

> La biosécurité dans le génie génétique appliqué au domaine non humain

Résultats du programme de recherche de l'OFEV 2004–2008

*Résumé de la publication
«Biosicherheit im Bereich der ausserhumanen Gentechnologie»
www.umwelt-schweiz.ch/uw-0932-d*

> Résumé

Situation de départ et mandat

Le 21 mars 2003, le Parlement a adopté une loi sur le génie génétique fixant les exigences de sécurité à respecter en matière de dissémination des organismes génétiquement modifiés (OGM).

Toutefois, en mai 2001, l'Académie suisse des sciences naturelles (ASSN) a émis l'avis que les bases scientifiques nécessaires à la mise en œuvre des textes de loi alors en projet étaient insuffisantes. De nombreux sondages d'opinion ont en outre montré que la population non-scientifique était elle aussi préoccupée par l'insuffisance des connaissances et de la recherche, notamment la population européenne, sceptique à l'égard des plantes génétiquement modifiées (PGM), déjà cultivées à grande échelle dans certains pays majoritairement non européens. Et en particulier la population suisse, qui a même voté en 2005 l'adoption d'un moratoire interdisant la culture commerciale des dites plantes jusqu'en 2010.

Pour activer l'acquisition des bases scientifiques manquantes, l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) a lancé en 2003 un programme de recherche quadriennal, baptisé «La biosécurité dans le génie génétique appliqué au domaine non humain».

Pour ce programme, quatre axes de recherche ont été retenus, correspondant à quatre domaines pour lesquels les données à disposition ont été jugées insuffisantes en quantité ou en qualité.

Axes de recherche et résultats

Le premier axe de recherche du programme portait sur la détection précoce d'effets à long terme non anticipés des OGM sur l'environnement.

Pour cet axe, deux projets de recherche ont été menés. Le premier projet, baptisé «*Bases méthodologiques de la surveillance à long terme des OGM: objectifs de protection – indicateurs – méthodes de relevé*», s'est déroulé en deux phases: une première phase, pour laquelle il s'agit de lister, analyser et décrire les objectifs de protection sous l'angle juridique, à partir des textes de lois et d'ordonnances existants; et une deuxième phase, qui a consisté à sélectionner deux modèles de plantes transgéniques, à savoir le maïs résistant au *diabrotica* et au glyphosate et la pomme de terre résistante au *phytophthora*, puis à élaborer pour ces plantes les scénarios théoriquement envisageables d'effets environnementaux non souhaités ou potentiellement négatifs qui seraient susceptibles de contrarier les objectifs ainsi formulés et inscrits dans la législation, et enfin à définir à partir de ces scénarios les protocoles de monitoring (indicateurs et méthodes de relevé) qui permettraient la détection précoce ainsi que les coûts y afférents.

Axe de recherche «Détection précoce d'effets à long terme non anticipés sur l'environnement»

Le deuxième projet, baptisé «Monitoring environnemental de la culture commerciale du maïs Bt – approches pour le recensement des effets potentiels sur les papillons diurnes et les organismes utiles» a été mené en raison des craintes émises sur une possible toxicité de la protéine insecticide du maïs Bt non seulement pour les larves de pyrale (parasite ciblé) mais aussi pour les papillons diurnes et les organismes utiles (espèces non ciblées). Il a consisté en une étude destinée à déterminer la façon dont un monitoring environnemental devrait être conçu pour garantir la détection précoce d'éventuelles modifications, d'une part au niveau du nombre d'espèces et d'individus au sein des populations de papillons diurnes, et d'autre part au niveau de la diversité des organismes utiles.

