



Cours: Stratégie en amélioration des plantes

Par : GAOUAOUI Randa

Introduction

- Depuis les débuts de l'agriculture, l'homme a cherché à améliorer les plantes pour répondre à ses besoins alimentaires, économiques et environnementaux.
- Cette démarche, d'abord empirique, s'est progressivement structurée grâce aux avancées scientifiques, notamment en génétique et en biotechnologie.

Introduction

- L'évolution des méthodes de sélection reflète ainsi l'histoire du progrès scientifique, allant de l'observation des caractères visibles à l'utilisation des outils moléculaires les plus sophistiqués pour modifier ou prédire le potentiel génétique des individus.

Historique des techniques d'amélioration



Historique des techniques d'amélioration

L'émergence de nouvelles connaissances a permis progressivement de mettre au point des techniques innovantes :

- ✓ **1911.** Notion de liaison génétique par Morgan. Morgan démontre que (les gènes sont disposés de façon linéaire sur les chromosomes).
- ✓ **1930.** Mise en évidence de mutations induites par l'action d'agents chimiques et physiques.

Historique des techniques d' amélioration

- ✓ **1935.** Première carte génétique partielle du maïs par Emerson.
- ✓ **1937.** Premières cultures de tissus végétaux in vitro par Roger Gautheret (à partir de racines de carottes).
- ✓ **1950.** Premières applications techniques de culture in vitro par Morel et Martin (sur la pomme de terre).
- ✓ **1960.** Premier isolement de protoplastes par Cocking par méthode mécanique puis par méthode enzymatique (Cocking et Takebe).

Historique des techniques d'amélioration

- ✓ **1961.** Illustration des principes d'analyse des locis impliqués dans la variation des caractères quantitatifs, par Thoday.
- ✓ **1964.** Premières cultures de cellules sexuelles mâles chez le *Datura innoxia*, par Guha et Maheshwari (Première démarche à la production de plantes haploïdes).
- ✓ **1975.** Mise au point d'une méthode d'analyse de l'ADN par Southern, (par hybridation de l'ADN avec une sonde d'ADN marquée.

Historique des techniques d'amélioration

- ✓ **1978.** Premières plantes issues de fusions interspécifiques de protoplastes de tomate et de pomme de terre, « la pomate ».
- ✓ **1979.** Obtention de médicaments issus de bactéries génétiquement modifiées (insuline, hormones de croissance...).
- ✓ **1983.** Premiers tabacs transformés par transgénèse.
- ✓ **1986.** Obtention du premier maïs transgénique.

Historique des techniques d' amélioration

- ✓ **2000.** Premier séquençage complet d'une plante: Arabidopsis Thaliana (Arabette des Dames).
- ✓ **2004 à nos jours.** Développement progressif de nouvelles techniques de caractérisation de gènes et de leurs produits (ARN, protéines, métabolites secondaires).

