

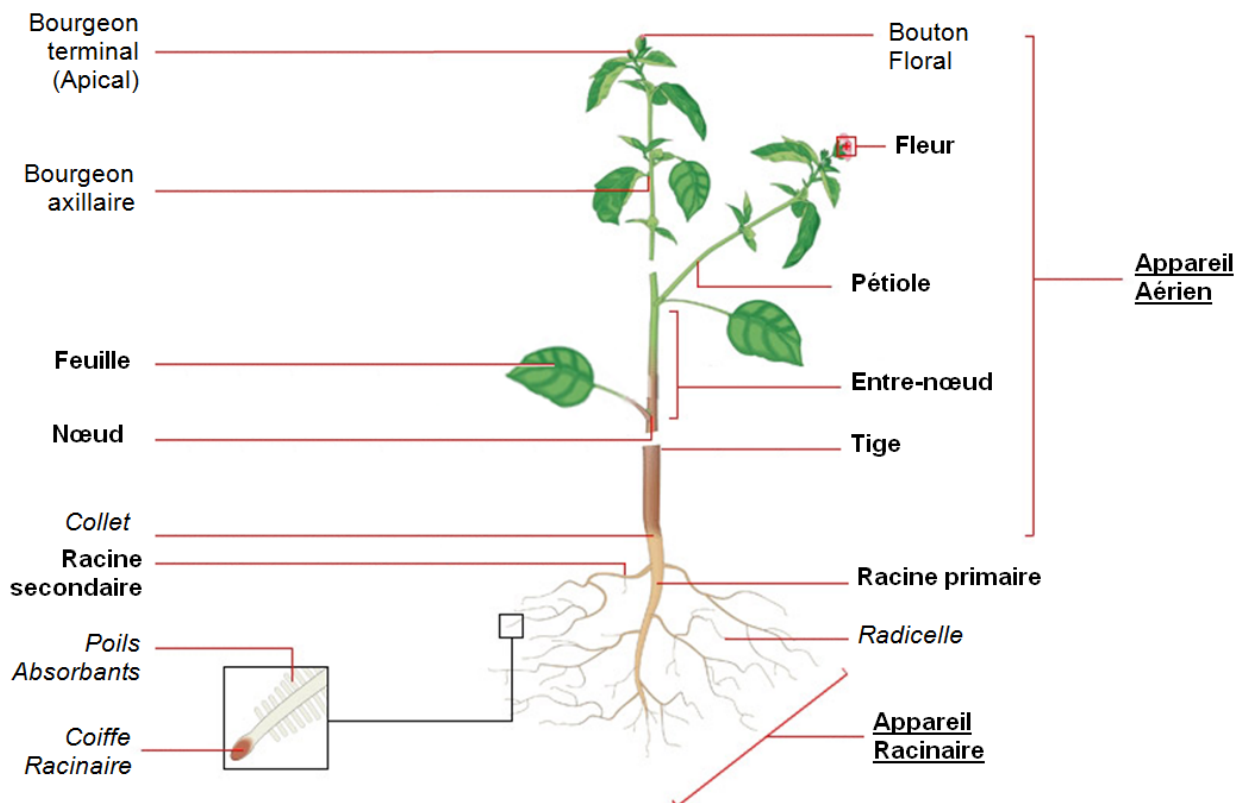
Chapitre 5 - La vie de la plante

Une plante se définit comme des êtres vivants fixés pourvus d'un appareil végétatif, composé de racine, de tige et de feuille. L'appareil végétatif est composé de l'appareil racinaire qui est en contact avec le sol et de l'appareil aérien qui est en contact avec l'atmosphère. Les plantes regroupent notamment les plantes à fleurs (Angiospermes), les Gymnospermes (sapins, pins) et les fougères.

On distingue les plantes herbacées (10 cm de hauteur env. comme le plantain) et les plantes ligneuses qui possèdent un tronc et des tiges brunes et ramifiées qui contiennent du « bois » (le chêne, le marronnier ...).

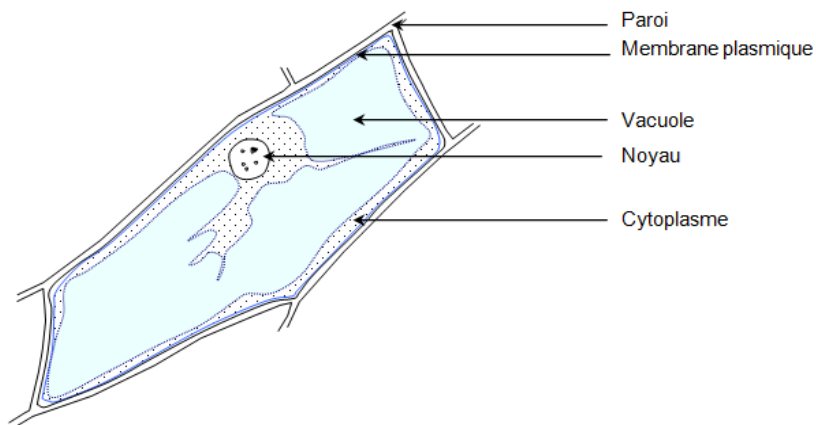
Les plantes sont fixées au sol par leur appareil racinaire. Elles ne peuvent donc se soustraire aux variations des contraintes du milieu (température, humidité, prédateurs, substances nutritives).

Pb : Comment les structures végétales permettent ce mode de vie fixée ?

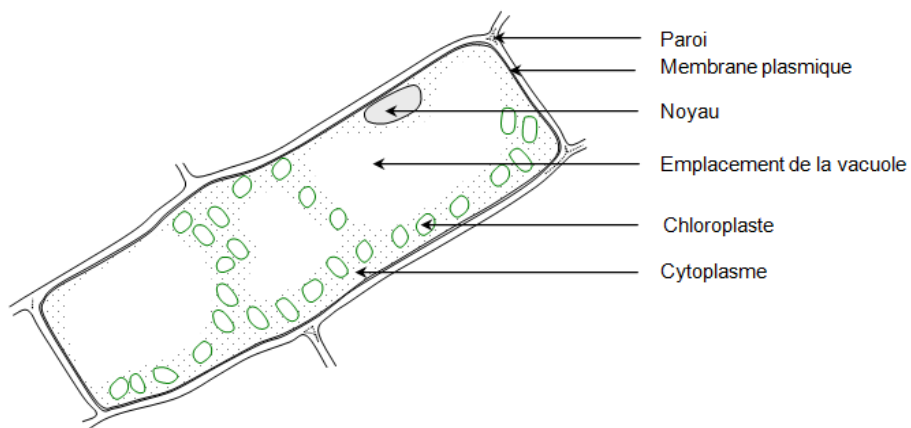


Titre : Schéma de la structure d'une plante.

