

**EVALUATION DE L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL : Evaluation des impacts du flux de transgènes de tolérance à différents herbicides à large spectre**

**ENVIRONMENTAL IMPACT STUDIES: Evaluation of the impact of flows of tolerant transgenic organisms to various broad-spectrum herbicides**

Oléagineux, Corps Gras, Lipides. Volume 7, Numéro 4, 345-9, Juillet - Août 2000, Dossier : "OGM: expertise et décision publique"

**Auteur(s)** : Marie-Florence ASTOIN, Josiane CHAMPOLIVIER, Antoine MESSEAN, Centre technique interprofessionnel des oléagineux métropolitains (Cetiom), Centre de Grignon, BP 4, 78850 Thiverval-Grignon, France.

**Résumé** : Ce texte est tiré du rapport « Introduction de variétés génétiquement modifiées de colza tolérantes à différents herbicides : évaluation des impacts agro-environnementaux et propositions de scénarios de gestion » établi par le Cetiom dans le cadre du moratoire sur les variétés génétiquement modifiées de colza. Les auteurs se réservent la possibilité d'ici publication définitive du rapport d'apporter des modifications à ce texte.

**Summary**: Given the characterisation and evaluation of the gene flow from oilseed rape done by INRA, CNRS and Cetiom, the present paper aims to investigate the possible agro-environmental impacts of gene flow from herbicide-tolerant genetically-modified (GM) oilseed rape (seed loss outside and inside the field, pollen dispersal, interspecific hybridization). We identified two main impacts of the release of such varieties in French agricultural systems: the possible questioning of GM content norms for the harvest of non-GM rape fields, and of the long-term effectiveness of such weed control strategies through the development of tolerant weeds (oilseed rape and hybrids). This text is an extract from a report that summarises French research on gene flow carried out by Cetiom towards the end of the two-year French moratorium on genetically-modified oilseed rape and sugar beet.

**Keywords**: oilseed rape, gene flow, herbicide tolerant, environment, pollen dispersal, seed dispersal, GMO, crop management.

ARTICLE

Certaines questions posées par les flux de gènes sont identiques pour toutes les variétés de colza, classiques et transgéniques. Elles concernent essentiellement la maîtrise de la conformité de la récolte à des normes de commercialisation (teneur en acide érucique, teneur en OGM).

L'introduction de transgènes de tolérance à différents herbicides dans le génome du colza pose en revanche des questions agronomiques très spécifiques. Le flux de gène ainsi que l'apparition de repousses de colzas ou d'adventices tolérantes à ces herbicides à laquelle il peut donner lieu peuvent

conduire à remettre en cause l'efficacité des pratiques de désherbage.

Nous examinerons successivement l'impact du flux de transgènes de tolérance à différents herbicides, liés :

- aux pertes de graines sur la parcelle, et l'apparition de repousses tolérantes dans la rotation ;
- aux pertes de graines hors de la parcelle, et l'apparition de repousses tolérantes dans les espaces agricoles et non agricoles avoisinants ;
- à la dispersion du pollen en direction des parcelles voisines plantées en colza ;
- au flux de transgènes en direction des espèces apparentées au colza.

Il s'agit ici de caractériser les impacts de ces phénomènes, et non leur probabilité d'apparition.

### **Pertes de graines tolérantes dans la parcelle**

Avant ou lors de la récolte, des graines tombent au sol dans la parcelle conduisant à la formation les années suivantes de repousses. Dans tous les cas, celles-ci peuvent affecter les autres cultures (où elles se comportent comme des mauvaises herbes et forment des relais pour la dissémination de gènes), mais aussi le colza lui-même (compétition avec la culture de colza semée, qualité de la récolte sur la parcelle).

