

Nouvelles techniques de sélection végétale pour l'agriculture suisse – gros potentiel, avenir ouvert

Des nouvelles techniques permettent de modifier très précisément le patrimoine génétique des plantes. Dans la plupart des cas, ces modifications pourraient aussi se produire dans des conditions naturelles et aucun ADN étranger ne subsiste dans la plante. Ces techniques élargissent de manière déterminante les possibilités de sélection végétale et facilitent ainsi le chemin vers une agriculture suisse plus respectueuse de l'environnement, plus économique et, finalement, plus durable.¹ Sachant que des premières variétés résultant de ces techniques innovantes existent d'ores et déjà, et que de nouvelles vont suivre sous peu, il est indispensable de clarifier si les plantes produites à l'aide de ces nouvelles techniques de sélection sont réglementées ou pas par la loi sur le génie génétique. Du point de vue des sciences naturelles, aucune raison ne justifie une réglementation sévère des plantes sélectionnées avec ces méthodes.

Défi: produire plus avec moins

La sélection végétale conventionnelle a permis de réaliser des choses étonnantes dans le passé. Elle a contribué de manière déterminante à l'amélioration de la situation alimentaire globale depuis 1960; ce, malgré une croissance de la population de trois à sept milliards d'individus dans la même période, alors même que la surface cultivée n'a augmenté, elle, que de 10%.² La sélection végétale s'est focalisée par le passé sur la maximisation du rendement. Pour ce faire, des fertilisants et des produits phytosanitaires ont été utilisés, ce qui a conduit, ailleurs comme en Suisse, à une intensification de l'agriculture accompagnée d'effets secondaires indésirables.

Selon les pronostics, le besoin global en produits alimentaires devrait augmenter d'environ 70 % jusqu'en 2050.³ Ce développement concerne également la Suisse qui, en 2013, n'a produit

elle-même que 50 % net de son besoin en calories.⁴ Il sera nécessaire d'accroître à l'avenir les rendements en Suisse, si la surface cultivée ne doit pas être étendue et que la dépendance aux importations ne doit pas augmenter. On peut s'attendre en même temps à ce que les conditions générales pour l'agriculture suisse en matière de climat, de disponibilité de ressources, d'aspects socio-économiques et d'exigences de la société se modifieront.⁵⁻⁷ Les variétés hautement résistantes utilisant de manière efficiente les ressources de leur environnement, ainsi que les méthodes culturales optimisées auront un rôle central à jouer pour résoudre cette équation.⁸ Le développement de variétés résistantes sera déterminant pour permettre une réduction des produits phytosanitaires sans grosses pertes de rendements.⁹

Potentiel: plus de possibilités, sélection plus précise

La sélection végétale conventionnelle souffre de deux inconvénients majeurs, lesquels rendent plus difficile l'obtention des progrès nécessaires. D'une part, il faut beaucoup de temps – de 10 à 20 ans selon l'espèce – pour développer de nouvelles variétés, d'autre part, les caractéristiques souhaitées ne se trouvent que de manière limitée dans les ressources génétiques disponibles. C'est exactement ici que se situe le potentiel des nouvelles techniques pour la sélection végétale: elles permettent d'élargir et de sélectionner de manière ciblée et efficiente les ressources génétiques en mettant à profit les connaissances tirées de l'étude des génomes de nombreuses espèces cultivées et sauvages. Les nouvelles méthodes de sélection se basent sur les derniers enseignements de la recherche génomique et les nouvelles approches dans le domaine de la génétique moléculaire (cf. tableau).

L'expression « nouvelles techniques de sélection végétale » couvre de nombreuses méthodes différentes. Elles ont en commun le fait d'intervenir au niveau de l'information génétique des caractéristiques végétales, en modifiant la séquence de l'ADN ou la réglementation de son expression, comme cela pourrait se produire dans des conditions naturelles – mais, dans ce cas, uniquement de manière aléatoire et beaucoup plus rarement. Etant donné que les bases génétiques des caractéristiques importantes des plantes sont de mieux en mieux connues, il est possible de transférer directement de nouvelles caractéristiques aux variétés agronomiquement avantageuses, ce qui serait pratiquement impossible par sélection conventionnelle (encart 1). Sont par exemple intéressants pour une agriculture durable: des rendements plus élevés grâce à une meilleure exploitation des ressources, des résistances contre les maladies et les ravageurs, ou encore une tolérance à la sécheresse et à des températures inhospitalières. L'élimination d'allergènes et de produits toxiques ou l'amélioration de la composition des substances nutritives sont très prometteuses pour la santé.¹⁰ Des premières variétés développées à l'aide de ces nouvelles techniques sont d'ores et déjà autorisées en Amérique du Nord, et des requêtes équivalentes sont en suspens dans l'UE.¹¹ D'autres variétés devraient bientôt suivre.¹² Quant à savoir si ces mêmes techniques de sélection seront également appliquées à l'avenir en Suisse, et si les variétés ainsi créées trouveront ici le chemin des champs, c'est une autre question car cela dépend dans un premier temps de leur réglementation légale.

