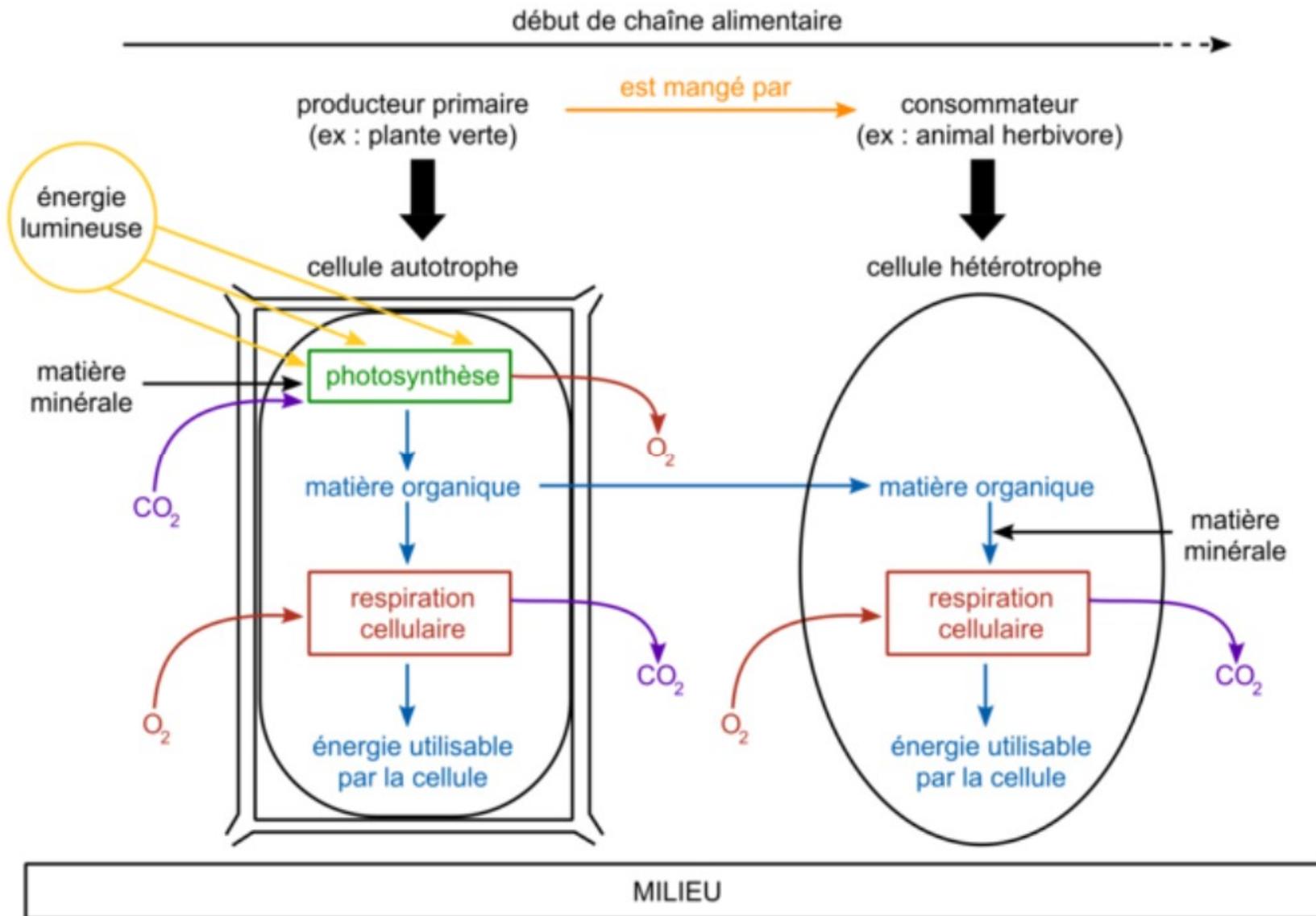


## Chapitre 4 : La domestication des plantes



# Les êtres vivants autotrophes, bases des écosystèmes



## Chronologie du néolithique

De Limite supérieure	A Limite inférieure	Les différentes périodes	Caractéristiques
- 3 950	- 4 500	Néolithique final	Tombes collectives
- 4 500	- 5 300	Néolithique moyen	Premières architectures en terre et en bois Premières sépultures mégolithiques
- 5 300	- 6 500	Néolithique ancien	Premiers villages sédentaires Haches polies, Poterie et Céramique
de 9 500 à - 6 500	de - 12 000 à - 9 500	Mésolithique ou épipaléolithique	Elevage / Domestication animaux Sédentarisation <b>Agriculture</b>



Campement néolithique – une vue idéalisée de l'illustrateur tchèque Zdenek Burian.



# Thème : DE LA PLANTE SAUVAGE A LA PLANTE DOMESTIQUEE

## Chapitre 4 : La plante domestiquée

### I] La sélection des plantes par l'Homme

A. Le processus de domestication : des plantes sauvages aux plantes domestiquées

B. Les conséquences génétiques de la domestication : une baisse de la diversité allélique

II] les techniques biologiques au service de la création de nouvelles variétés

A. obtention de lignées pures et hybridation

B. Techniques de génie génétique

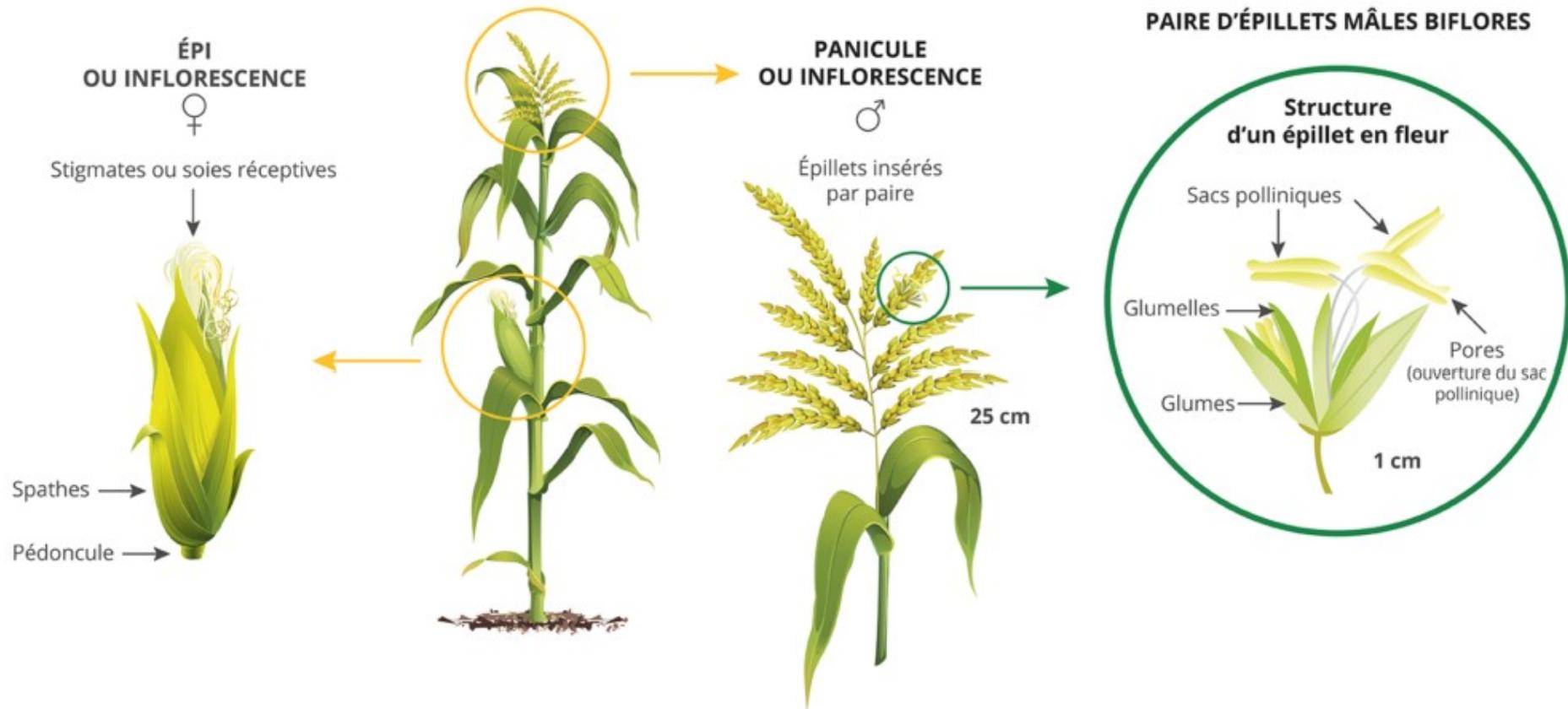
1°) la transgénèse, technique permettant d'obtenir des OGM

2°) les techniques de mutagenèses

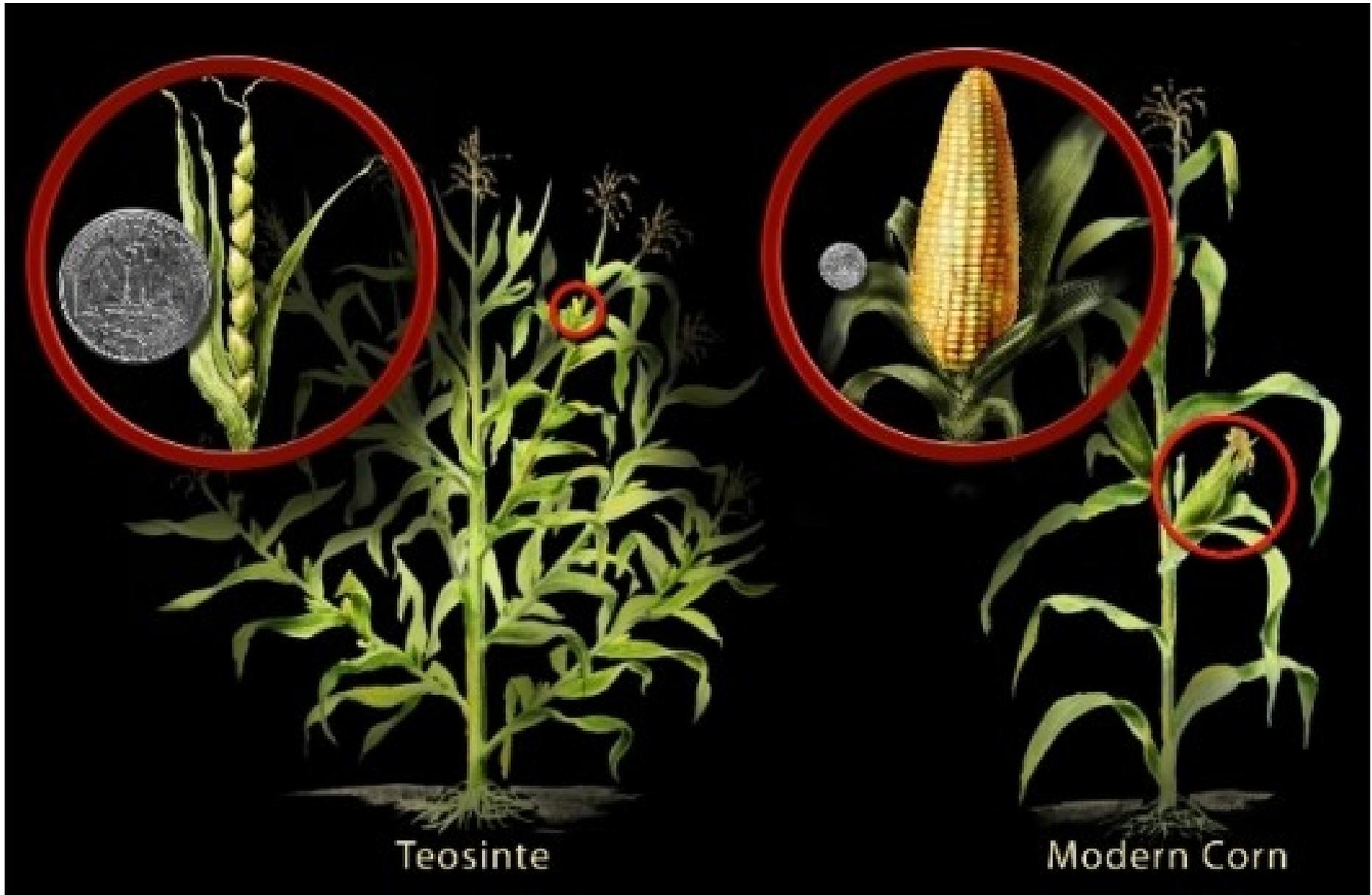
III] La coévolution des plantes cultivées et des humains cultivateurs

Conclusion

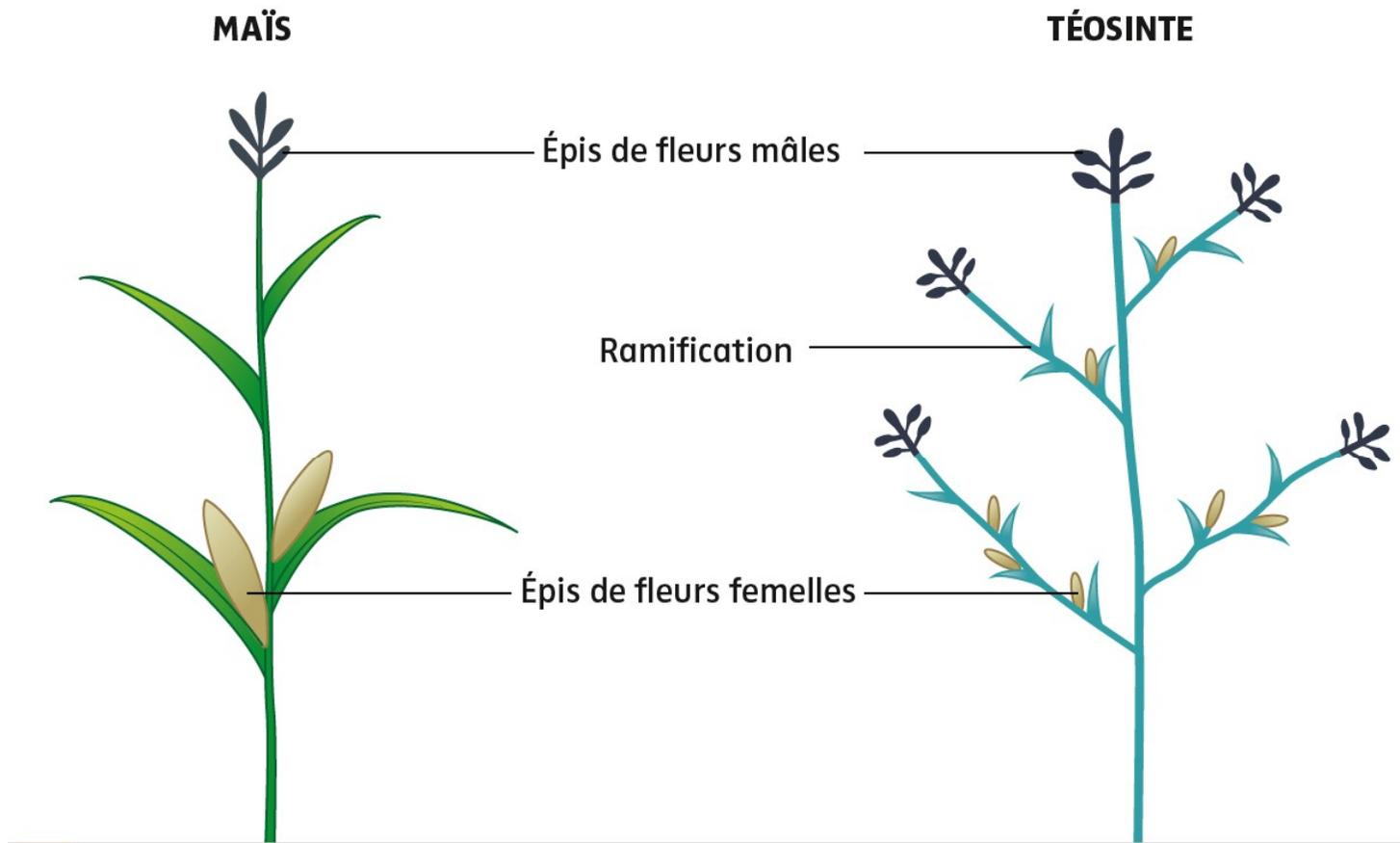
# La structure du Maïs



L'espèce sauvage (téosinte) et l'espèce domestiquée (maïs)