Les repères historiques de la sélection

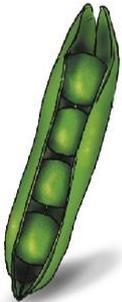
1676

Découverte du rôle des organes sexuels chez les végétaux



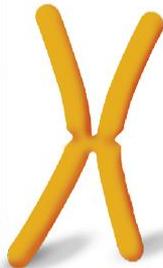
1865

Découverte des lois sur l'hérédité par Mendel



1880

Visualisation des chromosomes



1902

Découverte de la totipotence des cellules végétales



1908

Découverte de l'intérêt des hybrides sur le maïs



1953

Description de la structure en double hélice de l'ADN



1960

Découverte du code génétique



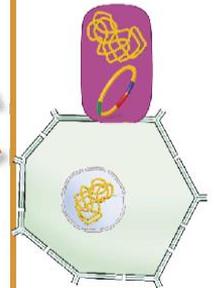
1965

Découverte des enzymes de restriction



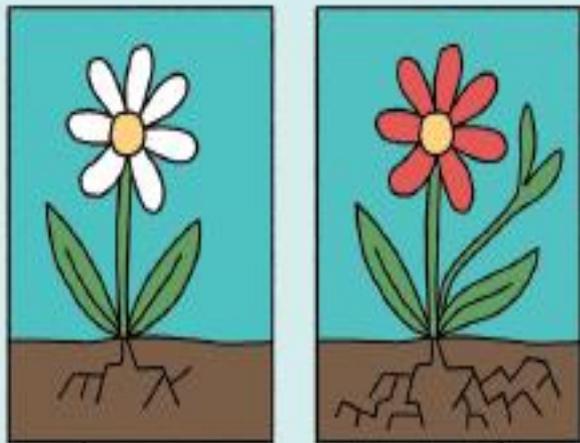
1977

Découverte du transfert de gènes par des agrobactéries



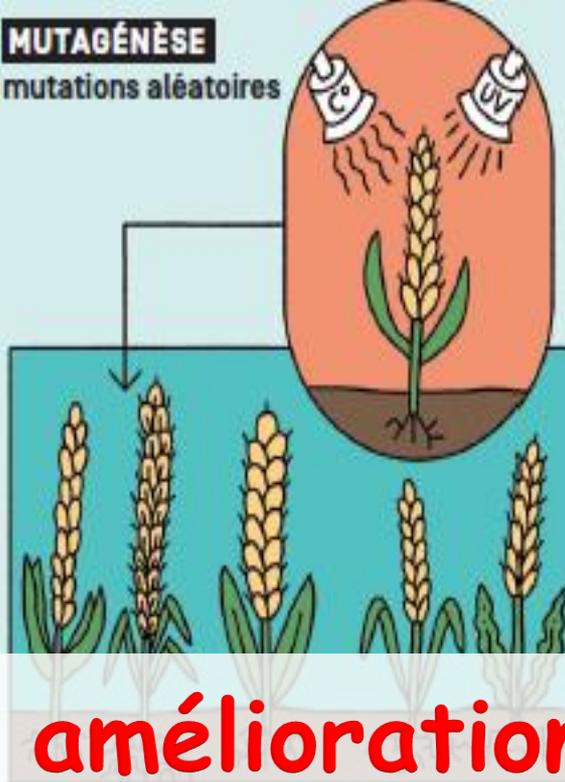
HYBRIDATION

croisements naturels dirigés



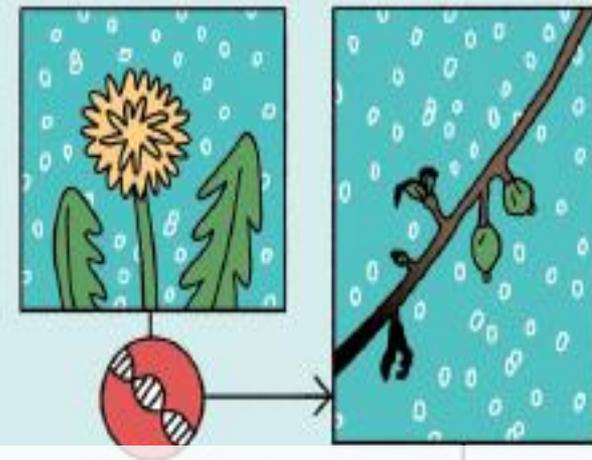
MUTAGÈNESE

mutations aléatoires



TRANSGENÈSE

[classique ou édition du génome]
franchit la barrière d'espèces



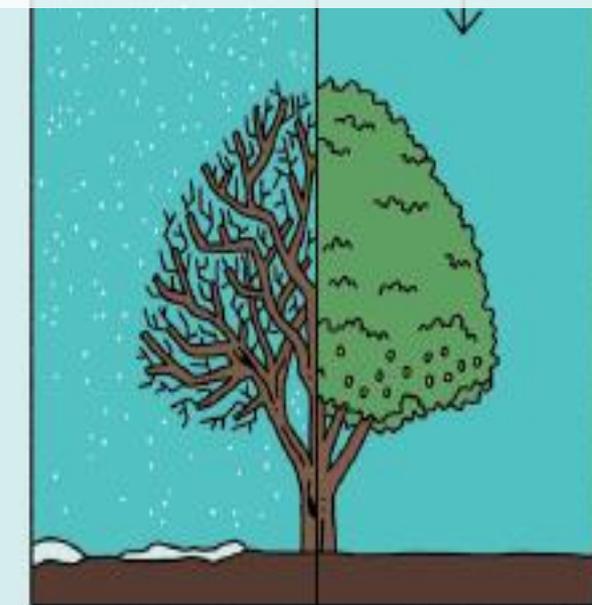
Stratégie en amélioration des plantes

ÉDITION DU GÉNOME

mutation ciblée et choisie



RÉSISTANCE AU FROID



Stratégie en amélioration des plantes

Définition :

Une **stratégie en amélioration des plantes** désigne l'ensemble des méthodes, techniques et choix scientifiques mis en œuvre pour **sélectionner, croiser ou modifier des plantes** afin d'**améliorer leurs caractéristiques** agronomiques, nutritionnelles, environnementales ou économiques.

Stratégie en amélioration des plantes

Ces stratégies visent notamment à :

- ✓ **Augmenter les rendements** (productivité).
- ✓ **Renforcer la résistance** aux maladies, ravageurs ou conditions climatiques extrêmes.
- ✓ **Améliorer la qualité** des produits (goût, valeur nutritionnelle, conservation).
- ✓ **Réduire les besoins en intrants** (engrais, pesticides, eau).

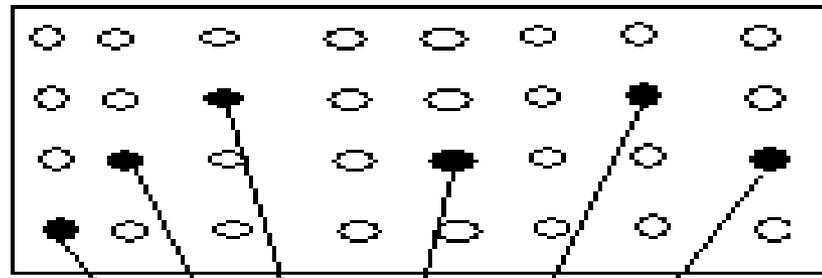
Stratégie en amélioration des plantes

- Ces stratégies d'amélioration reposent sur plusieurs approches, allant des méthodes traditionnelles aux techniques les plus avancées

1. Sélection empirique (massale)

- Apparue avec la domestication des plantes et des animaux, il y a environ 10 000 ans.
- Pratiquée par les premières civilisations agricoles (Mésopotamie, Égypte, Chine, etc.).

.

