$99^1/99^2/100^3$	$99^1/99^2/100^3$	$99^1/99^2/100^3$

*Tableau 3 : Pourcentage de la collecte totale (1), d'OGM (2) et de non OGM (3) en fin de process en fonction de la quantité livrée. Cas de la stratégie spatiale.*

### Stratégie temporelle

Dans ce cas, les variétés conventionnelles sont collectées avant les variétés OGM. La durée de la collecte des non OGM dépend donc du volume total de cette récolte.

Comme dans le cas précédent, nous pouvons constater que les règles de décision n'ont aucun effet sur le résultat. En effet, puisque la ségrégation est organisée en amont des silos de collecte, les silos et les séchoirs reçoivent un seul type de produit. Du coup, la gestion locale de ségrégation n'a pas de sens. Par ailleurs, le taux de la collecte traité est supérieur ou égal à 96 % (et dans certains cas près de 100 %) et qu'il augmente avec le niveau de non OGM dans la collecte totale.

Cependant, lorsque les variétés conventionnelles représentent 33 % de la collecte totale, le taux de non OGM séché est relativement bas (72 %). Dans ce cas, le changement entre non OGM et OGM a lieu le jour 30, c'est-à-dire lorsque les livraisons des agriculteurs augmentent. Pour être capables de collecter la totalité de ces livraisons, les entreprises de collecte sont amenées à mélanger OGM et non OGM dans les silos et les séchoirs.

	Règle de décision en faveur de la ségrégation au niveau des silos de collecte (SS1)		Règle de décision en faveur de la minimisation des coûts au niveau des silos de collecte (SS2)	
	Règle de décision en faveur de la ségrégation au niveau des séchoirs (DS1)	Règles de décision en faveur de la minimisation des coûts (DS2)	Règle de décision en faveur de la ségrégation au niveau des séchoirs (DS1)	Règle de décision en faveur de la ségrégation au niveau des séchoirs (DS1)
25% de non OGM	96 <sup>1</sup> /97 <sup>2</sup> /94 <sup>3</sup>	96 <sup>1</sup> /97 <sup>2</sup> /94 <sup>3</sup>	96 <sup>1</sup> /97 <sup>2</sup> /94 <sup>3</sup>	96 <sup>1</sup> /97 <sup>2</sup> /94 <sup>3</sup>
33% de non OGM	97 <sup>1</sup> /108 <sup>2</sup> /72 <sup>3</sup>	97 <sup>1</sup> /108 <sup>2</sup> /72 <sup>3</sup>	97 <sup>1</sup> /108 <sup>2</sup> /72 <sup>3</sup>	97 <sup>1</sup> /108 <sup>2</sup> /72 <sup>3</sup>
50% de non OGM	100 <sup>1</sup> /100,4 <sup>2</sup> /99,5 <sup>3</sup>	100 <sup>1</sup> /100,4 <sup>2</sup> /99,5 <sup>3</sup>	100 <sup>1</sup> /100,4 <sup>2</sup> /99,5 <sup>3</sup>	100 <sup>1</sup> /100,4 <sup>2</sup> /99,5 <sup>3</sup>

*Tableau 4 : Pourcentage de la collecte totale (1), d'OGM (2) et de non OGM (3) en fin de process en fonction de la quantité livrée. Cas de la stratégie temporelle.*

### **Comparaison des coûts de transport des trois stratégies**

Nous proposons ici de comparer les coûts de transport de la logique décentralisée la plus en faveur de la ségrégation et ceux des deux stratégies centralisées (Figure 4). On peut ainsi constater que la stratégie spatiale entraîne une augmentation de 695 à 790% des coûts de transports selon la part de maïs non OGM dans la collecte. En effet, dans le cas de cette stratégie, chacun des deux séchoirs est alloué à une production. Dès lors, il n'est pas possible de livrer aux séchoirs les plus proches lors des transferts des lots depuis les

silos de collecte. La stratégie temporelle ne présente pas, quant à elle, d'augmentation de coûts de transport. En revanche, la modalité de gestion décentralisée la plus en faveur de ségrégation entraîne une augmentation de 22 à 50% selon les cas de figure. Ceci provient du fait que les lots transportés sont de plus petite taille puisque de règles de gestion privilégient les lots homogènes. Le nombre de voyages pour transporter une même quantité est donc plus important.

La figure 5 présente l'augmentation des coûts de séchage pour les différentes modalités de gestion. Premièrement, on peut observer que la stratégie de gestion spatiale de la collecte engendre une forte augmentation de ces coûts (de 17 à 34%) lorsque la part des non OGM est inférieure à 50% de la collecte totale. En effet, dans de tels cas de figure, comme l'entreprise modélisée ne dispose que de deux séchoirs, et que chacun est affecté à un produit, l'un des deux est sous-utilisé. Or, le coût de séchage repose essentiellement sur des coûts fixes, ce qui fait que le coût de séchage augmente avec la diminution du volume traité. Lorsque la part des non OGM est de 50% le matériel peut être utilisé à sa capacité maximale, il n'y a donc pas d'augmentation du coût de séchage.