Sécurité et bases légales: pas de risques accrus, mais plus de réglementation ?

Les nouvelles techniques sont soumises à des recherches intensives avant qu'elles ne soient mises en œuvre dans la sélection végétale commerciale. En effet, il importe de garder à l'esprit qu'aucune technique de sélection n'est sûre par principe. En Europe, de nombreuses organisations scientifiques et autorités se sont déjà exprimées sur la sécurité des nouvelles techniques de sélection végétale.¹³⁻²⁶ Toutes concluent unanimement que les nouvelles techniques considérées actuellement sont aussi sûres que les méthodes de sélection mises en œuvre à ce jour, et que leurs modes d'action sont, en outre, beaucoup plus précis. Précisons

Encart 1: pommes de terre résistantes aux maladies et plus saines, qui se prêtent mieux au transport et ayant une durée de conservation plus longue

Outre les céréales et la betterave sucrière, la pomme de terre est la plante la plus importante cultivée en Suisse.³⁶ Des propriétés intéressantes pour la Suisse ont d'ores et déjà été conférées à la pomme de terre par le biais des nouvelles techniques de sélection (cf. tableau pour plus de détails sur les techniques):

- Plusieurs gènes de pommes de terre sauvages ont été transférés via **cisgénèse** dans une variété performante du point de vue agronomique et la rendant résistante au mildiou (illustration 1). De ce fait, l'introgession de ce facteur de résistance pourrait considérablement réduire les pertes causées par cette maladie, ainsi que l'application de produits phytosanitaires (fongicides et produits à base de cuivre) utilisés actuellement en grande quantité contre le mildiou.^{37,38}
- Des nucléotides ont pu être extraits du génome de la pomme de terre via **TALEN**, permettant ainsi d'inhiber un gène nécessaire à la transformation du saccharose en glucose et en fructose. Par cette méthode, les pommes de terre peuvent être stockées plus longtemps sans aucune perte qualitative.³⁹
- Un gène codant l'enzyme polyphénol oxydase a pu être inhibé via **ARNi**. Cet enzyme est responsable des taches qui se forment aux endroits où une pression est exercée (ce qui arrive souvent durant le transport), rendant ainsi les pommes de terre inutilisables.⁴⁰

Une variété de pomme de terre réunissant ces trois propriétés a d'ores et déjà été autorisée aux USA ; cependant, dans le cas présent, toutes les propriétés ont été obtenues par ARNi.⁴¹ D'une manière générale, ce résultat pourrait également être atteint par sélection conventionnelle, puisque seules des gènes d'espèces compatibles au croisement ont été utilisés. Cependant, l'introduction ne serait-ce que d'une seule de ces propriétés nécessiterait énormément de temps. De plus, lors de ce processus de sélection conventionnelle, beaucoup de propriétés intéressantes de la variété d'origine seraient perdues.

encore que toutes les nouvelles variétés sélectionnées – et ce, indépendamment des techniques utilisées – sont soumises pendant plusieurs années à d'importants et coûteux essais variétaux, avant d'être admises dans le Catalogue national des variétés.²⁷ En raison de l'Accord agricole existant avec l'UE, les espèces agricoles autorisées en Suisse le sont aussi automatiquement dans l'UE et vice-versa (à l'exception des variétés génétiquement modifiées).²⁸ La Suisse est très fortement dépendante de cet accès aux semences; en effet, dans notre pays, il n'existe ni programme de sélection, ni production de semences pour de nombreuses plantes cultivées. De plus, le taux d'autosuffisance est très faible pour les semences produites en Suisse (sauf pour les céréales).²⁷

Un débat global a actuellement lieu pour déterminer si les variétés issues des nouvelles techniques doivent être considérées ou non