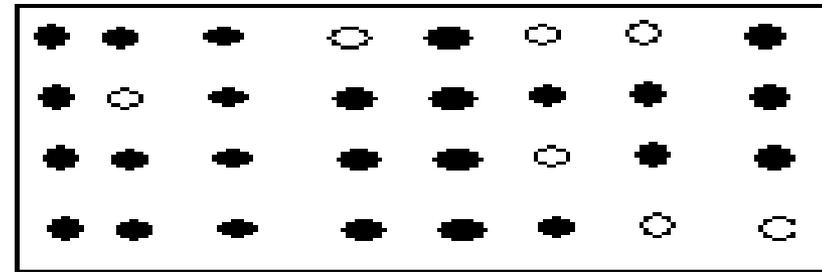


Population
de départ P_0

Collection des semences
en mélange



Semis



Population
améliorée P_1

Sélection massale. Principe

1. Sélection empirique (massale)

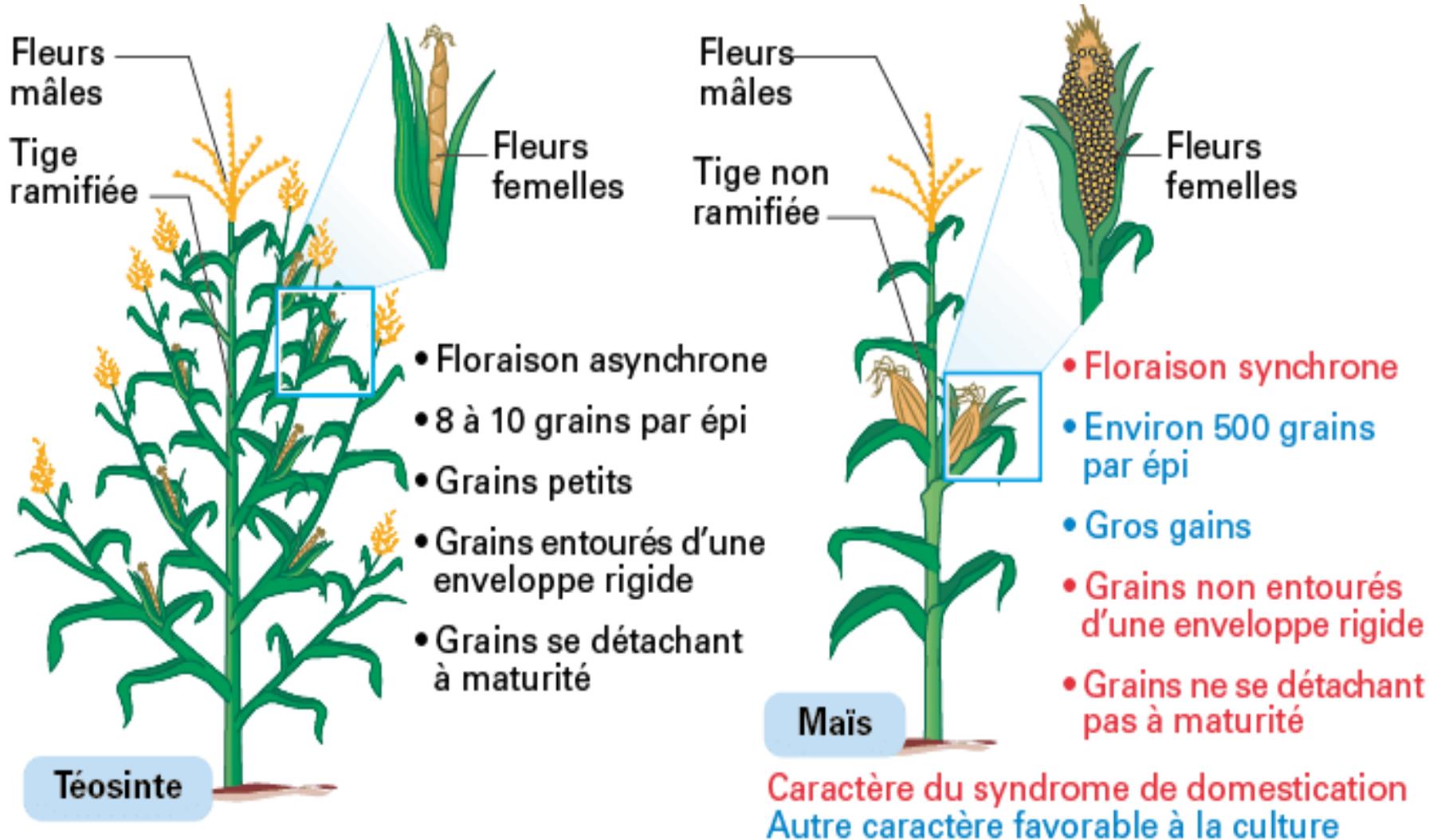
Caractéristiques:

- ✓ Basée uniquement sur l'observation des caractères visibles (phénotypes).
- ✓ Les individus les plus intéressants (plus productifs, plus résistants, plus adaptés) étaient choisis pour la reproduction.

Exemples :

- ✓ Sélection des blés à grains plus gros.
- ✓ Domestication de plantes comme le maïs à partir de la téosinte.

Exemple: La domestication du maïs à partir de la téosinte.



2. Sélection génétique mendélienne

- Redécouverte des lois de Mendel (1900).
- Développement de la génétique comme science.

2. Sélection génétique mendélienne

Caractéristiques :

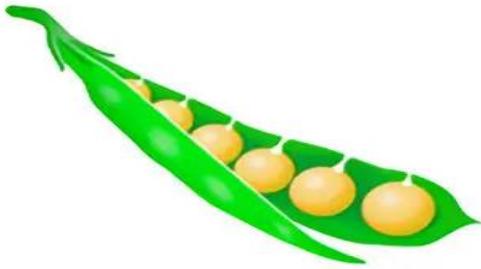
- ✓ Compréhension de l'hérédité des caractères via des gènes.
- ✓ Sélection basée sur l'homozygotie / hétérozygotie des allèles.
- ✓ Mise en place des croisements contrôlés (plans de croisement, hybridation).

Exemple :

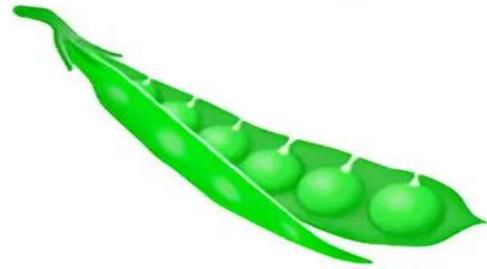
- ☞ Création de lignées pures chez les plantes (blé, maïs, pois).

lois de Mendel sur l'héritage

P

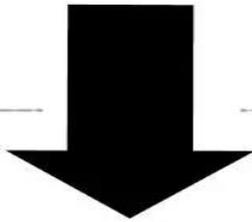


X



**lignée pure
à pois jaune**

**lignée pure
à pois vert**



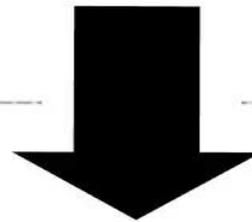
F₁



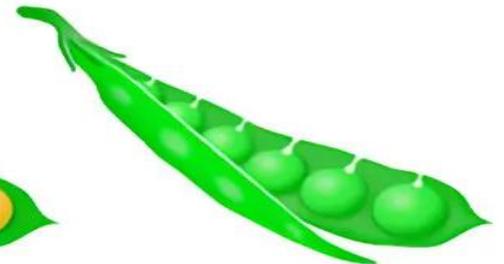
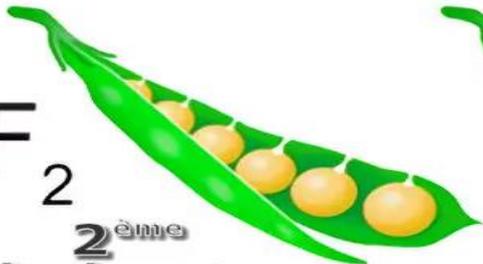
X