## L'espèce sauvage (téosinte) et l'espèce domestiquée (maïs)



**1** Morphologie du maïs (*Zea maïs*) et de la téosinte (*Zea diploperennis*).

[Nathan]

## L'espèce sauvage (téosinte) et l'espèce domestiquée (maïs)

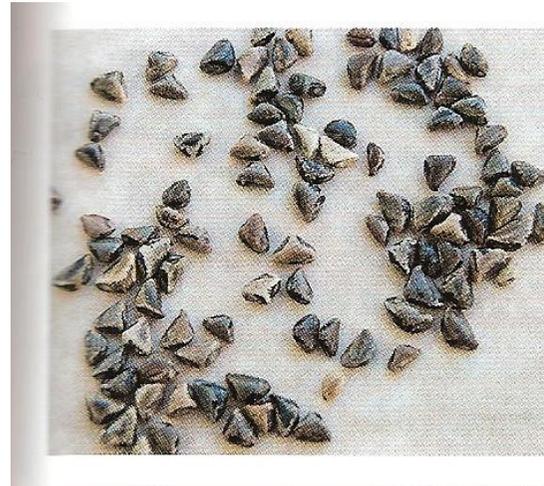


# La domestication du maïs : sélection de caractères naturellement désavantageux

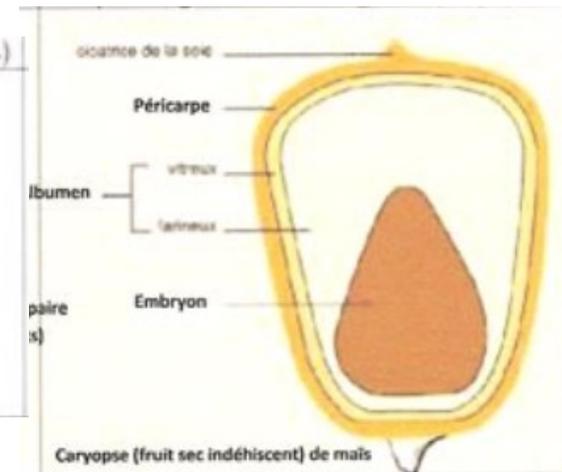
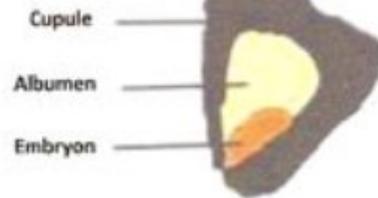
Téosinte (6 à 8 grains/épi)



Variétés de maïs actuelles (jusqu'à 600 grains/épi)

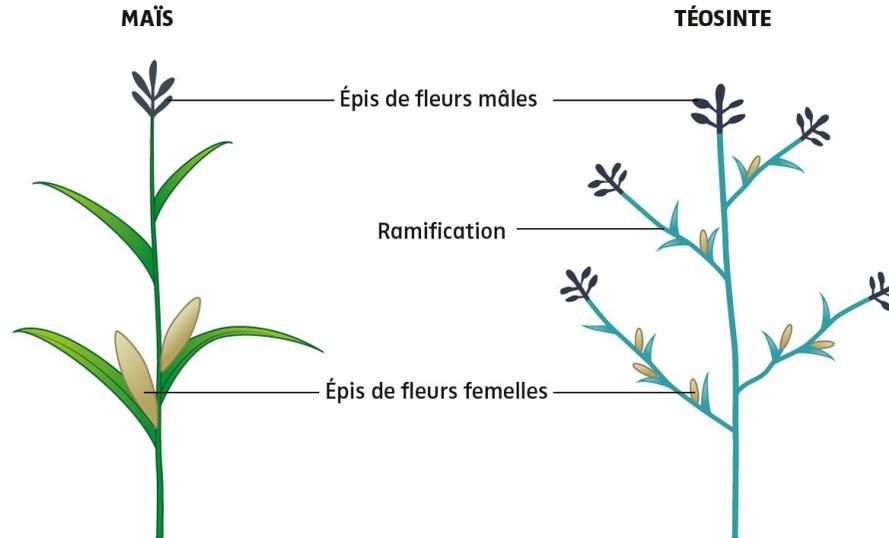


Coupes longitudinales des grains (caryopses)

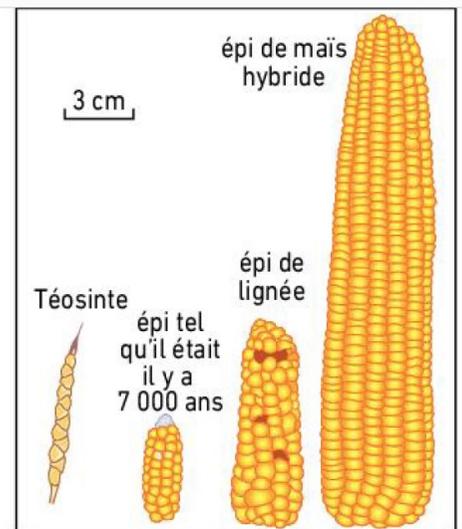


# L'espèce sauvage (téosinte) et l'espèce domestiquée (maïs)

Port rectiligne  
Gros épis  
Grains solidaires de l'épi  
Grains nus



Port ramifié,  
Petit épi,  
Grains qui tombent  
Grains protégés

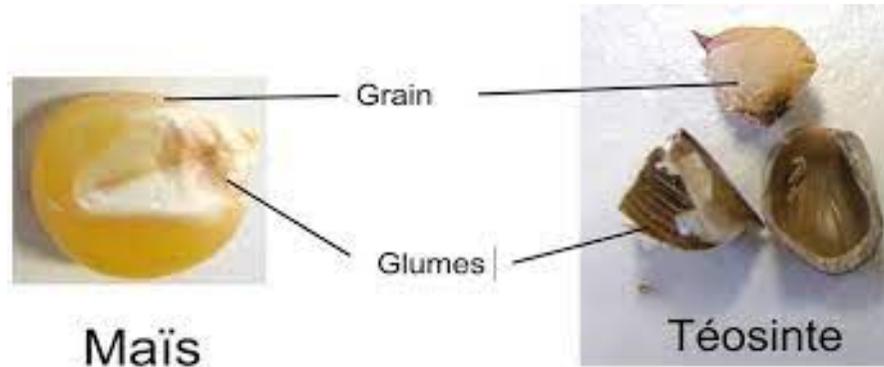


Épis à différents stades de la domestication.



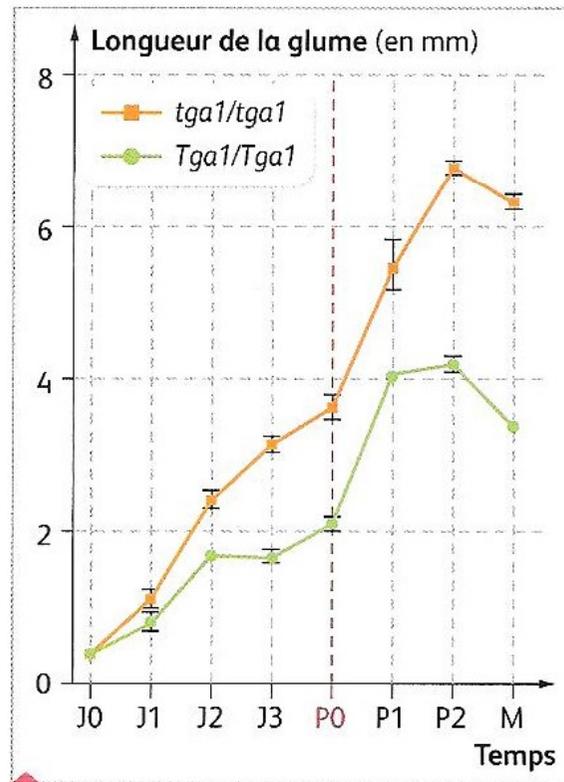
# Un exemple d'allèle sélectionné lors de la domestication du maïs

## Le gène *TGA1* et la protection de la graine



allèle *Tga1* (homozygote)

- Glume réduite
- protection moindre



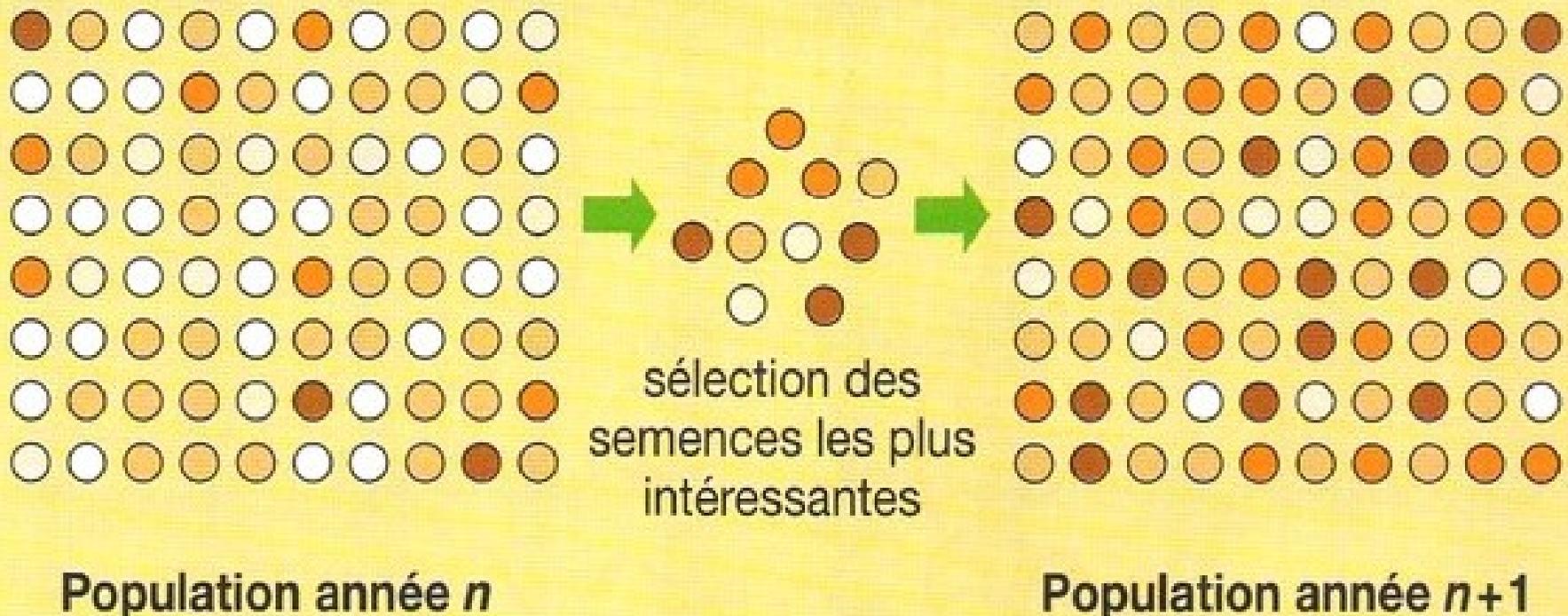
allèle *tga1* (homozygote)

- Glume complète
- protection importante contre les parasites

Étude de la longueur de l'enveloppe (ou glume) avant et après pollinisation.

## La sélection artificielle : une première approche empirique

Dans ce modèle, les graines récoltées sont d'autant plus intéressantes pour constituer la semence de l'année suivante qu'elles sont foncées. Mais le tri des graines est une tâche difficile, aux résultats imparfaits !



## Syndrome de domestication

On appelle syndrome de domestication, l'ensemble des caractères qui différencient une plante cultivée domestique de son plus proche parent sauvage. Ils sont le résultat d'un travail de sélection effectué par les humains au fil des générations de plantes. À l'issue de la domestication, les plantes sont moins aptes à la survie en milieu sauvage mais leur reproduction et leur propagation sont assurées par les humains : il s'agit de mutualisme entre eux et la plante cultivée.

