

DE LA PLANTE SAUVAGE A LA PLANTE DOMESTIQUEE

La domestication des plantes

Introduction

La révolution néolithique

LA RÉVOLUTION NÉOLITHIQUE, LE TEMPS DES PRODUCTEURS ENTRAINANT UN CHANGEMENT DE VIE RADICAL



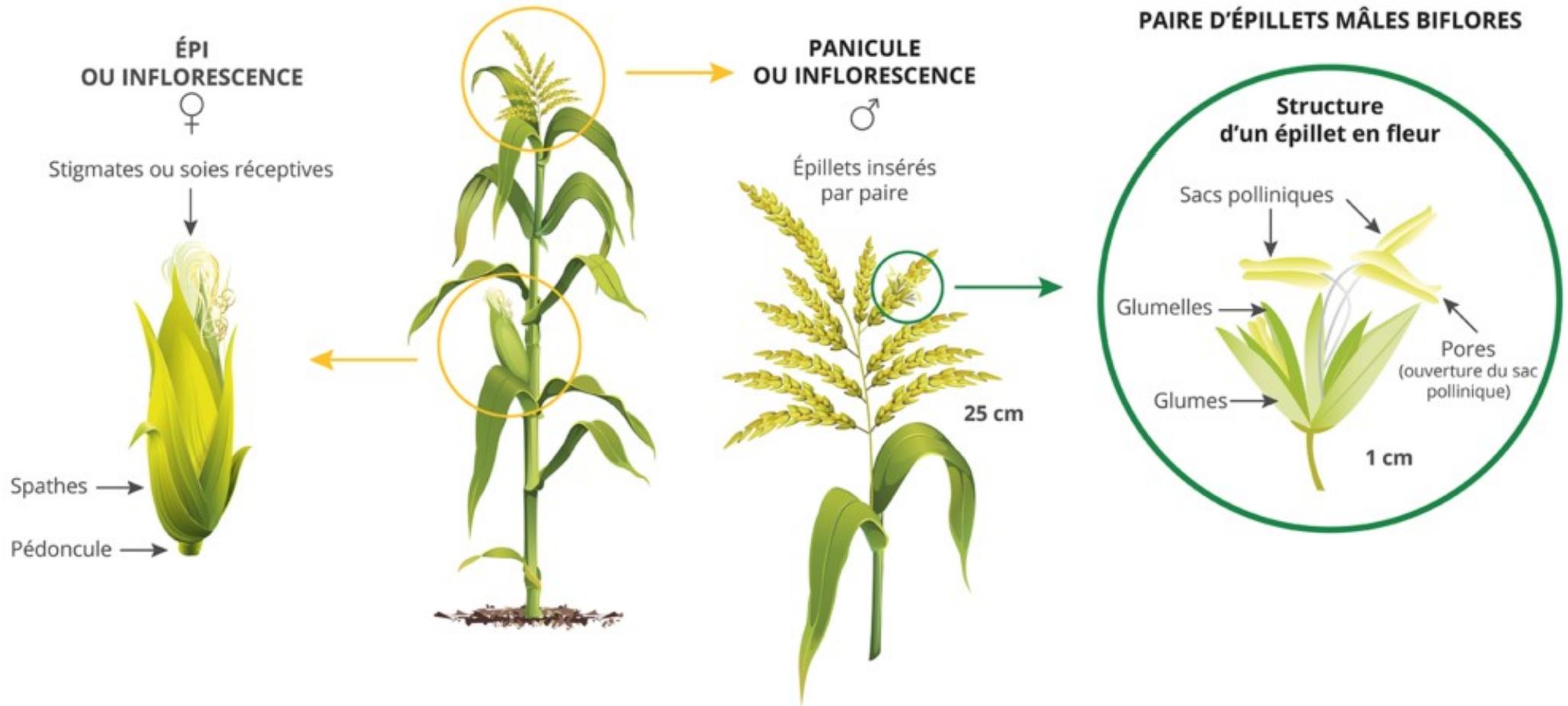
DE LA PLANTE SAUVAGE A LA PLANTE DOMESTIQUEE

La domestication des plantes

Introduction

1°) la sélection des phénotypes végétaux par l'Homme

La structure du Maïs



DE LA PLANTE SAUVAGE A LA PLANTE DOMESTIQUEE

La domestication des plantes

Introduction

I°) la sélection des phénotypes végétaux par l'Homme

A°) les espèces sauvages originelles

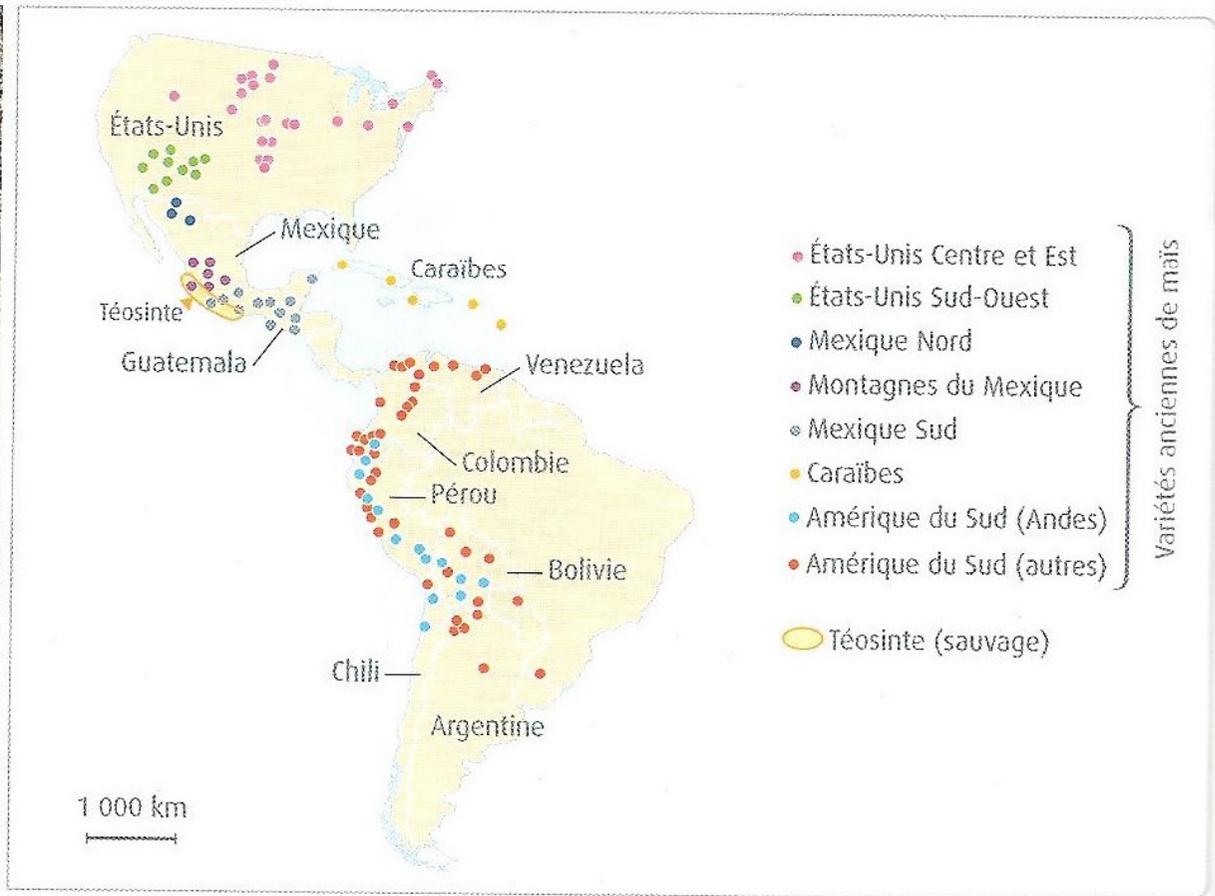
La domestication du maïs

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 du maïs

Exemple du maïs

L'ancêtre sauvage



Ressemblant à la

Téosinte

Présence en Amérique

La domestication



Premiers maïs

Apparition au Mexique



L'adaptation en Europe



Populations

Introduction dans le sud de l'Europe

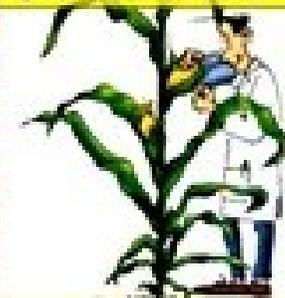


L'extension des zones de culture



Hybrides

Création des premiers hybrides en France



DE LA PLANTE SAUVAGE A LA PLANTE DOMESTIQUEE

La domestication des plantes

Introduction

I°) la sélection des phénotypes végétaux par l'Homme

A°) les espèces sauvages originelles

B°) la domestication et ses conséquences biologiques

1°) La sélection artificielle

La Téosinte sauvage et le Maïs cultivé



**Port ramifié,
Petit épi,
Grains qui tombent
Grains protégés**

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

La domestication du maïs : sélection de caractères naturellement désavantageux

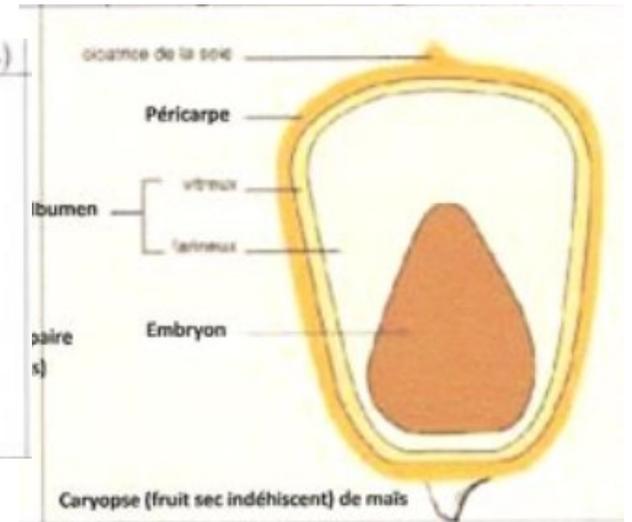
Téosinte (6 à 8 grains/épi)



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

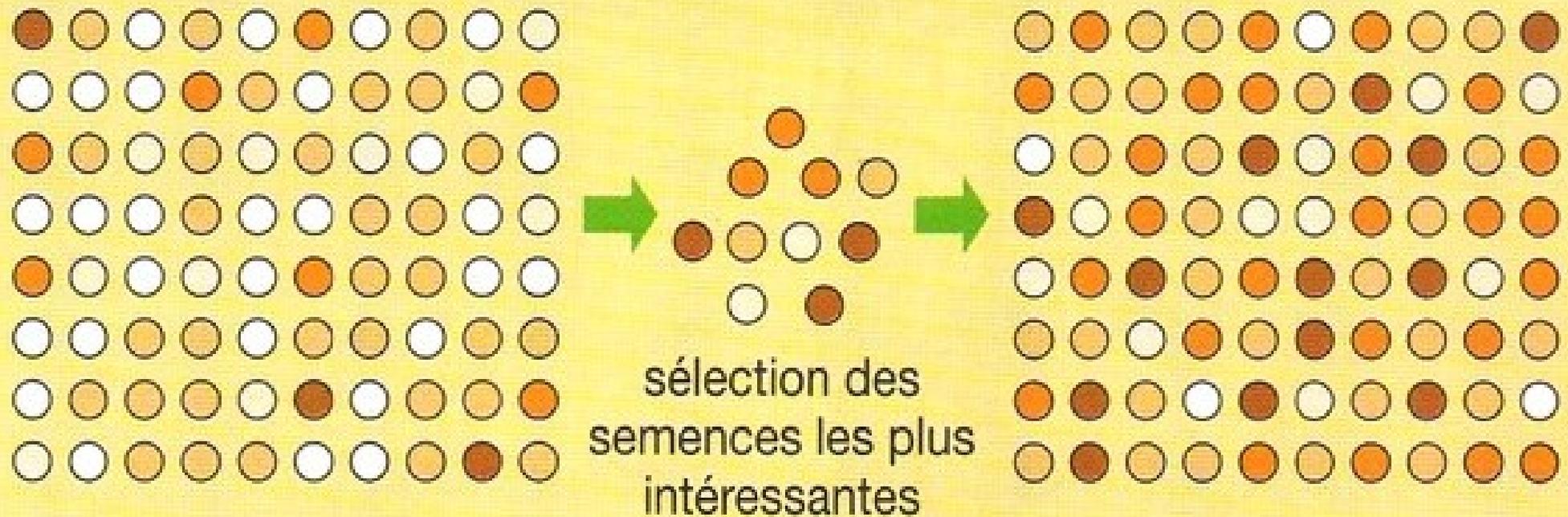


Coupes longitudinales des grains (caryopses)



Modélisation simple d'une sélection massale

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 !



Population année n

Population année $n+1$

DE LA PLANTE SAUVAGE A LA PLANTE DOMESTIQUEE

La domestication des plantes

Introduction

I°) la sélection des phénotypes végétaux par l'Homme

A°) les espèces sauvages originelles

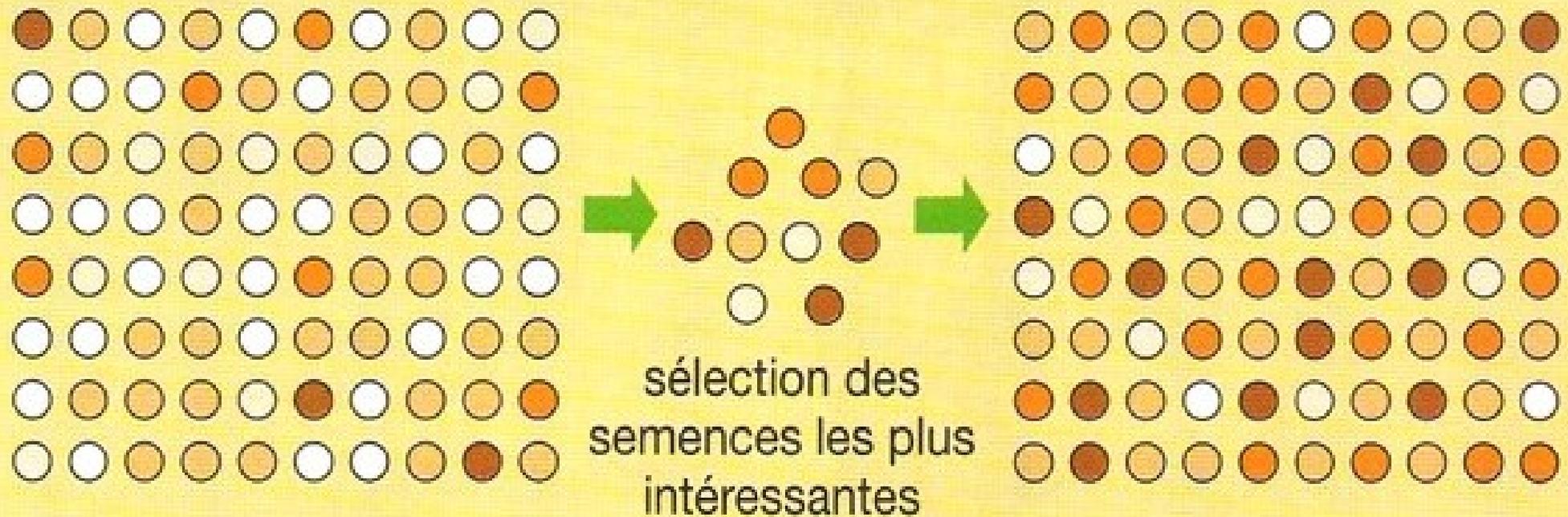
B°) la domestication et ses conséquences biologiques

