

Vie scientifique

Les essais au champ de plantes transgéniques : un bilan

Compte rendu de séminaire*

François Papy

Agronome, INRA, INA P-G, UMR SADAPT, Bât. Eger, BP 1, 78850 Thiverval-Grignon, France

Au milieu des années 1980, le gouvernement français mettait en place une commission d'étude de la dissémination des produits issus du génie génétique – la Commission du génie biomoléculaire (CGB) – et, en 1992, faisait voter une loi fixant le cadre dans lequel les organismes génétiquement modifiés (OGM) doivent être expérimentés et mis en vente sur le marché (Messéan, 1996). À cette époque, la mise sur le marché de variétés transgéniques de betterave, colza et maïs était imminente. Il était donc urgent d'analyser les effets de l'introduction des plantes transgéniques dans les écosystèmes. Antoine Messéan (1994), qui représentait les agronomes dans la CGB, soulignait qu'il ne fallait pas pénaliser l'effort du génie génétique par un développement mal maîtrisé des produits qui en étaient issus. Les réflexions et les initiatives se sont précipitées en 1994 : colloque du CNRS, séminaire de la CGB, projet des instituts et centres techniques agricoles (ICTA) de réaliser des plates-formes d'essais en plein champ pour évaluer les impacts de l'introduction des plantes transgéniques dans les systèmes de culture. En février 1995, le congrès de Nice sur les biotechnologies a réuni, à l'instigation du ministère de l'Agriculture, plusieurs homologues européens de la CGB.

Le concept de biovigilance

Une idée s'est dégagée de ces réflexions, celle selon laquelle, pour analyser les conditions de mise en œuvre des plantes transgéniques, on ne pouvait pas se contenter des essais réalisés jusqu'alors avec des contraintes de

Auteur correspondant : papy@grignon.inra.fr

* Cette note a été écrite à l'issue d'un séminaire organisé par l'Association de coordination technique agricole (ACTA) le 4 décembre 2003, sous le titre : « Impact du développement des plantes transgéniques dans les systèmes de culture ».

non-dispersion des gènes introduits : isolement des parcelles, contrôle et destruction des repousses. . . C'est au champ, dans les conditions de la pratique agricole, qu'il faut les expérimenter, faute de quoi il n'est possible ni de mettre au point ces nouvelles techniques, ni d'en évaluer les avantages, ni d'en repérer les risques, y compris les possibilités de les contourner, ni d'évaluer l'ampleur des incertitudes pour, le cas échéant, émettre des avis défavorables à l'emploi de ces variétés. Cette idée de la nécessité d'expérimenter en plein champ est associée au concept de biovigilance, une application du principe de précaution (Hermitte, 2003).

Certains auteurs utilisent ce concept comme une façon « d'agir au mieux en fonction de risques identifiés » (Riba *et al.*, 2000). Parmi ces risques, on notera ceux engendrés par l'introduction de résistances aux herbicides à grand spectre chez le colza et la betterave : des repousses résistantes peuvent, en effet, resurgir dans la parcelle, mais aussi les bordures de champs et de chemins, ainsi que dans les parcelles voisines. La dispersion des transgènes peut aussi se propager par le pollen vers d'autres parcelles de colza et par hybridation avec des espèces sauvages génétiquement voisines (Chèvre *et al.*, 2001)¹. L'introduction de gènes de résistance aux insectes constitue également un risque, en augmentant la pression de sélection sur les populations d'insectes, favorisant ainsi l'apparition d'insectes résistants. D'autres risques existent encore, induits par les précédents : suite à l'utilisation de plantes transgéniques dans les systèmes de culture, l'emploi généralisé d'un nombre limité de molécules peut avoir des incidences sur la qualité de l'eau ou encore la nocivité d'une plante cultivée vis-à-vis d'insectes autres que le prédateur. . .

¹ Il n'existe, en Europe, aucun risque de repousse ou de croisement avec les maïs résistants à des herbicides à grand spectre.