Caractère	Espèces sauvages	Espèces domestiquées
Solidité de l'épi	Très fragile : facilite sa rupture et la dissémination des grains	Solide : facilité de récolte (les grains ne tombent pas par terre)
Mode de fécondation	Fécondation croisée	Autofécondation fréquente
Maturation des graines	Étalement de la maturité : augmente les probabilités de rencontrer des conditions optimales	Maturation synchrone : permet de récolter en une seule fois
Germination	Dormance : permet le passage de la mauvaise saison et évite la germination dans des conditions environnementales défavorables	Pas de dormance : germination simultanée et rapide au moment souhaité par l'agriculteur
Enveloppes des grains à maturité	Grains vêtus (entourés des glumelles) : protection et facilitation de la dissémination	Grains nus (sans glumelles) : facilite le battage, la formation de farine et la digestibilité des grains
Quantités de réserves dans le grain	Petits grains : facilite la dissémination	Gros grains : <ul style="list-style-type: none"> <li>• permettent des semis profonds pour échapper aux prédateurs</li> <li>• Présence de réserves abondantes : meilleur rendement</li> </ul>

### 7 Syndrome de domestication : quelques exemples.

[Belin]

# La domestication du maïs

## L'exemple du maïs en Amérique du Nord

Téosinte (6 à 8 grains/épi)

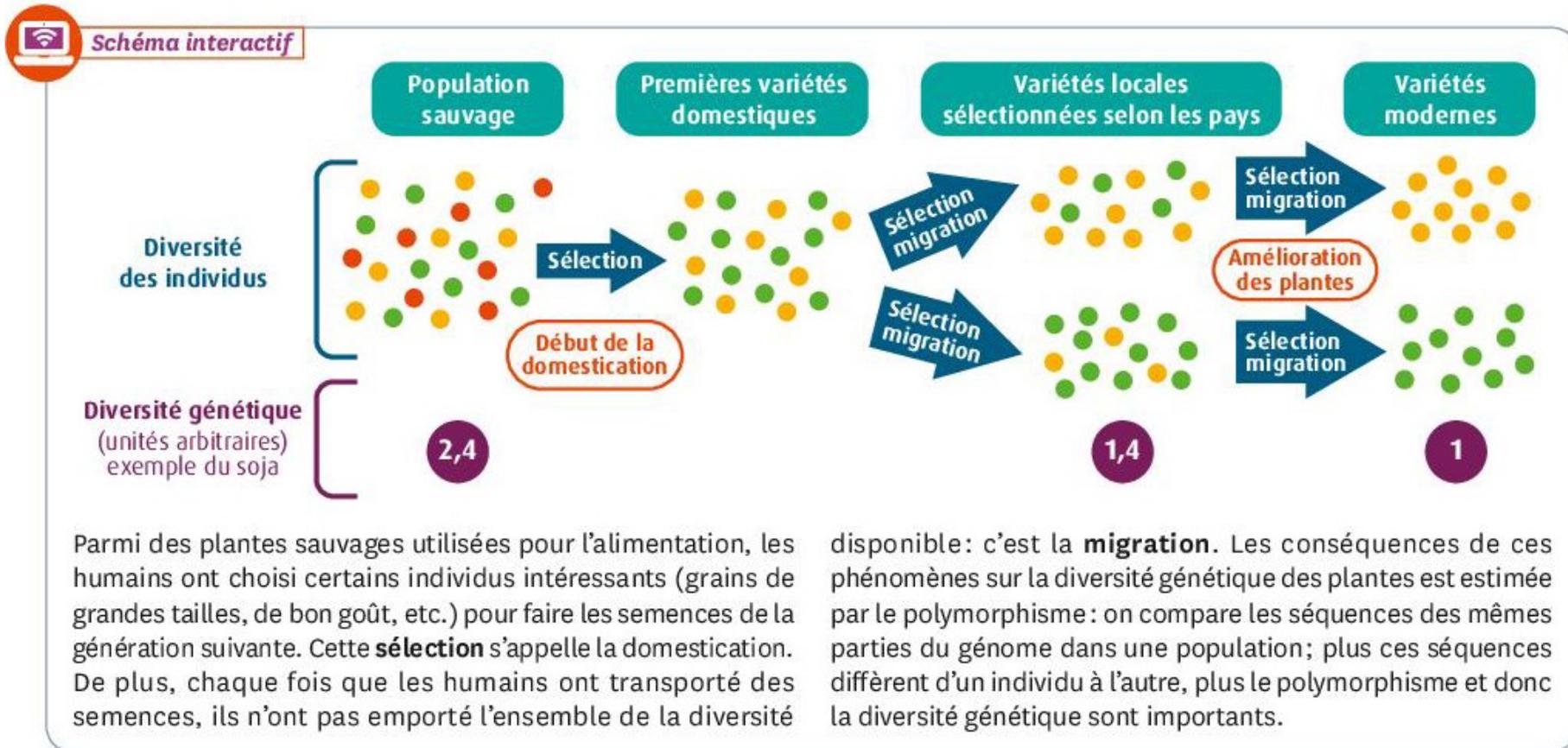


Variétés de maïs actuelles (jusqu'à 600 grains/épi)



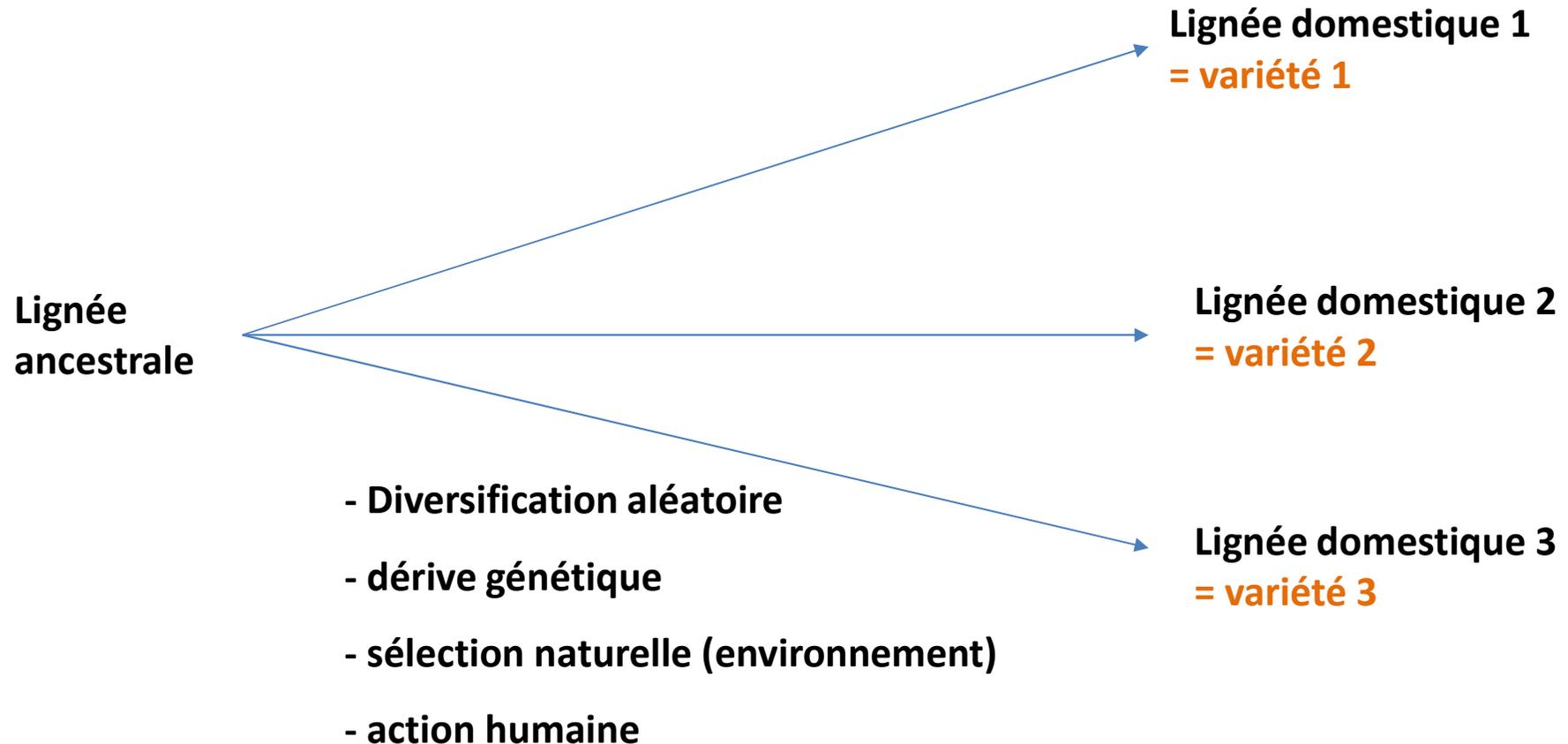
**1** Distribution géographique de la téosinte et de différentes variétés anciennes de maïs. Selon leur région d'habitation, les populations amérindiennes cultivaient, avant l'arrivée des Européens, des variétés différentes de maïs (que l'on qualifie ici de « variétés anciennes »). La téosinte est le plus proche parent sauvage du maïs.

# La domestication



**DOC 3** Des plantes sauvages aux plantes cultivées contemporaines.

## La diversité variétale



Éloignées génétiquement de l'ancêtre :  
Réduction de diversité  
Caractères défavorables en milieu naturel

# Histoire de la domestication du maïs



# Thème : DE LA PLANTE SAUVAGE A LA PLANTE DOMESTIQUEE

## Chapitre 4 : La plante domestiquée

### I] La sélection des plantes par l'Homme

A. Le processus de domestication : des plantes sauvages aux plantes domestiquées

B. Les conséquences génétiques de la domestication : une baisse de la diversité allélique

II] les techniques biologiques au service de la création de nouvelles variétés

A. obtention de lignées pures et hybridation

B. Techniques de génie génétique

1°) la transgénèse, technique permettant d'obtenir des OGM

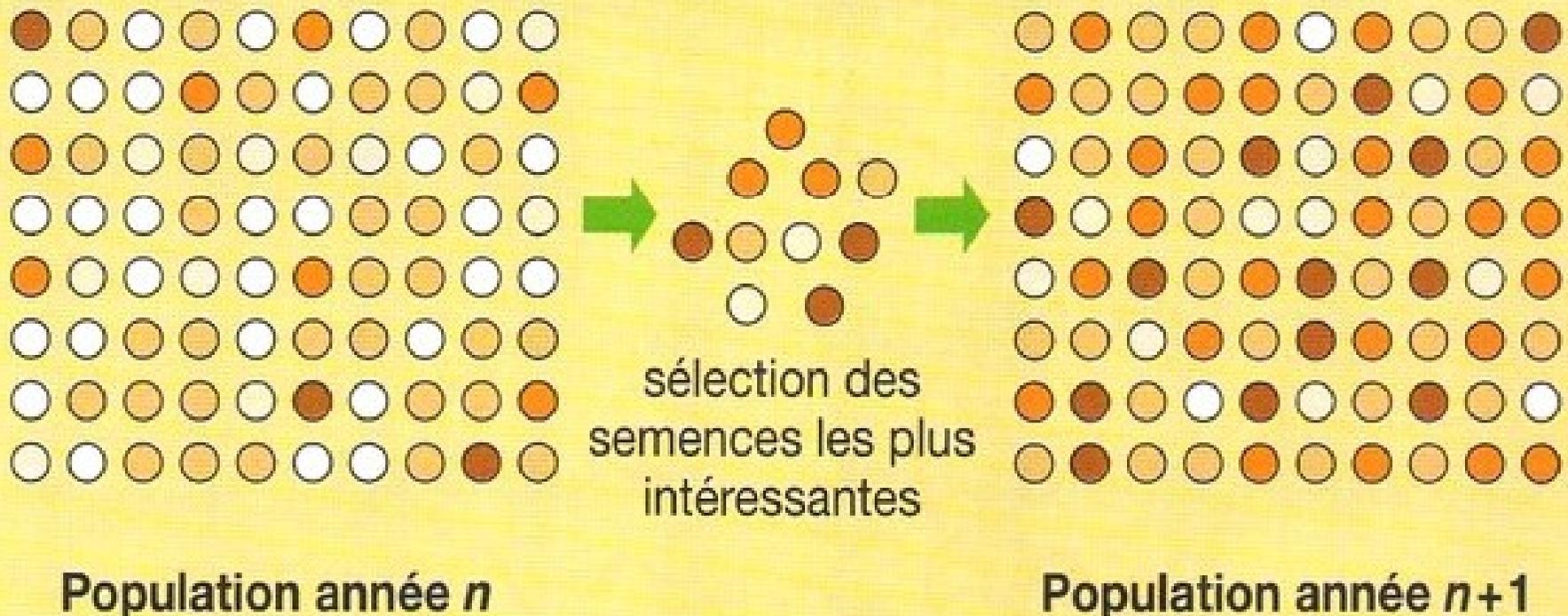
2°) les techniques de mutagenèses

III] La coévolution des plantes cultivées et des humains cultivateurs

Conclusion

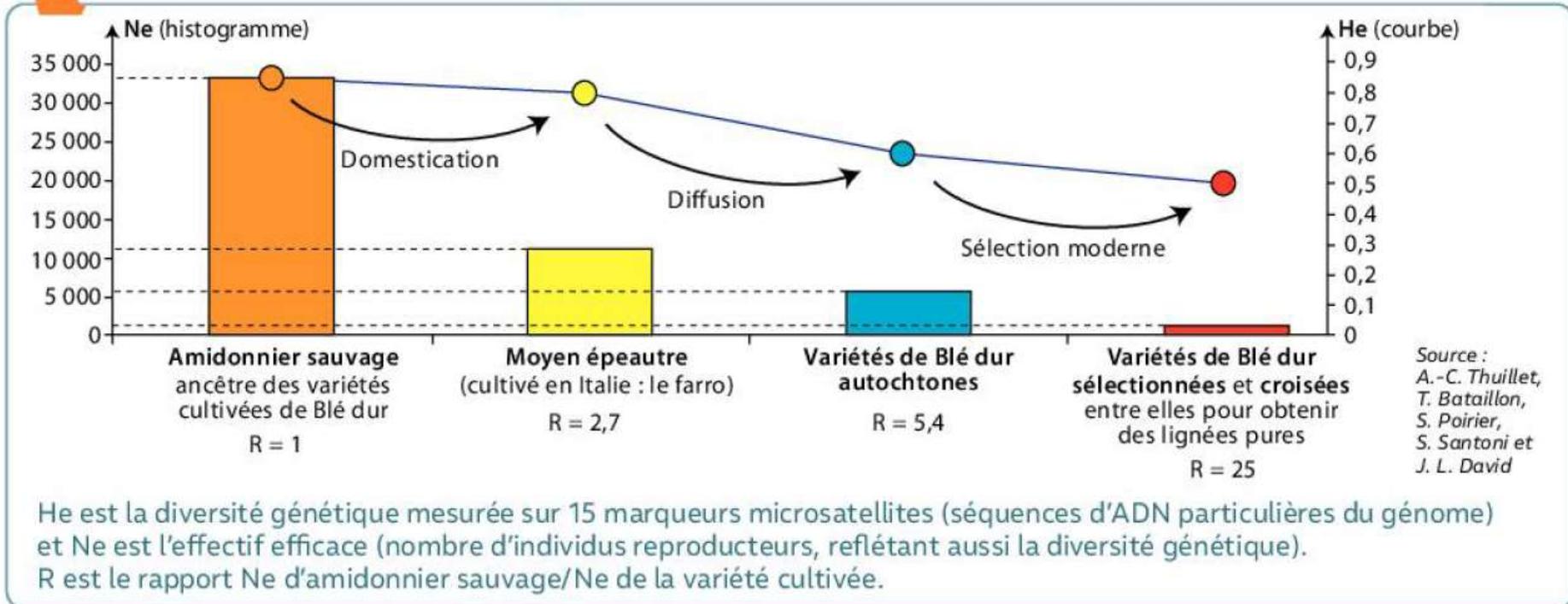
## La sélection artificielle : une première approche empirique

Dans ce modèle, les graines récoltées sont d'autant plus intéressantes pour constituer la semence de l'année suivante qu'elles sont foncées. Mais le tri des graines est une tâche difficile, aux résultats imparfaits !