1^{ère} génération



F₂



**2^{ème}
génération**

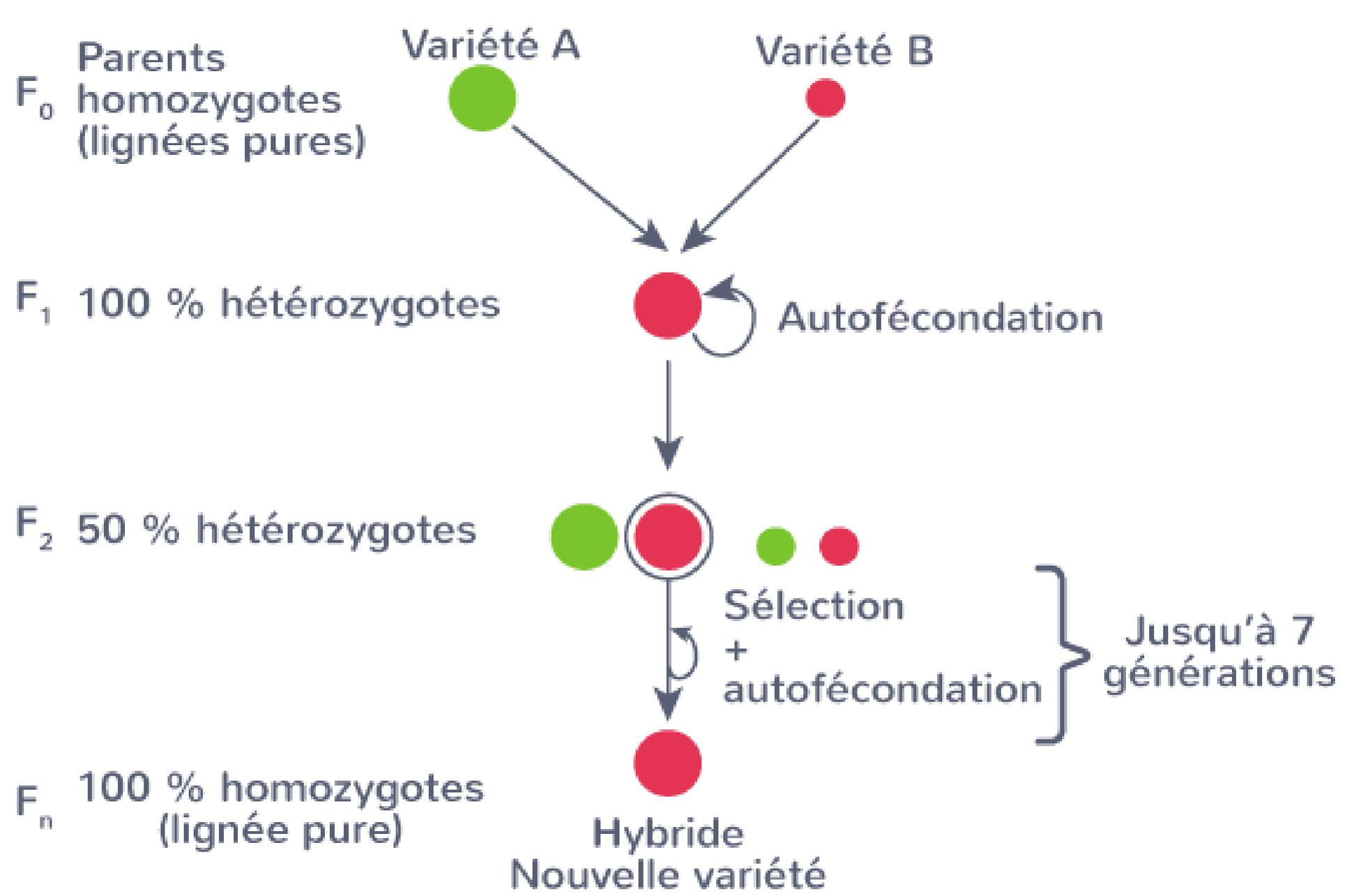
3. Sélection généalogique

Définition:

- La sélection généalogique, aussi appelée sélection en filiation, est une méthode de sélection génétique qui consiste à suivre l'histoire des croisements et des descendants d'une lignée pour identifier les individus présentant les caractères les plus intéressants.

Exemple 1: Blé (*Triticum* spp.) - Sélection de lignées pures par autofécondation.

- Le blé, espèce autogame, a été l'un des premiers à bénéficier de la sélection généalogique.
- Des lignées pures ont été obtenues par autofécondation successive sur plusieurs générations à partir de plantes présentant des caractères d'intérêt (rendement, résistance aux maladies, adaptation au climat).
- Cette méthode a permis la création de variétés stables et homogènes, utilisées encore aujourd'hui comme cultivars.



Exemple 2 : Maïs (*Zea mays*) - Sélection de lignées parentales pour hybride F1

- **Méthode** : Le maïs est allogame. Des lignées pures sont créées par autofécondation, puis croisées pour produire des hybrides F1.
- **Utilisation de la généalogie** : On sélectionne les lignées parentales en fonction de leurs performances passées et de celles de leurs apparentés
- **Objectifs** : Haut rendement, vigueur hybride, tolérance au stress (sécheresse, ravageurs).

Exemple 2 : Maïs (Zea mays) - Sélection de lignées parentales pour hybride F1



Sachet



Sachet

Avant émission des soies, l'épi est protégé de toute fécondation par un sachet de papier. Quand les soies sortent, on place un autre sachet sur la panicule émettant du pollen. On réalise l'autofécondation avec le pollen recueilli 24 heures après.

4. Sélection quantitative

Définition:

- La sélection quantitative est un processus de sélection basé sur des caractères mesurables (appelés caractères quantitatifs), qui varient de manière continue au sein d'une population.
- Ces traits sont influencés par de nombreux gènes (polygéniques) et souvent par l'environnement.

4. Sélection quantitative

Caractéristiques:

- ✓ Prise en compte de caractères polygéniques (contrôlés par plusieurs gènes).
- ✓ Utilisation de statistiques pour estimer l'héritabilité et la valeur de reproduction.
- ✓ Début de la sélection assistée par des outils mathématiques (BLUP, index génétiques).

Exemple:

- ☞ Amélioration du rendement des cultures via sélection de populations.