1°) La sélection artificielle

2°) La sélection variétale

Modélisation simple d'une sélection massale

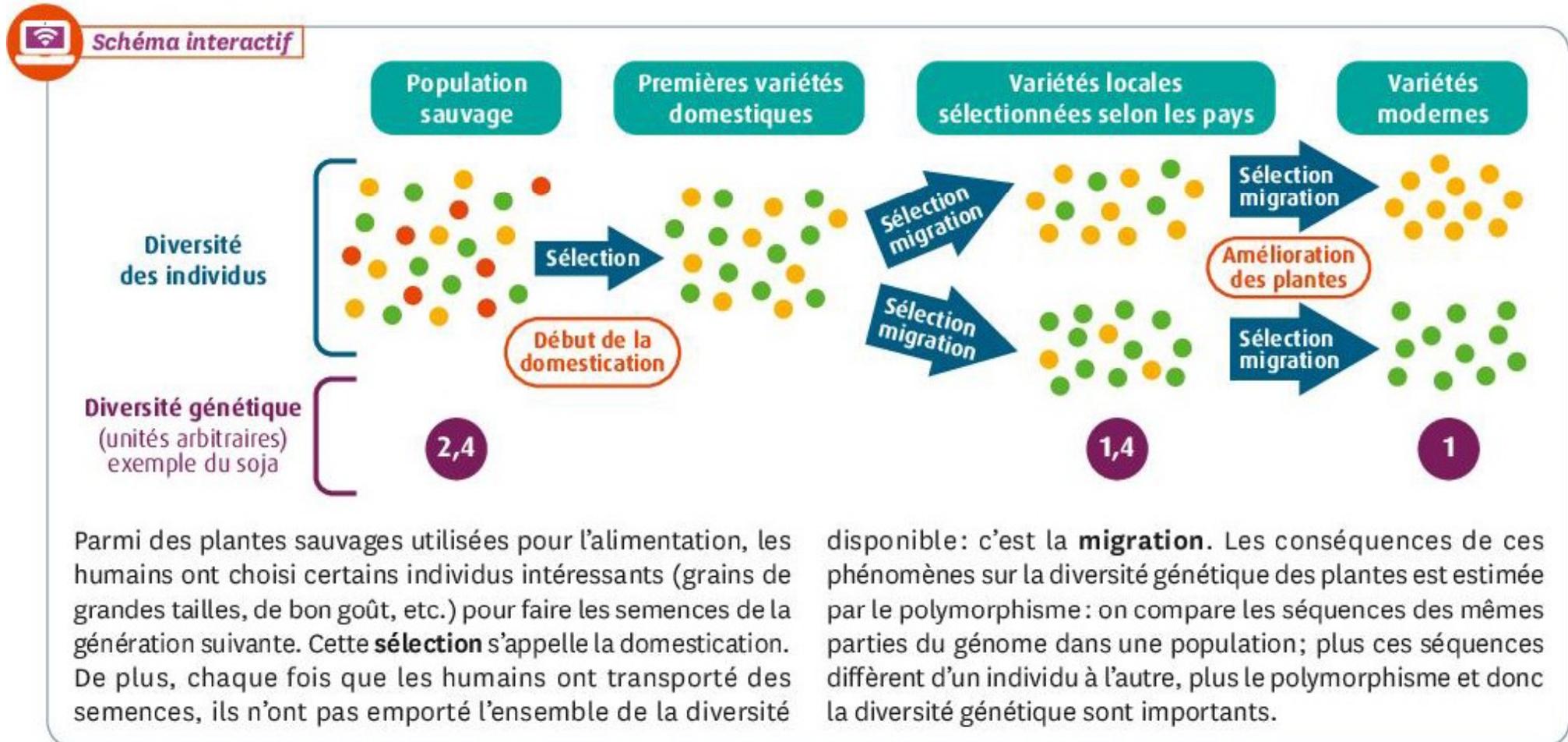
Dans ce modèle, les graines récoltées sont d'autant plus intéressantes pour constituer la semence de l'année suivante qu'elles sont foncées. Mais le tri des graines est une tâche difficile, aux résultats imparfaits !



Population année n

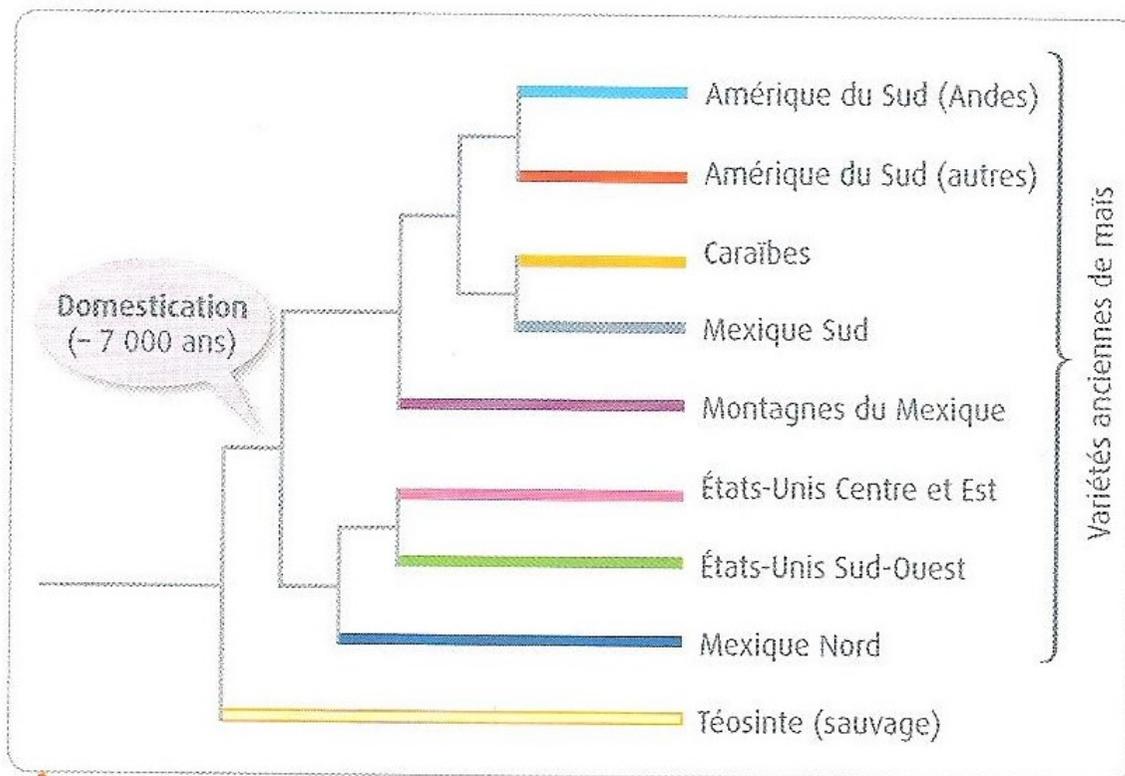
Population année $n+1$

La domestication

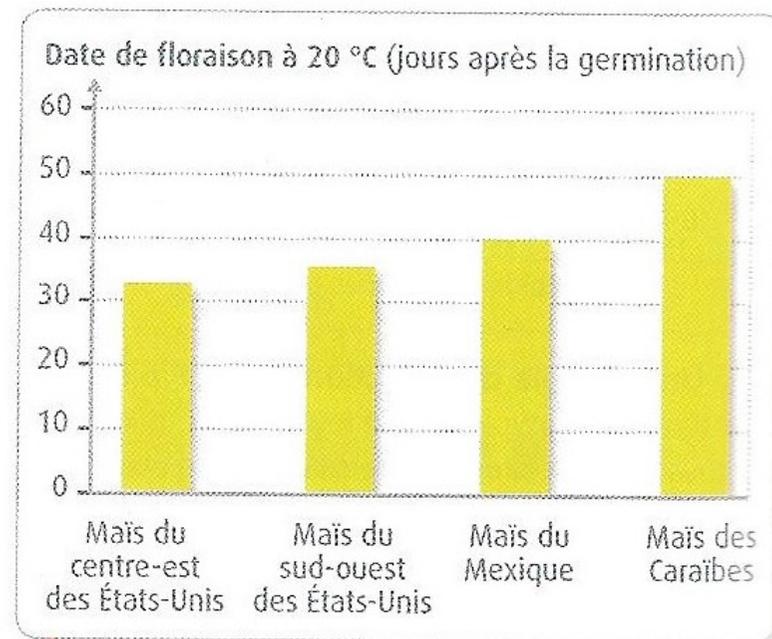


DOC 3 Des plantes sauvages aux plantes cultivées contemporaines.

La domestication du maïs

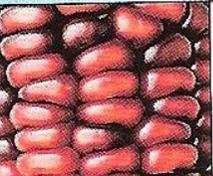


2 Relations de parenté entre la téosinte et les variétés anciennes de maïs américain. On observe un unique événement de domestication des maïs à partir de la téosinte. Les différentes populations amérindiennes ont ensuite effectué une sélection artificielle à l'origine des diverses variétés anciennes de maïs (sélection variétale).



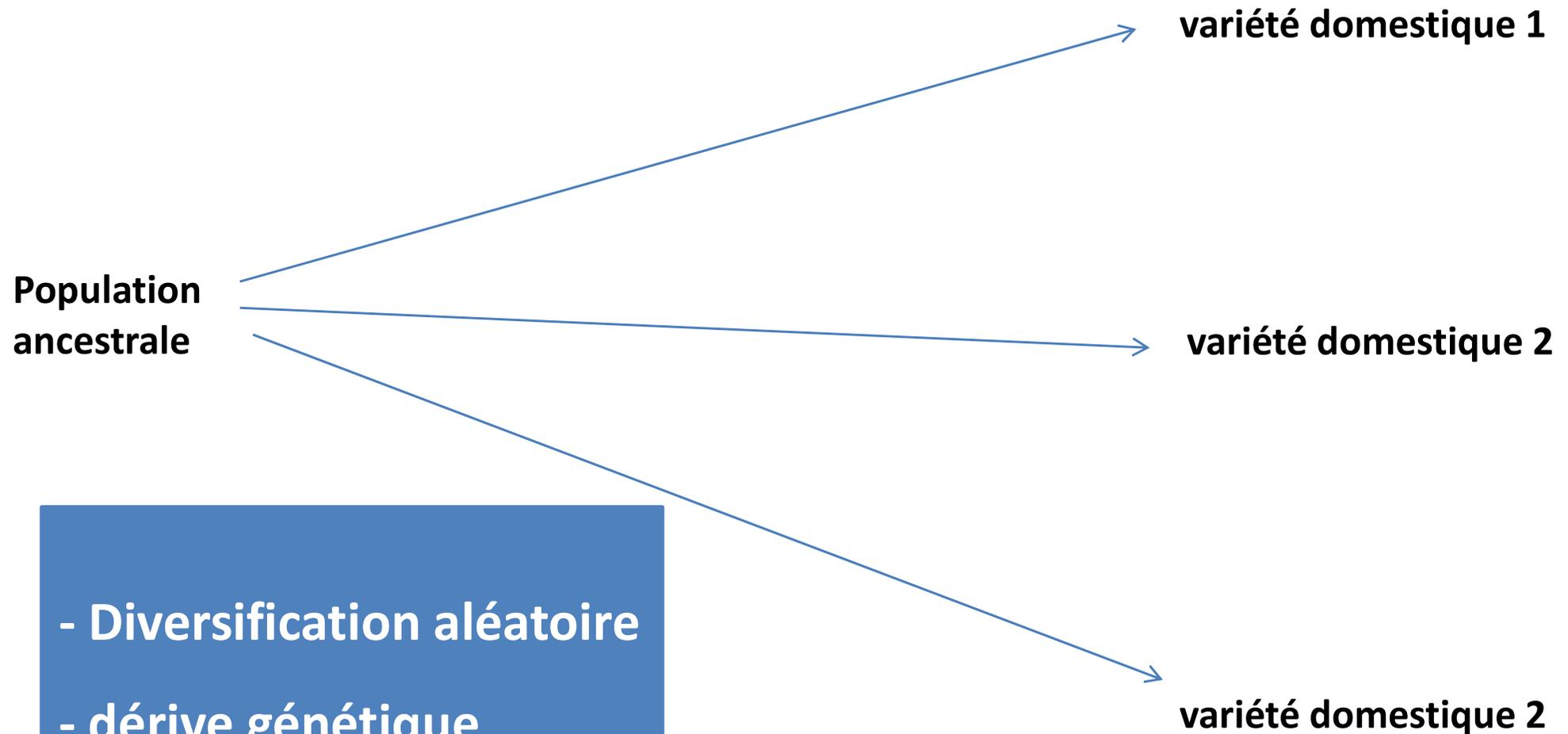
3 Date de floraison de quelques variétés anciennes de maïs d'Amérique du Nord. Plus les variétés sont au sud, plus elles sont tardives, c'est-à-dire exigeantes en chaleur pour la floraison. Par ailleurs, les variétés de la zone tropicale ont une plus forte productivité (jusqu'à 3 mètres de hauteur) que les variétés du nord (2 mètres de hauteur maximum).

2 Des variétés de maïs

| Variétés définies par le type de grains | | Composition en glucides | Valorisation principale |
|---|---|--|---|
| Grain corné |  | Amylopectine 72 % et amylose 28 % | Semoulerie |
| Grain denté |  | | Alimentation humaine, papeterie, cartonnerie, chimie, pharmacie, cosmétique et alimentation animale |
| Maïs pop corn |  | | Alimentation humaine |
| Maïs waxy |  | Amylopectine 100 % | Amidonnerie |
| Maïs doux ou sucré |  | Amylodextrines (forme d'amylopectine hydrolysée) 100 % | Alimentation humaine |

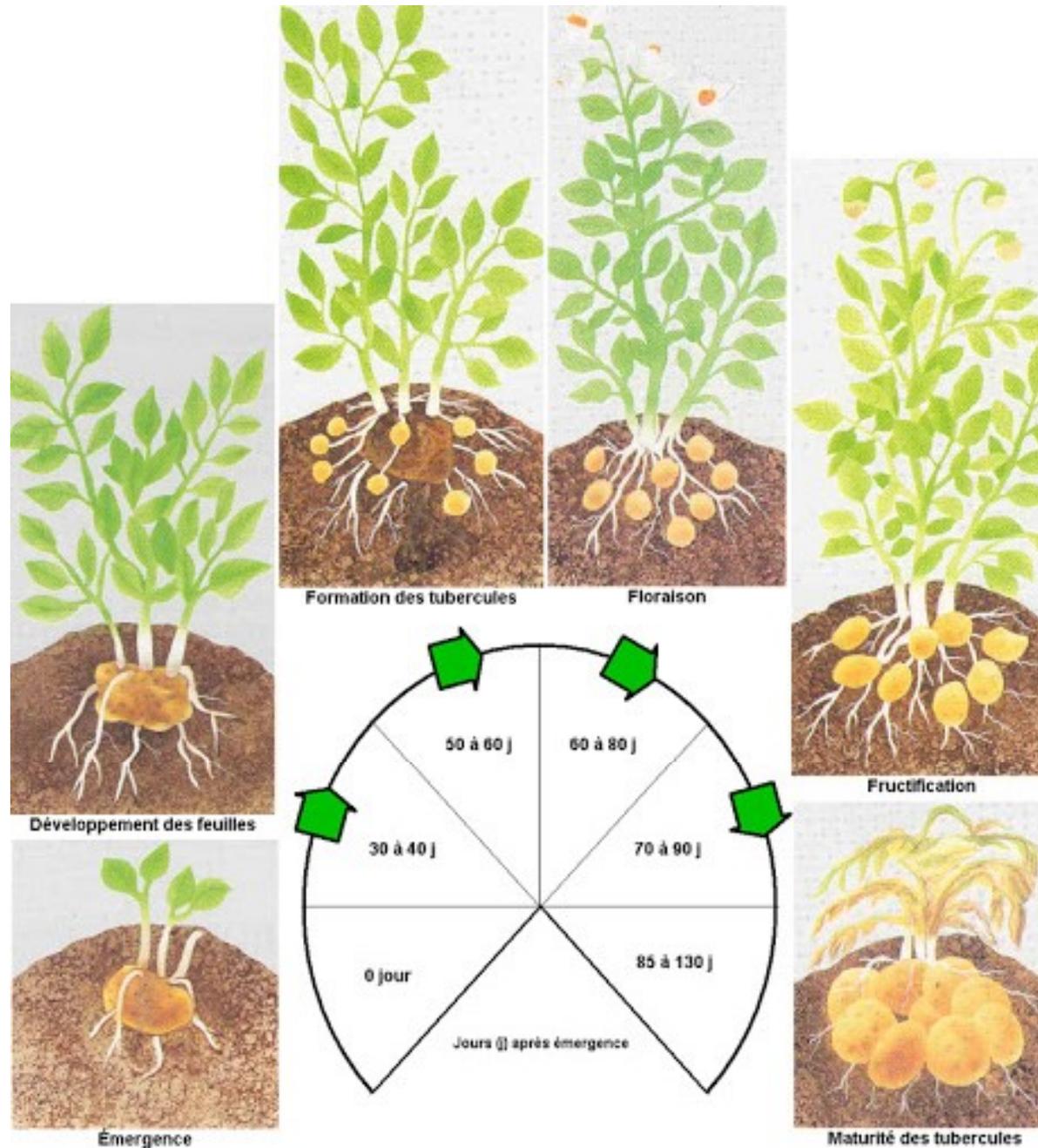
a Variétés de maïs et valorisation.