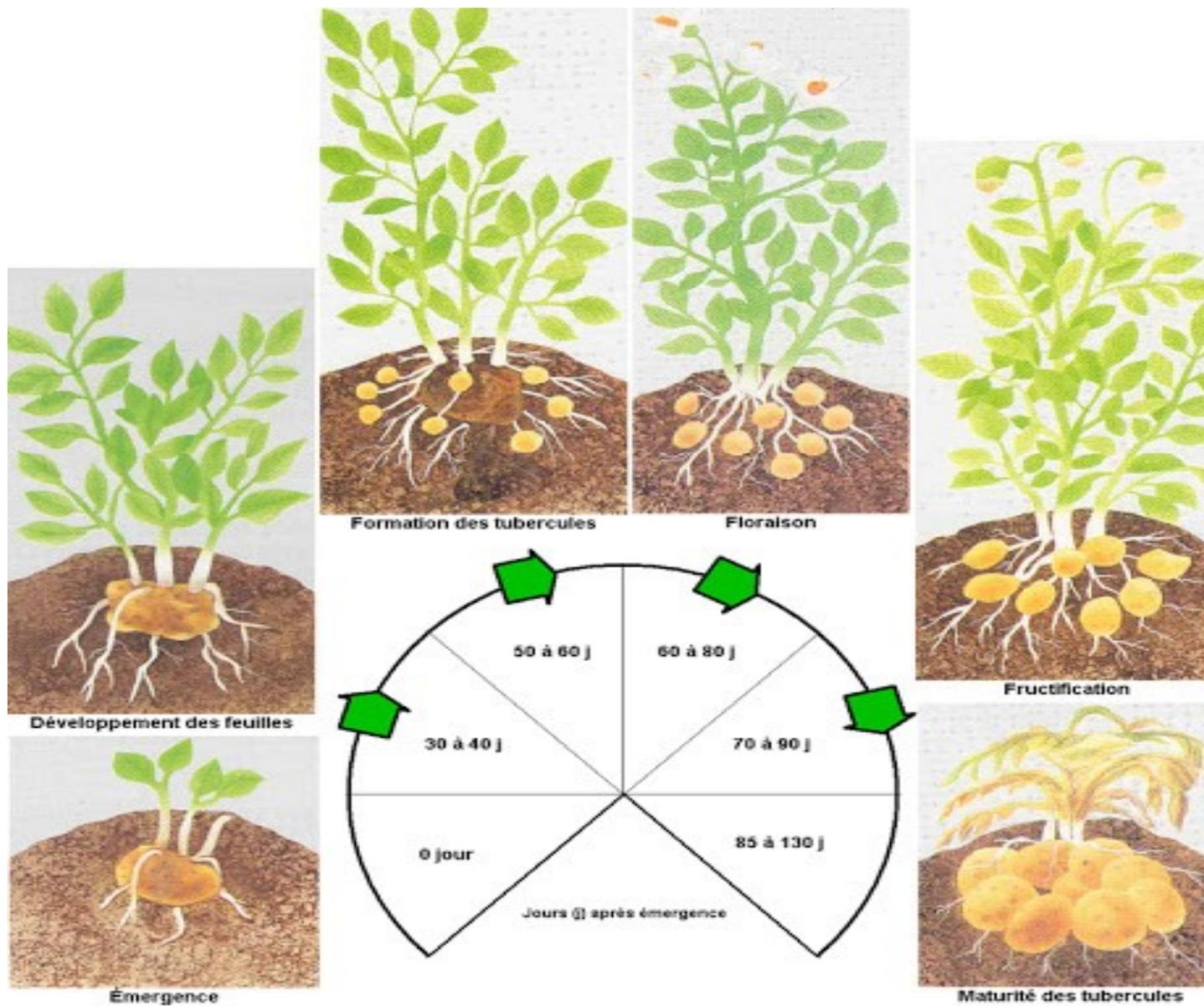


# Suivi de la diversité allélique suite à la domestication

## 4 Évolution de la diversité allélique au cours de la domestication du Blé dur



# Un cas extrême : la sensibilité au mildiou de la pomme de terre



## Un cas extrême : la sensibilité au mildiou de la pomme de terre



*Le mémorial de la famine témoigne encore à Dublin de cette catastrophe nationale*



**Fig. 5 :** Ce tubercule de pomme de terre, atteint par le mildiou, est inconsommable.

**Exemple :** Entre 1845 et 1852, une famine ravagea l'Irlande, causant la mort d'environ un million d'individus. Elle fut notamment causée par la chute de la production de pommes de terre dont les variétés cultivées étaient sensibles au mildiou, maladie provoquée par un champignon (**Fig. 5**).

De 1845 à 1850, la production irlandaise de pommes de terre a été réduite de 90 % par une maladie de la pomme de terre, le mildiou, provoquant une famine de très grande ampleur. Une seule variété, nommée « Lumper » est utilisée à l'époque dans tout le pays.

# Thème : DE LA PLANTE SAUVAGE A LA PLANTE DOMESTIQUEE

## Chapitre 4 : La plante domestiquée

### I] La sélection des plantes par l'Homme

A. Le processus de domestication : des plantes sauvages aux plantes domestiquées

B. Les conséquences génétiques de la domestication : une baisse de la diversité allélique

### II] les techniques biologiques au service de la création de nouvelles variétés

A. obtention de lignées pures et hybridation

B. Techniques de génie génétique

1°) la transgénèse, technique permettant d'obtenir des OGM

2°) les techniques de mutagenèses

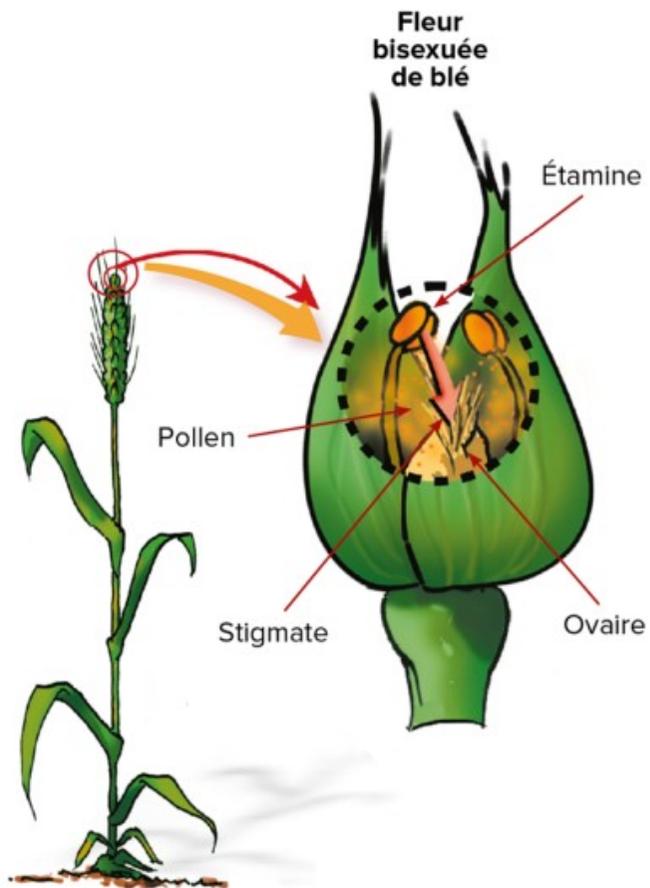
III] La coévolution des plantes cultivées et des humains cultivateurs

Conclusion

# L'autofécondation chez les végétaux

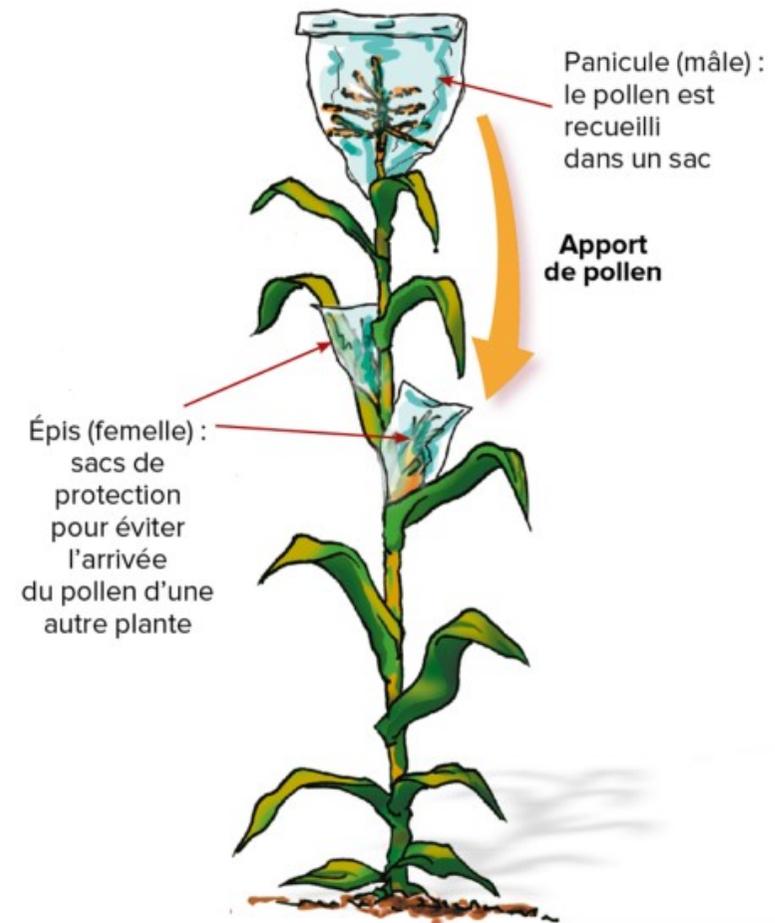
**Naturelle  
pour les plantes autogames**

Exemple du blé

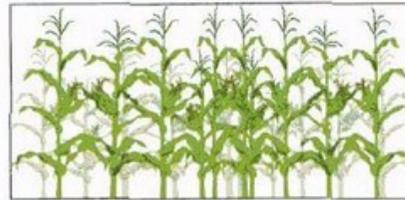
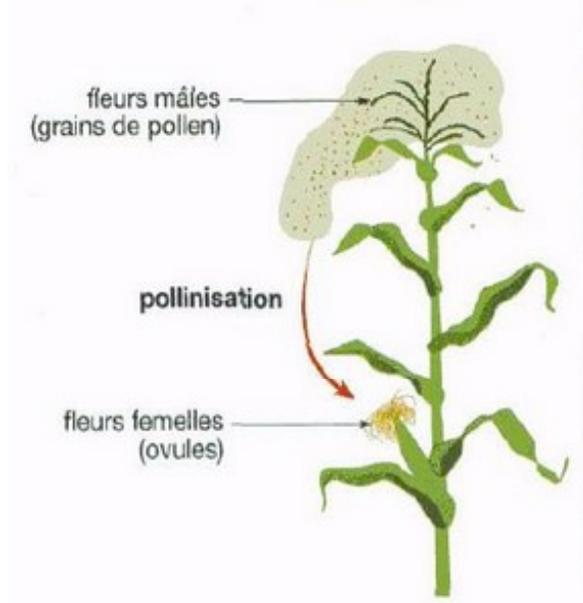


**Provoquée par le sélectionneur  
pour les plantes allogames**

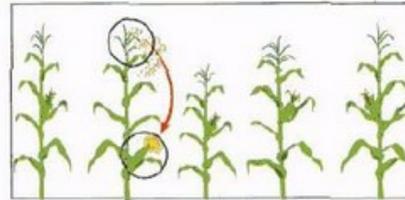
Exemple du maïs



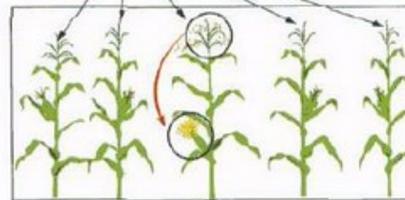
# L'autofécondation permet d'obtenir des lignées pures (homozygotes)



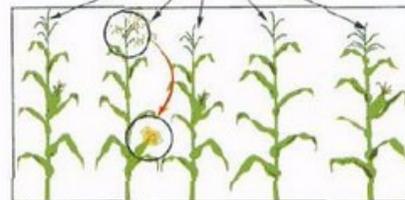
Plantes génétiquement diversifiées,  
homozygotie : 0%



Plantes de 1<sup>ère</sup> génération,  
homozygotie : 50%



Plantes de 2<sup>ème</sup> génération,  
homozygotie : 75%



Plantes de 3<sup>ème</sup> génération,  
homozygotie : 75%



Plantes de 7<sup>ème</sup> génération,  
homozygotie : 100%

LIGNÉE PURE FIXÉE

## Obtention de lignées pures par autofécondation

- Suivi d'un gène hétérozygote chez le parent
- Réalisation d'un échiquier de croisement :

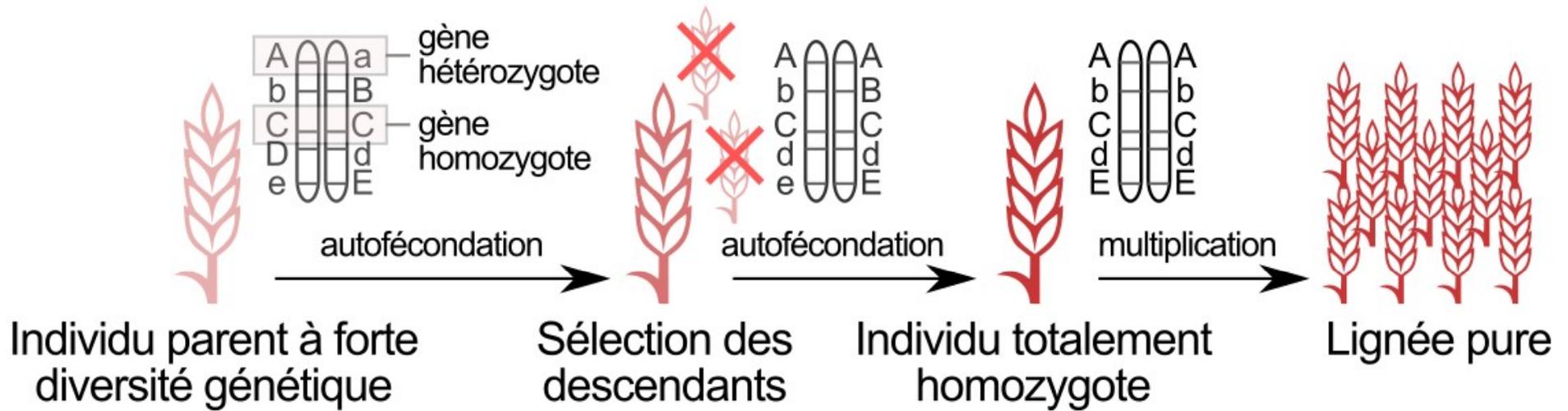
		Allèle porté par le gamète mâle	
		A	a
Allèle porté par le gamète femelle	A	AA	Aa
	a	Aa	aa

