

CRÉATION VARIÉTALE CHEZ LES PLANTES CULTIVÉES

Des méthodes conventionnelles
aux outils modernes

André Gallais



Les notions essentielles

35 schémas pédagogiques

Une synthèse par chapitre

éditions
Quæ

CRÉATION VARIÉTALE CHEZ LES PLANTES CULTIVÉES

**DES MÉTHODES CONVENTIONNELLES
AUX OUTILS MODERNES**

Dans la même collection

Une recherche responsable — L'intégrité scientifique

Marianne Alunno-Bruscia, Christian Duquennoi, Philippe Goulletquer, Estelle Jaligot,
Antoine Kremer, Françoise Simon-Plas, 2023, 64 p.

L'écotoxicologie en questions

Isabelle Lamy, Juliette Faburé, Christian Mougin, Soizic Morin, Marie-Agnès Coutellec,
Laurence Denaix, Fabrice Martin-Laurent, 2022, 72 p.

Le bien-être des animaux d'élevage — Évaluer le bien-être animal

Luc Mounier (coord.), 2021, 72 p.

Le bien-être des animaux d'élevage — Améliorer le bien-être animal

Luc Mounier (coord.), 2022, 72 p.

Pour citer cet ouvrage :

André Gallais, 2025. *Création variétale chez les plantes cultivées*.

Des méthodes conventionnelles aux outils modernes. Versailles, éditions Quæ, 72 p.

<https://doi.org/10.35690/978-2-7592-3951-1>

Éditions Quæ

RD 10

78026 Versailles Cedex, France

www.quae.com

www.quae-open.com

© Éditions Quæ, 2025

ISBN papier : 978-2-7592-3950-4

ISBN PDF : 978-2-7592-3951-1

ISBN ePub : 978-2-7592-3952-8

ISSN : 2779-5012

CRÉATION VARIÉTALE CHEZ LES PLANTES CULTIVÉES

**DES MÉTHODES CONVENTIONNELLES
AUX OUTILS MODERNES**

André Gallais

Quæ^{éditions}

AVANT-PROPOS

À une époque où l'amélioration des plantes par l'utilisation de certaines biotechnologies moléculaires est parfois contestée, le but de cet ouvrage est de présenter simplement, mais précisément, ce que sont l'amélioration des plantes et la création de variétés, avec les méthodes et les outils à la disposition du sélectionneur, des plus anciens aux plus récents issus de la biologie moléculaire. Nous montrons en particulier que les nouveaux outils permettent souvent d'atteindre plus rapidement les objectifs visés par le sélectionneur depuis toujours, à savoir associer dans une même variété le plus grand nombre de gènes favorables pour les caractères sélectionnés et présents chez les espèces cultivées ou leurs apparentées sauvages ; de plus, certains outils peuvent apporter une variabilité génétique nouvelle, d'intérêt pour contribuer au développement d'une agriculture durable et à l'adaptation des cultures au changement climatique.

D'une façon générale, pour répondre aux demandes de l'agriculture et des utilisateurs des produits agricoles (industriels, consommateurs) ainsi qu'à celles de la société pour ce qui concerne la santé et l'environnement, le but de l'amélioration des plantes est en effet de réunir dans une même population, appelée variété, le maximum de caractères favorables pour la culture et pour l'utilisation des productions des plantes cultivées. L'ouvrage présente les méthodes et les outils de l'amélioration des plantes disponibles aujourd'hui, avec les éléments de génétique nécessaires à leur compréhension. Il s'agit de répondre de façon simple à trois grandes questions, constituant chacune un chapitre de l'ouvrage : Qu'est-ce qu'une variété dans le domaine de l'amélioration des plantes ? Quels sont les outils utilisés ou utilisables par le sélectionneur de plantes ? Comment crée-t-on une variété ? Nous nous limitons à ces questions, qui ne couvrent pas toutes les problématiques de l'amélioration des plantes : ainsi, dans le premier chapitre, nous ne faisons que mentionner les caractères sur lesquels a porté et porte aujourd'hui l'amélioration des plantes et nous n'évoquons qu'en conclusion la filière Semences et plants mise en place pour assurer à l'agriculteur des semences ayant les qualités génétique, sanitaire et germinative attendues afin qu'elles soient le véhicule des améliorations génétiques réalisées sur les différents caractères sélectionnés.