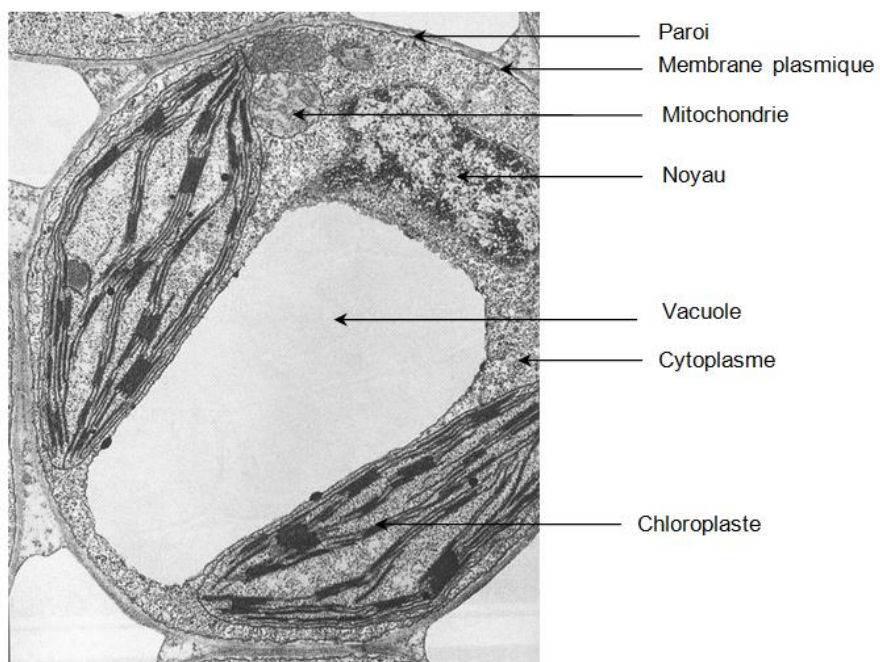
RAPPELS SECONDE



Titre : Schéma de la structure d'une cellule végétale non chlorophyllienne



Titre : Schéma de la structure d'une cellule végétale chlorophyllienne



Titre : Photographie d'une cellule végétale chlorophyllienne.

I- Les organes végétatifs et la nutrition des plantes

1- De vastes surfaces d'échange pour une nutrition efficace

L'appareil racinaire et l'appareil aérien possèdent de très vastes surfaces d'échange : leur surface est de l'ordre de 100 à 1000 fois plus vaste que celles des animaux (20 à 150 cm²/kg chez les végétaux contre 0,02cm²/kg chez l'humain). Pour un grand arbre, on estime que la surface d'échange de l'appareil aérien pourrait être de l'ordre de 200 à 500 m² mais si on prend en compte les surfaces internes (chambre sous stomatique), elle s'élèverait à plus de 6000 m². Pour les racines, ce chiffre est plus difficile à identifier mais il serait encore plus important (généralement 30 fois plus que l'appareil aérien !).

Plantes	Euphorbe Characias	Plantain majeur	Violette
Masse (kg)	0.009	0.008	0.006
Surface des parties chlorophylliennes (m ²)	0.0134	0.0193	0.0305
Surface des parties chlorophylliennes / Masse (m ² / kg)	1.49	2.42	5.08
Estimation de la surface d'absorption des gaz foliaire (m ²)	0.401	0.580	0.914
Estimation de la surface d'absorption des gaz foliaire / Masse (m ² / kg)	44.6	72.5	152
Estimation de la surface d'absorption de l'eau et des sels minéraux (m ²)	1.74	2.51	3.96
Estimation de la surface d'absorption de l'eau et des sels minéraux / Masse (m ² / kg)	193	314	660

Espèce	Masse (g)	Surface corporelle (cm ²)	Rapport surface/masse (cm ² /g)
Homme	70 000	1410	0,020
Tortue terrestre	3 000	227	0,076
Grenouille verte	125	19	0,148
Mésange	12	5	0,437

Tableau1 : comparaison des masses et surfaces corporelles chez quelques animaux

2- L'appareil racinaire et l'absorption d'eau et de sels minéraux (nutrition minérale)

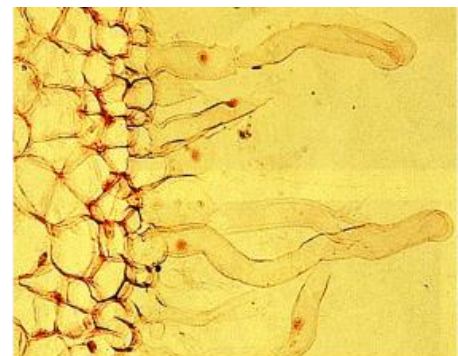
a- Racines et poils absorbants

Les racines sont très ramifiées, très longues et présentent de très nombreux poils absorbants qui augmentent très fortement la surface de contact avec l'eau du sol. Les poils absorbants sont des cellules de la couche cellulaire périphérique qui sont très allongées et absorbent l'eau et les sels minéraux de façon active.

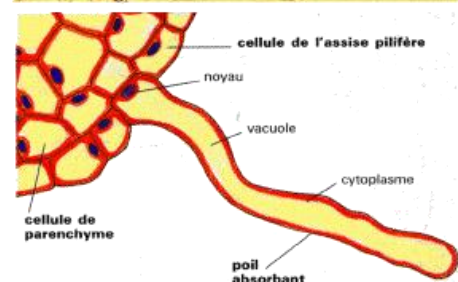
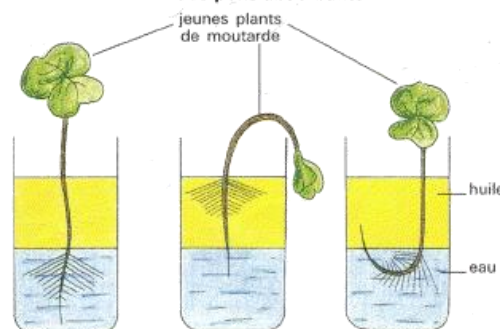


Caractéristiques des poils absorbants

- Dimensions d'un poil absorbant : diamètre = 12 à 15 μm ; longueur = 1 à plusieurs millimètres.
- Estimation du nombre de poils absorbants : jusqu'à 2 000 par centimètre carré chez les graminées (soit 14 milliards au total chez un plant de seigle).
- Estimation de la surface absorbante : pour un seul plant de seigle, les poils assurent une surface de contact avec la solution du sol d'environ 400 m² (soit la surface d'un court de tennis).