Génotypes de la descendance



50 % de la descendance est homozygote pour ce gène

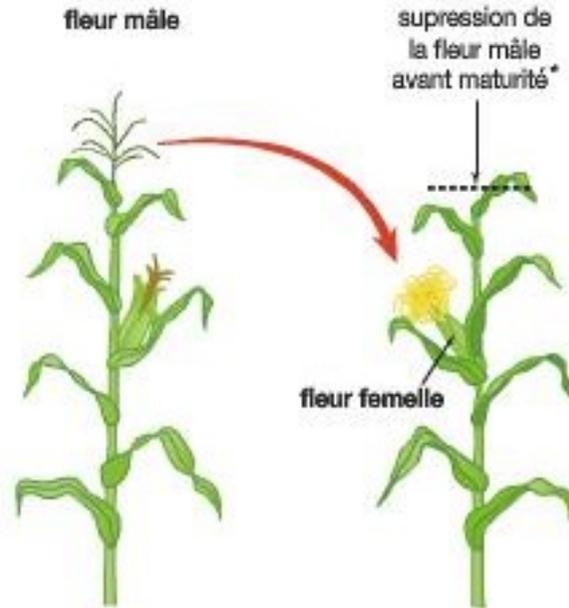
# Obtention de lignées pures par autofécondation



# L'obtention d'hybrides



**Lignée A**  
(parent mâle)  
parent productif  
à maturité tardive



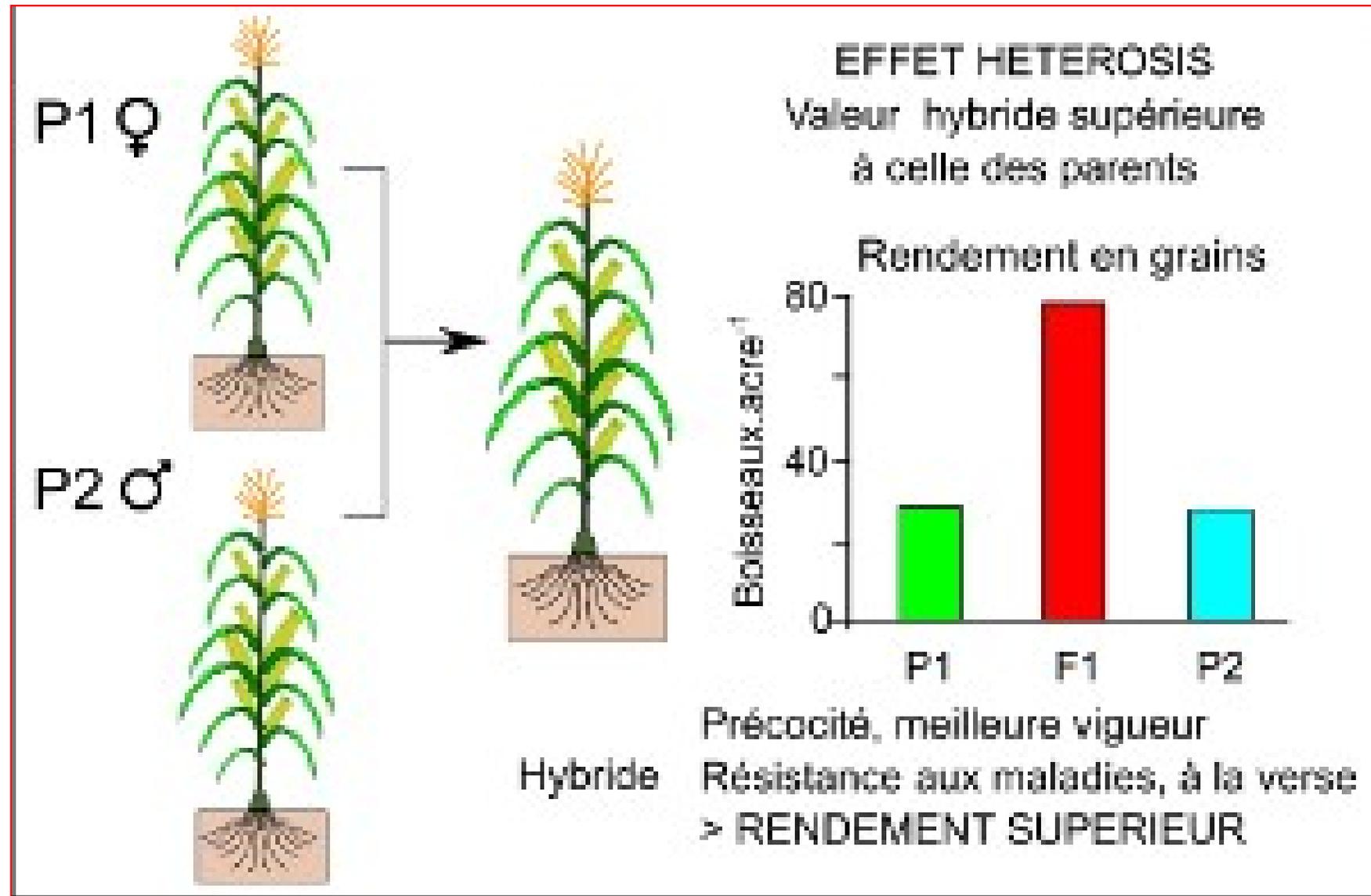
**Lignée B**  
(parent femelle)  
parent peu productif  
à maturité précoce



**Hybride AB**  
plantes productives  
à maturité précoce



## Hybridations et hétérosis



# Thème : DE LA PLANTE SAUVAGE A LA PLANTE DOMESTIQUEE

## Chapitre 4 : La plante domestiquée

### I] La sélection des plantes par l'Homme

A. Le processus de domestication : des plantes sauvages aux plantes domestiquées

B. Les conséquences génétiques de la domestication : une baisse de la diversité allélique

### II] les techniques biologiques au service de la création de nouvelles variétés

A. obtention de lignées pures et hybridation

B. Techniques de génie génétique

1°) la transgénèse, technique permettant d'obtenir des OGM

2°) les techniques de mutagenèses

III] La coévolution des plantes cultivées et des humains cultivateurs

Conclusion

## A la recherche de nouveaux phénotypes exploitables pour l'Homme

Sources de diversité biologique	Exemple
Variétés existantes	Utilisation de variétés anciennes gardées dans des conservatoires comme parentes de variétés modernes (ex. : pomme).
Espèces sauvages apparentées	Utilisation d'espèces sauvages présentant des caractères originaux pour former de nouvelles variétés (ex. : pomme). Implique que la biodiversité sauvage soit conservée.
Mutations spontanées	Elles sont rares, mais sont à l'origine de la grande majorité des caractères visibles dans la diversité des plantes alimentaires.
Mutations induites	En utilisant des agents mutagènes, on augmente la fréquence de mutation en espérant faire survenir des mutations donnant les caractères intéressants (voir doc 3).
Espèces éloignées	Par transgénèse ou par édition du génome, des gènes intéressants provenant d'espèces éloignées sont intégrés dans le génome des plantes que l'on souhaite modifier. En France, la culture de ces plantes génétiquement modifiées n'est pas autorisée.

### 2 Sources de diversité utilisées par les sélectionneurs.

[Belin]

