

Biologie végétale

Les différents tissus de la plante

Les organes de la plante

Les différentes structures d'une plante à fleur

La racine: structures microscopiques

La tige: structures microscopiques

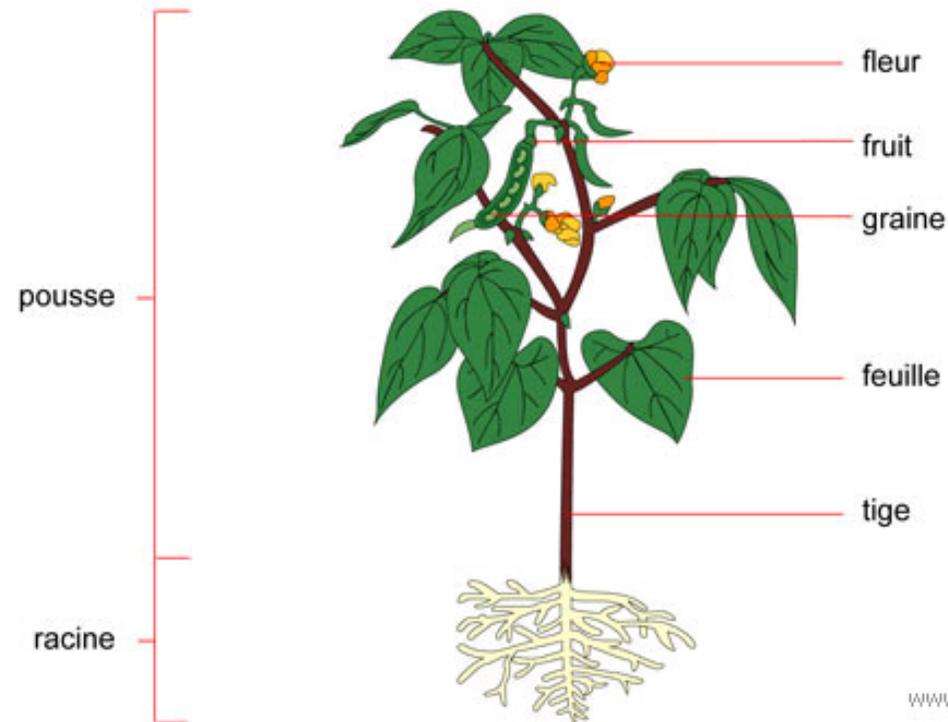
La feuille: structures microscopiques

Les différents types de fruits

Les grands groupes de végétaux

Diagnose florale

STRUCTURE D'UNE PLANTE



Structure d'une plante: être vivant qui a des parois cellulosiques et souvent de chlorophylle et d'amidon; il n'a ni bouche ni système nerveux; il a une mobilité et une sensibilité plus faibles que les animaux.

Fleur: production d'une plante de couleur et souvent odorante.

Fruit: production d'une plante faisant suite à la fleur.

Graine: partie de la plante qui assure sa reproduction.

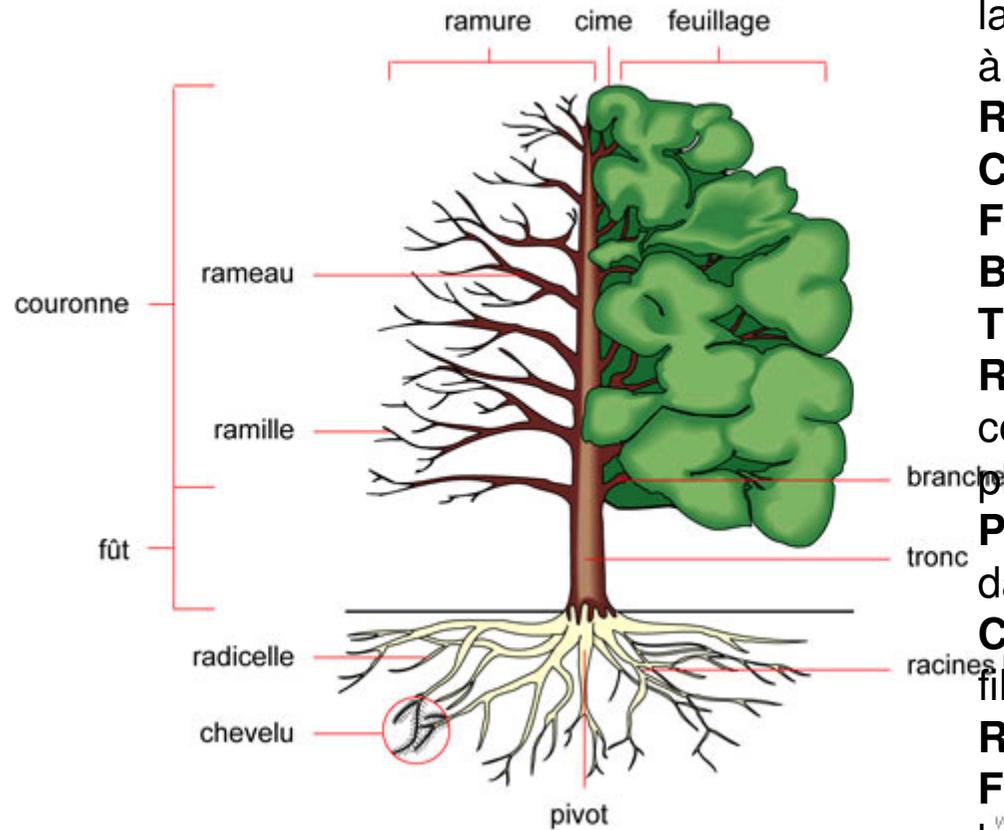
Feuille: partie de la plante dérivée de la tige, généralement de couleur verte.