La modalité de gestion décentralisée occasionne elle aussi une augmentation des coûts (de 4 à 7.7%). Cette légère hausse provient du fait qu'il n'est pas possible de traiter l'ensemble de la collecte dans ce cas.. En effet, le refus de livraison à l'entrée des silos de collecte conduit à une diminution des quantités collectées, et de là, à une augmentation des coûts de séchage, comme expliqué plus haut. De même, la stratégie temporelle présente une faible augmentation des coûts de séchage pour des parts de non OGM dans la collecte inférieures à 50%. Ceci provient là encore d'une quantité totale de maïs en fin de process inférieure à la quantité en entrée.

### ***3. Modélisation de l'allocation des surfaces OGM et non OGM à l'échelle des territoires de collecte en fonction des stratégies de collecte. (INRA UMR SAD-APT)***

Afin d'évaluer les deux stratégies de collecte identifiées dans l'objectif 1, nous avons construit un modèle de maximisation du profit prenant en compte, d'une part, les variables permettant de distinguer les productions de maïs OGM des productions non

OGM et, d'autre part, les variables permettant de prendre en compte les stratégies des entreprises de collecte.

	Variables permettant de distinguer production OGM et non OGM	Variables permettant de prendre en compte les stratégies de collecte	Nom de la variable	Valeur utilisée en OGM	Valeur utilisée en non OGM
Prix de la semence	X		$C_s$	223€/ha (Brookes, 2002)	192 €/ha (Brookes, 2002)
Coût de traitement	X		$C_t$		24 €/ha
Coût de transport		X	$C_{tr}$	0.05€/t/km	0.05€/t/km (comité national du transport, 2006)
Prix de la récolte	X	X	P	variable	variable
Rendement	X		Y	10.02 t/ha (Betbesé 2006)	9.32 t/ha (Betbesé 2006)
Probabilité de perte de qualité		X	perte	variable	variable

*Tableau 5 : catégories de variables du modèle et leur valeurs*

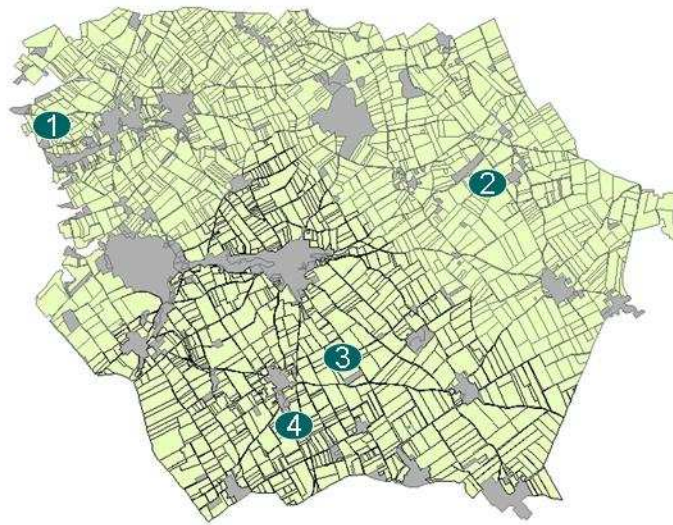
Les variables concernant la distinction entre production OGM et non OGM portent essentiellement sur les coûts de production et sur les rendements. Pour les coûts de production, les études menées sur l'introduction des OGM dans différents pays montrent une différence entre semence OGM et non OGM, le coût de la technologie, en défaveur de l'OGM, cette différence étant compensée par de meilleurs rendements. Cependant, elle est relativement faible et peut varier entre -3% et 7.5% (Brookes, 2002). Le prix payé à l'agriculteur pour ses récoltes permet lui aussi de distinguer la production OGM de la production non OGM, dès lors que ces deux productions sont payées à des prix différents comme c'est le cas aujourd'hui (Kalaitzandonakes, 2005).

Les variables permettant de caractériser la stratégie de collecte de l'entreprise portent :

