

La domestication des plantes

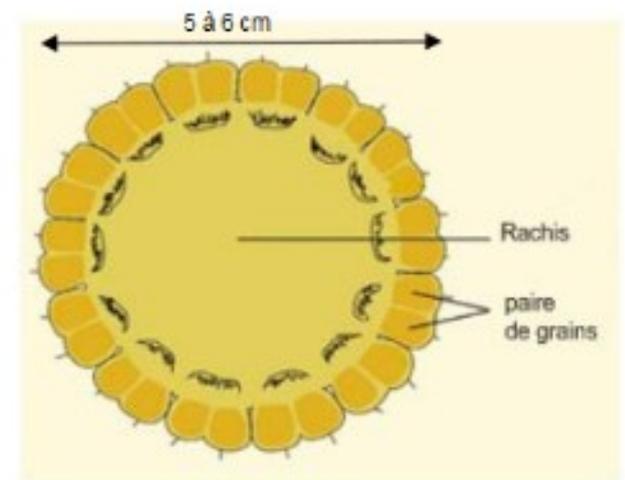
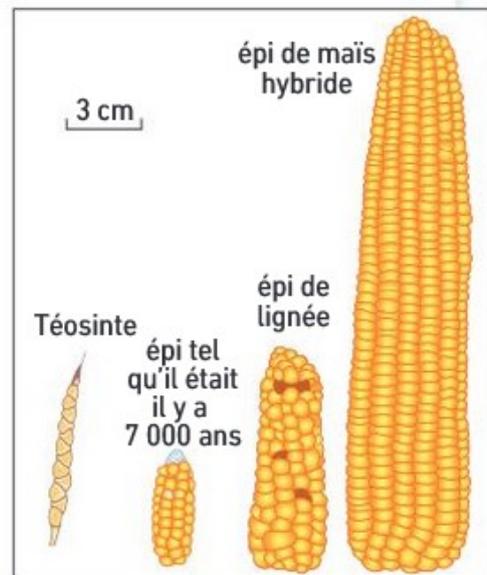
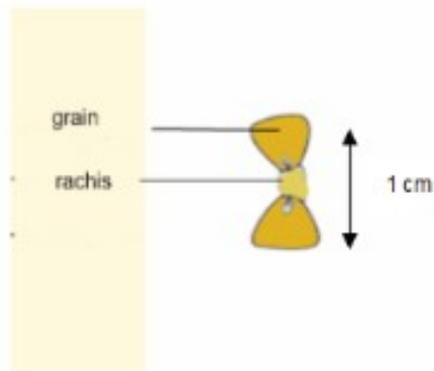
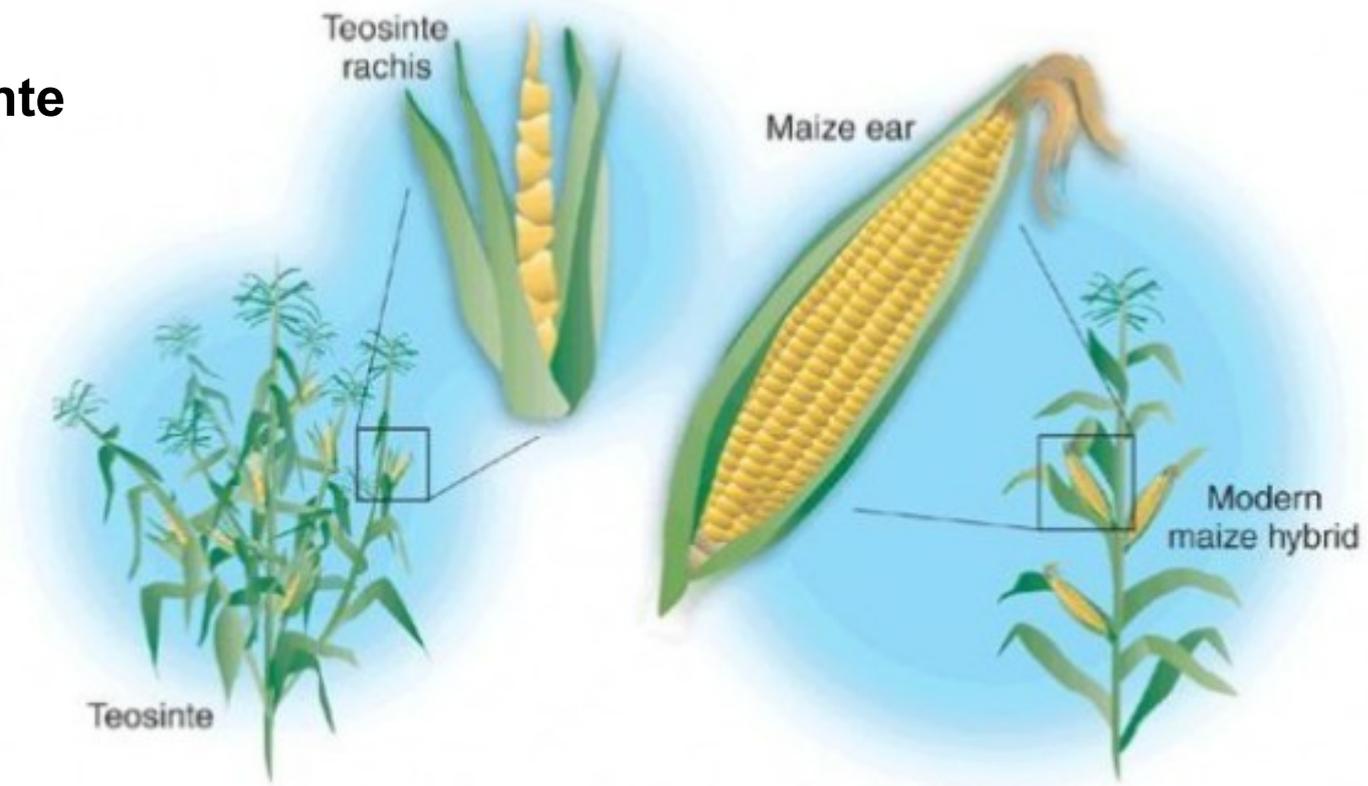
► L'apparition de l'agriculture est un événement majeur dans l'histoire de l'humanité ayant permis une augmentation considérable de la quantité d'aliments disponibles, et donc le développement des populations. La domestication des plantes a été un élément déterminant dans l'essor de l'agriculture.



Moisson du maïs dans un champ cultivé de façon conventionnelle.

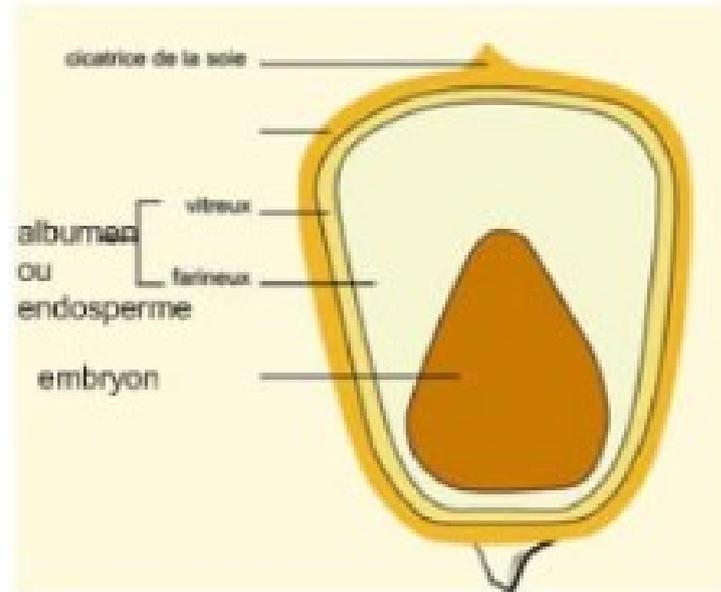
Domestication et sélection massale

Mais Vs Téosinte



C Épis à différents stades de la domestication.

