



La domestication des plantes



Comment la domestication des plantes a-t-elle accompagné l'évolution humaine ?

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

A) Le début de la domestication : la sélection empirique

B) L'accélération de la domestication : la sélection programmée

C) Les techniques actuelles de sélection artificielle

II. Les effets de la domestication des plantes

A) Les effets sur les plantes

B) Les effets sur les populations humaines



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

→ A) Le début de la domestication : la sélection empirique



F° " N° -AMÉRICAIN

- Courge : 5 000 BP
- Tournesol : 4 800 BP



F° YER CENTRE-AMÉRICAIN

- Courge : 10 000 BP
- Maïs : 9 000 BP



F° YER SUD-AMÉRICAIN

- Pomme de terre : 7 000 BP ?
- Quinoa : 5 000 BP
- Haricot commun : 4 000 BP ?
- Manioc : 8 000 BP
- Piment : 6 000 BP
- Igname : 6 000 BP
- Cacao : 2 000 BP
- Patate douce : 4 500 BP



F° " P° OCHE-ORIENTAL

- Amidonnier : 10 000 BP
- Engrain : 10 000 BP
- Orge : 10 000 BP
- Pois chiche : 9 000 BP



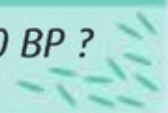
F° YER CHINOIS

- Riz : 8 000 BP
- Soja : 5 000 BP



F° YER INDIEN

- Riz indien : 8 000 BP ?



F° " AFRICAIN

- Sorgho : 4 000 BP
- Riz africain : 2 000 BP
- Café : 1 500 BP

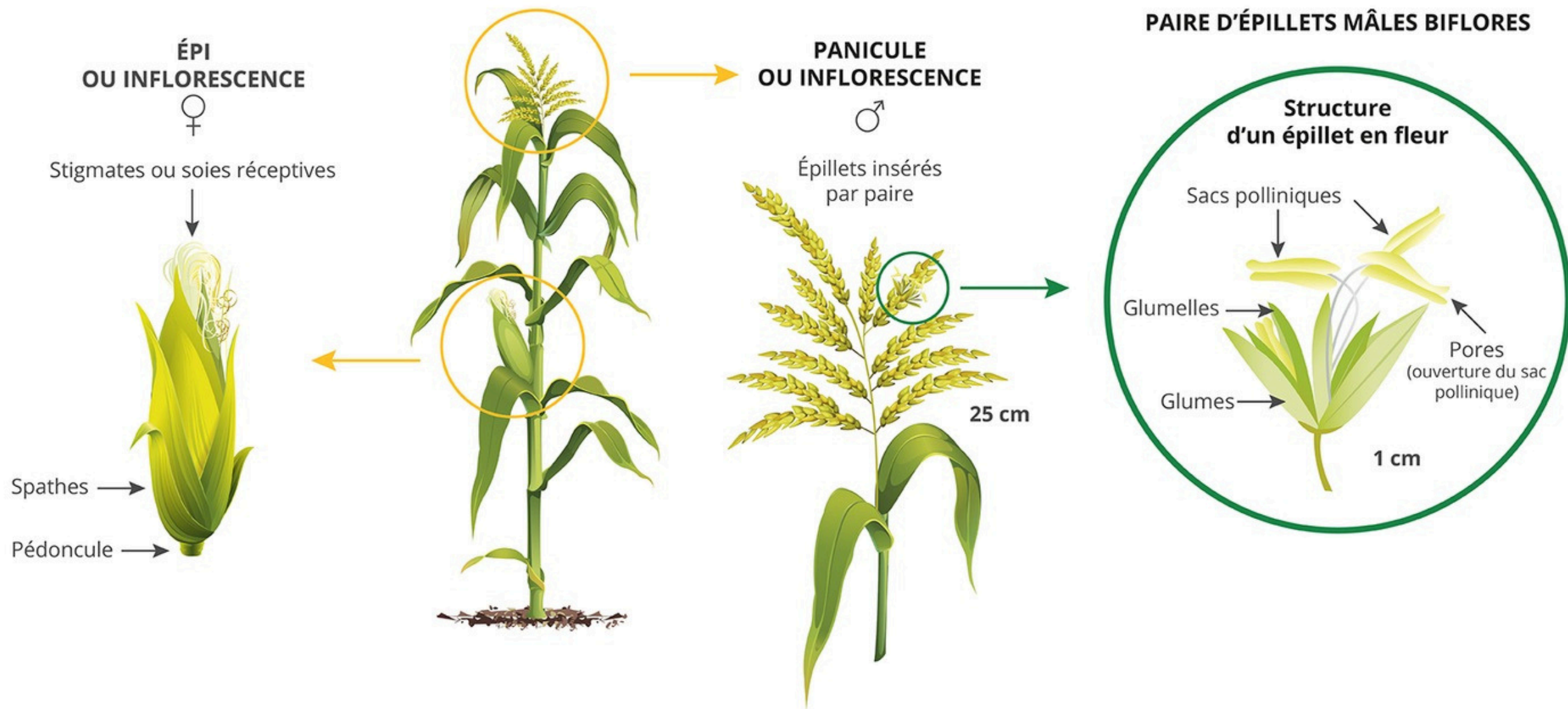


F° YER NÉ° -GUINÉEN

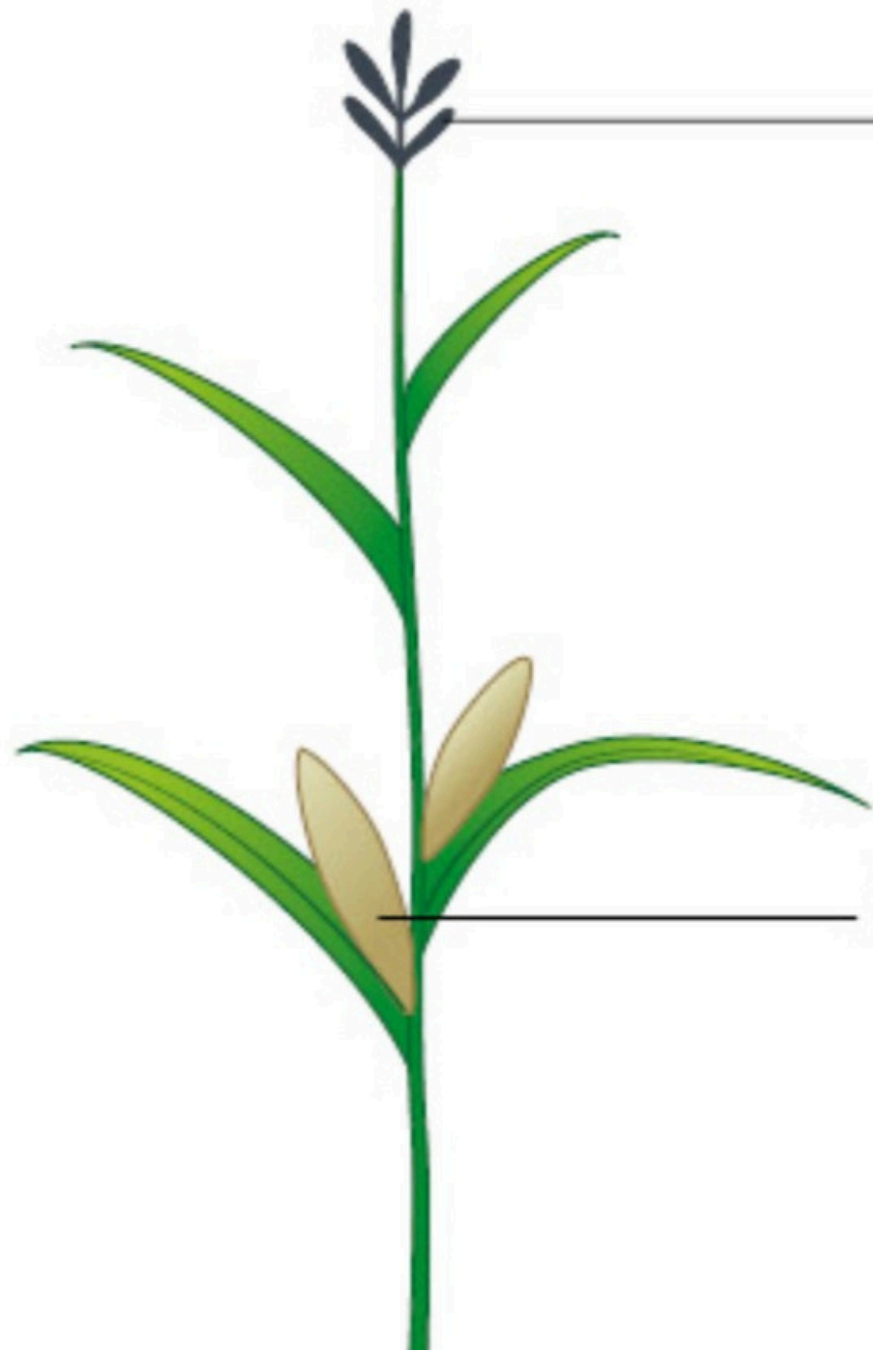
- Igname : 7 000 BP ?
- Banane : 7 000 BP
- Taro : 7 000 BP ?



