L'édition génomique – un nouvel outil de la sélection végétale

L'édition génomique utilise ce que l'on appelle des ciseaux génétiques tels que TALEN, les nucléases à doigts de zinc ou CRISPR/Cas. Pour CRISPR/Cas, il s'agit de systèmes naturels qui existent chez les bactéries depuis des millions d'années déjà. Ces outils peuvent être utilisés pour différentes interventions dans le génome. Dans le mode le plus simple de l'édition génomique, une réparation défectueuse de la rupture du double-brin provoquée par les ciseaux génétiques entraîne des mutations aléatoires, qui peuvent avoir pour conséquence une désactivation du gène. Dans un autre mode, un segment d'un gène est réécrit de manière spécifique, par exemple, afin de réparer un gène défectueux. Enfin, il est possible d'intégrer des gènes entiers de la même espèce (cisgénique) ou d'une autre espèce (transgénique) dans un endroit spécifique du génome. Les outils d'édition génomique sont continuellement perfectionnés afin de rendre les modifications encore plus efficaces et spécifiques.

L'édition génomique se différence d'autres méthodes par sa spécificité. Il est possible de modifier individuellement des gènes ou des segments de gènes sélectionnés sans que le reste du génome en soit substantiellement influencé. Contrairement à cela, la sélection par mutation entraîne de nombreuses modifications à des endroits aléatoires du génome. L'édition génomique s'avère également plus précise que le génie génétique classique car avec ce dernier les gènes sont introduits dans le génome à des endroits aléatoires.

Grâce à sa spécificité, l'édition génomique offre la possibilité d'introduire dans une variété, de manière ciblée, des propriétés individuelles telles que, par exemple, une résistance aux maladies sans en modifier les autres propriétés souhaitées. Cela peut accélérer considérablement la mise au point de nouvelles variétés. Une condition est cependant que la base génétique de la propriété souhaitée soit connue. Cela suppose une recherche fondamentale approfondie, en particulier dans le cas de propriétés complexes qui reposent sur une pluralité de gènes.

A des fins de protection contre les maladies et les ravageurs notamment, une stratégie durable doit également disposer de variétés offrant une diversité génétique aussi grande que possible en vue de la sélection et de la culture. Dans ce contexte, l'édition génomique a le potentiel de faciliter l'accès au pool génétique de plantes sauvages et d'en permettre une exploitation plus efficace,[7] afin, par exemple, de réintroduire dans le matériel génétique de plantes cultivées des propriétés perdues lors de leur domestication.[8] Mais il importe aussi d'accroître continuellement la diversité génétique par croisement et recombinaison de génomes entiers. Il est également important de conserver une diversité de plantes sauvages et cultivées qui pourront aussi servir à de futures sélections. Toute technique de sélection peut engendrer des modifications non intentionnelles. Ainsi, de nombreuses variantes génétiques non souhaitables présentes chez la plante cultivée ou sauvage restent intactes lors de la sélection par croisement. La sélection par mutation entraîne de nombreuses mutations qui peuvent influencer d'autres propriétés de la variété cultivée. De même, en génie génétique classique, le positionnement aléatoire d'un nouveau gène au sein du génome peut avoir des effets inattendus. L'édition génomique aussi peut entraîner des modifications non intentionnelles, mais celles-ci sont beaucoup plus rares qu'avec la sélection par mutation ou le génie génétique classique. Bien que les ciseaux génétiques coupent des endroits très spécifiques du génome, il existe de rares cas où ils sont également actifs à d'autres endroits du génome. La plupart des modifications non intentionnelles pouvant résulter de l'ensemble de ces méthodes sont cependant éliminées pendant la sélection voire par des croisements supplémentaires.