Mise en évidence du rôle des poils absorbants

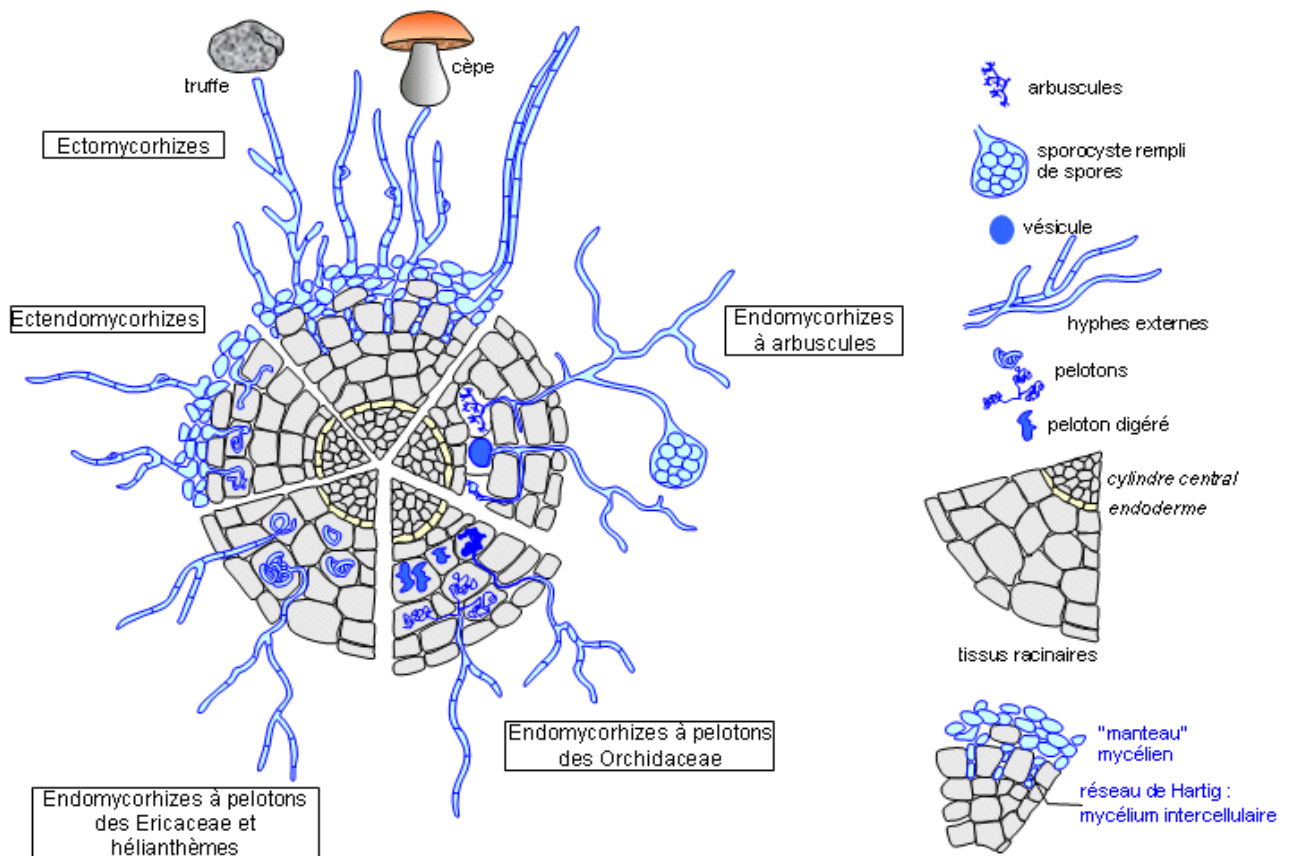


Observation de poils absorbants (MO) et interprétation

b- Racines et mycorhizes : une symbiose

Néanmoins, chez la plupart des plantes sauvages, l'observation des racines montrent une absence totale de poils absorbants, remplacés par un manchon jaune/orangé autour des racines les plus fines. Il s'agit des mycorhizes : ce sont des associations entre des champignons de la litière (sol) et les racines des végétaux. Il y a bénéfice réciproque pour les 2 partenaires : le champignon absorbe l'eau très efficacement et en donne une grande partie à la plante tandis que la plante produit la matière organique qu'elle retourne au champignon : c'est une symbiose.

principaux types mycorhiziens actuels représentés sur une coupe transversale de racine
modifié d'après de F. Le Tacon, INRA Nancy- La Recherche n° 166 mai 1985
repris dans l'excellent livre de F. HALLE *AUX ORIGINES DES PLANTES* éditions Fayard 2008



3- Les feuilles et la réalisation de la photosynthèse (nutrition organique)

a- Structure de la feuille

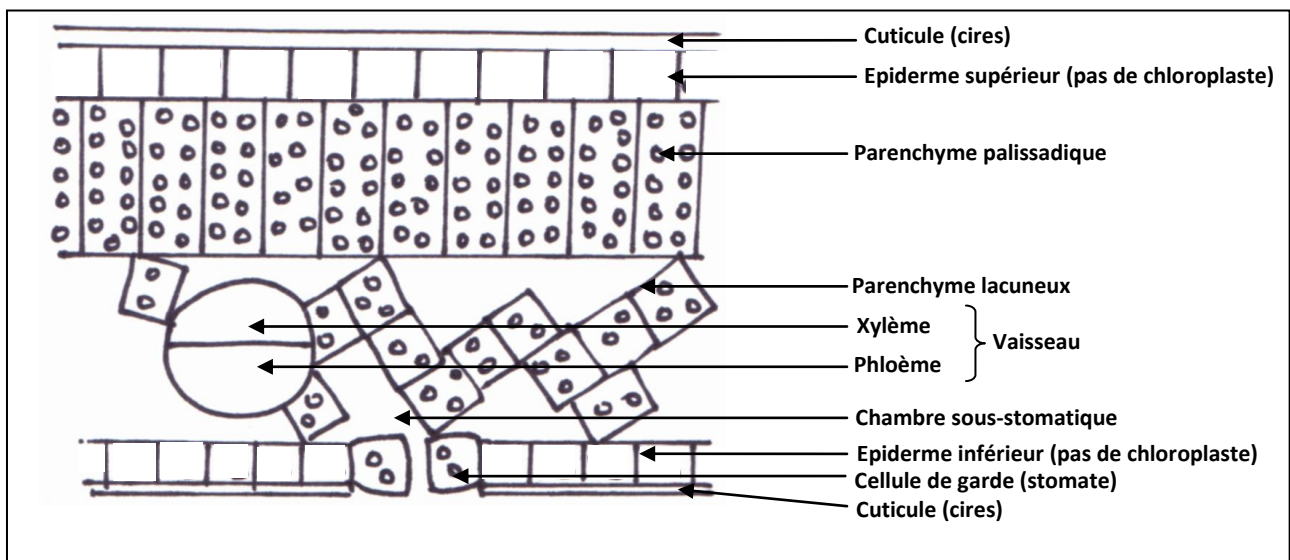
Les feuilles présentent un rapport surface/volume très fort : la surface est maximale et le volume est minimal grâce à une structure plate. Des coupes transversales de feuilles de végétaux montrent :

- un épiderme supérieur formé d'une seule couche de cellules non chlorophylliennes, parfois recouvert d'une couche cireuse (protectrice), la cuticule, peu perméable aux échanges de gaz ou de solutions.

- un parenchyme chlorophyllien palissadique constitué de cellules riches en chloroplastes, aux parois minces et aux vacuoles bien développées : c'est la zone principale de capture de l'énergie lumineuse.

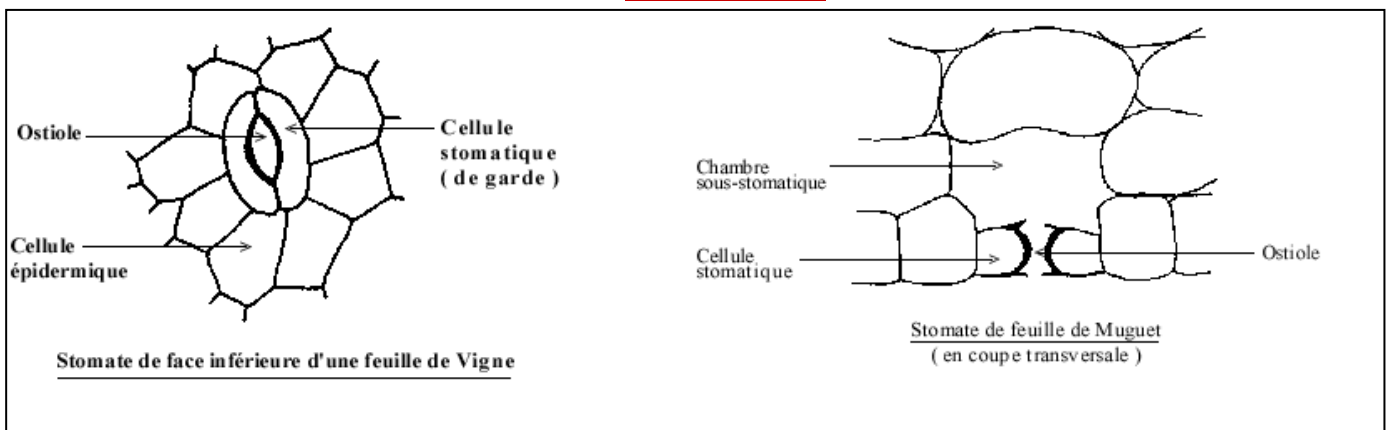
- un parenchyme chlorophyllien lacuneux dans lequel les cellules sont disjointes (méats) : c'est une surface d'échange où la capture de l'énergie lumineuse est moindre mais où la capture du CO₂ est très forte.

