

Chapitre A4 – La domestication des plantes

Introduction :

Après la dernière glaciation il y a 11 000 ans, les populations de chasseurs-cueilleurs ont commencé à semer des graines de plantes sauvages qu'elles consommaient et se sont sédentarisées : c'est le début de l'agriculture.

Depuis, l'Homme exploite de très nombreuses plantes, qui sont directement ou indirectement la base de l'alimentation humaine. Elles sont également utilisées comme matériau de construction, ressources médicales (menthe), industrielles (coton, lin), dans les arts (pigments) et enfin très récemment comme ressources énergétiques (ex : agroc carburants).

L'évolution des pratiques culturales a permis de diversifier et augmenter le rendement des productions végétales, répondant ainsi aux besoins croissants de la population mondiale.

L'amélioration des plantes et de leur culture constitue donc un enjeu majeur pour l'humanité.

Problématique : Comment l'être humain a-t-il pu domestiquer de nombreuses plantes et quelles sont alors les conséquences ?

I. La domestication des plantes sauvages à l'origine des plantes cultivées

La domestication est le processus qui conduit les formes sauvages sélectionnées aux premières formes cultivées ayant des caractères morphologiques, physiologiques voire comportementaux nouveaux et héréditaires afin de satisfaire tous les besoins humains. Elle correspond à l'acquisition et/ou à la perte d'un certain nombre de caractères par une espèce sauvage suite à une sélection artificielle exercée par l'Homme : *faciliter la culture et la récolte, augmenter le rendement, améliorer les qualités gustatives et nutritionnelles...*

A) Le processus de sélection à l'origine de la domestication

1) sélectionner les phénotypes les plus avantageux

L'homme a sélectionné **empiriquement** (c'est-à-dire par l'observation et l'expérience) les graines d'individus qui présentaient des caractères les plus avantageux (*taille des graines et des fruits, goût, aspect, etc.*). Cette méthode empirique consistant à sélectionner un individu aux caractéristiques intéressantes parmi une population phénotypiquement très diversifiée est nommée **sélection massale**. Elle est à l'origine des premières plantes cultivées.

La domestication est donc issue d'une sélection artificielle : les plantes dites sauvages, résultat d'une sélection naturelle, ont acquis de nouveaux caractères par mutations. Certains ont été sélectionnés et la plante sauvage est alors devenue domestiquée. Cette sélection artificielle a engendré parfois de nouvelles espèces car la plante sauvage et la plante domestiquée n'étaient plus capables de se reproduire.

Bilan :

- Avantages : peu coûteux et facile
- Inconvénients : l'amélioration des performances des végétaux est donc **lente et limitée** : les individus obtenus après sélection ne bénéficient que d'un faible gain génétique, sont hétérogènes et variables d'une génération à l'autre.

2) la sélection à l'origine de nombreuses variétés

En fonction des régions, les caractères sélectionnés sont différents et les espèces sont soumises à des conditions environnementales différentes (pression de sélection), ce qui a amené à une importante augmentation de la diversité des individus au sein d'une même espèce.

Chaque groupe sélectionné au sein d'une espèce domestiquée, se différenciant par quelques caractères, forme une **variété** (par exemple, actuellement l'espèce poire présente les variétés poire williams, poire conférence, etc...).

Cependant les nombreuses variétés issues de la sélection empirique ne présentent pas toujours les caractères les plus avantageux, même s'ils sont plus intéressants que ceux présents chez l'espèce sauvage.

D'autres méthodes vont permettre d'augmenter cette diversité des variétés afin de répondre aux besoins très disparates et toujours croissants des êtres humains.

B) Les méthodes d'amélioration des végétaux afin de produire de nouvelles variétés

1) La sélection génétique des populations par hybridation

La compréhension de la transmission des caractères héréditaires à partir de la fin du XIX^{ème} grâce à Mendel a permis d'améliorer l'efficacité de la sélection, par des **techniques de croisement entre deux variétés**.

