



Génie génétique vert en Suisse

Saisir les opportunités, prévenir les risques, sauvegarder les compétences

«Je sais qu'il est difficile de faire en sorte que les décisions politiques aient toujours un fondement scientifique. Je reconnais qu'il existe bien davantage de facteurs influençant la politique, par exemple d'ordre éthique, social et économique. Mais si les connaissances scientifiques ne sont pas prises en compte, les politiciens devront en expliquer la raison. J'estime que tant qu'une explication est fournie, générant ainsi la transparence, la situation est, pour moi, satisfaisante.»

Anne Glover

Conseillère scientifique en chef, Commission européenne

Cette brochure résume les messages principaux du Programme national de recherche «Utilité et risques de la dissémination des plantes génétiquement modifiées» (PNR 59). Ils sont le résultat d'une recherche indépendante, financée par des fonds publics. Complémentairement aux articles scientifiques dérivés des projets, à la synthèse complète du programme et aux trois études détaillées de littérature, cette publication fournit un résumé intelligible pour chacun, destiné à un large public issu du monde de la politique et de celui des écoles ainsi qu'à d'autres personnes intéressées.

Table des matières

PRÉFACE	Saisir les opportunités, prévenir les risques, sauvegarder les compétences	4
HISTOIRE	Histoire du génie génétique	10
ACCEPTATION	Les consommateurs sont critiques envers le génie génétique mais souhaitent la liberté de choix	12
DURABILITÉ	Mettre le génie génétique au service d'une agriculture durable	18
ÉVALUATION DES RISQUES	Baser l'évaluation des risques sur le produit final et non pas sur la procédure de sélection de la plante	28
ESSAIS DE DISSÉMINATION	Les essais de dissémination sont importants et doivent être facilités	36
SANTÉ	Une observation à long terme des effets sur la santé s'impose	44
COEXISTENCE	En Suisse, la coexistence de formes d'exploitation agricole avec et sans plantes génétiquement modifiées est possible	50
RENTABILITÉ	En Suisse, l'utilité économique des PGM actuellement disponibles serait plutôt faible	54
PRESTATIONS ÉCOLOGIQUES REQUISES	Le mode d'établissement de la preuve des prestations écologiques requises ne saurait discriminer la culture de PGM	62
ANNEXES	Glossaire	68
	Impressum	74

Saisir les opportunités, prévenir les risques, sauvegarder les compétences

En l'espace de cinq ans, le Programme national de recherche «Utilité et risques de la dissémination des plantes génétiquement modifiées» (PNR 59) a mené à bien trente projets de recherche et exploité des études faisant autorité, disponibles à l'échelle mondiale. C'est ainsi qu'a été constitué un fondement scientifique en vue d'une discussion politique objective et de la prise de décisions dans le domaine du génie génétique vert en Suisse.

Depuis des millénaires, l'homme cultive des plantes et les adapte continuellement à ses besoins. La procédure classique de sélection consiste en l'encouragement de modifications génétiques dans une plante donnée au travers du choix ciblé de traits utiles. Aujourd'hui, le génie génétique dit «vert» offre des possibilités allant bien au-delà de la sélection végétale conventionnelle: on parvient à provoquer des modifications génétiques précises dans une plante et, ainsi, à diriger plus efficacement la sélection des caractéristiques souhaitées.

Depuis plus de quinze ans, les plantes génétiquement modifiées (PGM) sont cultivées commercialement dans de nombreux pays. Au niveau de la planète, la culture des plantes génétiquement modifiées augmente. En 2012, les surfaces exploitées ont crû une fois encore de 6 pour cent, pour totaliser 170 millions d'hectares. Plus de la moitié de ces surfaces se situent dans les pays en voie de développement ou émergents. Dans onze pays, les surfaces dévolues aux PGM dépassent un million d'hectares. L'Europe, en revanche, reste sceptique, à une exception près: en Espagne, des variétés transgéniques poussent sur 30 pour cent des surfaces de culture du maïs.

Le génie génétique vert offre des possibilités allant bien au-delà de la sélection végétale conventionnelle. Depuis plus de quinze ans, des plantes génétiquement modifiées sont cultivées commercialement dans de nombreux pays du monde. Les surfaces de culture augmentent continuellement.

Dans le domaine de l'agriculture: le génie génétique vert

Dans le domaine du génie génétique vert, de nouvelles variétés de plantes sont développées grâce à des méthodes de génie génétique plutôt que par des procédés traditionnels de sélection. Utilisées dans l'agriculture, elles sont, par exemple, résistantes à diverses maladies végétales ou à des ravageurs. Par introduction de gènes, il est également possible d'améliorer la qualité nutritive d'une plante.



Le maïs résistant aux ravageurs est cultivé, entre autres, en Espagne



Les PGM représentent plus de 70 pour cent de la culture mondiale du soja



Les pommes transgéniques pourraient contribuer à réduire l'utilisation d'antibiotiques

Dans l'UE, plus de 40 PGM différentes sont autorisées pour l'utilisation en tant qu'aliment ou fourrage. Mais seule la culture de deux plantes génétiquement modifiées est permise: du maïs résistant à des ravageurs ainsi que des pommes de terre à teneur augmentée en amidon. Ces dernières ne sont pas destinées à la consommation mais servent à la fabrication industrielle d'articles tels que la colle.

**Dans le domaine de la médecine:
le génie génétique rouge**

Le génie génétique rouge désigne l'emploi du génie génétique dans le domaine médical. Cette technologie est notamment appliquée pour la production de médicaments et de vaccins vivants ou le diagnostic de maladies. En Suisse, plus de 500 médicaments fabriqués à l'aide du génie génétique sont déjà sur le marché.



Diagnostic médical



Production de médicaments



Développement de vaccins

Cependant, le génie génétique fait débat pratiquement partout en Europe, y compris dans notre pays. Le 27 novembre 2005, la population suisse a voté en faveur d'un moratoire de cinq ans sur l'utilisation commerciale de PGM. Entre-temps, celui-ci a été prolongé jusqu'en 2017 par le parlement. Il ne concerne pas la recherche. Cette exception doit, entre autres, permettre un examen plus approfondi des avantages et

inconvenients du génie génétique. Ainsi, en décembre 2005, le Conseil fédéral a chargé le Fonds national suisse de mener à bien le PNR 59. L'objectif central du programme était d'étudier si, à long terme, l'usage de plantes génétiquement

La recherche n'a pas révélé de risques pour l'environnement liés spécifiquement au génie génétique vert. Suivant la manière dont cette technologie est appliquée, elle peut renforcer ou au contraire atténuer des utilités et risques agricoles déjà connus.

modifiées est de nature à profiter à l'écologie, à l'agriculture et à la société. De plus, le programme de recherche avait pour mission de faire la lumière sur le point de savoir si cette technologie engendrerait des problèmes spécifiques pour notre agriculture nationale caractérisée par des exploitations de petite taille ou, au contraire, lui assurerait des bénéfices. Il devait également

déterminer si la juxtaposition (coexistence) de méthodes de production agricole avec et sans génie génétique est envisageable. La recherche a été financée par des fonds publics et réalisée de façon indépendante. Le programme ne visait pas expressément à générer de nouvelles plantes.

En résumé, on peut affirmer que la recherche effectuée au sein de ce programme n'a pas révélé l'existence de risques pour l'environnement liés spécifiquement au génie génétique vert. Suivant la manière dont cette technologie est appliquée,

elle est susceptible de renforcer ou, au contraire, d'atténuer des utilités et risques agricoles déjà connus. Toutefois, le bénéfice économique auquel on est en droit de s'attendre en rapport avec les PGM actuellement disponibles est encore très modeste dans les conditions qui sont aujourd'hui celles de l'agriculture suisse. Mais il serait de nature, à l'avenir, d'augmenter grâce au recours à des plantes nouvellement développées, combinant plusieurs caractéristiques telles que des résistances à des herbicides et à des maladies.

Par le biais de ses résultats et recommandations les plus importants, le programme met à disposition du monde politique et de la société en général un fondement scientifique permettant de décider si et comment le génie génétique vert est à même de contribuer à une agriculture durable en Suisse.

L'histoire du génie génétique

A ses débuts, le génie génétique était contesté tant dans le domaine de la médecine qu'en matière d'agriculture. La chronique suivante illustre comment l'acceptation de cette technologie dans divers domaines d'utilisation a changé au cours des années.



1970

Années 1970: débuts du génie génétique en tant que discipline de recherche. Scientifiques et politiciens discutent des risques pouvant émaner d'une dissémination involontaire d'ADN génétiquement modifié produit en laboratoire. Le risque est jugé contrôlable. Sur décision de la Commission de génétique expérimentale, les directives américaines pour un travail sûr avec l'ADN recombinant (NIH Guidelines for Research Involving Recombinant DNA Molecules) entrent en vigueur en Suisse à partir de 1977. Le public ne participe que très peu au débat.