Dans le cas où ces graines sont issues d'une parcelle implantée avec une variété génétiquement modifiée de colza tolérant à un herbicide, elles donnent lieu à la formation, les années suivantes, de repousses qui ne pourront pas être maîtrisées par l'herbicide auquel elles sont tolérantes. Elles pourraient alors gêner le désherbage des cultures suivantes, dans le cas où ce désherbage ferait uniquement appel à cet herbicide.

Par ailleurs, le maintien de repousses génétiquement modifiées dans la parcelle pendant plusieurs années peut compromettre la conformité de la récolte à des normes de commercialisation d'un colza implanté plusieurs années après si celle-ci devait respecter une teneur limitée ou nulle en OGM<sup>1</sup>.

Depuis 1995, les plates-formes inter-instituts ont été mises en place par le Cetiom, l'ITB et l'AGPM dans le but d'étudier, dans des conditions proches d'une situation réelle de mise en culture, le comportement des variétés génétiquement modifiées de colza, de betteraves et de maïs [1]. Les observations ont notamment cherché à évaluer les éventuelles difficultés de désherbage pouvant apparaître dans les rotations incluant des cultures de colzas tolérants aux herbicides. Il s'agissait de déterminer les situations posant problème et les mesures à mettre en œuvre pour les éliminer. Les repousses de colza tolérantes ont fait l'objet d'un suivi de 3 ans dans chacune des parcelles de la rotation.

Nous présenterons ci-dessous les résultats obtenus et les conclusions que l'on peut en dégager compte tenu des pratiques de désherbage actuelles dans la sole colza.

*Rotation colza tolérant/blé/ betteraves tolérantes à différents herbicides*

Dans les parcelles de betterave des sites de Champagne et de Bourgogne, seules des repousses de colza tolérantes au glyphosate ont été observées au cours de la campagne 1997-1998.

Sur le site de Champagne-Ardennes, l'adjonction de Safari (triflusaluron méthyle) au premier traitement a permis un contrôle satisfaisant des colzas tolérants ne pénalisant pas le développement des betteraves. Dans ce contexte, le nombre de colzas repérés a été très faible, de l'ordre de quelques dizaines de pieds par hectare. Ce résultat s'explique par l'absence de labour sur ce site permettant une très bonne germination des graines de colzas non récoltées et par la pratique d'un faux semis pendant les deux phases d'interculture.

### **Encadré 1**

En 1998, les pouvoirs publics français ont décidé d'instaurer un moratoire de 2 ans sur les autorisations de mise sur le marché des variétés de colza génétiquement modifiées [9]. Cette décision donnait suite aux recommandations faites par l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, sur la base des conclusions de la conférence de citoyens le 20 et 21 juin 1998 à l'Assemblée nationale (rapport Le Déaut). Elle a été prise compte tenu des incertitudes liées à la diffusion de transgènes dans l'environnement à partir de plantes comme le colza, qui peuvent se croiser avec d'autres espèces apparentées ou avec des variétés non génétiquement modifiées. À la fin de l'année 2000, l'État devra se prononcer sur l'issue du moratoire.

À l'approche de l'échéance concernant l'issue de ce moratoire de 2 ans (novembre 2000), le Cetiom a souhaité de sa propre initiative constituer un document d'évaluation scientifique des variétés de colza tolérantes aux herbicides dans le but d'éclairer la décision des différents acteurs concernés en réalisant une synthèse des connaissances établies à l'heure actuelle et dont l'acquisition se poursuit.

Ce travail a été réalisé sous la supervision du comité scientifique des plates-formes inter-instituts (ITB, AGPM et Cetiom) et des chercheurs français dont les travaux sont repris dans ce rapport (INRA, CNRS (Université de Paris-XI et de Lyon-I)). Il s'inscrit aussi dans le cadre d'un partenariat très large avec des équipes scientifiques diversifiées, les filières concernées, les industriels, les associations de consommateurs et environnementales et les pouvoirs publics.

Ce rapport a pour principal objectif de rassembler les acquis scientifiques français sur le flux de gènes dans l'environnement à partir de la culture de colza, et sur les impacts d'un flux de transgènes de tolérance à un herbicide dans le système de l'agriculture française.