Mais Vs Téosinte



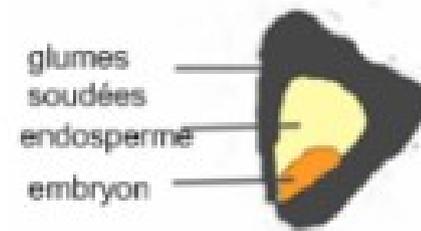
Longueur = 0.8 cm

Masse = 0.27 g

Nombre de grains par épi = 500

Réserves de l'albumen : amidon

- Glumes non soudées souples
- Grains qui ne se détachent pas du rafle naturellement



Longueur = 0.4 cm

Masse = 0.06 g

Nombre de grains par épi = 8 à 10

Réserves de l'albumen : amidon

- Glumes soudées, résistantes qui protègent le grain
- Grains qui se détachent

Éléments comparés	Plante	Épis femelles	Glumes	Grains par paire ou simple	Nombre de rangées de grains
Maïs	Une tige principale qui porte au sommet une panicule. Des ramifications latérales très courtes portant des spadices	Rachis important, qui ne se désarticule pas Grand nombre de grains (jusqu'à 500) Epi 4 fois plus long	Glumes souples qui n'entourent pas le grain	Par paire, 2 fois plus longs et 4 à 5 fois plus lourds	Plusieurs rangées autour de la rafle
Téosinte	Une tige principale portant au sommet une panicule, mais des ramifications latérales longues portant au sommet des panicules et sur des ramifications secondaires des épis femelles	Pratiquement pas de rachis, grains soudés entre eux qui se désarticulent à maturité peu de grains (8 à 10) épi : 4 fois moins long	Glumes indurées qui entourent le grain : protection	Simple	Deux rangées de grains

Tableau de comparaison entre le Maïs et la téosinte

Caractères qui facilitent la culture, la récolte et l'utilisation par l'Homme : le nombre de grains présents dans chaque épi et la grosseur de ces grains, leur richesse en amidon et leur enveloppe moins dure (plus facile à moudre)

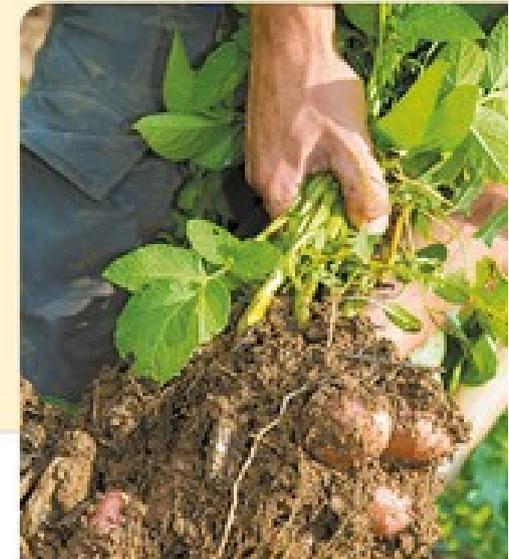
Caractères qui jouent un rôle important dans la dissémination de la plante sauvage adaptée à l'écosystème naturel et la protection de la graine : protection du grain, grains qui se désarticulent.

Pomme de terre sauvage Vs cultivée

Solanum sparsipilum est une espèce sauvage proche de *Solanum tuberosum* (la pomme de terre). Ces deux espèces contiennent des glycoalcaloïdes, substances toxiques pour les animaux. Une étude a mesuré une teneur moyenne de 96 mg/100mg de ces toxines dans des tubercules de *Solanum sparsipilum*. On observe par ailleurs une résistance de cette espèce à des insectes dits « ravageurs » comme les Doryphores.

Une teneur en glycoalcaloïdes de 20 mg/100g de tubercule est considérée comme une limite à ne pas dépasser pour les pommes de terre consommées actuellement. Les pommes de terre cultivées sont sensibles au Doryphore, l'utilisation d'insecticides permet de limiter leur impact.

4 Des productions de toxines différentes entre plantes sauvages et plantes domestiquées.



La sélection exercée par les populations humaines sur les plantes cultivées depuis environ 10 000 ans a permis leur domestication.

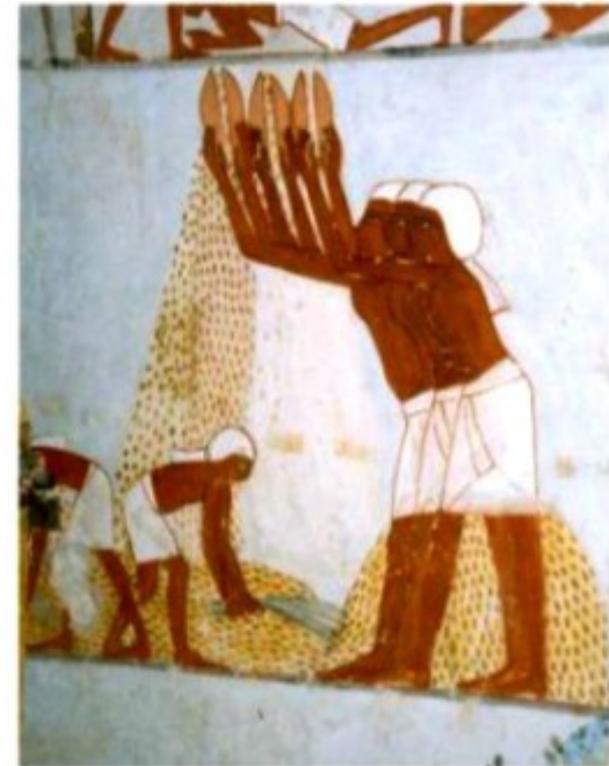
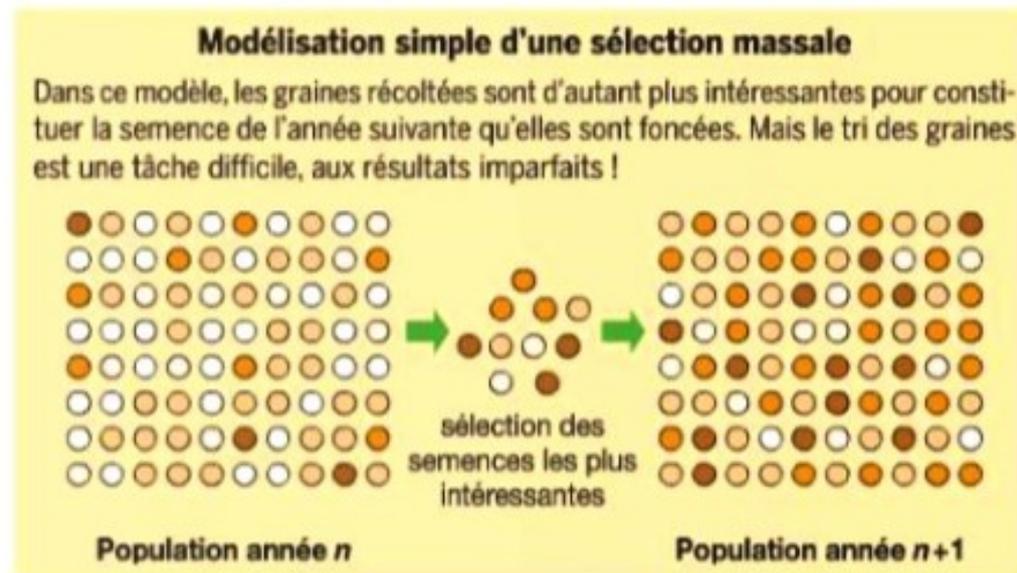
Les plantes cultivées **ont acquis** par sélection humaine des **caractères favorables à l'être humain et différents** de leurs ancêtres sauvages : taille , rendement de croissance , nombre de graines produites (ex maïs), facilitation de récolte (ex maïs), diminution de leur toxicité (exemple de la pomme de terre)...

Ces caractères sélectionnés par l'Homme constituent un **syndrome de domestication**. Ils sont **souvent défavorables à la survie et à la reproduction de la plante en milieu naturel**.

La sélection massale et les variétés paysannes

Depuis des millénaires, les plantes cultivées germent, se développent, fructifient sous l'œil attentif des agriculteurs. Ils repèrent chaque année les individus les plus résistants aux maladies, aux intempéries, ceux qui produisent les meilleurs résultats... et choisissent leurs prochaines semences parmi ces « meilleurs » individus.

Cette méthode de sélection modifie très lentement les caractéristiques génétiques de la population de départ, sans jamais l'uniformiser. Les critères de sélection pouvant varier selon les lieux et au cours du temps, elle est à l'origine de l'immense diversité des variétés dites « de pays », ou « paysannes ».

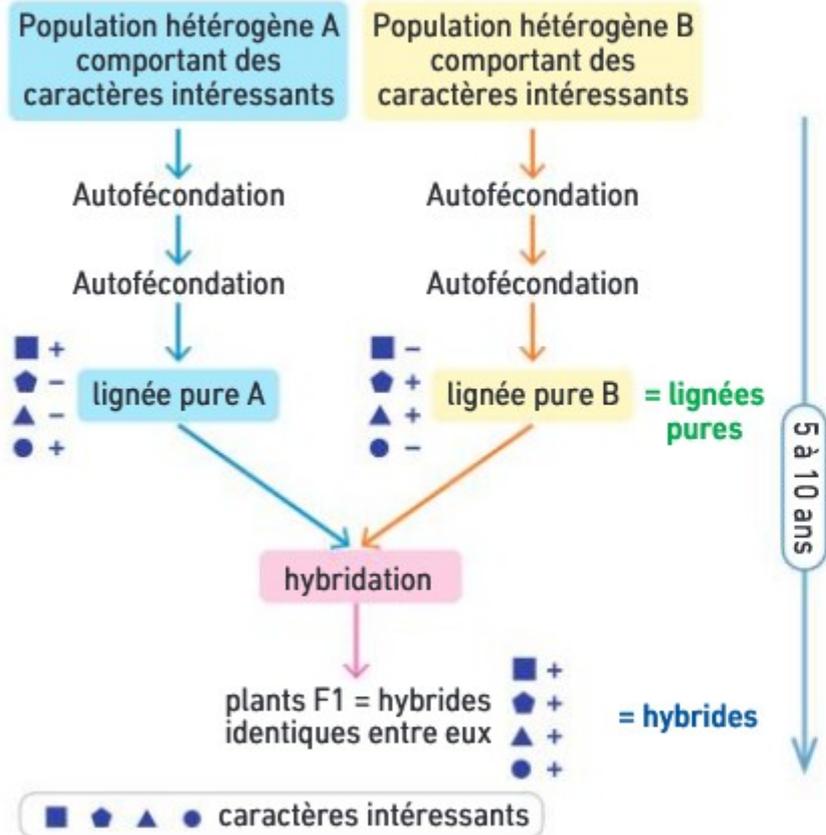


Depuis la plus haute Antiquité, les agriculteurs trient les plantes les plus performantes pour les multiplier.