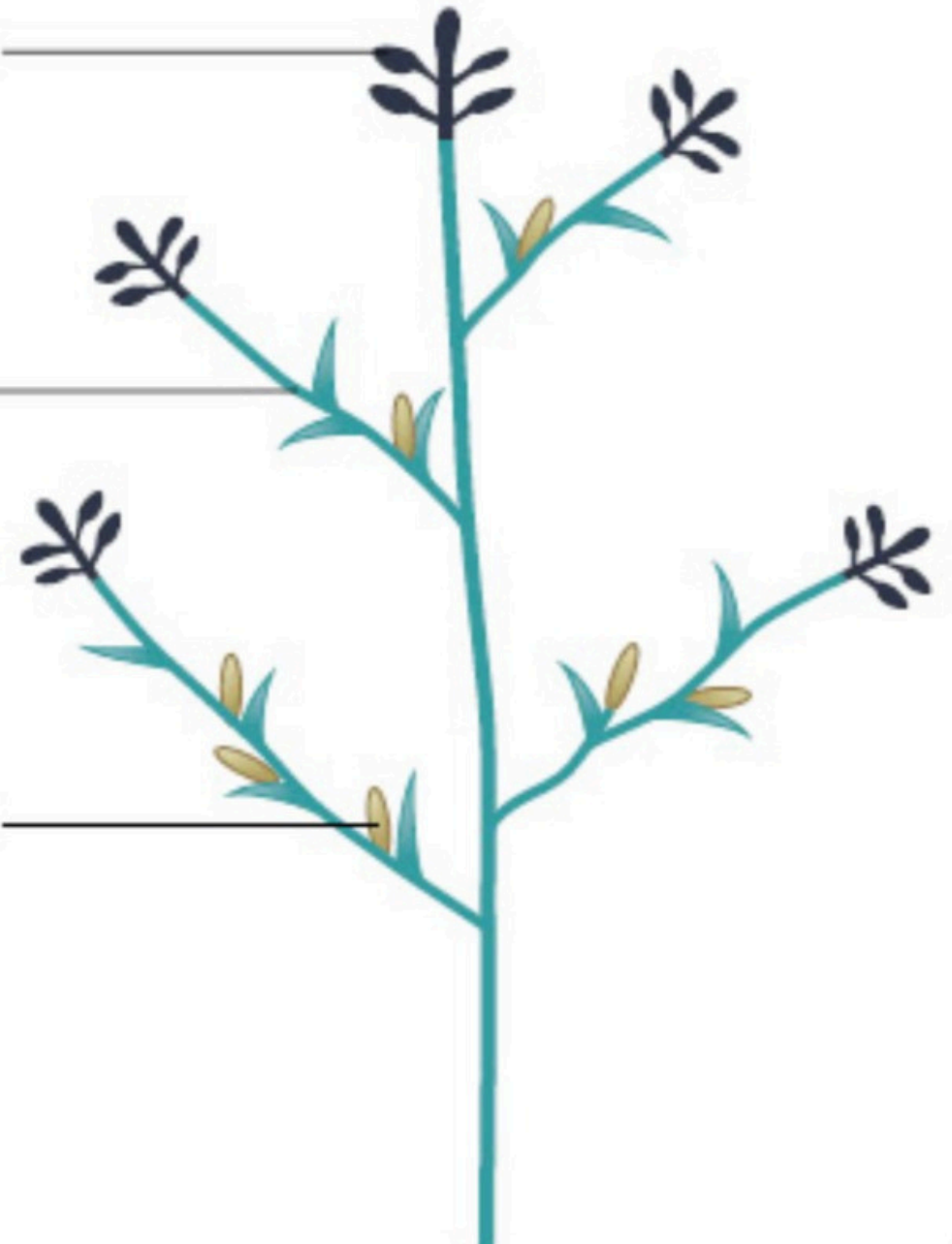
STRUCTURE D'UN PIED DE MAÏS



MAÏS



TÉOSINTE

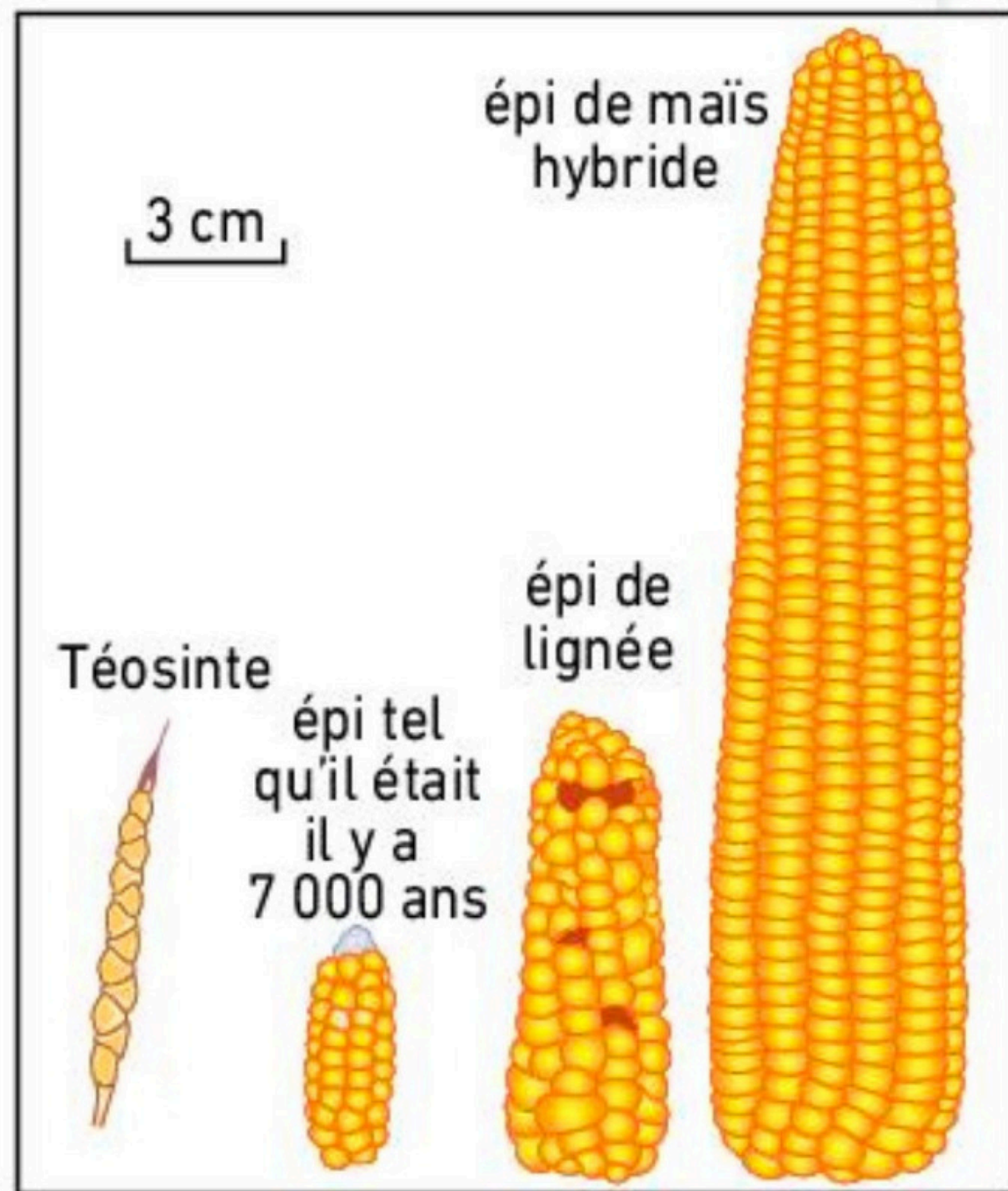


Épis de fleurs mâles

Ramification

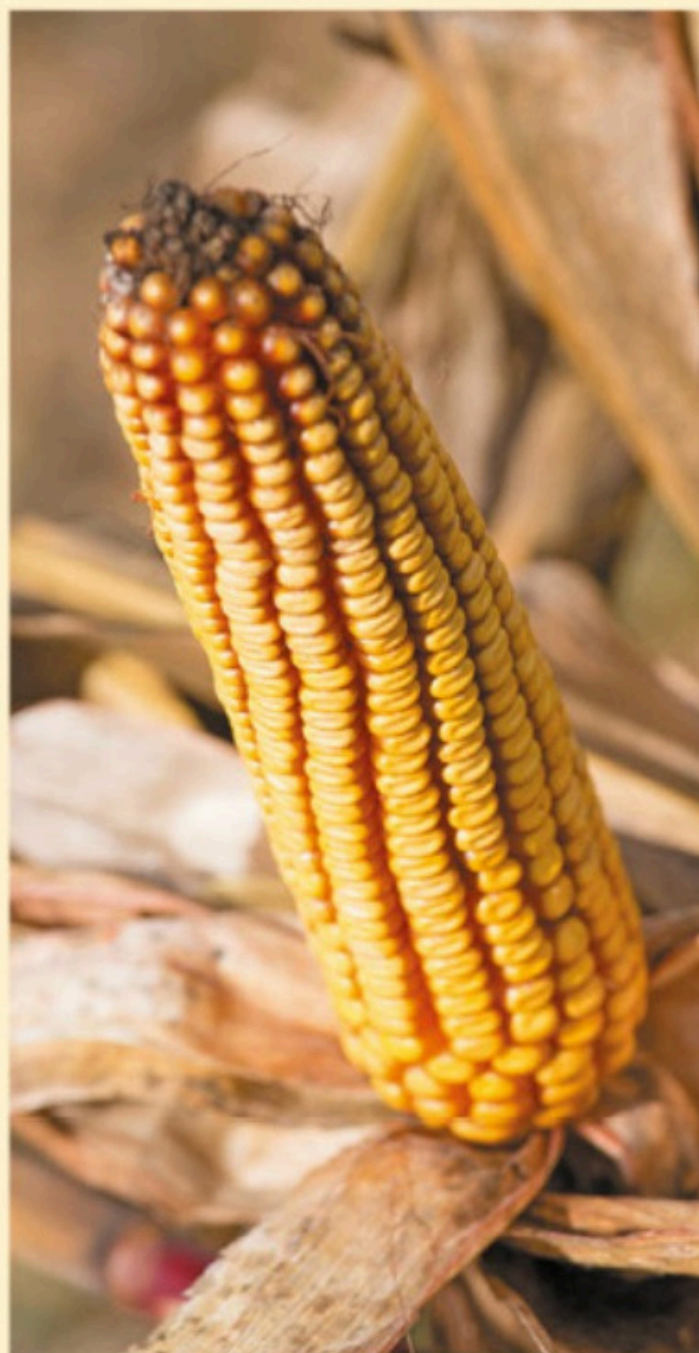
Épis de fleurs femelles

	Téosinte	Maïs actuel
Parties aériennes	Plusieurs tiges ramifiées.	Une seule tige.
Appareil reproducteur	Très nombreux épis* à deux rangées de grains.	Un à plusieurs épis comportant une vingtaine de rangées.
À maturité	Désarticulation des épis, chute des grains au sol.	Épis stables. Grains restant soudés.



Les grains de téosinte sont recouverts d'une cupule formée par le développement de pièces florales (les glumes). Cette cupule confère une protection qui limite l'accès aux grains pour les consommateurs. L'absence de cupule chez le maïs est liée à une mutation ponctuelle touchant le gène *tga1* (téosinte glume architecture).

	Maïs	Téosinte
Taille de l'épi (cm)	30	5
Masse d'un grain (g)	0,3	0,06
Nombre de grains/épi	500	10



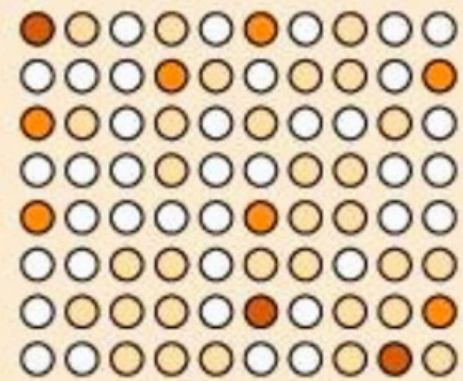
▲ Maïs



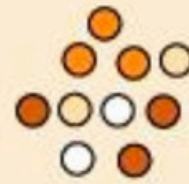
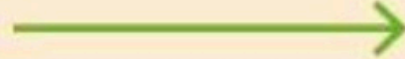
▲ Téosinte



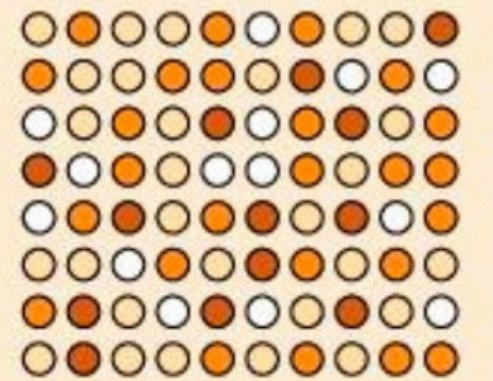
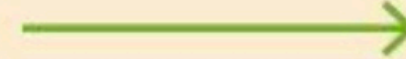
Dans ce modèle, les graines récoltées sont d'autant plus intéressantes pour constituer la semence de l'année suivante qu'elles sont foncées. Mais le tri des graines est une tâche difficile, aux résultats imparfaits.



Population année n



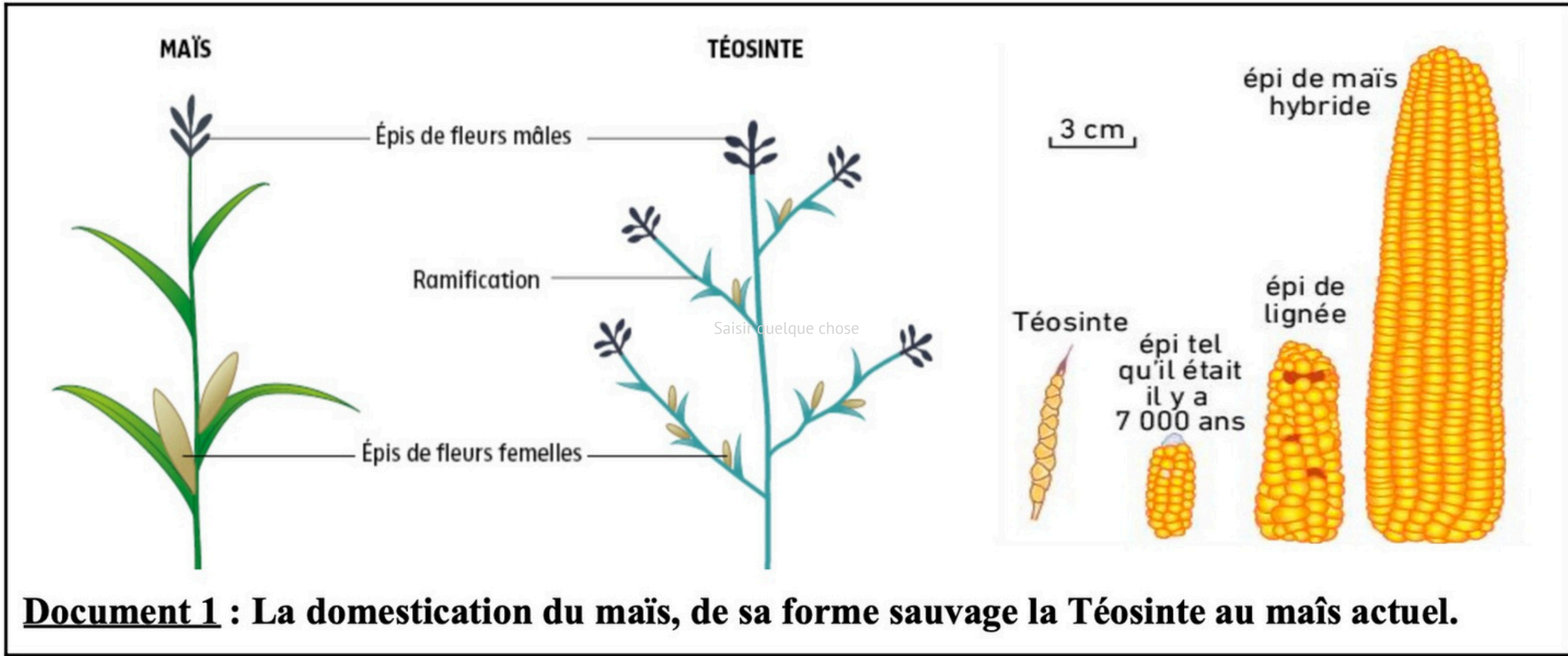
sélection des
semences les
plus intéressantes



