

SVT	Thème 2A – De la plante sauvage à la plante domestiquée	Term Spécialité
Cours	Chapitre 4 : La domestication des plantes	ESTHER

Introduction - Les plantes sont des ressources nécessaires à l'alimentation humaine et animale ; par ailleurs, les végétaux jouent un rôle important dans des domaines variés : énergie (bois de chauffage, biocarburant), habillement (lin, coton), construction (arbres), médecine et arts. La culture des plantes et les pratiques agricoles associées constituent donc un enjeu majeur pour les populations humaines.

Depuis les débuts de l'agriculture, les populations humaines ont modifié les végétaux par un ensemble de processus communément appelé « **domestication** ». Cette modification progressive des plantes repose sur une sélection artificielle, consistant à favoriser les caractères utiles aux humains au cours de la reproduction des plantes sauvages.

Problème : comment les pratiques agricoles ont modifié les plantes cultivées et l'espèce humaine ?

I – La sélection exercée par les populations humaines sur les espèces cultivées a permis leur domestication

Longtemps mystérieuse, l'origine géographique des plantes cultivées a pu être déduite de la recherche (botanique et géographique) de leurs plus proches parents sauvages.

Tableau présentant quelques espèces cultivées, leur région d'origine et leur période de domestication estimée

Région du monde	Exemple de plante domestiquée	Période de domestication
Asie du Sud-Ouest (Croissant Fertile)	Blé	-11 000 ans
	Olivier	-6000 ans
	Lentilles	-10 000 ans
Asie de l'Est (Chine) et du Sud (Inde)	Riz	-8000 ans
	Soja	-5000 ans
Afrique	Dattes	-5000 ans
	Sorgho	-4000 ans
Amérique du Nord	Courges	-5000 ans
	Tournesol	-5000 ans
Amérique Centrale	Mais	-10 000 ans
	Haricot commun	-4000 ans
	Avocat	-4000 ans
Amérique du Sud	Arachide	-5000 ans
	Patate douce	-4000 ans
Europe	Pomme de terre	-4000 ans
	Carotte	?
	Chou	?

En cultivant les plantes, **les humains ont sélectionné progressivement chez ces dernières les caractères qui les intéressaient** : période de fructification, taille des fruits/graines, productivité des plants, qualités nutritionnelles, goût, résistance aux ravageurs, etc.

Les plantes cultivées sont des plantes **domestiquées**, en opposition aux plantes **sauvages**.

L'ensemble des caractères spécifiques des plantes cultivées et qui sont absents chez les parents sauvages est aussi appelé **syndrome de domestication**.

Ce processus de domestication végétale, a pu être reconstitué notamment à partir de données archéologiques. La domestication repose donc sur une sélection (programmée ou non), fruit de la relation de **mutualisme** entre les humains et les plantes cultivées.

Carte – De la plante sauvage à la plante domestiquée : les principaux foyers de domestication

D'après Jared Diamond : 2002 Nature Magazine, Vol 418 ; Jared Diamond : de l'inégalité parmi les sociétés Folio essais 2000 (Guns, Germs, and Steel: The Fates of Human Societies (Norton, New York, 1997) ; <http://www.nature.com/nature/journal/v418/n6889/full/nature01019.html> ; http://archaeology.about.com/od/domestications/a/plant_domestic.htm ; http://www.verailles-grignon.inra.fr/partager_les_connaissances/ressources

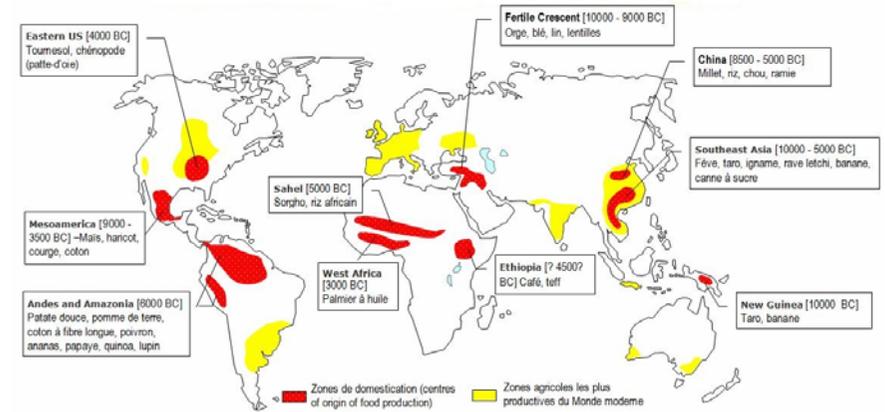


Tableau – Comparaison de quelques caractéristiques du blé sauvage et du blé domestiqué