Pour passer de la plante sauvage à la plante cultivée, l'Homme a pratiqué **une sélection massale** : méthode d'amélioration des plantes qui consiste à sélectionner les graines des meilleures plantes d'une population donnée pour les utiliser comme semences. **Les variétés obtenues sont qualifiées de paysannes.**

La création de nouvelles variétés par hybridation

Hybridation du maïs



B Processus de création d'une nouvelle variété hybride par un créateur de variétés.

Produire une nouvelle variété de maïs hybride est un processus long et coûteux (B). Une fois leurs qualités testées et validées, des agriculteurs sont rémunérés pour multiplier les semences hybrides. Dans les champs de maïs, des lignées pures des deux parents sont semées côte à côte : une rangée de plants dits « mâles » et une rangée de plants dit « femelles » qui porteront les semences F1. Le maïs étant une espèce dioïque*, la castration des rangées femelles est indispensable, elle se fait mécaniquement ou manuellement.



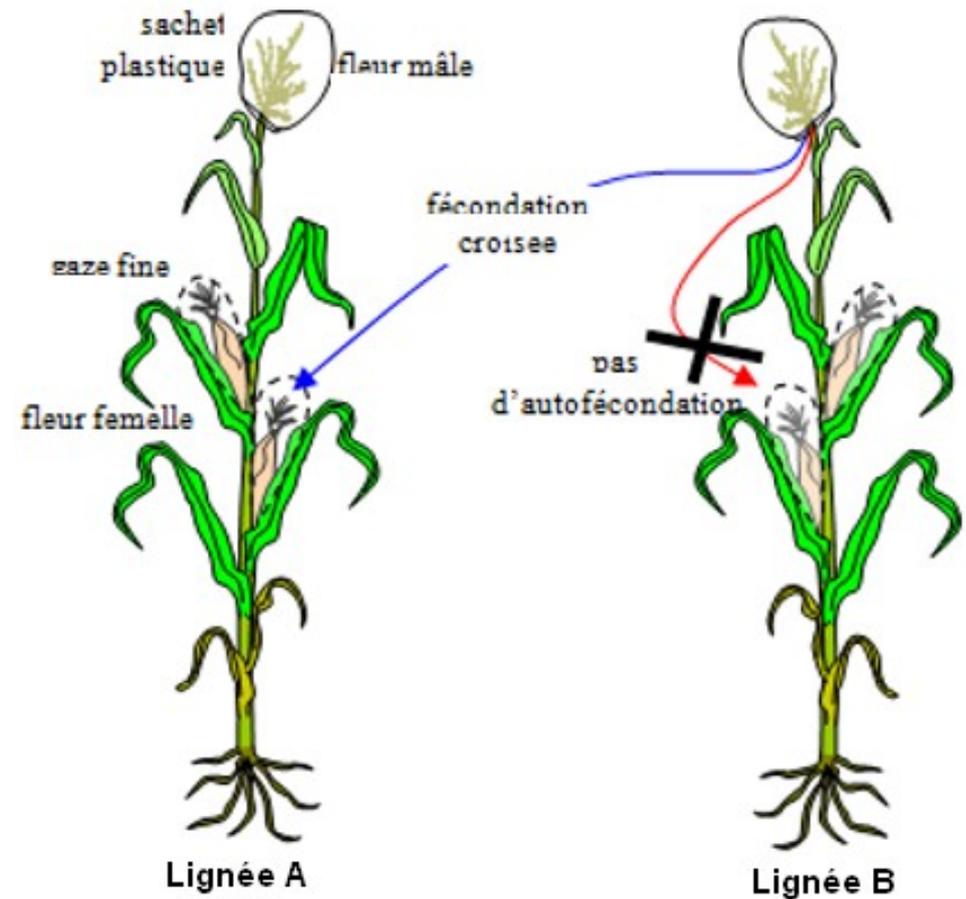
C Champ de production de semences de maïs : rang de pieds mâles (à gauche) et rangs de pieds femelles castrés (à droite).

Pour améliorer les variétés, on réalise un croisement orienté entre 2 lignées pures présentant des caractères intéressants à l'état dominant.

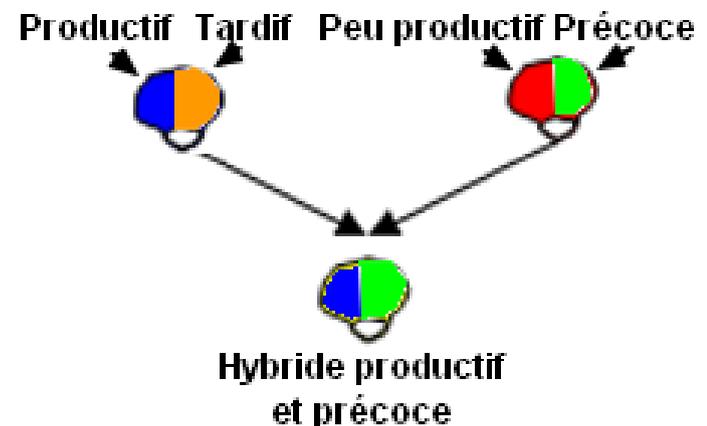
Exemple :

A : lignée productive P à maturité tardive m.

B : lignée peu productive p à maturité précoce M.

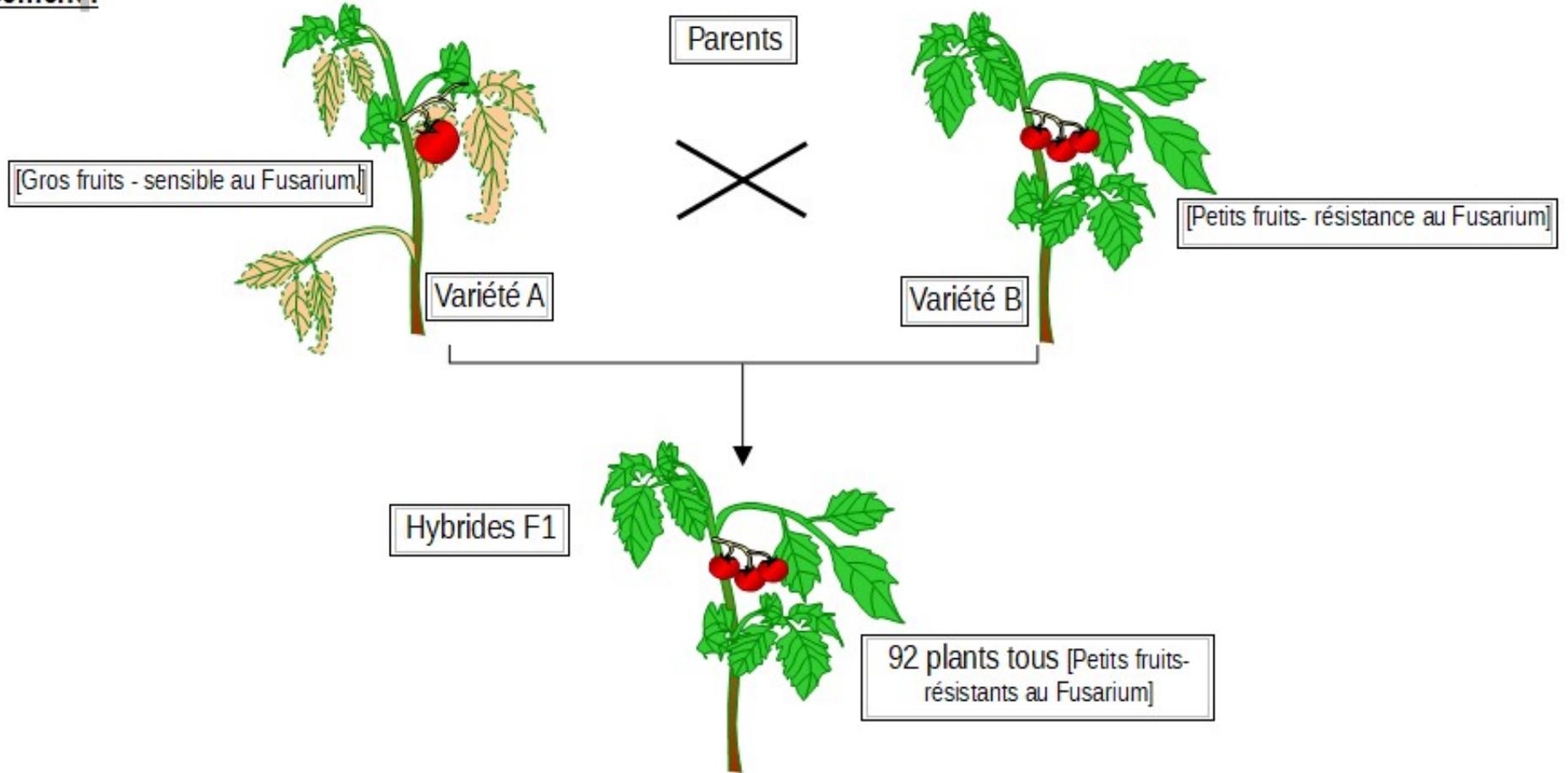


On obtient ainsi des hybrides réunissant les caractères intéressants des deux parents. On parle de **vigueur hybride** ou **effet d'hétérosis**.