# Thème : DE LA PLANTE SAUVAGE A LA PLANTE DOMESTIQUEE

## Chapitre 4 : La plante domestiquée

### I] La sélection des plantes par l'Homme

A. Le processus de domestication : des plantes sauvages aux plantes domestiquées

B. Les conséquences génétiques de la domestication : une baisse de la diversité allélique

### II] les techniques biologiques au service de la création de nouvelles variétés

A. obtention de lignées pures et hybridation

B. Techniques de génie génétique

1°) la transgénèse, technique permettant d'obtenir des OGM

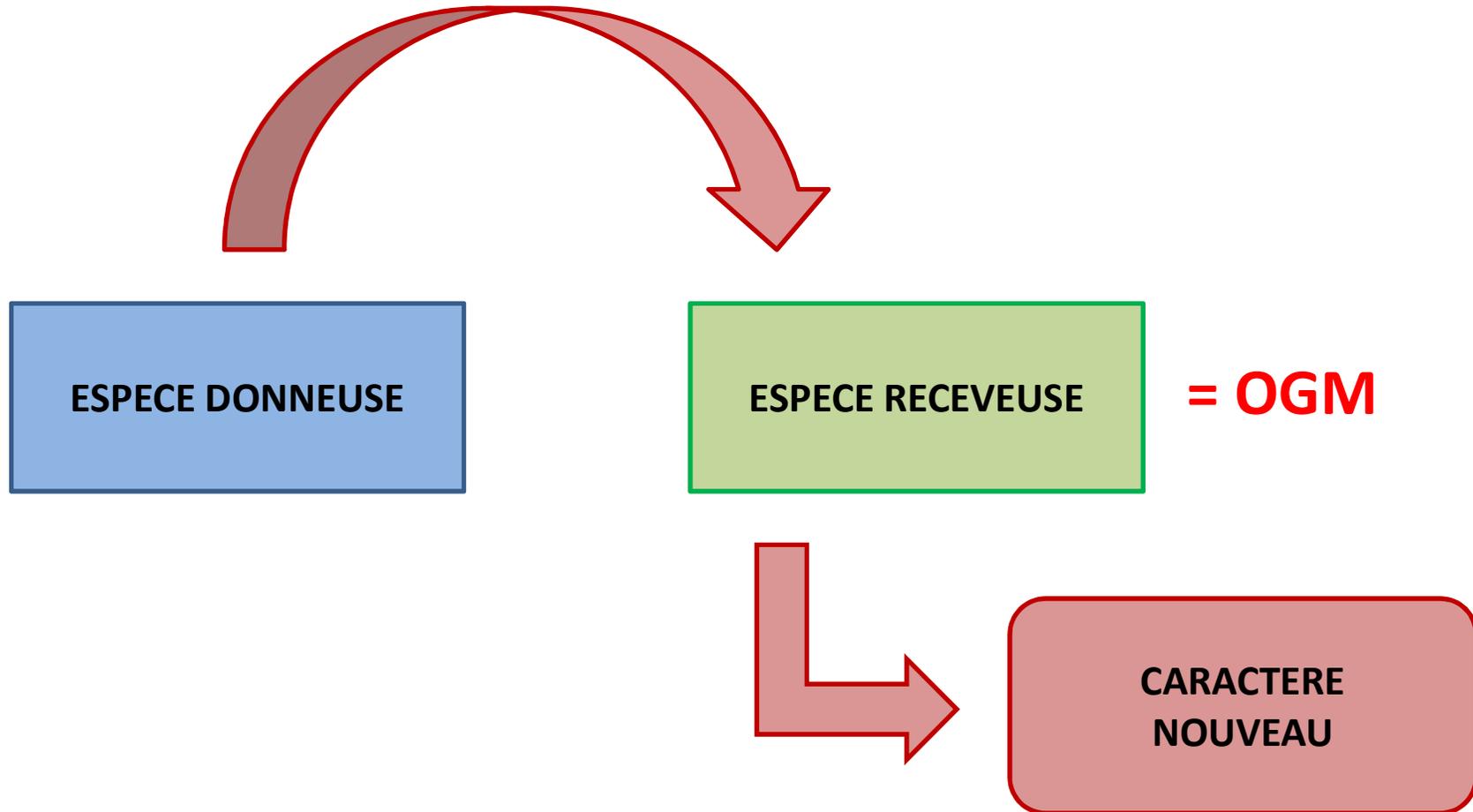
2°) les techniques de mutagenèses

III] La coévolution des plantes cultivées et des humains cultivateurs

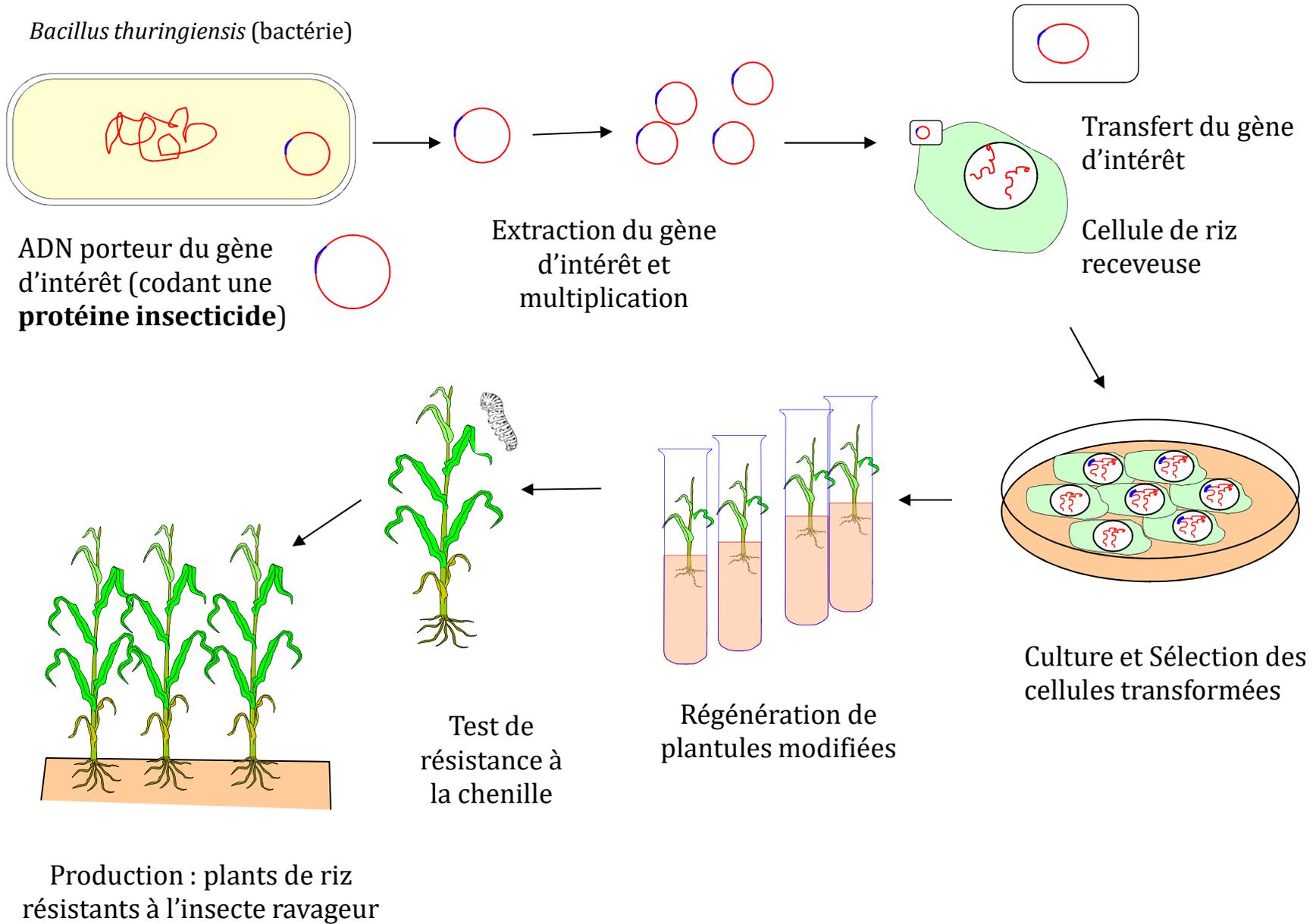
Conclusion

# TRANSGENESE

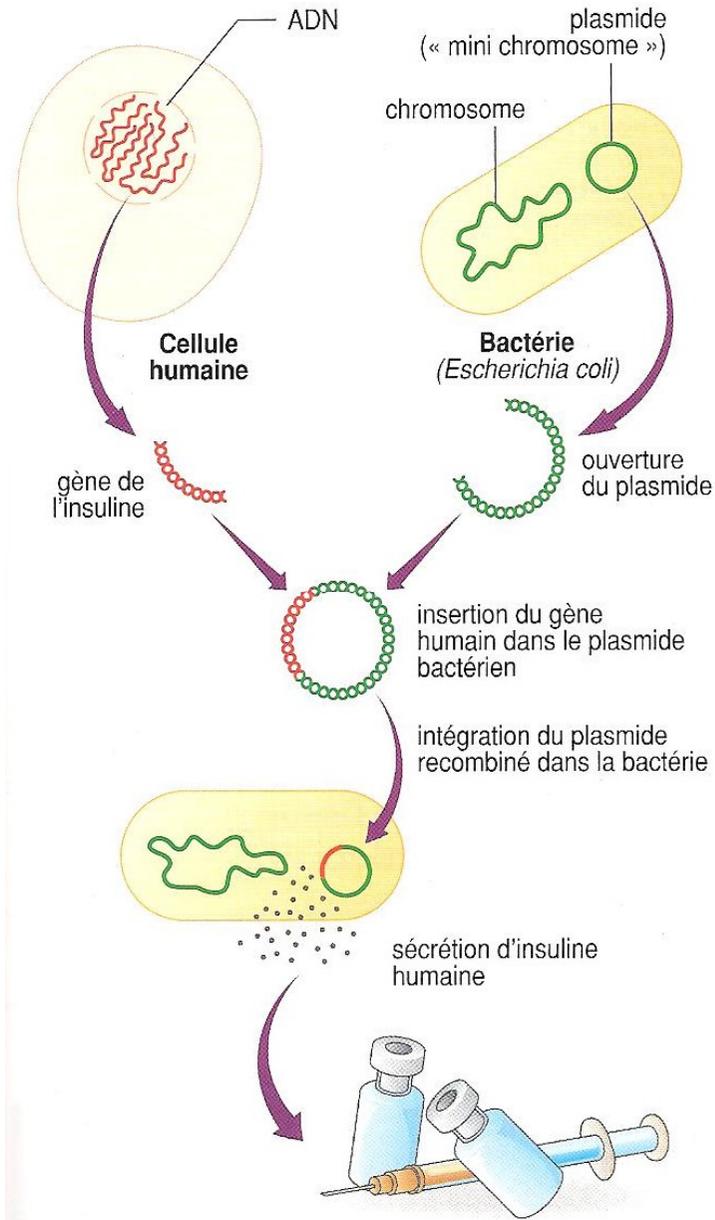
Transfert d'un gène



# Exemple de transgénèse chez le riz



# Production d'insuline par transgénèse



# Les domaines d'application de la transgénèse



## L'agriculture

- La résistance à des insectes
- La résistance à des maladies
- La tolérance à des herbicides
- La tolérance à la sécheresse
- La tolérance à la submersion
- La meilleure utilisation de l'azote...



## L'alimentation

- Les qualités nutritionnelles
- L'enrichissement en minéraux et vitamines
- La maturation des fruits
- La transformation agro alimentaire...

## Les domaines d'applications de la transgénèse



## L'industrie

- Les pâtes à papier
- Les huiles industrielles
- Les colorants...



## La santé

- Les produits sanguins
- Les vaccins
- Les protéines humaines...

# Thème : DE LA PLANTE SAUVAGE A LA PLANTE DOMESTIQUEE

## Chapitre 4 : La plante domestiquée

### I] La sélection des plantes par l'Homme

A. Le processus de domestication : des plantes sauvages aux plantes domestiquées

B. Les conséquences génétiques de la domestication : une baisse de la diversité allélique

### II] les techniques biologiques au service de la création de nouvelles variétés

A. obtention de lignées pures et hybridation

B. Techniques de génie génétique

1°) la transgénèse, technique permettant d'obtenir des OGM

2°) les techniques de mutagenèses

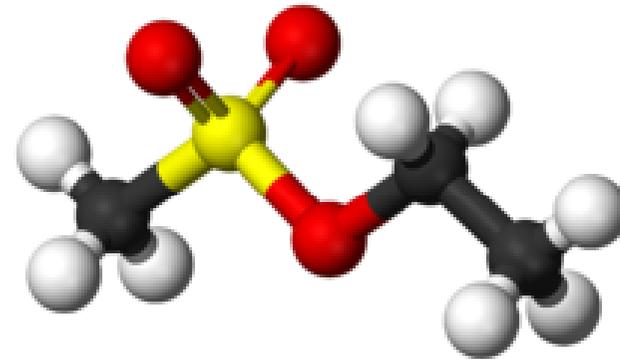
III] La coévolution des plantes cultivées et des humains cultivateurs

Conclusion

## La mutagenèse historique : agents mutagènes physiques et chimiques

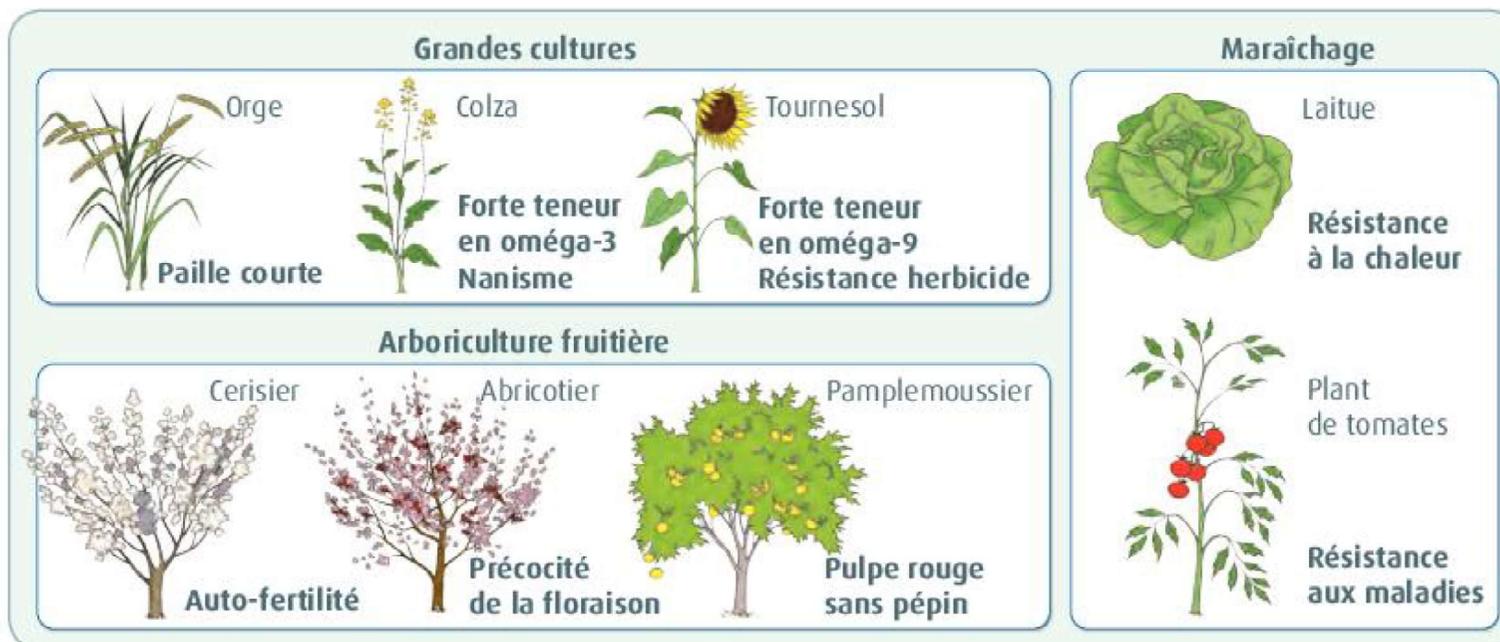


Boite à UV utilisée en 1<sup>ère</sup> spé



Ethyl methanesulfonate

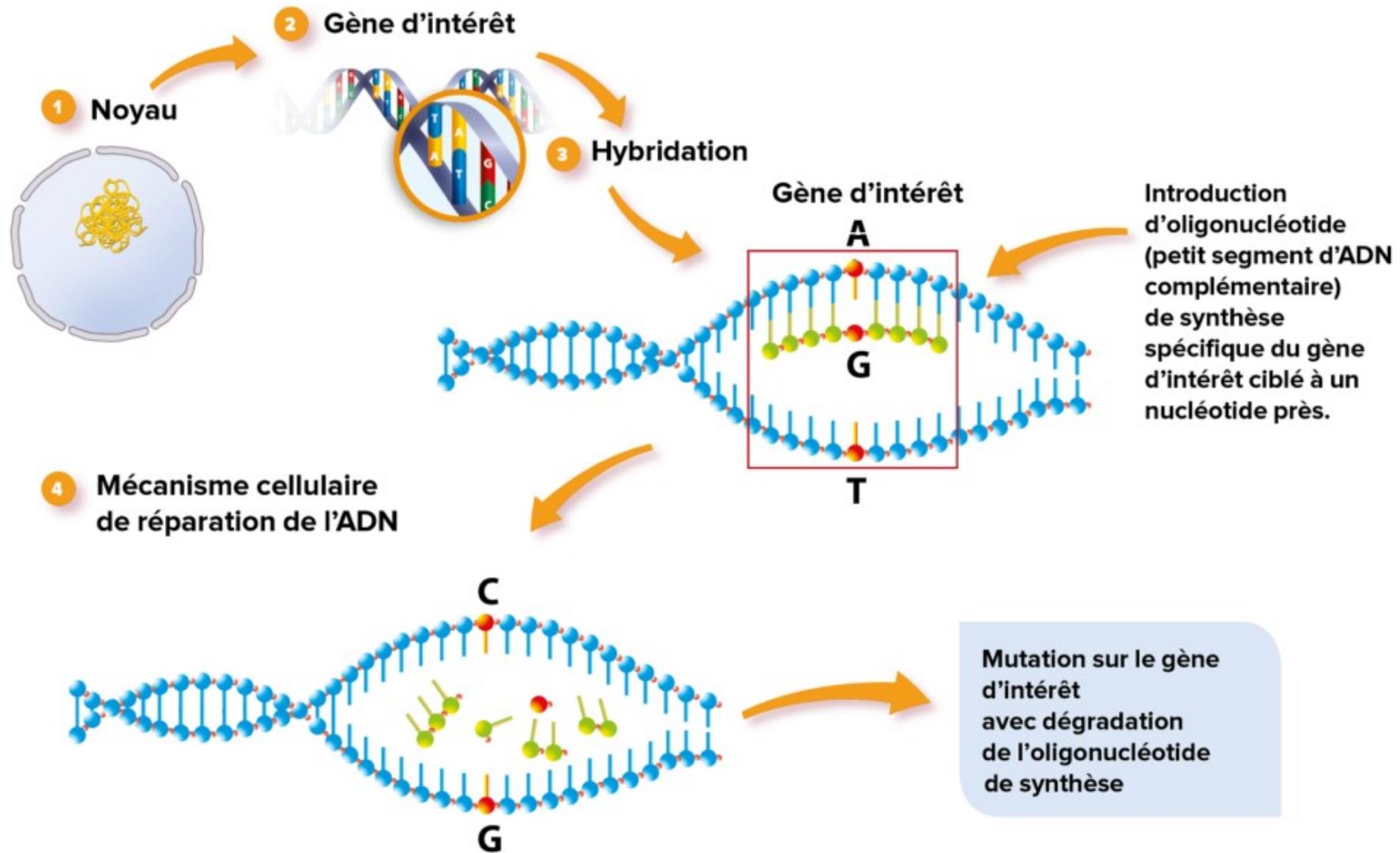
# Caractères obtenus par mutations induites par agent mutagène



**3 Exemples de caractères obtenus par mutations induites à l'aide d'agents mutagènes.** Ils doivent ensuite faire l'objet d'un programme de sélection pour être associé à d'autres caractères intéressants.