Cependant, pour d'autres auteurs (Gouyon *et al.*, 2001 ; Colbach *et al.*, 2001a, b), on ne peut se contenter d'une analyse, au cas par cas, de risques identifiés ; il faut au contraire avoir une démarche prospective visant à déceler ce qu'Olivier Godard (2004) appelle « risques potentiels », tout en faisant remarquer que le terme de « dangers potentiels », non consacré par l'usage, serait conceptuellement plus correct. Les observations empiriques s'avèrent alors insuffisantes : il faut construire des corpus théoriques qui, en couplant modèles et données de terrain, visent à prédire et, par suite, à révéler les effets imprévus dès lors qu'une observation s'écarte des valeurs prédites.

C'est dans cet esprit de biovigilance que les essais au champ de plantes transgéniques, conçus en 1994 par les ICTA, ont été mis en place, dès l'année suivante, en Champagne, Bourgogne et Midi-Pyrénées, avec la collaboration de l'Inra. Ils s'inscrivaient dans un projet intitulé « Impact du développement des plantes transgéniques dans les systèmes de culture », financé par les ministères de l'Agriculture et de la Recherche et mené sous la direction d'Antoine Messéan.

Le dispositif des plates-formes de l'ICTA s'est perpétué depuis cette date avec une conception de la biovigilance de plus en plus exigeante. Le séminaire du 4 décembre 2003, organisé par l'Association de coordination technique agricole (ACTA), avait pour but de faire le point des principaux résultats obtenus à ce jour et de tirer les leçons de l'expérience.

L'expérience des plates-formes ICTA

Chacune des trois plates-formes Champagne, Bourgogne et Midi-Pyrénées couvre environ 5 ha sur lesquels sont implantées les successions de cultures habituelles aux trois régions : le maïs est partout cultivé en monoculture, tandis que la betterave et le colza se succèdent alternativement avec des céréales (blé ou orge) et une jachère en Champagne et Bourgogne, et que le colza est inclus dans une succession où figurent du blé et du tournesol en Midi-Pyrénées. Pour les trois espèces étudiées ont été testées des variétés transgéniques tolérantes à deux herbicides (le glyphosate et le glufosinate ammonium) et, pour le maïs, une variété tolérante à la pyrale (le maïs Bt).

Après évaluation de l'intérêt d'une culture de variétés tolérantes à des herbicides à large spectre et à la pyrale, les études ont abordé la question des risques et des moyens de les maîtriser, à partir de protocoles spécifiques :

- suivi des flux de gènes : dispersion à longue distance et croisements interspécifiques ;
- suivi de l'apparition éventuelle de tolérance (flore résistante aux herbicides, pyrale résistante au maïs Bt) ;

- mesure de l'incidence des repousses de colza et de betteraves tolérantes aux herbicides dans la rotation ;
- étude du devenir des résidus d'herbicides.

Apparemment, l'avantage culturel de variétés tolérantes au glyphosate ou au glufosinate est le plus manifeste sur le colza, tout au moins dans les situations où la présence potentielle d'adventices nécessite de traiter à l'aveugle (sans attendre de pouvoir vérifier la présence effective de ces dernières) avant le semis, avant la levée ou juste après. En effet, pour les colzas tolérants à ces herbicides, tous deux moins défavorables à l'environnement que les produits classiques, on peut n'employer l'herbicide auquel la variété cultivée est tolérante qu'en cas de présence effective des adventices ; de plus, en cas d'échec du semis de colza, il est toujours possible de re-semer, ce qui n'est pas le cas avec les méthodes classiques (Messéan, 1998). Cependant, les deux matières actives auxquelles les variétés transgéniques sont résistantes n'agissent que sur la flore levée au moment du traitement et non sur les infestations ultérieures ; il faut donc suivre attentivement l'évolution de la flore et éventuellement retraiter. Dans le cas du maïs, l'utilisation des transgènes de tolérances aux deux herbicides mentionnés ne présenterait de réel intérêt qu'en cas d'interdiction du désherbant classique (l'atrazine) pour les risques toxicologiques qu'il entraîne. L'utilisation du maïs Bt est efficace pour lutter contre la pyrale, même, semble-t-il, dans les conditions méridionales où une deuxième génération d'insectes apparaît (Riba et Chaufaux, 1998).