- sur le ***prix pratiqué pour chacune des productions***. Une entreprise de collecte peut ainsi favoriser la production pour la quelle elle a un marché important en pratiquant un prix plus élevé ;
- sur le ***coût de transport***. Nous avons en effet vu plus haut que l'une des stratégies envisagées par les entreprises est d'affecter chacun des silos de collecte à une production de manière exclusive. Du coup, le coût de transport supporté par l'agriculteur pour livrer la production au silo le plus proche et acceptant sa production va influencer sur son choix ;
- sur la ***probabilité de perte de qualité***. Lorsque la livraison d'une récolte de maïs présente un taux d'humidité trop important, l'entreprise de collecte diminue le prix payé. Les agriculteurs sont alors incités à conserver leur récolte sur pied jusqu'à ce qu'elle présente le taux d'humidité le plus faible. Si l'entreprise de collecte impose des périodes de livraison pour une production donnée, il peut être plus difficile de réaliser un séchage sur pied et s'il pleut sur cette période, il y a alors une perte de qualité pour l'agriculteur.
- Le modèle de maximisation du profit est basé sur l'ensemble de ces variables et est tel que, pour chaque parcelle :

$$\text{Profit} = Y * P * (1 - \text{perte}) + Y * P_2 * \text{perte} - C_s - C_t - C_{tr} * d_{\text{silo}}$$

Dans le cas de la stratégie spatiale, on aura  $\text{perte} = 0$ . Pour une culture OGM, le coût de traitement est considéré comme nul, l'OGM permettant de se prémunir du ravageur (pyrale, par exemple). Pour chacune des parcelles d'un territoire, le modèle maximise ce profit en faisant le choix d'une production OGM ou non OGM. Pour pouvoir évaluer les conséquences de ces variables sur l'occupation du territoire nous avons utilisé ce modèle sur un territoire de 10 km<sup>2</sup> situé en France (Figure 6). Nous avons positionné sur ce parcellaire quatre silos numérotés 1, 2, 3 et 4. Pour chacune des parcelles, le modèle choisit entre production de maïs OGM et production de maïs non OGM en tenant compte de la position de la parcelle par rapport aux différents silos. Il est alors possible de calculer la proportion de parcelles en OGM parmi l'ensemble des parcelles du territoire considéré.



*Figure 6 : Le parcellaire utilisé pour la modélisation<sup>2</sup>*

## Résultats

### Conséquence d'une stratégie de collecte spatiale

Pour évaluer la sensibilité du modèle aux différents paramètres, nous considérerons que le silo 1 reçoit les productions OGM et le silo 2 les productions non OGM. Par ailleurs, nous fixerons la différence de rendement à 7% en faveur des semences OGM.

Dans le cas d'une stratégie spatiale nous nous intéressons à l'influence des variables 'différence de prix et coût de transport' sur la proportion de surface non OGM sur le territoire.

#### *Impact de la différence de prix sur la répartition des cultures*

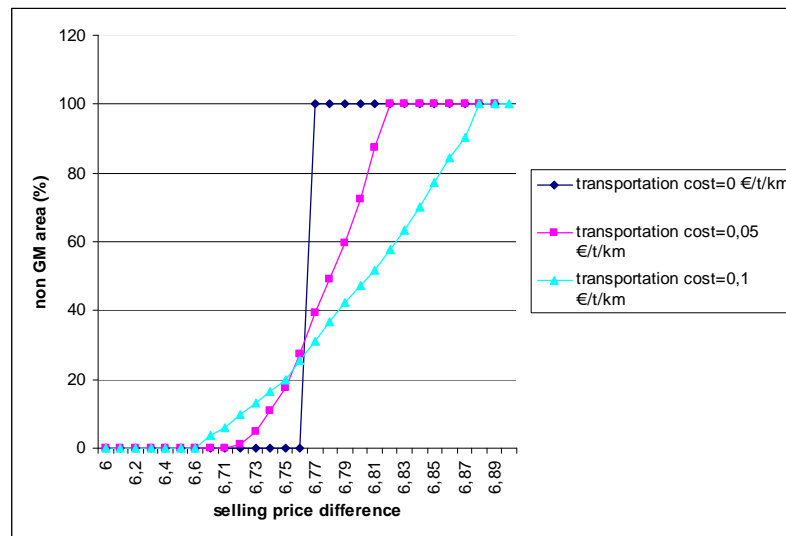
La figure 7 présente l'évolution de la surface totale en non OGM en fonction de la différence de prix entre produit OGM et non OGM pour trois hypothèses de coût de transport différentes.

Dans un premier temps, on peut constater que, quel que soit le coût de transport, le passage d'un paysage totalement semé en OGM vers un paysage totalement cultivé en non OGM est très rapide. En effet, le passage d'un extrême à l'autre s'effectue entre

---

<sup>2</sup> Source: Institute for the Protection and Security of the Citizen, Joint Research Centre of the European Union et AUP-ONIGC - ex ONIC (Office National Interprofessionnel des céréales)

6.5% et 6.9%. Le différentiel de coût entre production OGM et production non OGM étant de 7 € par ha il est rapidement compensé par la différence de prix entre les deux produits. Une différence de coût de production plus importante, liée par exemple à une réduction du poste semences OGM conduirait à une augmentation des productions OGM ou bien à une augmentation du prix des produits non OGM pour compenser cette baisse.