La présentation se veut la plus simple et la plus brève possible, tout en restant rigoureuse et suffisamment complète dans la description des aspects d'un outil ou d'une méthode de sélection. Les termes scientifiques sont définis dans un glossaire à la fin de l'ouvrage. Les figures en couleur, nombreuses, complètent le texte de manière pédagogique et aident à l'explication des notions, des phénomènes, ou du principe d'un outil ou d'une méthode de sélection.

L'ouvrage s'adresse à un lectorat non spécialiste de la thématique, mais intéressé par la génétique et par l'amélioration des plantes, et possédant quelques bases en biologie. Il s'adresse notamment aux lycéens, aux étudiants en deuxième et en troisième cycle universitaire et à leurs professeurs de sciences biologiques, mais aussi aux techniciens, aux ingénieurs et aux responsables de programmes désirant disposer d'un panorama des méthodes et outils de l'amélioration des plantes disponibles aujourd'hui. Il expose des notions fondamentales dans ce domaine, constituant ainsi une base à un éventuel approfondissement.

SOMMAIRE

Avant-propos	4
1. Qu'est-ce qu'une variété en amélioration des plantes ?	6
1.1. L'amélioration des plantes et la création de variétés : un vieux métier.....	6
1.2. Ce qu'est, aujourd'hui, une variété en amélioration des plantes.....	7
1.3. Pourquoi des variétés homogènes ?.....	9
1.4. Quels sont les différents types de variétés ?	11
1.5. Pourquoi le sélectionneur choisit-il tel type de variété ?	18
<i>À retenir</i>	19
2. Quels sont les outils à la disposition du sélectionneur ?	20
2.1. Les outils conventionnels.....	20
2.2. Des outils pour apporter une nouvelle variabilité génétique.....	29
2.3. Des outils pour mieux utiliser la variabilité génétique : les marqueurs moléculaires du génome.....	37
<i>À retenir</i>	44
3. Comment crée-t-on une variété ?	45
3.1. Comment crée-t-on une variété lignée ?	45
3.2. Comment crée-t-on une variété hybride ?	48
3.3. Comment crée-t-on une variété synthétique et une variété clone ?	52
3.4. La sélection conservatrice.....	55
<i>À retenir</i>	55
En guise de conclusion : toute une organisation pour véhiculer le progrès génétique au niveau de l'agriculteur	56
<i>À retenir</i>	58
Quiz	59
Glossaire	67
Pour en savoir plus	71

1. Qu'est-ce qu'une variété en amélioration des plantes ?

La notion de variété est très liée à l'amélioration des plantes ; elle en est même le résultat. Pour comprendre ce qu'est une variété en amélioration des plantes, il faut remonter aux origines de l'agriculture, il y a dix mille ans environ. En effet, dès le début de l'agriculture, le ressemis des graines récoltées sur les plantes présentant un intérêt pour l'homme a conduit à des populations de plantes cultivées répondant de mieux en mieux aux besoins de l'homme ; ces populations peuvent être considérées

comme des protovariétés. Depuis le milieu du XIX^e siècle, l'activité de sélection de populations s'est progressivement séparée du métier d'agriculteur. Aujourd'hui, les populations cultivées par les agriculteurs, appelées variétés, sont le plus souvent mises au point par les sélectionneurs avec des outils plus efficaces que la simple sélection par l'agriculteur ; à travers des semences de qualité, elles permettent l'expression de l'amélioration réalisée sur différents caractères d'intérêt agronomique.

1.1. L'AMÉLIORATION DES PLANTES ET LA CRÉATION DE VARIÉTÉS : UN VIEUX MÉTIER

L'amélioration des plantes est née avec le début de leur domestication au néolithique, de façon simultanée avec le développement de l'agriculture, lorsque l'homme, alors nomade et vivant des plantes ou des parties de plantes (racines, graines, fruits) récoltées dans la nature ainsi que de la chasse et de la pêche, est passé à l'état sédentaire, vivant des plantes qu'il cultivait et des animaux qu'il élevait. Le but essentiel de cette agriculture originelle était de répondre aux besoins alimentaires et non alimentaires de l'homme, sur le plan tant quantitatif que qualitatif. C'est le ressemis pendant de nombreuses générations des graines récoltées sur les plantes ayant les caractères recherchés par l'homme qui a conduit aux types de plantes cultivées que nous connaissons aujourd'hui. C'est pourquoi André de Vilmorin (1907-1987), ancien président du GNIS¹, disait de façon humoristique que « l'amélioration des plantes est le plus vieux métier du monde ».