Années 1980: la Suisse compte au nombre des nations à la pointe de la recherche fondamentale en génie génétique. Les institutions ont foi dans l'auto-contrôle de la science ainsi qu'en la surveillance par la Commission de génétique expérimentale et le Fonds national suisse, ce qui explique pourquoi la réglementation juridique du génie génétique est envisagée avec une grande réticence.



1980

A partir du milieu des années 1980: la résistance contre le génie génétique s'organise en Suisse aussi. De nouvelles techniques de reproduction et de fertilisation recourant au génie génétique lancent la discussion en rapport avec le génie génétique rouge. La dispute s'étend ensuite au génie génétique vert.

En 1989: première proposition de réglementation du génie génétique rouge. Le Conseil fédéral met en place un groupe de travail chargé d'adapter les lois existantes aux exigences de sécurité liées au génie génétique. Il s'agit, entre autres, de prévenir une fuite d'organismes dangereux hors de systèmes fermés et de garantir un maniement sûr de ces organismes dans l'environnement.



1990

Début des années 1990: les protestations contre le génie génétique vert s'amplifient encore. Le premier essai en plein champ avec des pommes de terre génétiquement modifiées est autorisé, ce qui relance la discussion sur le génie génétique en Suisse. En 1999, les ordonnances sur l'utilisation d'organismes en milieu confiné et dans l'environnement sont mises en vigueur.

2000

En 2004: la loi sur le génie génétique entre en force. Depuis, l'acceptation du génie génétique rouge a nettement crû en Suisse. Parallèlement, dans le cadre d'une votation, la population se prononce toutefois en faveur d'une interdiction d'importer et de cultiver des plantes génétiquement modifiées pendant cinq ans. Plus tard, le Conseil national et le Conseil des Etats approuvent la prolongation de ce moratoire jusqu'en novembre 2013.

Fin 2005: décision du Conseil fédéral en faveur du PNR 59.

En 2007: début de la recherche indépendante, financée par des fonds publics.

2010

Mi-2012: le PNR 59 publie ses résultats. Le Conseil national et le Conseil des Etats prolongent de quatre ans supplémentaires l'interdiction de culture et d'importation des PGM, jusqu'à fin 2017.

Fin 2013: l'Office fédéral de l'agriculture soumet à consultation la loi révisée sur le génie génétique et l'ordonnance sur la coexistence. Le Conseil fédéral souhaite autoriser des plantes génétiquement modifiées dans l'agriculture à partir de 2018.



**Les consommateurs sont critiques envers
le génie génétique mais souhaitent
la liberté de choix**

Les consommatrices et consommateurs sont majoritairement sceptiques vis-à-vis du génie génétique dans l'agriculture et l'alimentation. En matière médicale en revanche, il jouit d'une large acceptation. Que l'homme se décide pour ou contre une technologie dépend en fin de compte de l'utilité perceptible.

Un sondage effectué dans le cadre du PNR 59 visait à examiner l'acceptation du génie génétique vert. Il a révélé l'existence de trois groupes de taille quasi égale parmi les personnes interrogées: les partisans, les opposants et les indécis.

Plus l'utilité perceptible d'un produit ou d'une technologie est élevée, plus l'acceptation par les consommateurs sera grande. Une telle utilité peut, par exemple, consister en un prix inférieur.

Par ailleurs, plus de 80 pour cent des personnes sondées se sont prononcées en faveur de la liberté de choix entre des produits génétiquement modifiés et conventionnels. Et pourtant existe-t-il véritablement une demande pour des produits génétiquement modifiés? Afin de répondre à cette question, des chercheurs ont proposé à la vente au marché du pain produit à partir de maïs génétiquement modifié, conventionnel et biologique. Il s'est avéré qu'environ 20 pour cent des clients ont acheté du pain contenant du maïs génétiquement modifié. Cette proportion augmentait au fur et à mesure que le prix diminuait. Lorsque le consommateur reconnaît un avantage concret au génie génétique tel qu'un prix plus bas, l'acceptation augmente. L'exemple du génie génétique rouge confirme cette observation: si les patients perçoivent un bénéfice élevé au niveau des applications médicales, l'acceptation du génie génétique dans le domaine de la médecine est particulièrement grande.

Selon une autre enquête du PNR 59, l'acceptation du génie génétique vert dépend également de la confiance accordée par les citoyens à la science, à l'industrie et aux autorités compétentes.

Au niveau des agriculteurs aussi, les considérations économiques jouent un rôle important dans la décision pour ou contre la culture de plantes génétiquement modifiées. Partant du principe que les PGM réduisent la charge de travail, la disposition des agriculteurs à cultiver de telles plantes augmente significativement. C'est le résultat auquel est parvenu un sondage effectué auprès d'une soixantaine de fermiers du canton de Zurich.

Or, chez les agriculteurs non plus, il n'y a pas que les facteurs économiques qui soient déterminants. L'avis du voisin joue, par exemple, également un rôle important. Lorsqu'un fermier pense que son voisin va recourir à des PGM, il lui sera bien plus aisé de concevoir l'utilisation de PGM dans sa propre exploitation. De la même manière, l'opinion d'autres groupes d'intérêts peut également influencer la décision de l'agriculteur d'adopter ou non la culture de plantes génétiquement modifiées.

Suivant l'aspect auquel la personne concernée attribue une plus grande importance, il en résulte soit une acceptation soit un refus du génie génétique vert. Les brefs entretiens suivants avec deux représentants des consommateurs illustrent cette situation.

PARTISAN Urs Klemm

Responsable de la protection des consommateurs et de la sécurité alimentaire
au Forum des consommateurs (Konsumentenforum – KF)

Pour quelle raison le KF se prononce-t-il en faveur de la culture de plantes génétiquement modifiées en Suisse?

Le KF défend la liberté de choix. La majorité des consommateurs voudrait pouvoir choisir entre des produits génétiquement modifiés et conventionnels. Nous partons du principe que le génie génétique fait l'objet d'une acceptation lorsqu'il est synonyme d'avantages pour l'écologie, l'économie et les consommateurs. Nous sommes d'avis que le marché, et non les politiciens, doit décider de l'utilité de cette technologie pour la Suisse.

Quels sont les risques de cette technologie pour le consommateur?

L'utilisation du génie génétique vert n'engendre aucun risque n'existant pas déjà au niveau de l'emploi de la sélection végétale conventionnelle. Pour cette raison, il convient de juger une plante cultivée en fonction de ce qu'elle produit et non de la méthode de production utilisée. Les expériences de longue date dans d'autres pays n'indiquent l'existence d'aucun problème de santé lié à des produits génétiquement modifiés autorisés. La culture conjointe de plantes génétiquement modifiées et conventionnelles est également possible. Les bases légales en place garantiraient cette option, en Suisse comme ailleurs.

Dans quelle direction la discussion concernant le génie génétique vert va-t-elle se développer?

D'ici peu, nous allons à nouveau débattre de l'utilité du moratoire, car il existe deux résistances d'intérêt particulier pour la Suisse. Celles-ci permettraient de générer des variétés de pommes de terre résistantes au mildiou et de pommes résistantes au feu bactérien. L'utilisation de telles variétés permettrait de réduire durablement l'emploi problématique de pesticides.

OPPOSANTE Josianne Walpen

Responsable alimentation et agriculture de la Fondation pour la protection des consommateurs (Stiftung für Konsumentenschutz – SKS)

Pourquoi la SKS s'oppose-t-elle à la culture de plantes génétiquement modifiées en Suisse?

La SKS craint que la liberté de choix des consommateurs ne soit plus garantie lors d'une culture en parallèle de plantes génétiquement modifiées et conventionnelles. Le risque de contamination des semences conventionnelles dans un pays aussi petit que la Suisse est trop important.

En quoi consistent les risques de cette technologie pour le consommateur?

Il n'existe malheureusement pas d'études indépendantes à long terme concernant les risques des PGM pour la santé de l'homme. Il conviendrait de remédier à ce manque au plus vite. Les études disponibles prennent toujours le parti soit des personnes critiques du génie génétique soit de celles favorables à cette technologie. Cette situation déconcerte les consommateurs. Une recherche sur les risques indépendante qui ne soit pas effectuée par l'industrie est indispensable.

Sur quel point la SKS va-t-elle se focaliser en matière de génie génétique vert durant les prochaines années?

Grâce à la prolongation du moratoire sur le génie génétique, il nous reste le temps de clarifier plus précisément l'utilité ou les dommages engendrés par une agriculture se servant de plantes génétiquement modifiées. Et nous continuerons également à solliciter une déclaration complète en matière de génie génétique. Celle-ci devrait aussi inclure l'utilisation de plantes génétiquement modifiées dans l'alimentation des animaux.



Mettre le génie génétique au service d'une agriculture durable

Il n'y a pas d'alimentation de la population sans agriculture. Cependant, de nombreuses techniques agricoles – en particulier l'agriculture dite intensive – nuisent fortement à l'environnement. Le génie génétique pourrait contribuer à en diminuer les effets négatifs.