Autour de cette synthèse, s'articulent deux autres problématiques :

- l'analyse des intérêts et des limites aux niveaux technique, économique, organisationnel et environnemental de cette nouvelle stratégie de désherbage pour l'agriculteur français ;
- l'élaboration et l'évaluation de mesures envisageables pour limiter les impacts défavorables identifiés.

Le rapport sera disponible d'ici à la fin de l'année 2000 sur le site <[www.cetiom.fr](http://www.cetiom.fr)>

Sur le site de Bourgogne, le nombre de repousses observées était plus important. Cette différence s'explique par le labour effectué en 1996, labour qui a enterré des graines après le colza, graines qui ont été remises en condition de germination dans l'horizon superficiel par le labour effectué avant la

betterave. Le contrôle de ces repousses de colza a nécessité deux applications de Safari. Dans ce contexte, la présence des repousses de colza tolérantes a compliqué le désherbage avec le glyphosate et a conduit à l'emploi de matières actives supplémentaires. Ce désherbage aurait pu être simplifié en ajoutant le Safari dès le premier passage de glyphosate, ce qui aurait évité un passage supplémentaire car les repousses tolérantes étaient déjà présentes lors de ce traitement.

Ainsi, l'ajout de produits herbicides classiquement utilisés sur betteraves au programme à base d'herbicides à large spectre (glyphosate ou glufosinate-ammonium), pour lesquels les betteraves sont tolérantes, a permis de maîtriser les repousses de colza tolérantes dans la rotation colza tolérant/betterave tolérante. La meilleure stratégie est d'associer du trisulfuron méthyle seul ou avec du lénacile (Safari) aux deux applications de glyphosate ou de glufosinate-ammonium.

#### *Rotation colza tolérant/blé*

Des repousses de colza tolérantes sont apparues sur les parcelles de blé des trois dispositifs (Bourgogne, Champagne-Ardenne, Midi-Pyrénées) au cours de la campagne 1997-1998. Elles ont été contrôlées dans le blé par l'application d'un herbicide anti-dicotylédones.

Sur le site de Midi-Pyrénées, l'ITCF a mis en place une expérimentation spécifique au cours de la campagne 1997-1998, de façon à suivre spécifiquement les repousses de colza tolérantes aux oxynils, matières actives de la famille des nitriles présentes dans la plupart des produits utilisés pour le désherbage du blé. Sur le dispositif, différents herbicides de la famille des nitriles ont été appliqués dès la fin de l'hiver sur les repousses de colza au stade plein tallage du blé.

Les produits testés font partie des herbicides anti-dicotylédones les plus utilisés sur le blé. Aucun de ces produits ne contient du bromoxynil et/ou de l'ioxynil seul. Une autre matière active de mode d'action différent est toujours présente.

Le traitement Oxytril (*tableau*) est composé des matières actives auxquelles cette variété de colza est tolérante. Son absence d'efficacité sur les repousses de colza permet de confirmer la présence de colzas tolérants. Ce produit a en revanche été efficace sur les autres adventices présentes. Le traitement First était, *a priori*, parmi les principaux herbicides anti-dicotylédones céréales, celui qui présentait le plus fort risque de perte d'efficacité compte tenu de sa composition. Les résultats obtenus sur l'essai montrent que la matière active supplémentaire de ce produit (le diflufénicanil) a assuré l'efficacité à la dose forte. À la dose réduite (dose préconisée), l'efficacité est sensiblement inférieure tout en restant satisfaisante. Les traitements Maestro II et Allié s'avèrent également parfaitement efficaces.

Les repousses de colzas tolérants au glyphosate et au glufosinate-ammonium dans le blé ont été contrôlées par l'application d'un herbicide anti-dicotylédones couramment utilisé sur le blé. Les repousses de colzas tolérants aux oxynils dans le blé ont également été maîtrisées, y compris par des produits contenant des herbicides de la même famille que les oxynils.