La domestication



- Diversification aléatoire
- dérive génétique
- sélection naturelle
- Sélection artificielle

Monoculture et sensibilité aux ravageurs : ex de la pdt et du mildiou



Monoculture et sensibilité aux ravageurs : ex de la pdt et du mildiou



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 LA PLANTE SAUVAGE A LA PLANTE DOMESTIQUEE

La domestication des plantes

Introduction

I°) la sélection des phénotypes végétaux par l'Homme

A°) les espèces sauvages originelles

B°) la domestication et ses conséquences biologiques

1°) La sélection artificielle

2°) La sélection variétale

3°) La dépendance vis-à-vis de l'Homme

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



DE LA PLANTE SAUVAGE A LA PLANTE DOMESTIQUEE

La domestication des plantes

Introduction

I°) la sélection des phénotypes végétaux par l'Homme

A°) les espèces sauvages originelles

B°) la domestication et ses conséquences biologiques

1°) La sélection artificielle

2°) La sélection variétale

3°) La dépendance vis-à-vis de l'Homme

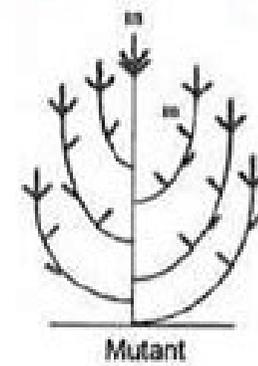
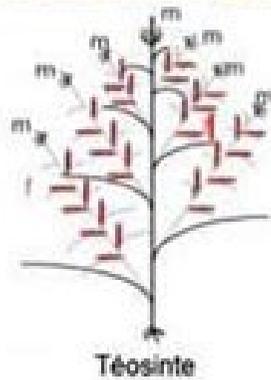
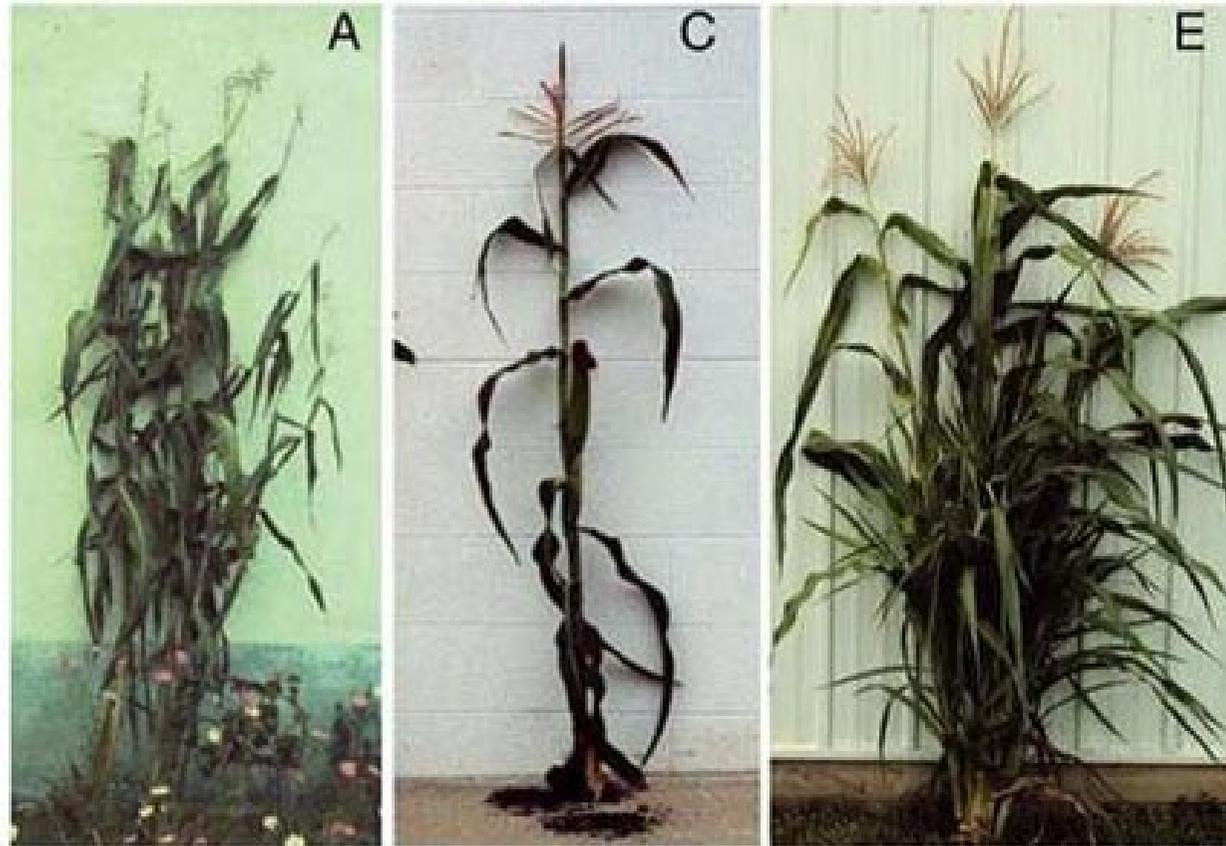
C°) la domestication et ses conséquences sur le génome

Le gène TB1 et les ramifications de la plantes

Téosinte

Maïs

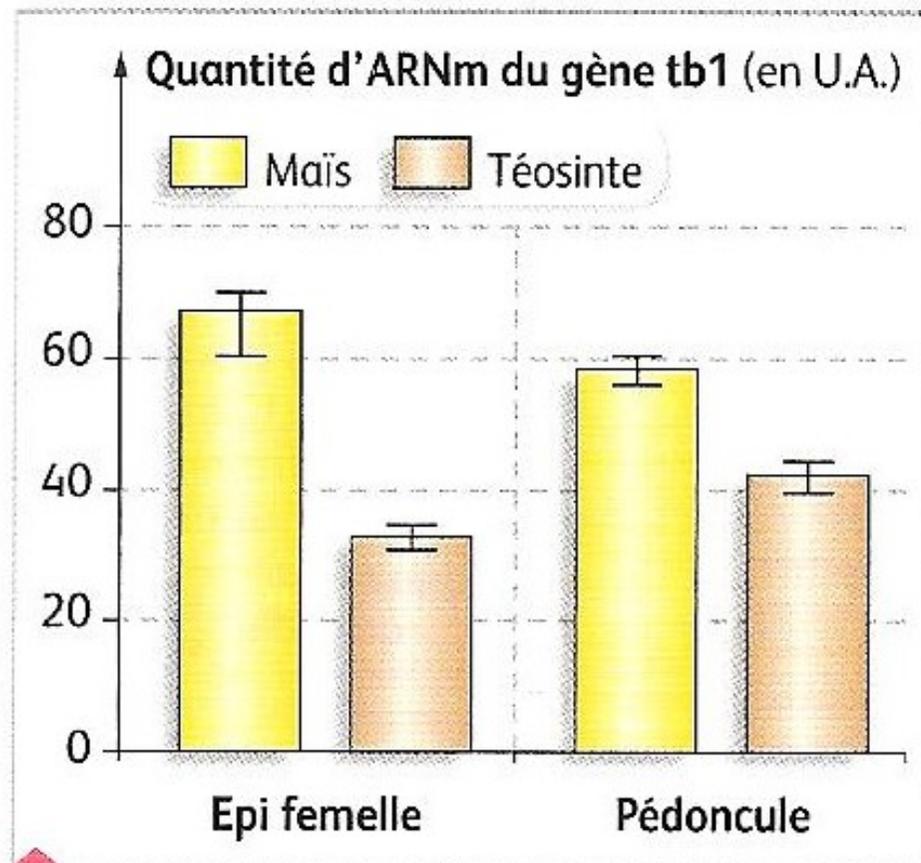
Maïs mutant



NB : m= inflorescence mâle, f= inflorescence femelle

Le gène TB1 et les ramifications de la plantes

Le gène *tb1* (téosinte branched), présent à la fois chez la téosinte et le maïs, a été identifié comme jouant un rôle dans l'architecture de ces plantes.



b Quantité d'ARNm du gène *tb1*.

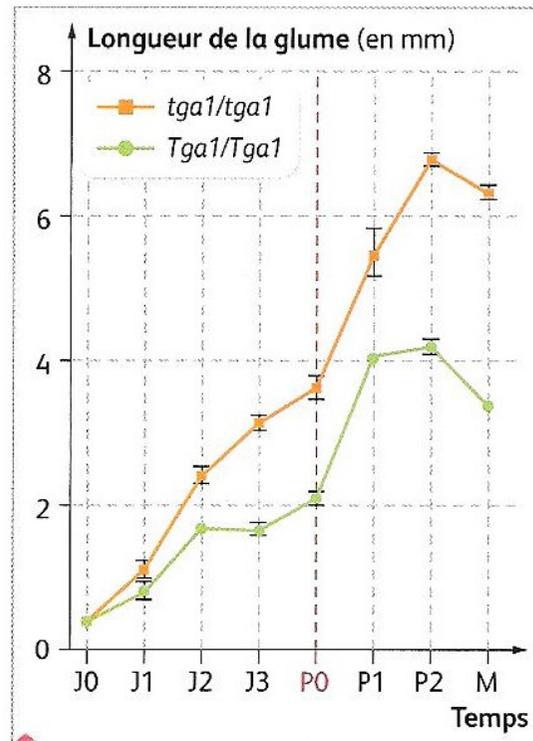
La domestication du maïs : sélection de caractères naturellement désavantageux

glumes s'avère moins favorable que *tga1* en milieu naturel car moins protecteur des grains contre les parasites.

Des expériences de croisements de téosinte présentant une mutation de l'allèle *tga1* (produisant une séquence nucléotidique proche de celle de l'allèle *Tga1*)

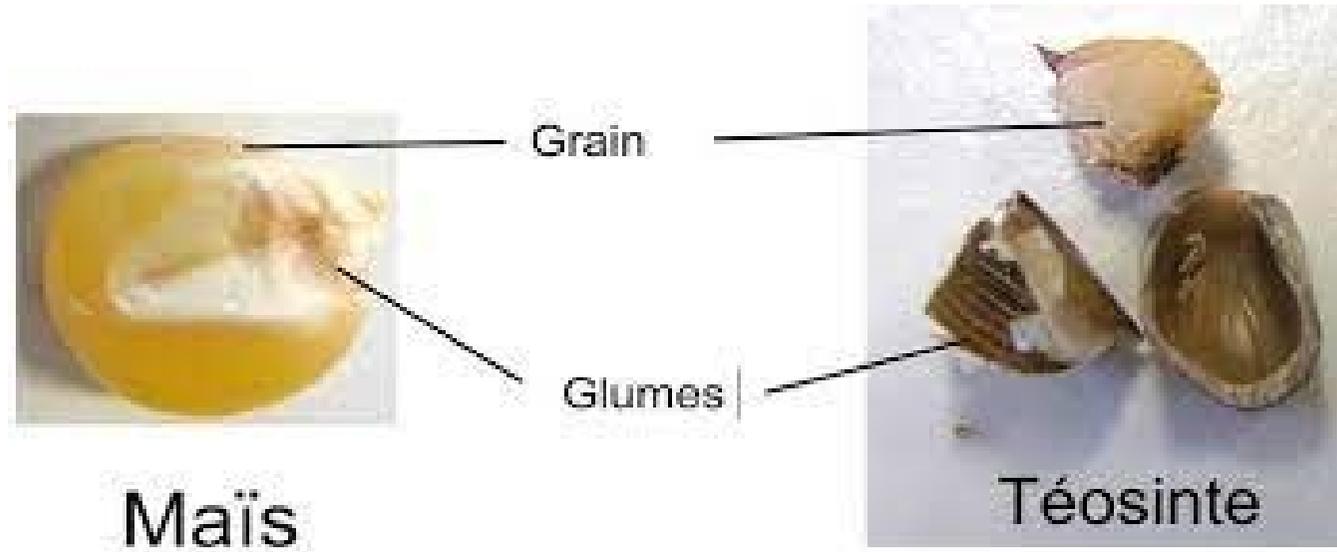
avec des maïs actuels donnent naissance à des formes d'épis intermédiaires se rapprochant de ceux datant de 5 500 ans découverts au Mexique.

De même, le gène *Tga1*, présent chez la téosinte et le maïs, est responsable de l'architecture des enveloppes du grain. Chacune de ces plantes présente un allèle différent de ce gène à l'état homozygote : l'allèle *tga1* est présent chez la téosinte alors que l'allèle *Tga1* est présent chez le maïs. L'allèle *tga1* induisant une taille plus faible de



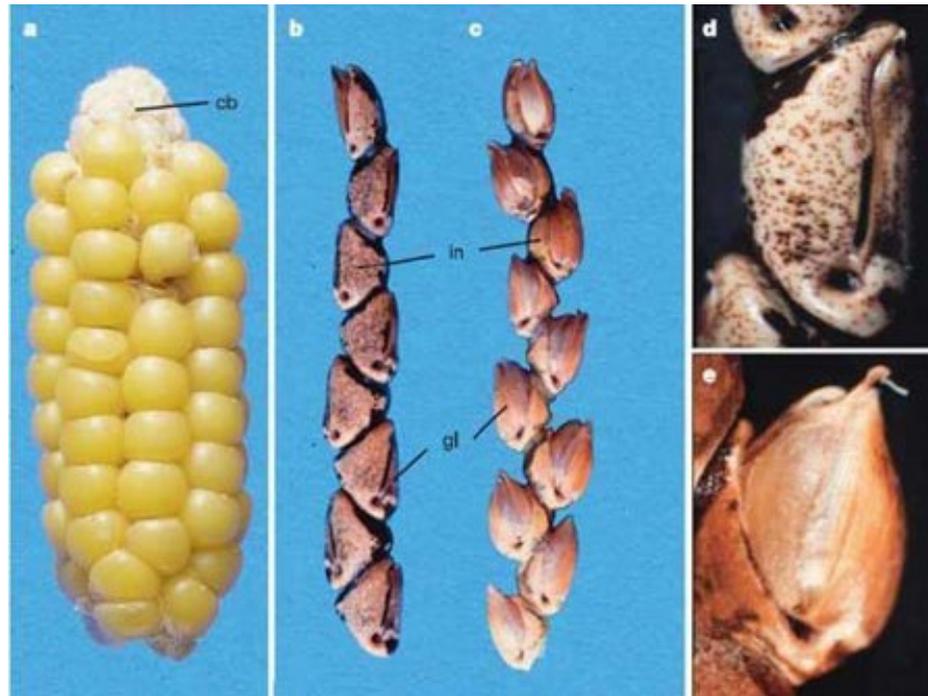
c Étude de la longueur de l'enveloppe (ou glume) avant et après pollinisation.