*Figure 7 : impact de la différence de prix de vente sur la répartition des cultures*

Ensuite, on peut constater que la pente des courbes varie en fonction de l'augmentation du coût de transport. Pour un coût de transport nul, le changement est brutal passant de 0 à 100% de la surface cultivée en non OGM dès que la différence de prix compense la différence de coût entre les deux productions, soit dans notre hypothèse entre 6.76 et 6.77% de différence de prix. Au contraire, pour un coût de transport de 0.1€/t/km le passage d'une situation à l'autre est plus long. Ainsi, dès que l'on prend en compte le coût de transport, la différence de coût de production entre les deux produits s'amenuise. Le prix à payer pour disposer de produit non OGM peut alors être plus faible.

*Impact du coût de transport sur la répartition des cultures*

La figure 8a présente l'impact du coût de transport sur la répartition des cultures OGM et non OGM pour trois hypothèses de différence de prix d'achat entre produit OGM et produits non OGM. On observe que dès lors que lorsque la différence de prix est

inférieure à 6.77% la surface en non OGM est réduite, voire nulle, en fonction du coût de transport, ce qui est le contraire si on dépasse ce seuil. En outre, on peut remarquer que l'augmentation du coût de transport contribue à faire décroître (ou croître) la part de surface en OGM jusqu'à un certain palier qui dépend de la différence de prix. Ainsi, on peut constater sur la figure 8a que, pour une différence de prix de vente de 6.83%, il n'est pas possible d'aller en deçà de 60% de surface en non OGM alors que, pour une différence de prix de vente de 6.79%, on peut descendre jusqu'à 40% de non OGM. L'influence du coût de transport sur le choix des agriculteurs est donc tout à fait relative. Pour contrebalancer un tel effet, les entreprises de collecte et de stockage ont deux possibilités :

- jouer sur le prix d'achat pour faire augmenter, ou diminuer, la quantité de non OGM produit,
- augmenter ou diminuer le nombre de silos de collecte répartis sur le territoire acceptant les produits non OGM. Ainsi, comme on le voit sur la figure 8b, la répartition des productions OGM et non OGM augmente fortement dès lors que le nombre des points de collecte en non OGM augmente. Ainsi, pour une différence de prix de 6.79% on peut passer d'un maximum de 20% de non OGM à un maximum de 45%.

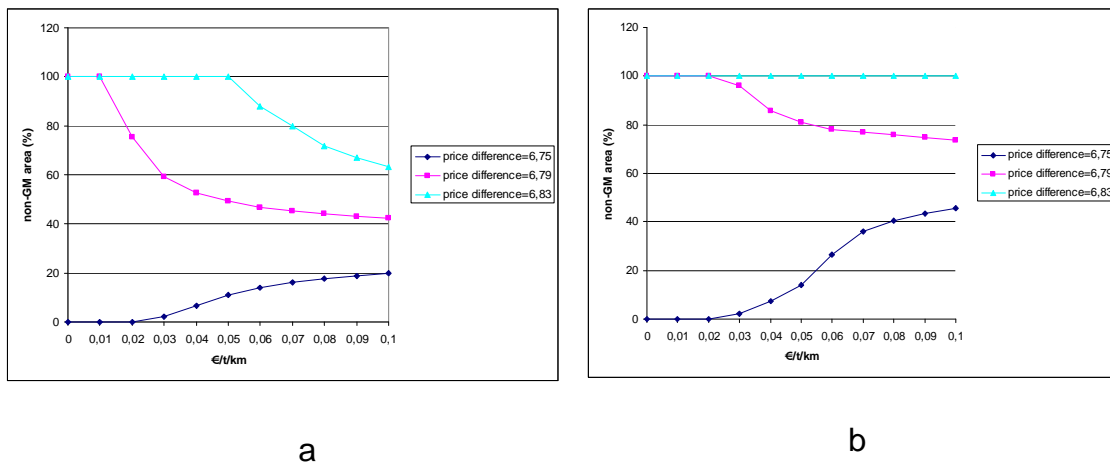
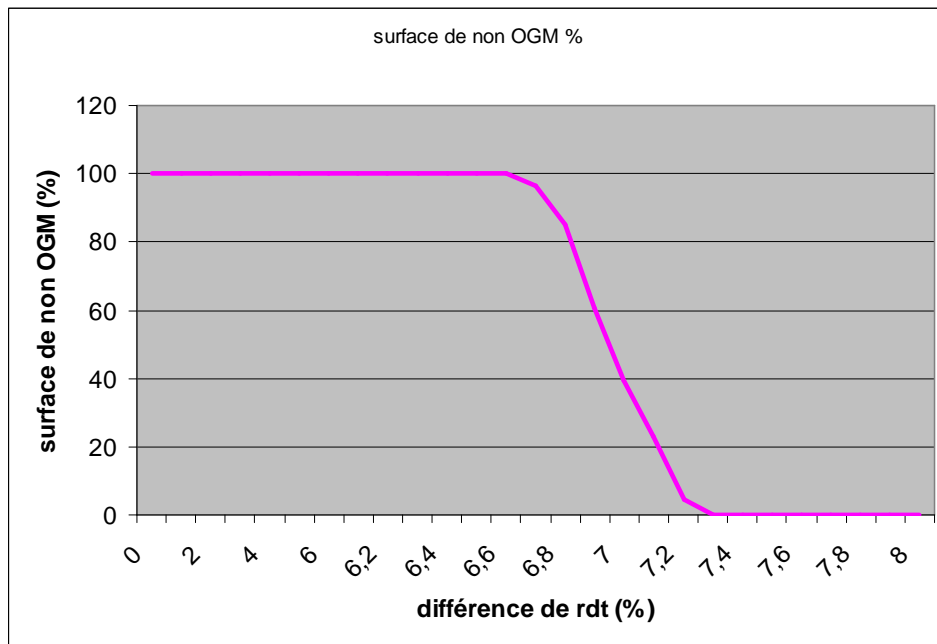