## *Conclusion*

Les premiers résultats indiquent que les agriculteurs disposent de matières actives herbicides efficaces sur les repousses de colza tolérantes à différents herbicides dans les betteraves tolérantes aux mêmes herbicides et dans le blé.

Or, d'après le traitement de données issues de la base SCEES-Teruti, les cultures présentes dans les rotations pratiquées dans la sole colza sont majoritairement des céréales (blé, orge, avoine et seigle), et plus minoritairement d'autres cultures oléagineuses, protéagineuses, et de jachères.

## **Encadré 2**

### **Herbicides et variétés tolérantes**

Précisons l'utilisation actuelle des herbicides pour lesquels des variétés tolérantes ont été développées.

Les oxynils (bromoxynil et ioxynil) sont des herbicides anti-dicotylédones actuellement utilisés sur céréales.

Le glyphosate est utilisé sur vignes et prairies mais aussi avant semis d'automne et de printemps des grandes cultures, sur chaumes et à maturité des céréales, et sur jachères. C'est donc un herbicide largement utilisé sur la sole colza, le plus souvent en interculture.

Enfin, le glufosinate-ammonium est principalement utilisé sur vignes et arbres fruitiers, sur pommes de terres et sur cultures légumières. Il n'est donc que très rarement utilisé sur la sole colza. Les repousses de colza tolérantes au glyphosate et aux oxynils sont donc plus susceptibles de subir une pression de sélection positive dans la sole colza.

Autrement dit il existe des outils pour maîtriser les repousses de colza tolérantes dans la majeure partie des rotations pratiquées. L'agriculteur pourra parfois être amené à modifier ou à compléter les programmes de désherbage classiquement mis en œuvre, notamment dans le cas où les oxynils et plus encore le glyphosate sont utilisés dans la rotation.

Des résultats partiels obtenus au Canada semblent indiquer que les repousses de colza tolérantes dans la rotation ne posent pas de problème de désherbage particulier [3]. Néanmoins, des études plus complètes ont été entreprises par l'« Agriculture and Agri-Food Canada ». Dès que les résultats canadiens seront disponibles (en 2001), il sera utile de comprendre, avec 5 années de recul, si les agriculteurs ont dû fournir un effort supplémentaire pour gérer les repousses de colza tolérant à différents herbicides dans la rotation.

L'acquisition d'informations sur les moyens de maîtrise des repousses tolérantes de colza dans chaque culture des rotations incluant du colza doit se poursuivre. D'ores et déjà, il semble nécessaire de mettre en place un suivi attentif de ces repousses tolérantes de colza dans la rotation.

La betterave est une culture très peu présente dans la sole colza. Elle revient en moyenne une fois tous les 7 ans et cette rotation concerne environ 4 500 hectares, soit moins de 1 % de la surface française de betteraves à sucre [2].

La culture de colza est suivie par une céréale (blé, orge, avoine, seigle) dans 92 % des rotations pratiquées. Quelle que soit la longueur de la rotation, on ne trouve que des céréales entre deux colzas dans 72 % des rotations pratiquées.

### **Pertes de graines tolérantes hors de la parcelle**

Lors de la récolte d'une parcelle implantée avec une variété génétiquement modifiée de colza tolérant à un herbicide, des graines porteuses du transgène de tolérance peuvent être dispersées par le vent (sur de faibles distances) et par les machines agricoles (sur de longues distances) dans d'autres parcelles de colza récoltées avec les mêmes machines, ou vers des zones non agricoles (bords de chemins, de routes, d'autoroutes, voies ferrées et navigables) lors du transport de la récolte au silo de stockage. Les années suivantes, ces graines peuvent donner lieu à la formation de repousses tolérantes qui pourront remettre en cause l'efficacité du désherbage mis en œuvre dans les parcelles voisines et sur ces zones non agricoles.