Aperçu d'un choix de nouvelles techniques de sélection

Technique	Description	ADN étranger dans la variété ? ¹	ADN/ARN étranger dans le produit intermédiaire ? ²
Cisgénèse	Introduction d'un gène dans le patrimoine génétique d'une plante par le biais du génie génétique classique. Ce faisant, on utilise un gène non modifié de la même espèce ou d'une espèce compatible au croisement.	Non	Non
Intragénèse	Analogue à la cisgénèse. Cependant, l'ADN transmis se compose de plusieurs parties ne s'apparentant pas entre elles de la même façon dans l'organisme donneur ; p. ex., la partie régulatrice d'un gène et la partie codante d'un autre gène. Mais toutes les parties sont originaires de la même espèce ou d'une espèce compatible au croisement.	Non	Oui
Mutagenèse dirigée par oligonucléotide (Mdo)	De courtes séquences d'ADN ou d'ARN sont provisoirement introduites dans des cellules de plantes qui ne se différencient la plupart du temps que par un nucléotide de la séquence du gène-cible. Elles se fixent à la séquence-cible et ainsi, le mécanisme de réparation propre à la cellule modifie la séquence-cible à l'image du modèle introduit.	Non	Oui
Ingénierie génomique avec endonucléases modifiées	Enzymes de restriction artificielles qui possèdent un site de reconnaissance de la séquence cible d'ADN et une endonucléase (ciseaux moléculaires). Le site de reconnaissance d'ADN peut correspondre précisément à la séquence-cible visée. Cela permet de sectionner l'ADN d'une plante à un endroit prédéfini. Grâce au mécanisme de réparation de l'ADN propre à la cellule, il est possible d'ôter, de modifier ou d'ajouter à cet endroit des nucléotides. Il existe différentes techniques qui fonctionnent de façon analogue (endonucléase transmise par ARN [CRISPR p. ex.], TALEN, méga-nucléases, nucléases à doigt de zinc). L'édition génomique est un cas spécial de l'ingénierie génomique. Par cette technique, la séquence obtenue est très précisément prédéfinie par l'utilisation d'un modèle de réparation artificiel.	Non ³	Oui
Interférence ARN (ARNi)	De petits fragments d'ARN sont introduits dans la cellule. Ils y servent de guide pour une enzyme qui reconnaît et élimine l'ARN messager (ARNm) ayant la séquence complémentaire. L'ARNm est produit lors de la transcription des gènes et transmet les informations pour la synthèse des protéines. L'élimination d'un ARNm spécifique résulte en une diminution partielle ou totale de la synthèse de la protéine correspondante (produit génique), ce qui signifie une inhibition du gène-cible et ce, sans modifier l'ADN même.	Non ³	Oui
Greffer avec un porte-greffe GM	Une jeune pousse d'une plante conventionnelle est placée (greffée) sur un porte-greffe d'une plante génétiquement modifiée. Il est ainsi possible d'attribuer de nouvelles propriétés au porte-greffe, sans que les fruits de la plante ne contiennent des séquences d'ADN étrangères.	Plantes: Oui Fruits: Non	Oui
Méthylation de l'ADN dirigée par ARN	Un gène est temporairement introduit dans la cellule dont le produit cause la méthylation de l'unité régulatrice d'un certain gène-cible, grâce à quoi l'activité du gène-cible peut être réduite ou augmentée. La méthylation peut être transmise sur plusieurs générations mais pas de manière permanente. Le gène responsable de la méthylation n'est plus nécessaire après la modification et peut être éliminé.	Non ³	Oui
Sélection accélérée	Un gène qui déclenche une formation prématurée des boutons floraux est introduit par le biais de méthodes de génie génétique. De nouvelles propriétés peuvent ensuite y être introgressées à l'aide de la sélection conventionnelle. Ce faisant, la floraison précoce réduit la durée de génération et la sélection est accélérée. À la fin, le gène favorisant la floraison précoce est éliminé et n'est plus présent dans la variété agricole.	Non	Oui
Réto-sélection	Chez une plante hybride, la recombinaison des chromosomes pendant la méiose (double division cellulaire avec répartition des chromosomes) est inhibée, et les gamètes ne reçoivent qu'un jeu de chromosomes. Les chromosomes sont ensuite doublés et les cellules possèdent dorénavant deux jeux chromosomiques identiques. On choisit ensuite des plantes parentales pures dont le croisement génère toujours la plante hybride d'origine.	Non	Oui
Agroinfiltration transitoire	Une suspension contenant des agrobactéries génétiquement modifiées et dans lesquelles des gènes spécifiques ont été introduits, est pulvérisée sur les feuilles des plantes. Les bactéries transmettent ces gènes aux cellules de la plante, lesquelles transforment cette information génétique en produits géniques correspondants. L'expression du transgène est limitée et dans le temps et localement. Cette technique permet d'une part de savoir rapidement si un produit génique est fonctionnel dans une plante, et d'autre part de synthétiser des protéines haut de gamme.	Non	Oui