5. Hybridation

Définition:

L'hybridation est le croisement volontaire de deux plantes génétiquement différentes (de variétés, lignées, espèces) dans le but de combiner leurs qualités chez la descendance.

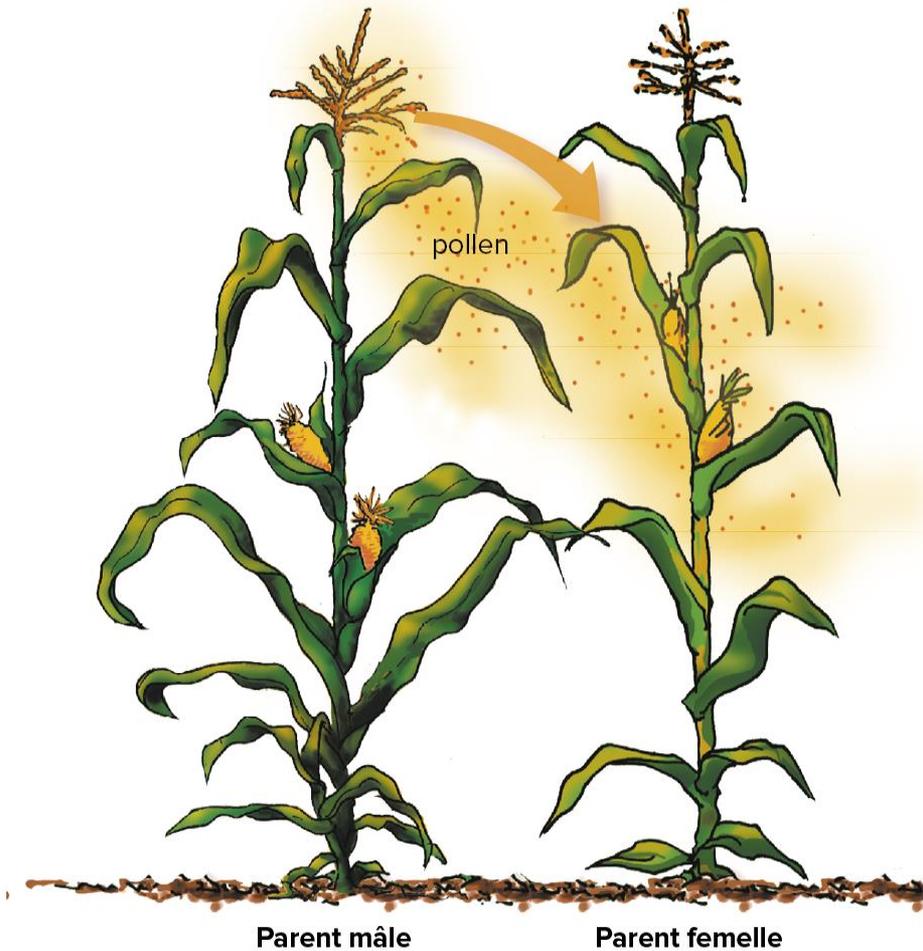
Objectif:

Obtenir des individus ayant des caractères améliorés (rendement, vigueur, résistance...)

L'hybridation

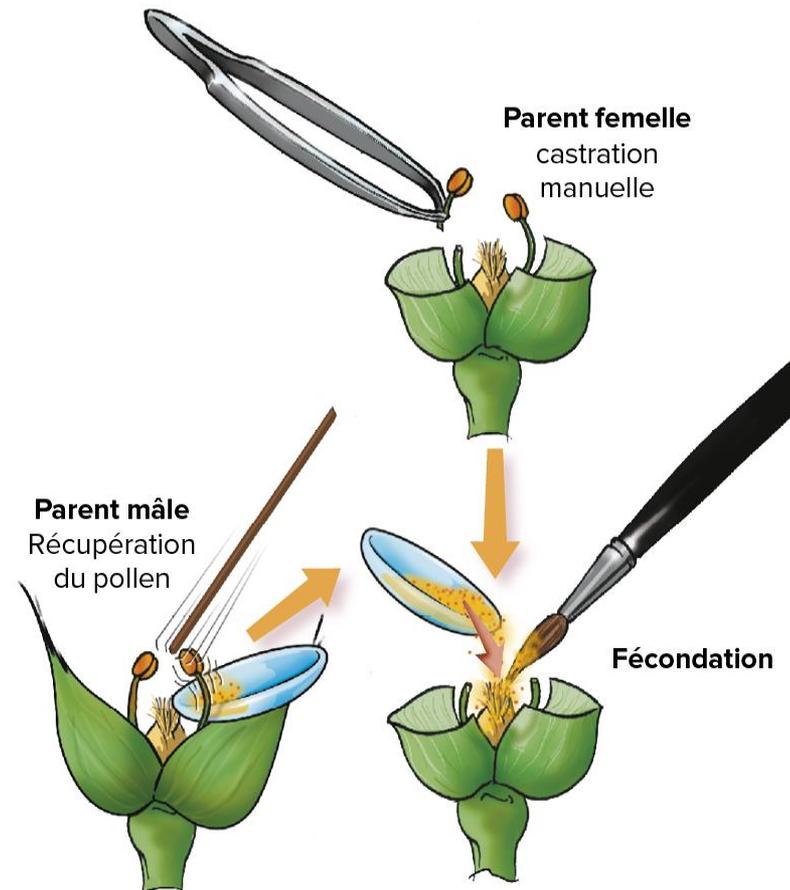
**Naturelle
pour les plantes allogames**

Exemple du maïs



**Provoquée par le sélectionneur
pour les plantes autogames**

Exemple du blé



5. Hybridation

Types:

- ✓ Intra-spécifique (au sein d'une même espèce).
- ✓ Inter-spécifique (entre espèces proches).

Résultat possible:

- ☞ Création d'hybrides F1, souvent plus performants que les parents (phénomène de vigueur hybride ou hétérosis).

6. Mutagénèse

Définition:

La **mutagénèse** est une technique qui consiste à provoquer des **mutations aléatoires** dans le génome d'une plante afin de faire apparaître de nouveaux caractères d'intérêt.

Comment ?

- ✓ Par des **agents physiques** (rayons X, UV)
- ✓ Ou des **agents chimiques** (EMS, nitrosométhyle urée).