Les plantes cultivées telles que le maïs, le blé ou le colza ont de nombreux ennemis. Virus, bactéries, champignons et insectes sont en mesure de provoquer de graves pertes de récoltes. Afin de contrôler les ravageurs, les agriculteurs suisses traitent leurs champs et vergers au moyen d'environ 320 composés chimiques différents. De manière générale, quelque 2000 tonnes de produits phytosanitaires sont utilisés annuellement en Suisse.

Encouragement d'une agriculture durable

Le Conseil fédéral définit les objectifs pour l'agriculture suisse dans la «Politique agricole 2014-2017». Il cherche ainsi à soutenir plus fortement l'innovation dans l'agriculture, à en améliorer la compétitivité et à promouvoir de manière ciblée les performances d'économie générale. La production alimentaire et le ravitaillement doivent être sûrs, compétitifs et durables. Le système des paiements directs constitue l'élément central de la politique agricole suisse. Il prévoit des contributions financières pour diverses prestations de l'agriculture, notamment en faveur

- du maintien d'un paysage rural ouvert;
- du maintien et de la promotion de la biodiversité;
- de la préservation et du développement de la diversité des paysages cultivés;
- de la promotion de formes de production particulièrement proches de la nature et favorables à l'environnement et aux animaux (par exemple, les productions biologique et intégrée);
- de la garantie d'une évolution socialement responsable.

A cet effet, la Suisse dépensera un total de 13,7 milliards de francs entre 2014 et 2017.

Un pour cent de ces substances, soit le contenu d'un camion, aboutit dans les ruisseaux et rivières ainsi que dans la nappe phréatique. Cela n'est pas sans conséquences: une étude

effectuée par les offices de protection de l'environnement des cantons d'Argovie et de Lucerne a révélé que tous les échantillons d'eau prélevés dans la Reuss, la Suhr, la Wyne et la Wigger étaient contaminés par des pesticides. Dans environ 80 pour cent des échantillons, la concentration dépassait même la valeur limite légale de 0,1 microgramme par litre d'eau.

Réduction de la charge environnementale

Ainsi que le démontrent les méthodes de culture biologique et intégrée, une agriculture moins dépendante de substances chimiques est possible. L'environnement en est ménagé, mais les rendements dans le cadre de l'agriculture biologique notamment sont d'environ un quart inférieurs à ceux obtenus avec les cultures intensives. L'avantage du génie génétique pourrait se situer à ce niveau, en désamorçant la contradiction entre rendement élevé et durabilité.

Deux des exemples les plus connus de plantes génétiquement modifiées utilisées dans l'agriculture sont le coton Bt et le maïs Bt. Ils portent tous deux un gène provenant de la bactérie du sol *Bacillus thuringiensis* (Bt) permettant aux plantes de produire au sein de leurs cellules une protéine qui stoppe la digestion des insectes ravageurs et provoque ainsi leur mort.

Toute forme d'exploitation agricole a des répercussions sur l'environnement. Lors de l'évaluation de la contribution d'une technologie à la durabilité, il convient de ne pas comparer celle-ci avec la nature à l'état pur, mais plutôt avec la pratique agricole actuelle.

L'environnement dans les pays où sont cultivées ces plantes profite de leur présence. Depuis l'introduction du coton Bt en Inde en 2002, l'utilisation de pesticides dans ce secteur a diminué de moitié en sept ans seulement. En Chine, l'évolution est semblable. De plus, deux tiers d'agriculteurs en moins

Les ravageurs développent des résistances contre toutes les mesures de lutte. Cela explique pourquoi il est nécessaire de mettre continuellement au point des variétés génétiquement modifiées, comme il en va des variétés conventionnelles ou des médicaments.

souffrent d'intoxications dues aux pesticides se traduisant par des maux de tête, des vertiges ou des nausées. Cependant, la sauvegarde de ce développement positif reste un défi permanent, car une utilisation excessive de variétés résistantes peut, de son côté, entraîner des résistances au niveau des

ravageurs. Il est donc important de poursuivre la mise au point de variétés transgéniques, tout comme cela est le cas pour les variétés conventionnelles ou les médicaments.

En Suisse comme ailleurs, les plantes génétiquement modifiées seraient à même de réduire le recours aux produits chimiques. L'emploi d'arbres fruitiers génétiquement modifiés permettrait, par exemple, de bannir de nos vergers

la streptomycine, substance employée dans la lutte contre l'agent pathogène redouté du feu bactérien. Cette maladie des pommiers et poiriers provoque la pourriture des fleurs, feuilles et jeunes fruits.

A l'heure actuelle, le seul remède efficace consiste en un traitement aux antibiotiques qui recèle cependant des risques connus: l'application répétée de ceux-ci est susceptible de conduire à la formation de germes pathogènes résistants. Cela signifie que les antibiotiques ne permettent qu'une victoire à court terme dans la lutte contre le feu bactérien. L'exemple de certains hôpitaux, dans lesquels les pathogènes résistants sont devenus un problème aigu, démontre à quel point l'utilisation excessive d'antibiotiques peut se révéler nocive.

Il existe d'ores et déjà des variétés de fruits en état de rester saines en l'absence d'antibiotiques. Mais jusqu'à présent, il a été très difficile et fastidieux de rendre résistantes par des méthodes de sélection conventionnelles des pommes telles que la variété Gala, car cette sélection modifie également d'autres propriétés de la pomme. Pour cette raison, des chercheurs de l'EPF de Zurich ont introduit par génie génétique dans le patrimoine héréditaire de pommiers Gala divers gènes pour une résistance au feu bactérien issus de variétés apparentées de pommes sauvages. Actuellement,

Le semis direct: une méthode de culture respectueuse de l'environnement

Cette méthode de culture consiste en une mise en terre des semences directement dans le sol non travaillé, sans enfouissement de la végétation restante de l'année précédente. Elle protège le sol de l'érosion et y réduit les pertes de substances minérales et nutritives. La combinaison du semis direct et de la culture de plantes résistantes à des herbicides, donc de plantes résistantes à des substances utilisées dans la lutte contre les mauvaises herbes, est particulièrement avantageuse. Grâce à elle, il est possible de lutter de manière ciblée et plus simplement que par le passé contre les plantes indésirables dans un champ. La promotion du semis direct constituerait donc une étape importante lors de l'introduction de plantes génétiquement modifiées en Suisse.

Il existe cependant aussi un revers de la médaille: la culture de plantes tolérantes à des herbicides n'est rentable qu'en combinaison avec des herbicides économiques à large spectre dans la lutte contre les mauvaises herbes.



Ceux-ci mettent en danger la diversité des plantes et animaux dans les champs lorsqu'ils sont appliqués trop fréquemment et de façon incontrôlée. Afin de pouvoir profiter véritablement d'avantages écologiques, une coordination très précise du système «semis direct avec variétés génétiquement modifiées» est indispensable.

les scientifiques déterminent quelles combinaisons de gènes empêchent le plus efficacement une infection par la bactérie. Ces résultats permettront peut-être d'ici peu de réduire l'utilisation d'antibiotiques dans l'agriculture.

Sont également en cours de développement des variétés transgéniques de pommes de terre résistantes au mildiou, une des maladies les plus sérieuses des pommes de terre et conduisant à des pertes de récoltes allant jusqu'à 20 pour cent. De nos jours, la lutte contre cette maladie est encore très complexe et néfaste à l'environnement. L'agriculture biologique aussi s'est avérée impuissante face à ce problème. Grâce au génie génétique, il a été possible d'introduire dans des variétés courantes de pommes de terre, rapidement et de manière ciblée, des gènes qui confèrent aux pommes de terre sauvages une résistance au champignon en question. La culture de telles pommes de terre réduirait la charge environnementale et serait intéressante pour la Suisse aussi. La biodiversité profiterait également de l'utilisation réduite de produits chimiques, car l'usage fort répandu de pesticides et fongicides exerce lui aussi une influence négative sur la diversité animale et végétale. Les plantes de culture transgéniques se protégeant elles-mêmes contre les ravageurs seraient en mesure de réduire considérablement l'impact pour la biodiversité. Ces plantes joueraient également un rôle positif sur les sols soumis à l'érosion. Chaque jour,

précipitations, ruisseaux en crue et eaux de fonte emportent une tonne de terre des champs helvétiques. Il serait possible de freiner ces pertes continues grâce à la mise en œuvre plus fréquente du semis direct (cf. encadré), en conjugaison avec les plantes transgéniques adéquates.

Affronter l'avenir bien préparé

Les cultures transgéniques sont susceptibles de contribuer à l'atténuation des répercussions négatives du changement climatique en Suisse, car, à l'avenir, il faudra s'attendre à une fréquence plus élevée de périodes de sécheresse prolongées. Aujourd'hui déjà, environ un quart des surfaces agricoles sont régulièrement soumises à un manque d'eau. Pour cette raison, les agriculteurs doivent pomper de plus en plus d'eau dans les rivières pour arroser leurs champs. Comme l'a démontré l'été 2003 extrêmement sec, une telle situation peut dès aujourd'hui conduire à l'assèchement de certains cours d'eau.