Aujourd'hui, le but de l'agriculture est encore de produire « plus et mieux » pour nourrir l'homme en quantité et en qualité, et aussi pour répondre à d'autres besoins (alimentation animale, fibres textiles, énergie, matériaux...), en cherchant à limiter les intrants

(engrais, pesticides) et l'utilisation de l'eau, ce qui se justifie d'un point de vue économique et environnemental, mais aussi compte tenu du changement climatique. Or, sans amélioration génétique, les populations végétales sauvages, ou résultant de la domestication des plantes cultivées, ne permettent pas de répondre à toutes ces exigences. En effet, elles ont en général plusieurs défauts :

- elles ne permettent qu'une assez faible production pour les plantes de grande culture ;
- elles peuvent être mal adaptées à leurs conditions de culture, ou être sensibles à différents agresseurs biotiques (maladies, insectes) ou abiotiques (sécheresses, fortes ou basses températures) ;
- elles n'ont pas nécessairement les qualités requises pour les diverses utilisations des produits des récoltes.

Le but de l'amélioration génétique des plantes est alors de corriger ces défauts par le développement de populations qui soient, selon les espèces, les situations et la demande, plus productives, plus résistantes aux maladies et aux insectes, valorisant bien l'eau et l'azote, mieux adaptées aux milieux de culture (incluant le climat) ou aux conditions

1. Groupement national interprofessionnel des semences, aujourd'hui SEMAE.

d'utilisation (incluant la mécanisation), de meilleures qualités (nutritionnelle, technologique...), et permettant à l'agriculture de respecter l'environnement. Aujourd'hui, l'amélioration des plantes, en combinaison avec d'autres outils basés sur l'agroécologie, peut apporter une contribution importante au développement d'une agriculture durable.

À titre d'exemple pour montrer la nécessité de l'amélioration des plantes, en moyenne et au niveau mondial, environ 30 % du potentiel de production d'une culture dans un milieu donné sont perdus à cause des maladies et des attaques d'insectes. La suppression de ces pertes contribuerait à réduire significativement le problème de la faim dans le monde. Il est donc très important d'augmenter la résistance des plantes à leurs agresseurs biotiques, mais aussi abiotiques qui vont être encore plus fréquents avec le changement climatique.

Globalement, l'amélioration des plantes et l'utilisation d'intrants ont été très efficaces en contribuant à augmenter la disponibilité alimentaire : malgré une forte augmentation de la population mondiale, la production de calories disponibles par personne pour son alimentation a augmenté. Il en est résulté une diminution en valeur relative des famines, même si près d'un milliard de personnes sont toujours sous-alimentées. L'augmentation des surfaces cultivables n'étant plus possible de façon significative, il apparaît essentiel d'augmenter le rendement des plantes cultivées (Gallais, 2015), tout en utilisant le minimum d'intrants (engrais, pesticides) afin de respecter l'environnement. L'augmentation des rendements par la voie génétique passe ainsi nécessairement par une meilleure adaptation

des plantes cultivées à leurs milieux ou aux conditions de culture en tenant compte du changement climatique.

Compte tenu des différents objectifs de sélection, tant pour la quantité que pour la qualité et la régularité des productions, l'amélioration des plantes porte donc sur plusieurs caractères. Il s'agit alors de réunir dans une même population, appelée variété, l'ensemble des caractères recherchés, c'est-à-dire d'un point de vue génétique les gènes*² avantageux en vue des objectifs à atteindre. Le but de l'amélioration des plantes est alors de créer des populations de plantes dans lesquelles la fréquence des gènes (en fait, des allèles*) favorables pour les caractères sélectionnés est augmentée assez fortement. Ces populations utilisées par les agriculteurs sont les variétés au sens du sélectionneur.

Jusque vers le milieu du XIX^e siècle, l'amélioration des plantes, dans le prolongement de leur domestication, a été réalisée par les agriculteurs. Au cours du XX^e siècle, avec le développement des connaissances en biologie, notamment en génétique, qui a entraîné la mise au point de méthodes et d'outils particuliers pour en augmenter l'efficacité, elle est devenue une activité de plus en plus séparée du métier d'agriculteur. La variété est alors considérée comme une invention, associée à un système particulier de protection (voir « Conclusion »). Pour l'agriculteur, une variété est, à travers des semences de qualité³, l'expression de l'amélioration génétique sur différents caractères agronomiques. Toutefois, dans des situations spécifiques et d'ampleur limitée, se redéveloppe aujourd'hui une amélioration des plantes à nouveau conduite par les agriculteurs.