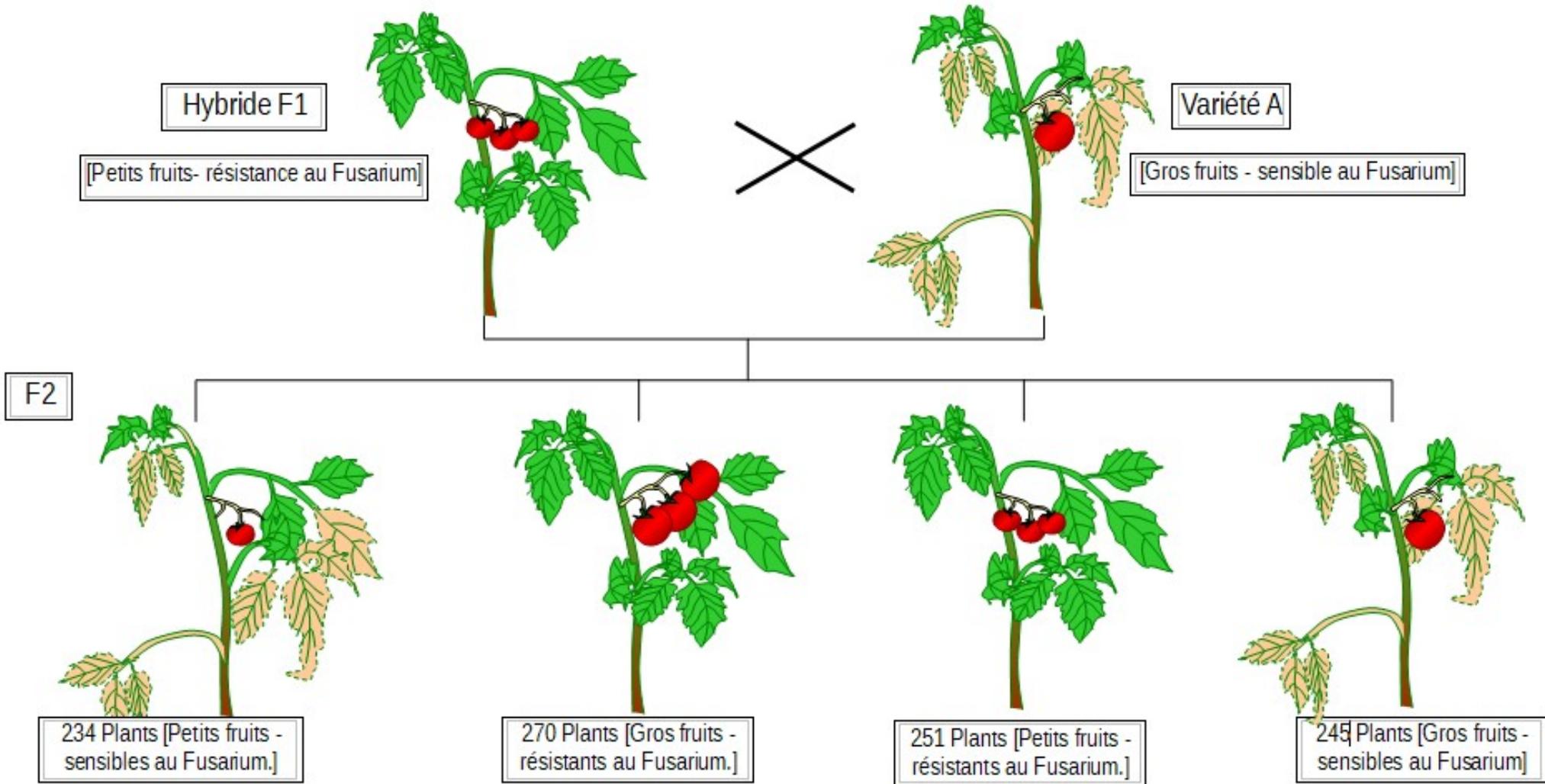


Exemple : hybridation intra-spécifique chez la tomate

1^{er} croisement:



2^e croisement :