Population année $n+1$



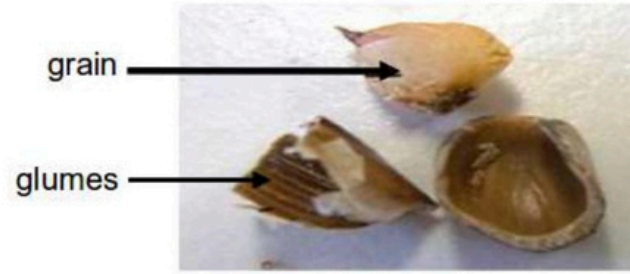
ARGUMENT : Comparaison des formes sauvages et domestiquées et identification des caractères d'intérêts



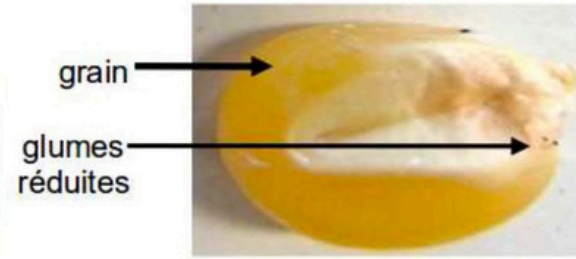
Document 1 : La domestication du maïs, de sa forme sauvage la Téosite au maïs actuel.

La Téosinte, ancêtre présumé du Maïs

Le Maïs domestiqué



(grain entier 6 mm)



(grain entier 10 mm)

similaires



différentes

- TGA1-Mais-individu.4.adn cpl ARN
- TGA1-Teosinte-individu.3.adn cpl ARN
- TGA1-Teosinte-individu.4.adn cpl ARN
- TGA1-Teosinte-individu.1.adn cpl AR PRO
- TGA1-Teosinte-individu.2.adn cpl AR PRO
- TGA1-Mais-individu.1.adn cpl ARN PRO
- TGA1-Mais-individu.2.adn cpl ARN PRO
- TGA1-Mais-individu.3.adn cpl ARN PRO
- TGA1-Mais-individu.4.adn cpl ARN PRO
- TGA1-Teosinte-individu.3.adn cpl AR PRO
- TGA1-Teosinte-individu.4.adn cpl AR PRO

*****.*****

	5	10	15	20	25		
▲ UACCUAACC	CUAGAG	UUC	CGCCGC				
▲ UACCUAACC	CUAGAG	UUC	CGCCGC				
▲ Tyr	Leu	Thr	Leu	Glu	Phe	Arg	Arg
▲ Tyr	Leu	Thr	Leu	Glu	Phe	Arg	Arg
▲ Tyr	Leu	Thr	Leu	Glu	Leu	Arg	Arg
▲ Tyr	Leu	Thr	Leu	Glu	Leu	Arg	Arg
▲ Tyr	Leu	Thr	Leu	Glu	Leu	Arg	Arg
▲ Tyr	Leu	Thr	Leu	Glu	Phe	Arg	Arg
▲ Tyr	Leu	Thr	Leu	Glu	Phe	Arg	Arg



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"> • permettent des semis profonds pour échapper aux prédateurs • Présence de réserves abondantes : meilleur rendement

Histoire de la domestication du maïs



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

A) Le début de la domestication : la sélection empirique

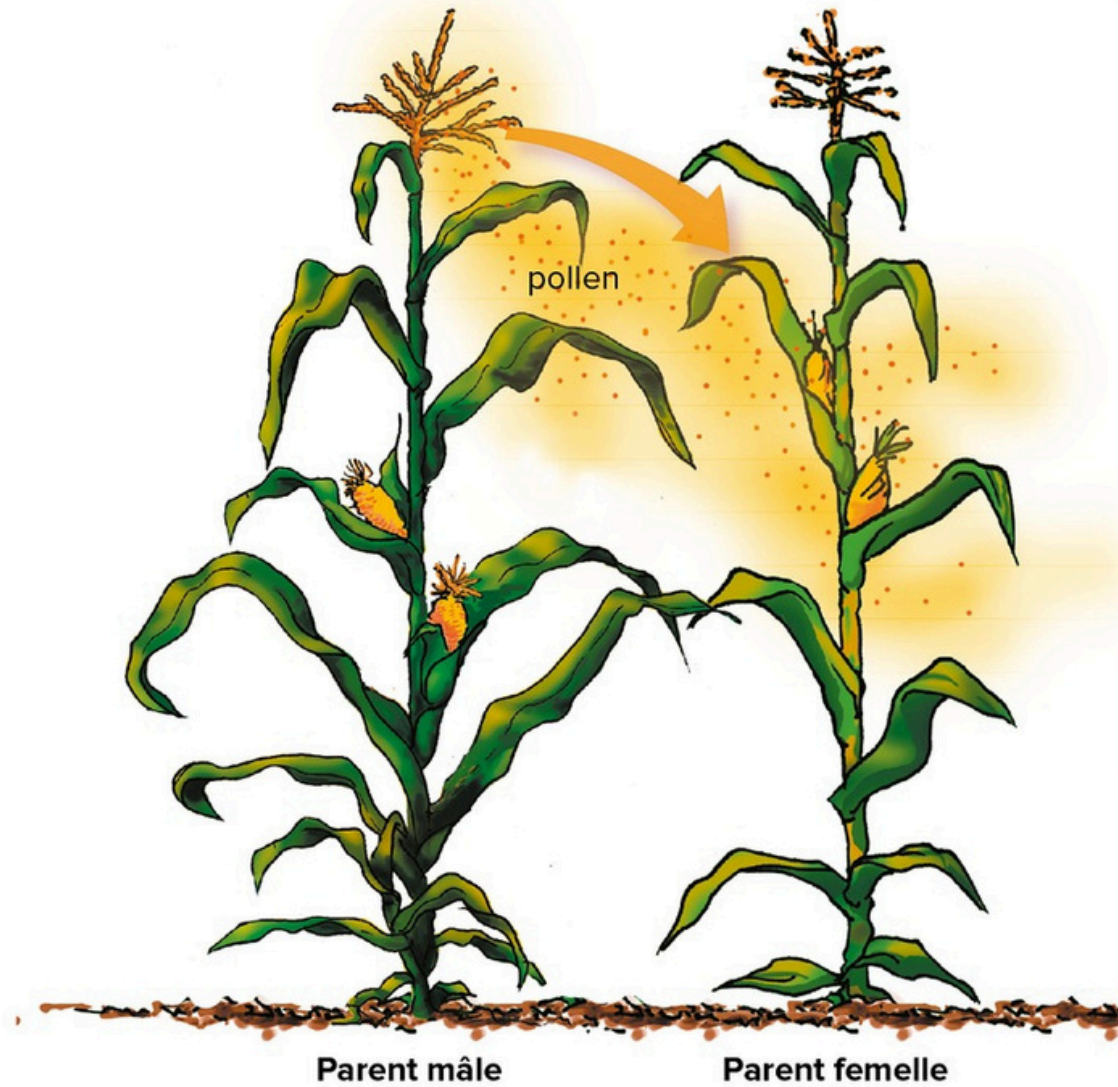
→ B) L'accélération de la domestication : la sélection programmée



L'hybridation

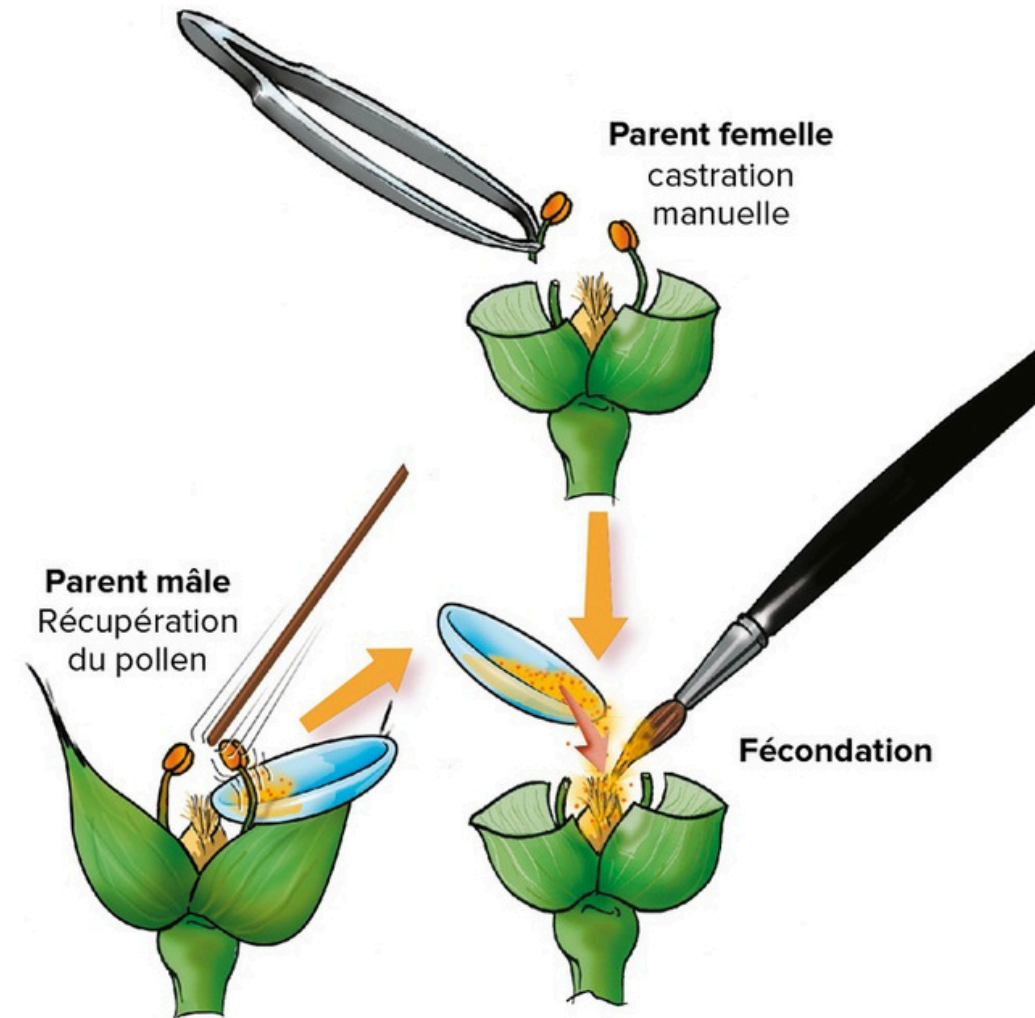
**Naturelle
pour les plantes allogames**

Exemple du maïs



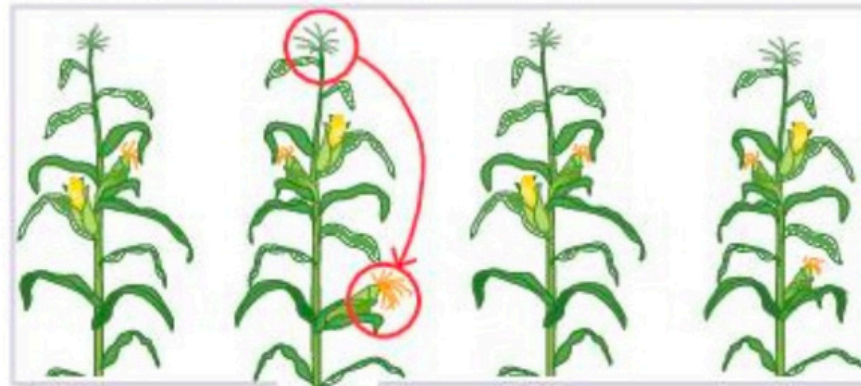
**Provoquée par le sélectionneur
pour les plantes autogames**

