

Partie 1 : La vie fixée et la domestication des plantes.

Thème 1-A-5 Les relations entre organisation et mode de vie, résultat de l'évolution : l'exemple de la vie fixée chez les plantes L'organisation fonctionnelle des plantes (angiospermes) est mise en relation avec les exigences d'une vie fixée en relation avec deux milieux, l'air et le sol. Au cours de l'évolution, des processus trophiques, des systèmes de protection et de communication, ainsi que des modalités particulières de reproduction se sont mis en place. L'objectif de ce thème est, sans rentrer dans le détail des mécanismes, de comprendre les particularités d'organisation fonctionnelle de la plante et de les mettre en relation avec le mode de vie fixé. **Bilans : schéma général de la plante, organisation et fonction de la fleur.**

Connaissances	Capacités
Les caractéristiques de la plante sont en rapport avec la vie fixée à l'interface sol/air dans un milieu variable au cours du temps. Elle développe des surfaces d'échanges de grande dimension avec l'atmosphère (échanges de gaz, capture de la lumière) et avec le sol (échange d'eau et d'ions). Des systèmes conducteurs permettent les circulations de matières dans la plante, notamment entre systèmes aérien et souterrain. Elle possède des structures et des mécanismes de défense (contre les agressions du milieu, les prédateurs, les variations saisonnières). <i>Objectif et mots-clés. Il s'agit d'aboutir à une vue globale de la plante, de ses différents organes et de leurs fonctions. Un schéma fonctionnel synthétique permet de présenter les notions à retenir. L'étude d'une coupe anatomique permet de repérer les deux grands types de tissus conducteurs. (Collège. Première approche de l'organisation végétale.) [Limites. Le raisonnement s'appuie uniquement sur l'observation d'une plante en tant qu'organisme. L'anatomie végétale n'est pas un objectif de formation : on se limite au repérage du phloème et du xylème et à l'indication de leurs rôles - sans mécanisme - dans la conduction des sèves. Les mécanismes immunitaires des végétaux ne sont pas au programme.] Pistes. Modélisation fractale de l'augmentation de surface du système foliaire ou racinaire. Étude d'hormones végétales et de leurs actions sur la croissance, le passage de la mauvaise saison.</i>	Conduire une étude morphologique simple d'une plante commune. Réaliser et observer une coupe anatomique dans une tige ou une racine. Effectuer une estimation (ordre de grandeur) des surfaces d'échanges d'une plante par rapport à sa masse ou son volume. Comparer avec un mammifère par exemple. Représenter schématiquement l'organisation d'une plante-type et savoir en décrire un exemple. Recenser, extraire et exploiter des informations concernant des mécanismes protecteurs chez une plante (production de cuticules, de toxines, d'épines, etc.). Analyser les modalités de résistance d'une plante aux variations saisonnières.
L'organisation florale, contrôlée par des gènes de développement, et le fonctionnement de la fleur permettent le rapprochement des gamètes entre plantes fixées. La pollinisation de nombreuses plantes repose sur une collaboration animal pollinisateur/plante produit d'une <u>coévolution</u>. À l'issue de la fécondation, la fleur se transforme en fruits contenant des graines. La dispersion des graines est nécessaire à la survie et à la dispersion de la descendance. Elle repose souvent sur une collaboration animal disséminateur/plante produit d'une coévolution. <i>Objectif et mots-clés. Fleur, pistil (ovaire, ovule), étamine, pollen. Fruit, graine. Pollinisation par le vent et les animaux. [Limites. Seule une vision élémentaire de la reproduction sexuée est ici attendue. Sont explicitement hors programme : la structure du grain de pollen, sa formation, les mécanismes de la double fécondation, les mécanismes de formation de la graine ou du fruit. La coévolution est constatée comme un résultat, mais ses mécanismes ne sont pas demandés. La connaissance exhaustive des gènes du développement floral.] Pistes. Études de coévolution. Étude des mécanismes de transformation de la fleur en fruit.</i>	Réaliser la dissection d'une fleur simple et traduire les observations sous une forme schématique simple (diagramme floral). Mettre en évidence les relations entre une plante et un animal pollinisateur. Mettre en évidence les relations entre une plante et un animal assurant sa dissémination.

Chapitre 01. Les relations entre organisation fonctionnelle et mode de vie fixée chez les Angiospermes

Au cours de l'évolution, des processus trophiques, des systèmes de protection et de communication, ainsi que des modalités particulières de reproduction se sont mis en place chez les Angiospermes.

Quelles sont les particularités d'organisation fonctionnelle des Angiospermes en rapport avec le mode de vie fixé ?

Attention !!! On ne cherche pas à « expliquer », mais « à relier » quelques particularités d'organisation des plantes à fleurs (Angiospermes) avec leur mode de vie fixé. De même dans ce chapitre, de nombreuses particularités des Angiospermes ne seront pas envisagées, car non liées à la vie fixée.

I Les particularités d'organisation fonctionnelle liées à la nutrition

[TP. 01] Objectifs :

- mise en évidence de la surface d'échange importante pour s'approvisionner en matière et énergie(eau et minéraux racine/ lumière feuilles). Autonomie
- localisation des circuits d'ascension de la sève brute. Présentation globale avec témoin sans colorant !

TP1a → A. Identification des contraintes liée à la nutrition en rapport avec la vie fixée

Les Angiospermes sont fixées au sol par leur racine. Le milieu dans lequel elles sont fixées est variable au cours du temps (luminosité, disponibilité en matières minérales, ect...).

La synthèse de la matière organique chez les végétaux est réalisée par les **cellules chlorophylliennes**, majoritairement située dans les feuilles, grâce à la **photosynthèse**.