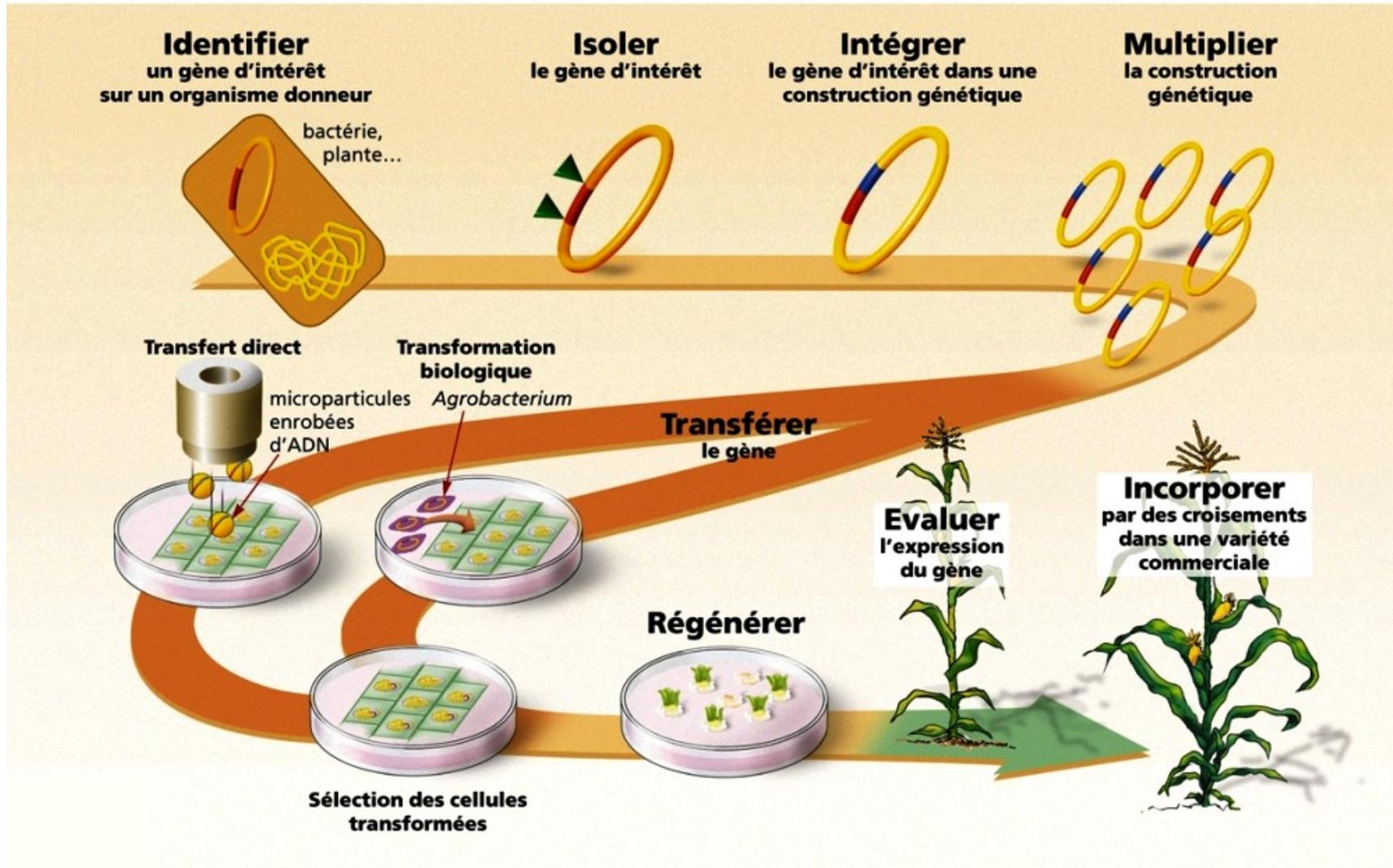


L'apport des biotechnologies

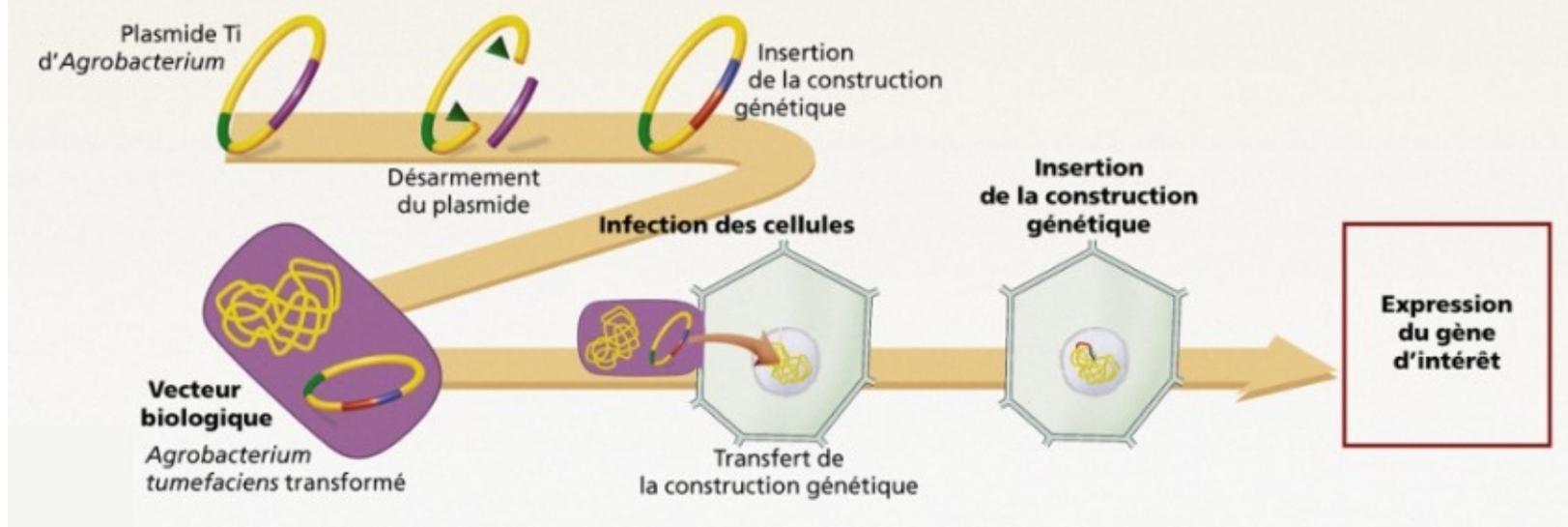
Comment obtient-on une plante transgénique ou OGM (organisme génétiquement modifié) ?



Les étapes de la transgénèse

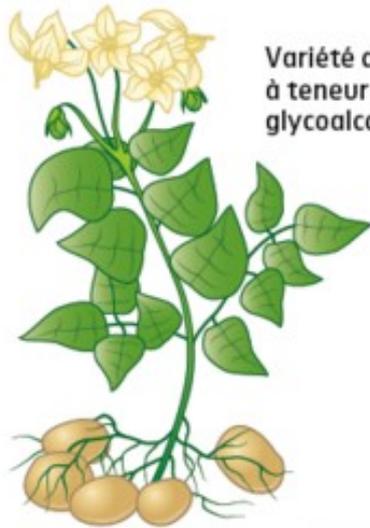


Transfert naturel de la construction génétique par *Agrobacterium tumefaciens*

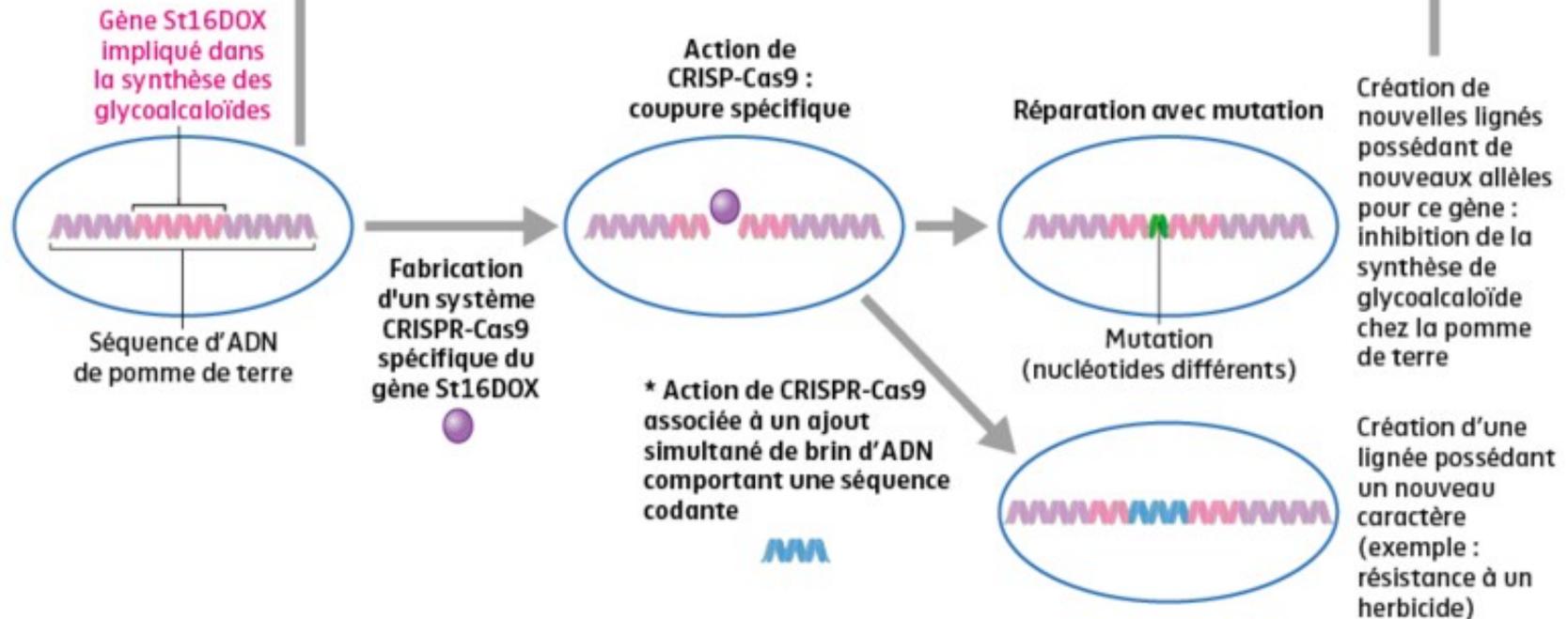
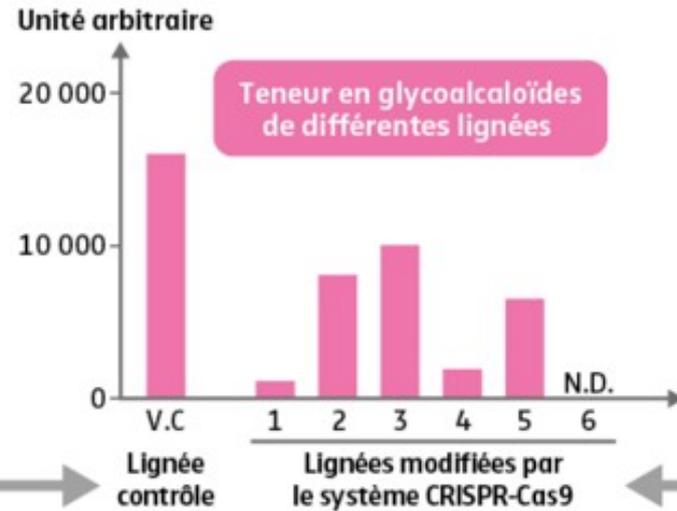


Caractère transféré (avantage)	% des OGM cultivés actuellement	Inconvénients
Résistance à un herbicide : seule la plante cultivée résiste à l'herbicide, désherbage facilité, moindre concurrence avec les mauvaises herbes.	88 % (Soja, maïs, colza)	<ul style="list-style-type: none"> – Utilisation massive d'herbicide, apparition de résistance (par sélection naturelle ou pollution génétique) – Innocuité sanitaire non démontrée
Résistance à la pyrale (insecte ravageur) : production endogène d'une toxine spécifique des lépidoptères, limite les recours aux insecticides.	12% (Maïs, coton)	<ul style="list-style-type: none"> – Innocuité sanitaire non démontrée – Risque de pollution génétique
Résistance à la sécheresse : meilleurs taux de survie en cas de sécheresse, baisse de l'irrigation.	Moins de 1%	<ul style="list-style-type: none"> – Innocuité sanitaire non démontrée – Risque de pollution génétique
Résistance à la salinité des sols : maintien de la productivité des sols subissant une augmentation de salinité.	Moins de 1%	<ul style="list-style-type: none"> – Innocuité sanitaire non démontrée – Risque de pollution génétique