- un épiderme inférieur, non chlorophyllien, recouvert de cires et régulièrement interrompu par des perforations : les stomates



b- Les stomates et les échanges gazeux

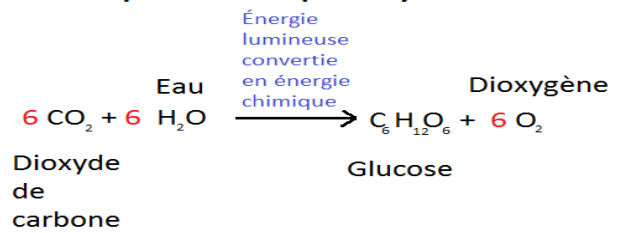
Les stomates permettent les échanges gazeux entre l'atmosphère et le milieu intérieur de la plante (entrée de CO₂, sortie d'O₂ et évaporation d'eau H₂O). Les stomates sont formés par deux cellules de garde (chlorophylliennes) entourant un orifice appelé ostiole. L'ouverture de l'ostiole est variable et peut être contrôlée. Ils s'ouvrent à la lumière et se ferment à l'obscurité ou lors de fortes chaleurs. Les stomates sont présents principalement sur les faces inférieures des feuilles afin de réaliser une économie d'eau.



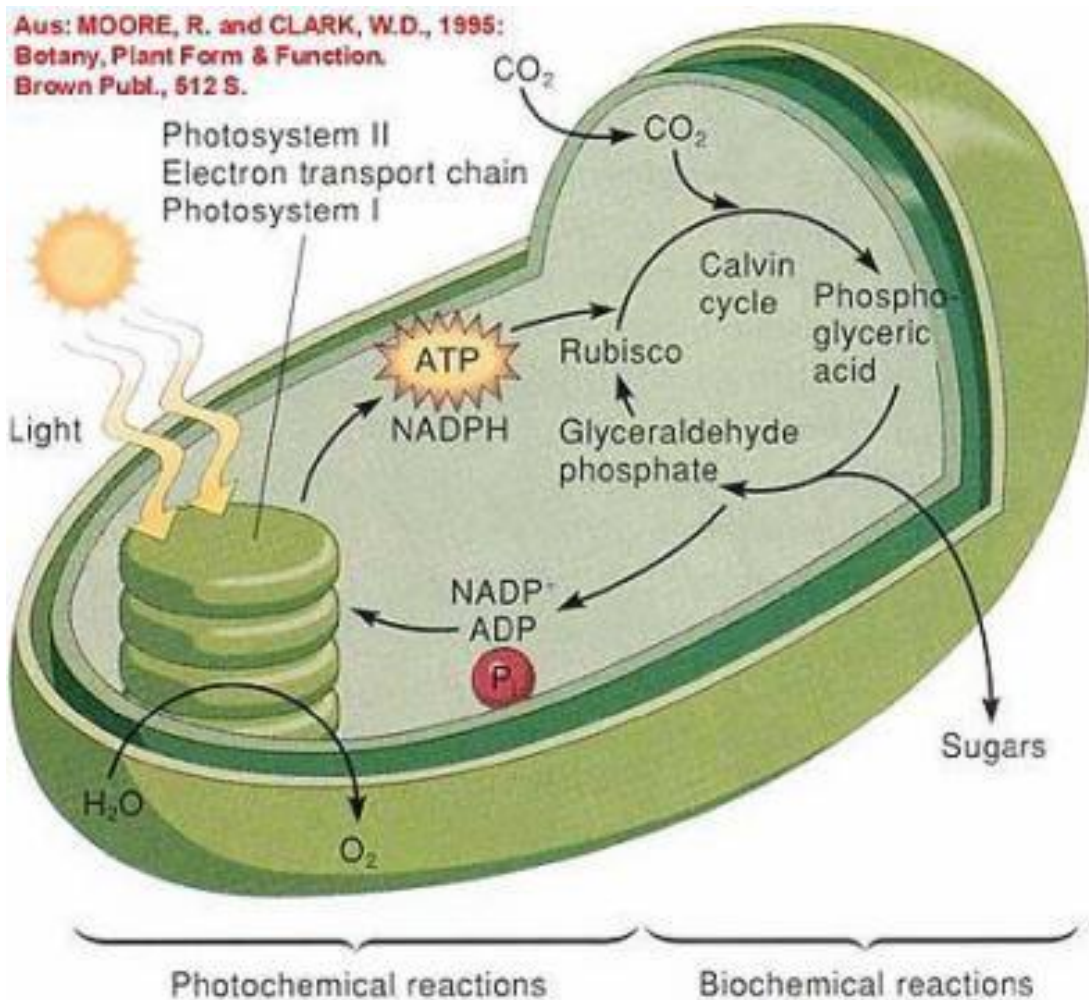
c- La réalisation de la photosynthèse

Les plantes (et les végétaux en général) sont autotrophes pour le carbone : ils réalisent la photosynthèse dans leurs organes chlorophylliens, ce qui permet la synthèse de matière organique (glucide comme le glucose).

Équation de la photosynthèse



La capture de l'énergie lumineuse est réalisée au niveau des chloroplastes, plus précisément au niveau de structures filamenteuses appelés thylakoïdes. Les membranes des thylakoïdes sont riches en pigments, notamment la chlorophylle. De nombreuses réactions permettent ensuite la transformation de l'énergie lumineuse en énergie chimique (ATP et pouvoir réducteur) qui permettent de fixer les molécules de CO₂ sur les molécules organiques pour former des glucides.