Plus d'informations sur les techniques sont disponibles sous: www.sciencesnaturelles.ch/selection_vegetale

- 1 Est-ce que la variété contient de l'ADN d'une espèce incompatible au croisement et, ainsi, ne pourrait pas être obtenue par un croisement conventionnel?
- 2 Est-ce qu'un « organisme intermédiaire » est généré pendant la sélection, c.-à-d. est-ce qu'un ADN ou ARN étranger est introduit à titre temporaire ?
- 3 Il existe des cas spécifiques de ces techniques où des gènes sont implémentés définitivement dans le génome de la plante.

comme organismes génétiquement modifiés (OGM). Un besoin de clarification en la matière existe également en Suisse.²⁹ La question centrale au cœur du débat est de savoir si les nouvelles techniques de sélection débouchent sur des plantes dont le matériel génétique modifié ne pourrait pas être retrouvé en conditions naturelles par croisement et recombinaison naturelle. Ce n'est que si l'on peut répondre par l'affirmative à cette question, que les plantes doivent être qualifiées comme OGM dans le sens de la loi sur le génie génétique (LGG).³⁰ Ainsi, tant que les nouvelles techniques de sélection se basent sur des mécanismes qui apparaissent aussi dans la nature et que, théoriquement, des plantes identiques pourraient être produites avec des techniques de sélection conventionnelles, on n'obtiendrait pas d'OGM dans le sens juridique du terme. Cependant, dans certains cas, des molécules d'acides nucléiques sont introduites temporairement, voire de manière permanente, dans la plante-cible (cf. tablelle) ce qui, selon l'Ordonnance sur la dissémination (ODE),³¹ fait de ces nouvelles techniques des méthodes de génie génétique susceptibles de transformer les plantes ainsi produites en OGM. Ici aussi, ceci n'est valable que pour les modifications qui ne peuvent se produire dans des conditions naturelles, et qui persistent encore sous forme héréditairement transmissible dans les plantes analysées. Dans l'UE, de loin le plus important partenaire en matière de semences et de produits agricoles, la situation juridique est pratiquement identique à celle de la Suisse.³² Les décisions prises par nos partenaires commerciaux, en particulier l'UE, quant à la gestion de ces nouvelles techniques seront particulièrement importantes pour la Suisse au vu de la globalisation du marché. Alors que l'UE a, jusqu'à présent, plusieurs fois repoussé une décision sur cette question, certains pays membres ont déjà pris position et concluent qu'au moins certaines nouvelles méthodes et formes de leur utilisation ne débouchent pas sur des OGM.³³ D'autres pays (p.ex. le Canada, les USA ou l'Argentine) ont déjà pris des décisions en la matière, et ne considèrent pas les variétés pouvant également être produites génétiquement à l'identique avec des méthodes conventionnelles comme OGM.³⁴ De telles variétés ne sont pas spécifiquement identifiées comme telles dans ces pays, et ne sont pas différenciables par rapport à des variétés produites conventionnellement. Ceci peut poser un problème pour les échanges commerciaux entre pays ayant des réglementations différentes. L'insécurité juridique fait perdre de son attractivité à la recherche et au développement dans le domaine des nouvelles techniques de sélection végétale. Cela concerne en particulier les petites et moyennes entreprises de sélection pour lesquelles certains investissements risquent de mettre en péril leur existence.



Illustration 1: Plusieurs gènes de résistances provenant de variétés sauvages ont été introduits dans les plantes de pommes de terres saines (à gauche; cadre 1, tableau). Grâce à ce procédé, contrairement aux plantes non modifiées (à droite), elles seront immunisées durablement contre cette maladie végétale.

Moyens d'action: des bases juridiques claires pour l'encouragement de la sélection végétale

Il existe différents scénarios quant à la future gestion des nouvelles méthodes de sélection. Il existe principalement deux options au niveau de la loi sur le génie génétique.