Les observations sur les flux de gènes ont établi que, pour le colza et la betterave, le taux de croisement diminue fortement dans les premiers mètres : il est, pour le colza, inférieur à 1 % à 30 m et à 0,1 % à 120 m. Mais les mécanismes complexes (rôle des insectes, du vent, des discontinuités paysagères. . .) sont encore mal connus et mal modélisés. En ce qui concerne les betteraves, le passage du gène de tolérance vers des betteraves adventices est extrêmement faible du fait de la pratique courante d'élimination des betteraves qui montent à graine. Malgré les déprédations, faites en 1999 et 2000, à la plate-forme de Midi-Pyrénées, un nombre très important d'une crucifère adventice, voisine du colza (la ravenelle), a été prélevé dans les parcelles de colza pour étudier si des croisements colza × ravenelle avaient introduit des résistances à l'herbicide dans la population de cette dernière ; dans la mesure où l'on accepte les résultats d'une expérimentation interrompue, les risques d'apparition de résistance semblent très faibles.

Dans les trois plates-formes, il n'est pas apparu de résistance chez la pyrale. Cependant, la sensibilité des populations de pyrales sauvages à la toxine du maïs Bt est très variable et il est primordial d'établir des courbes de sensibilité dans une région donnée avant d'y installer des plantes transgéniques. Les risques de multiplication des populations de pyrales résistantes sont en effet

d'autant plus grands que ces populations sont naturellement présentes (Riba et Chaufaux, *op. cit.*).

Les risques de repousses de colza résistant à un herbicide sont réels. Dans les trois plates-formes, ils ont été facilement maîtrisés, par les herbicides classiques dans les blés et par l'adjonction de matières actives spécifiques dans les betteraves. Mais ces résultats locaux n'exonèrent en rien d'une attitude de prudence : les risques de repousses sont très variables et les causes de variations ne sont pas suffisamment cernées pour que l'on puisse, sans précaution, recommander l'emploi de ces variétés. Si, avec le temps, des repousses de colza acquièrent des résistances à plusieurs herbicides, les possibilités de les détruire seront plus faibles (Champolivier *et al.*, 2001). En fait, la maîtrise des repousses transgéniques est particulièrement délicate dans les systèmes de culture avec travail du sol simplifié et superficiel, sauf si l'on arrive à réaliser de nombreux déchaumages ou « faux semis » pour faire germer la quasi-totalité des graines transgéniques. Ainsi, comme le fait remarquer Jean-Marc Meynard (1998), l'emploi des semences transgéniques résistantes aux herbicides à large spectre ne simplifie pas forcément les stratégies de désherbage ; outre qu'il devient nécessaire de tenir compte de l'historique de l'emploi des transgènes dans les parcelles, il faut aussi veiller à l'entretien des bordures de champs et tenir compte de l'agencement des parcelles et variétés dans l'espace. La panoplie des solutions de désherbage se trouve sans doute enrichie, mais les problèmes à résoudre sont déplacés.

Dans les échantillons de sol, les résidus d'herbicides sont toujours restés à l'état de traces, sauf dans les parcelles de maïs en culture continue, traitées au glyphosate, où un métabolite de cette molécule a été détecté dans le sol, à la récolte, mais dans des proportions relativement faibles.