Des plantes résistantes à la sécheresse seraient susceptibles de remédier à ce problème et répondent donc à un futur besoin impérieux vu les changements climatiques attendus. Dans ce contexte, les premiers essais en plein champ avec du maïs génétiquement modifié ont été effectués aux Etats-Unis en 2012.



Baser l'évaluation des risques sur le produit final et non pas sur la procédure de sélection de la plante

Les plantes génétiquement modifiées sont encore et toujours considérées comme étant à risques. Cependant, grâce aux nouvelles méthodes de génie génétique, leur matériel héréditaire ne diffère guère de celui présent dans les plantes obtenues par sélection conventionnelle. Il convient de tenir compte de ces développements lors de l'évaluation des risques.

Depuis ses débuts, le génie génétique vert est régulièrement critiqué pour les risques imprévisibles qu'il fait courir. Toutefois, les plantes génétiquement modifiées ont été l'objet de milliers d'études dans le monde entier. Jusqu'à présent, aucun inconvénient autre que les risques connus liés à la sélection et à la production alimentaires conventionnelles n'a été identifié.

Malgré les milliers d'études menées à travers le monde, aucun inconvénient autre que les risques connus liés à la sélection et à la production alimentaires conventionnelles n'a jamais été identifié.

De nombreux chercheurs sont d'avis que le génie génétique n'est pas une technologie artificielle, mais qu'elle se base au contraire sur des processus naturels. Ainsi, bactéries et virus procèdent-ils souvent à des échanges de gènes.

Transfert de gènes, un processus naturel

Agrobacterium tumefaciens est une bactérie dotée de cette faculté. Elle vit dans le sol et pénètre dans les plantes via des lésions racinaires pour s'y multiplier. Elle y libère des fragments de son génome sous forme de fragments circulaires appelés plasmides. Les cellules végétales intègrent cette information bactérienne dans leur propre patrimoine héréditaire et sont ainsi génétiquement reprogrammées. Elles commencent à produire des composés chimiques qu'elles ne synthétisent pas normalement, mais qui servent de source d'énergie et de substances nutritives à la bactérie. Celle-ci se fait ainsi nourrir

Transfert de gènes, un processus naturel

La bactérie du sol *Agrobacterium tumefaciens* possède la faculté naturelle de transférer des éléments de son matériel héréditaire (ADN) à des cellules végétales. Par la suite, l'ADN bactérien est intégré dans le génome de la plante. Le site de cette intégration est aléatoire.



Prise de vue microscopique d'*Agrobacterium tumefaciens*



Les plantes infectées par des agrobactéries développent des tumeurs

par la plante et peut se multiplier. La plante en devient malade et développe une tumeur, signe manifeste de l'infection.

Transfert artificiel de gènes

Depuis les années 1980, les chercheurs en génie génétique se servent de cette bactérie comme messenger pour introduire de nouveaux gènes dans les plantes. A cet effet, ils effacent

l'information présente sur le plasmide d'*Agrobacterium* et le chargent d'un nouveau message génétique. La bactérie s'attaque toujours aux cellules végétales, mais leur transmet maintenant une information génétique au lieu de les rendre malades. Cette technique a été longtemps une méthode standard du génie génétique.

Contrairement à ce qui est admis généralement, la quasi-totalité des céréales et l'ensemble des fruits et légumes consommés aujourd'hui par l'homme ne sont pas des variétés naturelles ou originales. Ils procèdent tous d'interventions de sélection végétale.

Ses détracteurs reprochent à raison à ce procédé de transfert de gènes d'être très imprécis. Le nouveau gène est introduit dans un site aléatoire du génome, et le comportement de la plante est susceptible de changer selon l'endroit où vient se placer le gène en question. De nombreuses méthodes de génie génétique relativement anciennes

présentent ce défaut. Au cours d'une expérience avec du blé génétiquement modifié effectuée dans le cadre du PNR 59, par exemple, certaines lignées portaient des fleurs sensibles à l'ergot du seigle, un champignon toxique. Mais de tels effets secondaires apparaissent également lors de la sélection végétale conventionnelle. Ces lignées inintéressantes ont depuis toujours été systématiquement exclues du processus de sélection (cf. chapitre ESSAIS DE DISSÉMINATION).

A l'inverse de ce qui est couramment admis, pratiquement toutes les céréales et l'ensemble des fruits et légumes actuellement consommés par l'homme ne sont pas des variétés naturelles ou originales. Elles résultent d'interventions de sélection végétale. Les méthodes et moyens utilisés au cours de la sélection traditionnelle dans le but de provoquer des modifications génétiques ne sont en outre nullement spécifiques. Les plantes seront, par exemple, soumises à un rayonnement ionisant puissant ou à des produits chimiques agressifs suscitant des mutations génétiques. Parmi tous les «infirmes» génétiques en résultant, le sélectionneur choisit ceux qui, par hasard, présentent une nouvelle propriété rapprochant la plante de l'objectif de sélection. Comparativement à ces interventions, les modifications engendrées par les méthodes de génie génétique sont très faibles.

Les méthodes de génie génétique utilisées aujourd'hui sont plus précises qu'autrefois. Elles permettent, par exemple, d'introduire des gènes dans un site clairement défini du matériel héréditaire ou contribuent à renforcer ou réprimer les gènes propres à la plante.

De nouvelles méthodes plus précises

La recherche a beaucoup évolué depuis 1980. Les méthodes disponibles actuellement permettent de définir précisément le site où doit avoir lieu la modification génétique. La technique

des nucléases à doigts de zinc constitue l'un de ces procédés. D'autres méthodes ne modifient pas le gène mais le répriment en l'entourant de molécules spécifiques contenant du carbone et de l'hydrogène. Ce processus connu sous le nom de méthyla-

La cisgénèse permet d'introduire par génie génétique de nouvelles propriétés, telle une résistance à une maladie, dans une variété de pommes existante, sans pour autant lui faire perdre ses autres caractéristiques appréciables.

tion a lieu naturellement dans toutes les cellules. Entre-temps, les nouvelles techniques ont progressé au point que les plantes ainsi produites ne sont guère, voire nullement discernables de plantes obtenues par des méthodes de sélection conventionnelles.

Il en va de même de la cisgénèse, au cours de laquelle le généticien ne recourt qu'à des gènes propres à l'espèce. Il s'en tient ainsi au répertoire du sélectionneur traditionnel. Cela signifie, par exemple, que la sélection de pommes à l'aide de la cisgénèse n'implique plus de gènes d'autres espèces telles que la poire, le coing, voire les bactéries. La cisgénèse recèle un grand potentiel, car il existe dans les régions d'origine de la pomme, notamment en Chine, un grand nombre de variétés sauvages résistant à des maladies répandues telles que la tavelure du pommier. Ces caractéristiques étaient encore représentées dans les premières formes sélectionnées, mais ont disparu au cours

des procédures d'amélioration génétique. Il est possible de détecter les gènes désirés dans le patrimoine héréditaire de variétés sauvages. Grâce à des méthodes de génie génétique, ces gènes peuvent ensuite être introduits dans des variétés existantes beaucoup plus rapidement que ce ne serait le cas par des méthodes conventionnelles de sélection. Les chercheurs parlent de cinq ans en recourant au génie génétique contre jusqu'à vingt ans en utilisant des méthodes conventionnelles.

Le PNR 59 recommande que l'évaluation du risque se concentre uniquement sur la sécurité du produit final, donc sur la plante, et non pas sur la technique mise en œuvre pour sa production.



Les essais de dissémination sont importants et doivent être facilités

Les plantes se comportent différemment selon qu'elles poussent en laboratoire, en serre ou en plein champ. Cette observation a été confirmée lors d'un essai de dissémination de blé transgénique effectué dans le cadre du PNR 59. Une évaluation écologique de plantes génétiquement modifiées nécessite un test en pleine terre.

Les préparatifs pour les essais en plein champ les plus ambitieux réalisés jusqu'à présent avec des plantes génétiquement modifiées en Suisse ont débuté en 2006. Onze groupes de recherche travaillant à l'Université et à l'EPF de Zurich, à la station de recherche Agroscope ainsi que dans d'autres hautes écoles ont participé à ces recherches. Leur objectif était d'observer comment se comportent les plantes transgéniques dans des conditions naturelles et de déterminer si elles sont susceptibles de nuire à l'environnement.