	Blé sauvage (Engrain)	Blé domestiqué (Blé tendre)
Fragilité de l'épi	<p>Les épis se fragmentent facilement à maturité, → bonne dispersion des grains</p>	<p>Les épis ne se fragmentent pas à maturité (grains indéhiscents) → récolte plus simple</p>
Grain nus/vétus	<p>A maturité, les grains restent entourés des glumelles → protection du grain lors de sa dispersion</p>	<p>A maturité, les grains sont nus → facilite la séparation des grains des épis (battage), meilleur digestibilité</p>

Tableau – Exemples d'espèces cultivées et leurs proches parents sauvages en Europe (source : Le Défi Alimentaire, S. Rebulard)

	Sauvage	Cultivée et domestiquée
Carotte	Carotte sauvage (Daucus carota) en Île-de-France	Carotte cultivée : les racines sont hypertrophiées, riches en sucre et en β -carotène qui leur donne leur couleur orange. Le goût amer a disparu.
Chou	Chou sauvage (Brassica oleracea) sur une falaise du Cotentin	Quelques choux cultivés : chou vert, chou pointu, brocoli, chou pommé, chou-fleur et chou-rave. La sélection artificielle s'est exercée sur différents organes : feuilles, inflorescences (chou-fleur et brocoli), base de la tige (chou-rave).
Betterave	Betterave maritime (Beta vulgaris subsp. maritima) sur une plage du Finistère	Betterave rouge (gauche) : le tubercule (base de la tige + racine) coloré et riche en sucre est l'organe consommé. Betterave (droite) : les feuilles (pétiole surtout) sont les organes consommés. L'amertume constatée sur le tubercule de la plante sauvage a disparu dans les formes domestiquées.

Tableau – Exemples de syndromes de domestication (modifié depuis *Le Défi Alimentaire*, S. Rebulard)

Syndromes de domestication	Moindre survie en milieu naturel	Avantage pour les humains	Exemples
Autofécondation et multiplication végétative	Moins de brassage, moins de diversité génétique (polymorphisme) → diminution de l'adaptabilité à l'environnement	Autofécondation → ↑ taux de fécondité Multiplication végétative → facilité de clonage des plants présentant un intérêt cultural ; pas de pollinisation.	Vigne (<i>autofécondation et multiplication végétative par les humains, les vignes sauvages sont dioïques</i>) Bananier, blé, haricot
Hypertrophie des organes de réserve Augmentation de la taille et du nombre de fruits/graines	Attraction des animaux phytophages. Moins de ressources allouées à la survie.	Augmentation des rendements agricoles.	Maïs, Carotte, Tomate
Diminution de la concentration en substances toxiques et en structure de défenses	Moindre protection contre les animaux phytophages, les champignons et autres agresseurs.	Amélioration du goût, diminution de la toxicité, amélioration de la digestibilité. Récolte facilitée.	Choux (<i>moins de glucosinolates, métabolite secondaire, responsable de l'amertume</i>) Tomates (<i>moins de pilosité</i>).

Encart - L'analyse génétique du maïs sauvage (téosinte) et domestiqué

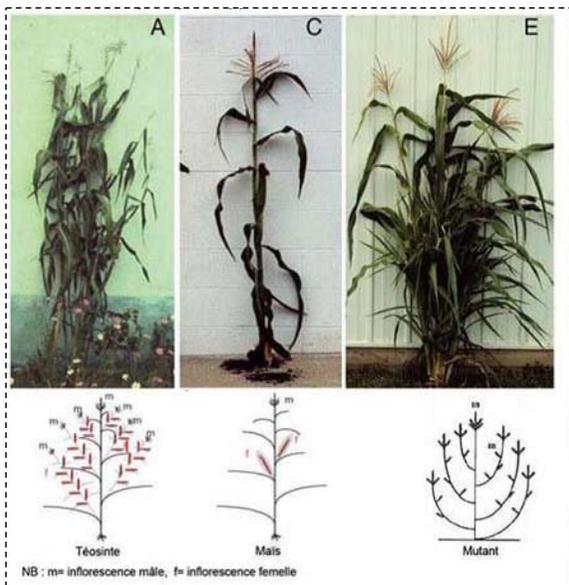
Pour le Maïs, la domestication a eu lieu en unique foyer localisé au Mexique. Pendant des centaines d'années, l'Homme a sélectionné, croisé des plantes d'abord empiriquement puis de manière dirigée et volontaire.