Le gène TGA1 et la protection de la graine



allèle Tga1 (homozygote)

- cupule réduite
- protection moindre



allèle tga1 (homozygote)

- cupule complète et dure
- protection importante contre les parasites

DE LA PLANTE SAUVAGE A LA PLANTE DOMESTIQUEE

La domestication des plantes

Introduction

I°) la sélection des phénotypes végétaux par l'Homme

A°) les espèces sauvages originelles

B°) la domestication et ses conséquences biologiques

1°) La sélection artificielle

2°) La sélection variétale

3°) La dépendance vis-à-vis de l'Homme

C°) la domestication et ses conséquences sur le génome

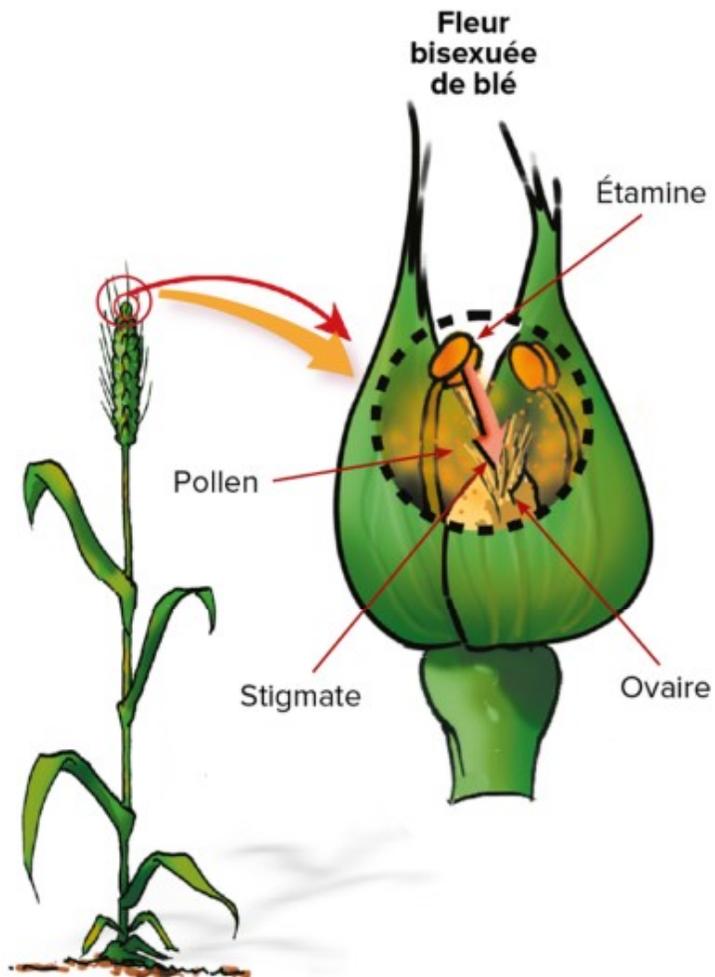
II°) les techniques biologiques au service de la domestication des végétaux

A°) techniques de croisement

L'autofécondation chez les végétaux

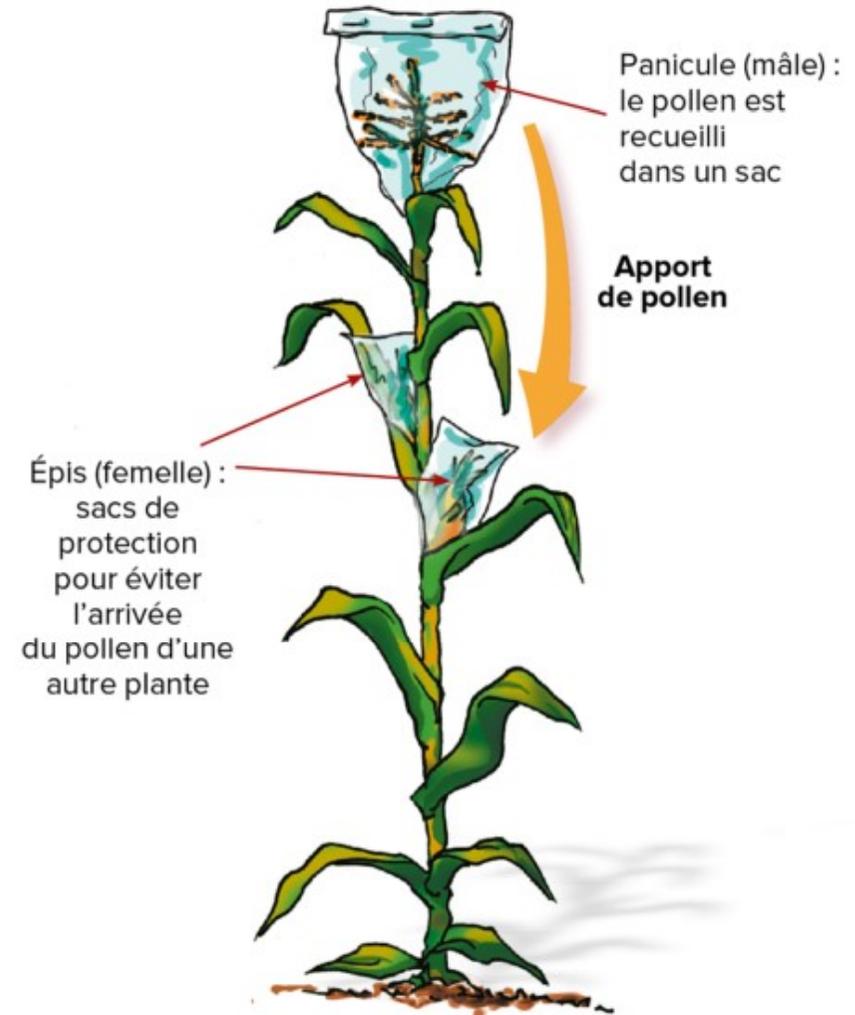
**Naturelle
pour les plantes autogames**

Exemple du blé

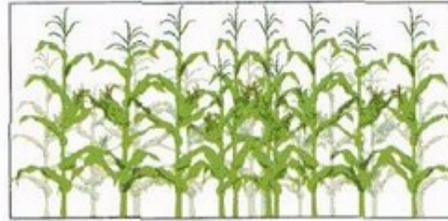
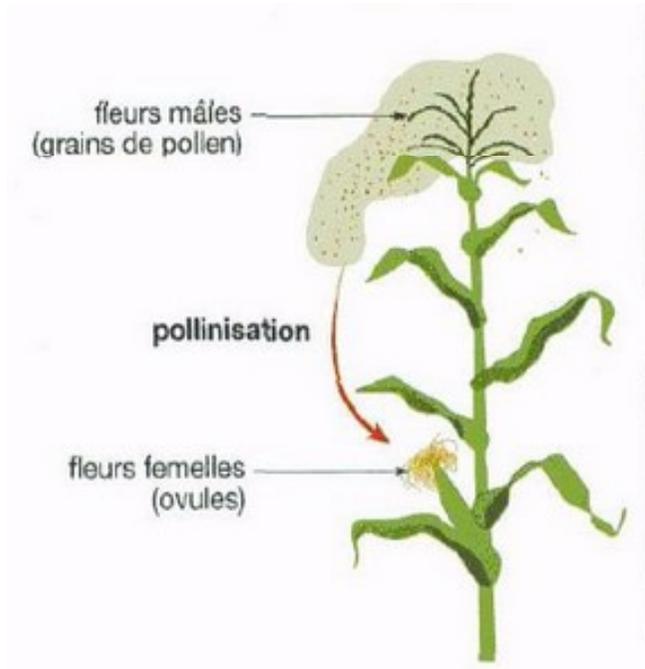


**Provoquée par le sélectionneur
pour les plantes allogames**

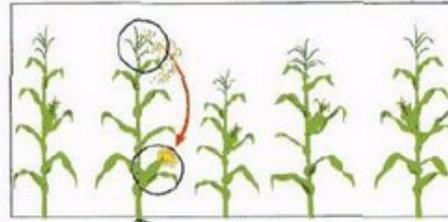
Exemple du maïs



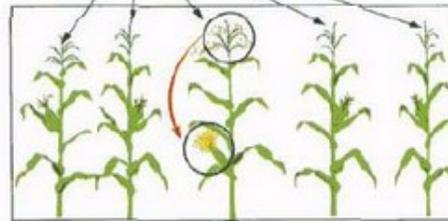
L'autofécondation permet d'obtenir des lignées pures (homozygotes)



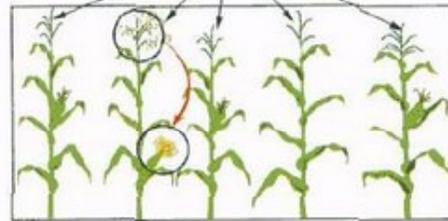
Plantes génétiquement diversifiées,
homozygotie : 0%



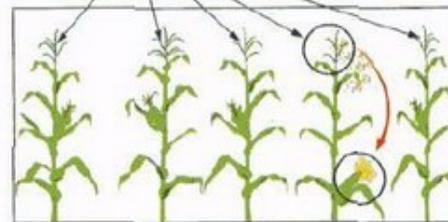
Plantes de 1^{ère} génération,
homozygotie : 50%



Plantes de 2^{ème} génération,
homozygotie : 75%



Plantes de 3^{ème} génération,
homozygotie : 75%



Plantes de 7^{ème} génération,
homozygotie : 100%

↓
LIGNÉE PURE FIXÉE

L'hybridation

Naturelle pour les plantes allogames

Exemple du maïs

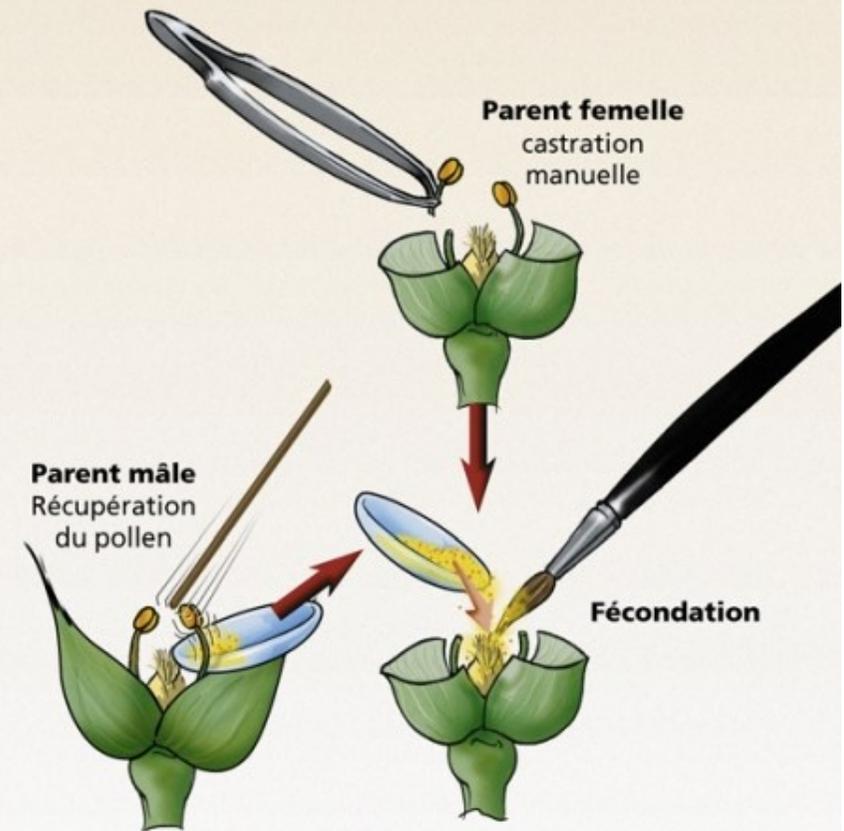


Parent mâle

Parent femelle

Provoquée par le sélectionneur pour les plantes autogames

Exemple du blé



Parent femelle
castration
manuelle

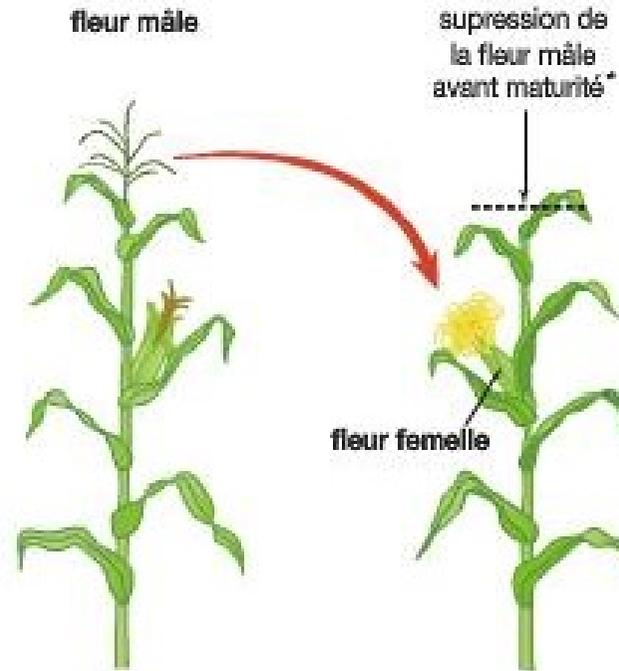
Parent mâle
Récupération
du pollen

Fécondation

L'obtention d'hybrides



Lignée A
(parent mâle)
parent productif
à maturité tardive



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

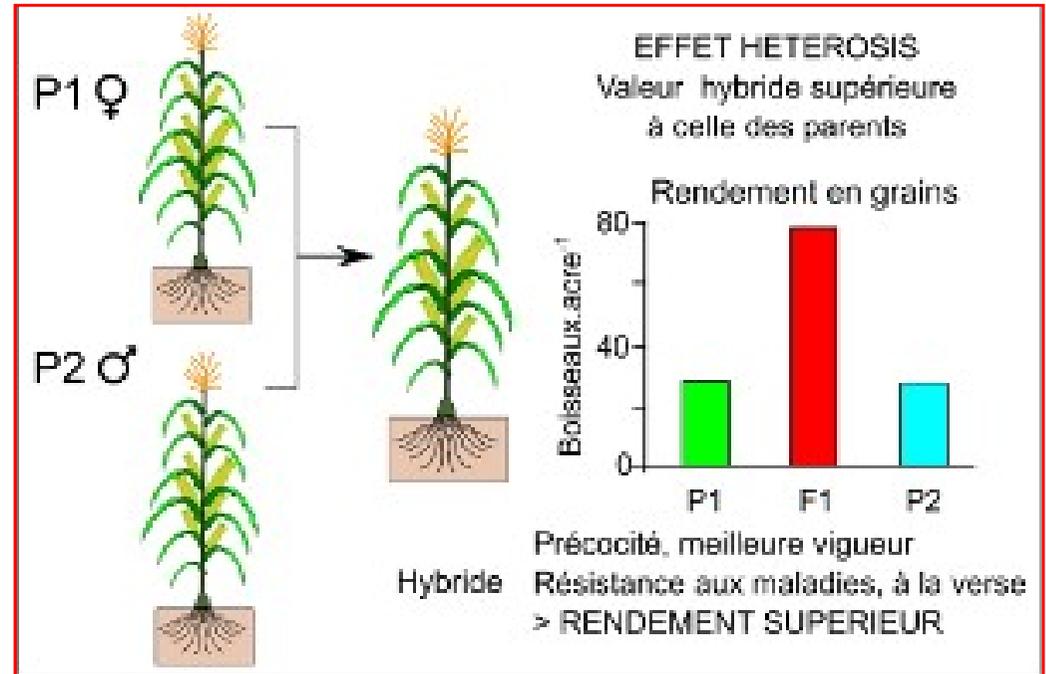
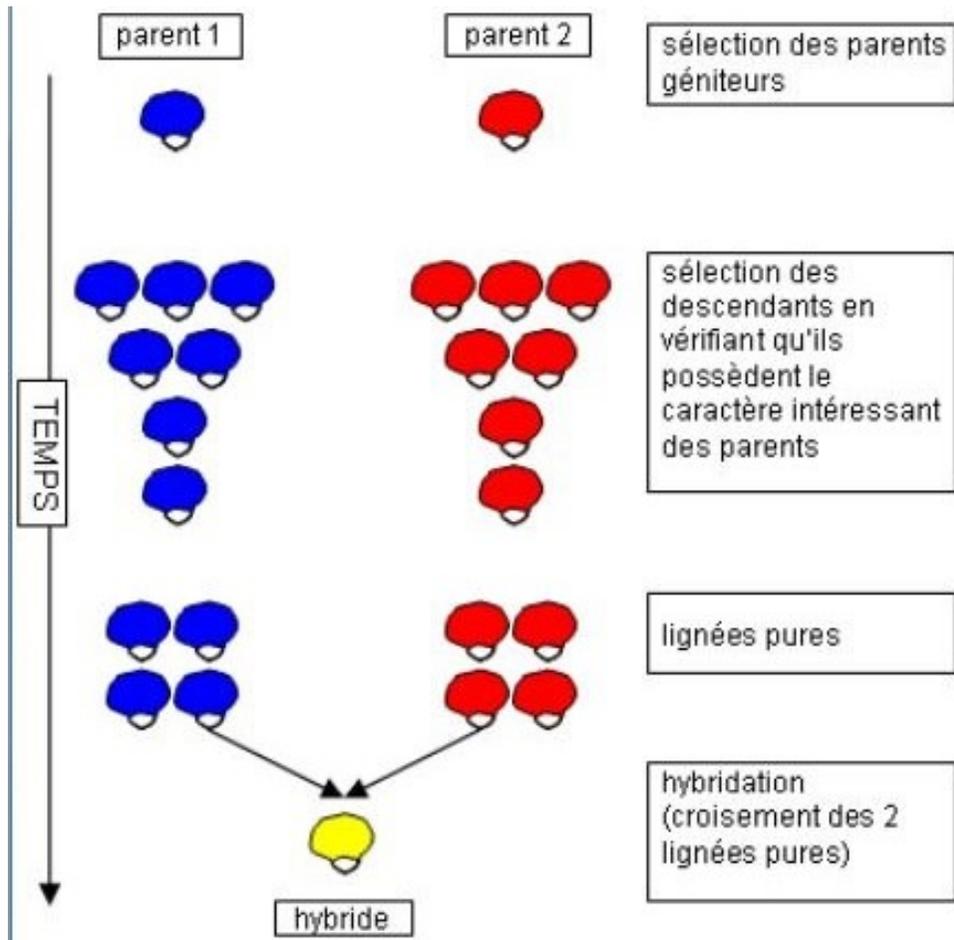
* afin d'empêcher
l'autofécondation