La sélection des variétés est donc devenue **programmée**. Pour cela :

- L'homme cherche d'abord à obtenir des lignées pures ou homogènes et stables :
 - **par autofécondation** alors que naturellement chez beaucoup d'espèces, la reproduction est croisée ;
 - ce processus d'autofécondation est **répété sur la descendance** présentant les caractères recherchés ;
 - Obtention d'une **lignée pure fixée** au bout de 6 à 7 générations, tous les individus sont homozygotes ; les gamètes produits sont tous identiques.
- L'hybridation de deux lignées pures est à l'origine d'une nouvelle variété :
 - **Le croisement par reproduction sexuée ou hybridation** de deux lignées pures possédant chacune un **gène d'intérêt** (son expression produit alors un phénotype intéressant) donne une population d'**individus hybrides** dont le rendement est supérieur à celui des parents.
 - Les hybrides combinent les gènes des parents mâle et femelle. Les gènes d'intérêt présents chez chaque parent sont alors transmis. Les hybrides présentent des avantages : ils sont plus robustes et produisent davantage que les parents : c'est la **vigueur hybride** ou **effet d'hétérosis**.
 - Cette dernière est d'autant plus importante que les parents sont éloignés génétiquement.
 - Tous les hybrides de première génération (F_1) issus de ce croisement partagent les mêmes caractères : on parle d' **homogénéité de la F_1** .

Bilan :

- *Avantages : hausse significative des rendements agricoles et homogénéisation des populations variétales facilitant le travail agricole*
- *Inconvénients : processus de sélection est long (10 à 15 années), qui ne peut se faire qu'entre espèces ou variétés étroitement apparentées, nécessite de disposer de nombreuses variétés ou espèces détentrices de caractères différents et potentiellement intéressants*
Les gamètes des hybrides F_1 présentent une forte variabilité génétique (brassages) ce qui conduit à des générations F_2 au phénotype incertain, donc leur semence est généralement inutilisables : l'agriculteur doit tous les ans acheter des semences.

2) les apports des biotechnologies ou génie génétique

Actuellement, la sélection artificielle est accélérée par l'utilisation des biotechnologies. Ces technologies consistent à modifier le génotype d'un individu pour intégrer des gènes d'intérêt et enlever des gènes à l'origine de caractères peu intéressants. L'ensemble de ces techniques constitue le **génie génétique**. Il en existe une multitude. Associés à la mise au point antérieure des techniques de **culture in vitro**, les progrès de la biologie moléculaire ont permis aux scientifiques de développer des techniques basées sur la **modification directe du génome des plantes**.

a) La transgénèse

Elle consiste à introduire dans le génome d'une cellule de la plante, un (ou plusieurs) gène(s) d'intérêt, qui proviennent d'organismes différents (espèces ou êtres vivants).

Le résultat est une cellule possédant un gène supplémentaire, donc **un caractère en plus** : l'information génétique de cette cellule est alors modifiée. Les organismes issus de cette cellule sont des **OGM** (Organismes Génétiquement Modifiés). Toutefois, le taux de transfert des gènes par cette technique est généralement faible.

b) Les mutations induites

Ces mutations induites modifient l'expression d'un gène (amplifié, inhibé...) permettant la **création d'une nouvelle information** (donc élargissent la diversité génétique disponible).

- La mutagénèse aléatoire.

Il existe des agents mutagènes (UV, rayons X, radioactivité, produits chimiques) utilisés pour augmenter la fréquence des **mutations** dans les séquences de gènes. Mais ces techniques ne permettent pas une modification ciblée des génomes.

- La mutagénèse dirigée.

Depuis le XXIème siècle, les scientifiques sont capables de modifier les génomes avec précision : on parle **d'édition génomique**. Cela englobe les techniques permettant d'effectuer des modifications génétiques ciblées dans tout type de cellule grâce à des « ciseaux moléculaires ».

Depuis 2012, l'édition génomique est facilitée par la mise au point du **système moléculaire CRISPR-Cas9**. Néanmoins, même si cette technique permet de réaliser une modification ciblée des gènes d'intérêt, son taux de réussite reste encore faible.

Bilan :

- Avantages :
 - o permet de s'affranchir de la reproduction sexuée et de la barrière des espèces: insertion de gène bactérien dans cellules végétales...
 - o réduction du temps d'obtention des variétés intéressantes,
 - o contrôle plus précis du phénotype des individus: résistance de certaines plantes à des parasites, amélioration de la qualité nutritive ou de la productivité de certaines plantes sans toucher les qualités du végétal,
- Inconvénients :
 - o appauvrissement génétique global : perte de caractères ancestraux, sélection d'un petit nombre d'allèles jugés intéressants, abandon des variétés de pays
 - o variants génétiques moins résistants (ravageurs, maladies) d'autant plus sur des cultures monovariétales (donc augmentation des pesticides)
 - o éventuelle dangerosité de ces techniques : stabilité des gènes, possibilités de transferts de gènes vers espèces sauvages, impacts sur la santé (allergies)...