La photosynthèse nécessite :

- eau H₂O
- Dioxyde de carbone CO₂
- énergie lumineuse(longueurs d'ondes dans rouge et bleu. → **trois paramètres essentiels pour produire de la matière organique CHO.**
- sels minéraux azotés, phosphatés, soufrés → **pour produire, après la photosynthèse, le reste des molécules orga nécessaires.(et encore, des composés comprenant P ou N ou S sont essentiels à la photosynthèse de base!!!)**

L'exportation de cette matière organique permet au reste de la plante non photosynthétique de se développer. En contrepartie, les tissus photosynthétiques nécessitent pour fonctionner, en plus du CO₂ atmosphérique, un approvisionnement en eau et ions minéraux en provenance du sol.

☞ **Nécessité d'échange plante/air, plante/sol et plante/plante**

B. L'organisation générale de la plante à fleur.

La croissance des organes s'effectue de façon orientée en fonction des conditions du milieu : elle se réalise en fonction de la gravité.

Les **racines** grandissent selon un **gravitropisme positif**, les **tiges** selon un **gravitropisme négatif**(vers le haut).

Ces croissances orientées permettent aux plantes de **plus facilement trouver de l'eau**(qui a tendance à s'écouler dans le sol vers le bas...) **et plus de lumière** dans le cas d'une vie conjointe avec des végétaux ou autres éléments(roches) qui feraient ombrage....

C. L'organisation des systèmes d'échanges trophiques entre organes

Des coupes peuvent être réalisées dans une tige ou une racine. Après coloration, on y distingue des structures cellulaires continues dans le sens de la longueur de l'organe. Ces structures correspondent à des vaisseaux conducteurs. Ils sont de deux types : le xylème et le phloème. Ces systèmes conducteurs sont continus depuis les racines jusqu'aux extrémités de la partie aérienne.

1.) Le transport de l'eau et des ions minéraux des racines vers les feuilles

Structure : La **sève brute** est une **solution très diluée d'ions minéraux**. Elle est formée au niveau des racines et est transportée vers les organes photosynthétiques par le xylème. Il est constitué par l'empilement de cellules mortes dont les parois transversales ont été éliminées. Leur paroi est riche en un constituant hydrophobe (rend le conduit imperméable à la sortie de l'eau), polymère d'alcools, la lignine (rigide, empêche les parois de se collapser lorsqu'elles sont sous tension).

Force à l'origine du transport: Le transport de la sève brute depuis l'appareil racinaire vers le haut de la plante est assuré grâce à la tension générée par l'évapotranspiration foliaire.

2.) Le transport des produits de la photosynthèse des feuilles vers les organes non chlorophylliens

Structure : Les **produits de la photosynthèse** correspondent à des glucides (saccharose par exemple) et des acides aminés. Ils sont exportés des cellules chlorophylliennes dans le **phloème** formant la sève élaborée. Le phloème est formée de cellules vivantes allongées dont les cytoplasmes sont mis en relation grâce à des paroi transversales criblées (*plasmodesmes*, *HP*). La sève élaborée est transportée depuis les organes photosynthétiques vers les organes non photosynthétiques.

Force à l'origine du transport: La présence de saccharose dans le phloème engendre un gradient de concentration entre la sève élaborée et les tissus environnants. Ce gradient entraîne alors l'entrée d'eau dans le phloème. C'est cette entrée d'eau qui pousse la sève vers les organes où le saccharose et les acides aminés vont pouvoir être utilisés. En règle générale, la circulation de la sève élaborée est lente par rapport à la sève brute.

La vie fixée impose aux plantes à fleurs des contraintes d'organisation pour assurer leur nutrition. Des systèmes conducteurs permettent les circulations de matières dans la plante, notamment entre systèmes aérien et souterrain.

Tpb → D. La surface racinaire, interface plante/sol

Le réseau racinaire possède de **nombreuses ramifications**. Les racines assurent l'ancrage de la plante dans le sol. Elles assurent également le **prélèvement d'eau et d'ions minéraux** dans la solution du sol.

Il existe une **variabilité d'anatomie de réseau racinaire** en fonction du patrimoine génétique et des conditions du milieu (manque d'eau favorise une poussée vers le bas).

Des études sur de jeunes racines ont montré que la région la plus active dans ce prélèvement débute à environ 0,5 mm de la pointe de la racine et peut s'étendre sur environ 10 cm. Cette région d'absorption correspond à la **zone pilifère** comportant jusqu'à 2500 poils absorbants.cm⁻². Un poil absorbant possède un diamètre moyen de 10 µm et une longueur de 0,1 à 10 mm. Il est constitué **d'une seule cellule** dont la paroi fine facilite l'absorption de l'eau et des ions minéraux. La présence de ces nombreux poils permet **d'augmenter considérablement** la surface d'absorption de la racine. Ces poils meurent très vite et sont remplacés par d'autres au fur et à mesure de la croissance de la racine.

L'évaluation de la surface d'échange racinaire est complexe. Des estimations ont permis de déterminer que la surface racinaire du seigle était proche de 700 m² celle d'un châtaigner 40 000 m². Il existe de plus des **symbioses** (def.) entre angiospermes et champignons nommées **mycorhizes** qui permettent **d'augmenter encore la surface** d'absorption.

L'organisation du système racinaire facilite donc le prélèvement d'eau et d'ions minéraux dans le sol grâce à une surface racinaire très importante.