Hybride AB
plantes productives
à maturité précoce



Hybridations et hétérosis



DE LA PLANTE SAUVAGE A LA PLANTE DOMESTIQUEE

La domestication des plantes

Introduction

I°) la sélection des phénotypes végétaux par l'Homme

A°) les espèces sauvages originelles

B°) la domestication et ses conséquences biologiques

1°) La sélection artificielle

2°) La sélection variétale

3°) La dépendance vis-à-vis de l'Homme

C°) la domestication et ses conséquences sur le génome

II°) les techniques biologiques au service de la domestication des végétaux

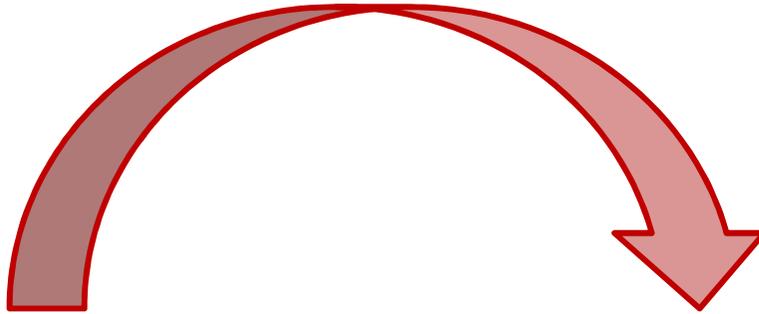
A°) techniques de croisement

B°) génie génétique

1°) la transgénèse

TRANSGENESE

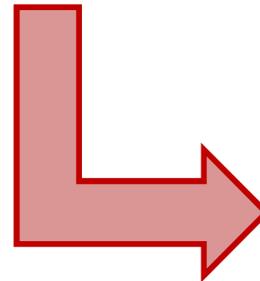
Transfert d'un gène



ESPECE DONNEUSE

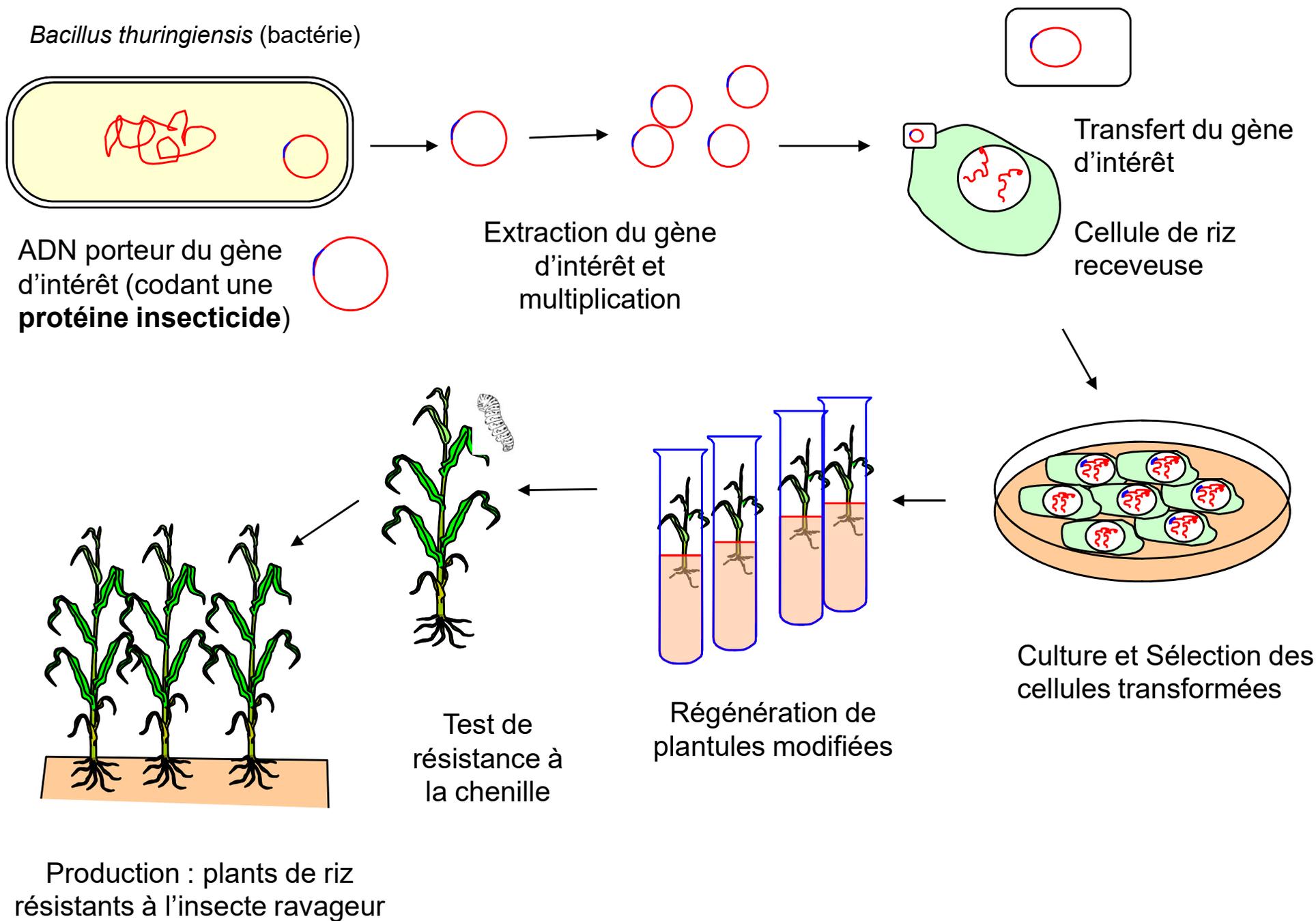
ESPECE RECEVEUSE

= OGM



CARACTERE
NOUVEAU

Exemple de transgénèse chez le riz



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

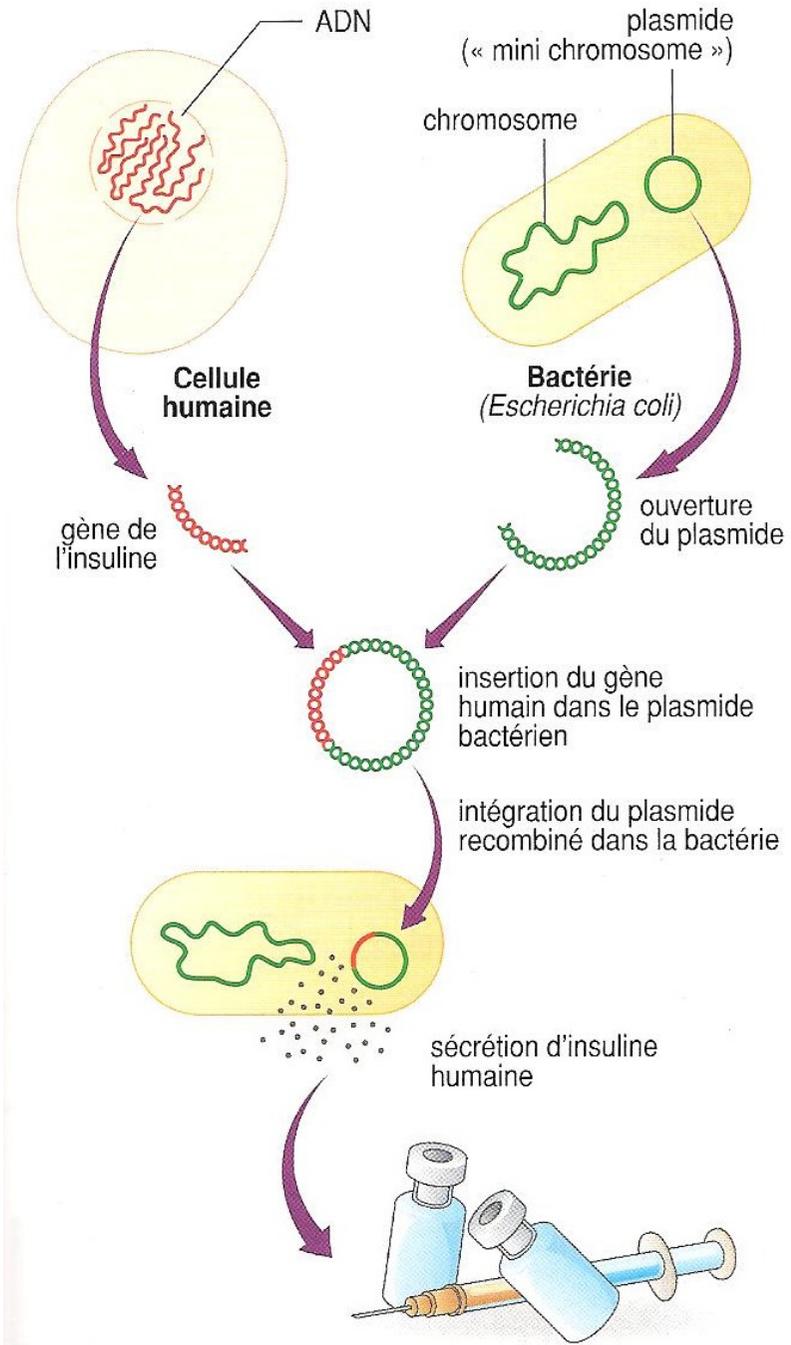
- Les pâtes à papier
- Les huiles industrielles
- Les colorants...



La santé

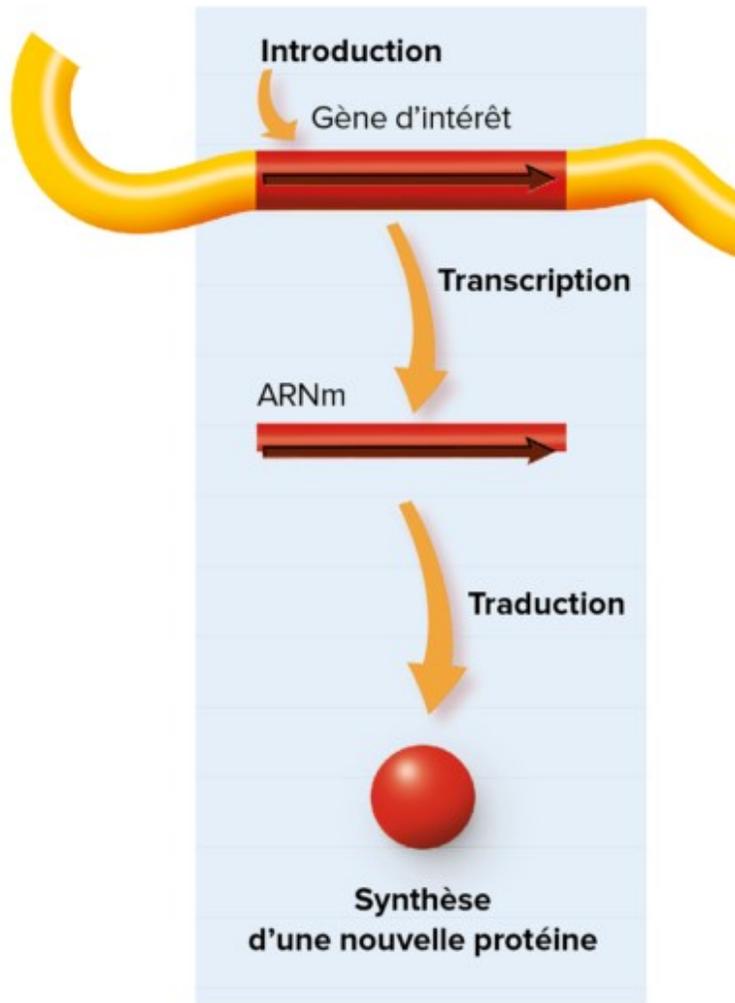
- Les produits sanguins
- Les vaccins
- Les protéines humaines...

