

Sélection végétale

# A la recherche des super-variétés

Avec la prolongation du moratoire sur le génie génétique, aucun organisme génétiquement modifié ne pourrait être mis en circulation en Suisse. La sélection végétale classique crée sans relâche et sans génie génétique des plantes plus performantes. Quelle marge de progression lui reste-t-il avec ses méthodes et quels sont les nouveaux défis ?

Depuis 2005, le moratoire suisse sur le génie génétique interdit la mise en circulation d'organismes créés à l'aide de techniques génétiques. Le Conseil fédéral souhaite le prolonger une quatrième fois en 2021. Lors des consultations, les « nouvelles méthodes de sélection végétale » (encadré 1), qui peuvent uniquement être utilisées dans la recherche, seront aussi abordées. Ces techniques devraient permettre d'atteindre plus efficacement des objectifs sur lesquels la sélection végétale classique travaille depuis longtemps.

## Une histoire de gènes

La faculté d'une plante à produire beaucoup de biomasse repose entre autres sur de nombreux gènes, leurs variations et leurs combinaisons. Toutefois, le développement d'une plante au champ dépend aussi de

l'environnement et de la manière dont les gènes s'expriment dans ce milieu. Il se peut que les descendants de ces plantes soient de mauvais producteurs de biomasse parce qu'ils n'ont pas reçu les « bons » gènes ou que les parents avaient profité d'une année optimale. Des essais

en plein champ sur plusieurs années restent donc nécessaires pour plus de sécurité. Des méthodes moléculaires et statistiques sont disponibles depuis les années 2000, ce qui facilite quelque peu le travail des sélectionneurs et sélectionneuses. Les caractéristiques qui sont contrôlées par

### Exemples de « nouvelles méthodes de sélection végétale »

Méthode	Description	Exemples*
Plantes cisgéniques	Transfert de gènes isolés du même genre végétal.	Résistance à la tavelure provenant de pommiers sauvages.
RNAi Silencing	Un mécanisme naturel de défense contre les virus est utilisé. Des gènes sont désactivés.	Pommes de terre produisant moins d'acrylamide.
Edition génomique (CRISPR-Cas9 et autres)	Correspond aux défenses immunitaires des bactéries. Mutations ciblées où l'ADN est coupé à un endroit défini.	Cacahuètes sans allergènes.

\* Souvent, plusieurs méthodes permettent d'atteindre cet objectif.

Photo en haut : Dans le cadre de la sélection du blé réalisée à Agroscope Changins, chaque année, jusqu'à 25 000 lignées de blé sont évaluées visuellement par le sélectionneur de blé.

Photo : Carole Parodi, Agroscope



quelques gènes connus peuvent notamment être prédites de manière assez fiable en laboratoire.

### Sélection de lignées pour le blé

Les premières années après le croisement, le sélectionneur de blé recherche les plantes avec les meilleures caractéristiques, en considérant les techniques culturales et les conditions locales. La deuxième phase dure cinq ans, voire davantage : les performances des lignées de ces plantes (descendants issus de l'autofécondation) sont évaluées sur des sites répartis dans différentes régions de Suisse. On étudie alors les tolérances aux situations de stress, telles que la sécheresse, et les résistances aux maladies ainsi qu'aux ravageurs. Pour le blé, on considère aussi la qualité boulangère et la valeur nutritionnelle. Depuis 2017, Agroscope recourt à la sélection génomique (sélection au moyen d'une valeur calculée à partir de l'analyse du génome) pour la sélection de

blé. Quoi qu'il en soit, la sélection ne peut pas travailler sans diversité génétique, car rien ne pourrait être modifié sinon. Pour obtenir davantage de diversité, on recourt aussi à des espèces apparentées. Le blé offre cette possibilité car il provient de trois espèces. Des mutations observées ou provoquées, comme la capacité à produire des pailles courtes, sont aussi utiles. Actuellement, il faut compter au moins douze ans depuis les premières étapes jusqu'à la commercialisation d'une variété.

### Sélection d'hybrides pour le maïs

Pour la sélection d'hybrides de maïs, des lignées des meilleurs hybrides sont croisées entre elles de manière ciblée. Développer des lignées demande beaucoup de temps et de travail, car les plantes doivent être au-

tofécondées plusieurs fois et les performances s'en trouvent souvent diminuées. Car contrairement au blé, le maïs est une espèce allogame (fécondation croisée). L'objectif de sélection numéro un est le rendement, suivi de la précocité et de la qualité du fourrage pour le maïs ensilage. Chez Delley Semences et plantes (DSP; Delley, FR), on compte environ neuf ans entre la réalisation des premiers croisements et l'obtention d'une variété. Le recours à diverses technologies a permis d'énormes progrès dans la création de lignées (méthode des haploïdes doublés) et dans la réalisation d'essais de rendement (technique de semis et de récolte, numérisation). Les méthodes moléculaires ont encore accéléré le processus de la sélection. Très coûteuse, la sélection génomique est de plus en plus utilisée dans les grandes entreprises. En raison de la concurrence accrue et des besoins élevés en technologie, seules quelques entreprises sont encore actives aujourd'hui dans la sélection du maïs.