Les épis de maïs ont notamment été sélectionnés pour éviter la chute des grains : il est impossible au maïs de faire germer ses grains seul (syndrome de domestication). Cette perte de capacités dans l'espèce cultivée rend la plante mal adaptée à la vie sauvage et nécessite une action permanente de l'Homme pour maintenir ces espèces.

Un autre critère de sélection a été la faible ramification des plants, facilitant la plantation et la récolte.

L'analyse du maïs et de son ancêtre supposé (le téosinte) montre que les différences génétiques sont relativement restreintes. Chez le maïs, 2 gènes sont particulièrement intéressants en terme agronomique :

- Le gène TB1 (teosinte branched 1) dont l'action est de réprimer la formation des bourgeons axillaires. Les allèles de TB1 sont très semblables et la protéine produite est fonctionnelle dans les 2 cas. Néanmoins, l'expression de TB1 est très forte au niveau des méristèmes axillaires chez le maïs (très faible chez le téosinte).
- Le gène TGA1 (téosinte glume architecture1) dont l'action serait de réduire l'épaisseur de la cupule entourant le fruit. Les allèles de TB1 sont mutés : la lysine (position 6) présente dans la protéine tga1 du téosinte est remplacée par l'asparagine dans la protéine du maïs. Cette mutation changerait la fonction de la protéine.

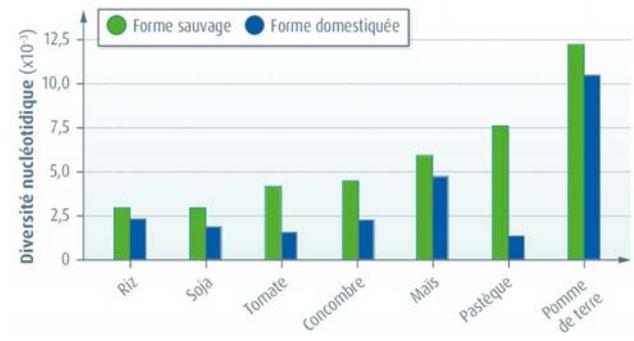


Photographie d'un plant de téosinte, de maïs et de maïs mutant pour le gène TB1

Les différences génétiques restent toutefois assez modérées chez la plupart des plantes cultivées qui sont souvent encore interfécondes avec l'ancêtre supposé. C'est notamment le cas entre le maïs et le téosinte.

II - La domestication des plantes engendre une diminution de la diversité génétique des plantes cultivées

Le processus de domestication a réduit la diversité génétique des plantes cultivées comparativement à leurs parents sauvages. On peut néanmoins utiliser les plantes sauvages comme ressource génétique pour ajouter, par croisement, des caractères d'intérêt dans les variétés cultivées.



Graphique - La diversité génétique entre les formes sauvages et cultivées de différentes plantes (Belin, p272)

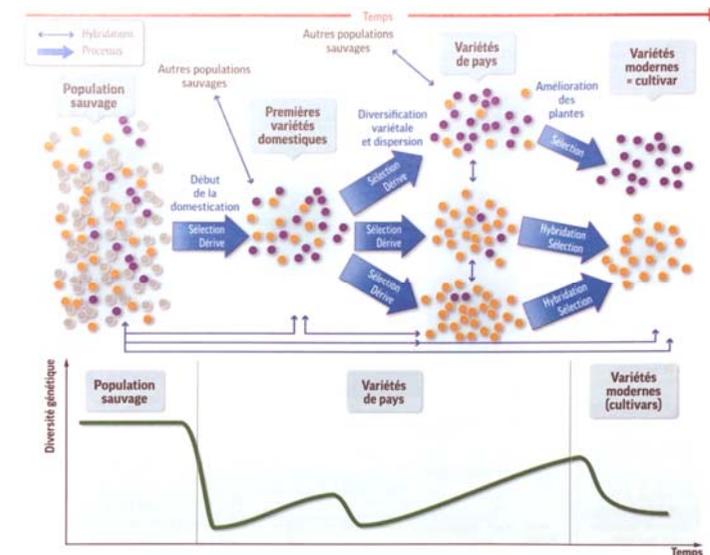


Schéma - Le processus de domestication et la sélection depuis les populations sauvages jusqu'aux variétés modernes

(source : *Le Défi Alimentaire*, S. Rebulard)

Remarque : on observe une forte dérive liée au phénomène de « goulet » d'étranglement lorsqu'une variété unique est importée puis cultivée dans une région.