Les travaux sur le monitoring environnemental des *papillons diurnes* ont montré que les populations concernées présentent, à la fois en termes d'importance et de diversité, une variabilité spatiale et temporelle naturelle, que cette variabilité n'est que très rarement imputable à des pratiques agricoles déterminées ou aux facteurs climatiques, et qu'elle résulte le plus souvent soit de causes inconnues soit de la conjonction de plusieurs facteurs. Les auteurs de l'étude en ont conclu que l'on ne pourrait clairement démontrer les effets potentiels des PGM sur la biodiversité qu'à très grand renfort de moyens et uniquement en cas de modifications relativement importantes (supérieures à 30 %) des nombres d'espèces et d'individus. Et que, même si l'on y parvenait, cela permettrait d'établir une corrélation statistique entre la culture de PGM et les modifications de la biodiversité, mais pas de prouver un véritable lien de cause à effet. Estimant ainsi que les données qui seraient recueillies dans le cadre d'un monitoring environnemental des papillons diurnes n'auraient qu'une valeur scientifique limitée en regard des coûts qui seraient occasionnés par leur collecte, ils ont considéré qu'il fallait préférer au monitoring des cultures une évaluation du risque étendue, et ont proposé que cette évaluation puisse éventuellement, pour le cas où des doutes scientifiques sérieux persisteraient après sa réalisation, être suivie d'une surveillance spécifique (au sens de la réglementation européenne), ciblée sur les seules hypothèses plausibles.

Les travaux sur le monitoring environnemental des *organismes utiles* ont quant à eux montré que les recherches menées dans le cadre de l'évaluation du risque (antérieure à la commercialisation) ne permettaient d'émettre aucune hypothèse scientifiquement fondée sur les effets du maïs Bt sur ces organismes, et que rien ne justifiait par conséquent la conduite d'une surveillance spécifique. Les auteurs de l'étude ont donc proposé comme solution de remplacement de soumettre les fonctions écologiques des organismes utiles, à savoir leur rôle dans la régulation naturelle des parasites, à une surveillance générale (au sens de la réglementation européenne), assurée à la fois par les agriculteurs cultivant le maïs transgénique et par les services phytosanitaires, comme cela se fait déjà au sein de l'UE.

Le deuxième axe de recherche du programme visait à analyser les questions éthiques liées à l'évaluation du risque dans le domaine de la biotechnologie, de façon à pouvoir à terme soumettre les OGM à des évaluations de risques globales, intégrant les aspects éthiques en complément des aspects scientifiques.

Axe de recherche «Analyse de questions d'ordre éthique liées à l'évaluation du risque dans le domaine de la biotechnologie»

Pour cet axe, deux projets ont été menés. Le premier projet, baptisé «*Evaluation éthique du risque*», avait pour objectif de déterminer les notions et critères qui devraient servir de base aux décisions en rapport avec la composante éthique de l'évaluation du risque. A cet effet, les spécialistes qui ont travaillé sur ce projet se sont demandé, ceci d'ailleurs de façon tout à fait générale et non uniquement pour le domaine de la biotechnologie, quels risques pouvaient être considérés comme acceptables, et quels risques devaient au contraire être considérés comme inacceptables. Il en est ressorti l'idée que le concept de la valeur seuil était le seul critère applicable au processus décisionnel relatif à la gestion éthique des risques. Concept qui veut que l'on calcule la valeur attendue du dommage lié au risque évalué à partir de la probabilité d'apparition et de l'ampleur estimée de ce dommage, et que l'on ne prenne finalement le risque en question que si cette valeur se révèle inférieure à la valeur seuil prédéfinie.

Le deuxième projet, baptisé «*Importance de la notion de dommage dans l'évaluation du risque des OGM*», avait quant à lui pour objectif de déterminer le rôle de cette notion dans l'évaluation éthique du risque dans le domaine particulier de la biotechnologie. Les experts qui ont travaillé sur ce projet ont commencé par poser ce double constat: de manière générale, l'évaluation éthique du risque repose sur deux autres évaluations, à savoir celle de l'état effectif des biens à protéger, et celle de l'état souhaitable pour ces mêmes biens; on considère qu'il y a dommage lorsque l'écart entre ces deux états atteint un niveau critique prédéterminé. En s'appuyant sur trois exemples concrets de plantes transgéniques, ils ont ensuite défini les critères à utiliser pour évaluer le risque du point de vue éthique dans le domaine particulier de la biotechnologie. En effet, il est empiriquement possible d'intégrer le risque dans ce que l'on appelle une matrice d'évaluation du risque, soit un outil qui permet de quantifier le risque dans les cas où la probabilité d'apparition et l'ampleur estimée du dommage considéré sont mesurables.