Production d'insuline par transgénèse



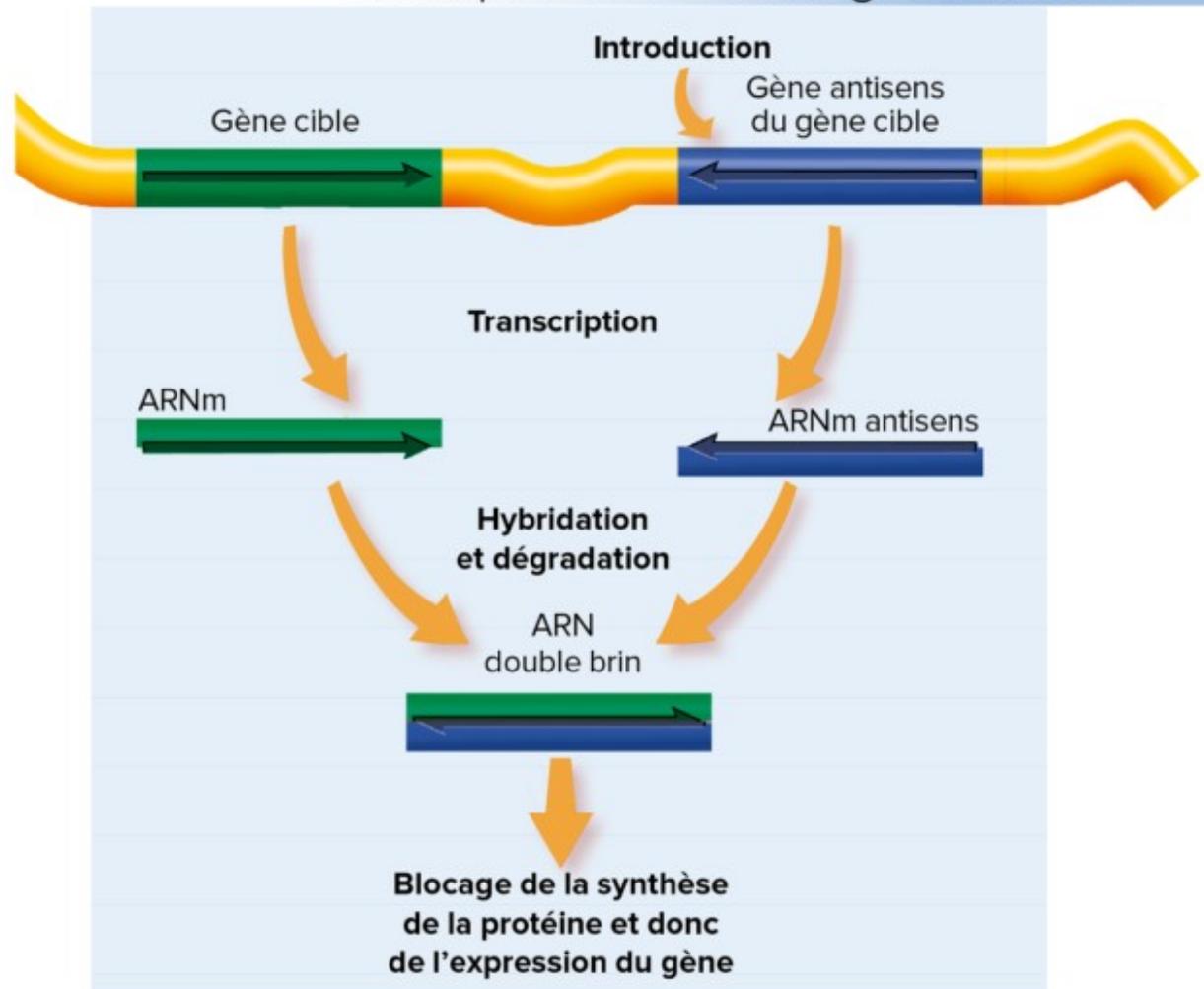
Les stratégies de la transgénèse

Introduire un nouveau caractère



Inactiver un caractère

Exemple de la stratégie antisens



DE LA PLANTE SAUVAGE A LA PLANTE DOMESTIQUEE

La domestication des plantes

Introduction

I°) la sélection des phénotypes végétaux par l'Homme

A°) les espèces sauvages originelles

B°) la domestication et ses conséquences biologiques

1°) La sélection artificielle

2°) La sélection variétale

3°) La dépendance vis-à-vis de l'Homme

C°) la domestication et ses conséquences sur le génome

II°) les techniques biologiques au service de la domestication des végétaux

A°) techniques de croisement

B°) génie génétique

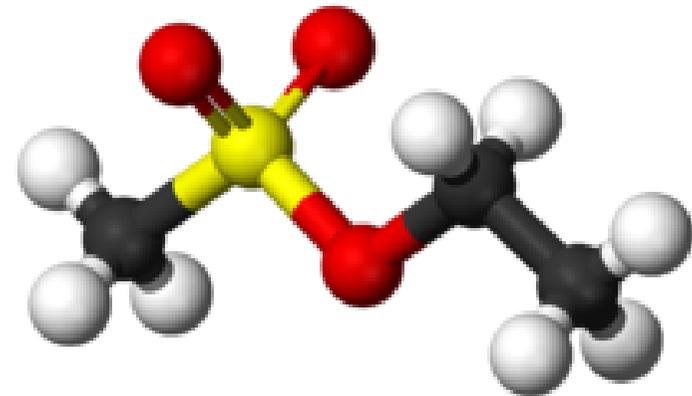
1°) la transgénèse

2°) les mutagenèses

La mutagenèse historique : agents mutagènes physiques et chimiques

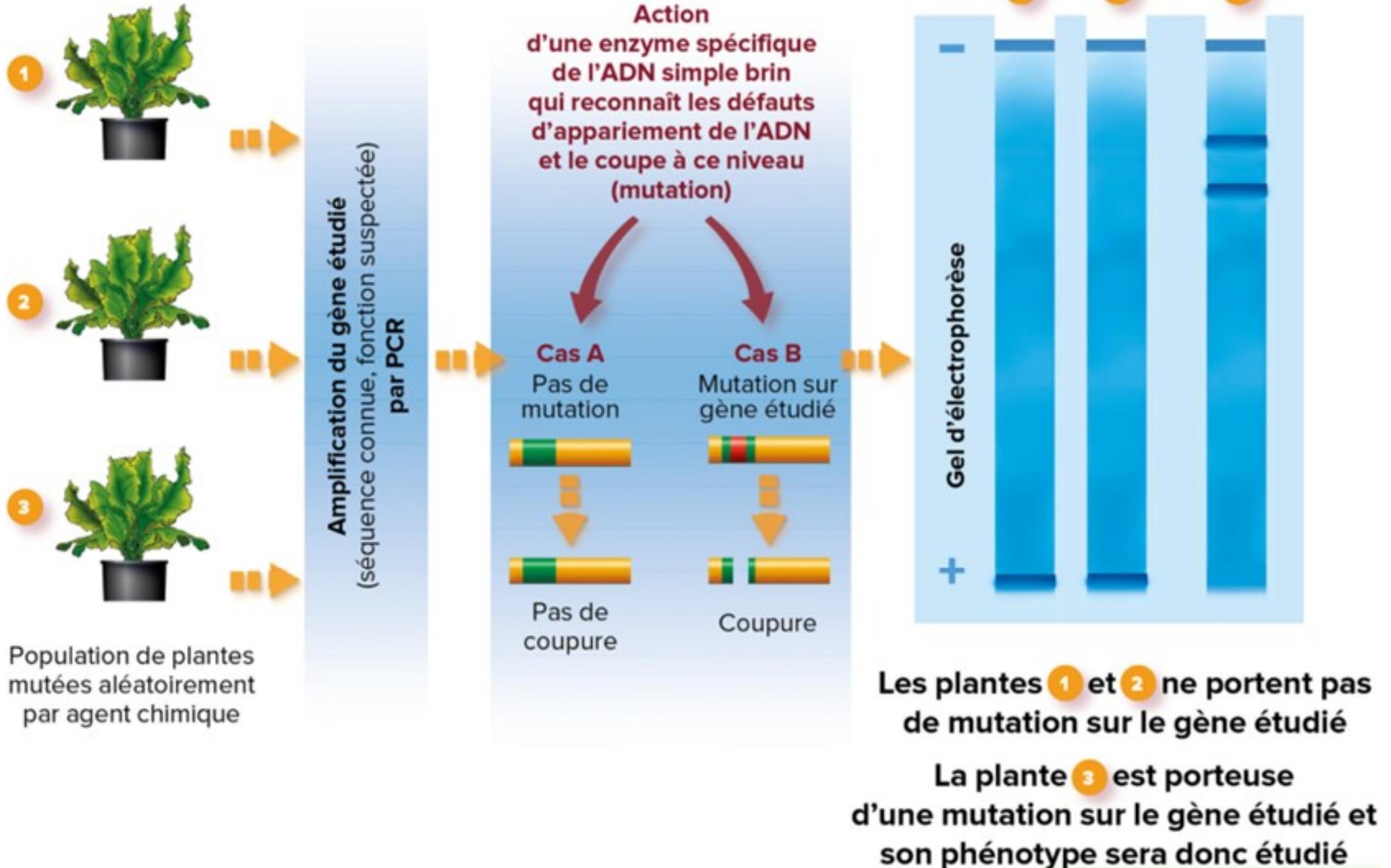


Boite à UV utilisée en 1^{ère} spé

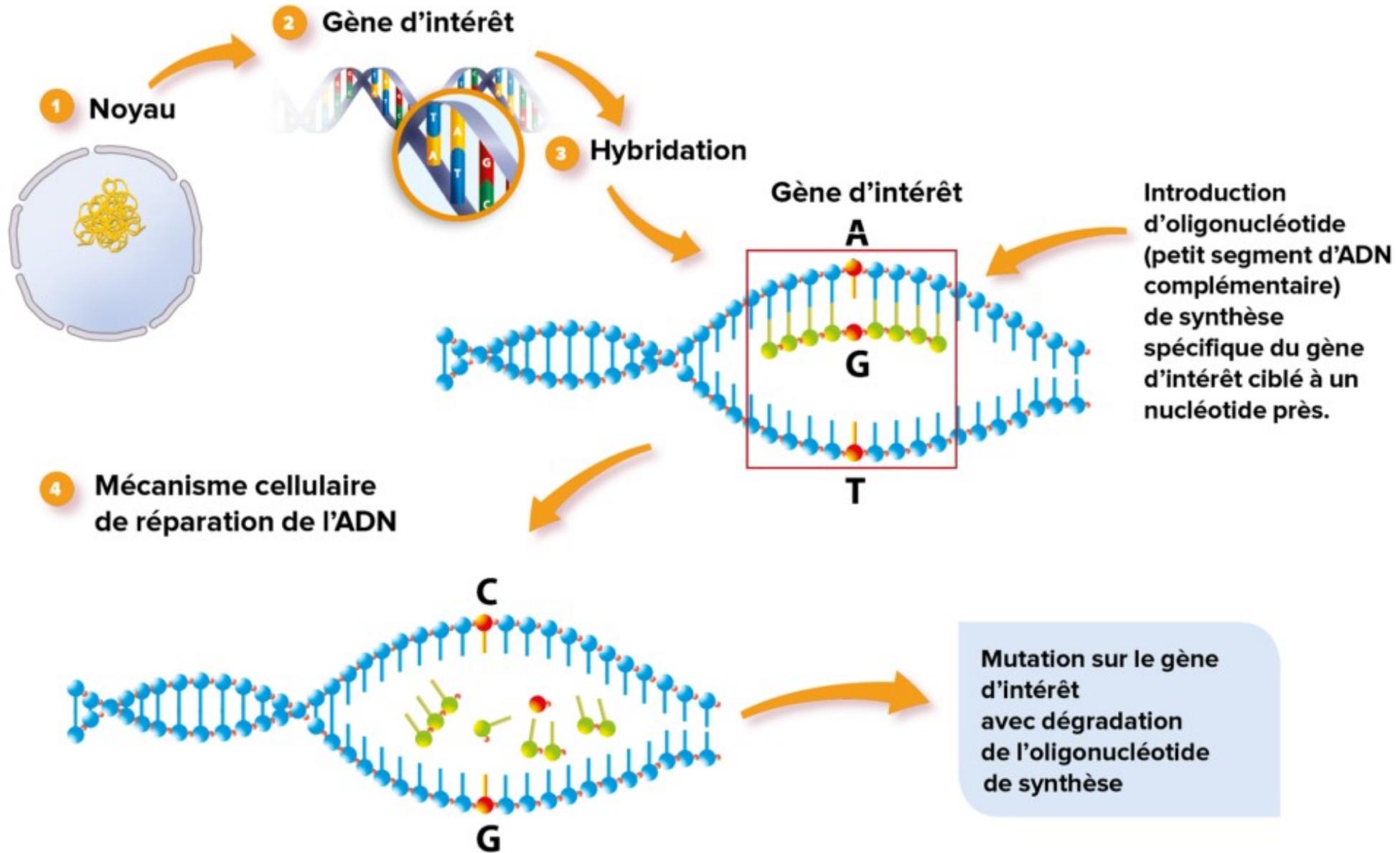


Ethyl methanesulfonate

Le TILLING : identification de mutations à haut débit



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: Heiko von Foerst



Emmanuelle Charpentier

Born in France, 1968

Max Planck Unit for the Science of
Pathogens, Germany

Photo: UC Berkeley/Doudna Lab



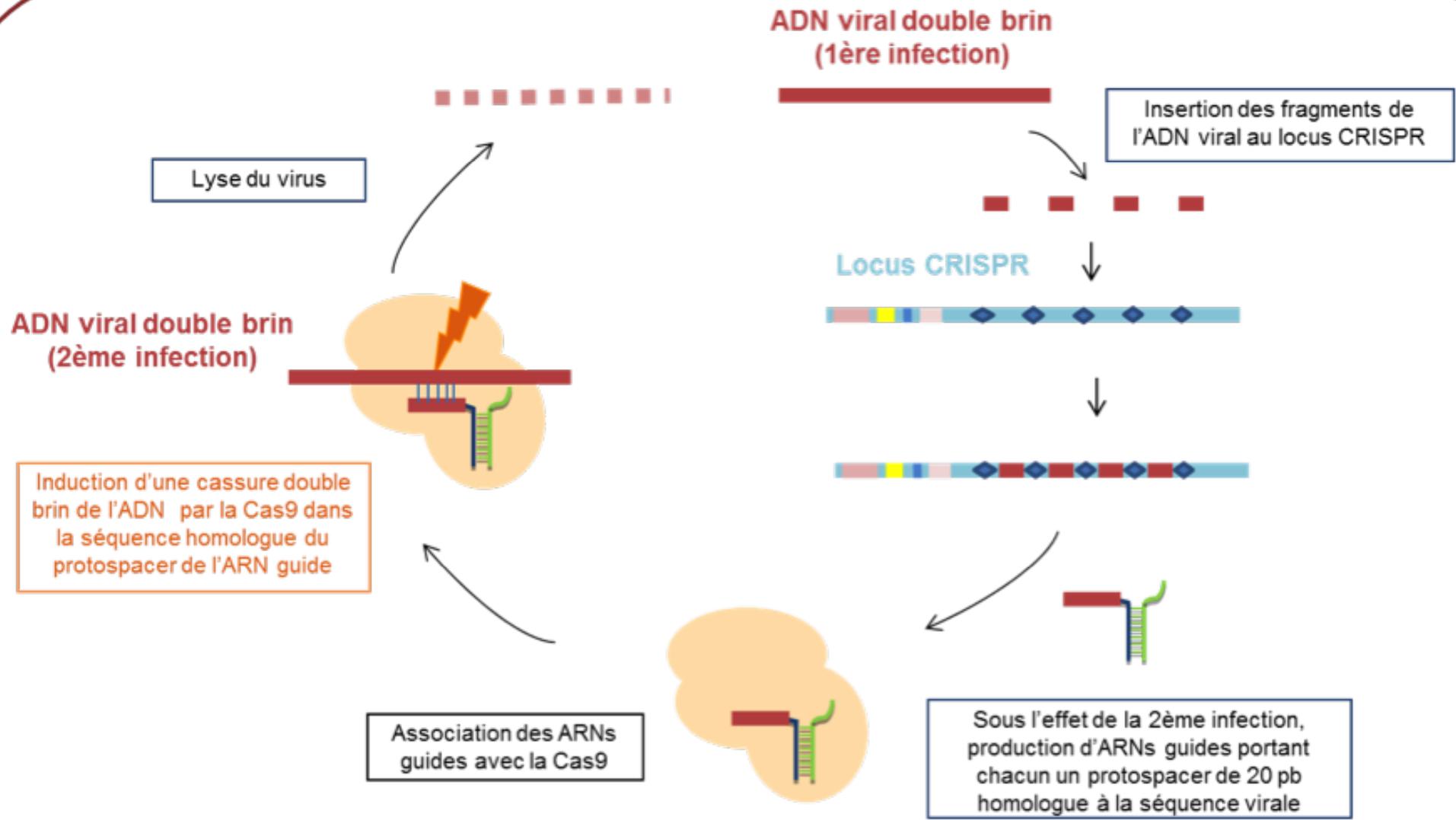
Jennifer A. Doudna

Born in the USA, 1964

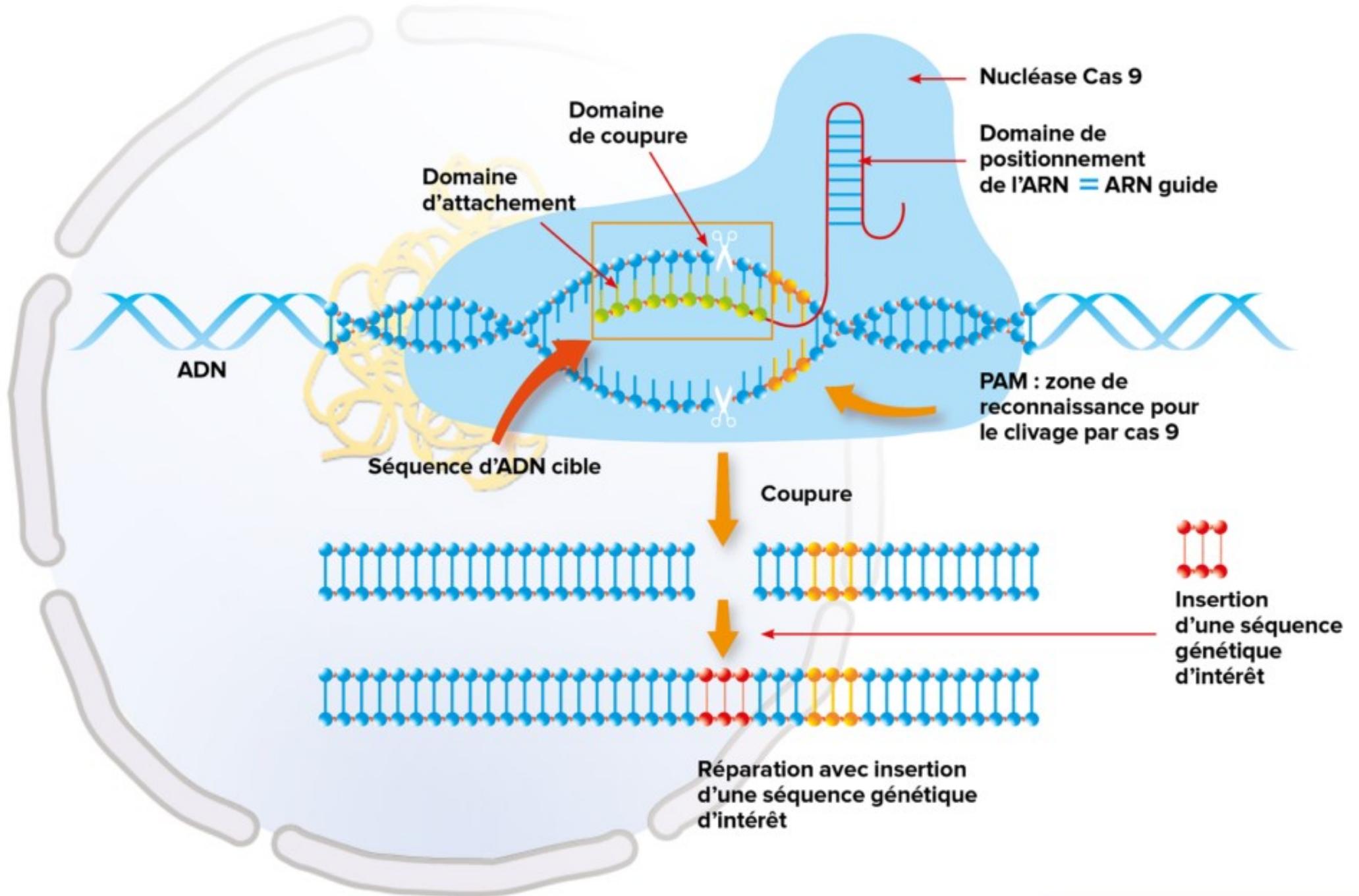
University of California, Berkeley, USA
Howard Hughes Medical Institute

L'édition génique : CRISPR-Cas9