La faible diversité génétique des plantes cultivées (par exemple lorsqu'une variété homogène génétiquement est cultivée de façon prédominante) est à l'origine d'un risque de voir proliférer et se propager des bioagresseurs (champignons, insectes, etc.) qui se sont adaptés.

Encart - Résistance du Bananier à Fusiparum oxysporum (champignon)

Exemple à construire à partir des documents de la page 273 du manuel BELIN

III - Les progrès des biotechnologies et de la sélection artificielle ont permis la création de nouvelles variétés

De nombreuses nouvelles variétés ont été mises au point depuis les débuts de la domestication et ce travail est toujours très actif. Il a pour objectif d'obtenir de nouveaux caractères intéressants : résistance aux maladies infectieuses végétales, amélioration de la qualité nutritionnelle ou industrielle, meilleure conservation, etc. Quelle que soit l'époque, la mise au point de nouvelles variétés repose sur :

- la prise en compte de toute la variabilité génétique et phénotypique disponible (ressources sauvages, variétés existantes, mutations spontanées, mutations induites) ;
- **la réalisation de croisements** permettant d'associer les caractères intéressants ;
- **la sélection artificielle des individus possédant les combinaisons de caractères intéressants** et qui seront les parents de nouvelles variétés.

Schéma - Croisement simple pour la sélection d'un caractère (source : Nathan)

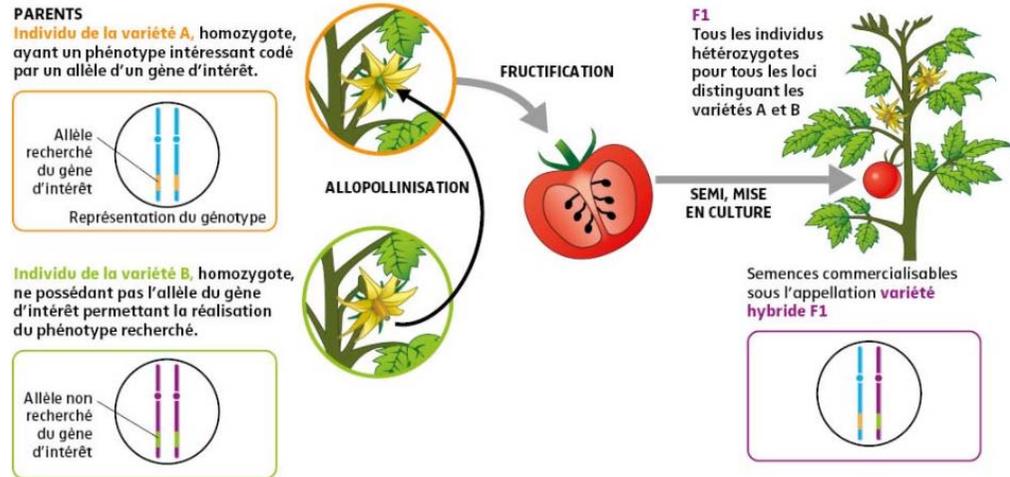


Schéma - Rétrocroisement successif et pour la sélection d'un ou plusieurs caractères (source : Nathan)