Un défi qui se pose avec les plantes obtenues par édition génomique est la traçabilité. Certaines formes de l'édition génomique produisent des mutations pareilles aux mutations naturelles ou à celles obtenues par sélection par mutation. Étant donné que, en présence de telles mutations, il n'est pas possible d'en déduire le mode d'origine, il se pose des questions ouvertes quant à une régulation se basant sur la méthode utilisée.[9]

Il n'a fallu que très peu de temps pour que l'édition génomique s'établisse mondialement dans la recherche et la sélection de nouvelles variétés végétales.[4] Ainsi, en 2018 déjà, environ 100 applications de l'édition génomique offrant un intérêt potentiel pour le marché étaient décrites chez 28 espèces de plantes cultivées.[10] En Suisse, l'édition génomique s'utilise également à des fins de recherche fondamentale dans le domaine de la sélection végétale. En revanche, aucun projet de sélection concret consacré à des variétés issues de l'édition génomique n'est connu à ce jour en Suisse. D'ailleurs, les variétés admises à la culture dans notre pays sont aujourd'hui exclusivement issues de sélection par croisement ou par mutation. La classe politique et la société se posent actuellement la question de savoir si et dans quelles conditions juridiques les plantes modifiées par édition génomique devraient avoir une place en Suisse à l'avenir. En tout état de cause, il est essentiel que la Suisse continue à jouer un rôle de premier plan dans la recherche avec et sur l'édition génomique afin qu'elle contribue activement aux discussions sur les applications, les conséquences et les conditions cadres dans un monde globalisé et puisse assumer sa responsabilité sur le plan international.

1 – 10 Les références bibliographiques et la littérature supplémentaire se trouvent dans la version en ligne du factsheet sur academies-suisses.ch/fr/factsheets

MENTIONS LÉGALES

EDITRICE ET CONTACT
Académie suisse des sciences naturelles (SCNAT) • Forum Recherche génétique
Maison des Académies • Laupenstrasse 7 • Case postale • 3001 Berne • Suisse
+41 31 306 93 34 • geneticresearch@scnat.ch • geneticresearch.scnat.ch

RÉDACTION
Luzia Guyer • Sandro Käser • Franziska Oeschger

AUTEURES ET AUTEURS
Ueli Grossniklaus (Université de Zurich) • Monika Messmer (Institut de recherche de l'agriculture biologique FiBL) • Roland Peter (Agroscope) • Jörg Romeis (Agroscope) • Bruno Studer (ETH de Zurich)

RÉVISION
Roland Kölliker (SSA, ETH de Zurich) • Adrian Rüegsegger (Fondation pour l'évaluation des choix technologiques TA-SWISS) • Olivier Sanvido (SECO) • Roman Ulm (Université de Genève) • Michael Winzeler (ex Agroscope)

TRADUCTION ET CORRECTION
CVB International – Martine Jotterand

ILLUSTRATIONS ET MISE EN PAGE
Natascha Jankovski

1re Édition, 2020

Cette fiche d'information a été préparée par le Forum Recherche génétique en coopération avec la Plateforme Biologie et la Société suisse d'agronomie (SSA).

Citation : U Grossniklaus, M Messmer, R Peter, J Romeis et B Studer (2020) La sélection végétale – du croisement classique à l'édition génomique. Swiss Academies Factsheet 15 (3)

ISSN (print): 2297–1580 • ISSN (online): 2297–1599

DOI: 10.5281/zenodo.3696609

Vol. 15, No. 3, 2020

scnat
académie des sciences naturelles

swiss academies
factsheets

academies-suisses.ch

La sélection végétale – du croisement classique à l'édition génomique

Ravageurs, changement climatique, appauvrissement des ressources – de nouvelles variétés de plantes sont constamment nécessaires pour produire suffisamment d'aliments de haute qualité qui respectent autant que possible l'environnement. Quelle que soit la plante cultivée, le principe de base de la sélection est toujours le même : la diversité génétique. Soit cette diversité est d'origine naturelle soit elle a été créée par l'homme au moyen de diverses méthodes. Les plantes sélectionnées sont décrites de manière détaillée, évaluées pendant plusieurs années et enfin, après obtention d'une autorisation officielle, inscrites au catalogue des variétés. Ces dernières décennies, la palette des méthodes de sélection végétale s'est sans cesse élargie. La sélection par mutation permet d'augmenter la diversité génétique et le génie génétique est capable d'introduire des gènes à travers la barrière des espèces. Depuis peu, un nouvel outil, l'édition génomique, permet de modifier de manière ciblée un endroit spécifique du patrimoine génétique des plantes cultivées.