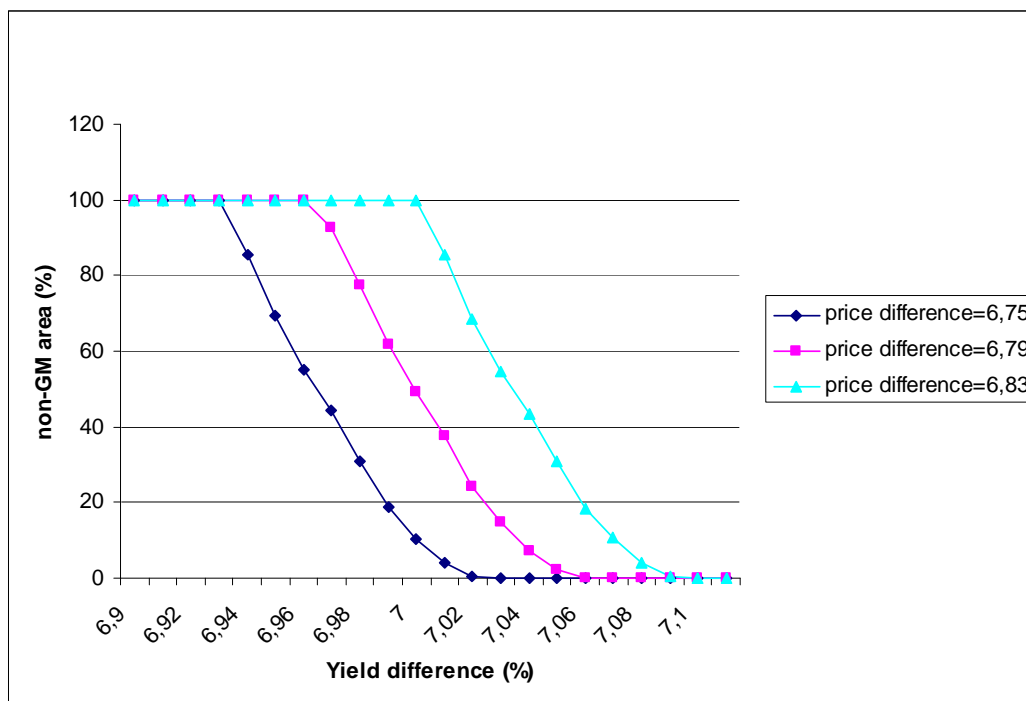
Figure 8 : impact du coût de transport sur la répartition des cultures avec un silo recevant les non OGM (a) et deux silos recevant les OGM (b).

*Impact de la différence de rendement sur la répartition des cultures*

La figure 9 représente l'impact de la différence de rendement entre les deux productions pour une différence de prix de 6.8% et un coût de transport de 0.05€/t/km. On peut ainsi constater un phénomène de changement brusque du type de production cultivé sur tout le territoire en fonction de l'évolution du rendement. Ce phénomène est semblable à celui que nous avons observé pour la différence de prix des produits mais de forme inverse. En effet, l'augmentation des rendements joue, dans notre hypothèse, en faveur des productions OGM. Toutefois, comme le montre la figure 10 la différence de rendement n'est que faiblement compensée par la différence de prix puisque, quelle que soit la différence de prix le passage d'un territoire cultivé totalement en non OGM à un territoire totalement cultivé en OGM se fait au cours d'une augmentation de 0.1% de rendement (entre 6.9 et 7%).