- *La définition actuelle dite OGM est interprétée unilatéralement par rapport à l'orientation vers la méthode, et les variétés obtenues par application des nouvelles technologies sont classées comme OGM.* Un moratoire est actuellement en cours en Suisse jusqu'en 2017, et va très probablement être prolongé jusqu'en 2021. Une nouvelle prolongation de celui-ci, une interdiction générale de culture d'OGM ou une coexistence de systèmes de cultures avec et sans OGM sont les options qui se présentent pour la période à venir. En cas de coexistence, il faudra s'attendre à ce que seule une faible quantité de variétés obtenues par les nouvelles techniques de sélection soit autorisée et éventuellement produite en Suisse, ce en raison de la réglementation sévère relative au génie génétique dans l'agriculture et de la faible acceptation des OGM parmi la population. En ce qui concerne les deux autres options, les nouvelles techniques ne seraient pas utilisables pour la production de nouvelles variétés pour la Suisse. Ces scénarios signifieraient qu'aussi bien l'orientation cumulative vers la méthode et vers le produit que l'objet de protection de la législation actuelle seraient négligés. En effet, seul le produit et non sa méthode de sélection, est pertinent pour évaluer le risque potentiel.²⁵
- *La définition légale dite OGM est interprétée de manière étroite et les nouvelles variétés ne sont pas considérées comme OGM.* Différents passages de textes dans les lois pertinentes offrent une marge de manœuvre, laquelle peut faire pencher leur interprétation en faveur des nouvelles techniques. D'une part, toutes les techniques reposent sur des mécanismes naturels et, de l'autre, les modifications qui en résultent peuvent également apparaître dans des conditions naturelles. Si l'on s'oriente au plus près de la terminologie de la définition légale, alors les sélections obtenues à l'aide de ces technologies ne devraient pas être considérées comme OGM. Lors de l'interprétation des formulations légales, il faut prêter une attention toute particulière à l'objectif de cette loi, lequel consiste à éviter de faire prendre des risques particuliers à l'Homme et à la nature. Sachant que les plantes, qui peuvent également être obtenues de manière naturelle, ne présentent pas de risques particuliers, celles-ci ne devraient pas non plus tomber sous le domaine d'application de la LGG.

Indépendamment de la LGG, il existe plusieurs possibilités quant à la clarification de la situation dans l'Ordonnance sur la dissémination (ODE) en y apportant des modifications. En effet, l'ODE identifie les méthodes qui aboutissent à la qualification OGM:

- *Reconnaître l'application de nouvelles techniques pour une mutation ponctuelle en tant que mutagénèse.* Les modifications ciblées obtenues dans le patrimoine génétique par le biais de nouvelles techniques – p.ex. l'ingénierie génomique avec endonucléases modifiées ou MdO (cf. tableau) – qui s'avèrent ne représenter qu'une mutation ponctuelle ou qui aboutissent à des séquences qui sont documentées dans la même espèce ou dans une espèce compatible au croisement, devraient être considérées par principe comme obtenues par

Encart 2: réglementation orientée vers la méthode contre réglementation orientée vers le produit

Le fait de savoir si une variété de plante est considérée comme OGM et donc assujettie à la loi sur le génie génétique, dépend en Suisse des techniques qui sont employées au cours de la sélection. Lors de la formulation de la LGG, le législateur est parti du principe que l'utilisation du génie génétique sur les plantes représentait un risque accru pour l'Homme, les animaux et l'environnement. C'est la raison pour laquelle on parle de procédure d'autorisation partiellement orientée vers la méthode. L'alternative à cela est une procédure d'autorisation purement orientée vers le produit qui place la nouvelle propriété de la plante au cœur de la réflexion. Mais par principe, les deux méthodes tiennent compte de leurs aspects mutuels. Le Canada, par exemple, poursuit une réglementation orientée vers le produit. Ce pays applique une procédure d'autorisation beaucoup plus sévère lorsqu'une plante dispose d'une toute nouvelle propriété (dite « Novel Traits »). Cependant, si d'autres plantes disposant de cette propriété ont d'ores et déjà été autorisées, alors une procédure simplifiée est appliquée. L'expérience approfondie dans la recherche et la mise en œuvre de méthodes du génie génétique en ce qui concerne la sélection végétale a montré qu'il n'existe pas de risques spécifiques relatifs à cette technique.^{13, 22, 25, 42-49} La nouvelle propriété est déterminante pour la sécurité du point de vue scientifique, raison pour laquelle la préférence doit être donnée à une réglementation purement orientée vers le produit et non vers la méthode. A l'instar de la situation dans l'UE, une nouvelle interprétation de la réglementation en vigueur pourrait y suffire;^{18, 25} mais, le cas échéant, une modification profonde de la loi pourrait s'avérer nécessaire.

mutagénèse. Les plantes ainsi conçues ne devraient pas être considérées comme résultant de méthodes du génie génétique; ceci pouvant être conditionné par l'obligation de fournir une documentation supplémentaire comme justificatif.^{12,26}

- *Compléter la liste de l'ODE avec les techniques qui ne sont pas considérées comme méthodes du génie génétique.* Cette liste contient des techniques comme p. ex. la mutagénèse et la fusion de cellules ou de protoplastes qui devraient être considérées comme méthodes du génie génétique d'après la définition, mais qui sont exceptées de l'ordonnance. Ces exceptions sont justifiées par une utilisation s'étant avérée sûre au cours de leur longue histoire. Cette liste pourrait être complétée avec certaines nouvelles techniques pour lesquelles un niveau de sécurité restant à définir est donné. Et sachant qu'il s'agit pour l'ODE d'une ordonnance, ces ajouts seraient plus faciles à mettre en œuvre qu'une modification de la loi.