Exemple du blé

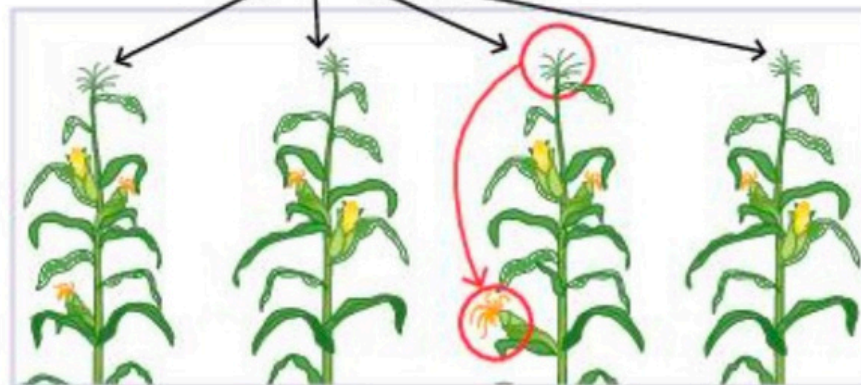




plantes
génétiquement
très diversifiées
0 %
d'homozygotie



plantes
1^{re} génération
50 %
d'homozygotie



plantes
2^e génération
75 %
d'homozygotie

autofécondations successives
jusqu'à 7 générations

**lignée pure fixée
homozygotie ≈ 100 %**

Population hétérogène A
comportant des
caractères intéressants

Population hétérogène B
comportant des
caractères intéressants

Autofécondation

Autofécondation

Autofécondation

Autofécondation



lignée pure A



lignée pure B = lignées pures

hybridation

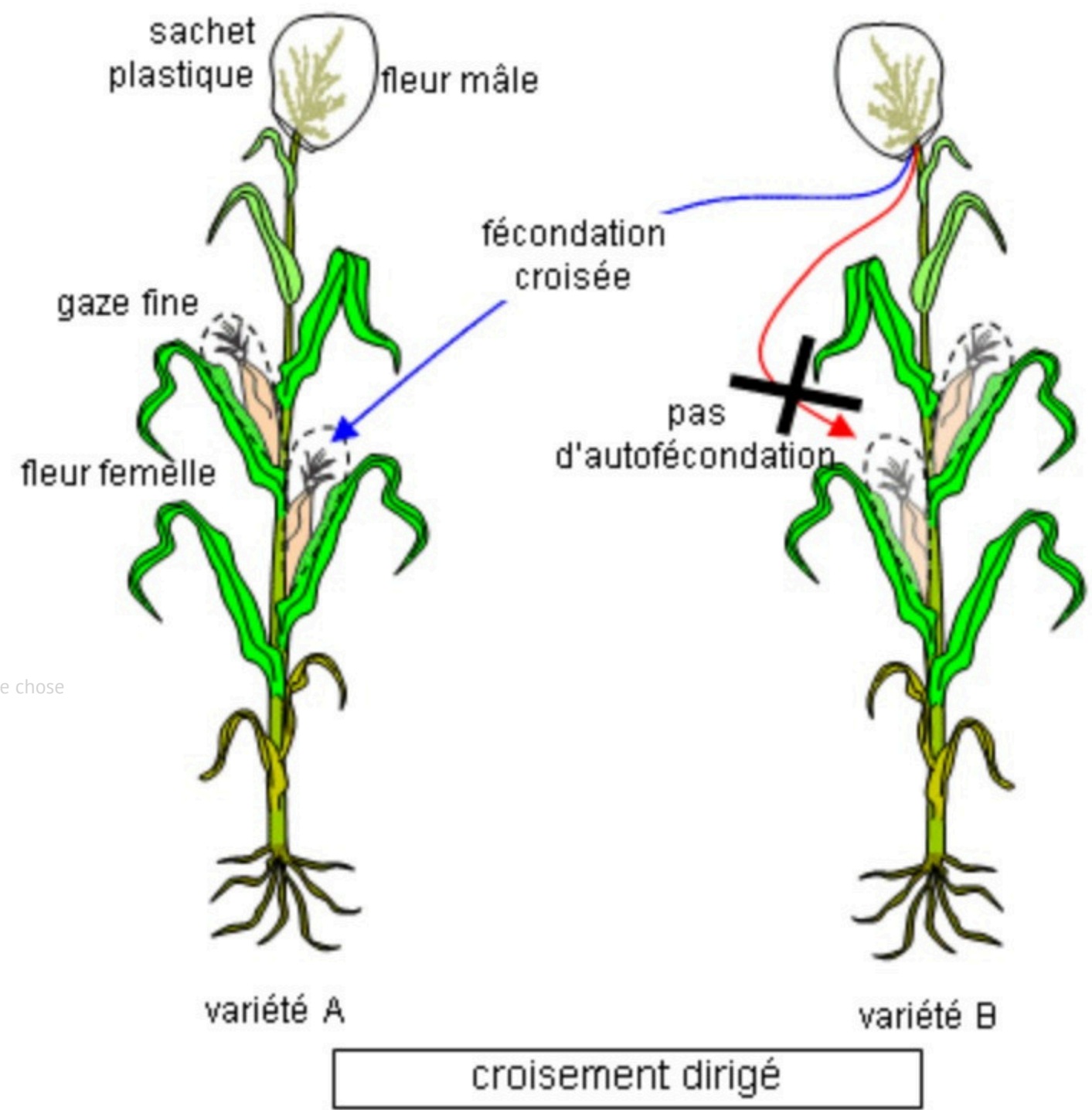
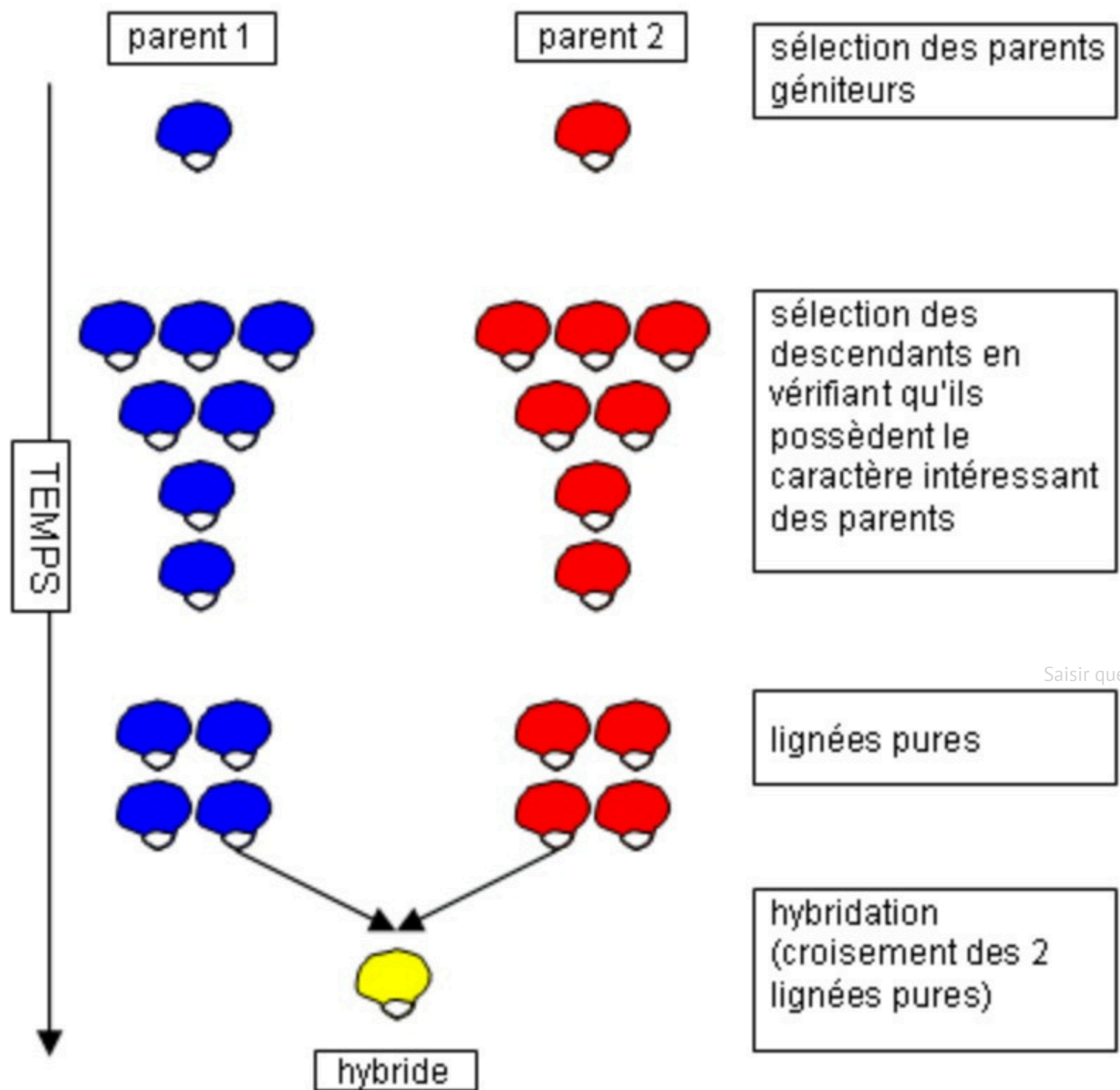
plants F1 = hybrides
identiques entre eux



= hybrides

■ ● ▲ ● caractères intéressants

5 à 10 ans



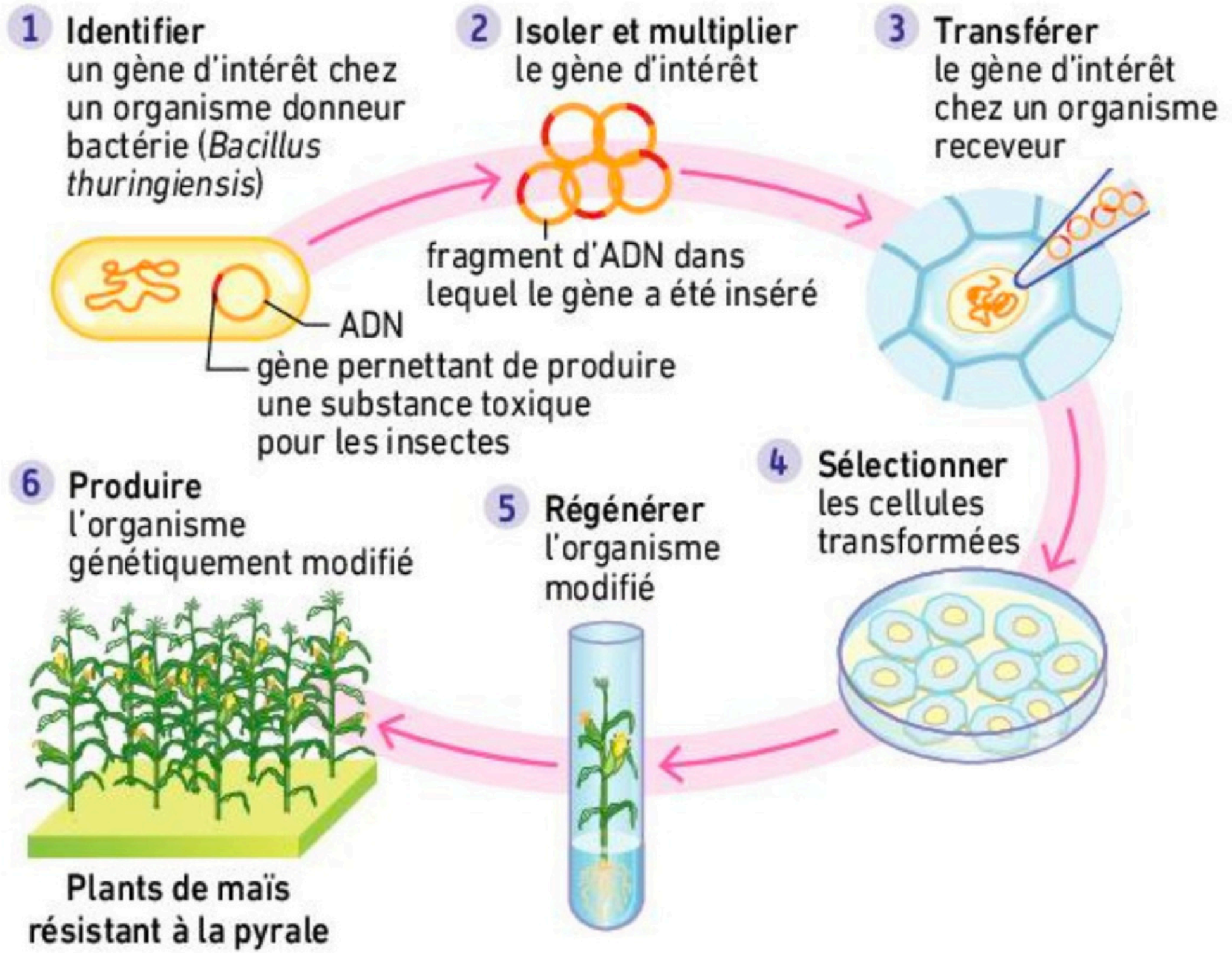
I. Le processus de domestication : des plantes sauvages aux plantes domestiquées