E. La surface foliaire, interface plante/air

Les feuilles assurent la **production de matière organique grâce à la photosynthèse**. La plupart des angiospermes possède un très grand nombre de feuilles à l'origine d'une **surface foliaire est très importante**. La capture des photons est réalisée par des cellules qui se trouvent à l'intérieur de la feuille dans un tissu appelé **parenchyme chlorophyllien** localisée dans la partie supérieure des feuilles. Ces cellules possèdent une paroi fine et **de nombreux chloroplastes**, organe dans lequel la photosynthèse se déroule grâce à un pigment qui capte l'énergie lumineuse: la **chlorophylle**.

Les échanges gazeux se font grâce aux **stomates**. Ils sont constitués de deux cellules qui délimitent un orifice, l'ostiole, par lequel le CO_2 peut entrer dans la feuille et l' O_2 et l'eau en sortir. La partie inférieure de la feuille est partiellement vide constituant des **chambres aérifères** facilitant les échanges entre le parenchyme chlorophyllien et l'extérieur.

L'organisation de la feuille facilite donc les échanges gazeux (O_2 et CO_2) avec l'air grâce aux stomates et aux chambres aérifères ainsi que la capture de l'énergie lumineuse grâce à une surface foliaire très importante.

La plante développe des surfaces d'échanges de grande dimension avec l'atmosphère (échanges de gaz, capture de la lumière) et avec le sol (échange d'eau et d'ions).

Le mode de vie fixée des végétaux leur empêche tout déplacement qui leur permettrait de fuir telle ou telle condition du milieu qui pourrait être dangereuse.

Comment les végétaux défendent-ils contre les agressions, les phytophages (prédateurs) ou les variations saisonnières ?

II. Les particularités d'organisation fonctionnelle liées aux structures et mécanismes de défense

[TP.02] Objectifs :

- **insister sur l'existence de structures évitant la dessiccation.(stomate, cryptes, répartitions des stomates et cuticule cireuse)**
- **mee tanins / phytophages**

A. Résister aux agressions climatiques

L'épiderme des Angiospermes est doublé en périphérie d'une structure épaisse, la **cuticule**. L'analyse chimique de cette cuticule révèle qu'elle est composée d'un mélange de cutine et de cires, composés lipidiques **hydrophobes**. Elle permet aux végétaux de résister à diverses agressions du milieu. Les eaux de pluie ruissellent sur la cuticule. Les végétaux résistent alors au lessivage de qui provoquerait des éclatements cellulaires et à une évapotranspiration trop importante qui provoquerait une déshydratation des structures du végétal.

Les végétaux peuvent résister aux **températures élevées** en limitant leur perte en eau grâce à leur **cuticule et la fermeture des stomates**. Les angiospermes vivant dans des milieux très arides, comme les cactées, limitent ces pertes en ayant des **feuilles totalement modifiées**. Elles sont en forme d'aiguilles. La surface foliaire se trouvant réduite, la **transpiration est limitée**.

En dessous de 0°C , les Angiospermes peuvent geler ce qui provoque des lésions (éclatement des cellules). Pour limiter les effets du gel, différentes stratégies sont adoptées. Certains **perdent leurs**

feuilles en automne et forment des **bourgeons** contenant un rameau en miniature protégé du gel par des écailles et une bourre. L'existence de **bulbes souterrains** permet de se protéger du gel car la température est plus élevée qu'en surface. Certains conservent leurs feuilles pendant l'hiver. Pour assurer la survie de ces feuilles, ils élaborent des **solutés ayant des propriétés antigel**. En conséquence, le point de congélation de l'eau est abaissé. La glace ne se forme pas.

B. Résister aux agressions biologiques

La **cuticule** permet aussi aux végétaux de résister aux attaques des parasites. En effet, la plupart ne peuvent pas franchir cette cuticule.

Dans le monde végétal, on voit diverses réponses qui limitent l'action des phytophages. Il existe des défenses dites passives : les plantes possèdent des **épines** ou bien des **poils urticants** qui limitent la prédation. Il existe aussi des défenses actives : les plantes élaborent des **composés chimiques** qui altèrent les qualités gustatives du végétal, ce sont par exemple les tanins. Elles peuvent aussi élaborer des substances **toxiques** pour les prédateurs. Les toxines ont des effets divers sur le prédateur (substances répulsives, toxiques, perturbant la digestion(encore les tanins)...). L'objectif de ces divers mécanismes est de dissuader un éventuel prédateur.

Les Angiospermes possèdent des structures et des mécanismes de défense (contre les agressions du milieu, les prédateurs, les variations saisonnières).

Le mode de vie fixée des végétaux leur empêche tout rapprochement des partenaires sexuels. *Pas possible de prendre ses racines à son cou...*

Comment le rapprochement des gamètes est-il assuré chez les végétaux ?

III. Les particularités d'organisation fonctionnelle liées à la reproduction sexuée

[TP.03]

Objectifs :

- **déterminer le mode de pollinisation/ revoir le développement d'une fleur en fruit.**
- **comprendre le déterminisme génétique de la composition florale.**

A. L'organisation structurale des fleurs

Les fleurs présentent une organisation concentrique commune. En revanche, le nombre de pièces florales et leur position sont variables selon les espèces étudiées. On trouve **quatre verticilles** (syn. cercles) qui portent des pièces florales différentes. Depuis la périphérie, on trouve un premier verticille qui porte des sépales, puis un qui porte les pétales, un autre qui porte les étamines et enfin le dernier occupé par les carpelles le plus souvent soudés en un pistil. Les **étamines** forment des sacs polliniques contenant **du pollen, gamètes mâles**, et au sein des **carpelles**, on trouve les **ovules(dans l'ovaire de chaque carpelle), gamètes femelles**.