6. Mutagénèse

Objectif:

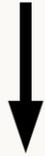
- ✓ Créer de la **variabilité génétique**
- ✓ Identifier des mutants intéressants (résistance à une maladie, tolérance à un stress, etc.).

Remarque:

- ✓ Les plantes issues de mutagénèse **ne sont pas considérées comme OGM** (dans de nombreux pays).

mutagenèse classique

mutagenèse
obtention de mutants **indépendants**



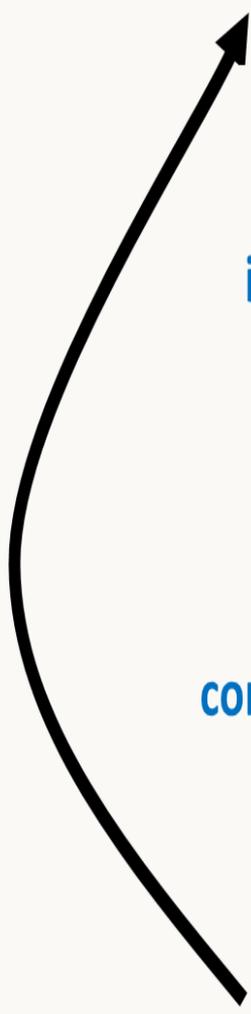
identification des gènes affectés
pour chacun des mutants



construction d'un modèle théorique



Hypothèses de travail



mutagenèse inverse

gènes candidats de séquences connues
mais de fonctions inconnues



construction de mutants



construction d'un modèle théorique



Hypothèses de travail



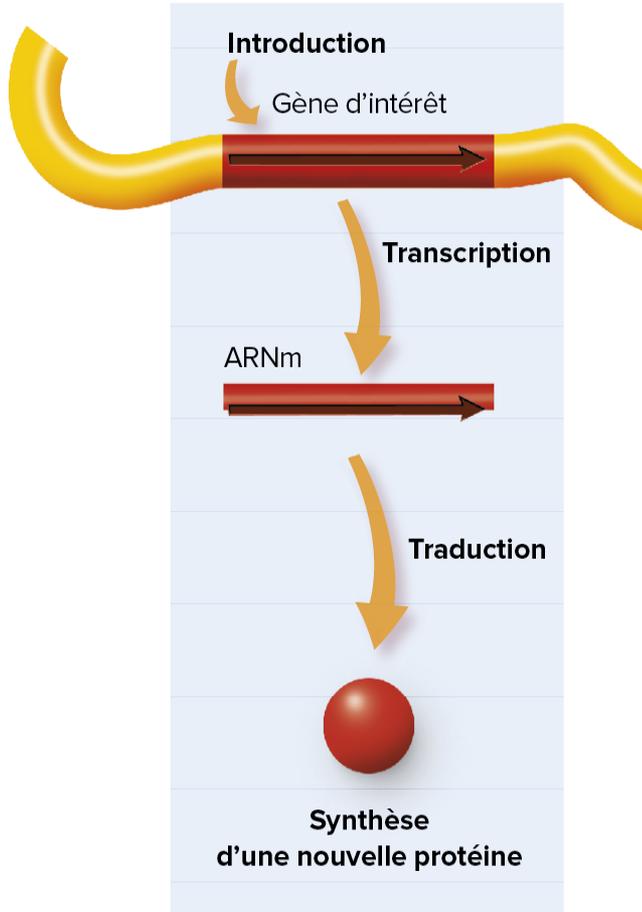
5. Transgénèse

Définition:

La transgénèse consiste à introduire un ou plusieurs gènes étrangers (appelés transgènes) dans le génome d'une plante, gènes qui proviennent souvent d'une autre espèce (végétale, bactérienne, virale...).

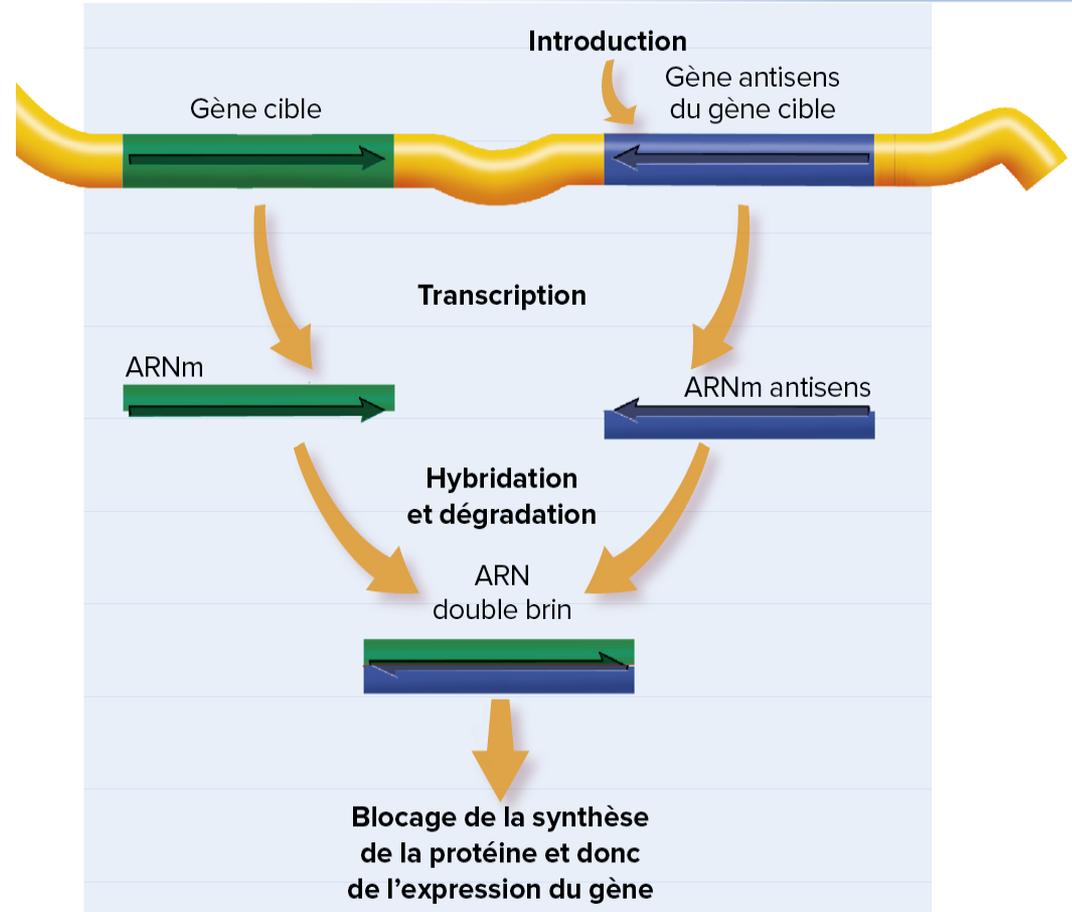
La transgénèse : différentes stratégies

Introduire un nouveau caractère



Inactiver un caractère

Exemple de la stratégie antisens



5. Transgénèse

But :