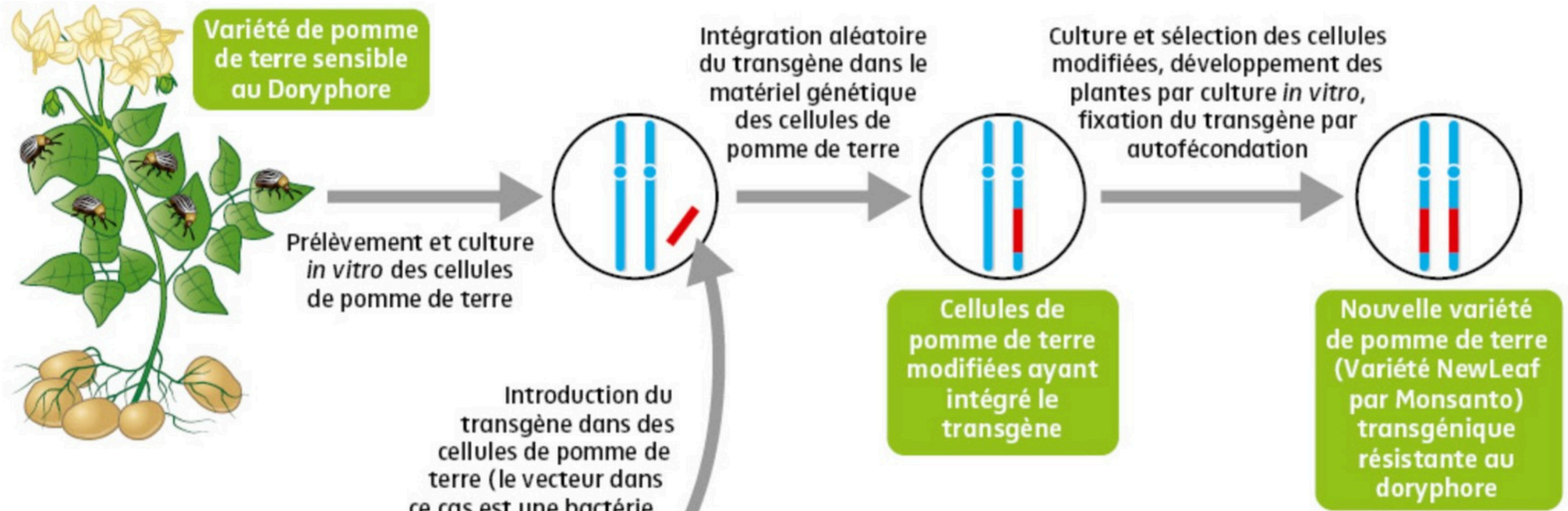
A) Le début de la domestication : la sélection empirique

B) L'accélération de la domestication : la sélection programmée

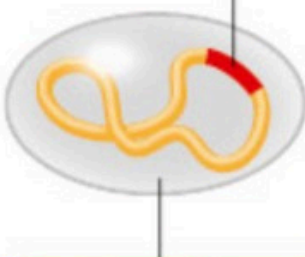
→ C) Les techniques actuelles de sélection artificielle







Gène d'intérêt codant pour la toxine (cry3A)



Bacillus thuringiensis

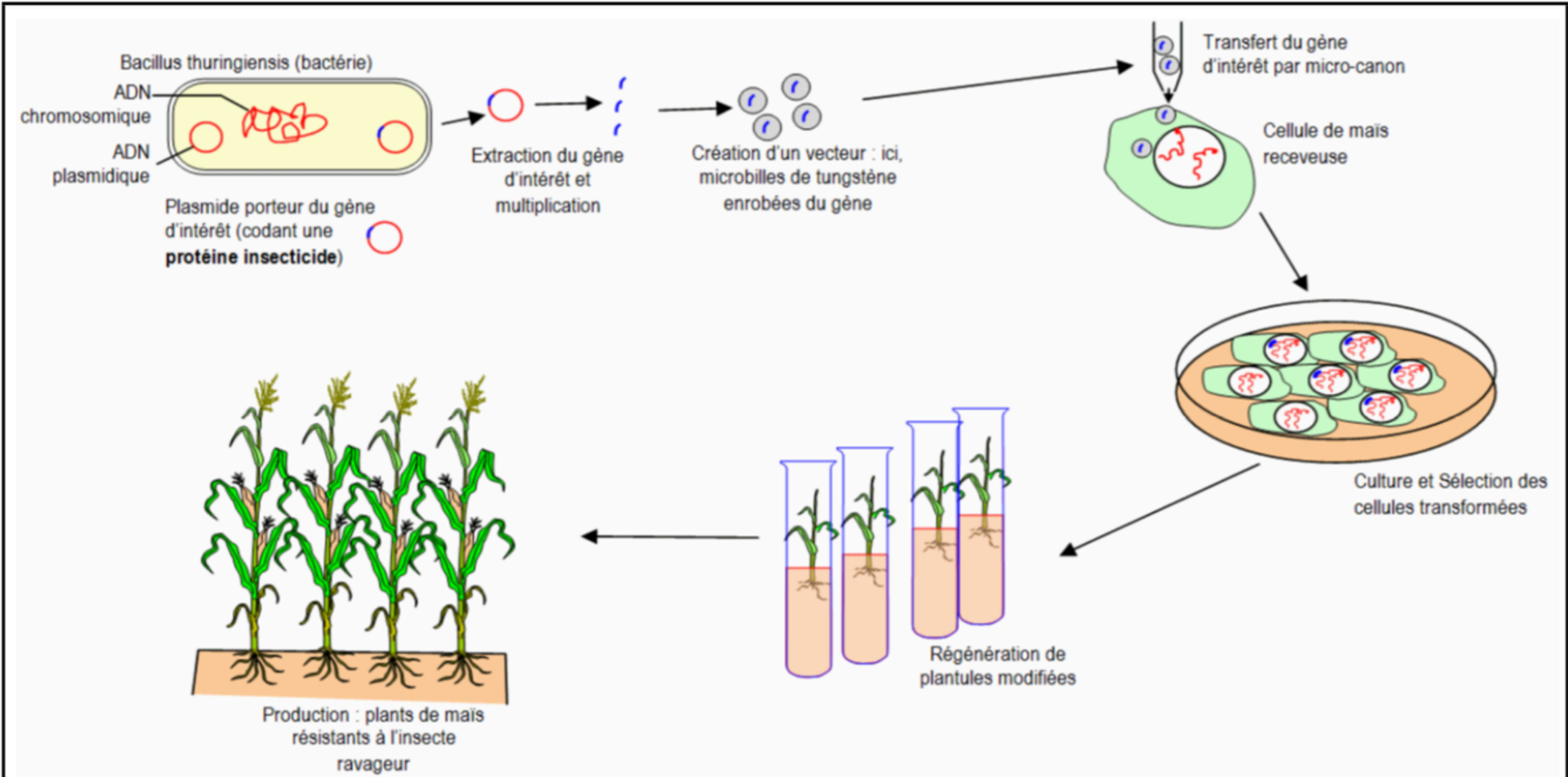
Indentification, isolement et préparation du transgène

Introduction du transgène dans des cellules de pomme de terre (le vecteur dans ce cas est une bactérie *Agrobacterium tumefaciens*)

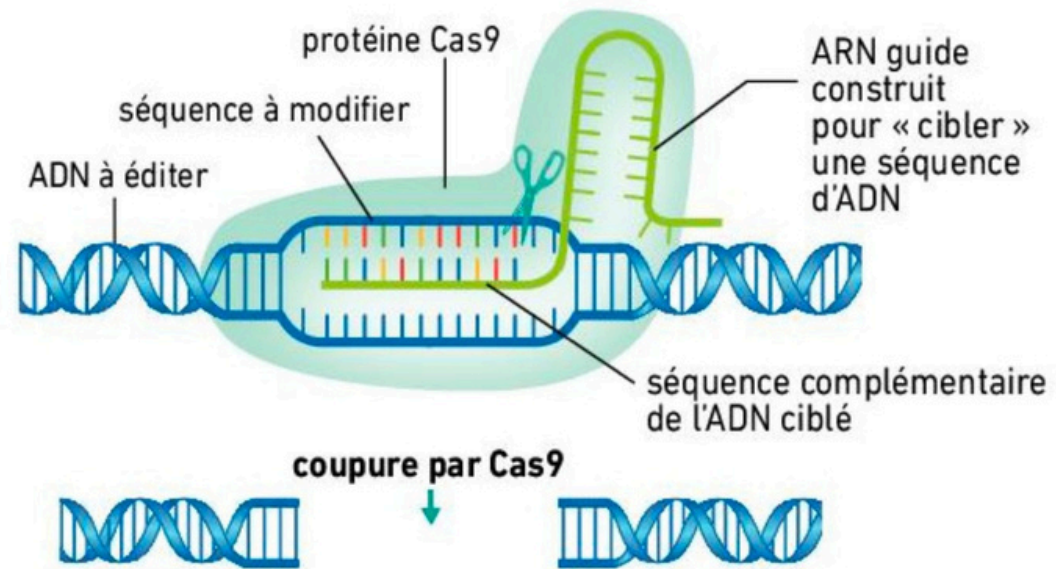




ARGUMENT : Comparaison de différentes techniques pour créer de nouvelles variétés : transgénèse



Document 2 : Schéma du principe de la la transgénèse.



Différentes actions possibles :

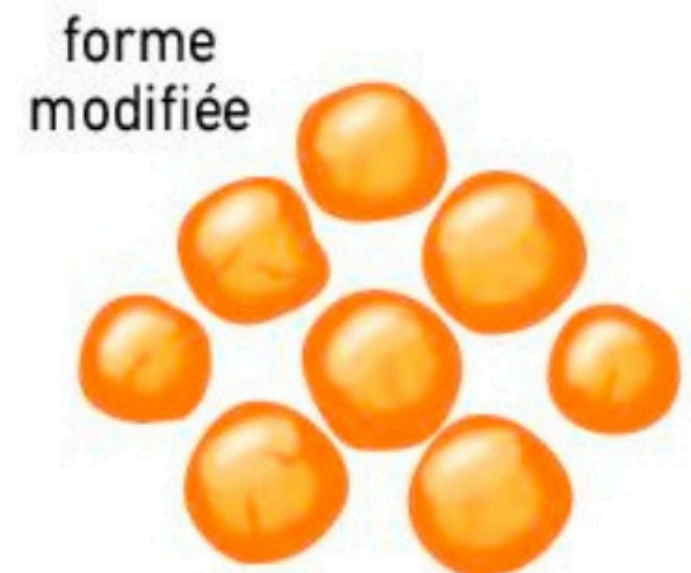
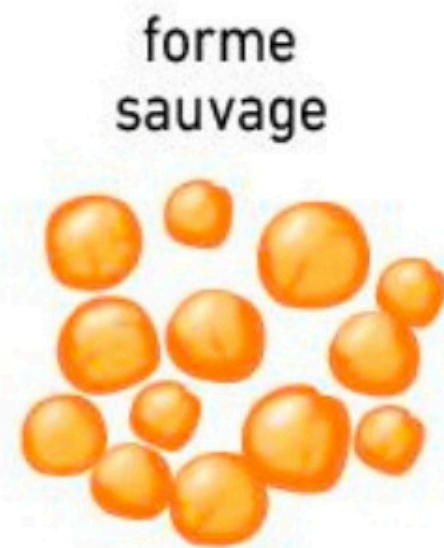
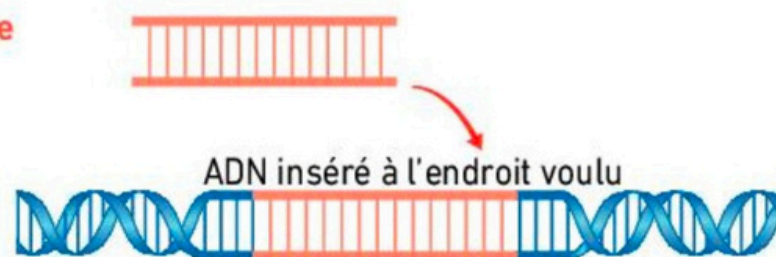
1 Gène à inactiver



2 Nouvel allèle (séquence modifiée)



3 Nouveau gène d'intérêt





Bilan : La sélection artificielle (empirique et programmée) exercée par l'être humain sur les plantes cultivées au cours des siècles a retenu des caractéristiques différentes de celles qui étaient favorables à leurs ancêtres sauvages, caractères qui eux résultent d'une sélection naturelle liée à leur environnement. Cette sélection s'est opérée au cours de l'établissement d'une relation mutualiste entre plantes et êtres humains. Au XXIème siècle, l'édition du génome consiste à modifier le génome d'une cellule avec une grande précision.