1.2. CE QU'EST, AUJOURD'HUI, UNE VARIÉTÉ EN AMÉLIORATION DES PLANTES

Aujourd'hui, dans le domaine de la sélection végétale, une variété est une population de plantes présentant des caractéristiques agronomiques bien définies, créée pour que la

production qui en est issue réponde le mieux possible aux besoins des utilisateurs (agriculteurs, industriels, consommateurs) et de la société (environnement). Elle est le résultat

2. Les termes signalés par un astérisque renvoient au glossaire en fin d'ouvrage.

3. Qualités génétique, germinative et sanitaire (voir p. 56).

d'une sélection dite « créatrice »⁴, mettant en œuvre des méthodes et des outils permettant, à partir d'un matériel de départ, d'associer le

plus grand nombre de gènes favorables pour les caractères améliorés chez les individus qui la composent (**figure 1.1**).

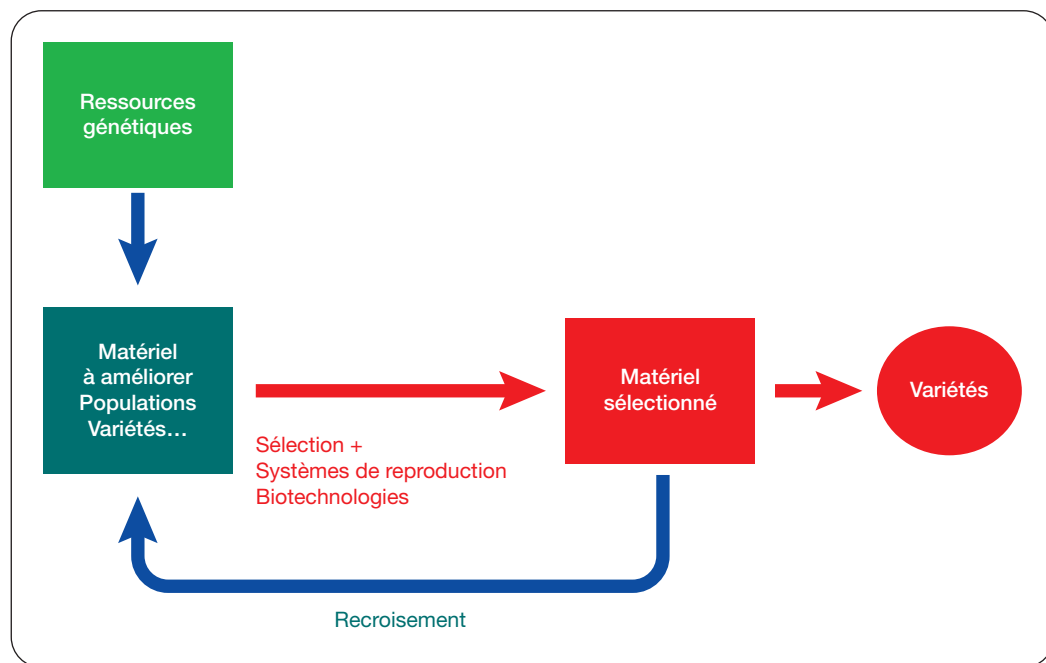


Figure 1.1. L'amélioration des plantes « science et art de la création de variétés ».

C'est un processus récurrent, le matériel sélectionné d'un cycle de sélection pouvant devenir du matériel d'entrée du cycle suivant, afin de cumuler toujours plus de gènes favorables dans les variétés.

De façon plus précise et du point de vue génétique, une variété peut être définie comme une population artificielle, aux caractéristiques agronomiques bien définies, et reproductible :

- c'est une population, au sens d'un ensemble d'individus plus ou moins apparentés ;

- elle est artificielle, au sens où elle est le résultat de l'intervention de l'homme dans sa création, par le processus de sélection, et dans son maintien ;

- elle est en général à faible variation génétique interne, formée dans de nombreuses situations d'un seul génotype* (cas des variétés lignées, des variétés hybrides* simples entre lignées, des variétés clones), même s'il existe aussi des variétés génétiquement hétérogènes (variétés

hybrides doubles, hybrides de clones, variétés synthétiques) ;

- sa reproductibilité est un caractère essentiel : sous un nom de variété, l'utilisateur doit retrouver une population de plantes présentant toujours les mêmes caractéristiques, sans quoi la notion de variété serait inutile puisque l'optimisation des itinéraires techniques ou des procédés de transformation industrielle des productions agricoles serait alors impossible ;

- elle doit posséder des caractères d'identification propres, en plus de ses caractères agronomiques bien définis, ceci pour des raisons de commercialisation et de contrôle (voir p. 56) ;

- enfin, une variété est une véritable invention qui peut être protégée (voir p. 56).