- Transmettre à la plante un caractère qu'elle ne possède pas naturellement, comme:
- La **résistance à un insecte** (ex: maïs contenant un gène de *Bacillus thuringiensis*)
- La **tolérance à un herbicide** (ex: soja Roundup Ready)

5. Transgénèse

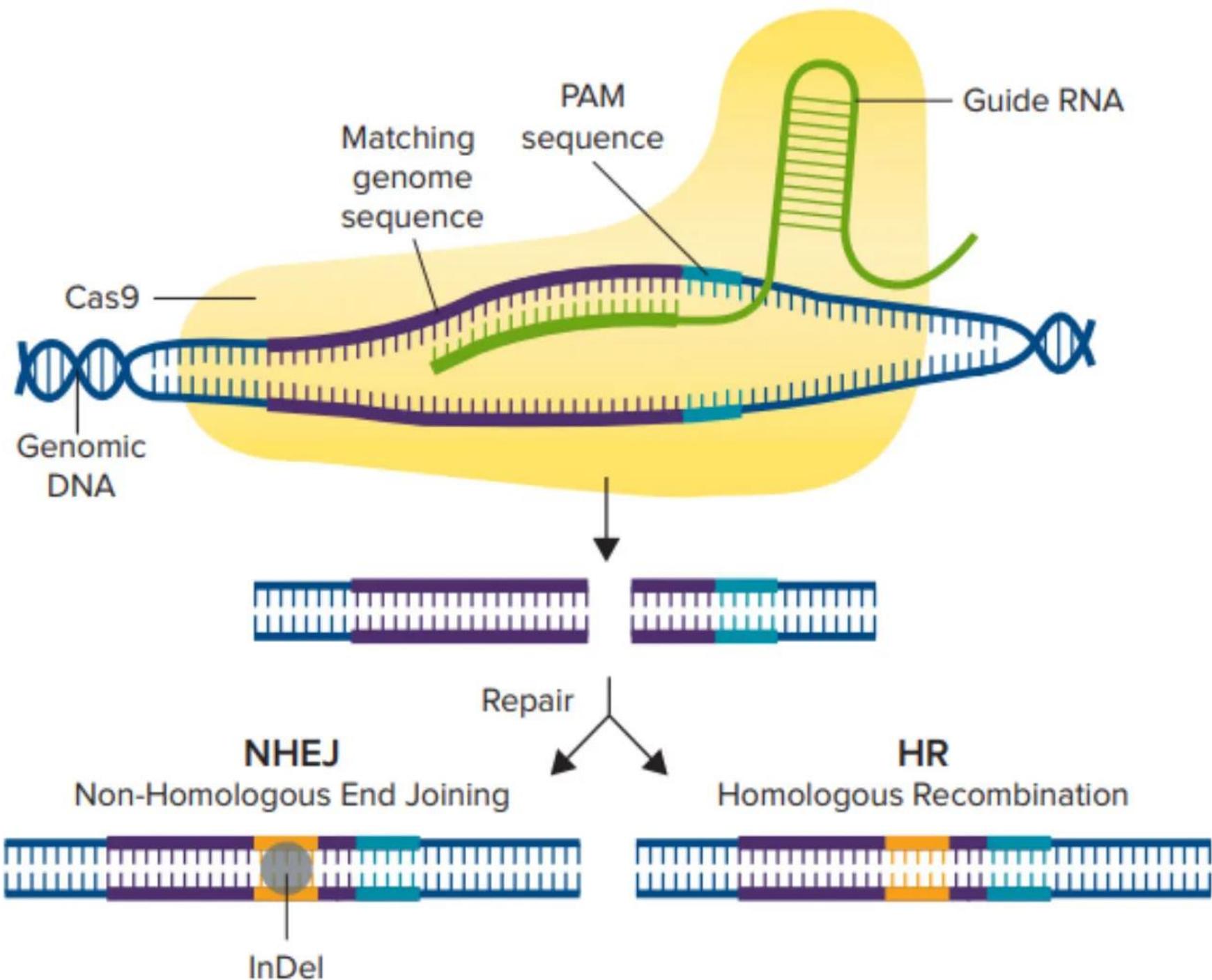
Noté bien:

- Les plantes transgéniques sont soumises à des **réglementations strictes**, car elles sont classées comme **OGM** (organismes génétiquement modifiés).
- Leur utilisation est autorisée dans certains pays (ex. : États-Unis, Brésil), mais restreinte ou interdite dans d'autres (ex. : Union européenne).

6. Édition génomique (CRISPR-Cas9)

Définition :

- L'édition génomique, et en particulier la technique **CRISPR-Cas9**, permet de **modifier de façon ciblée le génome** d'une plante sans ajouter d'ADN étranger.
- Elle agit comme des «ciseaux moléculaires» qui corrigent, insèrent ou suppriment des séquences précises de l'ADN.



6. Édition génomique (CRISPR-Cas9)

Différence avec la transgénèse:

Contrairement à la transgénèse, aucun gène extérieur à l'espèce n'est nécessairement introduit, ce qui rend cette méthode potentiellement **non-OGM** selon certaines législations.

6. Édition génomique (CRISPR-Cas9)

Applications:

- ✓ Résistance à des maladies fongiques.
- ✓ Tolérance au stress hydrique.
- ✓ Amélioration de la qualité nutritionnelle...