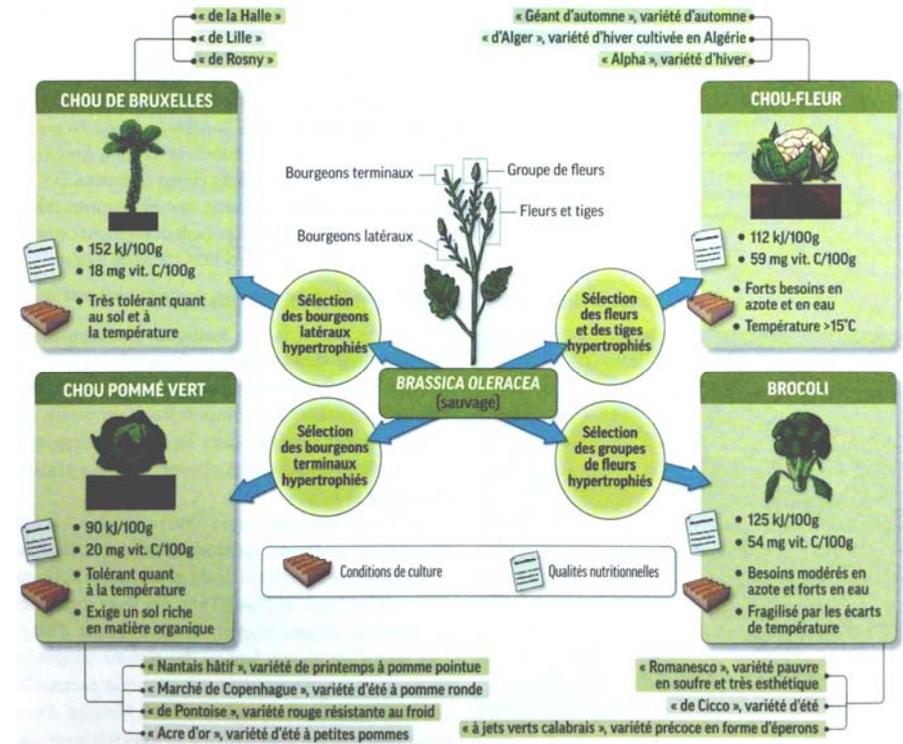
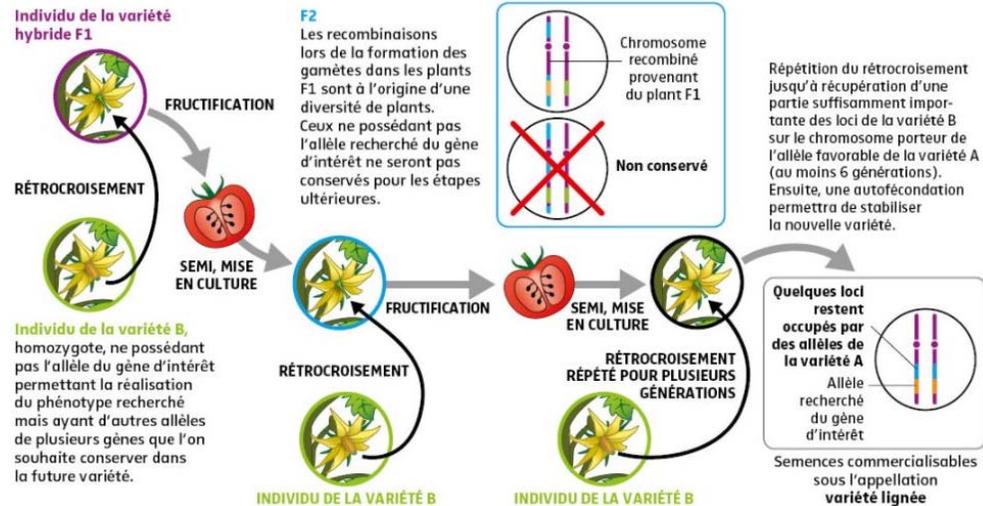


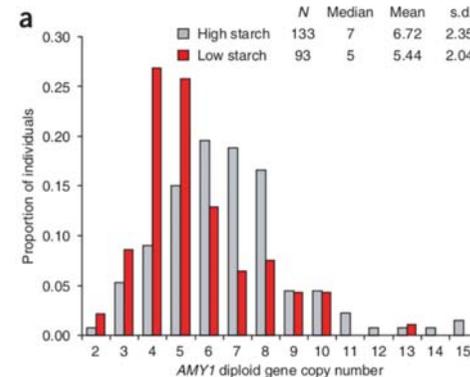
Schéma - La diversification variétale des choux à partir de l'espèce sauvage (source : Le Défi Alimentaire, S. Rebulard)

Aujourd'hui, ces étapes peuvent être accélérées par des technologies comme le phénotypage haut débit (doc1 page 274) et différentes biotechnologies :

- la sélection assistée par marqueurs (doc 4 page 275),
- l'induction de mutation par des agents mutagènes (doc 3 page 274),
- l'édition génétique à l'aide des « ciseaux moléculaires » CRISPR-Cas9 (voir encart sur le site www.svtaumicro.fr)

IV - La relation mutualiste entre les plantes domestiquées et les populations humaines a contribué à la sélection de caractères génétiques humains

L'alimentation exerce une pression de sélection contribuant à l'évolution humaine.