→ **butée avant TP03**

B. Le contrôle génétique de l'organisation florale

L'étude de la floraison montre une mise en place progressive des différents verticilles dans le bourgeon floral. La formation se fait de la périphérie vers le centre depuis les sépales vers les carpelles. Cette mise en place fait intervenir un ensemble de gènes de développement (= gène contrôlant via des protéines, l'expression d'autres gènes).

Le contrôle génétique de l'organisation florale a été découvert chez *Arabidopsis thaliana* grâce à l'étude de plants porteurs de mutations. Ces plantes mutantes ont permis de comprendre que les gènes de classe A s'expriment dans les deux premiers verticilles, les gènes de classe B dans le 2e et le 3e verticille et les gènes de classe C dans les deux derniers verticilles. Les gènes A exprimés seuls induisent la formation de sépales. Les gènes de classe A et B associés induisent la formation de pétales. Les gènes B et C associés induisent la formation d'étamines. Les gènes C seuls induisent la

formation de carpelles. Des systèmes similaires du contrôle génétique de l'organisation florale ont été mis en évidence chez d'autres Angiospermes.

L'organisation florale, contrôlée par des gènes de développement, et le fonctionnement de la fleur permettent le rapprochement des gamètes entre plantes fixées.

C. La pollinisation

La **pollinisation** désigne le processus par lequel le pollen est transporté des étamines jusqu'au pistil d'une fleur de la même espèce. Divers modes de pollinisation existent. Le transport est assuré par différents moyens : le vent (*anémogamie*), l'eau (*hydrogamie*), les animaux (*zoogamie*).

Les fleurs produisent au niveau des fleurs un nectar que les insectes viennent butiner. Les insectes pollinisateurs sont souvent des insectes porteurs de poils où le pollen peut s'accrocher. Le butinage des insectes conduit à transporter et déposer du pollen de fleur en fleur. Une longue histoire évolutive relie les angiospermes à ses pollinisateurs. On parle de **coévolution**. Celle-ci peut être très poussée.

La pollinisation de nombreuses plantes repose sur une collaboration animal pollinisateur / plante produit d'une coévolution.

D. La dispersion des graines

Notions hors TP////

La reproduction sexuée chez les plantes conduit à la formation de graines qui doivent être dispersées alors que les plantes qui les forment sont fixées. **Comment la dispersion des graines est-elle assurée ?**

1.) La formation des graines

Lorsque les grains de pollen se fixent sur le pistil, ils germent. Un tube pollinique entre dans le pistil en direction des ovules. Deux gamètes mâles cheminent dans ce tube. Une double fécondation a lieu : fécondation de l'oosphère(pas ovule...) qui formera l'embryon de plante et fécondation de deux noyaux qui vont former l'albumen. L'embryon correspond à une plante en miniature. Il est entouré de différentes enveloppes le tout formant la graine. Les graines peuvent rester dans l'ovaire qui se transforme en donnant un fruit.

Après pollinisation, la fleur fane. Les sépales, les pétales et les étamines tombent alors que le pistil et les carpelles qu'il contient se transforment en fruit autour des graines.

À l'issue de la fécondation, la fleur se transforme en fruits contenant des graines.

2.) La dispersion des graines(=dissémination)

La dispersion des graines est nécessaire à la dispersion de la descendance. Cette dispersion peut se faire par différents « moyens » de transport : la plante elle-même (autochorie), le vent (anémochorie), l'eau (hydrochorie) et les animaux (zoochorie). → **exemple de fruits/ graines à montrer**

Certains végétaux forment des fruits pourvus de crochets qui s'accrochent principalement au pelage des mammifères ou au plumage des oiseaux. Les déplacements de ces animaux assurent la dispersion passive des fruits. Lors du nettoyage du pelage ou du plumage, les fruits sont décrochés et tombent au sol. La carotte sauvage, la bardane assurent la dispersion de leurs graines ainsi.

Le plus souvent, c'est le fruit en entier qui est dispersé. Les réserves se trouvant dans fruit servent à payer les animaux pour leur « travail » de dissémination.

Comme pour la pollinisation, il y a coévolution entre Angiospermes et animaux.

La dispersion des graines est nécessaire à la survie et à la dispersion de la descendance(colonisation de nouveaux milieux). Elle repose souvent sur une collaboration animal disséminateur / plante produit d'une coévolution.

Au cours de l'évolution, des systèmes d'échange et de protection, ainsi que des modalités particulières de reproduction se sont mises en place chez les végétaux. Les relations entre organisation et mode de vie sont le résultat de l'évolution.

Thème 2-B La plante domestiquée Les plantes (on se limite aux angiospermes), directement ou indirectement (par l'alimentation des animaux d'élevage) sont à la base de l'alimentation humaine. Elles constituent aussi des ressources dans différents domaines : énergie, habillement, construction, médecine, arts, pratiques socioculturelles, etc. La culture des plantes constitue donc un enjeu majeur pour l'humanité. Sans chercher l'exhaustivité, il s'agit de montrer que l'Homme agit sur le génome des plantes cultivées et donc intervient sur la biodiversité végétale. L'utilisation des plantes par l'Homme est une très longue histoire, qui va des pratiques empiriques les plus anciennes à la mise en œuvre des technologies les plus modernes. **Bilan : sélection génétique des plantes ; génie génétique.**