Il est possible d'inactiver un gène, d'introduire une mutation ciblée, de corriger une mutation particulière ou d'insérer un nouvel allèle ou un nouveau gène. Cette technique a été facilitée par la mise au point du système moléculaire CRISPR-Cas9 (« ciseaux moléculaires ») qui permet une domestication génétiquement ciblée et accélérée.

II. Les effets de la domestication

→ A) Les effets sur les plantes





Nom de l'allèle	Chromosome	Caractère d'intérêt agronomique	Espèce sauvage dont est issu l'allèle d'intérêt
Chloronerva	1	Absorption du fer	<i>Solanum pennellii</i>
mi-1	6	Résistance aux nématodes responsables de galles racinaires	<i>Solanum peruvianum</i>
tagl-1	7	Peu de caroténoïdes, fruit jaune-orange	<i>Solanum lycopersicum</i>
brix-9-2-5	9	Forte teneur en sucres, rendement amélioré	<i>Solanum pennellii</i>
rin	5	Ralentissement de la maturation du fruit	<i>Solanum cheesmanii</i>
fs5.1	8	Taille du fruit, forme allongée	<i>Solanum pimpinellifolium</i>

Temps *S. pimpinellifolium*

Variétés sauvages

Sélection empirique

S. Lycopersicum
var. *cerasiforme*

Hybridations entre variétés sauvages et cultivées

Transfert vers l'Ancien monde

Sélection programmée

S. Lycopersicum
(var. *esculentum*)

Allogame facultatif

Diversité génétique

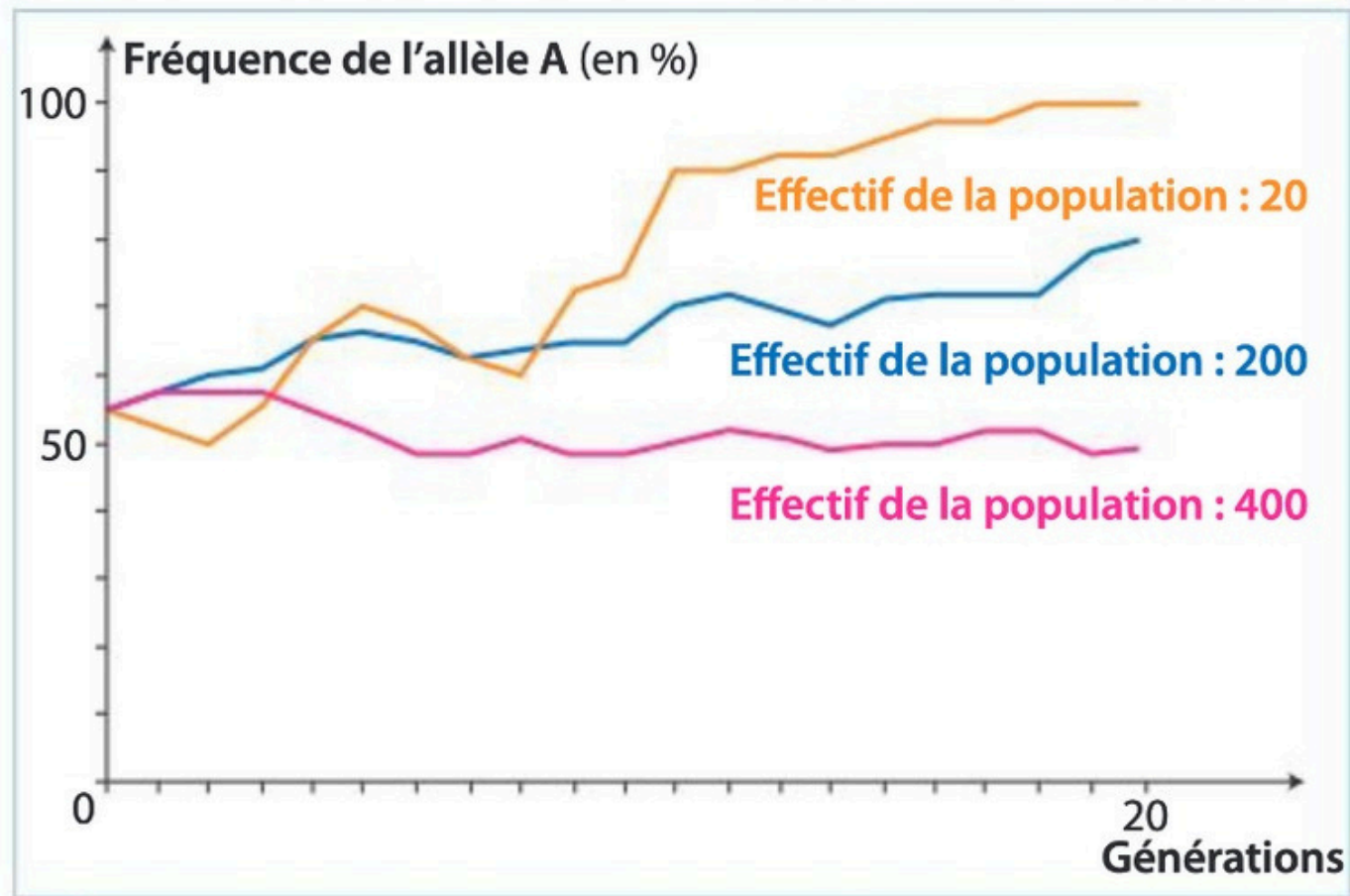
Diversité phénotypique

Autogame

La diversité phénotypique englobe la diversité morphologique (forme, couleur, taille) et la diversité moléculaire (arômes et parfums). La diversité génétique est évaluée à partir d'études comparatives des génomes des variétés sauvages et cultivées.

➔ Diversité génétique (d'autant plus importante que la flèche est large)

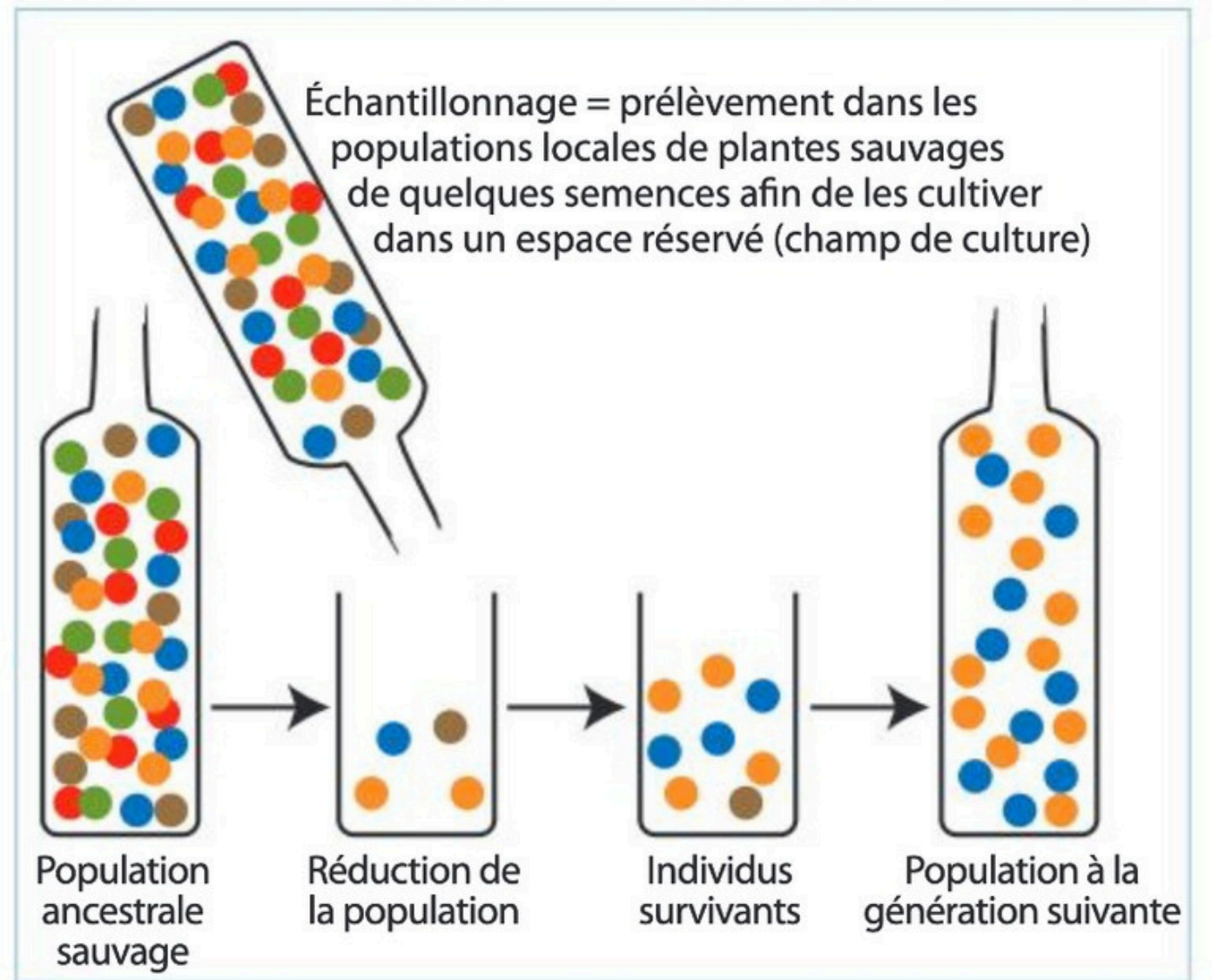
Source : Nicolas Ranc, INRAE



a Modélisation de l'évolution des fréquences alléliques pour des populations d'effectifs différents

Réglages des paramètres : Fréquence initiale allèle A : 55 % ; Courbe rose : effectif de la population : 400 ; Courbe bleue : effectif de la population : 200 ; Courbe orange : effectif de la population : 20.

Source : Capture d'écran du logiciel dérive génétique de Philippe Cosentino



b Effets d'échantillonnages successifs

Les billes de couleur représentent des individus de phénotypes (et donc de génotypes) différents.



Niveau d'impact	Effets constatés	Précisions et mécanismes
Génétique (Plantes)	Appauvrissement de la biodiversité	La sélection de caractères précis (rendement, goût) entraîne une réduction de la diversité allélique par rapport aux variétés sauvages.
	Fixation de mutations	Conservation de gènes contrôlant le "syndrome de domestication" (non-égrenage, taille des grains, synchronisation de la maturité).
Sanitaire (Plantes)	Fragilité accrue	Perte de caractères de défense naturels contre les ravageurs et maladies.
	Risque épidémique	Les monocultures génétiquement uniformes favorisent la propagation rapide des pathogènes (ex: famine irlandaise due au mildiou).
Humain (Génétique)	Croissance démographique	L'agriculture intensive et l'amélioration variétale ont permis d'éliminer de nombreuses famines, soutenant l'explosion de la population mondiale.
	Coévolution	Le régime alimentaire a exercé une pression de sélection sur l'Homme, favorisant certains gènes digestifs (ex: métabolisme des oméga 3/6 chez les végétariens).