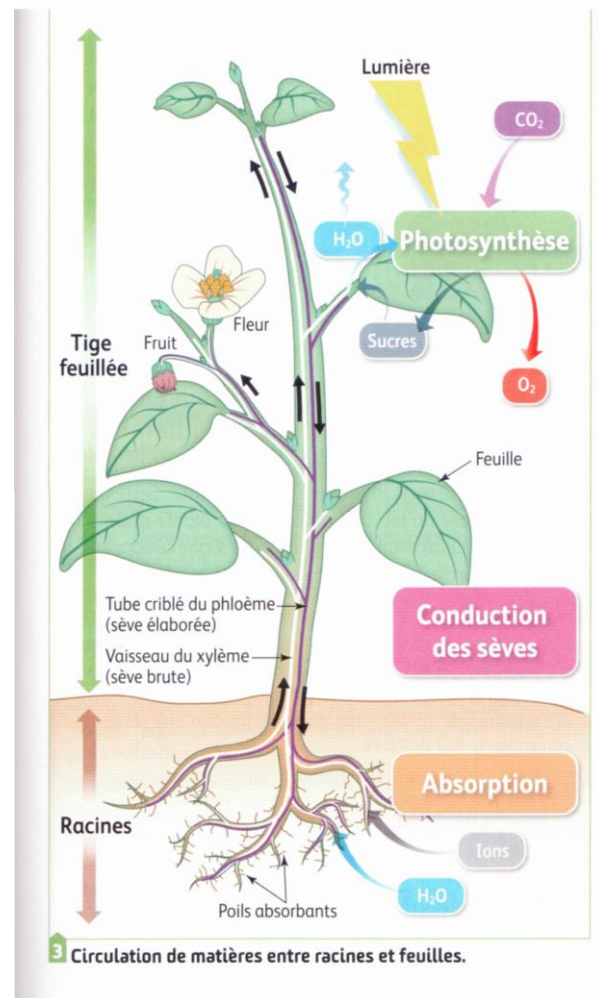


NB : Les parties chlorophylliennes (feuille, tige) doivent donc capter du CO₂ et de la lumière. Néanmoins, le taux de CO₂ atmosphérique est de l'ordre de 0.038% (380 ppm) : cette substance est donc fortement diluée et les mécanismes d'absorption de ce gaz doivent être très efficaces !

4- Les échanges au sein du végétal : les sèves et les vaisseaux

Une plante utilise son système racinaire pour prélever l'eau et les sels minéraux du sol. Ces composés sont ensuite chargés dans la sève brute, conduite par le xylème et remonte vers les tiges et les feuilles. Les vaisseaux du xylème sont généralement de grande taille, formés de cellules mortes (vides) et renforcés par des dépôts de lignine formant des motifs (spiralés, annelés ...). Dans les feuilles, les vaisseaux du xylème se ramifient pour amener l'eau et les sels minéraux à l'ensemble des cellules foliaires.

La photosynthèse permet la production de glucides (photoassimilats) qui sont alors chargés dans la sève élaborée, conduite par le phloème. Le phloème distribue la sève élaborée vers les tiges, les racines mais aussi vers les bourgeons, les fleurs, les graines, les fruits ... Les vaisseaux du phloème sont généralement plus petits et formés de cellules vivantes qui communiquent par des ponctuations.



II- Les organes végétatifs et la défense des plantes

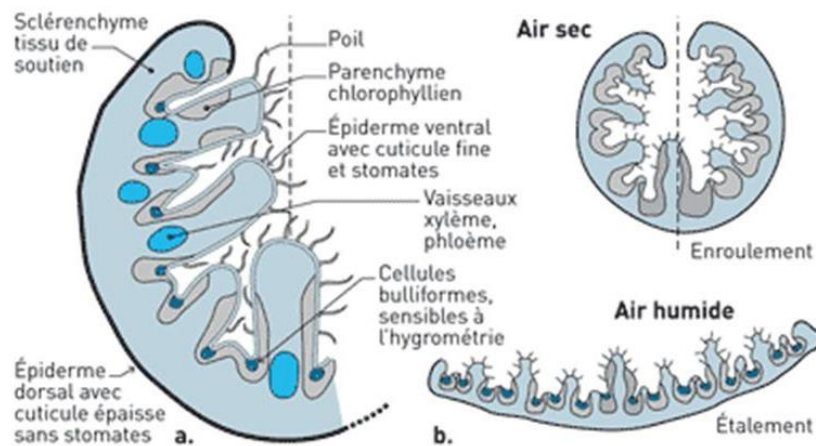
1- Les adaptations aux agressions du milieu

Les plantes ont une vie fixée et doivent s'adapter aux conditions fluctuantes du milieu (variations journalières, saisonnières ...).

a- Quelques adaptations pour éviter la déshydratation

La disponibilité en eau est généralement très fluctuante. Plusieurs mécanismes permettent l'économie d'eau :

- La cuticule des feuilles permet de diminuer les pertes hydriques
- l'ouverture des stomates est contrôlée (ouverture plus faible aux heures les plus chaudes)
- certains végétaux (l'Oyat) présentent une feuille repliée sur elle-même qui permet de piéger la vapeur d'eau et favoriser la formation d'une couche d'air limite (CAL).



Les mouvements des feuilles sont dus à des variations d'hydratation des cellules du tissu bulliforme. En cas d'humidité, ces cellules se gorgent d'eau et leur volume augmente, entraînant l'ouverture de la feuille. En cas d'air sec, elles se déshydratent et perdent du volume, ce qui entraîne la fermeture de la feuille sur elle-même.

b- Quelques adaptations contre le froid

Dans les régions tempérées, la mauvaise saison correspond à l'hiver, saison caractérisée par une baisse des températures, une diminution de la photopériode et une diminution de l'accessibilité de l'eau (si elle est gelée)

- Les arbres présentent des tiges très épaissies (troncs et branches) présentant des couches concentriques de bois (les cernes). Ces couches sont formées de cellules creuses (bon isolant thermique)
- Lors de l'hiver, les feuilles tombent et évitent le gel des feuilles et la désorganisation du végétal. La circulation des sèves est alors fortement ralentie.
- Les bourgeons sont protégés par des écailles épaisses et recouvertes de cires (et de propolis)

- Les cellules végétales sont capables de s'acclimater au froid : elles produisent des protéines limitant les effets du froid et du gel. Cette production est possible lorsque les plantes subissent une diminution progressive de température (pas de changement brutal).
- Les plantes herbacées présentent des formes d'évitement des conditions défavorables (tubercules, graines, rhizomes ...).

2- Les adaptations aux agressions par les autres êtres vivants

L'impossibilité de mouvement des plantes en fait des proies faciles. Néanmoins, certaines d'entre elles présentent des stratégies de défense pour limiter l'attaque par les herbivores.

a- Quelques adaptations morphologiques contre le broutage

De nombreuses plantes présentent des structures limitant le broutage (épines, aiguilles, poils, structures urticantes).

Un Poil Urticant de tige de *Urtica dioïca*
(grande ortie) X 40 au microscope optique



b- Quelques adaptations physiologiques contre le broutage

Certaines plantes produisent des molécules répulsives ou des molécules toxiques pour les herbivores.

Ex : le menthol produit par la menthe éloigne les sauterelles et les criquets

Ex : le tabac produit la nicotine pour intoxiquer les chenilles.

Ex : Les acacias sont également capables de produire des grandes quantités de tannins qui ne sont pas digérés par les herbivores (koudous). Dans ce cas, les plantes peuvent même produire des composés volatils (éthylène) détectés par leurs voisins qui se mettent à produire des tannins avant même d'avoir été brouté.

c- Quelques adaptations par des relations symbiotiques

Dans quelques cas, on a également constaté des symbioses « protectrices ». C'est le cas de certains acacias qui produisent des bulbes souterrains qui sont colonisés par les fourmis. Lorsqu'un herbivore broute l'acacia, les fourmis vont attaquer l'herbivore.