Ainsi, les populations ayant des régimes riches en amidon (c'est-à-dire celles qui sont alimentées par les produits de l'agriculture) possèdent plus de copies du gène de l'amylase comparativement aux populations ayant un régime alimentaire pauvre en amidon.

Graphique - Régime alimentaire et nombre de copies du gène AMY1

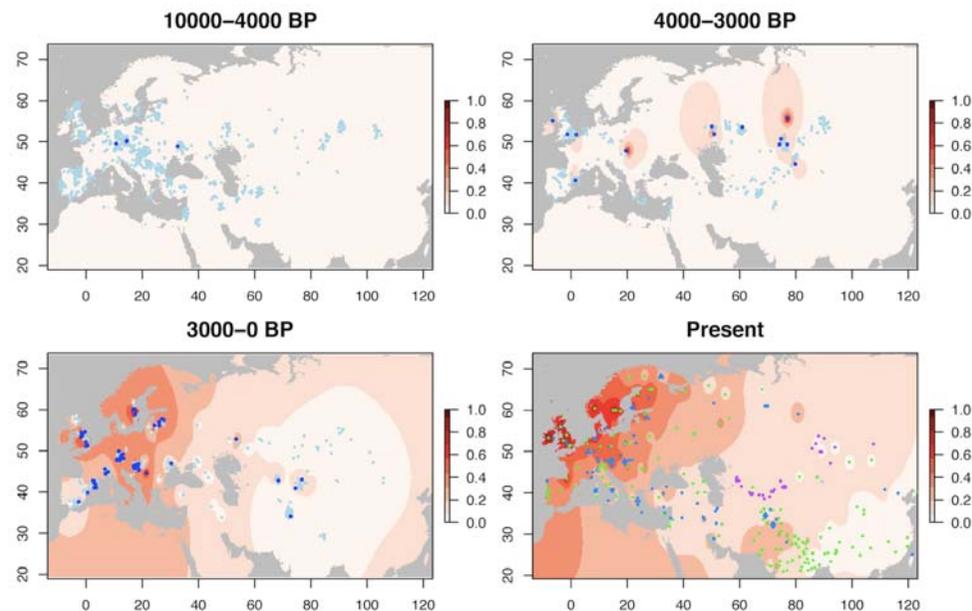
a : Comparaison du nombre de copies diploïdes du gène AMY1 chez des individus ayant un régime alimentaire traditionnellement riche en amidon (en gris) ou pauvre en amidon (en rouge).

D'autres exemples d'adaptations locales à l'alimentation existent, sans être en lien avec la transition néolithique. Par exemple, dans le cas des régimes alimentaires riches en racines et tubercules sont particulièrement pauvres en folate (vitamine B9), ce qui est le cas des populations de chasseurs cueilleurs, il a été observé une mutation du gène MTRR permettant d'économiser du folate (lors de la synthèse d'acides aminés).

Encart - La persistance de la lactase à l'âge adulte (voir TP 20)

(source : <https://svtlycee.deviennne.com/> + <https://planet-vie.ens.fr/>)

Dans la plupart des populations humaines, la **lactase** (enzyme permettant de digérer le lactose, sucre présent dans le lait) cesse d'être exprimée après le sevrage. Les adultes ne peuvent plus digérer le lactose et donc bénéficier d'un apport en glucides en buvant du lait. De plus, la présence de lactose non digéré dans l'intestin entraîne des diarrhées et des crampes abdominales, du fait entre autres de la fermentation du lactose par les bactéries intestinales. Cependant, dans les populations pastorales ou agro-pastorales buvant du lait depuis la domestication de certaines espèces au Néolithique (vache en Afrique et en Europe, dromadaire en Arabie saoudite, buffle en Inde du Nord), la fréquence de certaines mutations permettant de maintenir l'expression de la lactase à l'âge adulte (phénotype de persistance de la lactase) a augmenté du fait de la sélection naturelle (les porteurs de ces mutations ayant en moyenne plus d'enfants que les non-porteurs). De manière intrigante, les éleveurs d'Asie centrale (Kazakhs, Kirghizes, Mongols...) ne présentent pas une fréquence élevée de ces mutations. Il est possible que cela soit dû au fait que ces éleveurs boivent systématiquement le lait sous forme transformée, mais jamais sous forme de lait cru. Or, soit ces produits laitiers ne présentent plus de lactose (fromage, crème, beurre), soit celui-ci est toujours bien présent (yaourt, boisson fermentée), mais en association avec des bactéries lactiques qui réduisent les symptômes intestinaux. Ces différences de modes de consommation du lait pourraient également expliquer pourquoi le phénotype de persistance de la lactase présente une prévalence beaucoup plus importante en Europe du Nord (importante consommation de lait frais) par rapport à l'Europe du Sud (importante consommation de fromage et yaourts).