Le gène de résistance *Pm3*

Certaines plantes de blé utilisées dans les essais de dissémination contenaient une de six variantes (on parle d'allèles) différentes du gène de résistance *Pm3*. Celui-ci protège la plante contre diverses souches du pathogène de l'oïdium. Les chercheurs avaient ajouté au gène *Pm3* un promoteur. Comparativement à des variétés de blé résistantes et naturellement porteuses de *Pm3*, ce promoteur améliore l'effet du gène et ainsi le pouvoir de résistance de la plante transgénique. C'est également à partir de telles variétés conventionnelles qu'ont initialement été isolés les allèles du gène *Pm3*. Un grand nombre de variétés cultivées à l'échelle mondiale ne sont toutefois pas résistantes, si bien que les pertes de récolte ne sauraient être prévenues qu'à l'aide de fongicides.

A titre d'exemple, les chercheurs se sont servis de blé génétiquement modifié porteur d'un gène supplémentaire le rendant résistant à l'oïdium, une maladie redoutée des céréales et causée par un champignon (cf. encadré).

Auparavant déjà, les chercheurs avaient examiné en laboratoire et en serre diverses plantes de blé portant le gène de résistance. Dans ces conditions, les plantes dotées de ce gène supplémentaire étaient généralement mieux protégées contre l'oïdium que celles qui en étaient dépourvues. Mais il n'était pas possible de prévoir comment elles se

comporteraient dans un champ car, à la différence du cadre protégé que représentent des serres, les plantes sont, à l'extérieur, soumises au froid, au soleil, à la pluie et à d'autres influences environnementales. Cette situation peut conduire à l'apparition de nouvelles propriétés, parfois indésirables. Par conséquent, seuls les essais en pleine terre étaient à même de démontrer si le blé est également résistant à l'oïdium dans des conditions naturelles.

Autorisations et sécurité nécessitent un gros investissement

Avant le début des essais de dissémination, les requêtes des chercheurs étaient toutefois soumises à une procédure d'autorisation complexe, car, en accord avec la loi sur le génie génétique en vigueur en Suisse, les essais en plein champ avec des plantes génétiquement modifiées doivent être approuvés par l'Office fédéral de l'environnement (OFEV). Celui-ci a finalement donné son feu vert pour les expériences, lesquelles ont eu lieu dans deux champs clôturés et surveillés à Reckenholz, près de Zurich, ainsi qu'à Pully, près de Lausanne.

A Reckenholz, les scientifiques ont semé en mars 2008 le premier blé résistant à l'oïdium, alors qu'à Pully, le début des essais a été retardé d'une année en raison de recours soumis par des riverains.

Suite aux tests exhaustifs réalisés en laboratoire, seuls des essais de dissémination permettent de déterminer si les plantes génétiquement modifiées présentent aussi dans des conditions naturelles les propriétés recherchées ou plutôt des effets secondaires indésirables.

Essais de dissémination avec du blé génétiquement modifié

Des essais de dissémination avec du blé transgénique résistant à l'oïdium, une maladie des végétaux, ont été effectués dans le cadre du PNR 59. Ce blé n'a pas présenté de répercussions négatives sur l'environnement et les animaux. Cependant, des effets secondaires indésirables peuvent apparaître au cours de la modification génétique et doivent être exclus d'une procédure ultérieure de sélection.



Récolte du blé transgénique



Terrain d'essai à Reckenholz, près de Zurich

Une grande partie des recherches scientifiques ont été consacrées à des questions de biosécurité: les répercussions du blé transgénique sur l'environnement seraient-elles différentes de celles induites par le blé conventionnel? Afin d'y répondre, les chercheurs ont, entre autres, compté les champignons et bactéries utiles sur les racines, testé la fertilité du sol et examiné pucerons et autres insectes.

Mais avant même la fin de la première année des essais, un incident est survenu le 13 juin 2008: des individus masqués se sont introduits sur le terrain protégé à Reckenholz, ont saccagé le blé à l'aide de faucilles et ont détruit une grande partie des essais. Les deux années suivantes, les expériences ont également été la cible d'actes de vandalisme, cette fois-ci à Pully. Sur ce, les mesures de sécurité dans les deux sites ont été sérieusement renforcées: une clôture double a été mise en place, parallèlement à l'installation d'un système de surveillance avec caméras, des détecteurs de mouvement et un système d'alarme plus rapide. Ces mesures ont non seulement retardé les essais, mais les ont également rendus beaucoup plus onéreux.

Les fluctuations observées par exemple dans le nombre de micro-organismes utiles présents dans le sol étaient bien plus grandes entre différentes variétés de céréales et entre les sites examinés qu'entre le blé transgénique et le blé conventionnel.

Enseignements importants tirés des essais en plein champ

En août 2012, les essais étaient achevés et analysés. Ils ont fourni des enseignements importants: tout comme cela avait déjà été démontré en serre, le blé transgénique était également résistant à l'oïdium en plein champ. Et les répercussions du blé génétiquement modifié sur l'environnement ne sont pas différentes de celles engendrées par des variétés de blé conventionnelles. Les fluctuations observées, par exemple dans le nombre de micro-organismes utiles présents dans le sol, étaient bien plus grandes entre différentes variétés de céréales et entre les sites examinés qu'entre le blé transgénique et le blé conventionnel.

Cependant, la moitié des plantes de blé testées en pleine terre possédaient également des propriétés indésirables: elles poussaient moins bien, présentaient des feuilles jaunies et formaient moins de grains. De surcroît, leurs fleurs demeuraient ouvertes plus longtemps, ce qui avait pour conséquence qu'elles étaient plus fortement infestées par l'ergot du seigle toxique. Ces propriétés étaient restées dissimulées en serre et n'étaient apparues que dans des conditions de croissance naturelles. Ce phénomène n'est pas inhabituel. De tels traits indésirables se font jour non seulement au niveau de plantes génétiquement modifiées mais aussi de plantes obtenues par sélection conventionnelle. Ces dernières sont, elles aussi, testées en plein champ. Si elles s'avèrent insuffisantes, elles sont exclues des étapes ultérieures de sélection.

Les résultats du PNR 59 confirment que les essais de dissémination sont importants dans l'évaluation des risques mais aussi de l'utilité agricole de plantes génétiquement modifiées. Toutefois, les investissements et frais sont actuellement très élevés. Une analyse a démontré qu'à chaque franc investi dans la recherche s'ajoute 1,26 franc supplémentaire pour la protection contre le vandalisme, la procédure d'autorisation et la sécurité biologique. Les budgets des projets de recherche ne sont pas en état de prendre en charge de tels frais. Il faut redouter que les scientifiques déplacent

encore plus fréquemment leurs essais de dissémination à l'étranger. L'utilité potentielle de ces expériences serait exportée, affaiblissant ainsi la place de recherche suisse.

Sites de recherche protégés

Pour cette raison, le PNR 59 a proposé que la Confédération mette en place et entretienne un site d'essai protégé appelé «protected site». Entre-temps, le parlement y a consenti, si bien qu'un «protected site» devrait probablement être ouvert en 2014. Son infrastructure sera utilisée en continu pour divers essais sur le terrain, les budgets de recherche en étant allégés d'autant. La procédure d'autorisation devrait en outre être simplifiée puisqu'il s'agit d'un site officiellement reconnu.

A chaque franc investi dans la recherche s'ajoute 1,26 franc pour la protection des champs contre le vandalisme, la procédure d'autorisation et la sécurité biologique. Les budgets des projets de recherche ne sont pas en état de prendre en charge de tels frais.

Cette nouvelle situation est de nature à favoriser la poursuite, en Suisse aussi, de la recherche en plein champ avec des plantes génétiquement modifiées. Début 2013, l'Université de Zurich a soumis à l'Office fédéral de l'environnement une requête pour une nouvelle expérience.



Une observation à long terme des effets sur la santé s'impose

Les aliments issus de plantes génétiquement modifiées sont communément soupçonnés d'être nocifs pour la santé. Cependant, jusqu'ici, cela n'a jamais pu être prouvé. Afin de contrôler l'évaluation de la sécurité, le PNR 59 recommande toutefois la mise en place d'un bureau d'observation.

Plus de cent articles scientifiques concernant les répercussions des plantes génétiquement modifiées sur la santé humaine ont été exploités dans le cadre du PNR 59. Aucun effet négatif n'a été repéré. Néanmoins, le rapport y relatif des experts a permis de dissiper diverses craintes particulièrement tenaces.

De nombreuses personnes redoutaient, par exemple, qu'à travers de l'alimentation des gènes soient transmis des plantes aux animaux ou à l'homme. La littérature scientifique apporte la preuve que les cellules végétales sont décomposées dans l'estomac et l'intestin durant la digestion, processus au cours duquel des enzymes morcellent également le matériel héréditaire.

Une autre inquiétude concerne la résistance aux antibiotiques. Certaines plantes déjà commercialisées contiennent des gènes ou des fragments de gènes les rendant résistantes à des antibiotiques. Lors de la production d'organismes génétiquement modifiés, ces gènes de résistance servent de marqueurs de sélection. Suite à l'intervention génétique, ils permettent de repérer les cellules dans lesquelles le transfert de gènes a bien eu lieu.