Les critères élaborés dans le cadre de ces deux projets se sont révélés difficilement applicables aux trois exemples tirés de la biotechnologie mentionnés ci-dessus: l'évaluation éthique du risque implique la connaissance de la probabilité d'apparition et de l'ampleur estimée du dommage considéré; or ce sont là deux éléments encore mal connus dans le cas des OGM.

Le *troisième axe de recherche* du programme portait sur les risques encourus par l'écosystème sol.

Deux projets de recherche se sont intéressés à cet axe. Le premier projet, baptisé «*Atteintes portées à l'écosystème sol par les organismes naturels et les organismes génétiquement modifiés – effets, méthodes et définition du dommage en appui de l'évaluation du risque*», a consisté à définir les effets potentiels des atteintes biologiques portées au sol sur l'écosystème sol, à dresser la liste des différentes méthodes possibles pour recenser lesdits effets et des critères à utiliser pour évaluer l'adéquation desdites méthodes, à élaborer une procédure pour sélectionner à chaque évaluation de risque la méthode la mieux adaptée aux effets à recenser, et enfin à déterminer à partir de quel moment une modification du sol doit être considérée comme un dommage porté à celui-ci. Il s'est divisé en quatre modules: le module 1 a servi à poser les bases

Axe de recherche «Risques
encourus par l'écosystème sol»

théoriques, notamment à partir d'une analyse des différents concepts utilisés à travers le monde pour déterminer la qualité du sol et d'une revue de la littérature disponible sur les OGM et les organismes introduits; les modules 2 et 3 ont quant à eux permis de mettre en pratique la procédure de sélection élaborée pour les méthodes de recensement, ceci à la fois dans le cadre d'un essai pilote réalisé en serre, avec l'organisme *Pseudomonas fluorescens* de souche CHA0, et dans le cadre d'un essai en plein champ, réalisé pour sa part avec la préparation «Micro-organismes effectifs». Le module 4, enfin, a consisté à dresser la synthèse des trois premiers modules.

La procédure élaborée dans le cadre du module 1 pour le recensement des effets potentiels des atteintes biologiques portées au sol sur l'écosystème sol s'est révélée appropriée. Les deux essais mentionnés n'ont quant à eux permis de constater au niveau des propriétés et fonctions du sol aucune modification pouvant être considérée comme un dommage au sens des critères retenus.

Le deuxième projet, baptisé «*Dégradabilité du maïs Bt dans le sol et effets sur les vers de terre et autres macro-organismes du sol*», s'est composé d'une expérience de terrain et d'une expérience de laboratoire. L'expérience de terrain a consisté à étudier la décomposition des résidus végétaux de diverses variétés de maïs transgéniques contenant la protéine insecticide Bt parallèlement à celle de leurs pendants non modifiés génétiquement: les seules différences de vitesse de décomposition qui ont été constatées l'ont été entre les variétés; aucune différence n'a en effet été observée entre les sujets transgéniques et non transgéniques d'une même variété. L'expérience de laboratoire a ensuite consisté à étudier l'action de la toxine Bt sur divers organismes du sol, tels que les vers de terre, les limaces et les larves de mouches: les organismes sélectionnés ont été suivis sur une longue durée, équivalant dans certains cas à quatre générations, ceci afin de pouvoir déterminer les effets de ladite toxine sur le long terme et sur la fertilité des individus; mais là encore, aucune différence n'a pu être constatée, en tout cas dans les conditions étudiées, entre les variétés de maïs transgéniques et les variétés classiques. Le deuxième projet s'est par conséquent achevé sur la conclusion que les variétés de maïs transgéniques étudiées ne représentaient pas de risque écologique accru pour le sol. Il a par ailleurs constitué une transition avec le quatrième et dernier axe de recherche, consacré à l'étude des effets potentiels sur les organismes non ciblés.

Le quatrième axe de recherche du programme, qui visait donc à évaluer les effets potentiels des PGM sur les organismes non ciblés, a donné lieu à trois projets, ayant tous consisté à étudier les réactions d'organismes encore peu étudiés, voire pas étudiés du tout, en rapport avec la transgénèse.