Une étude, menée depuis 1995 en région Centre par le CNRS (Université de Paris-XI) en collaboration avec le Cetiom et l'INRA de Jouy-en-Josas, vise à évaluer l'importance des pertes de graines hors de la parcelle, en caractérisant les populations spontanées de colza présentes le long des routes principales menant à un silo de récolte. Parmi ces populations spontanées, les premiers résultats montrent que l'on retrouve des caractères issus de variétés de colza qui ne sont plus cultivées depuis plusieurs années [4].

L'impact, dans les parcelles voisines, des pertes de graines hors de la parcelle est qualitativement proche de celui des pertes de graines dans la parcelle mais est quantitativement moins important, le nombre de graines concernées étant beaucoup plus faible.

Dans les zones non agricoles, l'impact n'est pas identique. Les bordures de routes et de chemins sont dans le cas général fauchées et non désherbées chimiquement, par les agriculteurs, la commune ou les services de la DDE. Mais la fauche intervient généralement au plus tôt à l'épiaison des graminées, après la floraison du colza, mais généralement avant sa grenaison. Elle empêche que la bordure ne soit réensemencée en graines de colza tolérantes l'année suivante, mais n'empêche pas la propagation de pollen porteur du transgène vers les parcelles voisines ou vers les plantes adventices. Une proportion limitée des zones non agricoles de type réseau routier, ferré et navigable est entretenue chimiquement. Par exemple, sur le réseau routier, environ 15 % des dépendances vertes sont contrôlées chimiquement et 45 % mécaniquement. Les autres sont gérées de façon extensive. Quarante pour cent des zones entretenues par la SNCF (voies, talus, fossés, quais, gares, triages) le sont chimiquement [5]. Si les herbicides utilisés pour contrôler ces zones correspondaient aux herbicides pour lesquels des tolérances ont été développées, on pourrait envisager de compléter les programmes de lutte chimique par des herbicides efficaces sur les repousses tolérantes.

Les repousses tolérantes constituent aussi des relais pour le flux de gènes en produisant l'année suivante du pollen porteur du transgène qui pourra féconder des plantes de colza non génétiquement modifié (GM) ou des espèces apparentées au colza présentes dans l'environnement de la repousse. Cela pourrait remettre en cause la conformité de la récolte à des normes de commercialisation d'un colza cultivé sur des parcelles situées à proximité si celui-ci doit respecter une teneur limitée en OGM.

## **Dispersion de pollen porteur du transgène de tolérance**

Environ 50 % de la quantité de pollen émise à partir d'une plante de colza est dispersée dans les trois premiers mètres autour de la plante. La courbe de dispersion des 50 % restants par le vent et les insectes décroît très rapidement lorsqu'on s'éloigne de la source, même si du pollen viable peut atteindre des distances éloignées [6]. Ce pollen peut alors féconder des plantes de colza ou des espèces apparentées au colza présentes dans l'environnement de la plante émettrice, assurant ainsi le flux du transgène de tolérance dans l'environnement.

Le problème de l'impact de la dispersion de pollen porteur d'un transgène de tolérance et son évaluation sont fonction des caractéristiques des plantes recevant ce pollen. Quatre cas sont ainsi à distinguer.

### *Cas d'une variété non génétiquement modifiée*

La récolte de ces parcelles contiendra un certain taux de colza génétiquement modifié. Ce taux sera fonction de la quantité de pollen porteur du transgène reçu. La modélisation de la dispersion du pollen (modèle en cours de validation mis au point par l'INRA de Jouy-en-Josas et le CNRS - Université de Paris-XI) permettra de déterminer le taux de contamination en fonction de la position de la parcelle non-GM par rapport à la parcelle GM.