Les détracteurs du génie génétique craignent que lesdits gènes puissent être transférés à des bactéries, créant ainsi de nouveaux agents infectieux résistants. L'EPF de Zurich est parvenue à démontrer expérimentalement qu'un tel

transfert est effectivement possible en laboratoire dans des conditions données. Mais il est très improbable dans la nature. De nouvelles méthodes de génie génétique se passent en outre de gènes de résistance aux antibiotiques ou les éliminent du produit final après la procédure de sélection (cf. chapitre ÉVALUATION DES RISQUES).

Les allergies pouvant éventuellement être déclenchées par des plantes génétiquement modifiées sont également source d'appréhension. Jusqu'ici, aucune augmentation du risque d'allergie n'a toutefois été constatée pour les plantes utilisées actuellement. Le PNR 59 recommande de procéder aux tests nécessaires pour chaque variété de plante nouvellement sélectionnée, ce qui correspond à la présente procédure d'autorisation de l'UE lors de la mise sur le marché de plantes transgéniques.

Reconnaître à temps les effets secondaires

Afin de repérer à temps d'éventuels effets secondaires, une évaluation des risques pour la santé est d'ores et déjà obligatoire pour les plantes génétiquement modifiées. Par le passé, cette procédure a bien fonctionné à plusieurs reprises et empêché qu'un produit potentiellement problématique soit mis sur le marché. Un des exemples les plus connus est une variété transgénique de soja dans le matériel héréditaire de laquelle a été introduit un gène de la noix du Brésil. Celui-ci

code pour une protéine de réserve qui augmente la valeur nutritive du soja. L'examen des risques d'allergie a toutefois révélé que cette protéine, déjà reconnue comme allergène dans la noix du Brésil, exerce également son effet négatif dans le soja transgénique. En raison de ce résultat, le développement ultérieur et la commercialisation de cette nouvelle variété de soja ont été stoppés, bien que cette plante n'ait été destinée qu'à l'alimentation animale.

Des rapports faisant état de répercussions négatives de plantes génétiquement modifiées déjà contrôlées apparaissent régulièrement. Pourtant, les résultats ne résistent pas à un examen plus approfondi par les autorités et les scientifiques indépendants.

Malgré ces contrôles sévères, des rapports font occasionnellement état de répercussions négatives de plantes génétiquement modifiées ayant déjà été contrôlées. Ces constats concernent le plus souvent les variétés Bt et celles résistantes à des herbicides. Une étude publiée récemment par le chercheur français Gilles-Eric Séralini prétend que le maïs génétiquement modifié de la variété NK603 favorise le cancer chez le rat. Néanmoins, les résultats n'ont pas résisté à un examen approfondi par les autorités et des scientifiques indépendants. De nombreux chercheurs ainsi que des institutions officielles telles que l'Institut fédéral allemand pour l'évaluation des risques ou l'Autorité européenne de sécurité des aliments ont pu démontrer que les expériences de Séralini étaient inadéquates.

Bureau d'observation pour effets secondaires

Malgré toutes les mesures de précaution prises, il n'est toutefois jamais possible d'exclure complètement l'apparition d'effets secondaires chez certaines personnes. Pour cette raison, le PNR 59 recommande la mise en place d'un service d'observation chargé d'enregistrer les effets secondaires occasionnés par des produits issus de plantes génétiquement modifiées. Celui-ci pourrait fonctionner de manière similaire au centre d'enregistrement d'effets indésirables de médicaments géré par Swissmedic.

Les spécialistes du domaine pharmaceutique ainsi que les particuliers ont la possibilité d'y signaler un effet secondaire. Le centre évalue ensuite la notification et prend, si nécessaire, des mesures. Afin de rendre cette information disponible à l'échelle mondiale, Swissmedic la transmet également au Centre international de pharmacovigilance de l'Organisation mondiale de la santé (OMS). Une procédure similaire serait envisageable pour les produits issus de plantes génétiquement modifiées.

L'infrastructure nécessaire existe déjà: le Food Safety Authorities Network (INFOSAN) de l'OMS. Celui-ci rédige des messages concernant la sécurité des aliments. Ce réseau permettrait également de diffuser globalement les informations concernant les risques pour la santé liés aux plantes transgéniques, et les autorités seraient à même d'agir de manière adéquate en cas de danger.



En Suisse, la coexistence de formes d'exploitation agricole avec et sans plantes génétiquement modifiées est possible

La coexistence de formes d'exploitation agricole avec plantes sélectionnées conventionnellement et plantes génétiquement modifiées est techniquement praticable, même dans un pays de petite taille comme la Suisse. Mais elle se révèle complexe et entraîne certains frais. L'investissement diminue lorsque les agriculteurs s'associent en zones de production.

La coexistence désigne la présence côte à côte et sans difficultés particulières de systèmes d'exploitation agricole avec et sans génie génétique. Il convient spécialement d'éviter autant que possible un mélange de plantes et de produits génétiquement modifiés et conventionnels. Lors de la culture de plantes génétiquement modifiées, cela implique la mise en place de mesures préventives particulières, dites

Dans le cas du maïs fourrager et du maïs sucré, une séparation des champs et des flux de produits est possible. La coexistence devrait donc aussi être réalisable entre cultures génétiquement modifiées et conventionnelles.

mesures de coexistence. Il s'agit notamment de distances de sécurité entre les champs, de la sécurisation du transport de semences et de récoltes, du nettoyage minutieux des machines et d'une planification précise de la culture.

Aujourd'hui déjà, la coexistence est pratiquée pour certaines cultures en Suisse: les agriculteurs cultivant le maïs fourrager et le maïs sucré ont intérêt à ce que

ni leurs cultures ni leurs récoltes ne se mélangent. Une séparation des champs et des flux de produits est possible et devrait donc aussi être réalisable entre cultures génétiquement modifiées et conventionnelles. En principe, la coexistence est donc praticable en Suisse. Dans le cadre du PNR 59, les conditions dans lesquelles elle est économiquement rentable ont également été étudiées (cf. chapitre RENTABILITÉ).

Plus économique en zones de production

Les agriculteurs souhaitant cultiver des plantes génétiquement modifiées doivent faire face à un surcoût imputable aux mesures de coexistence mais aussi à l'obligation d'informer leurs voisins. Cet investissement dépend de la taille de l'exploitation ainsi que du nombre de fermes dans les alentours et de la distance à laquelle elles se trouvent. Lorsqu'un voisin cultive déjà des plantes génétiquement modifiées, les frais de coexistence sont moins élevés. Dans ce cas, les distances de sécurité entre les champs sont superflues. Des accords entre fermiers ou la création de zones officielles de production de PGM seraient en mesure de diminuer fortement les efforts et les frais associés à la culture de plantes génétiquement modifiées.

Le succès de plantes transgéniques en Suisse dépend notamment aussi des consommateurs, car il est impossible de prédire s'ils seront réellement prêts à acheter des produits génétiquement modifiés. Les chercheurs recommandent donc de déterminer séparément l'utilité économique de chaque plante génétiquement modifiée, procédure qui est déjà à l'ordre du jour dans l'examen variétal de plantes obtenues par des méthodes de sélection conventionnelles. Cet examen répond, d'une part, à la question de savoir si une variété donnée est adaptée à la culture dans nos sols. D'autre part, il permet de déterminer si cette plante satisfait aux critères de qualité exigés par le marché et, de ce fait, par les consommateurs.



En Suisse, l'utilité économique des PGM actuellement disponibles serait plutôt faible

La culture de plantes génétiquement modifiées se révèle rentable pour de nombreux agriculteurs, tout au moins dans les pays où de telles plantes sont aujourd'hui déjà utilisées. Pour les paysans suisses, une reconversion à la culture de plantes transgéniques serait toutefois peu lucrative, compte tenu de la situation prévalant chez nous en matière de maladies et de ravageurs ainsi que des plantes présentement à disposition. Mais, à l'avenir, cette situation pourrait changer.

Deux catégories de coûts sont déterminantes pour la rentabilité de plantes génétiquement modifiées:

- Les frais liés à la sécurisation de la coexistence, donc à la séparation spatiale des champs et à la séparation spatiale et temporelle des flux de produits
- Les frais engendrés par la culture de PGM, notamment par les semences transgéniques onéreuses

Les mesures de coexistence occasionnent pour les agriculteurs des dépenses que les cultures conventionnelles n'engendrent pas. En outre, particulièrement dans l'agriculture helvétique caractérisée par ses exploitations de petite taille et ses champs éparpillés, la séparation de cultures transgéniques et conventionnelles est très complexe. Dans le cadre d'une étude de rentabilité, des chercheurs travaillant à la station de recherche Agroscope ont examiné si la culture de plantes génétiquement modifiées est profitable dans ces conditions. Les données empiriques en matière de PGM étant pour l'instant inexistantes en Suisse, les scientifiques ont effectué leurs prévisions à l'aide de modélisations.