Bactérie



L'édition génique : CRISPR-Cas9



DE LA PLANTE SAUVAGE A LA PLANTE DOMESTIQUEE

La domestication des plantes

Introduction

I°) la sélection des phénotypes végétaux par l'Homme

A°) les espèces sauvages originelles

B°) la domestication et ses conséquences biologiques

1°) La sélection artificielle

2°) La sélection variétale

3°) La dépendance vis-à-vis de l'Homme

C°) la domestication et ses conséquences sur le génome

II°) les techniques biologiques au service de la domestication des végétaux

A°) techniques de croisement

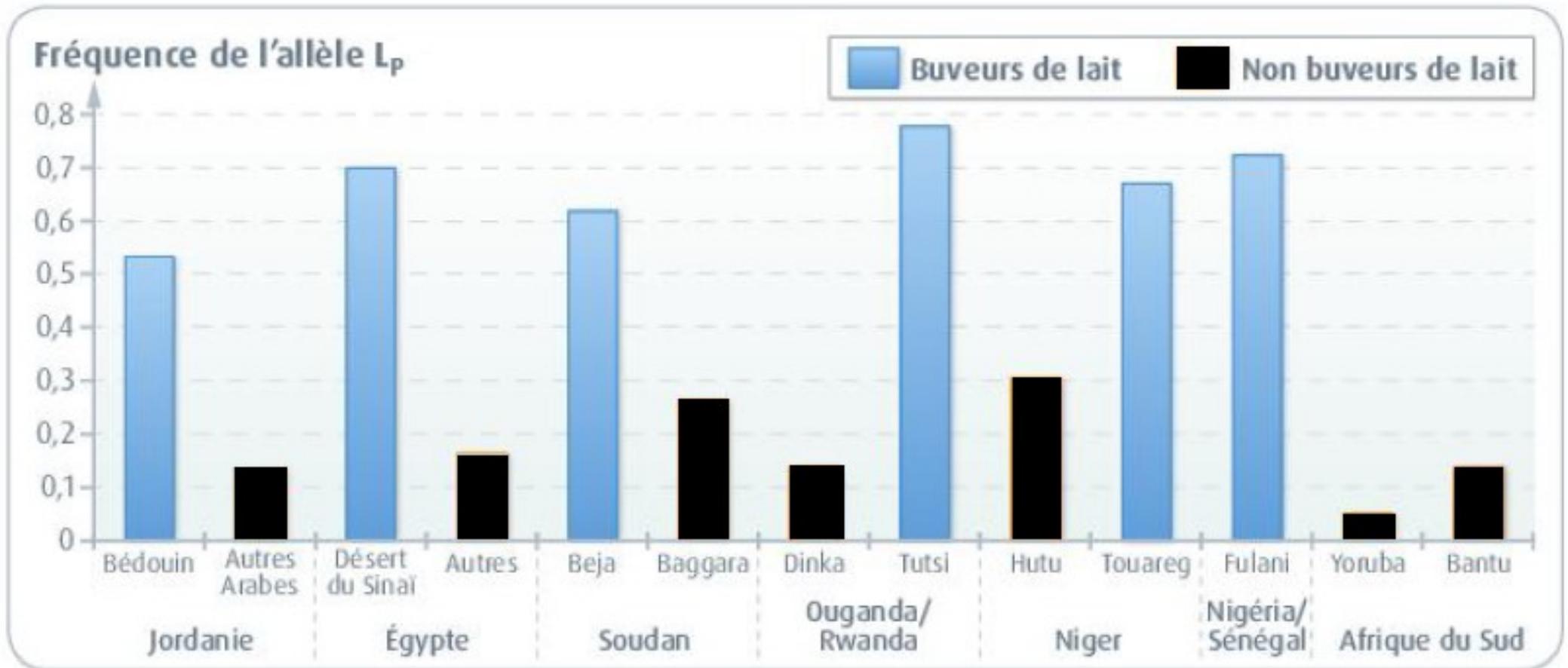
B°) génie génétique

1°) la transgénèse

2°) les mutagenèses

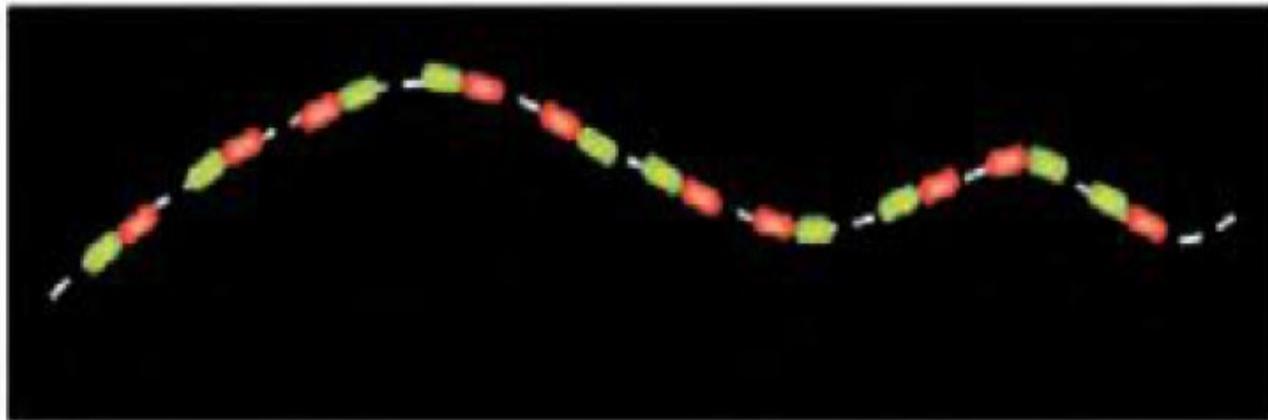
III°) La coévolution des plantes cultivées et des humains cultivateurs

Un exemple traité en 1^{ère} : influence de la consommation de lait à l'âge adulte sur la fréquence de l'allèle L_p dans les populations humaines

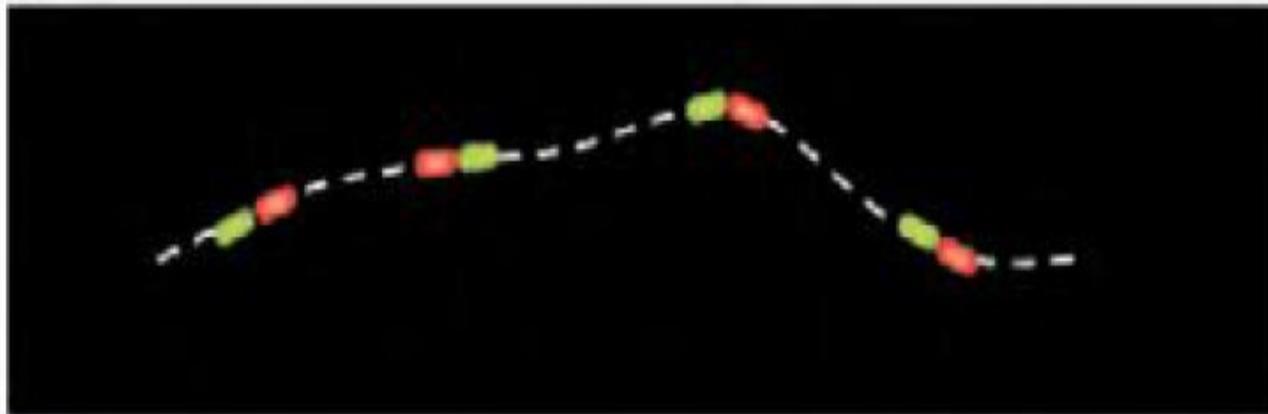


▲ **Fréquence de l'allèle lactase persistant (L_p) dans différentes populations pastorales voisines, buveuses de lait et non buveuses de lait.** Le pastoralisme est l'élevage sur des prairies naturelles.

Résultat d'un FISH (*Fluorescence in situ hybridization*)



10 copies sur 1
chromosome

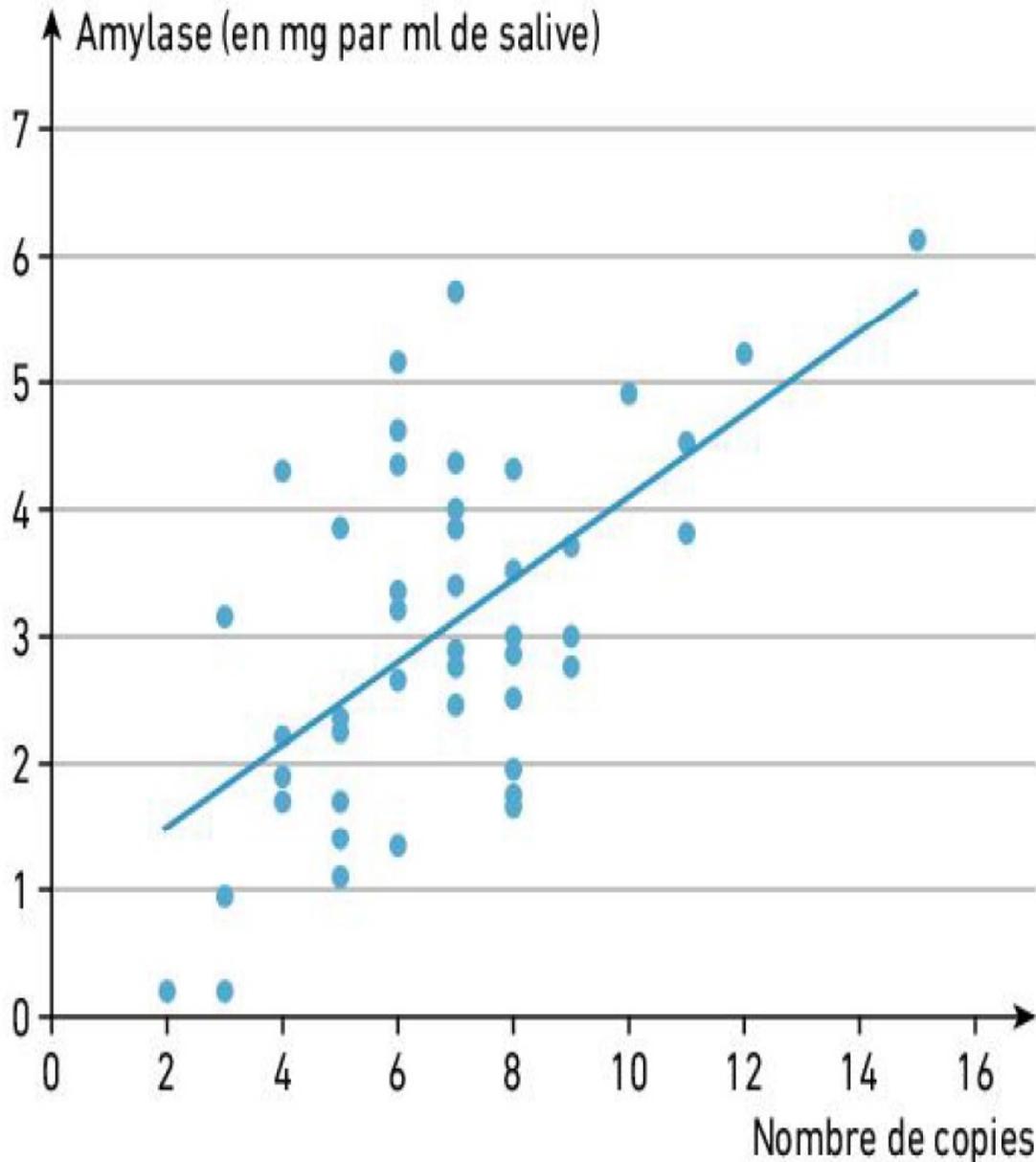


4 copies

- C** Mise en évidence chez un individu asiatique du nombre de copies du gène AMY1 sur ses deux chromosomes 1 (chaque association des deux sondes, rouge et verte, identifie une copie du gène).