Par ailleurs, des graines issues des plantes de colza fécondées par le pollen porteur du transgène resteront sur la parcelle conduisant à la formation de repousses tolérantes les années suivantes et les conséquences seront identiques au phénomène de pertes de graines dans la parcelle : remise en cause de l'efficacité du désherbage, teneur en OGM des récoltes de colza implantées les années suivantes sur cette parcelle, formation de relais pour la dissémination du transgène.

### *Cas d'une variété de colza tolérante à un autre herbicide*

Les graines issues des plantes tolérantes à un herbicide A fécondées par du pollen porteur du transgène de tolérance à un herbicide B sont tolérantes aux deux herbicides A et B. Les repousses auxquelles elles donneront naissance l'année d'après ne pourront être contrôlées, ni par l'herbicide A (le glyphosate par exemple), ni par l'herbicide B (le glufosinate-ammonium par exemple). À ce niveau, d'éventuels problèmes de désherbage peuvent surgir. Néanmoins, de nombreuses molécules herbicides notamment anti-dicotylédones utilisées dans la rotation sont efficaces sur ces repousses tolérantes à un de ces herbicides ou même à plusieurs.

### *Cas des repousses isolées de colza non génétiquement modifié*

Il convient d'envisager enfin le cas où le pollen porteur du transgène vient polliniser les repousses isolées de colza présentes sur les espaces non agricoles (bordures de chemins, de routes, d'autoroutes, voies ferrées et navigables) ou dans les parcelles implantées avec une autre culture que le colza, situées à proximité.

Ces plantes fécondées et leur production de graines peuvent donner naissance l'année suivante à des repousses tolérantes, qui à leur tour seront un relais pour le flux de transgènes de tolérance dans l'environnement. Les impacts seraient qualitativement similaires mais quantitativement moins importants que ceux des pertes de graines tolérantes hors de la parcelle.

### *Cas des espèces apparentées au colza présentes sur les espaces non agricoles*

À l'intérieur de ces zones, il est également possible que du pollen de colza féconde une plante d'espèces apparentées au colza conduisant à la formation d'un hybride interspécifique dont la viabilité et la capacité à se reproduire et à exprimer le transgène de tolérance seraient plus ou moins importantes.

Nous développerons plus précisément les problèmes posés par la formation d'hybrides interspécifiques tolérants dans les différents compartiments de l'environnement.

### **Flux de gène d'une variété de colza tolérante à un herbicide vers des espèces apparentées au colza**

Des études menées par l'INRA ont montré que le colza pouvait se croiser dans des conditions expérimentales de plein champ avec notamment la ravenelle et la roquette bâtarde, espèces apparentées au colza et présentes sur le territoire français [7, 8]. La formation de ces hybrides interspécifiques stables, tolérants à différents herbicides entre le colza et certaines de ses espèces apparentées, implique successivement :

- la présence simultanée des deux espèces sur le même espace et leur concordance de floraison ;
- un potentiel d'hybridation entre ces deux espèces, c'est-à-dire leur compatibilité sexuelle ;
- la capacité des hybrides obtenus en première génération à se développer, et à se reproduire ;
- leur aptitude à donner des descendances fertiles ;
- la transmission du transgène au cours des différentes générations ;
- l'introduction du transgène (a) soit dans le génome de l'espèce adventice par recombinaison, ce phénomène pouvant être dépendant de la localisation initiale du transgène dans le génome du colza (b) soit dans une nouvelle adventice capable de se maintenir ;
- le maintien du transgène dans les populations naturelles.

Ces différents phénomènes ont surtout été étudiés chez la ravenelle, plante adventice abondante sur la sole colza en France et dont la compatibilité sexuelle avec le colza a été montrée en conditions expérimentales de plein champ. Si la probabilité d'une telle série d'événements est *a priori* très faible, il convient néanmoins de compléter ces premières observations par un suivi pluri-annuel en conditions naturelles afin d'évaluer les impacts dans l'environnement liés à l'apparition d'hybrides interspécifiques ou d'espèces apparentées au colza tolérants à des herbicides.