Il en résulte qu'en tenant compte de tous les paramètres, les coûts induits par la coexistence seraient relativement faibles. Dans les conditions les moins favorables, la culture de PGM ne serait toutefois pas rentable pour les agriculteurs. Celle-ci n'est profitable que lorsque ces derniers sont

en état de réaliser des bénéfices compensant les frais supplémentaires liés à la coexistence. Les calculs effectués dans le cadre du PNR 59 révèlent que ce n'est que rarement le cas. Les chercheurs ont comparé cinq variétés transgéniques avec les variétés conventionnelles correspondantes: une betterave à sucre, du maïs et du colza résistants à des herbicides ainsi que du blé résistant à des champignons et du maïs résistant à des ravageurs. Il apparaît que les variétés résistantes à des herbicides sont susceptibles de procurer un gain supplémentaire. Le maïs résistant à des ravageurs et le blé résistant à des champignons engendrent des pertes. La rentabilité d'une PGM dépend donc fortement de la variété choisie et de ses propriétés (cf. tableau).

Malgré la structure de l'agriculture helvétique, caractérisée par ses exploitations de petite taille et ses champs éparpillés, les frais de coexistence pour la culture de PGM sont relativement bas.

L'utilité dépend de la pression des ravageurs

Du fait que les cultures de maïs, colza ou betterave à sucre tolérants aux herbicides facilitent la lutte contre les mauvaises herbes et la rendent moins onéreuse, elles sont les plus aptes à présenter un avantage. En outre, elles sont mieux adaptées à la méthode du semis direct (cf. chapitre DURABILITÉ)

Gains et pertes possibles liés à la culture de plantes génétiquement modifiées ou conventionnelles



Perte

Maïs résistant à des ravageurs: les dépenses liées à l'achat de produits phytosanitaires sont un peu plus basses. Mais le rendement, qui n'est que légèrement supérieur, ne compense pas les frais supplémentaires pour les semences et les mesures de coexistence.



Gain

Maïs tolérant aux herbicides: ce maïs conduit à de meilleurs résultats grâce à un rendement plus élevé et à des mesures simplifiées de protection des plantes.



Gain

Colza tolérant aux herbicides: le rendement supérieur et des frais de production nettement plus bas conduisent à un net gain.



Blé résistant à des champignons:

le rendement légèrement accru ne compense pas les frais élevés consentis pour les semences et la coexistence.



Betterave à sucre tolérante aux herbicides:

un gain considérable résulte du rendement manifestement plus élevé et d'économies au niveau de la production.

La modélisation démontre que les gains obtenus dans le cas du maïs, du colza et de la betterave à sucre génétiquement modifiés sont dus à la faible charge de travail générée par le semis direct. La betterave à sucre tolérante aux herbicides connaît la meilleure rentabilité parmi les plantes examinées. En revanche, le maïs résistant à des insectes et le blé résistant à des champignons se révèlent moins performants que la culture conventionnelle.

puisque la charge de travail et les coûts de production s'en trouvent diminués. Les calculs démontrent cependant que le profit est relativement faible.

L'utilisation du maïs résistant à des ravageurs permet également d'économiser de l'argent puisque les agriculteurs cultivant ces plantes dépensent, par exemple, moins pour les in-

secticides et les fongicides. Mais cela ne débouche sur un avantage que les années où ces ravageurs sont présents en grand nombre. Le problème des ravageurs étant actuellement plutôt mineur, les PGM portant des résistances ne seraient aujourd'hui que de faible utilité.

Que l'utilisation de variétés transgéniques présente ou non un avantage économique dépend fortement de la culture choisie. Plus la pression des ravageurs et des maladies est grande, plus les PGM sont rentables.

Dans l'ensemble, les chercheurs déduisent de leurs calculs que les avantages économiques de plantes génétiquement modifiées pour la Suisse sont actuellement encore trop faibles, voire inexistantes.

Plus forte rentabilité en présence de propriétés combinées

De plus en plus de variétés combinant plusieurs propriétés utiles sont cependant lancées sur le marché. Elles portent notamment une résistance double à des herbicides et des

ravageurs («stacked traits»). Environ un quart de toutes les plantes génétiquement modifiées cultivées à l'échelle mondiale arborent déjà de telles combinaisons de gènes; beaucoup d'autres sont actuellement en développement.

Les chercheurs estiment que la rentabilité de ces «nouvelles plantes» sera plus élevée.



Les prestations écologiques requises ne sauraient discriminer les PGM

Que l'agriculture engendre ou non des monocultures de grande surface ou d'autres phénomènes écologiquement négatifs dépend moins du type de culture choisi que des conditions cadres légales. Des réglementations adéquates permettraient au génie génétique de contribuer à une agriculture helvétique durable.

Afin de promouvoir un développement durable de l'agriculture suisse, les paiements directs de l'Etat aux agriculteurs sont liés à des prestations écologiques requises (PER). Cela signifie que seuls ceux dont l'exploitation satisfait à certains critères écologiques obtiennent de l'argent. Ainsi, les PER

Monocultures, destruction de l'environnement et perte de la biodiversité ne sont pas la conséquence de la culture de plantes génétiquement modifiées, mais les répercussions de mauvaises pratiques agricoles. Les PGM ne délient pas non plus les agriculteurs du devoir de fournir un travail soigné.

prescrivent, entre autres, la rotation des cultures, un bilan équilibré de l'azote et l'encouragement de la biodiversité.

Il est en principe également possible de fournir ces prestations écologiques en cultivant des plantes génétiquement modifiées.

Contrairement au préjugé souvent exprimé concernant le génie génétique, les PGM ne conduisent pas automatiquement à des monocultures, à la destruction de l'environnement et à une perte de biodiversité. Un grand nombre d'enquêtes effectuées dans le cadre du PNR 59 l'ont confirmé: le maïs et le blé transgénique n'ont pas de répercussions négatives sur la fertilité du sol ou sur les micro-organismes et les insectes.

Dans certaines conditions, les PGM peuvent même contribuer à ménager l'environnement. Par exemple, il est possible de cultiver des variétés résistantes à des herbicides par la méthode du semis direct (cf. chapitre DURABILITÉ). Dans certains cas, la culture de PGM est susceptible, si on la compare à la culture conventionnelle, de conduire à une amélioration de la biodiversité.

La manière dont une plante utile agit sur l'environnement dépend moins de la façon dont elle a été sélectionnée que de la méthode de culture choisie. Tout bien considéré, qu'il s'agisse d'une variété transgénique ou conventionnelle, c'est la contribution totale d'un système de culture à une agriculture durable qui compte.

Exploiter la contribution au développement durable

La capacité, pour les formes d'exploitations agricoles se servant de plantes génétiquement modifiées, de fournir les prestations écologiques requises est la condition de base de la culture de PGM en Suisse. Exclure d'emblée les PGM de cet instrument d'évaluation et d'encouragement n'est pas justifiable d'un point de vue scientifique.

Afin que les plantes génétiquement modifiées soient en mesure de participer à l'atteinte des objectifs écologiques de l'agriculture helvétique, les agriculteurs cultivant de telles

variétés dépendent, comme tout autre fermier, des paiements directs, car les bénéfices associés à la culture de PGM sont sensiblement inférieurs aux primes distribuées dans le cadre des PER. Nul agriculteur ne serait prêt à renoncer aux paiements directs de l'Etat s'il cultivait des PGM. Ce qui

signifie à son tour qu'une exclusion des plantes génétiquement modifiées des PER équivaldrait de fait à une exclusion du génie génétique de l'agriculture suisse.

L'aspect de la réglementation après l'expiration du moratoire sur le génie génétique actuellement en vigueur sera déterminant pour l'avenir des plantes génétiquement modifiées en Suisse.

L'aspect de la réglementation légale après l'expiration du moratoire sur le génie génétique actuellement en vigueur en Suisse

sera déterminant. Mais son élaboration offre également des opportunités: par l'intermédiaire des PER, le législateur est en mesure de définir le degré de durabilité d'une agriculture se servant de PGM. Prescrire des conditions appropriées permet de déterminer si le génie génétique conduit à davantage de monocultures et aux effets négatifs qui y sont associés, ou s'il est au contraire possible d'exploiter le potentiel écologique positif de cette technologie.

GLOSSAIRE

ADN | L'acide désoxyribonucléique est une biomolécule à longue chaîne présente dans tous les organismes vivants et porteuse de l'information génétique.

Allèle | Différentes variantes d'un gène donné.

Bacillus thuringiensis | Bactérie présente naturellement dans le sol. Les différentes souches produisent différentes protéines, lesquelles sont éventuellement en état de nuire à d'autres organismes du sol.

Cisgenèse | Modification génétique d'une plante réceptrice via un ou plusieurs gènes issus de la même plante ou d'une plante en état d'être croisée avec la plante réceptrice. Lors de la cisgenèse, le gène inaltéré est introduit dans le nouveau génome. Le → transfert du gène est

effectué de manière à ce qu'il ne reste pas de grands fragments → d'ADN étranger dans le récepteur.