Avantages:

- ✓ Précise, rapide, peu coûteuse
- ✓ Ne laisse pas toujours de traces d'ADN étranger
- ✓ Potentiel très prometteur pour l'avenir de l'agriculture.

7. Sélection génomique

Définition:

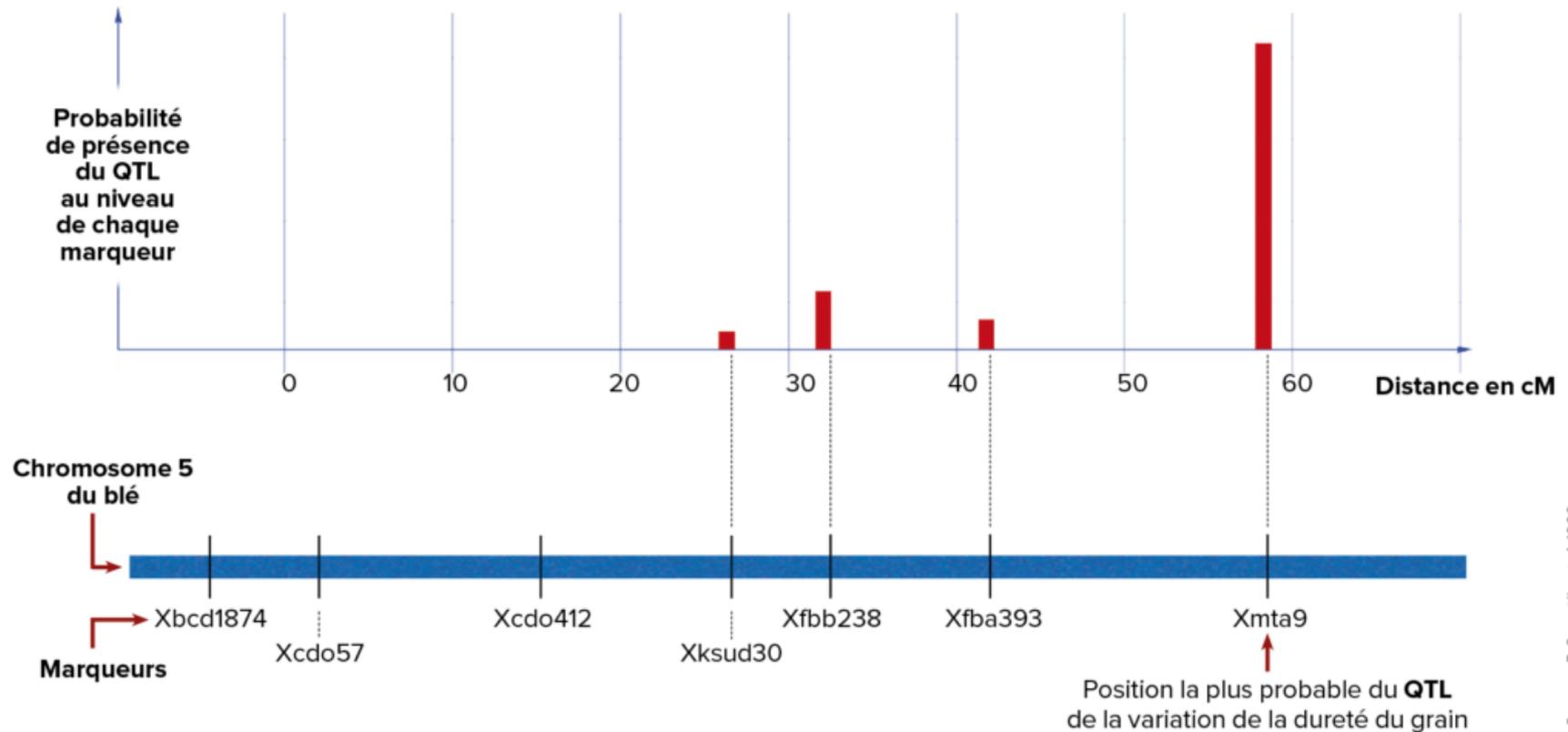
La sélection génomique est une méthode de sélection basée sur l'analyse complète du génome d'un individu pour prédire sa valeur génétique. Elle utilise un grand nombre de marqueurs moléculaires répartis sur tout le génome pour estimer la performance future d'un individu, avant même qu'il exprime le caractère (phénotype).

Exemple

- La dureté du grain de blé, un caractère important pour la qualité boulangère, est un caractère quantitatif influencé par plusieurs gènes.
- Des recherches ont permis d'identifier des QTL (régions du génome associées à ce caractère), notamment un important sur le chromosome 5, près du marqueur Xmta9.

La cartographie d'un caractère quantitatif

Exemple de la localisation de QTL impliqués dans la variation de la dureté du grain de blé



Source : P. Sourdille et al. 1996

Caractère quantitatif :
caractère ayant une variation continue de sa valeur

Exemple

- Les QTL permettent d'évaluer la valeur génétique d'un individu à partir de ses marqueurs génétiques.
- Cela améliore la **sélection** en identifiant les meilleurs individus pour un caractère donné.
- Il est possible de **cumuler des allèles favorables** à un QTL dans un même individu, notamment par **rétrocroisements**.

Exemple

- La localisation d'un QTL se fait en comparant les moyennes du caractère (ex: taille) selon les génotypes des descendants d'un croisement.
- Une différence significative entre ces groupes indique la présence d'un QTL influençant ce caractère.

Conclusion

- L'évolution des techniques de sélection illustre la transformation de pratiques empiriques vers des approches de plus en plus scientifiques, précises et rapides, grâce aux progrès en génétique, en biologie moléculaire, et en bioinformatique.
- Aujourd'hui, la sélection repose sur l'intégration de données à grande échelle (génomiques, transcriptomiques, phénotypiques), ouvrant la voie à une amélioration ciblée des espèces.

Références

- 1. Gallais A., 2019.** *Histoire de la génétique et de l'amélioration des plantes.* Éditions Quæ.
- 2. S., Nicolas D., 1997.** *L'amélioration des plantes tropicales.* CIRAD-ORSTOM, 623 p.
- 3. Parcy F., 2024.** *Les Clés du champ. Comment domestiquer les plantes.* Éditions Humensciences, 240 p.