

## RECHERCHES EN ECONOMIE ET SOCIOLOGIE RURALES

### RÉGULATION DES RISQUES RELATIFS AU DÉVELOPPEMENT DE RÉSISTANCE CHEZ LES INSECTES

#### Des semences transgéniques insecticides

Depuis toujours, l'agriculteur lutte contre les dégâts causés par les insectes ravageurs des cultures. Depuis les années 50, l'arme de prédilection dans cette lutte est l'insecticide chimique. Les progrès réalisés dans le domaine des biotechnologies végétales ont fourni de nouvelles armes à l'agriculteur dans sa guerre aux ennemis des cultures : les variétés transgéniques tueuses d'insectes. Ces variétés permettent à l'agriculteur de réduire son usage d'insecticides chimiques, voire de s'en passer. Jusqu'à présent, toutes les variétés résistantes aux insectes qui ont été commercialisées ont reçu un gène isolé chez *Bacillus thuringiensis* (*Bt*), une bactérie du sol dont les protéines insecticides sont utilisées comme moyen de lutte en agriculture biologique depuis les années 70. Dans les variétés transgéniques *Bt*, ces protéines sont synthétisées directement par la plante. Des variétés *Bt* de maïs et de coton sont cultivées aux Etats-Unis depuis la fin des années 90. Les premières variétés de maïs *Bt* étaient résistantes à la pyrale (*Ostrinia nubilalis*) et, l'année dernière, une variété résistante à la chrysomèle des racines (*Diabrotica virgifera virgifera*) a été commercialisée.

Les armes de destruction massive des ravageurs de culture que sont les semences transgéniques *Bt* ont cependant, tout comme les insecticides chimiques, leurs propres limites. Il y a un risque d'évolution de résistances aux toxines *Bt* dans les populations d'insectes ravageurs, rendant moins performante voire inopérante la semence insecticide dans son combat. Ce phénomène a été observé dans le passé pour les insecticides chimiques. Il a amené les agriculteurs à accroître le dosage et la fréquence d'utilisation ou à adopter de nouveaux pesticides plus onéreux. Cette évolution n'est pas sans coût pour le secteur agricole et la société dans son ensemble. La commercialisation réglementée des semences transgéniques est une opportunité pour les autorités de régulation d'intervenir pour encadrer leur utilisation afin de ne pas reproduire ces inefficacités.

#### La stratégie des "zones refuges" obligatoires

Afin de retarder le développement de résistances au *Bt*, les autorités nord-américaines (États-Unis et Canada) ont mis en place une stratégie dite de "zones refuges" obligatoires. Aux États-Unis, l'Environmental Protection Agency (EPA) oblige, par l'intermédiaire des semenciers, tout producteur de maïs ou de coton *Bt* à semer une fraction de son exploitation en variétés conventionnelles (non *Bt*). Cette fraction est, par exemple, de 20% de la surface de maïs pour le maïs *Bt* dans le centre-ouest des États-Unis (Corn Belt). Ces zones fournissent un "refuge" aux insectes sensibles au *Bt*. L'objectif est de maintenir un stock d'insectes sensibles susceptibles de limiter la prolifération d'un gène de résistance au *Bt*. Génération après génération, la population d'insectes sensibles va diluer le gène de résistance dans la population totale et, ainsi, limiter son expansion (pour plus de détails, voir Bourguet, D. ; Desquilbet, M. et Lemarié, S. 2003a et 2003b).

Outre la zone refuge obligatoire, on peut imaginer d'autres stratégies de régulation dont l'objectif est de ralentir le développement de résistances. Par exemple, une taxe sur les semences transgéniques insecticides et/ou une subvention sur les variétés conventionnelles pourraient inciter davantage d'agriculteurs à planter des semences conventionnelles. Leurs parcelles serviraient alors de zones refuges. Une solution de type permis négociables est également envisageable. Il suffirait d'autoriser les agriculteurs à s'échanger leurs surfaces de zone refuge obligatoire. Un producteur pourrait planter la zone refuge de son voisin en échange d'une compensation financière. L'objet de notre recherche est de produire des éléments de réponse à la question du choix d'instrument de régulation. Elle combine deux disciplines, la biologie et l'économie, à travers deux méthodes d'analyse.

## Simulations à partir d'un modèle biologique et économique

Le premier travail de recherche, Vacher et *al.* (2004), s'appuie sur un modèle dynamique biologique et économique calibré sur des données du secteur. Les éléments de réponse sont fournis par des résultats de simulations. Ainsi, il apparaît qu'une taille de zone refuge comprise entre 4% et 45% préserve la sensibilité au Bt tout en étant profitable à long terme aux agriculteurs. En dessous, elle est trop faible pour limiter le développement de la résistance. Au-dessus, la sensibilité au Bt chez les insectes est certes préservée mais le coût est trop élevé pour les agriculteurs qui sont perdants au bout du compte. Les simulations prennent en compte également les problèmes d'opportunisme de la part des agriculteurs : plusieurs scénarios de conformité à la réglementation de la zone refuge obligatoire sont testés. Enfin, les premiers résultats de simulation suggèrent que la taxe sur les semences Bt doit être particulièrement élevée pour inciter les agriculteurs à adopter des semences conventionnelles.