### *Impacts de la formation d'hybrides interspécifiques tolérants à différents herbicides*

Deux effets liés à l'éventuelle apparition d'hybrides interspécifiques ou de plantes apparentées au colza tolérants à différents herbicides sont à prendre en considération.

\* La remise en cause de l'efficacité des programmes de désherbage mis en œuvre sur la sole colza

Les nouvelles plantes adventices et/ou ces plantes adventices rendues tolérantes ne pourraient plus être contrôlées par l'herbicide à large spectre auquel elles seraient tolérantes. Cela remettrait en



cause, les années suivantes, l'efficacité des programmes de désherbage incluant l'herbicide à large spectre concerné sur ces nouvelles adventices. Mais de nombreuses matières actives herbicides utilisées dans la sole colza seraient efficaces sur ces adventices tolérantes et devraient être utilisées dès l'apparition des tolérances.

\* La modification de la flore crucifère des espaces cultivés et semi-cultivés

L'acquisition de la tolérance à l'herbicide par certaines espèces apparentées au colza peut provoquer un développement de ces adventices tolérantes dans les zones où cet herbicide est utilisé. Le fond floristique de la sole colza GM tolérant en serait modifié. C'est ce phénomène - l'herbicide faisant office de pression de sélection - qui explique la spécialisation survenue ces 20 dernières années de la flore dans les zones cultivées. En l'absence d'application de l'herbicide et notamment dans les zones naturelles, le comportement de ces hybrides serait identique à celui de plantes adventices classiques.

Néanmoins, en l'état actuel des connaissances et compte tenu de la faible probabilité de réalisation de cet événement, les impacts d'un tel flux semblent maîtrisables. On pourra néanmoins mettre en place un suivi attentif de ce phénomène parallèlement à la poursuite de l'acquisition de connaissances sur ces phénomènes de croisements interspécifiques.

## Notes

<sup>1</sup> Une repousse de colza tolérante/m<sup>2</sup> dans un colza classique (d'une densité de 40 pieds/m<sup>2</sup>) implique une teneur en OGM de ce colza de 2,5 %.

## Abréviations

AGPM : Association générale des producteurs de maïs.

Cetiom : Centre technique interprofessionnel des oléagineux métropolitains.

CNRS : Centre national de la recherche scientifique.

GM : Génétiquement modifié.

INRA : Institut national de la recherche agronomique.

ITB : Institut technique français de la betterave industrielle.

ITCF : Institut technique des céréales et des fourrages.

OGM : Organisme génétiquement modifié.

## CONCLUSION

Pour chaque situation, nous avons pu caractériser les impacts du flux de transgènes de tolérance dans l'environnement, évaluer parfois l'importance de tels phénomènes et leurs conséquences en fonction des conditions de milieu et des pratiques de désherbage.

Compte tenu de l'état des connaissances actuelles et de l'exposé qui en est fait dans le rapport complet, des mesures sont d'ores et déjà envisageables pour limiter les effets défavorables associés au flux de gènes à partir de variétés génétiquement modifiées de colza tolérantes à différents herbicides qui ont été identifiés. Ces mesures peuvent être assemblées au sein de scénarios de gestion qui doivent faire l'objet d'une évaluation du point de vue de leur efficacité à limiter les flux de gènes et leurs impacts défavorables (développement de repousses tolérantes, conformité des récoltes à des normes de commercialisation portant sur la teneur en OGM). Il existe différents outils, dont le modèle GeneSys colza développé par l'INRA de Dijon et de Grignon et le Cetiom, qui permettent de réaliser cette évaluation. Ces scénarios de gestion doivent aussi être évalués du point de vue de leur faisabilité technico-économique. Si une gestion d'une mise en culture de ces variétés peut être envisagée en l'état des recherches actuelles, elle nécessite d'une part une modification des pratiques agricoles actuelles et d'autre part que l'acquisition de connaissances se poursuive pour mieux connaître ces différents phénomènes, notamment à une échelle réelle de mise en culture. Un dispositif de biovigilance adapté devra être mis en place pour suivre les effets défavorables d'ores et déjà identifiés, et détecter d'éventuels événements indésirables non encore identifiés. Ces considérations feront l'objet d'une publication ultérieure.