Tige: partie de la plante qui porte les feuilles.

Racine: ramification souterraine servant à maintenir la plante en place et à la nourrir.

Pousse: partie hors terre de la plante.

STRUCTURE D'UN ARBRE



Structure d'un arbre: grand végétal ligneux dont la tige est nue près du sol et porte des branches à son sommet.

Ramure: branches et rameaux d'un arbre.

Cime: partie la plus haute de l'arbre.

Feuillage: ensemble des feuilles.

Branche: forte ramification du tronc d'un arbre.

Tronc: corps de l'arbre.

Racines latérales: ramifications situées sur le côté et sous terre, servant à maintenir l'arbre en place et à le nourrir.

Pivot: racine principale enfoncée verticalement dans le sol.

Chevelu: partie de la racine qui est remplie de filaments.

Radicelle: petite racine.

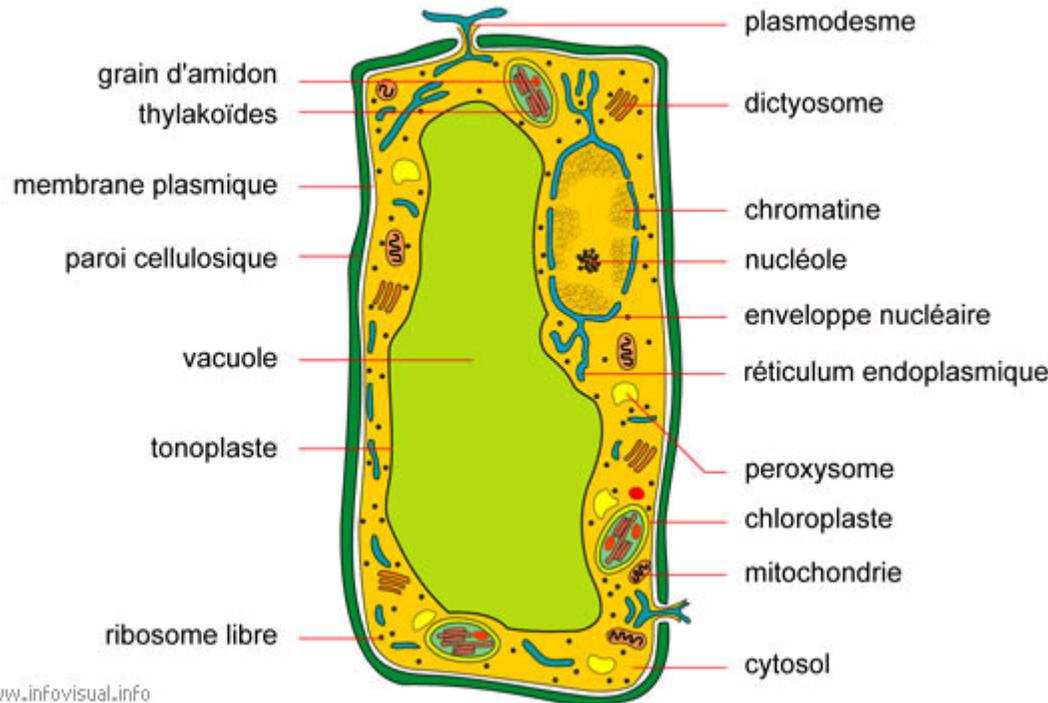
Fût: partie de l'arbre entre les premières branches et le sol.