[Belin]

# La mutagenèse dirigée par oligonucléotides



# L'édition génique : CRISPR-Cas9

## Ciseaux moléculaires

 NOBELPRISET I KEMI 2020  
THE NOBEL PRIZE IN CHEMISTRY 2020

 KUNGL.  
VETENSKAPS-  
AKADEMIEN  
THE ROYAL SWEDISH ACADEMY OF SCIENCES

Photo: Heilbauer/Forsell  

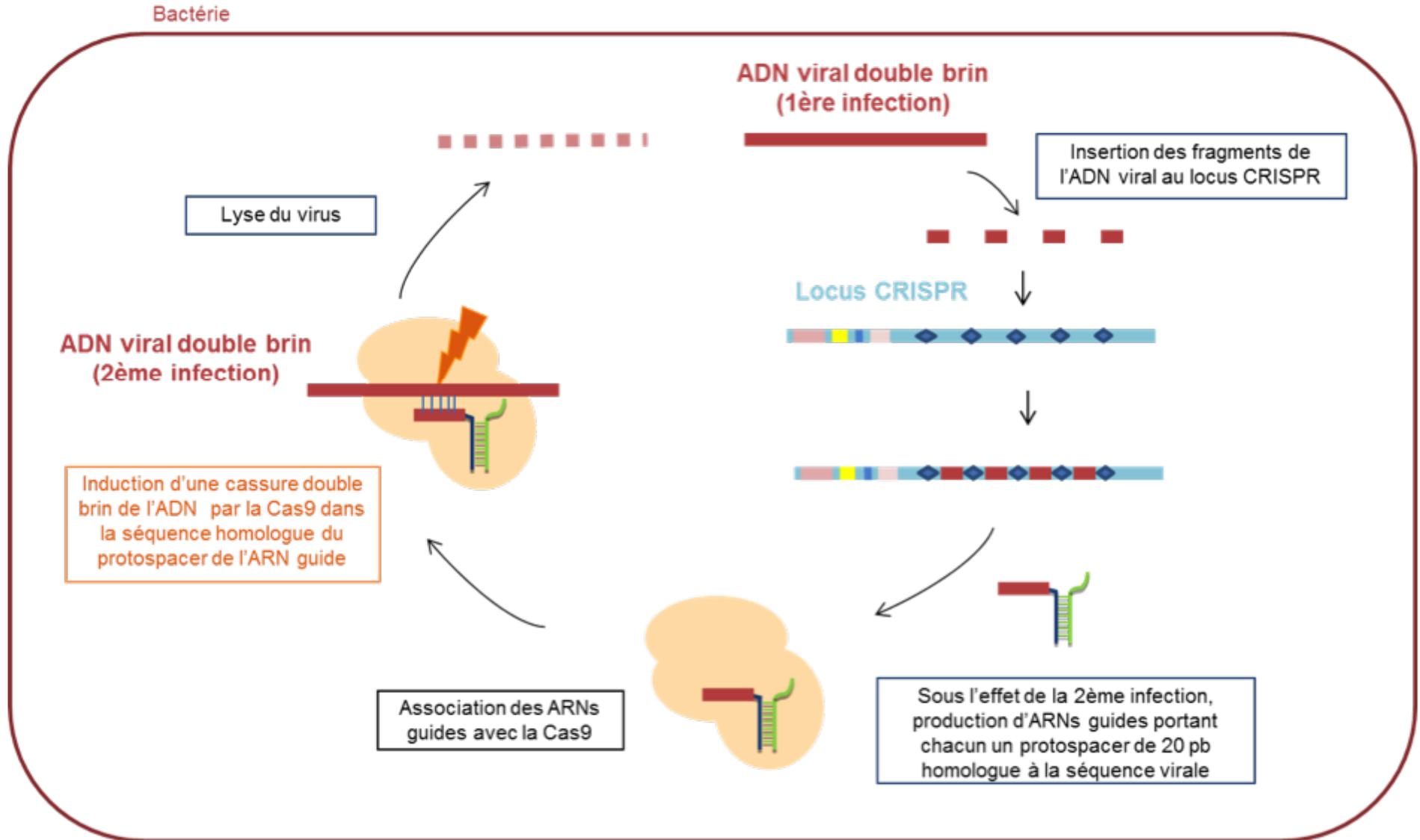

**Emmanuelle Charpentier**  
Born in France, 1968  
Max Planck Unit for the Science of  
Pathogens, Germany

Photo: UC Berkeley/Doudna Lab  


**Jennifer A. Doudna**  
Born in the USA, 1964  
University of California, Berkeley, USA  
Howard Hughes Medical Institute

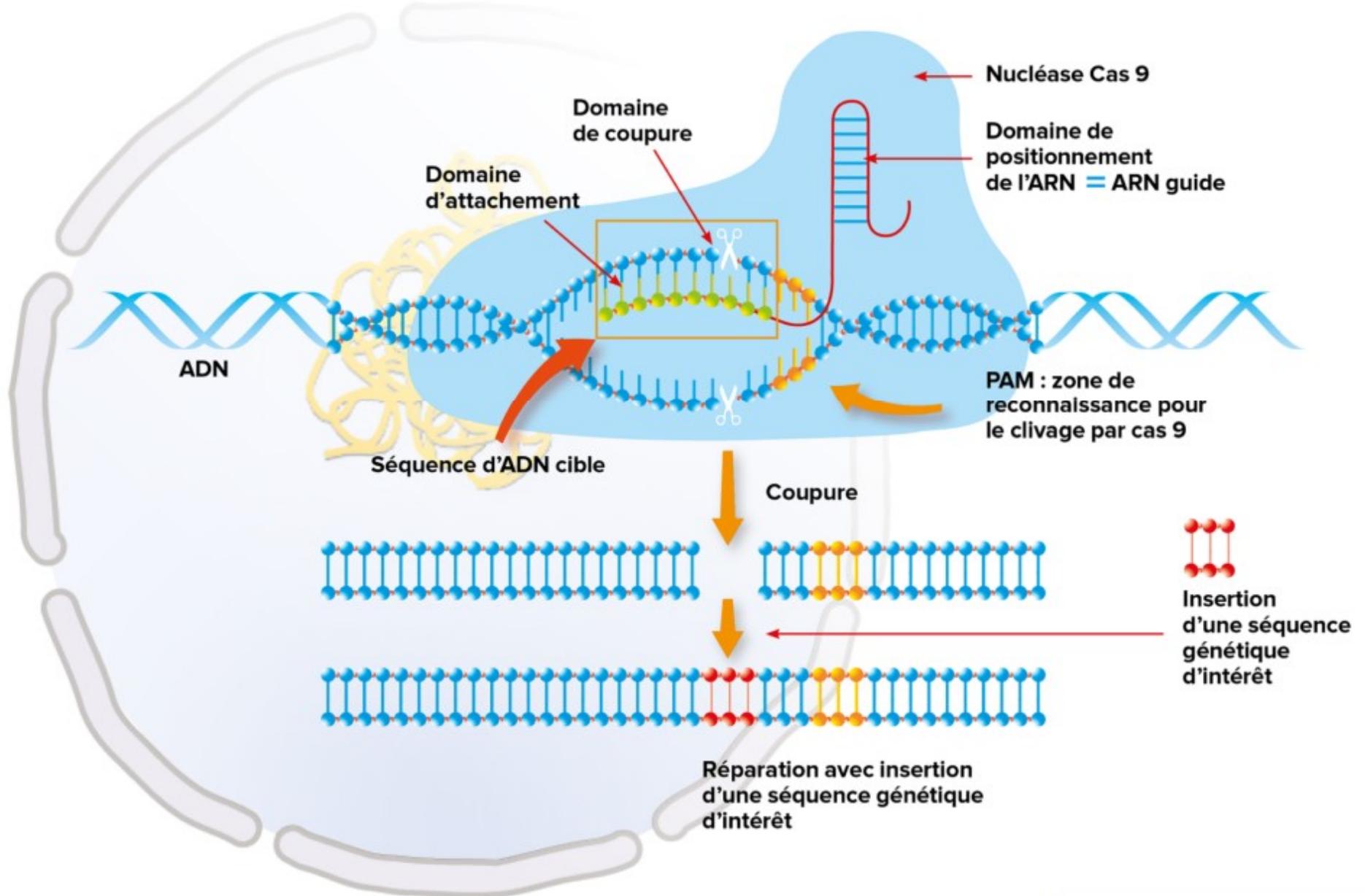
<https://www.dailymotion.com/video/x6ev5oj>

# L'édition génique : CRISPR-Cas9



# L'édition génique : CRISPR-Cas9

<https://youtu.be/RplWR12npqM?si=gOiHo778imQDr3bU>



# Thème : DE LA PLANTE SAUVAGE A LA PLANTE DOMESTIQUEE

## Chapitre 4 : La plante domestiquée

### I] La sélection des plantes par l'Homme

A. Le processus de domestication : des plantes sauvages aux plantes domestiquées

B. Les conséquences génétiques de la domestication : une baisse de la diversité allélique

### II] les techniques biologiques au service de la création de nouvelles variétés

A. obtention de lignées pures et hybridation

B. Techniques de génie génétique

1°) la transgénèse, technique permettant d'obtenir des OGM

2°) les techniques de mutagenèses

### III] La coévolution des plantes cultivées et des humains cultivateurs

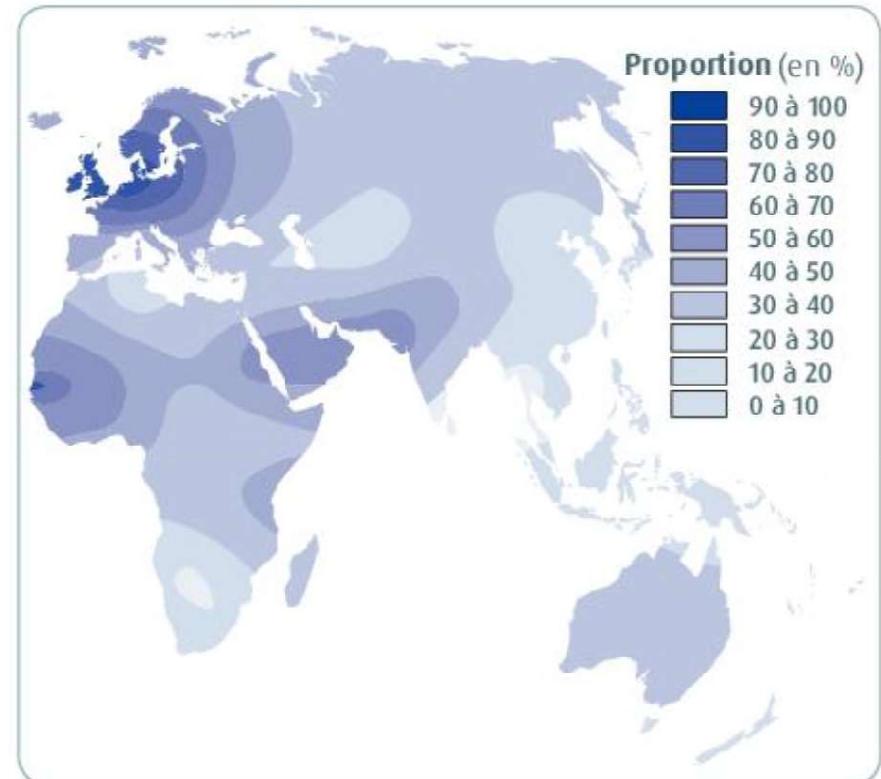
Conclusion

## Rappel 1ere spé : le phénotype lactase persistant

### La persistance de la lactase à l'âge adulte

La lactase est une enzyme digestive permettant de digérer le lait. Elle est présente durant les premières années de vie et se perd à l'âge adulte. Certains adultes peuvent toutefois digérer le lactose. L'analyse génétique de squelettes du néolithique (5500 av. J.-C.) montre l'absence des allèles permettant la persistance de la lactase à l'âge adulte, alors qu'ils sont présents chez des squelettes datant de 500 ans ap. J.-C. Les régions où cette persistance est observée sont aussi celles d'anciens élevages laitiers.

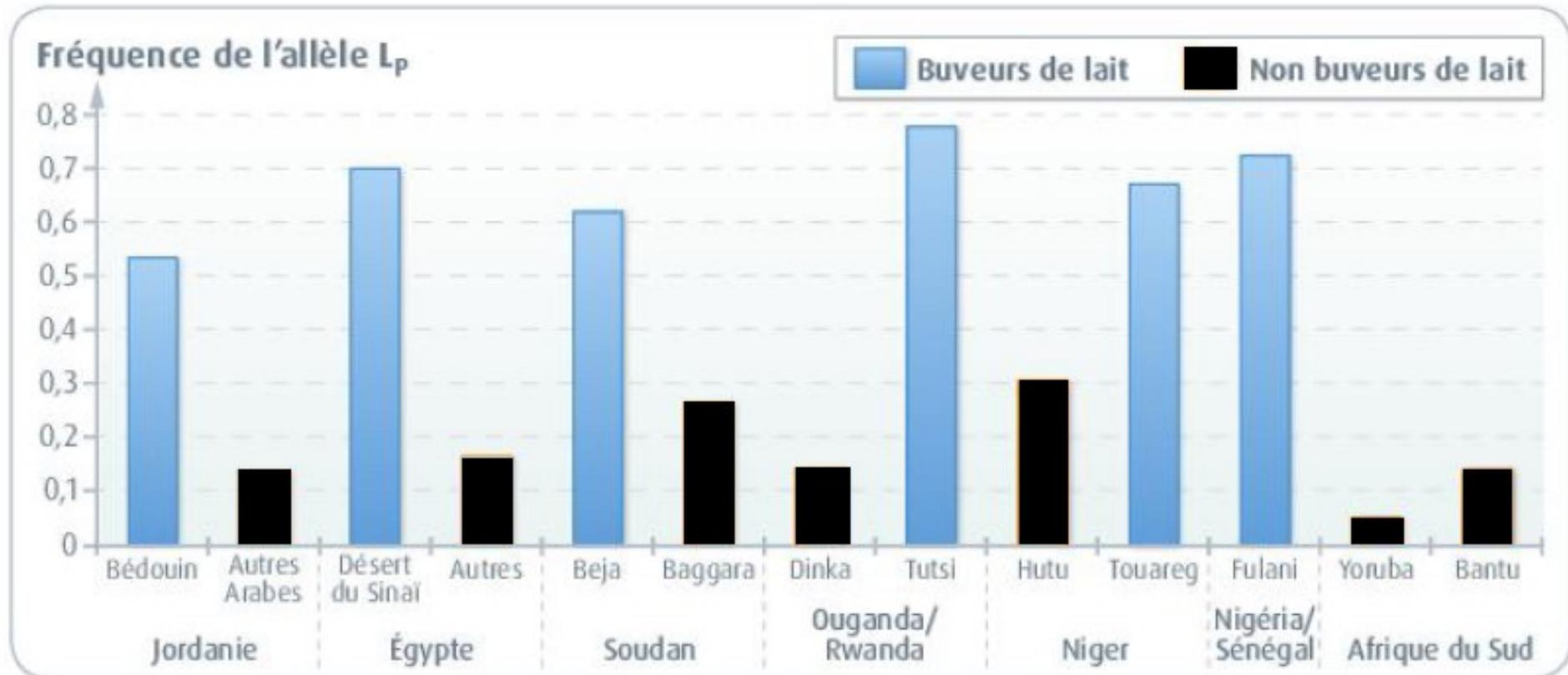
- QUESTION 1.** Faites une recherche documentaire sur l'intérêt nutritionnel du lait.
- Expliquez pourquoi la capacité à digérer le lait peut être considérée comme une adaptation.
  - Expliquez comment à partir d'une population néolithique ne digérant pas le lactose à l'âge adulte il est possible de trouver des populations où tous les individus le digèrent.



▲ Proportion de personnes capables de digérer le lactose à l'âge adulte.