Le premier projet, baptisé «*Effets des plantes transgéniques résistantes aux ravageurs sur les abeilles solitaires*», s'est plus particulièrement intéressé aux abeilles sauvages, indispensables à la fécondation d'innombrables plantes à fleurs (parmi lesquelles beaucoup de plantes de culture), et pourtant absentes de toutes les études réalisées antérieurement et axées exclusivement sur les abeilles communes. Il s'est composé de trois études: une première, qui était destinée à évaluer les effets des plantes transgéniques sur des larves d'abeilles nourries avec un pollen mélangé à trois protéines diffé-

Axe de recherche «Risques encourus par les organismes non ciblés»

rentes (OC-1, Cry1Ab et GNA); une deuxième, qui visait à tester ces mêmes effets sur les abeilles adultes; et enfin une troisième, dont le but était de déterminer si le miellat issu des PGM pouvait être à l'origine de quelconques atteintes pour les individus qui s'en nourrissent occasionnellement.

Les auteurs de ces études ont conclu que l'on pouvait pratiquement exclure tout effet négatif des plantes transgéniques testées sur les populations d'abeilles sauvages. Ils ont par ailleurs développé pour ce projet des méthodes de test qui pourront être réutilisées pour d'autres PGM résistantes aux insectes.

Les membres du deuxième projet, baptisé «*Effets des transgènes conférant une résistance accrue aux pathogènes sur l'interaction avec les champignons symbiotiques dans le riz*», ont pour leur part cherché à répondre à la question fondamentale de savoir si l'intégration d'un gène de résistance aux champignons pathogènes dans le patrimoine génétique d'une plante pouvait aussi entraver l'interaction, bénéfique, de cette plante avec les champignons mycorrhiziens symbiotiques présents au niveau de ses racines. Leur étude, basée sur l'exemple du riz, n'a fait ressortir aucune différence entre les plantes de riz modifiées génétiquement pour résister au champignon pathogène agent de la pyriculariose du riz et les plantes contrôles non transgéniques correspondantes: les racines des plantes de riz résistantes ont été colonisées par les champignons mycorrhiziens de la même manière que celles des plantes contrôles. Ces résultats permettent de conclure deux choses: d'une part, la résistance à la pyriculariose conférée par transgenèse n'agit pas au niveau des racines; d'autre part, le mécanisme de défense des variétés de riz porteuses du gène de résistance à la pyriculariose et sélectionnées pour l'étude n'entrave pas la colonisation de leurs racines par les champignons mycorrhiziens utiles. Ils ne disent pas néanmoins si les résistances aux pathogènes fongiques qui, contrairement à la résistance à la pyriculariose, sont actives au niveau des racines peuvent, elles, influencer sur l'interaction avec ces champignons mycorrhiziens utiles. Or c'est une question à laquelle il faudra tâcher de répondre lors d'une évaluation du risque appropriée.

Le troisième projet, baptisé «*Influence de la transgenèse sur les relations plante-insecte, en particulier sur les interactions par voie chimique, dans le système pomme*», s'est intéressé à l'impact de la résistance à la tavelure sur la mineuse des feuilles du pommier et sur les mouches ichneumon attirées par les senteurs spécifiques émises par ces feuilles. L'étude réalisée pour ce projet a consisté à comparer entre eux quatre cultivars de pommiers différents: un cultivar classique de la variété «Florina», naturellement résistant au champignon responsable de la tavelure du fait de son gène HcrVf2; un cultivar classique de la variété «Gala», sensible lui à la tavelure; un cultivar transgénique de l'espèce «Gala», auquel a été transféré le gène HcrVf2; et un autre cultivar transgénique de l'espèce «Gala» mais non porteur du gène HcrVf2. La méthode de test développée pour sa réalisation a permis la mesure de changements subtils et pourra elle aussi être réutilisée pour d'autres études. Dans le cas présent, elle a permis de constater des différences entre les cultivars, différences qui se sont néanmoins révélées sans lien avec la transgenèse.

Les résultats du programme de recherche ont été présentés et débattus lors d'un workshop qui s'est tenu le 17 juin 2008.