### Sélection clonale pour la pomme de terre

Les pommes de terre sont multipliées par voie végétative, par les tubercules. Les descendants sont donc tous des clones de la plante mère. La sélection des pommes de terre n'a presque pas changé depuis près d'un siècle : après un croisement, on fait pousser des plantes à partir de graines puis on multiplie leurs tubercules par voie végétative. Ces descendants sont testés puis sélectionnés à plusieurs reprises pendant quelques années. Les caractéristiques importantes sont liées aux quatre segments du marché que sont la consommation, les chips, les frites et la production d'amidon. En fonction du segment, l'aptitude à la transformation, l'aspect, les composants ou l'aptitude au stockage

**La sélection ne peut pas travailler sans diversité génétique.**

## Les sélectionneurs font des projections



**Dr Christoph Grieder**  
sélectionneur de plantes fourragères  
Agroscope à Zurich, Reckenholz (ZH)

### Quels seront les objectifs de sélection importants à l'avenir ?

C'est clairement la tolérance à la sécheresse. C'est pourquoi nous soumettons les ray-grass à la sécheresse dans des tunnels en plastique, par exemple. La fétuque élevée et le dactyle sont, eux, tolérants à la sécheresse. Nous essayons d'améliorer la digestibilité de ces espèces et de les adapter à la culture suisse.

### La marge de progression est-elle encore grande ?

Pour les plantes fourragères, nous calculons une augmentation du rendement de 3 à 4% par décennie. Cette valeur devrait se maintenir, même si la sécheresse estivale pourrait freiner la progression. Nous espérons augmenter les progrès de la sélection par le recours à des méthodes telles que la sélection génomique.

### Pour quel objectif de sélection le génie génétique/les nouvelles méthodes de sélection seraient-ils les plus pertinents ?

Les graminées fourragères présentant une faible rétention des graines, les graines mûres tombent rapidement au sol. Si le gène impliqué était désactivé ou modifié, ce caractère, et donc le rendement en semences, pourraient être rapidement améliorés.

### Si le génie génétique/les nouvelles méthodes de sélection étaient largement autorisés, seraient-ils rapidement utilisés pour votre culture ?

Il faut encore davantage de recherche fondamentale pour les plantes fourragères. Il faudrait donc attendre encore quelques années avant de les utiliser.



**Dr Dario Fossati**  
sélectionneur de blé  
Agroscope à Changins (VD)



**Dr Alexandre Strigens**  
sélectionneur de maïs  
Delley Semences et plantes SA, Delley (FR)



**Dr Vanessa Prigge**  
sélectionneuse de pommes de terre  
SaKa Pflanzenzucht, Windeby (DE);  
*En collaboration avec le groupe Solana.*



**Dr Michael Stange**  
ancien sélectionneur de betteraves  
sucrières  
Strube, Söllingen (DE)

*chef de produit Betterave sucrière et enseignant actif à la Haute école des sciences agro-nomiques, forestières et alimentaires HAFL*

L'adaptation au stress hydrique et thermique gagne en importance. Cependant, l'évolution du climat a aussi un impact sur la qualité et sur le stress causé par de nouveaux pathogènes ou par une évolution de la pression de maladies existantes.

La stabilité du rendement ainsi que la tolérance à la chaleur et à la sécheresse. En outre, un développement juvénile et une couverture du sol rapides sont importants pour la culture sans herbicides.

Le *convenience food* a ouvert un nouveau segment de marché. Les tolérances à la sécheresse, à la chaleur et aux inondations ainsi que les résistances contre de nouvelles maladies sont au centre de l'attention, tout comme les résistances contre les virus et les insectes, pour pallier à la disparition de nombreux produits phytosanitaires.

La recherche porte sur des résistances contre les virus de la jaunisse et le SBR. L'importance de la chaleur et de la sécheresse augmente, notamment à cause des attaques accrues de cercosporiose et de rhizomanie qui y sont liées. L'objectif est d'assurer des rendements élevés et stables dans des conditions environnementales changeantes, également sans traitements chimiques.

Dans certaines régions du monde, les effets négatifs du climat sont déjà supérieurs aux progrès génétiques accomplis. En Europe, les rendements des céréales stagnent depuis l'an 2000. Réussir à suivre l'évolution du climat tout en intégrant les exigences croissantes de la filière devient de plus en plus difficile.