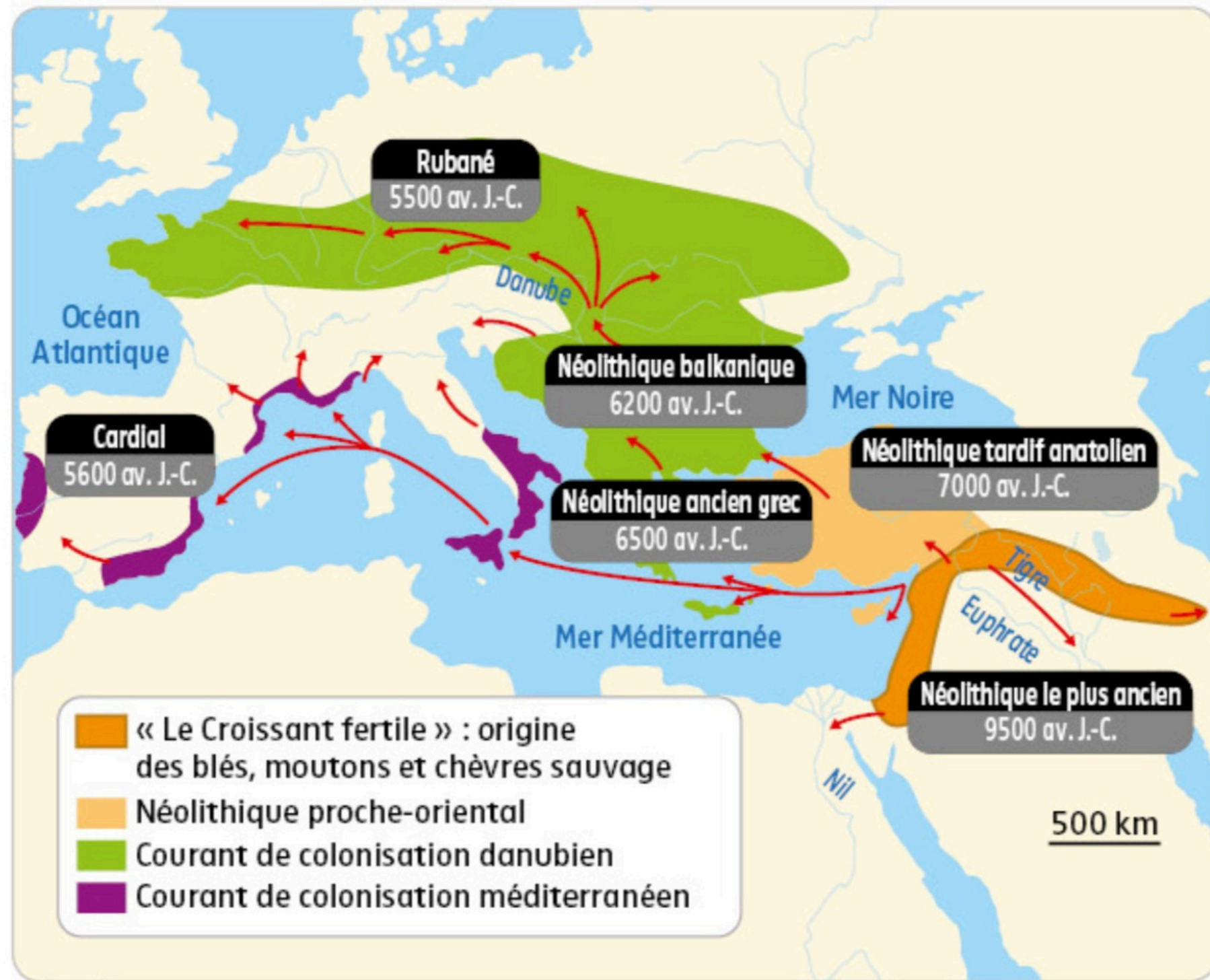
Document 3 : Tableau descriptif des différents effets de la domestication des plantes.

II. Les effets de la domestication

A) Les effets sur les plantes

→ B) Les effets sur les populations humaines





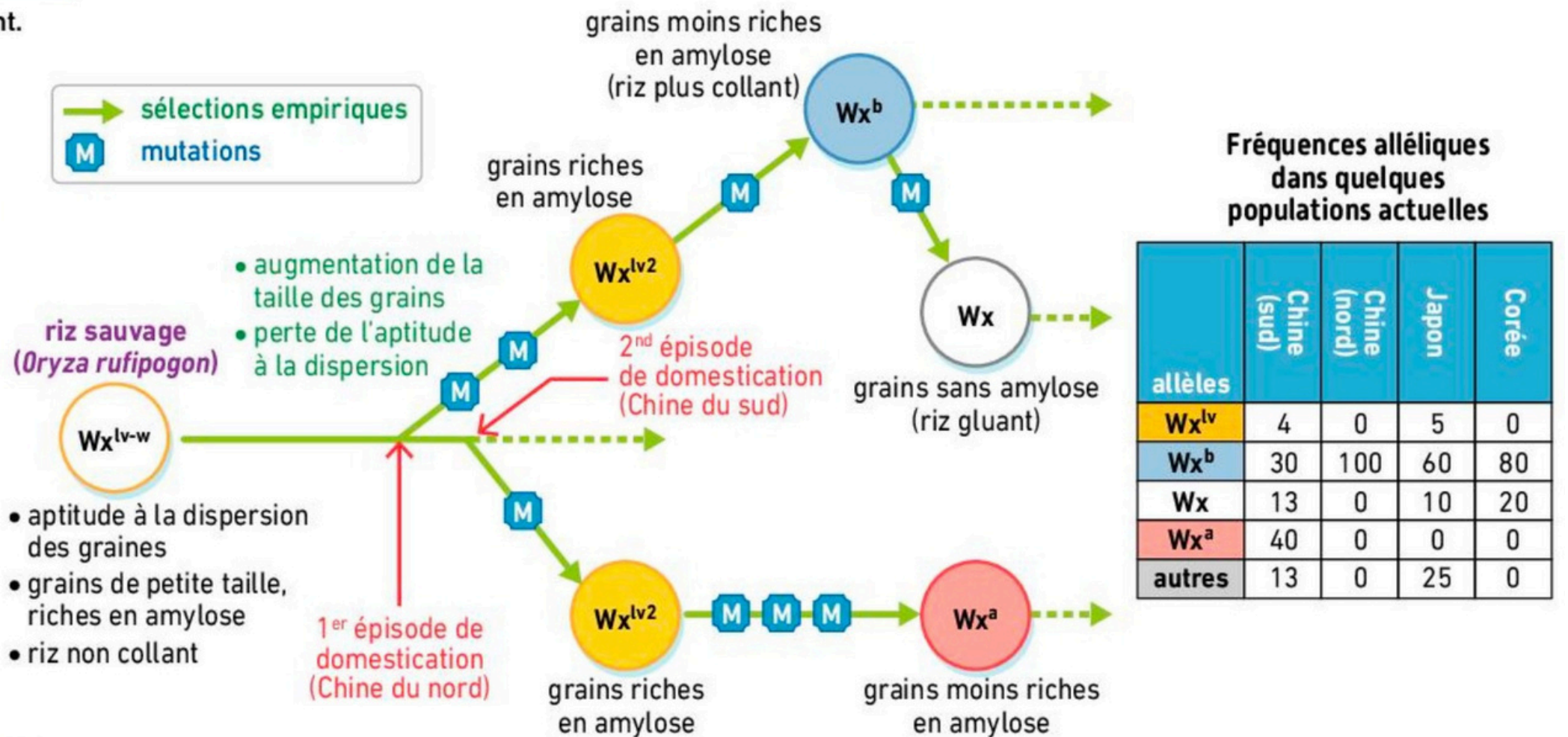
1 La diffusion de l'agriculture en Europe.



A Riz cuit gluant.



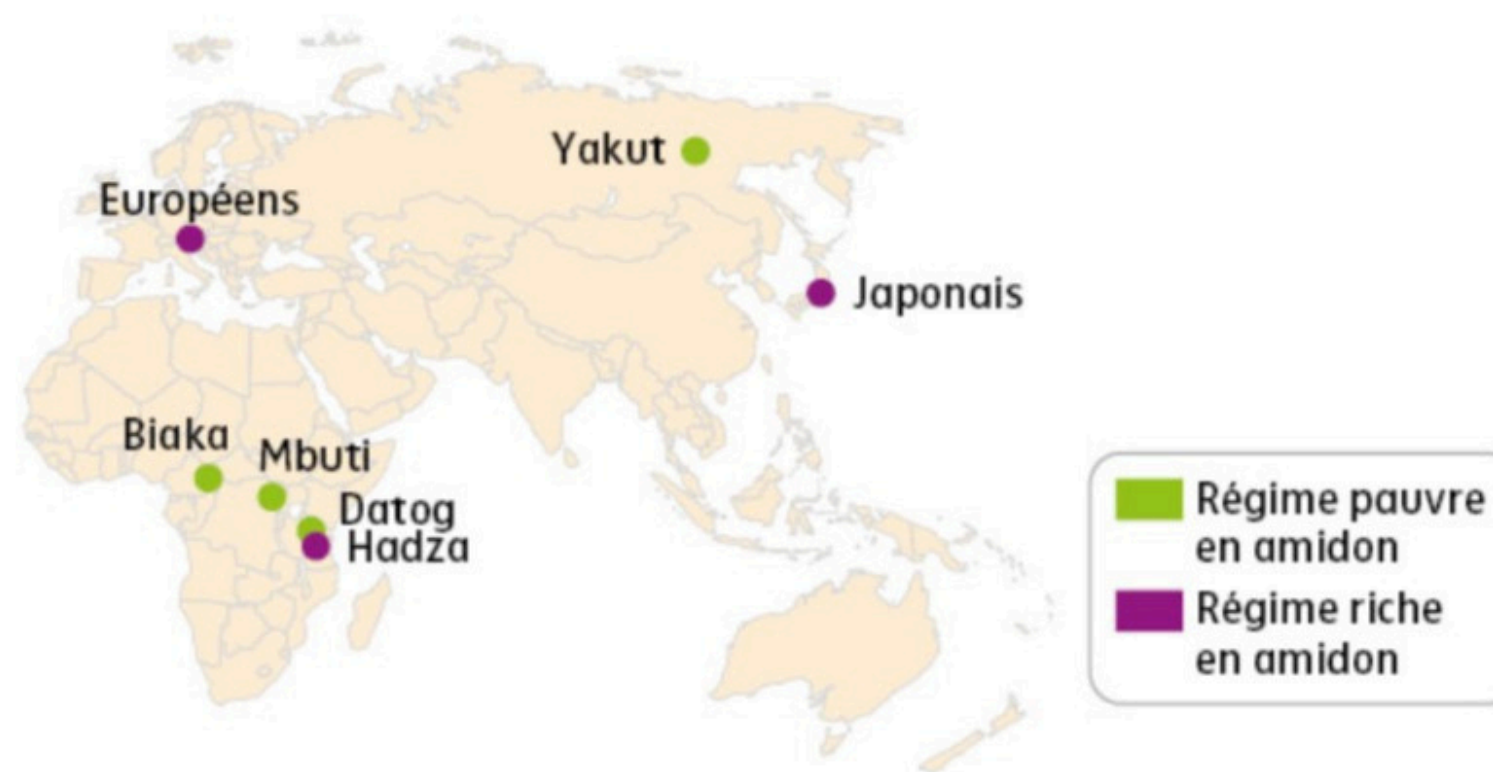
B Riz cuit non gluant.



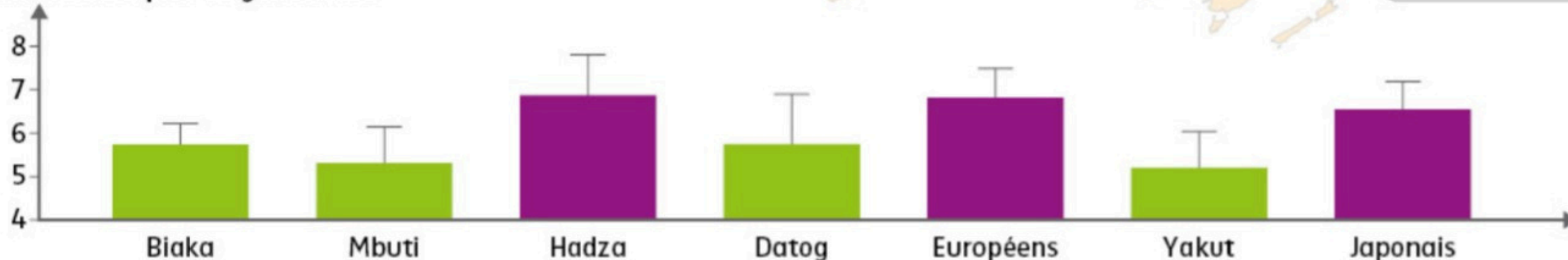
D La diversification des allèles responsables de la texture du riz lors du processus de domestication.

AMY1 est un gène codant pour une amylase salivaire. Des analyses génétiques ont montré qu'il pouvait être présent en plusieurs exemplaires (duplication) dans notre génome. Le graphique présente le nombre moyen de copies du gène *AMY1* pour quelques populations actuelles distinguées en fonction de leurs habitudes alimentaires (culture locale).

Remarque : le nombre de copies d'*AMY1* est de 2 chez le chimpanzé.