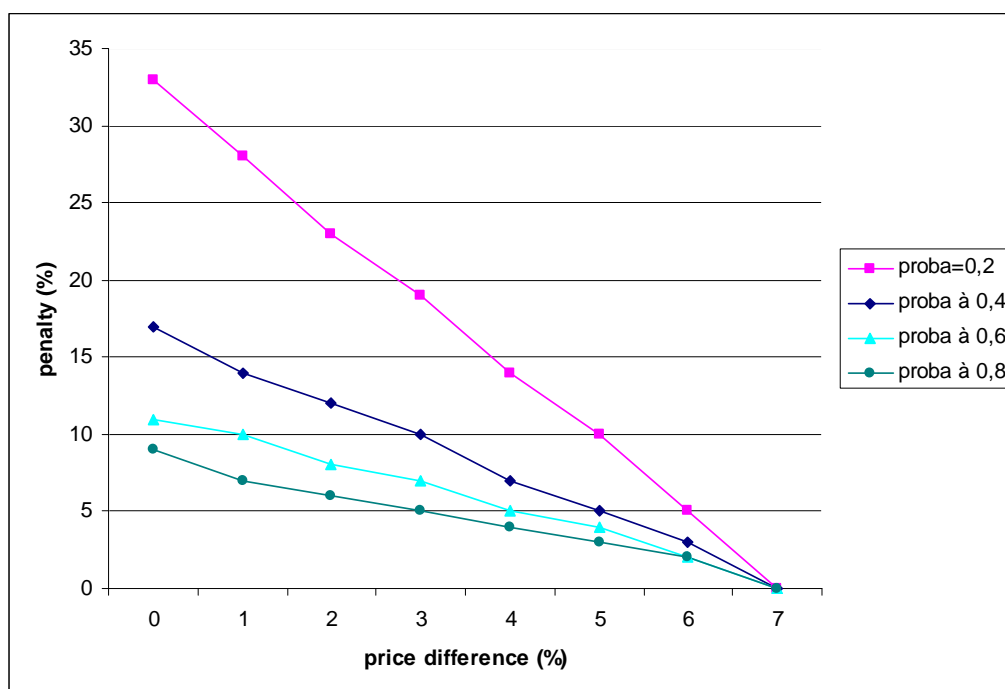
*Figure 9 : impact du rendement sur la répartition des cultures.*



*Figure 10 : impact du rendement sur la répartition des cultures pour trois hypothèses de différence de prix.*

### **Conséquence d'une stratégie de collecte temporelle**

En ce qui concerne cette stratégie, le coût de transport ne joue pas sur le choix de l'agriculteur puisqu'il peut livrer dans le silo le plus proche de sa parcelle quelle que soit sa production. Cette stratégie conduit donc à un territoire homogène soit en OGM soit en non OGM. En faisant varier le prix et la pénalité imposée pour la perte de qualité, l'entreprise de collecte stockage peut influencer fortement sur le choix de l'agriculteur en fonction du risque climatique, représenté ici par une probabilité de pluie durant la période réservé (Figure 11). Ainsi, plus la différence de prix entre OGM et non OGM augmente, plus la pénalité imposée pour une perte de qualité peut être faible pour disposer d'une collecte homogène en non OGM dès lors que la période de collecte des OGM est la plus courte. Dans le cas contraire, la totalité du territoire est ensemencée en OGM dans tous les cas de figure (non montré).



*Figure 11 : pénalités en fonction de la différence de prix pour obtenir 100% des surfaces*

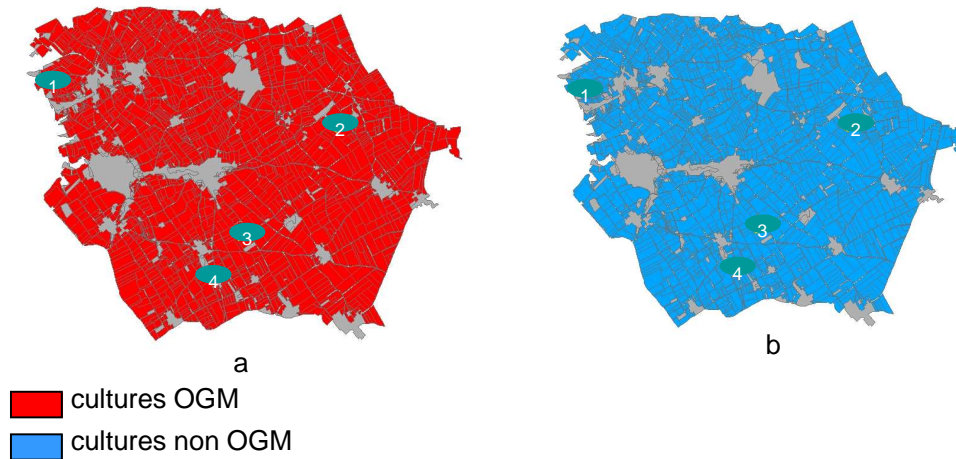
#### **4. Évaluation des mélanges fortuits au champ en fonction des stratégies de collecte (INRA UMR SAD-APT et UAR Ecolnnov)**

Pour évaluer les conséquences de l'allocation des cultures OGM et non OGM à l'échelle des territoires sur la présence fortuite d'OGM dans les récoltes conventionnelles, nous avons utilisé le modèle précédent avec les valeurs des variables présentées au tableau 6. Ceci nous a permis d'obtenir une allocation des parcelles OGM et non OGM sur le parcellaire selon les différentes stratégies d'organisation de la collecte (organisation spatiale et organisation temporelle).