III- Les structures reproductives des plantes

TP10 - L'organisation florale

Objectifs :

- Comprendre la structure de la fleur
- Identifier l'implication des gènes homéotiques dans l'édification de la fleur (modèle ABC)

Matériel :

- Dissection florale
- Observation de plantes sauvages et mutantes d'*Arabidopsis thaliana*

Capacités et attitudes :

- Recenser, extraire et organiser des informations
- Réaliser une observation microscopique et à la loupe binoculaire

1- Organisation générale de la fleur

La fleur est une structure présente uniquement chez les Angiospermes (plantes à fleurs) et qui se développe à partir d'un bouton floral. Elle est généralement composée de 4 types de pièces florales, organisée en verticilles (couronnes concentriques).

a- Les sépales

Les sépales sont des pièces stériles présentes dans le verticille le plus externe de la fleur. Ils sont souvent chlorophylliens et protègent la fleur, notamment lorsque le bouton floral est fermé.

b- Les pétales

Les pétales sont également des pièces stériles, présentes dans le verticille 2. Ils sont généralement plus grands que les sépales, très colorés et présentent des structures très variées qui ont pour rôle d'attirer les insectes pollinisateurs.

c- Les étamines

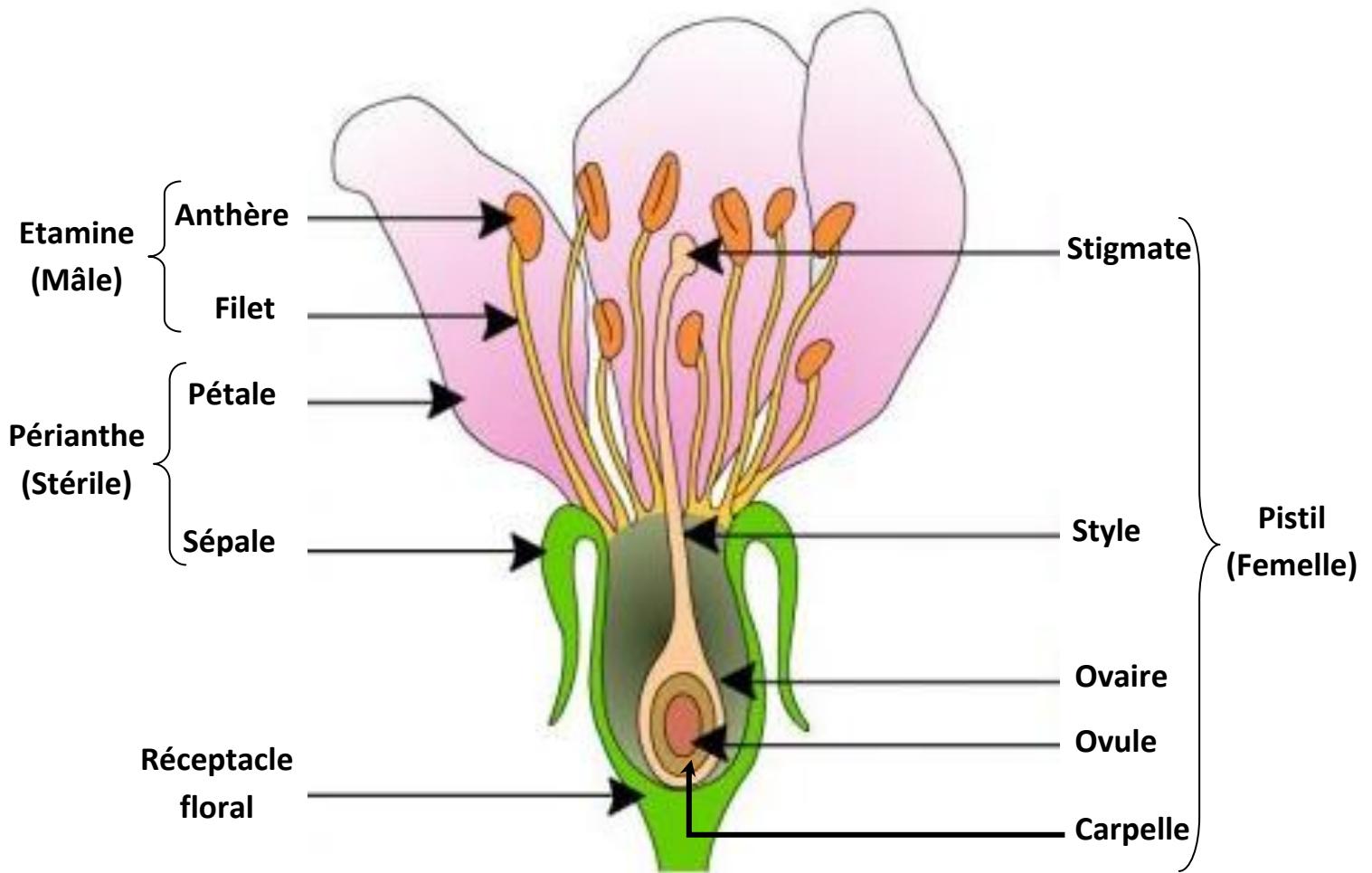
Les étamines sont les pièces fertiles mâles présentes dans le verticille 3. Elles sont formées du filet et des anthères. Les anthères sont composées de loges polliniques dans lesquels les grains de pollen sont formés. Ce sont les grains de pollen qui contiennent les gamètes mâles.

d- Le pistil et les carpelles

Le pistil (ou gynécée) est formé du stigmate, du style et de l'ovaire. L'ovaire contient les carpelles qui contiennent les ovules. Les carpelles sont les pièces fertiles femelles, présentes dans le verticille 4 (le plus interne) : ils produisent les ovules qui contiennent les gamètes femelles.

- Les sépales et les pétales forment le périanthe (ensemble des pièces stériles).
- L'ensemble des étamines forment l'androcée
- L'ensemble des carpelles forment le gynécée

Les fleurs sont donc très souvent hermaphrodites. Néanmoins, certaines fleurs sont soit mâles (pas de pistil) soit femelles (pas d'étamines). De plus, il existe des mécanismes qui favorisent la fécondation croisée de façon à accentuer la diversité génétique.



Coupe longitudinale d'une fleur de cerisier épanouie

QUELQUES EXEMPLES DE FLEURS D'ANGIOSPERMES							
Famille	Nom latin	Nom courant	Photo	Symétrie	Inflorescence	Formule florale	Diagramme floral
Solanacées	<i>Solanum nigrum</i>	Pomme de terre		Actinomorphe	Cyme	O : (5S), ((5P),5E), (2C)	
Solanacées	<i>Lycopersicon esculentum</i>	Tomate		Actinomorphe	Cyme	O : (5S), ((5P),5E), (2C)	
Primulacées	<i>Primula sp</i>	Primevère à 6 pétales		Actinomorphe	Ombelle	O:(6S),((6P),6E),(6C)	
Geraniacées	<i>Geranium robertatum</i>	Geranium Herbe à Robert		Actinomorphe	Cyme bipare	O:5S,5P,10E,(5C)	

2- Le déterminisme génétique de l'édification de la fleur

L'édification des structures de la fleur a été possible grâce à l'analyse de mutants floraux, notamment, chez *Arabidopsis thaliana* (*Arabette des dames*), la plante modèle en génétique moléculaire. Cette plante appartient à la famille des Brassicacées (choux, colza ...) dont la fleur présente une structure en croix avec 4S, 4P, 6E, 2C.

a- Les mutants du développement floral (livre p120)

Il existe de nombreux mutants floraux chez *Arabidopsis thaliana*. Ils sont répartis dans 3 groupes principaux :