## Zone refuge versus taxe dans un modèle stylisé avec mobilité

Le second travail de recherche, Ambec et Desquilbet (en cours), analyse le choix d'instrument de régulation (zone refuge versus taxe sur les semences Bt) à partir d'un modèle stylisé. Il montre comment ce choix dépend de la localisation de la production et de la dispersion des insectes.

Le modèle considère des exploitations agricoles voisines dans lesquelles le besoin de régulation naît de la mobilité des insectes d'une exploitation à l'autre. En effet, dans le cas contraire, un agriculteur rationnel constituerait de lui-même une zone refuge afin de garantir ses rendements futurs. Comme, en réalité, un insecte circule d'une exploitation à l'autre, l'agriculteur ne valorise pas la totalité des bénéfices de sa zone refuge tout en supportant la totalité des coûts, en particulier si ses voisins ne constituent pas eux-mêmes de zones refuges. Par conséquent, chaque agriculteur a intérêt à sous-dimensionner sa zone refuge par rapport à la taille optimale, voire à ne pas créer de zone refuge.

Une zone refuge obligatoire permet de rétablir l'efficacité lorsque les agriculteurs sont identiquement vulnérables aux insectes. C'est alors l'instrument de régulation optimal quelle que soit la dispersion des insectes dans les exploitations. Par contre, si les agriculteurs sont hétérogènes quant à leur vulnérabilité aux insectes (lorsqu'ils font face à différentes populations d'insectes du fait du climat ou de la présence d'autres cultures par exemple), la zone refuge obligatoire n'est plus l'instrument idéal. Sa taille étant uniforme, elle ne s'adapte pas aux conditions locales de chaque exploitation. Un instrument de régulation tel qu'une taxe ou une zone refuge transférable permet aux agriculteurs d'adapter la taille de la zone refuge à leur exploitation.

Lorsque les insectes sont parfaitement mobiles, au sens où ils se répartissent également dans les exploitations agricoles, et les agriculteurs hétérogènes quant à leur vulnérabilité aux ravageurs de cultures, une taxe sur les semences Bt et/ou une subvention sur les semences conventionnelles permettent de rétablir l'efficacité. En effet, les agriculteurs qui ont peu de problèmes d'insectes vont être encouragés à semer des variétés conventionnelles, leurs exploitations servant ainsi de zone refuge. La zone refuge est alors concentrée dans une même région. Sa taille peut être ajustée par le montant de la taxe et de la subvention. Lorsque les insectes sont parfaitement mobiles, la localisation de la zone refuge a peu d'importance. Les utilisateurs de semences Bt bénéficient de cette zone refuge au même titre que si elle était voisine de leur exploitation. Par contre, si la mobilité des insectes est limitée, la localisation est importante. La zone refuge est alors très peu performante pour diluer le gène de résistance, voire inopérante du fait de son éloignement des champs de culture Bt.

En résumé, le choix entre zone refuge obligatoire et taxation des semences Bt comme instrument de régulation pour contrôler le développement de résistances dépend de la mobilité des insectes. Lorsque cette mobilité est réduite, la zone refuge obligatoire est un meilleur instrument. Par contre, lorsqu'elle est étendue à une zone où les agriculteurs sont hétérogènes quant à leur vulnérabilité aux ravageurs des cultures, la taxe semble préférable.

Stefan Ambec, INRA - SAE2/UMR GAEL Grenoble  
ambec@grenoble.inra.fr

### Pour en savoir plus

**Ambec, S. et Desquilbet, M. (en cours).** *Pest resistance regulation and pest mobility*, travail de recherche, INRA-GAEL, Grenoble.

**Bourguet, D. ; Desquilbet, M. et Lemarié, S. (2003a).** Le dispositif des zones refuges pour le maïs Bt aux États-Unis. *Courrier de l'environnement de l'INRA*, n° 48, pp 82-87.

**Bourguet, D. ; Desquilbet, M. et Lemarié, S. (2003b).** *Regulating insect resistance management : the case of non Bt corn in the US*. Working paper GAEL, 2003-15, 33 p., à paraître dans : *Journal of Environmental Management*, disponible à : <http://www.grenoble.inra.fr/Docs/pub/A2003/wp2003-15.pdf>

**Vacher, C. ; D. Bourguet, D. ; Desquilbet, M. ; Lemarié, S. ; Ambec, S. et Hochberg, M.** *The tragedy of spatially-structured commons*, article en préparation. In : Vacher, C. (2004), *Evaluation des risques écologiques associés aux plantes génétiquement modifiées : étude de deux risques associés aux plantes Bt*. Thèse de doctorat : Biologie de l'évolution et écologie, Université Montpellier 2, Institut des Sciences de l'évolution (Sous la direction de M. Hochberg), 234 p.

Diffusion : Martine Champion, INRA SAE2 - Mission Publications, 65 Bd de Brandebourg - 94205 Ivry Cedex.  
Egalement disponible (au format pdf) sur le site : <http://www.inra.fr/Internet/Departements/ESR/publications/iss/>  
Téléphone : 01 49 59 69 34 - Télécopie : 01 46 70 41 13

Dépôt légal : 1er trimestre 2005. Commission Paritaire n° 2147 ADEP.

Réalisation et impression : Suzanne Jumel et Jacky Debret, INRA SAE2, 65 Bd de Brandebourg - 94205 Ivry Cedex.