## REFERENCES

1. CHAMPOLIVIER J, MESSÉAN A (1997). Impact du colza transgénique dans les systèmes de culture : étude du flux de gènes. *OCL*, 4 : 111-3.
2. GESTAT DE GARAMBE T, MUCHEMBLED C, RICHARD-MOLARD M (1998). Utilisation de betteraves tolérantes à un herbicide non sélectif : conséquences sur les pratiques agricoles. 17<sup>e</sup> Conférence du Columa, Journées internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes. Dijon, 9-11 septembre 1998 : 951-9.
3. MCDONALD R (1999). Situation au Canada en matière de colza OGM : analyse de l'impact sur le terrain. *Dossier de l'environnement de l'INRA*, 18 : 181-2.
4. PESSEL FD, LECOMTE J, EMERIAU V, KROUTI M, MESSÉAN A, GOUYON PH (2000). Persistence of oilseed rape (*Brassica napus* L.) outside of cultivated fields. *Theor Appl Gen* (à paraître).
5. Groupe de travail ANPP (1998). La bonne gestion des herbicides dans les espaces non agricoles : les traitements raisonnés. 17<sup>e</sup> Conférence du Columa, Journées internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes. Dijon, France, 9-11 décembre 1998 : 319-27.
6. LAVIGNE C, KLEIN EK, VALLEE P, PIERRE J, GODELLE B, RENARD M (1998). A pollen dispersal experiment with transgenic oilseed rape. Estimation of the average pollen dispersal of an individual plant within a field. *Theor Appl Genet*, 93 : 1319-26.

7. CHÈVRE AM, EBER F, DARMENCY H, FLEURY A, PICAULT H, LETANNEUR JC, RENARD M (2000). Assessment of interspecific hybridization between transgenic oilseed rape and wild radish under normal agronomical conditions. *Theor Appl Genet*, 100 : 1233-9.

8. DARMENCY H, FLEURY A (2000). Mating system in *Hirschfeldia incana* and hybridization to oilseed rape. *Weed Res*, 40 : 231-8.

9. Communiqué de presse du Premier ministre du 30 juillet 1998 et Arrêtés du ministère de l'Agriculture du 16 novembre 1998 (AGRS9802276A et AGRS9802275A). *Journal Officiel de la République française*, 18 novembre 1998 : 17379.

#### Illustrations



---

Photo 1. *Variété génétiquement modifiée de colza tolérante au glyphosate en fleur (photo Cetiom).*

---



---

Photo 2. *Population spontanée de ravenelles en foyer dans un champs de colza (photo Cetiom).*

---

Spécialités commerciales Firmes	Matières actives	Doses l/ha	Efficacité sur les repousses de colza (adventices dans le blé) (%)	Nombre de repousses tolérantes restant après le traitement (plantes/m <sup>2</sup> )	Efficacité sur anthémis + matricaire (%)
First	ioxynil + bromoxynil + diflufenicanil	1,5	87	0,65 à 1,3	98
Philagro France		2	93	0,35 à 0,7	100
Oxytril	ioxynil + bromoxynil	1,5	0	5 à 10	100
Rhône-Poulenc		3	0	0	100
Maestro II	ioxynil + MCPP	1,25	100	0	100
CFPI Agrevo/Evolva		2	100	0	100
Allié	metasulfuron-méthyl	0,015	100	0	98
DuPont		0,03	100	0	100

Tableau. Site de Midi-Pyrénées 1998 : efficacité des herbicides anti-dicotylédones couramment utilisés sur les céréales, sur les repousses de colza tolérantes au bromoxynil/ioxynil et sur deux adventices présentes dans l'essai.