L'édition génomique



Variété de pomme de terre à teneur élevée en glycoalcaloïdes



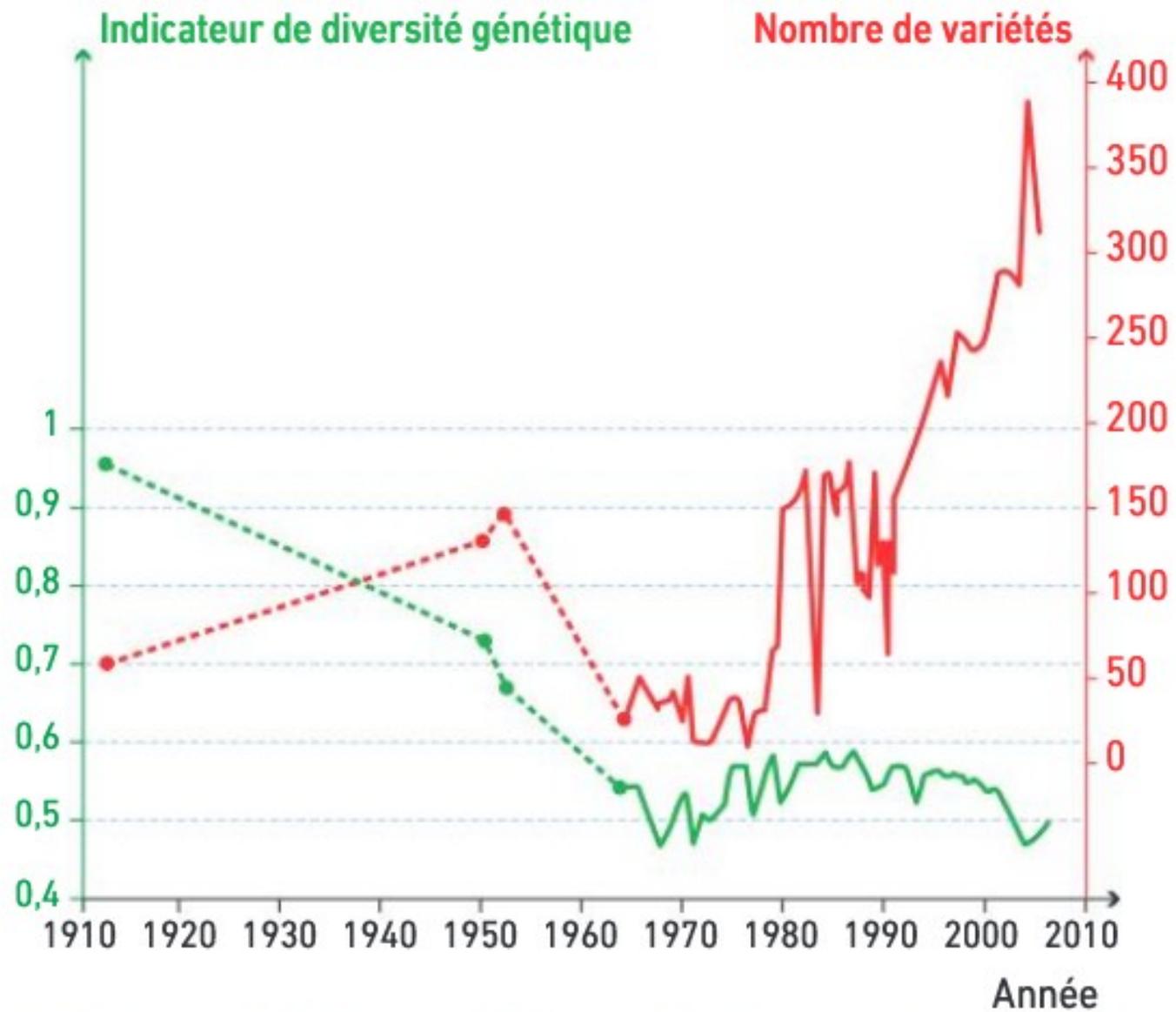
Grâce aux progrès de la **sélection artificielle** et des **biotechnologies**, les humains peuvent créer de nouvelles variétés (ex tomates)

Des techniques comme **l'hybridation**, ou encore la **transgénèse** ont permis l'introduction de nouveaux caractères et la création de nouvelles variétés.

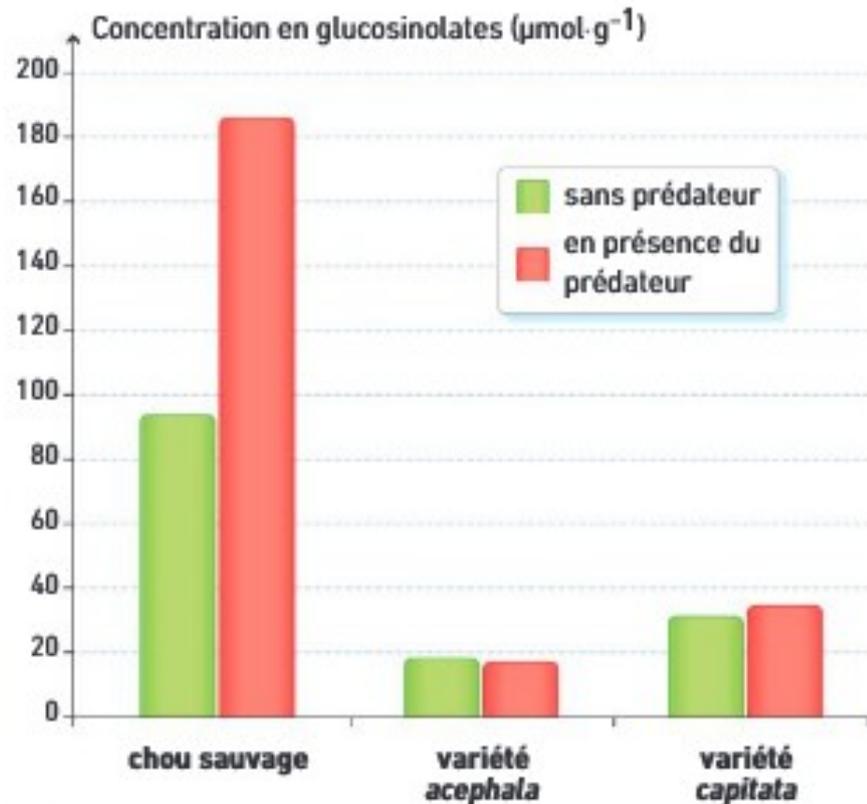
Toutes ces techniques et l'évolution des pratiques culturales ont permis **d'augmenter la production** des plantes cultivées.

Les limites de la domestication

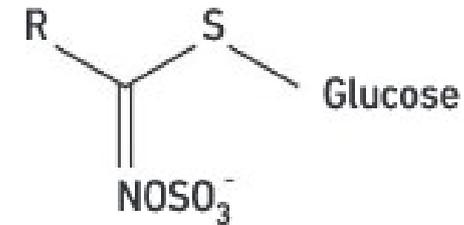
Diminution de la diversité génétique



Diminution de la résistance aux agressions du milieu



E Production de glucosinolates chez trois variétés de choux, avec ou sans prédateurs sur les plantes.



A Structure d'un glucosinolate.



Cette baisse des défenses provoque une augmentation de l'utilisation des pesticides

+ Dépendance pour la reproduction (cf Maïs)

L'étude des génomés montre un **appauvrissement global** de la **diversité allélique** lors des différents processus de sélection.

La perte de certaines caractéristiques des plantes sauvages (ex. les défenses chimiques) a favorisé le développement des **maladies infectieuses** végétales.

Les humains ont compensé par des pratiques culturales spécifiques : Pesticides, lutte biologique.

La recherche et l'exploitation des ressources génétiques permet d'envisager la **création de variétés** à plus faible impact environnemental, permettant par exemple de **limiter** l'usage d'engrais et de pesticides (ex pomme de terre/ doryphore)

Les caractères favorisés par cette domestication ont rendu les plantes domestiquées **dépendantes des humains** pour leur reproduction et leur survie (ex maïs, les grains ne se dispersent pas).

Des pratiques culturelles raisonnées

Conserver les variétés anciennes

La banque de graines de Svalbard : une arche de Noé pour les plantes

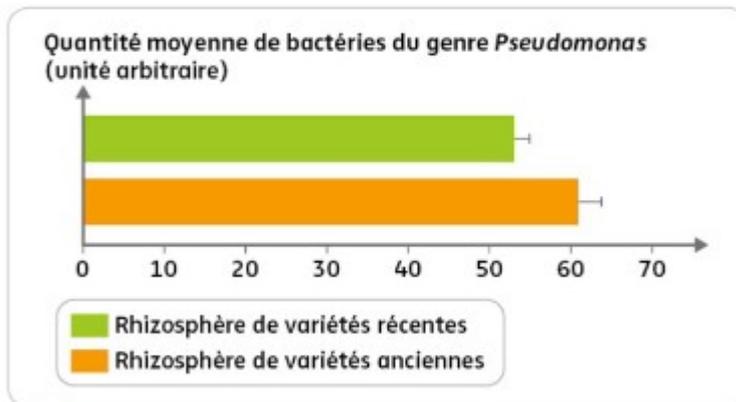
Sur une île de l'océan Arctique, un site de stockage enterré dans la glace conserve plus de 860 000 échantillons de graines. Creusé à 150 m sous terre, il assure des conditions optimales de conservation : humidité faible et - 18 °C. Il est décrit comme un coffre capable de résister à toutes sortes de catastrophes, du tremblement de terre à la hausse du niveau de la mer. Parmi les espèces stockées, les plus abondantes sont le Blé et le Riz (150 000 échantillons de chaque).