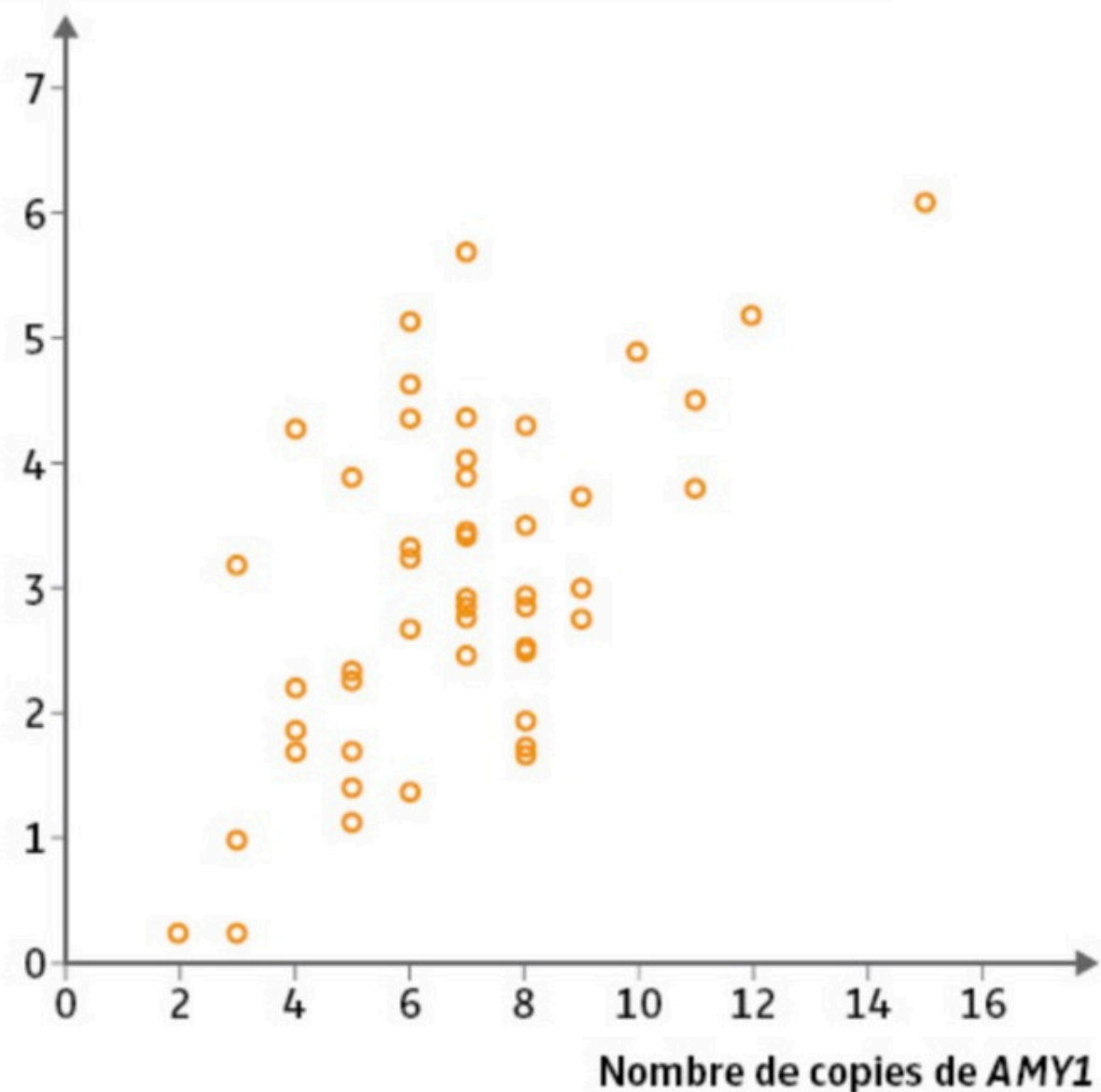
Nombre de copies du gène *AMY1*



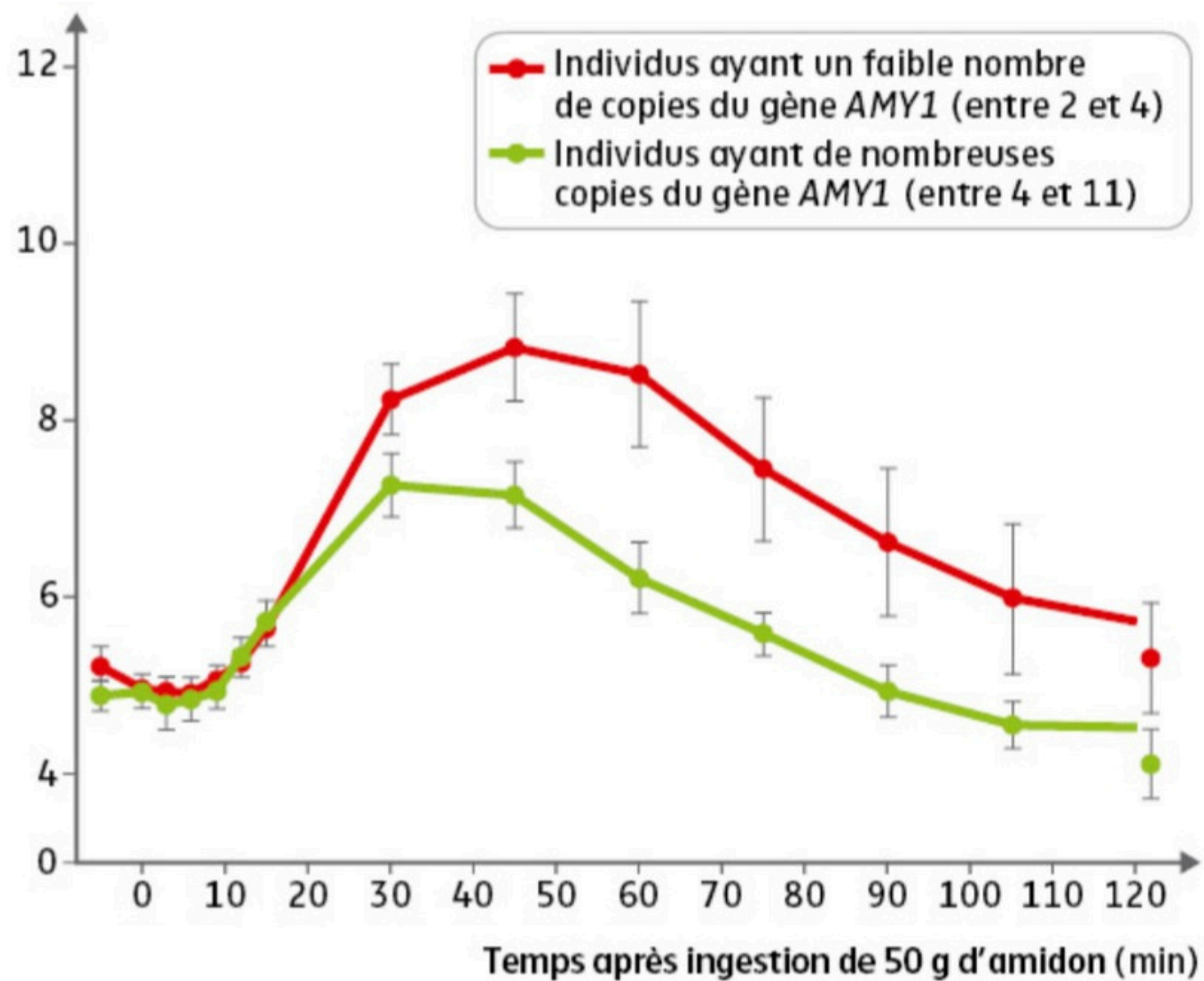
2 Distribution géographique du nombre de copies du gène *AMY1* dans le génome humain.



Production d'amylase salivaire (mg/mL de salive)



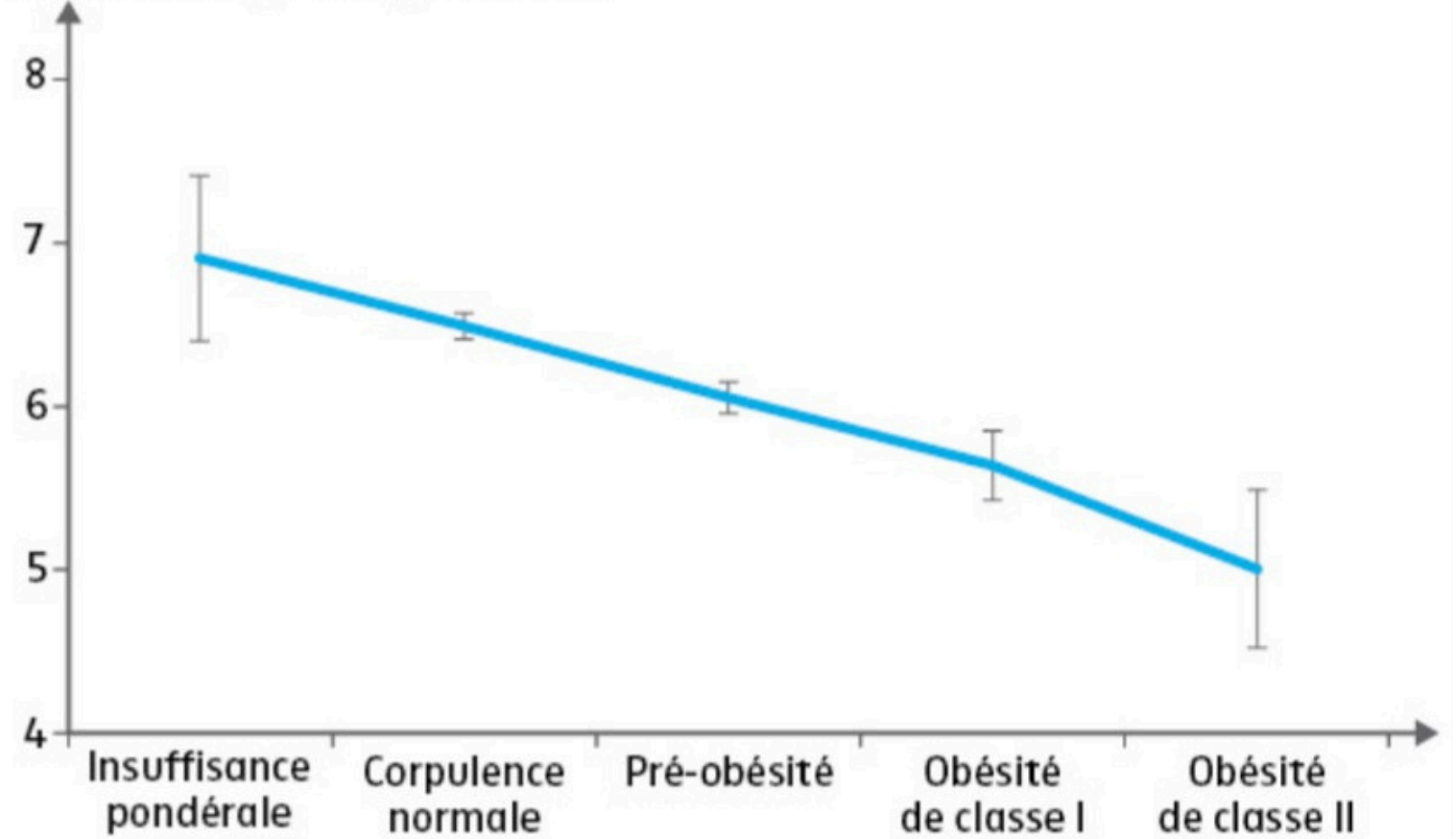
Glycémie (mmol/L)



3 Conséquences physiologiques du nombre de copies du gène AMY1.

Notre génome est porteur d'adaptations aux pressions de sélection subies par nos ancêtres. Les modifications de notre régime alimentaire accompagnant la mondialisation peuvent occasionner un décalage entre ce pour quoi nous sommes adaptés (ce qui est inscrit dans notre génome) et notre environnement actuel. Ce décalage peut être à l'origine de pathologies. Ainsi, les personnes ayant des ancêtres issus de régions où le régime alimentaire est traditionnellement pauvre en amidon sont plus sensibles à une prise de poids excessive une fois adopté un régime alimentaire riche en amidon.

Nombre de copies du gène *AMY1*



4 Estimation du nombre de copies du gène *AMY1* par catégories d'indice de masse corporelle (selon l'OMS) dans un échantillon de population.



Bilan : La domestication des plantes, menée dans différentes régions du monde, a eu des conséquences importantes dans l'histoire des populations humaines. Les plantes domestiquées et consommées ont opéré des sélections de voies métaboliques digestives chez l'homme sélectionnant ainsi certains gènes favorables à la dégradation de leurs molécules nutritives. La domestication a réciproquement agit sur l'évolution des Hommes en contribuant à la sélection de caractères génétiques humains spécifiques : c'est une coévolution.