Ramille: division des rameaux.

Couronne: partie de l'arbre de la première branche à la cime.

Rameau: division des branches.

CELLULE VÉGÉTALE



www.infovisual.info

Cytosol: partie liquide du cytoplasme.

Ribosome libre: organe du cytoplasme qui assure la synthèse des protéines.

Tonoplaste: membrane vacuolaire.

Vacuole: cavité du cytoplasme d'une cellule contenant diverses substances.

Paroi cellulosique: bord de la cellule.

Membrane plasmique: enveloppe faite de plasma.

Thylakoïdes: structure moléculaire membraneuse qui assure la photosynthèse.

Grain d'amidon: granule de féculé.

Cellule végétale: la cellule est un système hautement complexe qui est le siège d'intenses échanges d'énergie et qui présente de vastes surfaces d'interphase. Comme tout être vivant, elle se nourrit, grandit, se multiplie, et meurt.

Plasmodesme: pont intercellulaire.

Dictyosome: organe cellulaire élaborant des sucres et des protéines.

Chromatine: substance du noyau de la cellule qui donne la couleur.

Nucléole: petit corps sphérique présent dans le noyau de la cellule.

Enveloppe nucléaire: membrane enveloppant le nucléole.

Réticulum endoplasmique: formation dans le cytoplasme qui joue un rôle dans la production de substances diverses.

Peroxisome: organelle du cytoplasme contenant des enzymes.

Chloroplaste: grain de chlorophylle assurant la photosynthèse.

Mitochondrie: granule jouant un rôle important dans la respiration et les réactions énergétiques de la cellule vivante.

Les différents tissus des plantes

Types de cellules végétales:

- Cellules du parenchyme (*parenchymateuses*)
- Cellules du collenchyme (*collenchymateuses*)
- Cellules du sclérenchyme (scléreuses)
- Trachéïdes et éléments de vaisseaux
- Cellules criblées

Types de tissus végétaux:

- Tissus de revêtement

= Enveloppe externe de la plante

Rôle :

- protection
- absorption (poils des racines)

- Tissus conducteurs

Conduisent la sève:

- Xylème : sève brute (eau + minéraux)
- Phloème : sève élaborée (eau + sucres)

- Tissus fondamentaux

= tissus de remplissage

Rôle :

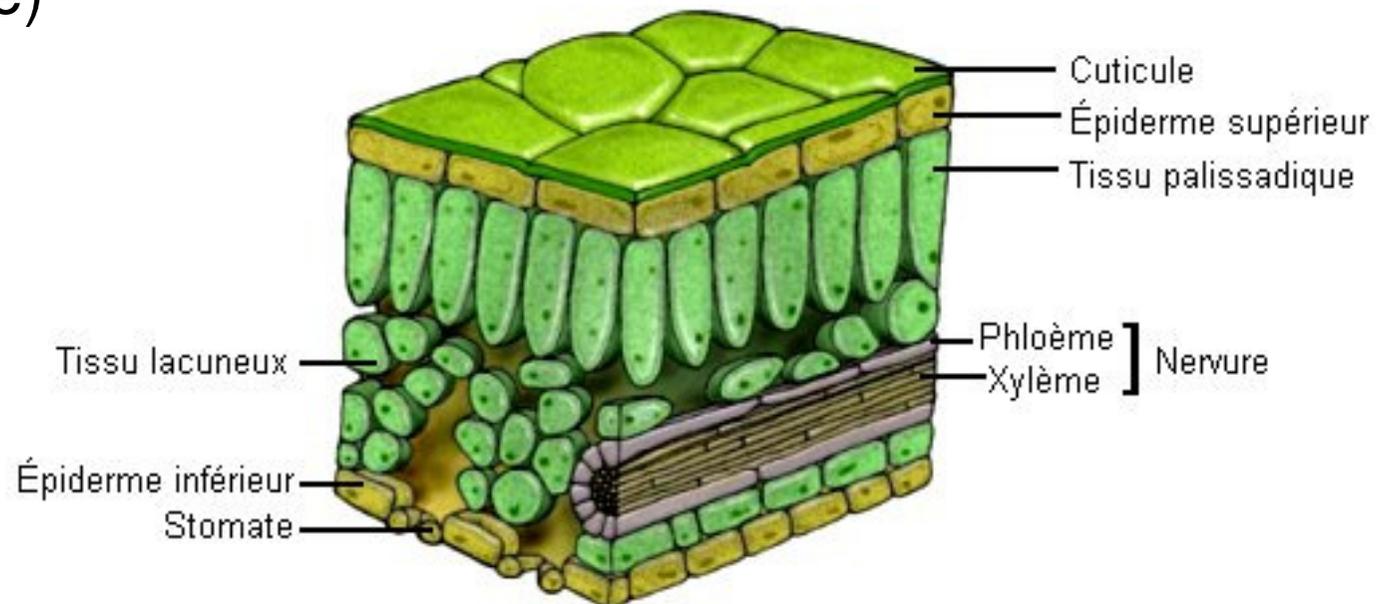
- remplissage
- stockage
- photosynthèse
- soutien