Connaissances	Capacités
La sélection exercée par l'Homme sur les plantes cultivées a souvent retenu (volontairement ou empiriquement) des caractéristiques génétiques différentes de celles qui sont favorables pour les plantes sauvages. Une même espèce cultivée comporte souvent plusieurs variétés sélectionnées selon des critères différents ; c'est une forme de biodiversité. Les techniques de croisement permettent d'obtenir de nouvelles plantes qui n'existaient pas dans la nature (nouvelles variétés, hybrides, etc.). Les techniques du génie génétique permettent d'agir directement sur le génome des plantes cultivées. <i>Objectifs et mots-clés. Il s'agit de montrer les différentes modalités d'action humaine sur les caractéristiques génétiques des plantes cultivées. [Limites. Les éléments scientifiques introduits ici permettent un débat sur l'usage de telle ou telle méthode, mais il n'entre pas dans les objectifs de l'enseignement scientifique de trancher, à lui seul, la controverse.] Convergences. Histoire des arts : la modification des aliments de l'Homme au travers de leur représentation picturale. Histoire et géographie : histoire des plantes cultivées et des civilisations.</i>	Comparer une plante cultivée et son ancêtre naturel supposé. Recenser, extraire et exploiter des informations afin de comprendre les caractéristiques de la modification génétique d'une plante.

Chapitre 02. Les enjeux contemporains autour des plantes cultivées

Les Angiospermes sont directement ou indirectement à la base de l'alimentation humaine. Ils constituent aussi des ressources dans différents domaines : énergie, habillement, construction, médecine, arts, pratiques socioculturelles, etc.

Quels sont les enjeux liés à la domestication des plantes ? Quelles sont les modalités d'action humaine sur les caractéristiques génétiques des plantes cultivées ?

I. Les plantes domestiquées, une histoire de sélection

A. L'histoire de la domestication des plantes

Domestication : *ensemble des processus d'évolution d'une population sous la contrainte de ses propres aptitudes et du pouvoir de l'Homme à orienter ces transformations. Cette population est mise sous la dépendance +/- totale de l'espèce humaine.*

Le début de l'agriculture coïncide avec la sédentarisation de l'espèce humaine vers -10 000 ans. Dès cette époque, près d'une dizaine d'espèces de plantes sont cultivées : plusieurs variétés de blés et d'orges, des légumineuses (petit pois, lentille...) et une plante à la fois textile et oléifère : le lin.

Pour la France, la période gauloise est une phase d'enrichissement et de diversification qui résulte à la fois d'une évolution de la société gauloise et par l'arrivée des navigateurs-marchands (phéniciens, étrusques, grecs). Ainsi, c'est à cette période que se développe l'horticulture. Les jardins produiront une bonne part des légumes et toutes les plantes aromatiques qui parfument encore aujourd'hui notre cuisine.

Associée à une augmentation du nombre d'espèces cultivées, s'opère la création de variétés par les agriculteurs.

B. Les critères de sélection (voir pour TP/ ECE)



Le **maïs** est un exemple type d'une plante domestiquée. Aujourd'hui cette plante ne peut se disséminer seule. Contrairement aux autres céréales pour lesquels les similitudes morphologiques entre les formes spontanées et cultivées sont très apparentes, la domestication a provoqué une modification si radicale dans l'architecture de la plante, qu'il a été difficile d'identifier le **téosinte**, espèce mexicaine, dont il dériverait. Celui-ci présente plusieurs tiges possédant un épi de petite taille dont les graines se détachent facilement. **Un nombre réduit de modifications génétiques est responsable des modifications spectaculaires** que l'on observe sur les épis de maïs par rapport à celui du téosinte. Par exemple, le maïs amyloacé dont la totalité de son albumen est composée d'amidon fortement hydraté provient

d'une modification génétique sur un gène localisé dans le chromosome 2. Le maïs à éclater (pop-corn) est le seul à posséder un albumen endurci entourant une zone restreinte d'amidon mou qui à la cuisson provoque l'explosion violente du grain. Cette variété de maïs possède une modification génétique sur un gène localisé dans le chromosome 3.

En généralisant aux autres plantes, les agriculteurs ont cherché à modifier par sélection les caractéristiques des plantes qu'ils cultivent. Ils ont **sélectionné les individus** qui possédaient des caractères favorables à la culture et à la récolte et en ont fait de nouvelles **variétés**. Par exemple, ils ont retenu les variétés qui germaient de manière homogène, arrivaient à maturité plus tôt dans la saison, avaient moins de substances toxiques ou anti-nutritionnelles, avaient de meilleures qualités organoleptiques, résistaient mieux à une maladie, avaient de meilleurs rendements...

C'est pourquoi une variété peut être définie de la façon suivante :

- **population artificielle,**
- à base **génétique étroite, voire réduite à un génotype** : de manière à assurer l'homogénéité génétique pour favoriser les pratiques culturales et permettre ainsi d'obtenir un produit récolté homogène avec les performances maximales,
- de **caractéristiques agronomiques bien définies,**
- **reproductible selon un schéma fixé et déposé.**

Une variété peut faire l'objet d'un COV (Certificat d'Obtention Végétale) afin d'être protégée.

La sélection exercée par l'Homme sur les plantes domestiquées a souvent retenu des caractéristiques génétiques différentes de celles qui sont favorables pour les plantes sauvages.

En + :

Dès le néolithique, les hommes ont sélectionné plusieurs populations au sein de différentes espèces pour les domestiquer et les cultiver ; ils ont développé certaines qualités répondant à leurs besoins. Chez les animaux, ils ont ainsi créé des races ; et, pour les **plantes cultivées, des variétés**. Au sein d'une espèce, ces dernières constituent des populations homogènes ayant des caractéristiques propres. Par exemple, le maïs est une plante qui, en Europe, ne peut se croiser avec d'autres espèces. En revanche, les variétés cultivées de maïs (plus de 1 000) peuvent se croiser entre elles.