4. Par opposition à une autre forme de sélection dite « conservatrice » dont le but est de maintenir les caractéristiques de la variété (voir p. 55).

1.3. POURQUOI DES VARIÉTÉS HOMOGÈNES ?

1.3.1. La sélection conduit à une homogénéisation des populations sélectionnées

C'est essentiellement la recherche de meilleures performances pour l'adaptation au milieu qui a conduit à favoriser les populations assez homogènes. Ainsi, il est évident que la sélection pour la résistance aux maladies conduit à ne retenir que des génotypes résistants ou au minimum à éliminer les génotypes trop sensibles, ce qui contribue à une certaine homogénéisation des populations pour la résistance aux maladies. De même, la sélection pour un type de développement (par exemple la précocité de floraison) conduit à une homogénéisation pour ce type de développement.

En ce qui concerne le rendement, un peuplement hétérogène, comme une population formée d'un mélange de génotypes, a généralement⁵ une performance moyenne inférieure à la valeur de ses meilleurs constituants. Donc, dans un milieu donné, si l'on recherche les meilleures performances pour des caractères agronomiques, il faut des variétés ayant une composition génotypique bien définie, entraînant une adaptation à leurs conditions de culture et d'utilisation. Cette homogénéisation des variétés est à l'origine des progrès spectaculaires de rendement observés de 1950 à 1990, chez de nombreuses espèces de grande culture. Elle est aussi à l'origine de l'amélioration de la qualité, et plus généralement de tous les caractères sélectionnés.

De telles homogénéisations sont désirées par les agriculteurs et ce phénomène a commencé dès la domestication des plantes cultivées. En fait, les variétés homogènes sont un moyen d'augmenter rapidement, au niveau de la population cultivée, la fréquence des gènes favorables pour les caractères améliorés, plus rapidement que par l'amélioration des populations. Il en résulte donc une amélioration génétique plus importante qu'avec des populations hétérogènes.

L'homogénéisation des variétés était aussi nécessaire pour la mécanisation de la culture

et la standardisation des produits. Une population homogène facilite en effet les diverses opérations culturales, avec des interventions à un stade précis, optimal, pour toutes les plantes. Par exemple, l'homogénéité dans le rythme de développement est nécessaire pour le pilotage de la fumure azotée, mais aussi pour les traitements en culture ainsi que pour la récolte mécanique.

Pour l'industriel, l'homogénéité des produits lui permet d'optimiser les procédés de transformation, d'où un produit final de meilleure qualité, voire moins coûteux. Pour le consommateur enfin, l'homogénéité permet d'obtenir des produits de meilleure qualité ; pour les fruits et les légumes, l'homogénéité fait même partie de la qualité esthétique à laquelle le consommateur est sensible.

Enfin, une certaine homogénéité génétique des variétés est nécessaire pour des questions réglementaires. Pour permettre une « garantie », avec la réglementation actuelle, une variété doit être distincte, homogène et stable, afin que l'agriculteur retrouve toujours les mêmes caractéristiques sous un nom de variété. Une variété génétiquement hétérogène est en effet plus difficile à distinguer et présente plus de risques d'évolution au cours de sa reproduction. Ces caractéristiques de distinction, d'homogénéité et de stabilité, demandées pour une inscription au catalogue officiel des variétés (voir « Conclusion »), sont aussi nécessaires pour la protection de l'innovation que représente une variété.

Cependant, par rapport à la culture de populations hétérogènes, la culture d'une variété génétiquement homogène présente certains risques⁶. Cela peut être un risque pathologique par une pression de sélection plus forte sur les parasites qui peut entraîner une sélection naturelle de certaines souches du parasite et conduire à un contournement⁷ des résistances ;

5. Sauf cas, très rares, de coopération entre plantes de génotypes différents.

6. C'est comme les placements financiers : les placements diversifiés présentent moins de risques qu'un seul placement.

7. Ce contournement est le résultat de l'évolution de l'agent pathogène, qui, par suite des mutations et de la sélection naturelle, finit par acquérir les allèles de virulence lui permettant de « vaincre » la résistance de la plante.