- *Adaptation de l'ODE, afin que les plantes, sans ou avec seulement des quantités négligeables d'acides nucléiques modifiés, ne soient plus comptabilisées avec les OGM.* Deux modifications seraient suffisantes pour ce faire:¹¹ d'une part la définition d'un nombre minimal de nucléotides qui doivent être

introduits dans le patrimoine génétique pour qu'une modification soit pertinente d'un point de vue légal (sont proposés 20 nucléotides, étant donné que toutes les modifications plus petites peuvent, selon toute probabilité, voir le jour suite à des mutations spontanées et, par conséquent, ne seraient donc pas différenciables de modifications identiques obtenues par méthodes technologiques),²⁴ et d'autre part, l'introduction du terme « organisme intermédiaire » pour les cas où, lors de l'utilisation de méthodes de sélection, des produits intermédiaires contiendraient des séquences ADN recombinantes, mais pas la variété considérée comme produit final. Les produits intermédiaires devraient être considérés comme OGM et les étapes de développement seraient assujetties à des contraintes plus sévères. Par contre, les variétés utilisées dans l'agriculture ne seraient plus considérées comme OGM dès lors qu'elles sont exemptes d'ADN recombinant (cf. tableau).

Une autre option serait un changement de paradigme d'une réglementation partiellement orientée vers la méthode vers une réglementation purement orientée vers le produit.³⁵ Le risque d'une nouvelle variété serait défini à partir de ses seules caractéristiques, et non en tenant compte des techniques de sélection mises en œuvre, comme jusqu'à présent. Ainsi, les progrès techniques ne seraient plus entravés par la législation, sans pour autant qu'un risque plus élevé pour l'environnement et la santé soit à craindre. Il suffirait pour cela d'une nouvelle interprétation de la réglementation en vigueur; mais, le cas échéant, une modification d'envergure de la loi pourrait s'avérer nécessaire (encart 2).

Conclusion

On peut s'attendre à ce que les nouvelles techniques de sélection soient utilisées plus souvent à l'avenir. En effet, elles offrent un potentiel de développement de variétés qui pourraient contribuer à une production agricole durable en Suisse. Si on y renonce, la recherche basée sur ces technologies perdrait de son attractivité. C'est la raison pour laquelle il faut rapidement clarifier la situation juridique quant à la réglementation de ces nouvelles technologies. De plus, il faut informer la société des opportunités et des risques liés à ces techniques, de leurs différences par rapport au génie génétique classique, de même que des conséquences d'un renoncement.

La LGG a été introduite à l'origine parce que l'on partait du principe que les méthodes du génie génétique étaient liées à des risques particuliers. Il est reconnu aujourd'hui que ce n'est fondamentalement pas le cas. Il serait donc tout indiqué d'adapter les dispositions légales au regard des connaissances actuelles, respectivement d'utiliser la marge de manœuvre d'ores et déjà existante. Du point de vue scientifique, le passage d'une réglementation basée partiellement sur les méthodes à une réglementation basée purement sur le produit de la sélection végétale est opportun (encart 2). Ainsi, la réglementation mise en place permettrait de suivre le rythme fulgurant des développements dans la sélection végétale, tout en permettant de profiter des avantages offerts par les nouvelles technologies et ce, sans pour autant affaiblir la protection de l'Homme, des animaux et de l'environnement.