Les rendements du maïs augmentent actuellement de 1% par an et cela ne semble pas diminuer. Une partie de la hausse repose sur le réchauffement climatique, mais la sélection en reste la raison principale. Le progrès n'est pas encore près de stagner. La situation est différente pour la qualité du fourrage, car on vise un optimum entre la stabilité de la tige, la proportion d'épis et la digestibilité du reste de la plante.

En raison du grand nombre de caractères importants, l'intensité de sélection par caractère est assez faible. L'augmentation des performances est par conséquent plus faible que chez d'autres espèces cultivées. Des décennies de sélection pour une maturité précoce et une résistance aux maladies permettent d'obtenir des rendements en tubercules élevés, même dans le cadre d'une période de végétation nettement plus courte et sous la pression des maladies.

Pour la betterave sucrière, le progrès de la sélection se situe actuellement entre 1 et 2% d'augmentation du rendement en sucre par an. On peut s'attendre à ce que celui-ci reste élevé ces prochaines années, car les variétés sont moins sensibles aux maladies grâce à la sélection intensive de la tolérance. Un plateau sera atteint à long terme pour la teneur en sucre, car ce caractère est plafonné d'un point de vue physiologique.

On pourrait intégrer des caractères qui ne peuvent pas ou presque pas l'être avec la sélection classique. Il serait aussi très utile de désactiver des caractères négatifs, comme les allergènes. Améliorer le rendement est probablement plus difficile, car il est influencé par de très nombreux gènes.

J'entrevois du potentiel pour les caractères liés à la qualité, comme la digestibilité et la teneur en nutriments, ou dans les résistances aux maladies, telles que la fusariose et l'helminthosporiose. Bien qu'un peu plus compliquée en raison de la complexité des caractères mais revêtant un grand intérêt, l'édition de gènes pourrait contribuer à une plus grande tolérance au stress lié à la chaleur, à la sécheresse et au manque d'azote et de phosphore.

Le génie génétique ne peut apporter un progrès que si un gène ou quelques gènes déterminent une caractéristique et que la variabilité souhaitée n'existe pas dans le pool génétique existant. Des faibles teneurs en acrylamide dans les variétés de transformation posent des difficultés à la sélection classique, car il faut intervenir dans le métabolisme des hydrates de carbone et des acides aminés. Des modifications ciblées du génome – déjà réalisées aux Etats-Unis – pourraient être très utiles. On pourrait aussi créer une résistance durable à *Phytophthora* en combinant plusieurs gènes de résistance ou en désactivant des facteurs de sensibilité.

Ce serait pertinent pour les tolérances ou les caractéristiques héréditaires qui sont transmises par un nombre restreint de gènes. L'accent ne serait donc pas mis sur des caractères complexes, comme le rendement.

Il existe, dans des laboratoires étrangers, des exemples probants de l'utilité des nouvelles méthodes de sélection pour le blé. Une variété de blé avec un faible risque d'acrylamide dans le pain sera probablement testée l'an prochain en Angleterre. Une fois qu'un caractère se trouve dans une variété, cette dernière peut ensuite être utilisée en tant que parent pour des croisements classiques. Nous aurions le savoir-faire nécessaire pour utiliser rapidement ces méthodes.

Toute une palette de variétés de maïs OGM a déjà été développée aux Etats-Unis. Il n'est toutefois pas certain que les caractères introduits soient utiles en Suisse, avec nos rotations assez diversifiées. Concernant l'édition génomique, il faudrait vraisemblablement patienter encore quelques temps avant de trouver des gènes cibles ayant une efficacité utile. Il y a un grand pas à franchir entre le laboratoire et le champ.

A travers des coopérations dans le domaine de la recherche, nous participons activement à l'établissement des techniques de sélection telle l'édition génomique. Une fois les aspects juridiques réglés, nous serions prêts à développer des variétés de pommes de terre sur mesure à l'aide de mutations ciblées.

Les nouvelles méthodes de sélection pourraient être rapidement introduites dans la sélection de la betterave sucrière, car elles peuvent être utilisées sans trop de travail ou de dépenses par les entreprises de sélection de taille moyenne. Il faudrait toutefois du temps avant que de telles variétés se retrouvent en agriculture conventionnelle.