La sélection végétale contribue à assurer et à améliorer les rendements et la qualité des produits végétaux à long terme.[1] Elle vise à créer des plantes qui combinent résistance aux maladies et ravageurs, haute qualité et rendement stable. S'ajoutent aujourd'hui de grands défis posés par la raréfaction des ressources et les changements climatiques.[2] C'est pourquoi les recherches ciblent par exemple le développement de variétés végétales qui résistent mieux à la sécheresse, la chaleur et au manque de nutriments.

Conjugué au commerce mondial, le changement climatique peut également contribuer à ce que de nouvelles maladies végétales et de nouveaux ravageurs se disséminent plus rapidement et s'établissent ainsi à des endroits où ils n'étaient pas encore répertoriés jusqu'ici. Les résistances aux agents pathogènes et aux ravageurs constituent donc un autre objectif important de la sélection visant à réduire l'usage des pesticides.

L'utilisation efficace des nutriments et de l'eau reste en outre une priorité de la sélection végétale par exemple pour réduire les besoins en engrais minéraux.[3,4] Enfin, la sélection végétale tient également compte des besoins des consommatrices et consommateurs ainsi que de ceux du marché.

Quelle que soit l'espèce cultivée et quels que soient les objectifs de la sélection, la sélection végétale repose toujours sur le même principe. Lorsque l'on souhaite modifier une propriété spécifique, on répertorie tout d'abord la diversité génétique correspondante ou on la crée. Ensuite, on sélectionne les plantes avec les caractéristiques souhaitées puis on continue à les optimiser afin que, après avoir passé un examen de sélection indépendant, elles soient admises comme variétés nouvelles.[5]

Matériel génétique
plante sauvage
plante cultivée
autre organisme

Modification
souhaitée
non souhaitée

1 Élargissement de la diversité génétique

Toute forme de sélection repose sur la diversité génétique. Dès les débuts de l'agriculture, les hommes ont sélectionné les plantes avec les caractéristiques souhaitées parmi la diversité existante et les ont multipliées de manière ciblée. Dans la sélection végétale actuelle, la première étape du processus de sélection consiste à augmenter la diversité génétique. Il est possible de recombiner des variantes génétiques existantes, par ex. par croisement avec d'autres plantes cultivées ou sauvages de la même espèce ou d'espèces apparentées. Les mutations contribuent également à l'augmentation de la diversité génétique. Elles surviennent spontanément ou résultent d'influences environnementales (soleil, stress) de même qu'elles peuvent être induites intentionnellement en grand nombre par le processus de sélection. Souvent, les mutations n'apportent aucun avantage, mais parfois elles s'accompagnent de propriétés nouvelles et précieuses. Le génie génétique classique permet d'intégrer des propriétés souhaitées dans une lignée aussi bien au sein d'une espèce (cisgénique) qu'à travers la barrière des espèces (transgénique). Enfin, l'édition génomique peut être utilisée de différentes façons afin de modifier de manière ciblée les bases génétiques d'une lignée.

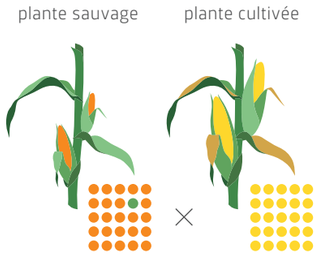
2 Sélection et optimisation

La méthode de sélection consiste à choisir pas à pas les plantes avec une propriété souhaitée (par ex. une résistance aux maladies). Pour ce faire, on décrit (phénotypage), évalue et sélectionne les descendants obtenus sous conditions contrôlées ou en plein champ. Souvent, l'analyse de certains marqueurs génétiques individuels ou de milliers de marqueurs permet d'identifier les individus porteurs des propriétés souhaitées. On parle alors de sélection assistée par marqueurs ou de sélection génomique. Suivant la méthode, il peut être nécessaire d'optimiser la descendance par un certain nombre de croisements, fixant ainsi les propriétés souhaitées et éliminant celles qui ne le sont pas. Si les nouvelles propriétés se sont combinées de manière satisfaisante à d'autres propriétés positives, il en résultera des candidats à de nouvelles variétés.