Coexistence | Culture parallèle de plantes utiles génétiquement modifiées et conventionnelles. Il s'agit d'un sujet controversé en Suisse dans la mesure où la petite taille des exploitations propre à l'agriculture helvétique risque de rendre la coexistence impossible.

Enzyme | Protéine accélérant une réaction chimique. Elle joue le rôle de biocatalyseur en transformant le substrat de départ et en libérant le produit final obtenu, sans toutefois être elle-même altérée.

Ergot du seigle | Champignon s'attaquant à diverses céréales, de préférence aux espèces soumises à la pollinisation croisée, tel le seigle. Il produit des substances toxiques rendant la céréale impropre à la consommation humaine. Autrefois, l'ergot était utilisé comme abortif dans la mesure où les toxines provoquent des contractions utérines. Nom latin: *Claviceps purpurea*.

Fongicide | Substance active chimique ou biologique qui détruit les champignons et leurs spores ou inhibe leur croissance.

Génie génétique | Ensemble des méthodes permettant d'activer ou d'inactiver des gènes, de les isoler et de les introduire dans un autre organisme. En vertu de ces modifications génétiques, l'organisme concerné présente de nouvelles caractéristiques.

Génie génétique vert | Les qualificatifs «vert», «rouge» et «blanc» définissent les différents domaines du → génie génétique. Le «vert» désigne la modification génétique de plantes. Les deux autres couleurs se rapportent respectivement à l'utilisation de cette science dans la médecine et dans la microbiologie.

Herbicide | Substance chimique détruisant les plantes indésirables (plantes adventices). Une plante utile peut être rendue, par génie génétique, tolérante à un herbicide donné. Ainsi, cet herbicide sera complémentaire à la plante en question. L'agriculteur peut ensuite s'en servir pour lutter contre les plantes adventices, sans nuire à la plante de culture elle-même.

Lignée | Niveau le plus bas dans la systématique des plantes destinées à la sélection. Les lignées de sélection résultent de croisements ou de l'introduction d'un nouveau gène par → génie génétique. Au cours de programmes de sélection, les meilleures lignées aptes à devenir de nouvelles → variétés sont repérées.

Maïs Bt | Maïs génétiquement modifié porteur d'un gène de la bactérie du sol → *Bacillus thuringiensis*. Aujourd'hui, de nombreuses → variétés différentes de maïs Bt sont employées commercialement dans le monde entier. Elles produisent une protéine qui est toxique pour les ravageurs. Les plus connues sont celles résistantes à la pyrale du maïs.

Matériel héréditaire | Ensemble des informations génétiquement transmissibles d'un être vivant. Suivant

l'organisme, le matériel héréditaire est constitué → d'ADN ou d'ARN. Il définit, par exemple, l'aspect de cet organisme, les aliments dont il a besoin ou sa taille.

Moratoire | En 2005, le peuple suisse a approuvé un moratoire sur la commercialisation des plantes génétiquement modifiées. Celui-ci a été prolongé jusqu'en novembre 2013 par le parlement.

Oïdium | Maladie fréquente du blé et de l'orge provoquée par le champignon *Blumeria graminis f. sp. et f. sp. hordei*.

Pesticide | Agent chimique ou biologique tuant les insectes ou inhibant leur croissance.

Plasmide | Fragment de → matériel héréditaire en forme d'anneau, présent dans les bactéries. Celles-ci sont capables d'échanger des plasmides et, ainsi, de transmettre notamment des résistances à certains antibiotiques.

Prestations écologiques requises (PER) | Le standard suisse pour une agriculture respectueuse de l'environnement. Seuls les agriculteurs satisfaisant aux consignes écologiques spécifiques, et fournissant donc les PER, sont en droit de toucher les paiements directs.

Promoteur | Segment du → matériel héréditaire ayant une fonction régulatrice. Il permet d'activer un gène donné.

Recombinant | Un fragment de → matériel héréditaire est qualifié de recombinant lorsqu'il a été modifié par des méthodes de génie génétique. Des protéines sont dites recombinantes lorsqu'elles ont été produites artificiellement au moyen des organismes génétiquement modifiés ou en cultures de cellules.

Résistance | Capacité de résistance d'une plante (ou d'un autre organisme) contre les influences nocives telles que les → herbicides, les → pesticides, les pathogènes, les insectes ravageurs, la sécheresse ou les crues. Les résistances peuvent être introduites dans le → matériel génétique de la plante grâce à la sélection conventionnelle ou à des méthodes de génie génétique.

Résistance à un antibiotique | Certains micro-organismes sont porteurs de gènes les rendant résistants à des antibiotiques. Dans la production d'organismes génétiquement modifiés, ces gènes de résistance servent de marqueurs, introduits concurremment avec le gène désiré. Lorsque des antibiotiques sont ajoutés aux cellules après la procédure de génie génétique, ne survivront que celles ayant intégré le marqueur et le gène. Il est ainsi possible de reconnaître les cellules dans lesquelles le → transfert de gènes a eu lieu.

Rotation des cultures | Alternance des plantes utiles cultivées dans un champ. La culture de plantes différentes favorise la formation et la dégradation différenciée des substances nutritives et minérales contenues dans le sol, contribuant ainsi à leur préservation à long terme.

Une rotation appropriée des cultures atténue également l'infestation des cultures par les plantes adventices, les maladies et certains ravageurs.

Sélection | 1) Une loi de la nature, selon laquelle les individus moins bien adaptés d'une population ont une chance de survie inférieure et produisent moins de descendants que des individus mieux adaptés. De manière générale, leurs gènes sont moins souvent transmis à la descendance, du fait qu'ils ont, par exemple, une chance de survie inférieure en cas de sécheresse ou d'une attaque par des ravageurs.

2) Procédé de sélection dans l'amélioration de plantes permettant d'identifier les meilleures → lignées, lesquelles serviront à produire de nouvelles → variétés.

Semis direct | Semis sans travail préalable du sol à l'aide d'une charrue.

Streptomycine | Antibiotique produit par des champignons du sol et utilisé notamment dans l'agriculture, en matière de lutte contre le pathogène responsable du feu bactérien.

Tavelure du pommier | Maladie des pommiers causée par le champignon *Venturia inaequalis*. A l'échelle mondiale, celui-ci occasionne de grandes pertes dans les cultures de pommes.

Transfert de gènes | Transfert d'un ou de plusieurs gènes vers le → matériel héréditaire d'un individu de la même espèce ou d'une espèce différente (plante, animal, bactérie) au moyen de méthodes de → génie génétique.

Transgène | Gène introduit dans le → matériel héréditaire d'une autre espèce (végétale, animale, bactérienne) par des méthodes de génie génétique.

Variété | Variante d'une plante de culture donnée. Elle doit se distinguer d'autres variétés de la même espèce par plusieurs traits tels la taille, la couleur, le goût ou la composition chimique.

IMPRESSUM

Editeur:

Comité de direction du PNR 59

Concept, rédaction, réalisation:

Beat Glogger
scitec-media GmbH, Winterthour

Auteurs et auteurs:

Atlant Bieri, Beat Glogger
Claudia Hoffmann, Simone Nägeli

Traduction:

Barbara Brunner
SCITRANS, Rheinfelden

Correctorat:

Jean-Pierre Grenon
La plume et les mots Traductions Sàrl, Bex

Layout et graphisme:

Andreas Keller
SPLASH | Visual Communications GmbH, Zoug

Photos:

Agroscope (pp. 24, 40), Avenue Images
(page de garde, pp. 12, 26, 36, 42, 50, 54),
iStockphoto (pp. 6, 7, 18, 44, 58, 59, 62),
Science Photo Library (p. 31)

Impression:

Mattenbach AG, Winterthour

Publié avec l'appui du Fonds national suisse de la recherche scientifique.

© 2013, Fonds national suisse de la recherche scientifique

Cet ouvrage ainsi que l'ensemble de ses parties sont protégés par le droit d'auteur. Toute utilisation faite sans autorisation de l'éditeur et dépassant le cadre étroit du droit d'auteur est interdite et punissable. Cela vaut en particulier pour les reproductions, les traductions, les microcopies ainsi que l'enregistrement et le traitement de l'œuvre par des systèmes électroniques.

Des exemplaires gratuits peuvent être commandés auprès de:

Fonds national suisse
Wildhainweg 3
CH-3001 Berne
pwalther@snf.ch
nfp@snf.ch

Le recours au génie génétique dans l'agriculture est fortement contesté en Suisse et dans une grande partie de l'Europe. Afin de déterminer l'utilité et les risques de la dissémination de plantes génétiquement modifiées, le Conseil fédéral a chargé le Fonds national suisse de mener à bien un Programme national de recherche (PNR).

En publiant la présente brochure, le PNR 59 vise à fournir une contribution objective à la discussion politique et sociale à ce sujet.



Utilité et risques de la dissémination des plantes génétiquement modifiées
Programme national de recherche PNR 59