	Maïs OGM	Maïs non OGM	Sources
Prix de la semence	210/223 €/ha	181/192 €/ha	Brookes, 2002
Coût de traitement	0	24€ / ha	Brookes, 2002
Taux du rendement	100%	93%	Betbesé, 2006
Perte de qualité	10 % du prix	10 % du prix	
Coût de transport	0.05 €/t/km	0.05 €/t/km	Comité National Routier, 2006

*Tableau 6 : variables utilisées pour les simulations connectées avec MAPOD*

En ce qui concerne la stratégie temporelle (figure 12 a et b) on peut noter que le choix des agriculteurs se porte sur le type de production le moins contraint, comme nous l'avons montré plus haut. Le territoire est alors mis en culture de manière homogène en OGM ou en non OGM selon les cas.



*Figure 12 : répartition des cultures OGM et non OGM dans le cas de la stratégie temporelle. (a) non OGM récolté sur la plus courte période. (b) OGM récolté sur la plus courte période*

Pour la stratégie spatiale nous avons considéré deux hypothèses :

- Une seule firme de collecte est présente sur le territoire et est propriétaire des silos 1,2 et 3 (voir Figure 6), les silos 1 et 2 recevant les productions OGM, et le silo 3 les productions non OGM. On peut alors observer (figure 14a) qu'un îlot de production non OGM se constitue autour du silo 3.
- Deux firmes de collecte sont présentes sur le territoire. L'une reçoit des récoltes OGM dans les silos 1 et 2 et des lots non OGM dans le silo 3, la seconde reçoit indifféremment les deux types de culture dans le silo 4, mais les deux récoltes sont payées au prix de l'OGM. On peut alors constater (figure 14 b) que l'îlot non OGM est réduit par rapport à la situation précédente. En effet, la politique de la seconde firme conduit les agriculteurs voisins du silo 4 à cultiver des OGM.



		Vente possible sur le marché non-OGM	Vente possible sur le marché amidonnier
Stratégie spatiale avec une firme	Vent du nord	oui	non
	Distribution de Colmar	oui	oui
Stratégie spatiale avec deux firmes	Vent du nord	oui	non
	Distribution de Colmar	oui	non

*Tableau 7 : type de commercialisation possible pour les productions non OGM en fonction des situations d'organisation du territoire et pour deux hypothèses de vent dominant.*

## **Conclusion**

Ce travail de recherche, mené dans le cadre de l'ACI impact des OGM (2004-2007), a permis d'identifier des stratégies permettant, au niveau des entreprises de collecte et de stockage, de mettre en place la coexistence entre production OGM et non OGM tout en assurant la ségrégation de ces deux productions sans investissement en infrastructure. Ces stratégies reposent sur une planification *a priori* de la collecte en associant les agriculteurs.

La spécialisation spatiale des infrastructures permet certes de traiter le plus de récolte, mais avec le coût le plus important. Au contraire, spécialiser les infrastructures sur des périodes de temps différentes permet de minimiser les coûts de collecte mais réduit fortement les quantités traitées, au moins dans le cas d'une spécialisation des produits OGM en fin de campagne comme nous l'avons testé. Dès lors, il semble nécessaire de rechercher une optimisation de la planification de la collecte en fonction des critères de coûts et de quantités de grain séparés et traités. Cette optimisation pourra en particulier se focaliser sur la durée optimale de la période de collecte des deux produits, ainsi que sur leur positionnement dans le temps. Il pourra en outre être intéressant d'envisager une

combinaison des deux stratégies que nous avons présentées ici, en envisageant une spécialisation spatiale sur une période de la collecte.

Du point de vue des agriculteurs, la spécialisation temporelle présente un risque fort. La période optimale de récolte peut en effet ne se situer dans la période d'un seul des types (OGM ou non OGM). Il y aurait alors des risques pour les agriculteurs lié à des difficultés pour effectuer la récolte (portance des sols) et/ou des pertes de qualité. Si l'on s'intéresse au seul point de vue économique, les agriculteurs auront donc tendance à choisir la production la moins contrainte. La prise en compte, dans un modèle de choix de l'agriculteur, de considérations agronomiques, liées, d'une part, au risque pyrale (pour le cas du maïs Bt) qu'il subit et, d'autre part, aux marges de manœuvre liées à l'introduction de cultures OGM dans les exploitations, pourraient compléter ce modèle et permettre une évaluation plus fine de l'impact territorial des stratégies de collecte.