- Méristèmes

= tissus embryonnaires

Tissus de revêtement ou épidermes = tissus de protection

- Une seule couche de cellules en général.
- Recouvrent et protègent les jeunes plants.
- Cellules peuvent former des poils (défense ou absorption de l'eau et des minéraux)
- Cellules peuvent sécréter une couche de cire (cuticule)



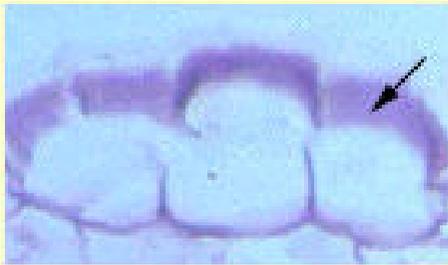
L'épiderme est une assise continue de cellules qui recouvre les organes aériens et les protège contre la dessiccation et les agressions extérieures tout en permettant de réguler les échanges gazeux avec l'atmosphère. C'est un tissu vivant constitué d'une assise unique de cellules de revêtement jointives, de cellules stomatiques et parfois de poils.

- Cellules de revêtement:

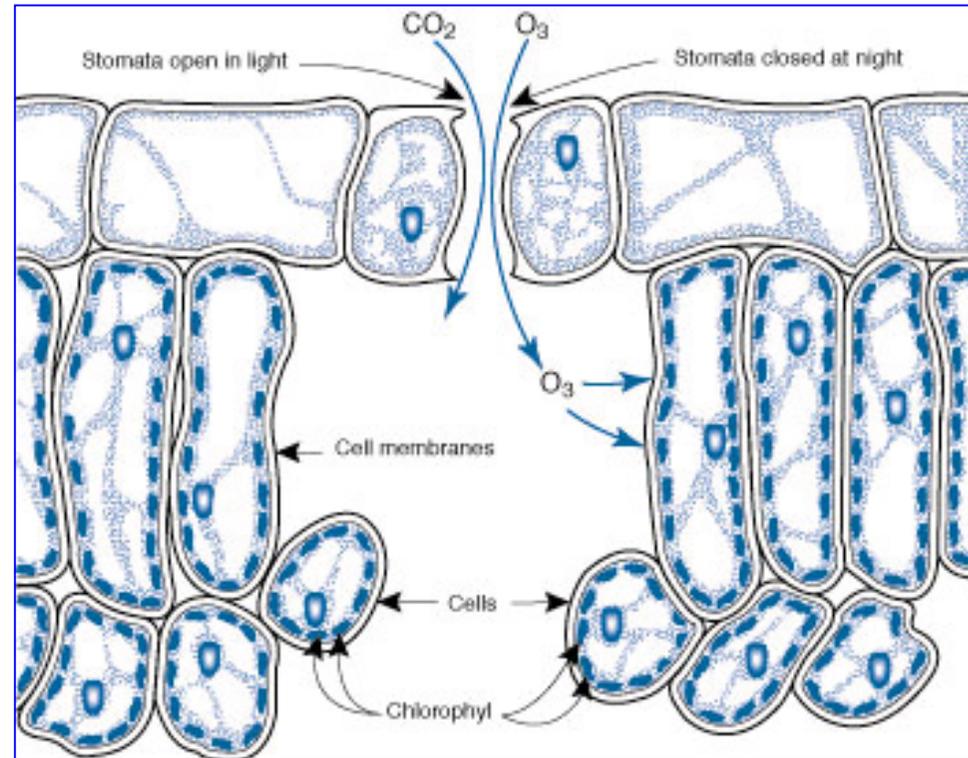
- une seule assise de cellules jointives, sans méats entre elles et généralement dépourvues de chloroplastes,
- paroi externe souvent peu épaisse, pouvant être recouverte d'une cuticule imprégnée d'une substance hydrophobe, la cutine, et d'une couche de cire.
- la cuticule limite les échanges gazeux entre la plante et l'atmosphère, notamment en freinant les pertes d'eau par transpiration.
- son efficacité est fonction de son épaisseur.