Les plates-formes ont permis de développer le principe de biovigilance, mais n'ont pas été conçues pour répondre à toutes les questions soulevées. Des dispositifs ad hoc sont à concevoir, pour valider les modèles qui permettront d'évaluer des risques et, si on accepte de les prendre, de tester des scénarios de gestion. Le modèle GeneSys-Colza (Colbach *et al.*, 2001a, b) simule la démographie des populations de colza au sein d'un parcellaire en fonction de l'assolement, des successions culturales, de la conduite des cultures (travail du sol, désherbage), de l'entretien des bordures de champs et de routes, de la vitesse du vent... et, bien sûr, de la proportion initiale de plantes porteuses d'un transgène. Le modèle MAPOD simule, quant à lui, le taux de fécondation des ovules non-OGM par du pollen issu de champs OGM situés au voisinage (Angevin et Klein, 2001a, cité par Guyon *et al.*, 2001). Mais l'usage de ces modèles pour évaluer les risques n'est valable que si les modèles sont validés par des essais conçus à cet effet.

Les leçons de l'expérience

Pour prendre du recul par rapport à l'expérience des plates-formes des ICTA, les organisateurs du séminaire avaient sollicité les regards extérieurs de Thierry Doré, professeur à l'INA P-G et directeur de l'UMR d'agronomie de Grignon, et d'Yvette Dattée, directrice du groupe d'étude et de contrôle des variétés et des semences de l'Inra. Le premier a souligné la portée générale de ces travaux : leur intérêt s'étend également aux plantes non-OGM. En effet, on n'a, jusqu'à présent, jamais bien évalué les risques de contournement par le pathogène de gènes de résistance existants dans des variétés, qu'elles soient OGM ou non. En étudiant les conditions d'emploi de variétés OGM, résistantes à des pathogènes, avec plus de précaution que pour des variétés résistantes non-OGM, on a commencé à aborder les questions très importantes de l'évolution à long terme des populations pathogènes sous l'effet des systèmes de culture. Yvette Dattée, quant à elle, a souligné que ces travaux avaient fait collaborer, beaucoup plus que par le passé, des disciplines comme l'agronomie, l'écologie, la biologie et la génétique des populations ; l'échelle d'étude n'est plus simplement la parcelle au pas de temps du cycle cultural, mais aussi la mosaïque paysagère que constitue un parcellaire agricole sur de longs pas de temps.

Plus généralement, je pense que cette expérience des essais de plantes transgéniques en plein champ soulève le paradoxe de « la recherche en état de précaution » (Godard, 2004). Pour développer des connaissances sur les dangers potentiels, on est conduit à réaliser des essais présentant des risques avérés, à condition bien sûr de mettre en œuvre des dispositifs de biovigilance. Nous touchons ici au cœur du débat. Premièrement, le principe de précaution exige que l'on soit capable de simuler les conséquences de l'emploi des OGM, ce qui est possible avec les modèles qui commencent à exister, à condition qu'ils soient validés. Or, « l'une des difficultés de cette étape de la démarche est la quasi-absence de situations réelles en Europe. L'évaluation sur le continent américain ne permet pas de prendre en compte l'influence de certaines spécificités des paysages européens (petites parcelles, haies...) » (Gouyon *et al.*, 2001). Deuxièmement, l'expérimentation en plein champ se heurte à des différences d'appréciation des dangers potentiels. La question est discutée au sein même de la communauté scientifique, comme le montre le débat récent entre Yves Chupeau et Pierre-Henri Gouyon (2004). Mais, alors que dans cette communauté la question est abordée en fonction des cas de figure, une forte opposition de principe à tout type d'essais se manifeste dans la société. Dépasser la crispation actuelle sur cette question implique que les partenaires sociaux admettent la nécessité de prendre certains risques et que les scientifiques admettent, pour leur part, qu'ils n'ont pas à choisir ces risques, mais à en débattre.

Un colloque, tenu récemment à Gênes les 22 et 23 mars 2004 (*Le Monde* du 3 avril 2004), souligne la nécessité d'associer les citoyens à la politique de recherche. Il serait urgent que la puissance publique, aux échelons régionaux, nationaux et européens, prenne des initiatives pour susciter des débats entre citoyens, au lieu trop souvent de céder aux pressions des uns ou des autres. Bien qu'elle n'ait concerné que « des citoyens non impliqués et non experts », la conférence citoyenne sur les OGM, organisée en France en 1998, fut cependant une heureuse initiative ; mais, comme le font remarquer Joly *et al.* (2003), son faible impact, malgré la qualité du travail réalisé, témoigne « de la difficulté de l'appareil technocratique à se réapproprier les résultats de cet exercice » et montre, par défaut, la nécessité de débats plus larges encore.