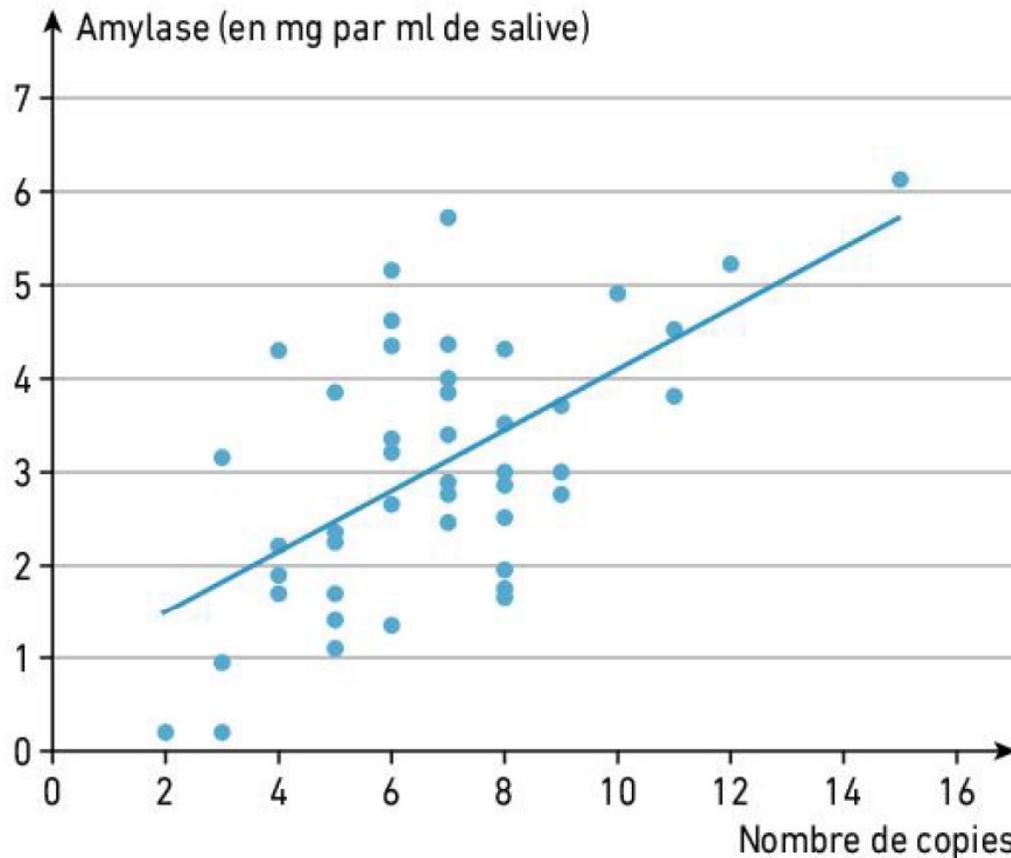
[Belin]

## Rappel 1ere spé : le phénotype lactase persistant



▲ **Fréquence de l'allèle lactase persistant ( $L_p$ ) dans différentes populations pastorales voisines, buveuses de lait et non buveuses de lait.** Le pastoralisme est l'élevage sur des prairies naturelles.

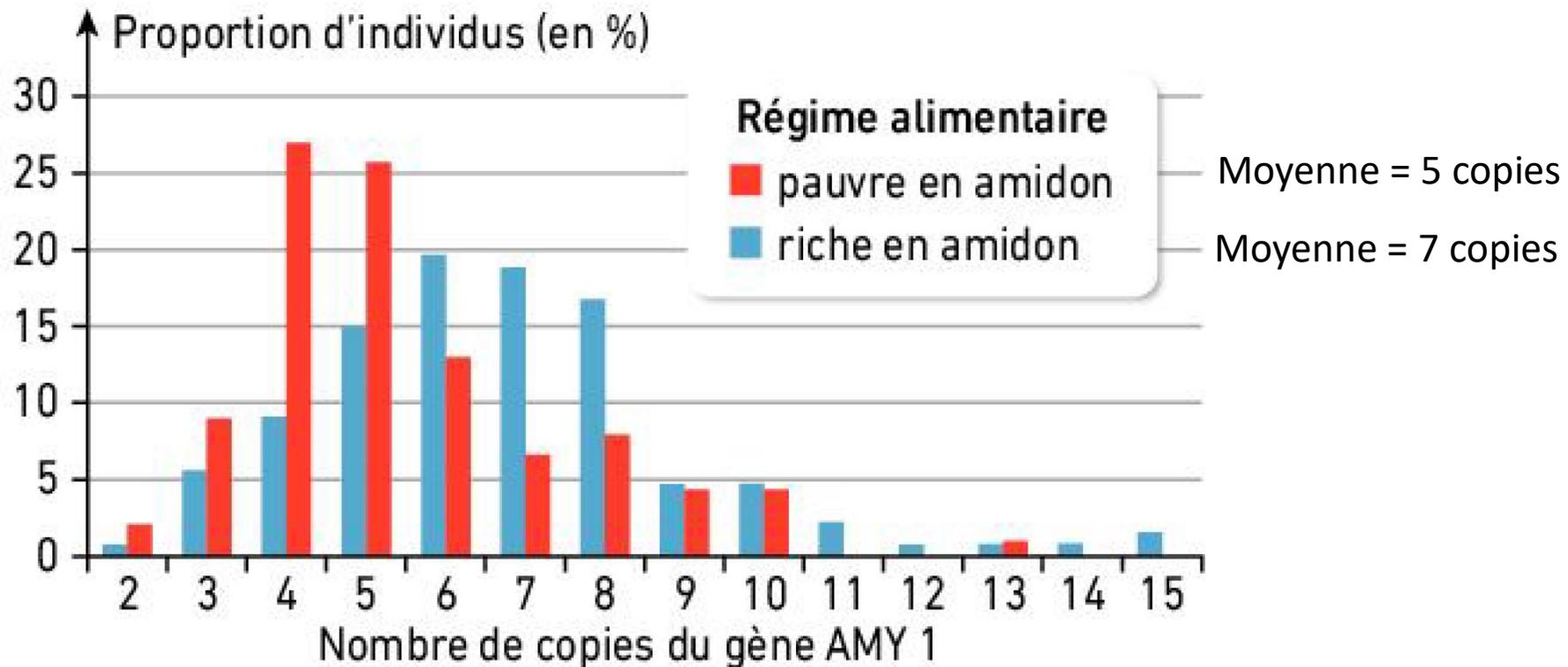
## La conséquence de la consommation de céréales riche en amidon : l'amylase



**D** Quantité d'amylase salivaire en fonction du nombre de copies du gène AMY1 pour les 50 individus nord-américains.

**Plus le nombre de copies des gènes est grand, plus la production d'amylase est importante**

## La conséquence de la consommation de céréales riche en amidon : l'amylase

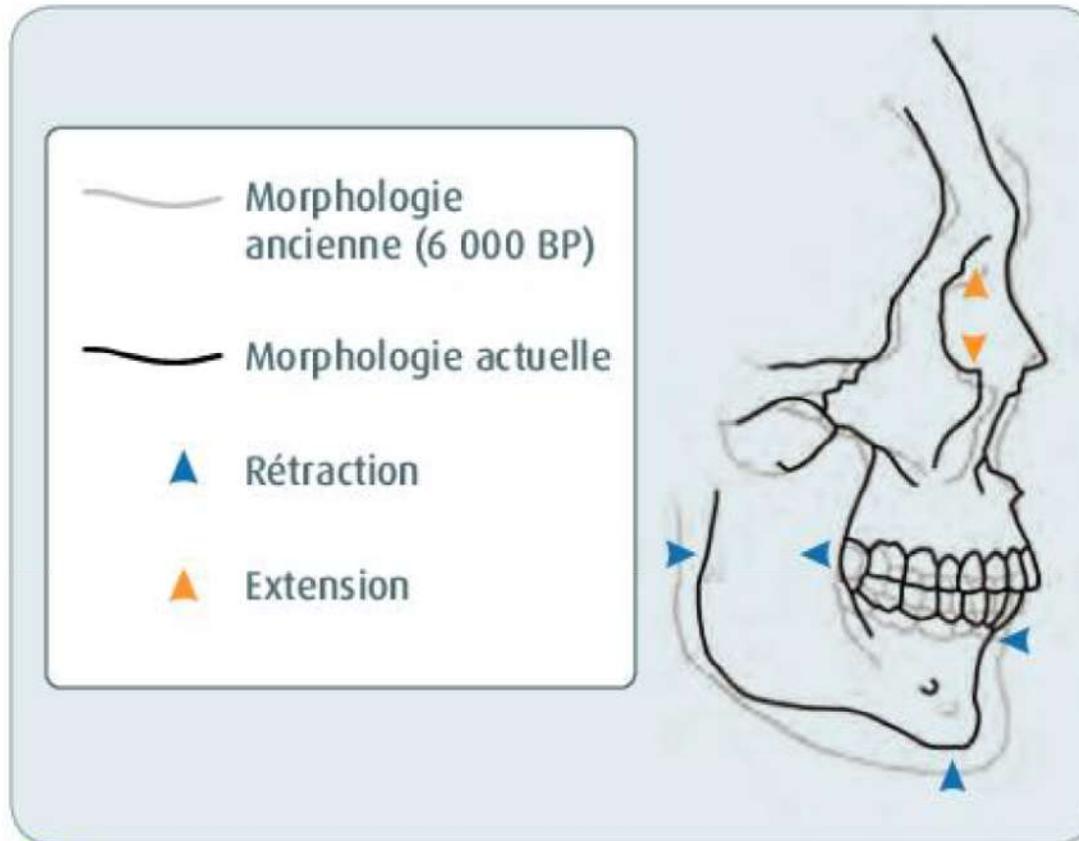


**E** Répartition du nombre de copies du gène AMY1 dans deux populations à régime alimentaire différent.

*D'après George H. Perry & Al. Nature Genetics – 2007.*

**Sélection naturelle :**  
un nb de copies important avantage les individus ayant un régime riche en amidon

## L'influence de notre alimentation sur notre charme



**5 Modifications de la morphologie de la mâchoire inférieure.** Les mâchoires inférieures sont le lieu d'insertion de muscles masticateurs puissants d'autant plus utiles que l'alimentation est difficile à mastiquer. Les chercheurs ont observé la morphologie de la mâchoire inférieure de 170 individus chinois masculins ayant vécu entre - 6000 ans et aujourd'hui. Les mêmes modifications sont observées chez la quasi-totalité des populations du monde.

[Belin]

# Thème : DE LA PLANTE SAUVAGE A LA PLANTE DOMESTIQUEE

## Chapitre 4 : La plante domestiquée

### I] La sélection des plantes par l'Homme

A. Le processus de domestication : des plantes sauvages aux plantes domestiquées

B. Les conséquences génétiques de la domestication : une baisse de la diversité allélique

### II] les techniques biologiques au service de la création de nouvelles variétés

A. obtention de lignées pures et hybridation

B. Techniques de génie génétique

1°) la transgénèse, technique permettant d'obtenir des OGM

2°) les techniques de mutagenèses

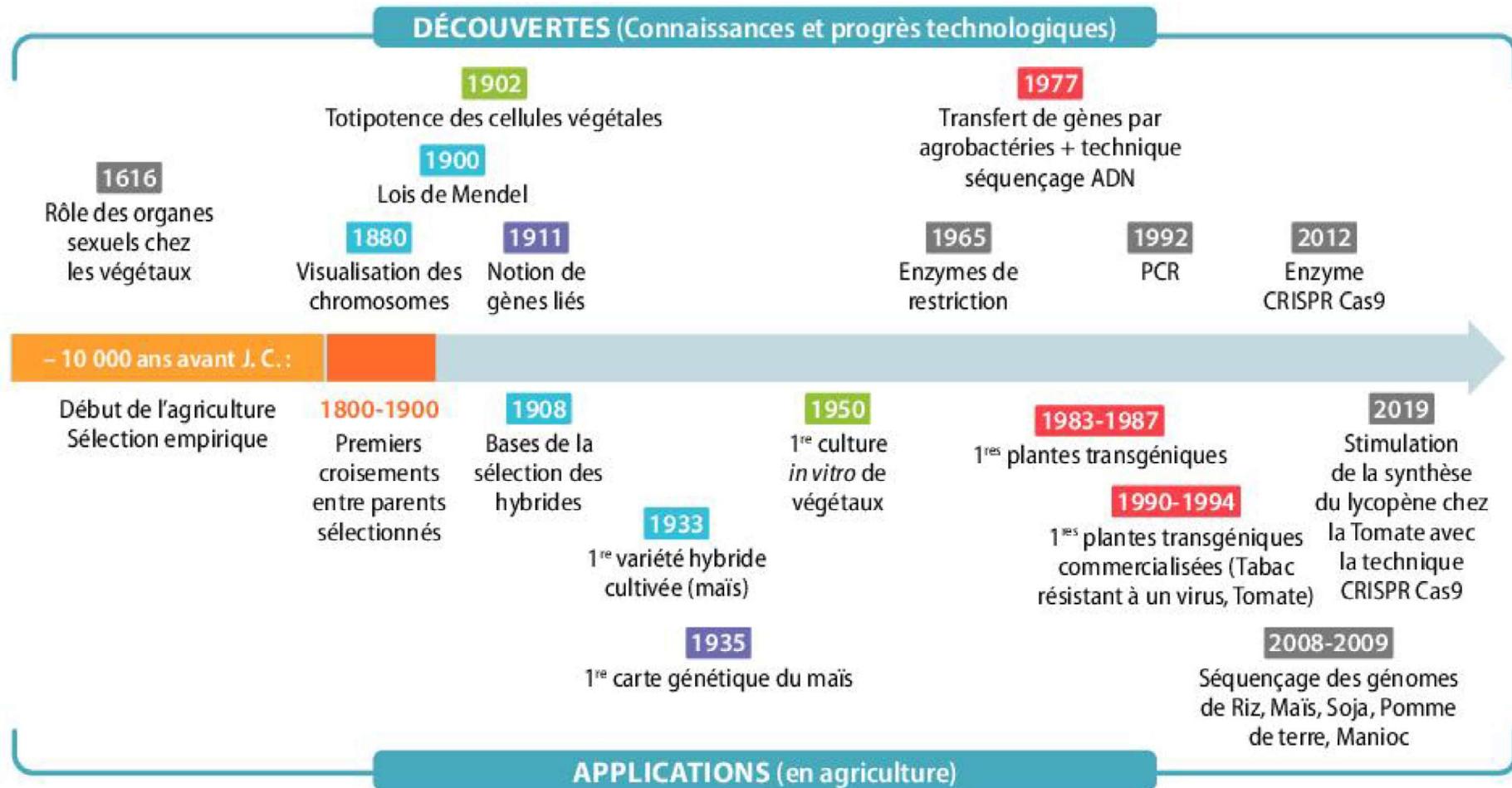
### III] La coévolution des plantes cultivées et des humains cultivateurs

## Conclusion

## Les intrants : eau/engrais/pesticides et la récolte mécanisée des grains



# Domestication de plantes – quelques repères



Frise chronologique des avancées (connaissances, progrès technologiques, applications) dans le cadre de la domestication des plantes

[Hachette]