Gène AMY : code pour l'amylase

L'influence de la consommation des végétaux sur notre génétique

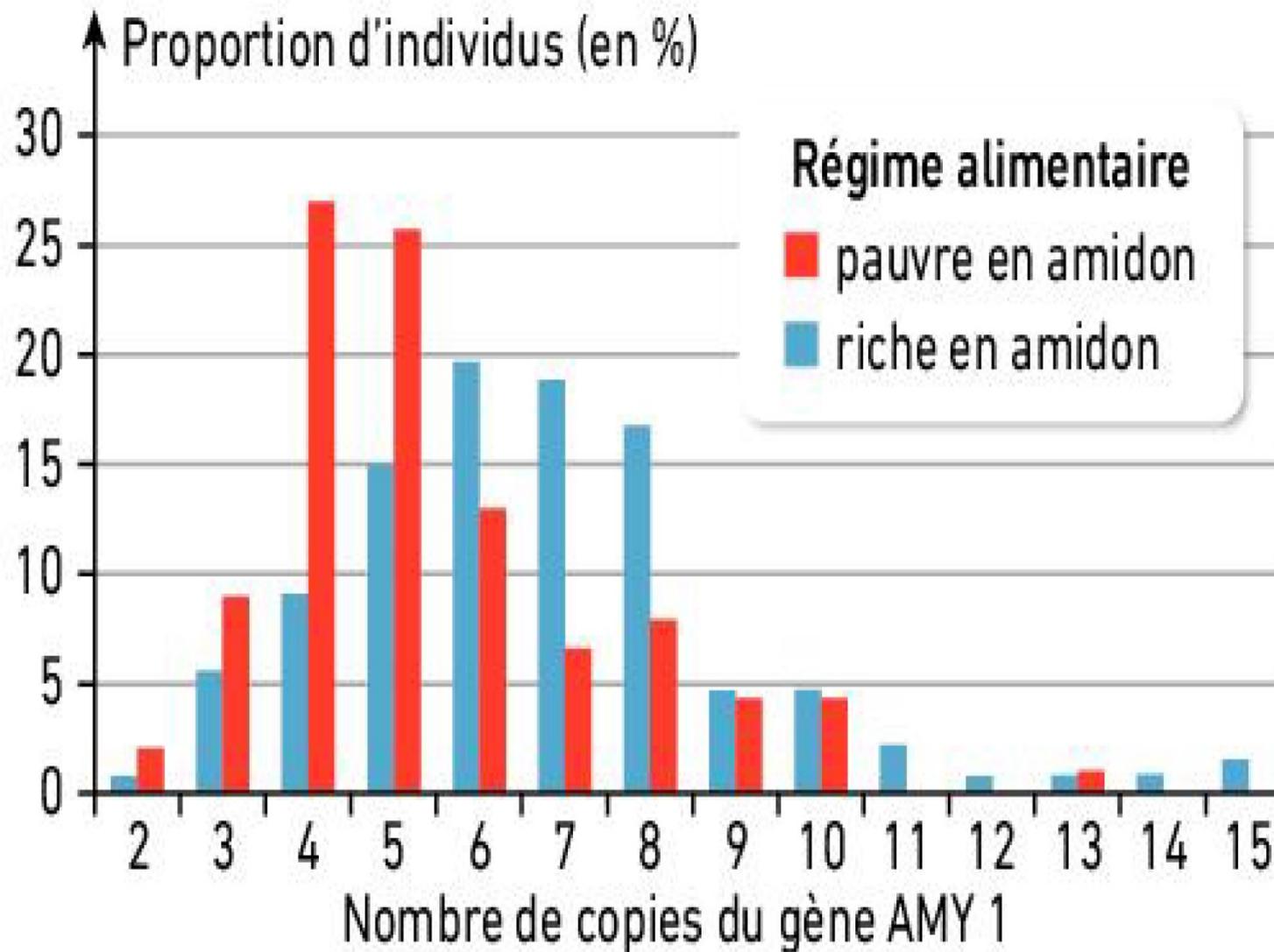


Plus le nombre de copies des gènes est grand, plus la production d'amylase est importante

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

[bordas]

L'influence de la consommation des végétaux sur notre génétique



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

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.

[bordas]

DE LA PLANTE SAUVAGE A LA PLANTE DOMESTIQUEE

La domestication des plantes

Introduction

I°) la sélection des phénotypes végétaux par l'Homme

A°) les espèces sauvages originelles

B°) la domestication et ses conséquences biologiques

1°) La sélection artificielle

2°) La sélection variétale

3°) La dépendance vis-à-vis de l'Homme

C°) la domestication et ses conséquences sur le génome

II°) les techniques biologiques au service de la domestication des végétaux

A°) techniques de croisement

B°) génie génétique

1°) la transgénèse

2°) les mutagenèses

III°) La coévolution des plantes cultivées et des humains cultivateurs

Conclusion

Histoire de la domestication du Maïs



DE LA PLANTE SAUVAGE A LA PLANTE DOMESTIQUEE

La domestication des plantes

Introduction

I°) la sélection des phénotypes végétaux par l'Homme

A°) les espèces sauvages originelles

B°) la domestication et ses conséquences biologiques

1°) La sélection artificielle

2°) La sélection variétale

3°) La dépendance vis-à-vis de l'Homme

C°) la domestication et ses conséquences sur le génome

II°) les techniques biologiques au service de la domestication des végétaux

A°) techniques de croisement

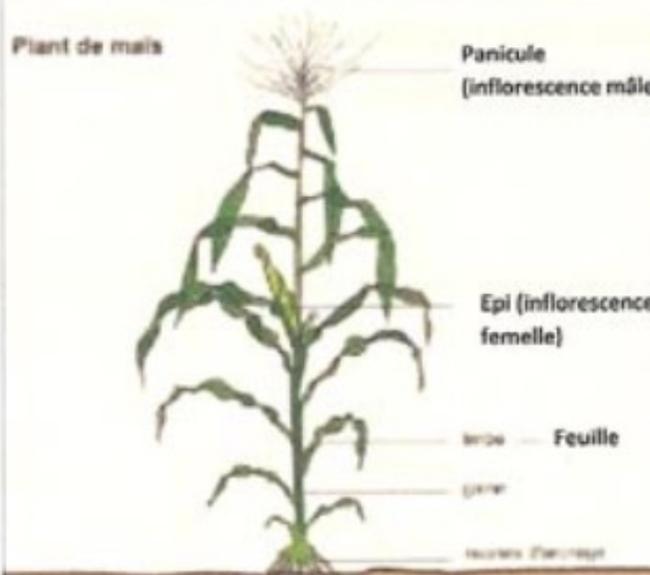
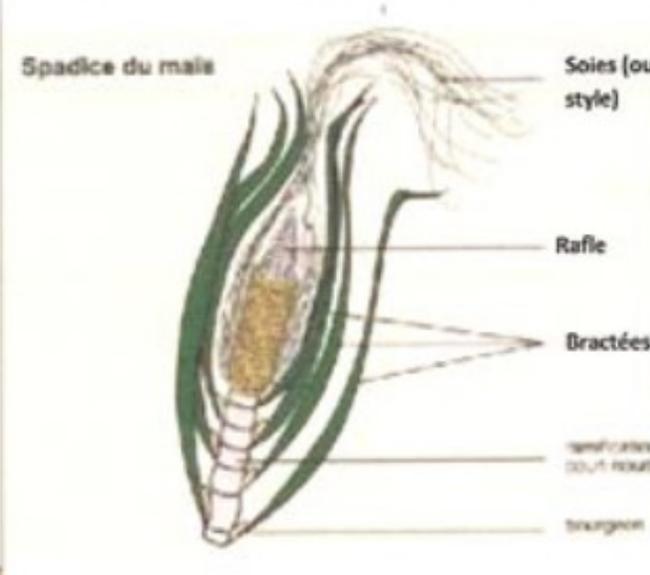
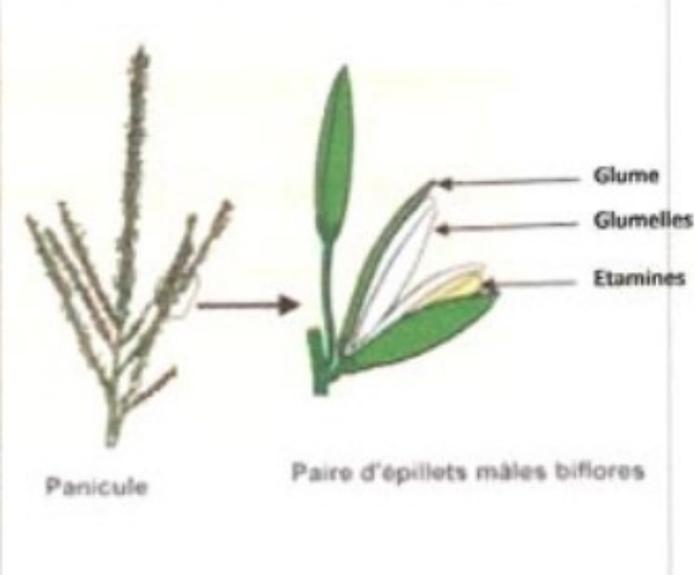
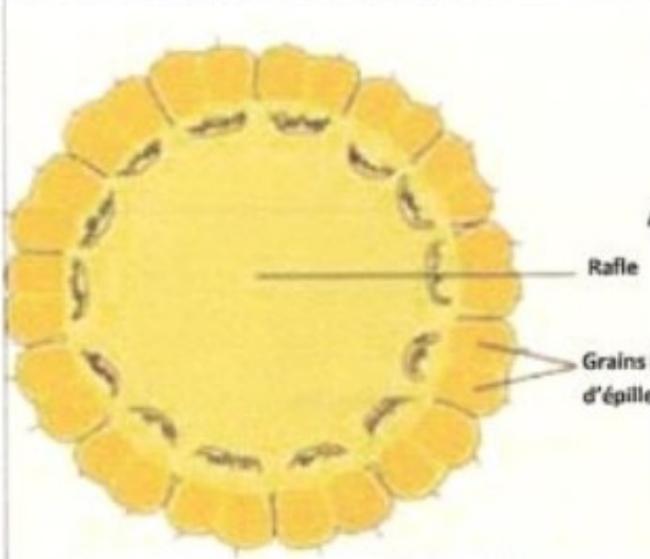
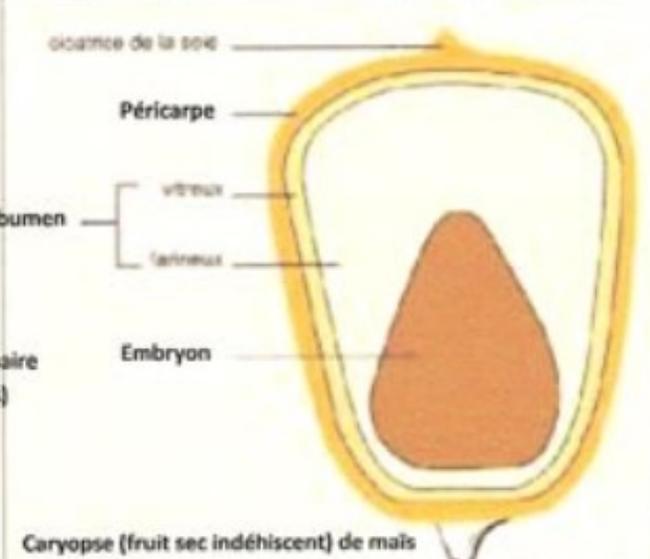
B°) génie génétique

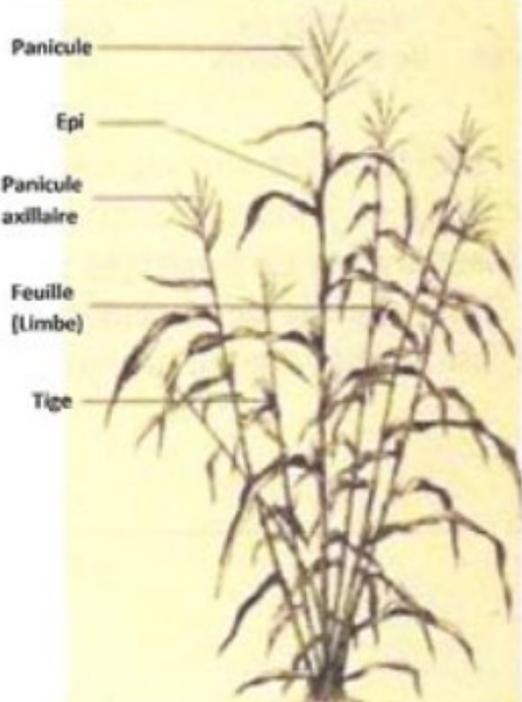
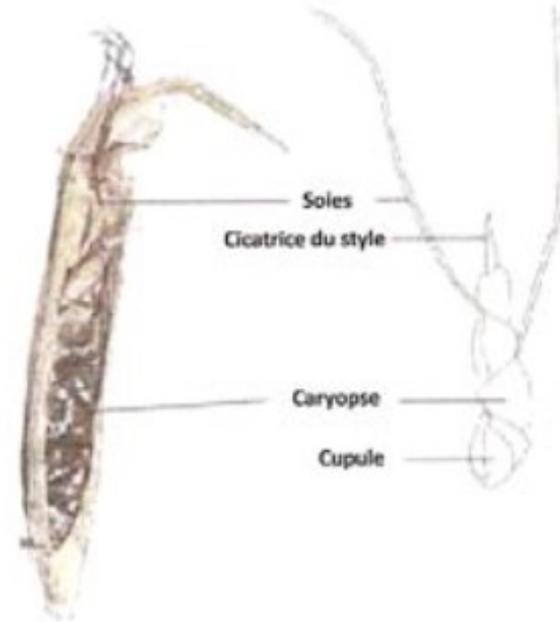
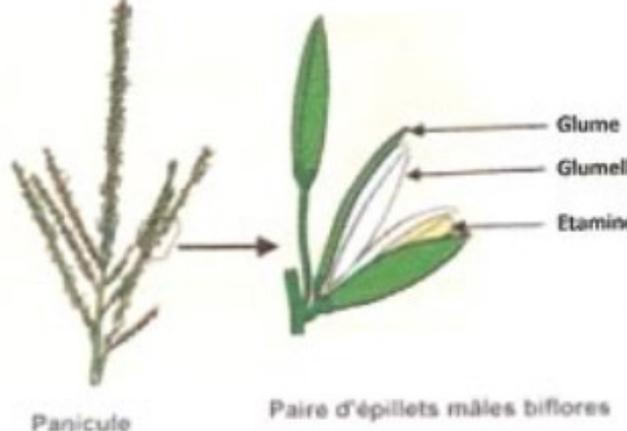
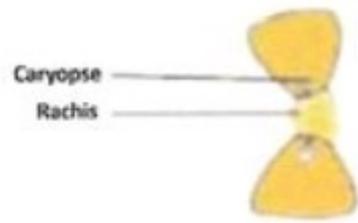
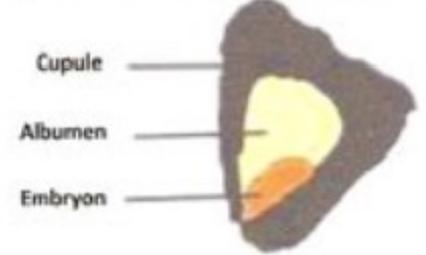
1°) la transgénèse

2°) les mutagenèses

III°) La coévolution des plantes cultivées et des humains cultivateurs

Conclusion

| Architecture des plants | Architecture des inflorescences femelles | Architecture des inflorescences mâles |
|--|--|--|
| <p>Plant de maïs</p>  <p>Panicule (inflorescence mâle)</p> <p>Epi (inflorescence femelle)</p> <p>Feuille</p> | <p>Spadice du maïs</p>  <p>Soies (ou style)</p> <p>Raffle</p> <p>Bractées</p> <p>Bourgeon</p> |  <p>Panicule</p> <p>Paire d'épillets mâles biflores</p> <p>Glume</p> <p>Glumelles</p> <p>Etamines</p> |
| Coupes transversales des épis femelles | Coupes longitudinales des grains (caryopses) | Comportement des grains à maturité |
|  <p>Raffle</p> <p>Grains (paire d'épillets)</p> |  <p>Distance de la soie</p> <p>Péricarpe</p> <p>Albumen</p> <p>vitreux</p> <p>farineux</p> <p>Embryon</p> <p>Caryopse (fruit sec indéhiscent) de maïs</p> | <p>Les grains de Maïs ne se détachent pas spontanément de la raffle. Cette opération est réalisée au moment de la récolte par les agriculteurs.</p> |

| Architecture des plants | Architecture des inflorescences femelles | Architecture des inflorescences mâles |
|---|---|--|
|  <p>Panicule</p> <p>Epi</p> <p>Panicule axillaire</p> <p>Feuille (Limbe)</p> <p>Tige</p> |  <p>Soies</p> <p>Cicatrice du style</p> <p>Caryopse</p> <p>Cupule</p> |  <p>Glume</p> <p>Glumelles</p> <p>Etamines</p> <p>Panicule</p> <p>Paire d'épillets mâles biflores</p> |
| Coupes transversales des épis femelles | Coupes longitudinales des grains (caryopses) | Comportement des grains à maturité |
|  <p>Caryopse</p> <p>Rachis</p> |  <p>Cupule</p> <p>Albumen</p> <p>Embryon</p> | <p>Il n'y a pratiquement pas de rachis : les grains sont soudés les uns aux autres ; à maturité l'épi se désarticule et les grains tombent sur le sol.</p> |