C. L'obtention de nouvelles variétés

Notions hors TP////

Chez les **plantes allogames**, la fécondation est croisée. Ce mode de fécondation produit des hybrides ce qui ne facilite pas le travail du sélectionneur, car il empêche le maintien de caractéristiques génétiques homogènes au cours des générations.

On favorise donc des populations les plus homozygotes possibles et qui partagent les mêmes allèles.

Mais un autre problème se pose au sélectionneur. Plus les plantes allogames sont homozygotes plus il se produit une chute du rendement agricole. Ceci s'apparente à la consanguinité dans le règne animal.

À l'inverse, lorsque l'on croise deux lignées homozygotes différentes (deux variétés), les plantes obtenues présentent des caractéristiques génétiques homogènes et un meilleur rendement. C'est l'effet **d'hétérosis**. Ces contraintes ont amené les sélectionneurs de plantes allogames à travailler sur des hybrides F1. → **présentation explicative... à coller**

Soit deux parents, P1 et P2. L'hybride obtenu est nommé F1.

P1 :	P2 :
(A//A) ; (B//B) ; (C//C) ; (d//d) ; (e//e) ; (f//f)	(a//a) ; (b//b) ; (c//c) ; (D//D) ; (E//E) ; (F//F)
phénotype:	

A-B-C-d-e-f X a-b-c-D-E-F

F1:

(A//a) ; (B//b) ; (C//c) ; (d//D) ; (e//E) ; (f//F)

phénotype:

A-B-C-D-E-F

Pour un même gène, on admet que chaque caractère intéressant donné par un allèle majuscule domine un caractère non intéressant donné par l'allèle minuscule.

Si on croise en suite des individus F1, l'assemblage des allèles : c'est bordel land : aucune anticipation possible des phénotypes !!

(tableau de croisement à faire... 64 par 64 !!!)

Donc on sélectionne de générations en générations les individus aux phénotypes OK (donc au moins un allèle OK / gène d'intérêt) ou on clone les F1...

Aujourd'hui, on peut aussi pratiquer :

L'Haplodiploïdisation = obtention de plantes haploïdes à partir des organes mâles ou femelles puis sur le allèles présents dans les gamètes...

Au sein d'une seule et **même espèce**, l'obtention des **plantes haploïdes** peut se faire par **culture in vitro de cellules destinées à fournir les cellules reproductrices ou gamètes**.

S'il s'agit de gamètes mâles, on parle d'androgenèse. S'il s'agit de gamètes femelles, c'est la gynogenèse.

Dans ce cas, on observe le **développement d'un embryon haploïde**. Une phase de sauvetage d'embryons in vitro est ensuite généralement nécessaire. Mis en culture sur des milieux particuliers, l'embryon haploïde va se développer, les tissus vont se différencier pour donner des **plantes haploïdes**.

L'état haploïde étant instable, l'individu régénéré est parfois diploïde, on parle de **doublément spontané du stock chromosomique**. Pour le blé, on peut compter 20 à 25 % d'haploïdes doublés spontanément,

60 à 65 % chez l'orge. **Sinon**, on **provoque artificiellement un doublement des chromosomes**, le plus couramment par l'action d'un agent chimique, **la colchicine**.

Les **plantes obtenues sont des diploïdes homozygotes** : elles possèdent deux copies identiques de chacun de leurs chromosomes et donc portent des paires de gènes ou allèles identiques, d'où leur grand intérêt.

Chez les plantes autogames, il y a autofécondation. C'est une caractéristique très intéressante, car elle permet de maintenir les caractéristiques génétiques au cours des générations. En revanche, cela peut poser un problème lorsque l'on veut introduire des caractères nouveaux, comme des résistances aux maladies. Il faut dans un premier temps introduire l'allèle par hybridation en réalisant une allofécondation forcée.

ACTU : En blé tendre, la sélection classique de variétés pures et la **sélection de variétés popula-**

tions obéissent à des logiques différentes en termes de rendement : la première vise essentiellement à les augmenter (mais a des limites si les individus sont trop homozygotes), la deuxième plutôt à **stabiliser les rendements dans des conditions environnementales fluctuantes**. Deux logiques qui répondent à des besoins, des pratiques et des utilisateurs différents... Une **variété population** est une **variété hétérogène formée de mélanges d'individus** sélectionnés principalement par les agriculteurs dans leurs champs. Ces individus sont **relativement proches en apparence**, mais présentent une **certaine diversité génétique**. La population possède de ce fait un **pouvoir évolutif** qui lui permet de s'adapter en continu aux **variations du milieu**.

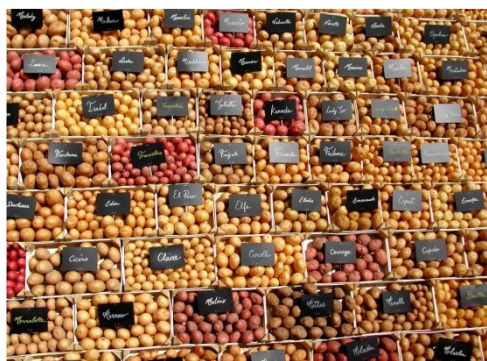
D. L'obtention de nouvelles espèces

Notions hors TP////

Les mécanismes d'obtention de variétés précédemment décrits concernaient des croisements **intraspécifiques**, c'est-à-dire des croisements entre des plantes appartenant à la même espèce.

Il est possible d'obtenir des « **hybrides** » **interspécifiques**. L'exemple classique est celui des hybrides blé/seigle. Comme le génome du blé tendre ($2n = 42$) est très différent de celui du seigle ($2n = 14$), les graines produites sont stériles. Un traitement à la colchicine permet d'obtenir une descendance après un doublement chromosomique. Ces triticales « primaires » sont assez peu intéressantes agronomiquement, mais par croisements entre eux, il est possible d'obtenir des variétés intéressantes qui offrent l'avantage de combiner les caractéristiques de productivité du blé et la rusticité du seigle (résistance au froid, résistance aux maladies).