➤ Article : Une arche de Noé pour les plantes

Limiter l'utilisation d'engrais et de pesticides

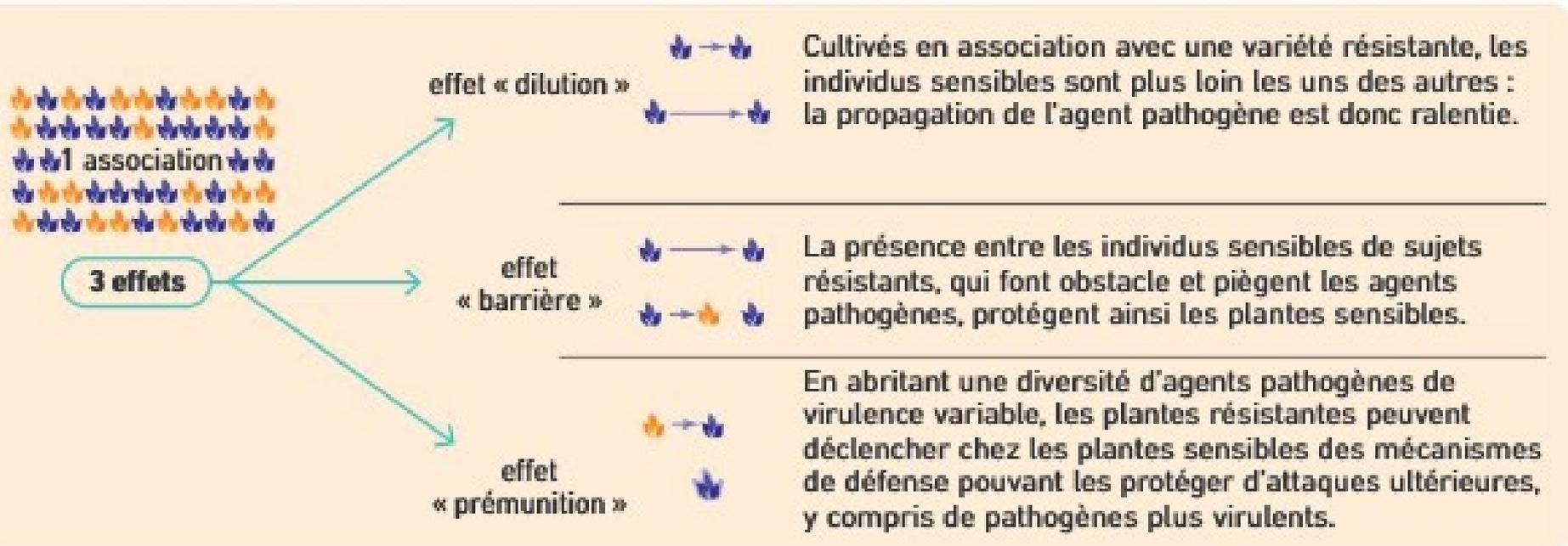
Chez le blé, une étude a comparé la quantité de bactéries du genre *Pseudomonas* au niveau de la rhizosphère chez des variétés anciennes (d'avant 1960) et récentes. Ces bactéries du sol sont reconnues être des « bios-timulants » microbiens favorables à la croissance des plantes et à leurs défenses contre des pathogènes.



- 5** Évolution de la capacité à entretenir des relations interspécifiques favorables chez le blé.
Les deux moyennes sont considérées comme différentes.



- 6** Rhizosphère de blé.



L'association de deux variétés, l'une sensible (violet), l'autre résistante (orange) permet de limiter le développement des maladies infectieuses.

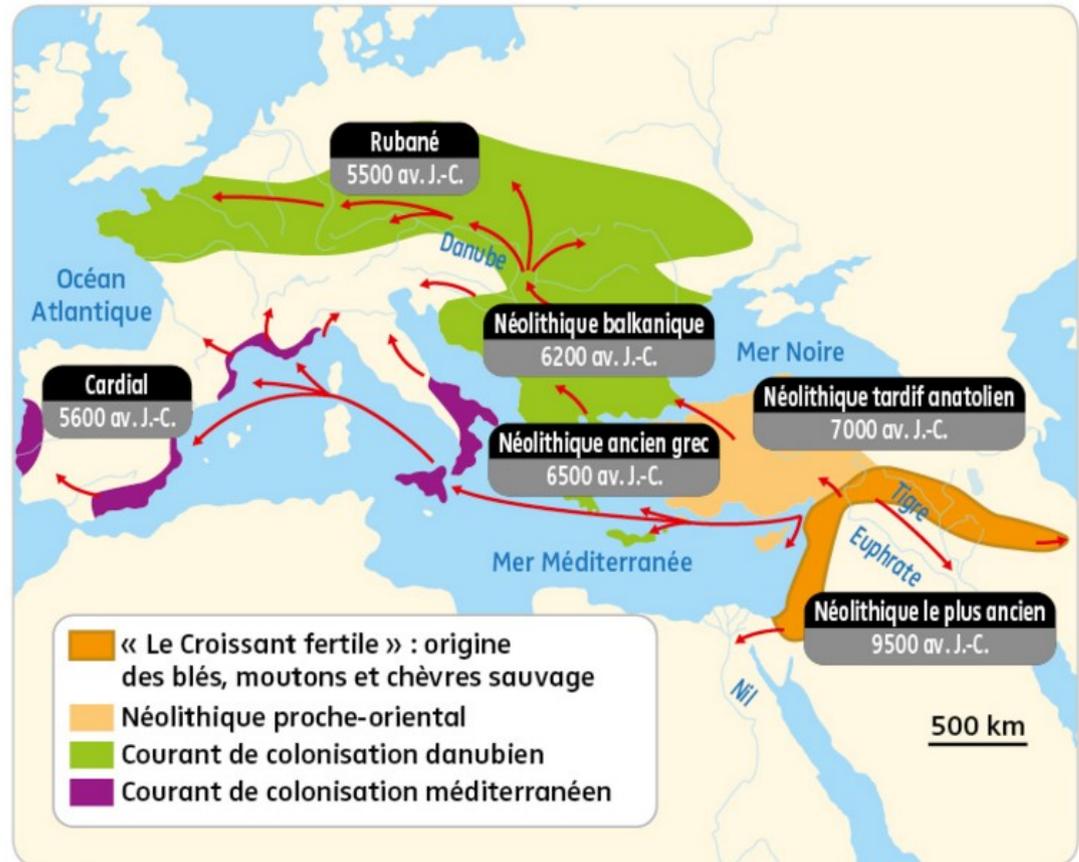
La relation plante domestiquée / Être humain

Mutualisme et coévolution

L'Homme a favorisé la colonisation de nouveaux milieux et a fait évoluer les génomes

Le développement de l'agriculture au niveau des foyers de domestication accompagne une modification des modes de vie, passant de tribus de chasseurs-cueilleurs à des communautés d'agriculteurs.

Des populations d'agriculteurs se sont déplacées et ont colonisé de nouveaux milieux, faisant suivre avec eux les semences des plantes qu'ils cultivaient. Sur leurs nouveaux milieux, les êtres humains ont déboisé et travaillé les sols pour les rendre cultivables, c'est-à-dire le plus favorable possible aux plantes cultivées.

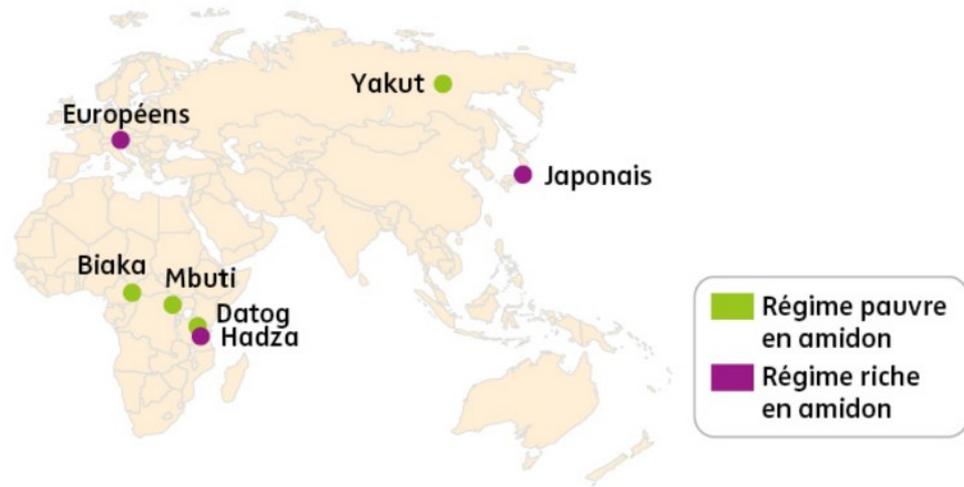


1 La diffusion de l'agriculture en Europe.

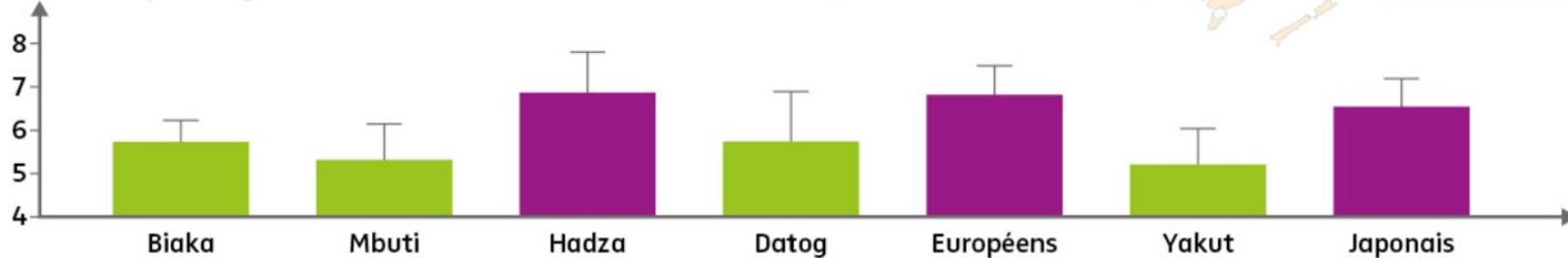
Le génome humain a évolué en fonction de l'alimentation