Références

- Champolivier, J., Messéan, A., Prunier, J.-P., 2001. Culture de variétés de colza tolérantes à un herbicide : de l'évaluation à la biovigilance, *C. R. Acad. Agric. Fr.*, 87, 5, 31-42.
- Chèvre, A.M., Eber, F., Jenczewski, E., Renard, M., Pierre, J., Darmency, H., Reboud, X., 2001. Impacts agro-environnementaux de la mise en culture de variétés de colza transgéniques tolérantes à des herbicides, *C. R. Acad. Agric. Fr.*, 87, 5, 11-22.
- Chuveau, Y., Gouyon, P.-H., 2004. Les OGM, graines de réflexion, *La Recherche*, 371, 73-77.
- Colbach, N., Clermont-Dauphin, C., Meynard, J.-M., 2001a. GeneSys: A model of the influence of cropping system on gene escape from herbicide tolerant rapeseed crops to rape volunteers. I. Temporal evolution of a population of rapeseed volunteers in a field, *Agric. Ecosyst. Environ.*, 83, 235-253.
- Colbach, N., Clermont-Dauphin, C., Meynard, J.-M., 2001b. GeneSys: A model of the influence of cropping system on gene escape from herbicide tolerant rapeseed crops to rape volunteers. II. Genetic exchanges among volunteers and cropped populations in a small region, *Agric. Ecosyst. Environ.*, 83, 255-270.
- Godard, O., 2004. À la recherche de la précaution, *Courrier de la planète*, 71, 54-60.
- Gouyon, P.-H., Meynard, J.-M., Klein, E., Angevin, F., Lavigne, C., 2001. Modéliser l'impact des OGM : pourquoi et comment ?, *C. R. Acad. Agric. Fr.*, 87, 5, 21-30.
- Hermitte, M.-A., 2003. Questions d'une juriste à un sociologue, à propos de l'ouvrage d'Alexis Roy *Les Experts face au risque : le cas des plantes transgéniques*, *Natures Sciences Sociétés*, 11, 1, 37-45.
- Joly, P.-B., Marris, C., Hermitte, M.-A., 2003. À la recherche d'une « démocratie technique » : enseignements de la conférence citoyenne sur les OGM en France, *Natures Sciences Sociétés*, 11, 1, 3-15.
- Messéan, A., 1994. L'impact économique et social des OGM pour les agriculteurs ; premiers éléments de réflexions, *OCL*, 1, 1, 49-51.
- Messéan, A., 1996. Impacts des plantes résistantes à un herbicide, *OCL*, 3, 1, 5-9.
- Messéan, A., 1998. Comment apprécier l'intérêt des OGM pour la compétitivité de l'agriculture ?, in *Organismes génétiquement modifiés à l'Inra : environnement, agriculture et alimentation*, Paris, INRA Éditions, 30-33.
- Meynard, J.M., 1998. L'emploi des plantes transgéniques va-t-il obliger les agriculteurs à modifier leurs pratiques ?, in *Organismes génétiquement modifiés à l'Inra : environnement, agriculture et alimentation*, Paris, INRA Éditions, 34-37.
- Riba, G., Chauvaux, J., 1998. Le maïs transgénique résistant à la pyrale favorise-t-il l'apparition de résistance chez les insectes ?, in *Organismes génétiquement modifiés à l'Inra : environnement, agriculture et alimentation*, Paris, INRA Éditions, 71-73.
- Riba, G., Dattée, Y., Couteaudier, Y., 2000. Les plantes transgéniques et l'environnement, *C. R. Acad. Agric. Fr.*, 86, 6, 57-65.