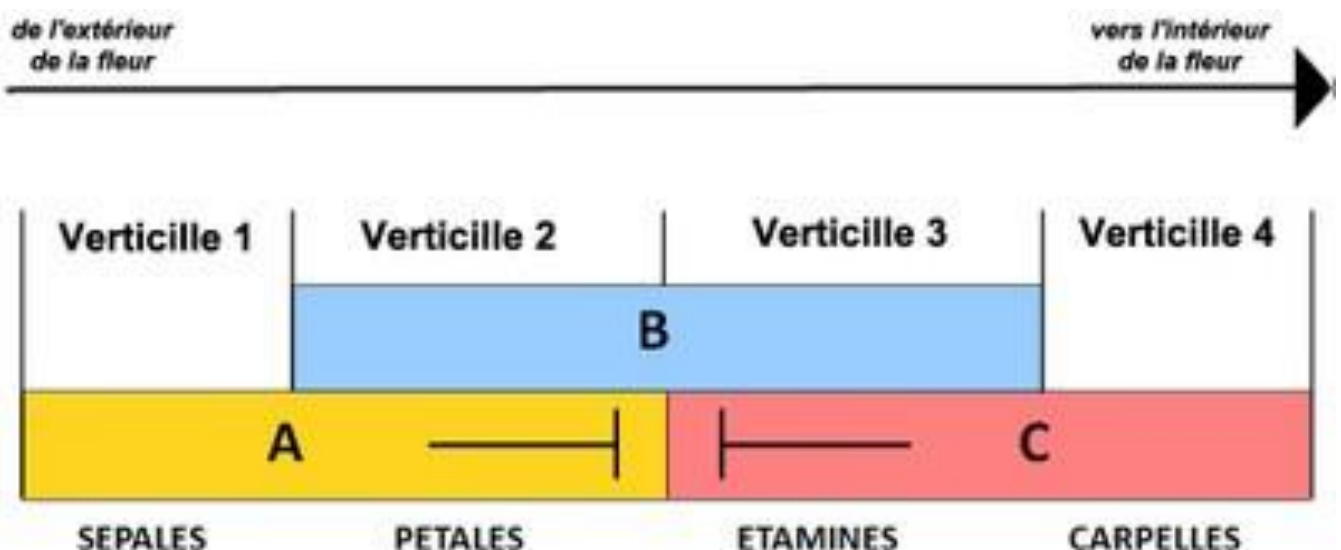
- Les mutants sans sépale et sans pétale (groupe A) - ex : *Apetala1* et *Apetala2*
- Les mutants sans pétale et étamines (groupe B) - ex *Pistillata*
- Les mutants sans étamines et sans carpelles (groupe C) - ex : *Agamous*



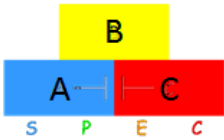
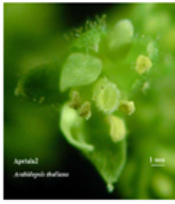
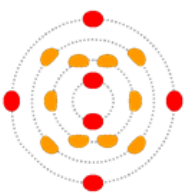
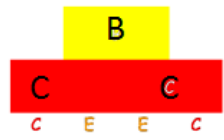


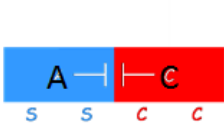


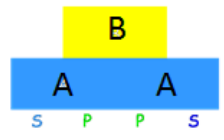
b- Le modèle ABC

Les gènes affectés chez les mutants floraux sont des gènes homéotiques. Ils sont conservés chez les Angiospermes (et même les Gymnospermes pour les gènes B et C). Leur expression permet de différencier les 4 verticilles d'organes floraux, selon le modèle ABC :

- Les gènes A (*AP1*, *AP2*) contribuent à former les sépales
- Les gènes A et les gènes B (*PI*, *AP3*) contribuent à former les pétales
- Les gènes B et les gènes C (*Agamous*) contribuent à former les étamines
- Les gènes C exprimés seuls contribuent à la formation des carpelles.

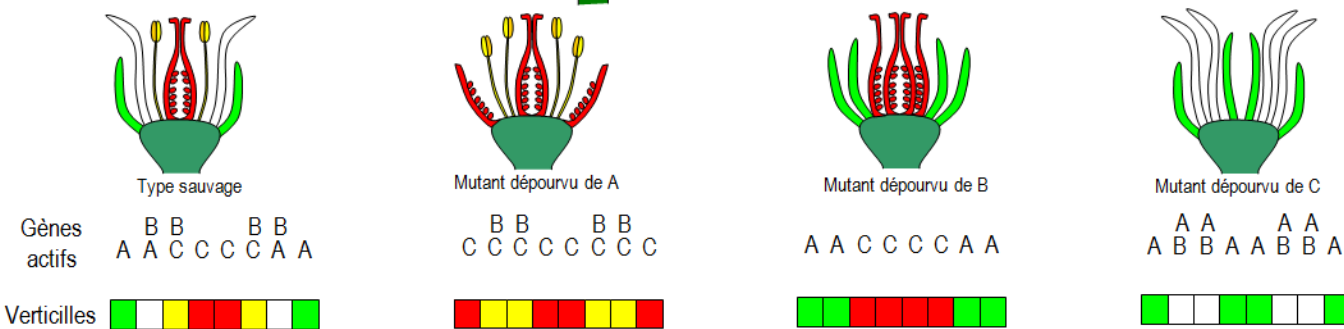
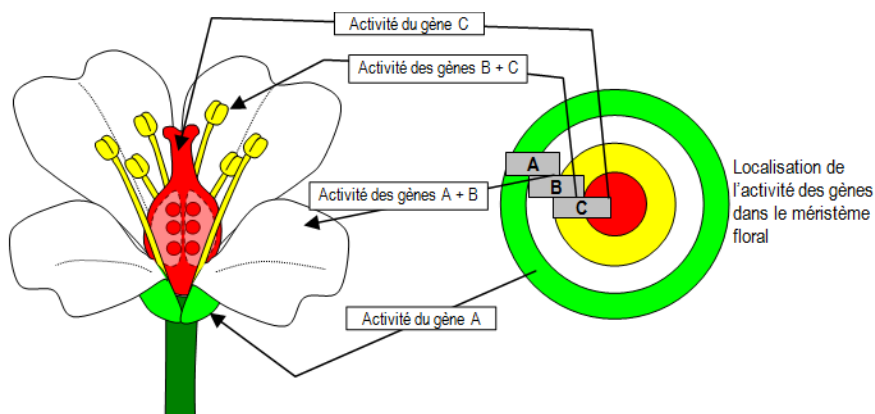
<http://www.ens-lyon.fr/RELIE/Fleurs/formation/module4/demo-m4-1.htm>



	Phénotype	Verticilles				Diagramme floral	Expression des gènes affectés dans la fleur	Nom des gènes pouvant être affectés
		V1	V2	V3	V4			
Fleur sauvage		Se	Pe	Et	Ca			
Mutant Classe A		Ca	Et	Et	Ca			APETALA 1 (AP1) APETALA 2 (AP2)
Mutant Classe B		Se	Se	Ca	Ca			PISTILLATA (PI) APETALA3 (AP3)
Mutant Classe C		Se	Pe	Pe	Se			AGAMOUS (AG)

Source : <http://accs.ens-lyon.fr/accs/ressources/dyna/developpement/ressources/morphogenese-vegetale>

- Carpelles
- Etamines
- Pétales
- Sépales



IV- La vie fixée et le transport du pollen et des graines

TP11 - Dissémination du pollen et dispersion des fruits (facultatif)

Objectifs :

- Comprendre les liens de coévolution entre la structure des fleurs et le développement des insectes (et animaux pollinisateurs)
- Comprendre les liens de coévolution entre la structure des fruits et les animaux.