Les techniques de croisement permettent d'obtenir de nouvelles plantes qui n'existaient pas dans la nature. Une espèce domestiquée comporte souvent plusieurs variétés sélectionnées selon des critères différents ; c'est une forme de biodiversité.



II Les enjeux liés à l'obtention de nouvelles variétés de plantes par croisement(s)

A. L'intérêt et les limites de la création de cette biodiversité

La création de nouvelles plantes a permis des progrès particulièrement spectaculaires dans les rendements et dans les caractères culturels comme la précocité. Par exemple pour la tomate, premier légume consommé par les Français, les rendements sont passés de $0,2 \text{ kg.m}^{-2}$ dans les années 60 à plus de 20 kg.m^{-2} actuellement dans les cultures sous abri.

La création de nouvelles variétés végétales est une activité très coûteuse. C'est pourquoi, depuis une cinquantaine d'années, de nouveaux règlements et lois ont été élaborés pour protéger les intérêts des industriels de la semence. Ces textes limitent, voire interdisent, le commerce et l'échange d'autres semences que celles produites par les semenciers, ce qui oblige les cultivateurs à se fournir en semences auprès de ces industriels. Le **statut juridique de la biodiversité cultivée fait débat** : sa privatisation est-elle le prix à payer pour que se poursuive le travail de création variétale, ou doit-on la considérer comme un bien commun non brevetable ?

De même, l'augmentation de la productivité s'est accompagnée parfois d'une perte des qualités organoleptiques des produits. Ceci est dû au fait que pendant longtemps les critères de goût n'étaient guère pris en compte. Ils venaient bien après les critères agronomiques de productivité et de résistance aux parasites, ou commerciaux comme la fermeté, permettant une mécanisation des emballages, et la conservation des produits.

B. La conservation de la biodiversité cultivée, une nécessité

La "révolution verte" des années 60 basée sur la culture de quelques variétés à fort rendement fut une véritable catastrophe. En 1970, il ne subsistait plus qu'une quinzaine de variétés de poires sur les 915 connues en 1869.

On assiste depuis quelques années à une prise conscience du rôle essentiel de cette biodiversité. Elle sert/sera de « réservoir » génétique afin d'adapter les plantes aux modifications de l'environnement en particulier, de résister à de nouveaux parasites, prédateurs ou à de nouvelles maladies.

Le **maintien de la biodiversité** des plantes cultivées est donc une **nécessité pour assurer la sécurité alimentaire**.

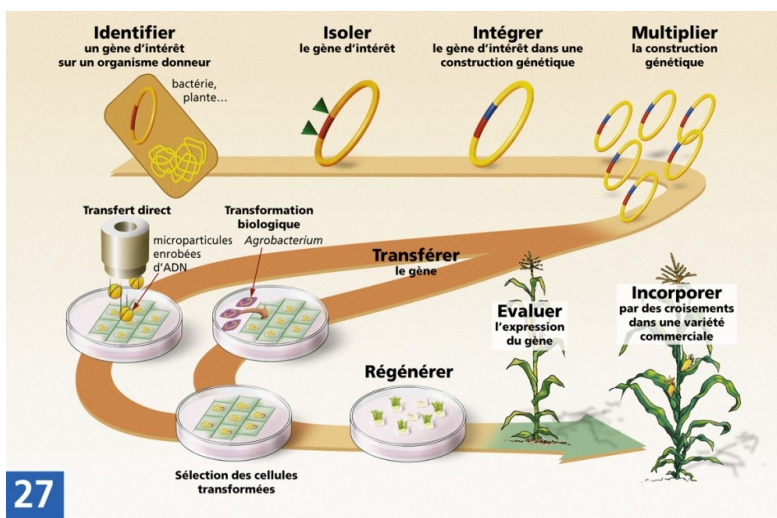
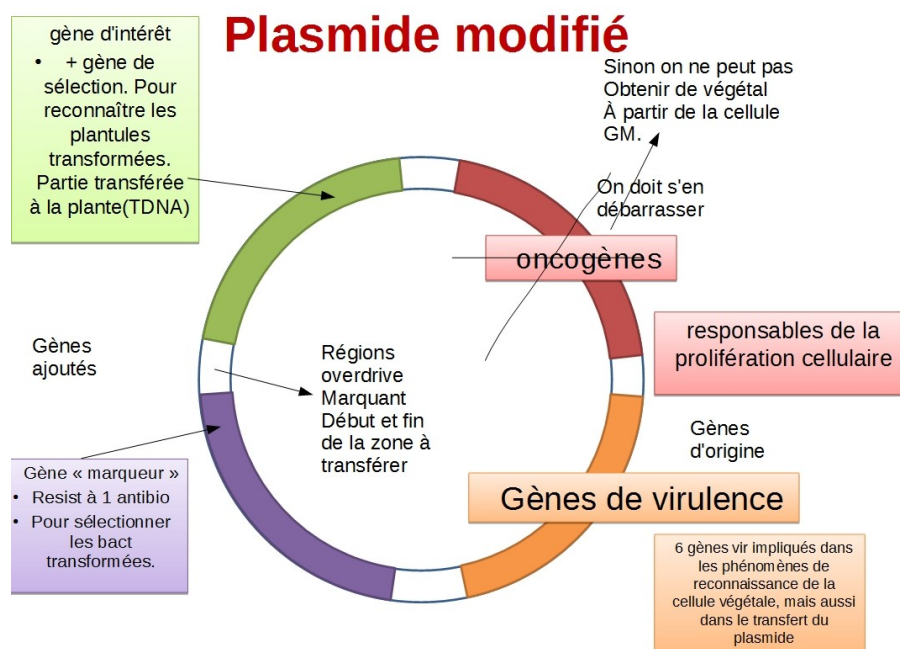
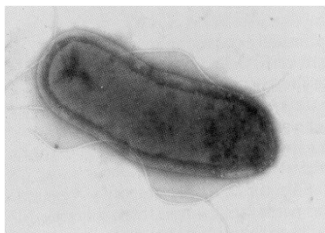
III Les enjeux liés à l'obtention de nouvelles plantes par génie génétique