**Récolte de pollen de trèfle violet pour polliniser à la main une autre plante, de manière ciblée.** Photo : Simone Günter, Agroscope

jouent un rôle plus ou moins grand et différentes résistances prévalent suivant la région de production. Au total, les sélectionneurs considèrent plus de 50 caractères importants pour la sélection. Il faut compter une quinzaine d'années entre le croisement et l'obtention d'une variété commercialisable. Ce processus de longue haleine est dû au faible taux de multiplication (environ dix tubercules par plante) et à la difficulté de

maintenir les cultures en bonne santé. Le risque de transmission d'infections virales ou bactériennes par les tubercules est en effet élevé. Quelques tendances s'orientent vers la sélection d'hybrides. La multiplication s'effectuerait par les semences et éliminerait de nombreux inconvénients. Des méthodes de détection moléculaires, notamment de résistances, ont amélioré la sélection des pommes de terre.

### Sélection de betteraves sucrières hybrides

Pour créer une nouvelle variété de betterave, on commence par croiser ce que l'on appelle un parent d'élite avec une plante possédant une caractéristique souhaitée. La caractéristique recherchée est analysée chez les descendants à l'aide de marqueurs et de biotests. Des hybrides tests sont créés à partir des plantes sélectionnées. Ils sont ensuite soumis à de longues phases de sélection dans le cadre d'essais en plein champ intensifs. Les objectifs de sélection pour la betterave sont liés à la compétitivité et à une production durable de sucre. Parmi eux figurent la stabilité du rendement, également sans traitements chimiques, la teneur en sucre ainsi que la tolérance à la cercosporiose, à la rhizomanie et aux nématodes. Des résistances contre les virus de la jaunisse et le SBR (syndrome des basses richesses) sont

d'autant plus importantes depuis l'interdiction des néonicotinoïdes. La tolérance au stress dû à la chaleur et à la sécheresse gagne aussi en importance, car ces phénomènes peuvent accentuer les maladies. Une dizaine d'années s'écoule entre le premier croisement et la variété finale. Les méthodes moléculaires et biotechnologiques, qui sont monnaie courante, ont optimisé la sélection.

### Sélection de populations pour les plantes fourragères

Pour les plantes fourragères, les meilleurs individus d'une grande population sont sélectionnés. Seuls ceux-ci peuvent se féconder mutuellement et produire des descendants. Ce procédé peut être répété plusieurs fois. Les descendants constituent une nouvelle variété potentielle. Les critères importants sont le rendement en fourrage, la persistance et la qualité de la biomasse (surtout la digestibilité). Des résistances contre les rouilles et le flétrissement bactérien (chez les graminées) ou contre l'antracnose et la sclérotiniose (chez les trèfles) sont aussi recherchées. Le rendement en semences est économiquement très important. C'est pourquoi Agroscope accorde de plus en plus d'attention à ce caractère. Après le premier nouveau croisement, il s'écoule bien 18 ans avant que l'agriculteur puisse acheter de la semence certifiée d'une variété. Au niveau international, on s'évertue aussi à créer des hybrides. Depuis plus de 50 ans, on utilise la méthode du doublement du génome grâce à la colchicine (alcaloïde provenant du colchique) chez les plantes fourragères. Suivant l'espèce, les variétés ainsi obtenues se caractérisent par un potentiel de rendement plus élevé et une meilleure digestibilité. Agroscope recourt par ailleurs à des méthodes moléculaires pour améliorer la résistance du ray-grass italien à la rouille couronnée. ■

### Des variétés conventionnelles en production biologique ?

Dans les faits, environ la moitié des semences de blé certifiées vendues en production biologique sont des variétés conventionnelles. Les variétés conventionnelles de maïs, de betteraves sucrières et de pommes de terre poussent aussi très bien dans des conditions bio. Quant aux plantes fourragères, les limites entre les modes de production sont floues, car les traitements phytosanitaires sont quasi inexistantes et la fumure est en partie organique.

Les objectifs de sélection des deux modes de production sont en majeure partie identiques. La pondération peut cependant différer. Ainsi, l'agriculture biologique se concentre sur une levée vigoureuse et homogène ainsi qu'un développement juvénile et une couverture du sol rapides. C'est essentiel pour concurrencer les adventices et prévenir les maladies. Quant à la betterave sucrière, celle-ci doit présenter des teneurs en sucre élevées en cas de récolte précoce, car la campagne des betteraves sucrières bio débute déjà en septembre dans la plupart des sucreries. Dans la sélection des pommes de terre bio, on travaille particulièrement sur les résistances contre les maladies, telles que le mildiou ou le rhizoctone, et les ravageurs, tels que le ver fil de fer. Après plusieurs décennies de travail, une résistance contre le mildiou a pu être transférée d'espèces sauvages dans de nouvelles variétés.

De nombreux programmes de sélection conventionnels effectuent aussi des tests dans des conditions bio afin de ne pas rater des candidats adéquats.

#### Auteure

Dr Katharina Kempf, Revue UFA, 8401 Winterthur