Par ailleurs, la mise en place de stratégies de collecte permettant la ségrégation et la coexistence des productions OGM et non OGM pose la question de la gouvernance des territoires agricoles (Byrnes & Fromherz, 2003). En effet, comme nous l'avons montré ici, des stratégies divergentes entre entreprises de collecte et de stockage conduisent à la perte de marchés pour le territoire global. La mise en place de stratégie de co-opération (Baumard, 2000, Nalebuff et Brandenburger, 2002) peut être une modalité de réponse, dès lors que la question du partage de la valeur entre acteurs du territoire peut être envisagée, comme c'est le cas par exemple pour les vignobles de Champagne (Soler et Tanguy, 1998).

## **Références citées**

- Angevin, F., E.K. Klein, C. Choimet, A. Gauffreteau, C. Lavigne, A. Messéan, and J.M. Meynard. (under revision). Modelling impacts of cropping systems and climate on maize cross pollination in agricultural landscapes: The MAPOD model. *Accepted by European Journal of Agronomy*.
- Baumard, P. (2000). Analyse stratégique : mouvements, signaux concurrentiels et interdépendance. Dunod, paris. 298 p.
- Bethesé I Lucas J.A. (2006) Varietats de panís. *DOSSIER TÈCNIC, Ruralcat*
- Brookes G. (2002). Impact of using Bt maize in Spain. The farm level. *PGEconomics*, 23p.
- Byrne, P.F., Fromherz, S. (2003) Can GM and Non-GM Crops Coexist? Setting a Precedent in Boulder County, Colorado, USA. *Journal of Food, Agriculture & Environment.*, 1 : 258-261.
- Dubois, A. et Gadde L-E (2002) Systematic combining: an abductive approach to case research. *Journal of Business Research* vol 55. p 553-560.
- Comité National du Transport (2006) simulateur de prix de revient transport régionaux
- Kalaitzandonakes, N. (2005). Technical and economic issues related to co-existence supply chain. *In "Proceeding of the Second International Conference on Co-existence between GM and non GM based agricultural supply chain" (GMCC 05), A. Messean (ed) 14-15 November Montpellier (FRA). pp 29-30.*
- Messean, A., Angevin, F., Gómez-Barbero, M., Menrad, K., Rodríguez-Cerezo, E. (2006). New case studies on the coexistence of GM and non-GM crops in European agriculture, Technical Report Series of the Joint Research Center of the European Commission, EUR 22102 En, 112 p.
- Meynard, J.M., Le Bail M. (2001). Isolement des collectes et maîtrise des disséminations au champ. Rapport programme "Pertinence économique et faisabilité d'une filière sans utilisation d'OGM".
- Nalebuff, B.J. et Brandenburger A.M. (2002) : Co-opetition. Profile books, London. 287p.

Soler, L.G, Tanguy, H.(1998). Contrats et négociations dans le secteur des vins de Champagne. *Annales des Mines, Gérer et Comprendre*. 1998, (51) : 74-86

### ***Publications liées au projet***

Coléno, F.C. (2007). GMO? How French farmers will choose. Soumis à *Journal of International Farm Management*.

Coléno F.C. (2007). A model to evaluate the feasibility of GM and non-GM co-existence at the collection level. Soumis à *International Journal of Food Engineering*.

Coléno F.C, Angevin F. (2007). Is the GM and non GM coexistence possible when taking into account farm and collection constraints? En préparation pour *Agricultural Systems*.

Coléno F.C., Le Bail M., Raveneau A. (2005). Segregation of GM and non GM production at the primary production level. In "Proceeding of the Second International Conference on Co-existence between GM and non GM based agricultural supply chain" (GMCC 05), A. Messean (ed) 14-15 November Montpellier (FRA), pp 169-172

Coléno F.C. (2007). A model to evaluate the feasibility of GM and non-GM co-existence in Europe at farm and collection firm level for maize. In "Proceedings of 16<sup>th</sup> congress of the International Farm Management Association. Cork (Ireland), 15-20 July 2007.

Coléno F.C, Angevin F. (2007). Evaluation of collection strategy of GM and non GM products at the scale of a territory. In " Proceedings of Farming systems Design 2007", Int Symposium on Methodologies on Integrated Analysis on Farm Production Systems, Donatelli, M., Hatfields J., Rizzoli A., Eds. Catania (Italy), 10-12 September 2007. Book 1 : Farm-Regional scale design and improvement. P 51-52.

Coléno F.C., Angevin F., Adamczyk, A. (2007). A model of farmer choice for the evaluation of GM and non GM coexistence strategies at a territory level. Third international conference on coexistence between GM and non GM based agricultural supply chain. Seville (Spain), 20-21 November 2007.

Raveneau, A. (2005) : Stratégies de séparation des filières OGM et non OGM en amont de la chaîne logistique d'approvisionnement. Mémoire de fin d'étude de l'ENESAD. 33p