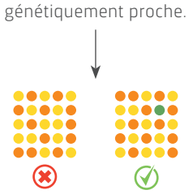
3 Examen des variétés et admission

Après un processus de sélection de plusieurs années et essais en plein champ, les favoris sont soumis à l'Office fédéral de l'agriculture en vue de leur admission comme nouvelles variétés. Ces candidats variétaux servent en outre de point de départ pour d'autres sélections. Avant l'admission au catalogue des variétés, les nouvelles variétés végétales sont testées par un organisme de contrôle indépendant à la demande de l'Office fédéral de l'agriculture. Afin qu'une nouvelle variété puisse être reconnue en tant que telle, elle doit se distinguer d'autres variétés et être homogène et génétiquement stable. Les variétés pour les grandes cultures sont en plus soumises à l'examen de l'aptitude culturale et la valeur d'utilisation.[6] En Suisse, les variétés admises à la culture sont aujourd'hui exclusivement issues de la sélection par croisement ou par mutation. Concernant la culture de plantes génétiquement modifiées, la Suisse applique un moratoire depuis 2005. A l'heure actuelle en Suisse et dans l'Union Européenne, les variétés produites par édition génomique sont considérées comme des plantes génétiquement modifiées et relèvent donc des mêmes dispositions. En Suisse, la question de savoir si ces dispositions devraient être adaptées pour certaines formes d'édition génomique est en cours d'examen.

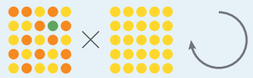
Sélection par croisement



Une propriété souhaitée (par ex. une résistance aux maladies) est transmise à une variété existante par croisement avec une plante cultivée ou sauvage ou une espèce génétiquement proche.

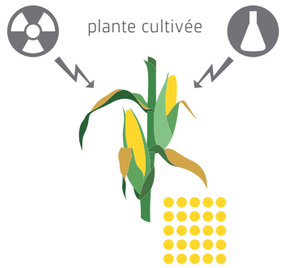


Chez les descendants, les informations génétiques des plantes mères se mélangent et aboutissent à de nouvelles combinaisons aléatoires de propriétés souhaitées et non souhaitées.

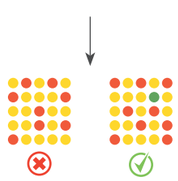


Les descendants sélectionnés sont ensuite optimisés par plusieurs rétrocroisements avec cette variété.

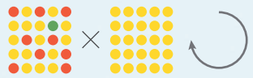
Sélection par mutation



On génère des mutations aléatoires dans le génome d'une plante cultivée en la soumettant à une irradiation ou à un traitement par des produits chimiques.

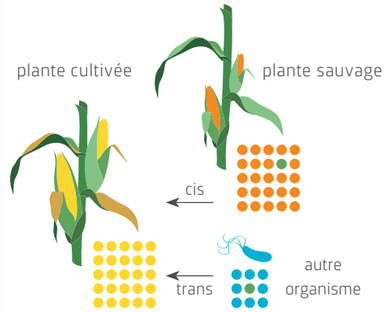


En plus de la mutation souhaitée engendrée aléatoirement, le génome présente également un nombre incalculable de modifications non souhaitables.

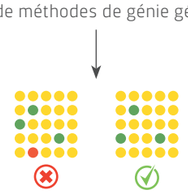


Les descendants sélectionnés sont alors débarrassés de ces mutations indésirables par plusieurs rétrocroisements puis continuent à être optimisés.

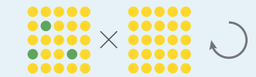
Génie génétique classique



Un ou plusieurs gènes issus d'une autre espèce (transgénique) ou d'une plante sauvage ou cultivée de la même espèce (cisgénique) sont introduits dans la variété cultivée au moyen de méthodes de génie génétique.