Matériel :

- Germination du pollen
- Observation et dissection de fruits (tomates, courgettes ...)

Capacités et attitudes :

- Recenser, extraire et organiser des informations
- Réaliser une observation microscopique et à la loupe binoculaire

1- La dispersion du pollen

a- Les structures attractives

La fécondation impose le transport du pollen par des agents pollinisateurs. Certaines espèces sont pollinisées par le vent (anémogamie) ou par l'eau (hydrogamie). Néanmoins, plus de 90% des Angiospermes sont dépendantes des animaux (particulièrement des insectes) pour leur pollinisation (zoogamie).

Généralement, les fleurs présentent des structures attractives pour les insectes :

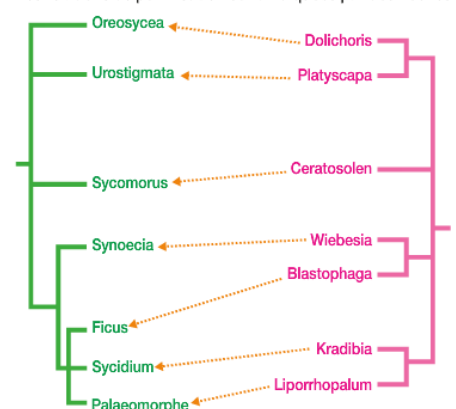
- La présence de nectar
- La présence de signaux visuels attractifs
- La présence de signaux olfactifs attractifs
- Des structures mimétiques (pseudocopulation)

b- Coévolution entre les fleurs et les pollinisateurs

Parfois, ces structures dénotent une relation très étroite entre la fleur et son pollinisateur. Ces relations se sont construites au cours de l'évolution : il y a une influence mutuelle entre la structure de la fleur et son pollinisateur, ce qui aboutit à une coévolution. C'est pourquoi, de nombreuses plantes sont dépendantes d'un seul insecte pour leur pollinisation :

- Ex : Agaonides et Figuier. Chaque espèce de figuier est pollinisé par une abeille du groupe des Agaonides (voir exercice 10). La coévolution est particulièrement explicite car la phylogénie des figuiers présente un arbre qui est le « miroir » de l'arbre des agaonides : chaque espèce a coévolué avec une espèce de figuier.
- Ex : Le Yucca et la teigne du Yucca (voir exercice type IIb=)
- Ex : La vanille et les abeilles Euglossine et Melipona (<http://bulledemanou.over-blog.com/la-vanille/>
<http://vincentcheville.files.wordpress.com/2013/02/fecondation-vanille.pdf>)
- Ex : Ophrys et cas de pseudocopulation : encore une fois, il y a un lien étroit entre l'insecte pollinisateur et l'espèce d'Ophrys pollinisée (vidéo).

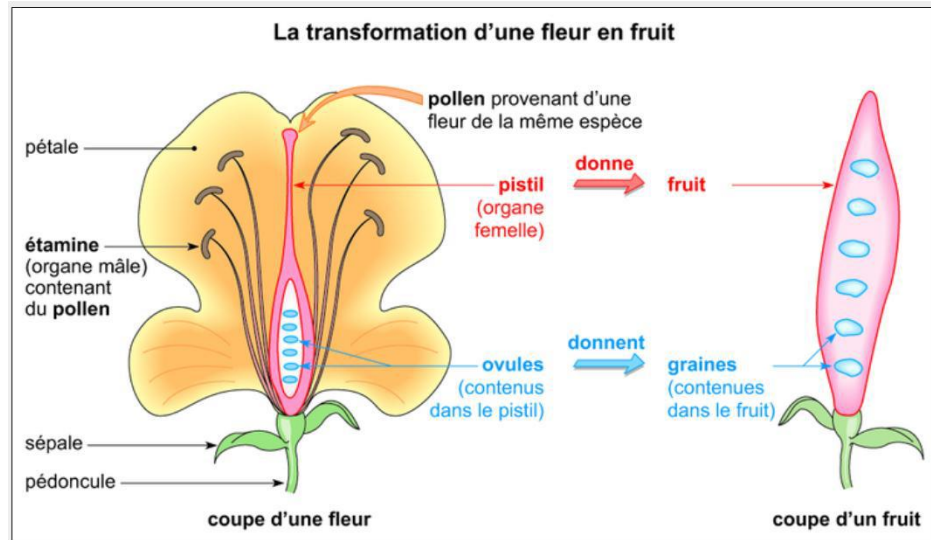
DOCUMENT 4 : phylogénie de quelques groupes de figuiers (en vert) et de quelques groupes d'agaonides (en rose)
Les relations de pollinisation sont indiquées par des flèches.



2- La dissémination des fruits et des graines

a- La transformation de la fleur en fruit

Après la fécondation, la fleur est transformée en fruit. Les sépales, pétales et étamines fanent et seront détruites tandis que le pistil (généralement l'ovaire) se transforme en fruit. Les ovules contenus dans l'ovaire vont se transformer en graines. Ces graines contiennent l'embryon qui permettra de reformer une plante entière lors de la germination.



b- La dispersion des fruits et les agents de dispersion.

Pour assurer le succès évolutif d'une espèce, il est nécessaire d'avoir un certain nombre d'individu assurant la diversité génétique et la pérennité de l'espèce. La colonisation correcte du milieu est dépendante de la dispersion des fruits et des graines. Les Angiospermes sont adaptés à de nombreux modes de dispersion comme :

- le vent (anémochorie) ex : pissenlit
- l'eau (hydrochorie) ex : noix de coco
- la chute gravitaire (barochorie) ex : marron, châtaigne
- les animaux (endozoochorie) : tous les fruits charnus (cerises, abricot ...)
- les animaux (epizoochorie) fruits qui s'accrochent au pelage (bardane, carotte sauvage)

Ces nombreuses adaptations sont probablement à l'origine du succès évolutif des Angiospermes (apparus depuis 135 Ma et dispersés partout à la surface du globe).

c- La coévolution entre le fruit et les animaux

La collaboration entre la plante et l'animal disséminateur est cruciale pour permettre aux plantes de compenser les contraintes de la vie fixée. Dans certains cas, on constate également des éléments de coévolution.

- Ex : Coévolution entre certains arbres et les primates (les primates consomment plus de fruits « sucrés » avec une accentuation des allèles codant les récepteurs du goût sucré et dans le même temps, les plantes à fruits sucrés augmentent leur proportion dans la forêt et se dispersent plus facilement).
- Ex : fruit du gui et consommation par les oiseaux (voir TP)
- Ex : Genévrier de Phénicie (croissance sur des falaises et nécessité des merles et fouines pour être correctement déposé et germer correctement).

La coévolution entre fruit et animal disséminateur correspond au fait que la graine (ou fruit) attire, s'accroche, ou nécessite une levée de dormance par un animal particulier mais les relations sont souvent moins strictes que pour la pollinisation.