Les organismes génétiquement modifiés (OGM) sont des êtres vivants chez qui l'espèce humaine a introduit par des techniques de génie génétique, un ou plusieurs gènes. **En quoi consistent ses techniques ? Quelles en sont les limites ?**

A. Les étapes nécessaires à la formation d'une variété transgénique

Il faut un **gène d'intérêt** récupéré dans le génome d'un donneur, un **vecteur** et des **cellules totipotentes** (qui peut se développer en végétal) **végétales à transformer** (qui vont intégrer le gène d'intérêt et le gène de sélection).

Agrobacterium tumefaciens, bactérie du sol est naturellement capable de transférer un fragment de son ADN dans le génome des plantes. Ce fragment est une molécule d'ADN circulaire (=plasmide) qui se réplique indépendamment du chromosome et dont la présence n'est pas essentielle à la viabilité des bactéries. Ce plasmide possède plusieurs régions : la **zone oncogène** qui porte les gènes responsables de la prolifération cellulaire, la **zone de virulence** qui comprend de nombreux gènes impliqués dans le transfert de l'ADN dans le génome de la plante. Par génie génétique, il est possible d'ajouter à ce plasmide un gène *d'intérêt* qui va donc être transféré à la plante, un gène de sélection (souvent de résistance à un herbicide par exemple) permettant de reconnaître les plantes génétiquement modifiées et un gène marqueur (souvent de résistance à un antibiotique).



Beaucoup de plantes ne peuvent être

transformées par les Agrobactéries. Dans ce cas, on utilise des fragments d'ADN injectés directement à l'intérieur des cellules végétales, soit par l'utilisation de chocs électriques, soit par bombardement de microbilles. Ces techniques sont aléatoires et le pourcentage de réussite est très faible (environ 1%).

Les techniques du génie génétique sont indépendantes de la reproduction sexuée, ce qui permet de transférer des caractères provenant d'espèces très diverses (bactéries, animaux...). Par ailleurs, la plante qui reçoit le transgène conserve toutes ses autres qualités.

Les techniques du génie génétique permettent d'agir directement sur le génome des plantes cultivées.

B. Les OGM, un sujet qui fait débat dans la société

Les OGM occupent aujourd'hui une place non négligeable dans les surfaces cultivées. Les OGM les plus cultivés dans le monde correspondent à des espèces de grande culture comme le soja, le maïs, le coton et le colza. En tout, ce sont plus de 100 espèces qui ont été transformées. Les gènes introduits peuvent être très divers. Quatre axes sont privilégiés pour les végétaux :

- Les plantes résistantes aux agents pathogènes.
- Les plantes résistantes aux herbicides.
- Les plantes améliorées qualitativement.
- Les plantes produisant une molécule non présente habituellement dans le monde végétal.

Ils sont l'objet de controverse tant chez les consommateurs que chez les scientifiques. Les consommateurs souhaitent disposer de renseignements fiables sur les OGM. Le problème est que cette information est complexe à obtenir, car elle est relayée par des discours irrationnels d'une part, scientifiques ou politiques d'autre part.

Par exemple, il est souvent évoqué le danger de l'antibiotique utilisé (kanamycine) comme gène marqueur. Pourtant tous les comités scientifiques indépendants ayant réalisées une étude sur ce sujet ont rendu comme verdict, l'innocuité de ce produit. Il n'en demeure pas moins que la présence de ce gène de résistance continue à être une source d'inquiétude toute légitime qu'il ne faut surtout pas l'occulter.

De nombreux scientifiques s'inquiètent des risques importants d'hybridation avec la flore locale, avec à la clé, l'apparition de résistances comme cela se produit actuellement avec l'apparition de bactéries multirésistantes aux antibiotiques. L'apparition de propriétés nouvelles non contrôlées d'OGM interroge également les scientifiques. Il est souvent difficile d'avoir une évaluation claire des risques sauf lorsque la catastrophe a eu lieu.

L'utilisation de ces OGM n'est donc pas sans poser des problèmes pour les utilisateurs et les consommateurs. Mais cette question se posait et se pose toujours pour toute domestication de plantes, car celle-ci repose nécessairement sur des modifications génétiques.

Les éléments scientifiques introduits ici, permettent un débat sur l'usage de telle ou telle méthode, mais, la plupart du temps, ils ne permettent pas de trancher, à eux seuls, les controverses.

Surface cultivées en OGM en fonction du temps en millions d'hectares.

En 2014, selon ISAA 181 millions d'hectares cultivés en OGM, cela représente un peu plus de 10 % des terres cultivées, estimées par l'ONU à 1,5 milliard d'hectares.

En France : Depuis 2008, les cultures commerciales d'OGM en France n'existent plus (certaines sont pourtant autorisées). Quelques très rares essais d'OGM sont encore menés et finissent par être détruits par des faucheurs volontaires (essai de vigne à Colmar, détruit trois fois).