LITTÉRATURE

- 1 Ricoch et al. (2016) Challenges facing European agriculture and possible biotechnological solutions. *Critical reviews in Biotechnology* 36, 875-883. DOI: 10.3109/07388551.2015.105570.
- 2 Food and Agriculture Organization FAO: faostat.fao.org – Food Security; Population; Inputs.
- 3 Food and Agriculture Organization FAO (2009) How to feed the world in 2050.
- 4 Office fédéral de la statistique: www.bfs.admin.ch – Indicateurs de la chaîne alimentaire: milieu – autosuffisance.
- 5 Société suisse d'agronomie SSA (2008) Vision Pflanzenbau 2050.
- 6 Becker et al. (2014) Globale Ernährungssicherheit – Schlussfolgerungen für die Schweiz. *Agrarforschung Schweiz* 5, 138-145.
- 7 ETH World Food System Center (2015) Research for a sustainable Swiss food system: foresight study. Rapport réalisé à la demande de l'Office fédérale de l'agriculture.
- 8 Poppy et al. (2014) Achieving food and environmental security: new approaches to close the gap. *Philosophical Transactions of the Royal Society* 369, 20120273. DOI: 10.1098/rstb.2012.0272
- 9 Gutsche (2012) Managementstrategien des Pflanzenschutzes der Zukunft im Focus von Umweltverträglichkeit und Effizienz. *Journal für Kulturpflanzen* 64, 325-341.
- 10 Jones (2015) Regulatory uncertainty over genome editing. *Nature Plants* 1, 14011. DOI:10.1038/nplants.2014.11
- 11 Nature Editorial (2015) Seeds of change. *Nature News* 520, 131-132. DOI: 10.1038/520131b
- 12 Huang et al. (2016) A proposed regulatory framework for genome-edited crops. *Nature Genetics* 48, 109-111. DOI: 10.1038/ng.3484
- 13 Biotechnology and Biological Sciences Research Council BBSRC (2014) New techniques for genetic crop improvement. Position Statement, 28 octobre 2014.
- 14 European Academies Science Advisory Council EASAC (2013) Planting the future: opportunities and challenges for using crop genetic improvement technologies for sustainable agriculture. EASAC Policy Report 21.
- 15 Commission fédérale d'experts pour la sécurité biologique CFSB (2015) Rapport de la CFSB sur les nouvelles méthodes de sélection des plantes.
- 16 European Food Safety Authority EFSA (2012) Scientific opinion addressing the safety assessment of plants developed through cisgenesis and intragenesis. Scientific Opinion of the EFSA Panel on Genetically Modified Organisms (GMO).
- 17 European Food Safety Authority EFSA (2012) Scientific opinion addressing the safety assessment of plants developed using zinc finger nuclease 3 and other site-directed nucleases with similar function. Scientific Opinion of the EFSA Panel on Genetically Modified Organisms (GMO)
- 18 Eckerstorfer et al. (2014) New plant breeding techniques. Rapport réalisé à la demande de la Commission fédérale d'éthique pour la biotechnologie dans le domaine non humain.
- 19 European Plant Science Organisation EPSO (2015) Crop genetic improvement technologies. Position Statement, du 26 février 2015, actualisé le 18 décembre 2015.
- 20 House of Commons Science and Technology Committee (2015) Advanced genetic techniques for crop improvement: regulation, risk and precaution. Fifth Report of Session 2014-15.
- 21 Lusser et al. (2011) New Plant Breeding Techniques – State-of-the-art and prospects for commercial development. JRC Scientific and Industrial Reports 63971.
- 22 Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina, Deutsche Akademie der Technikwissenschaften ACATECH, Union der Akademien der Wissenschaften UDAW (2015) Akademien nehmen Stellung zu Fortschritten der molekularen Züchtung und zum erogenen nationalen Anbauverbot gentechnisch veränderter Pflanzen. Stellungnahme, 26. März 2015.
- 23 European Policy Evaluation Consortium EPEC (2011) Evaluation of the EU Legislative Framework in the Field of Cultivation of GMOs Under Directive 2001/18/EC and Regulation (EC) No 1829/2003, and the Placing on the Market of GMOs as or in Products Under Directive 2001/18/EC. Final Report to the European Commission.
- 24 Zentrale Kommission für die Biologische Sicherheit ZKBS (2012) Stellungnahme der ZKBS zu neuen Techniken für die Pflanzenzüchtung. Stellungnahme, Juni 2012.
- 25 Comité de direction du programme national de recherche (PNR) 59 (2012) Utilité et risques de la dissémination des plantes génétiquement modifiées. Synthèse du programme nationale de recherche 59.
- 26 Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit BLV (2015) Opinion on the legal classification of New Plant Breeding Techniques, in particular ODM and CRISPR-Cas9.
- 27 Office fédéral de l'agriculture OFAG (2008) Variétés, semences et plants en Suisse.
- 28 Accord agraire Suisse-UE, annexe 6 (matériel végétal de multiplication).
- 29 Forum Recherche génétique de l'Académie suisse des sciences naturelles SCNAT (2015) Nouvelles méthodes de sélection végétale – Utilité et défis. Résumé d'une séance de réflexion du Forum Recherche génétique du 27 janvier 2015.
- 30 Loi sur le génie génétique, article 5, alinéa 2.
- 31 Ordonnance sur la dissémination, article 4d et annexe 1.
- 32 Directive 2001/18/CE du parlement européen et du conseil.
- 33 Abbott (2015) Europe's genetically edited plants stuck in legal limbo. *Nature* 528, 319-20.
- 34 Schuttelaar & Partners (2015) The regulatory status of new breeding techniques in countries outside the European Union. Version: June 2015.
- 35 Sprink et al. (2016) Regulatory hurdles for genome editing: process- vs. product-based approaches in different regulatory contexts. *Plant Cell Reports* 35, 1493 – 1506. DOI 10.1007/s00299-016-1990-2
- 36 Office fédéral de la statistique : www.bfs.admin.ch - Indicateurs agriculture : production et revenus – Production végétale.
- 37 Haesert et al. (2015) Transformation of the potato variety Desiree with single or multiple resistance genes increases resistance to late blight under field conditions. *Crop Protection* 77, 163-175. DOI: 10.1016/j.cropro.2015.07.018
- 38 Jo et al. (2014) Development of late blight resistant potatoes by cisgene stacking. *BMC Biotechnology* 14, 50. DOI: 10.1186/1472-6750-14-50
- 39 Clasen et al. (2016) Improving cold storage and processing traits in potato through targeted gene knockout. *Plant Biotechnology Journal* 14, 169-176. DOI: 10.1111/pbi.12370
- 40 Chawla et al. (2012) Tuber-specific silencing of asparagine synthetase-1 reduces the acrylamide-forming potential of potatoes grown in the field without affecting tuber shape and yield. *Plant Biotechnology Journal* 10, 913-914. DOI: 10.1111/j.1467-7652.2012.00720.x
- 41 USDA-APHIS: J.R. Simplot Late Blight Resistant, Low Acrylamide Potential, Reduced Black Spot Bruising, Lowered Reducing Sugar GE Potato.
- 42 Nicolia et al. (2014) An overview of the last 10 years of genetically engineered crop safety research. *Critical Reviews in Biotechnology* 34, 77-88. DOI: 10.3109/07388551.2013.823595
- 43 Food Standards Australia New Zealand FSA NZ (2013) New plant breeding techniques 2013 workshop report.
- 44 EU Kommission (2010) A decade of EU-funded GMO research. DOI: 10.2777/97784
- 45 American Association for the Advancement of Science AAAS (2012) Statement by the AAAS board of directors on labelling of genetically modified foods.
- 46 Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF (2014) 25 Jahre BMBF-Forschungsprogramme zur biologischen Sicherheitsforschung.
- 47 Hartung & Schiemann (2014) Precise plant breeding using new genome editing techniques: opportunities, safety and regulation in the EU. *The Plant Journal* 78, 742-752. DOI: 10.1111/tpj.12413
- 48 Ladics et al. (2015) Genetic basis and detection of unintended effects in genetically modified crop plants. *Transgenic Research* 24, 587-603. DOI: 10.1007/s11248-015-9867-7
- 49 National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2016) Genetically Engineered Crops: Experiences and Prospects. DOI: 10.17226/23395