II- Les conséquences de la domestication des plantes

A) Les effets sur les plantes

1) **une homogénéisation génétique**

Chaque technique de domestication des végétaux présente des avantages et des inconvénients (voir I-ci-dessus). Mais globalement, le processus de domestication a eu 2 effets génétiques majeurs :

- **augmenter la diversité génétique des plantes cultivées** : en favorisant la fixation dans les populations cultivées, de mutations pour les caractères intéressants (gène contrôlant le rendement, la couleur, le goût...);
- **appauvrir la diversité allélique des plantes cultivées** : tous les individus de chaque variété de plantes cultivées présentent les mêmes allèles pour chaque gène d'intérêt (*allèle favorisant la croissance du fruit, la production de sucres, etc...*), abandon des variétés de pays (*c'est une espèce traditionnelle cultivée dont les individus sont génétiquement très diversifiées : les paysans cultivent plusieurs variétés au sein d'un même champ. Par exemple, c'était le cas du maïs*).

En modifiant les plantes par la domestication, les populations humaines ont donc **changé la biodiversité naturelle**. Mais, cette homogénéisation a eu pour conséquence une diminution de la capacité des plantes cultivées à répondre à des perturbations du milieu.

2) Le syndrome de domestication

La domestication des plantes sauvages a entraîné la sélection de nouveaux caractères présents chez les plantes domestiquées mais a aussi engendré **la disparition de certains phénotypes** des plantes sauvages, bénéfiques dans un milieu « naturel ». Ainsi, la capacité d'adaptation en milieu naturel des plantes cultivées a été réduite. L'ensemble des caractères présents chez les plantes cultivées mais absents chez les plantes sauvages constitue le **syndrome de domestication**.

Ce syndrome a pour conséquence que les espèces cultivées sont totalement dépendantes de l'Homme, en particulier pour :

- leur reproduction (*semis obligatoire car certaines espèces ont perdu la capacité à disséminer leurs graines, et/ou récolte des semences, etc.*) ;
- leur développement (*travail du sol, désherbage, fertilisation, irrigation*) ;
- leurs capacités de protection (*affaiblissement du système immunitaire des espèces cultivées*). Or, le processus de domestication a des fragilités, qui, dans le cadre de monoculture intensive, favorisent le développement de maladies infectieuses végétales et autres ravageurs. La conséquence est l'emploi de **traitements phytosanitaires** (pesticides : fongicides, insecticides...), pour conserver de hauts rendements, avec le risque de développement d'une résistance chez les pathogènes.

B) Les effets sur les populations humaines

1) Des effets sur les sociétés

- Sédentarisation des populations humaines : passage de sociétés nomades à des sociétés avec structures sociales et économiques de plus en plus complexes ;
- Diminution des famines provoquant une croissance des populations ;
- Augmentation des intrants ayant des effets sur la santé humaine ;

Actuellement, la nécessité de développer une agriculture plus respectueuse de l'environnement et de la santé humaine oriente la recherche agronomique vers :

- **la valorisation des ressources génétiques** : existant chez des variétés de pays historiques ou sauvages (si elles existent encore), pour créer de nouvelles variétés plus résistantes comme leurs ancêtres
- **la mise en point de nouvelles méthodes de culture** afin de compenser les fragilités des plantes cultivées tout en limitant le recours aux intrants chimiques : lutte biologique, culture associée, greffes, traitements autorisés en culture biologique...

2) Des conséquences sur la génétique des populations

Les espèces domestiquées possèdent des qualités nutritionnelles qui ont été favorisées par l'Homme. Leur consommation a eu à son tour des **conséquences sur les populations humaines**.

Ainsi la consommation de plantes a sélectionné les individus aptes à les digérer et en tirer les nutriments essentiels.

Les populations humaines ont adopté des régimes alimentaires diversifiés selon les régions du monde, en rapport avec les principales plantes cultivées localement. Ces régimes alimentaires ont pu **exercer des pressions de sélection sur les allèles de certains gènes** impliqués dans la digestion ou le métabolisme (les individus ayant un régime végétarien n'ont pas les mêmes enzymes que les populations consommant beaucoup de poissons).

Cette évolution de l'équipement enzymatique humain favorisée par des plantes domestiquées est un exemple de **coévolution**.

Conclusion : les enjeux de l'amélioration des plantes

Les progrès réalisés dans le domaine de la domestication des plantes (sélection variétale, hybridation, génie génétique) ne permettent toujours pas à toute la population mondiale de disposer de ressources alimentaires végétales suffisantes. De plus, ces progrès techniques suscitent de très nombreuses interrogations quant aux éventuels risques que cela génère pour les individus et pour l'environnement de la planète.