Carte - Évolution de la fréquence de l'allèle -13.910*T en Eurasie

L'allèle -13.910*T est responsable du phénotype de persistance de la lactase en Eurasie. Les points représentent des individus anciens (trois premières cartes, 1434 individus au total) et modernes (dernière carte) chez lesquels cet allèle a été étudié. Ces données ont ensuite été extrapolées pour représenter la fréquence de l'allèle -13.910*T en Eurasie sous la forme d'un dégradé de rouge. Dans d'autres régions du monde, ce sont des mutations différentes qui sont responsables du phénotype de persistance de la lactase. BP : before present.

Encart - Pour aller plus loin - D'autres exemples de lien entre évolution et alimentation : le cas du métabolisme des acides gras chez les populations du Grand Nord

Des études ont montré que les populations du Grand Nord semblent avoir bénéficié d'adaptations génétiques spécifiques permettant la vie en milieu extrême. L'une d'elles a montré que les populations du nord de la Sibérie présentent un fort signal de sélection naturelle au niveau du gène CPT1A. Ce gène est impliqué dans le métabolisme des acides gras à longue chaîne, des molécules contenues en quantité importante dans le régime alimentaire très riche en graisses animales (poissons et viandes) de ces populations. Une autre étude a montré des mutations dans des gènes codant des désaturases, ces enzymes sont rendues moins efficaces chez les Inuits ce qui a pour conséquence de réduire la concentration de lipides et de cholestérol dans le sang. Il a été montré que ces mutations ont été sélectionnées il y a environ 20 000 ans, juste après que ces populations aient colonisé ce milieu extrême. Dans les deux cas, ces mutations ont permis aux populations d'adopter un régime alimentaire très gras et riche en protéines marines sans souffrir de complications cardiovasculaires.

Tous ces cas d'adaptations à l'alimentation sont de beaux exemples d'interactions entre la biologie et la culture : des choix alimentaires culturels laissent des traces dans le patrimoine génétique des populations humaines.



Photographie - Séchoir à poisson dans un village Inuit

Conclusion - Les plantes sont des ressources nécessaires à l'alimentation humaine et animale et leur domestication au cours des 20 000 ans passés a eu de nombreuses conséquences sur les plantes elles-mêmes (modification de la diversité génétique, pression de sélection), sur les écosystèmes, sur les sociétés humaines et même sur l'évolution de l'espèce humaine.

Pour poursuivre sur ce sujet passionnant, on peut même s'intéresser au rôle de la domestication des plantes et des animaux au cours de l'Histoire : on peut pour cela regarder la vidéo de Léo Grasset de Dirtybiology « La pire erreur de l'Humanité » ou mieux, lire le livre de Jared Diamond « De l'inégalité parmi les sociétés ».

Les points clés du chapitre à maîtriser



- Recenser, extraire et exploiter des informations concernant des **mécanismes protecteurs** chez une plante sauvage (production de cuticules, de toxines, d'épines...) et les comparer à ceux d'une plante cultivée.
- Recenser, extraire et organiser des informations sur des exemples d'**utilisation de biotechnologies** pour créer de nouvelles variétés : transgénèse, édition génomique...
- Recenser, extraire et exploiter des informations relatives aux risques induits par l'**homogénéisation génétique des populations végétales** (sensibilité aux maladies : crise de la pomme de terre en Irlande, conséquence d'une infection virale chez la banane...).
- Identifier la **diversité biologique** de certaines plantes cultivées (tomate, chou, pomme de terre par exemple).
- Comprendre les **enjeux de société** relatifs à la **production des semences**.

Compétences travaillées lors des TP

- Réaliser des **expérimentations assistées par ordinateur** (ExAO) : réaction enzymatique
- Réaliser des **tests de mise en évidence** de molécules (ex : lugol avec mise en évidence de l'amidon)
- Réaliser des **comparaisons de séquences génétiques** avec Geniegen 2.