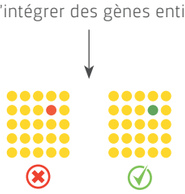
Ce procédé consiste à incorporer le nouveau gène une ou plusieurs fois dans un endroit aléatoire du génome, ce qui peut parfois entraîner des modifications indésirables.



Les descendants sélectionnés sont ensuite optimisés au moyen de croisements supplémentaires.

Édition génomique

Le génome d'une variété est modifié à l'aide de procédés d'édition génomique. Ces procédés permettent de modifier aléatoirement des gènes précis, de les réécrire de manière ciblée ou d'intégrer des gènes entiers.



Les modifications souhaitées sont générées à un endroit spécifique prédéterminé au sein du génome de la plante. Des modifications indésirables ne s'observent que rarement.

Dans certains cas, les descendants sélectionnés doivent encore faire l'objet de croisements supplémentaires afin d'être optimisés.

Littérature

1 R Braun, U Grossniklaus, D Gygax, S Kohler, P Matthias, J Romeis, O Sanvido und P Stieger (2013) Les plantes cultivées génétiquement modifiées et leur importance pour une agriculture durable en Suisse. Académies suisses des sciences.

2 Office fédéral de l'agriculture (2016) Stratégie Sélection végétale 2050. Berne.

3 A Walter *et al.* (2014) Sélection végétale suisse – analyse spatiale, temporelle et thématique de la situation. Recherche agronomique suisse, 5 (9), 366-373.

4 TA-SWISS (2019) Genome Editing: Interdisziplinäre Technikfolgenabschätzung. vdf Hochschulverlag AG, 70, Zurich.

5 Office fédéral de l'agriculture (2017) Instructions de l'Office fédéral de l'agriculture relatives à la procédure d'enregistrement dans le catalogue des variétés. Berne.

6 Office fédéral de l'agriculture (2008) Variétés, semences et plants en Suisse. Berne.

7 A Zsögön *et al.* (2018) De novo domestication of wild tomato using genome editing. Nature Biotechnology, 36, 1211-1216.

8 M M Andersen *et al.* (2015) Feasibility of new breeding techniques for organic farming. Trends in Plant Sciences, 20:7, 426-34.

9 L Grohmann *et al.* (2019) Detection and identification of genome editing in plantschallenges and opportunities. Frontiers in Plant Science, 10:236.

10 Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina, Deutsche Forschungsgemeinschaft und Union der deutschen Akademien der Wissenschaften (2019) Wege zu einer wissenschaftlich begründeten, differenzierten Regulierung genomeditierter Pflanzen in der EU / Towards a scientifically justified, differentiated regulation of genome edited plants in the EU. Halle (Saale).

Littérature supplémentaire

- J Carlin (2011) Mutations are the raw materials of evolution. Nature Education Knowledge, 3(10):10 https://www.nature.com/scitable/knowledge/library/mutations-are-the-raw-materials-of-evolution-17395346/
- Forschungsinstitut für biologischen Landbau (2012) Techniken der Pflanzenzüchtung https://shop.fibl.org/chde/mwdownloads/download/link/id/151/
- Max-Planck-Institut für Molekulare Pflanzenphysiologie, Geschäftsstelle PLANT 2030 (2019) GENOMXPRESS SCHOLÆ 6: Genomeditierung bei Nutzpflanzen https://www.pflanzenforschung.de/de/schule-studium/genomxpress-scholae/gxp-06
- M Messmer (2011) Dossier zur Beschreibung und Beurteilung von Züchtungsmethoden für den ökologischen Landbau https://orgprints.org/20044/1/__Dossier_Züchtungsmethoden_DEUTSCH_V41_.pdf
- https://www.transgen.de
- https://www.pflanzenforschung.de/de/home
- https://www.fibl.org/fr/sujets/selection-vegetale.html
- https://www.blw.admin.ch/blw/fr/home/nachhaltige-produktion/pflanzliche-produktion/pflanzenzuechtung.html