IMPRESSUM

AUTEURS: Christoph Lüthi (Forum Recherche génétique), Jörg Romeis (Agroscope Institut des sciences en durabilité agronomique), Felix Mauch (Institut de biologie végétale, Université de Fribourg), Ueli Grossniklaus (Institut für Pflanzen- und Mikrobiologie, Universität de Zurich), Stefan Kohler (Vischer AG).

REVIEWER: Roland Kölliker (Agroscope Institut des sciences en durabilité agronomique), Bruno Studer (Institut für Agrarwissenschaften, EPF Zurich), Jochen Kumlehn (Arbeitsgruppe Pflanzliche Reproduktionsbiologie, IPK Gatersleben), Joachim Schiemann (Institut für die Sicherheit biotechnologischer Verfahren bei Pflanzen, JKI Quedlinburg), et les membres du Forum Recherche génétique.

RESPONSABLE DU PROJET: Pia Stieger (Forum Recherche génétique).

PHOTOS: agrarfoto.com; Agroscope

Cette fiche d'information se base partiellement sur les conclusions de la séance de réflexion « Nouvelles méthodes de sélection des plantes – utilités et défis » du 27 janvier 2015.



Proposition de citation: Académies suisses des sciences (2016) Nouvelles techniques de sélection végétale pour l'agriculture suisse – gros potentiel, avenir ouvert. Swiss Academies factsheets 11 (4).

www.academies-suisse.ch