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

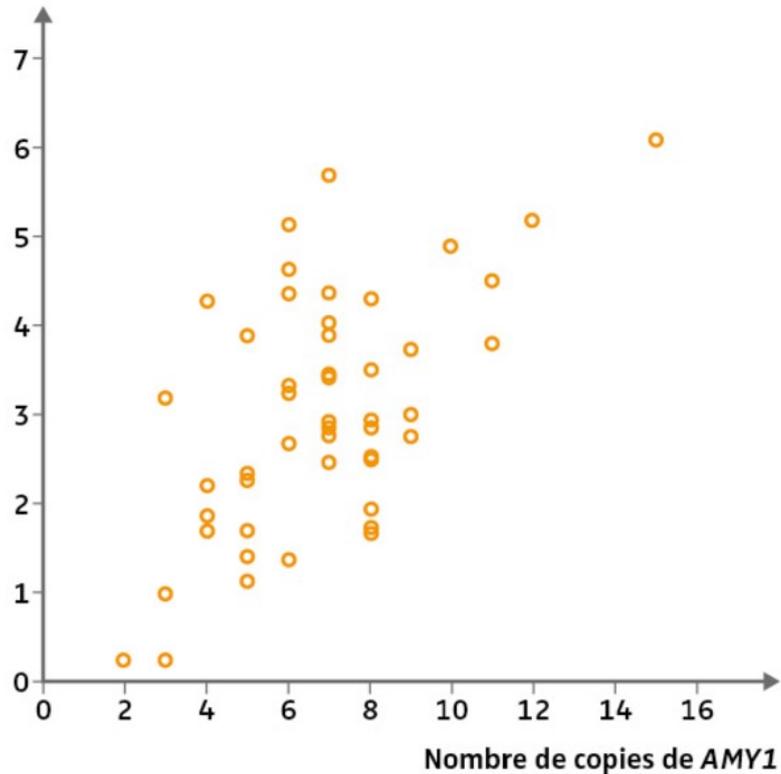


2 Distribution géographique du nombre de copies du gène AMY1 dans le génome humain.

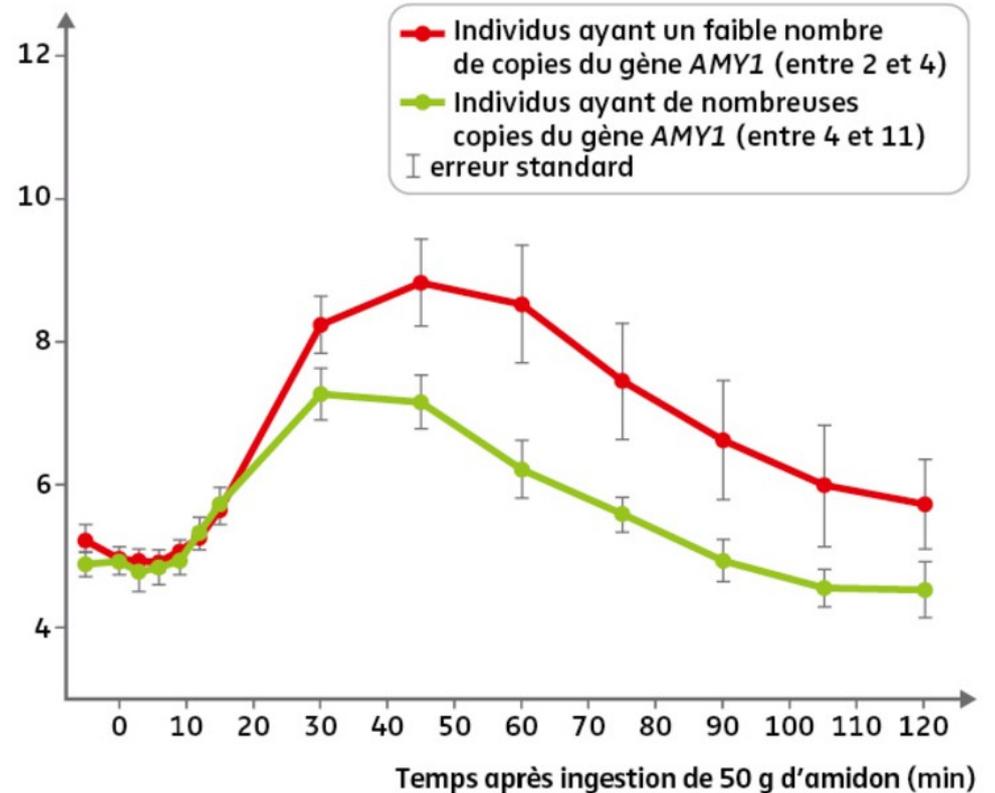


Nos habitudes alimentaires sont inscrites dans nos gènes

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



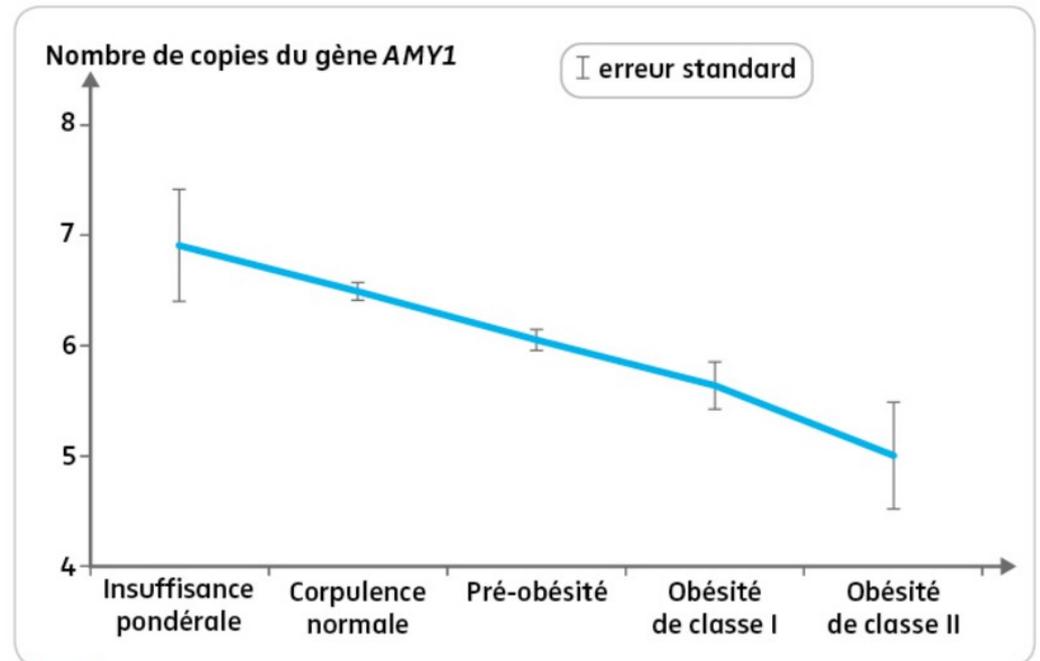
Glycémie (mmol/L)



3 Conséquences physiologiques du nombre de copies du gène AMY1.

Une évolution trop rapide de notre régime alimentaire peut être néfaste à notre santé.

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.



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

Humains et plantes domestiquées :

Ils entretiennent une relation de type **mutualiste**.

L'humanité est dépendante des cultures végétales pour son alimentation... ..et les plantes cultivées sont dépendantes des pratiques culturelles pour leur survie, leur reproduction et l'occupation de nouveaux milieux de vie (exemple : diffusion de l'agriculture en Europe).

Cette relation a entraîné une modification des caractères génétiques des plantes mais aussi des populations humaines en sélectionnant les génotypes les mieux adaptés à l'utilisation de ces plantes dans leur régime alimentaire (ex amylase).

Ce phénomène caractérise alors une **coévolution**.

Les pratiques culturelles constituent un **enjeux majeur pour nourrir l'humanité** et préserver la santé.

Pour préserver la diversité génétique, des mesures sont mises en place pour conserver les variétés anciennes (loi de 2018 autorisant les agriculteurs pratiquant l'agriculture biologique à produire et à commercialiser leurs propres semences, création d'une banque de semences).

Des pratiques culturelles raisonnées associant, par exemple, des variétés sensibles et résistantes permet de limiter le développement des maladies infectieuses.