- Stomates aérifères:

- ponctuent l'épiderme,
- constitués d'un orifice, l'ostiole, entouré de deux cellules de garde qui se font face au dessus d'un espace vide, la chambre sous-stomatique,
- leur nombre varie selon l'espèce et l'emplacement sur la feuille (absents chez les plantes immergées, présents seulement sur les faces supérieures au contact de l'atmosphère chez les plantes flottantes ; chez les Dicotylédones ils sont plus nombreux sur les faces inférieures, protégées de la lumière).
- ils régulent les échanges gazeux (air et vapeur d'eau) par leur degré d'ouverture qui est fonction des conditions extérieures (T° et humidité).



*Cuticule de l'épiderme
d'une feuille d'Agave.*



Stomate et chambre sous-stomatique

- **Stomates aquifères:**

- situés sur le bord du limbe,
- cellules stomatiques sans chloroplaste,
- ostiole toujours ouvert, en contact avec un parenchyme aquifère et non une chambre sous-stomatique.
- ils assurent la sudation ou guttation (rejet d'eau à l'état liquide sous forme de gouttelettes).

- **Poils:**

- une seule ou plusieurs cellules,
- forme plus ou moins allongée,
- aspect variable : simple, ramifié, globuleux, pelté...
- les poils ont 1 rôle protecteur chez les espèces des régions chaudes, sécréteurs ou encore absorbants.

Tissus conducteurs

Xylème (ou bois) : conduit la sève brute

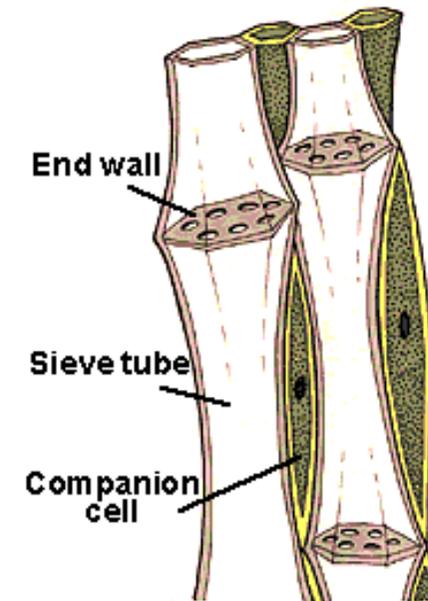
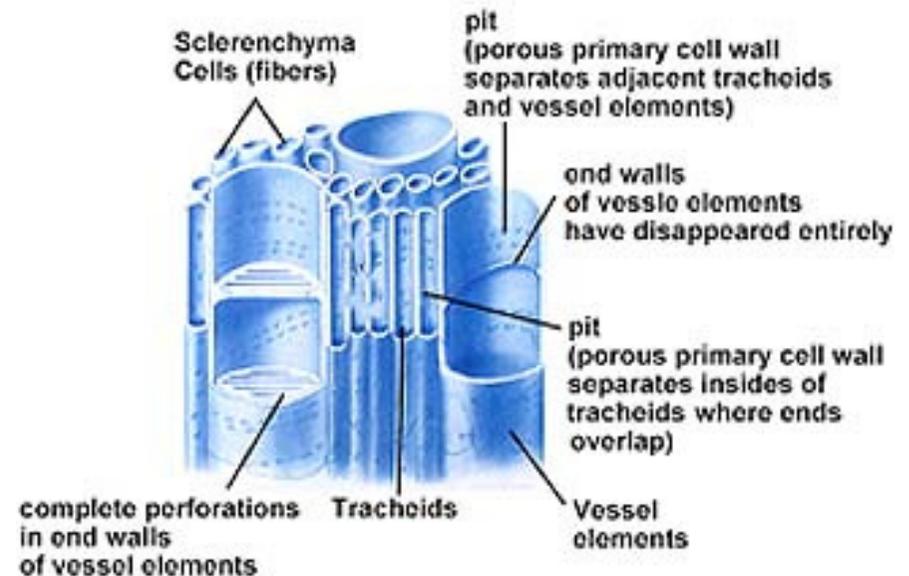
Phloème : conduit la sève élaborée

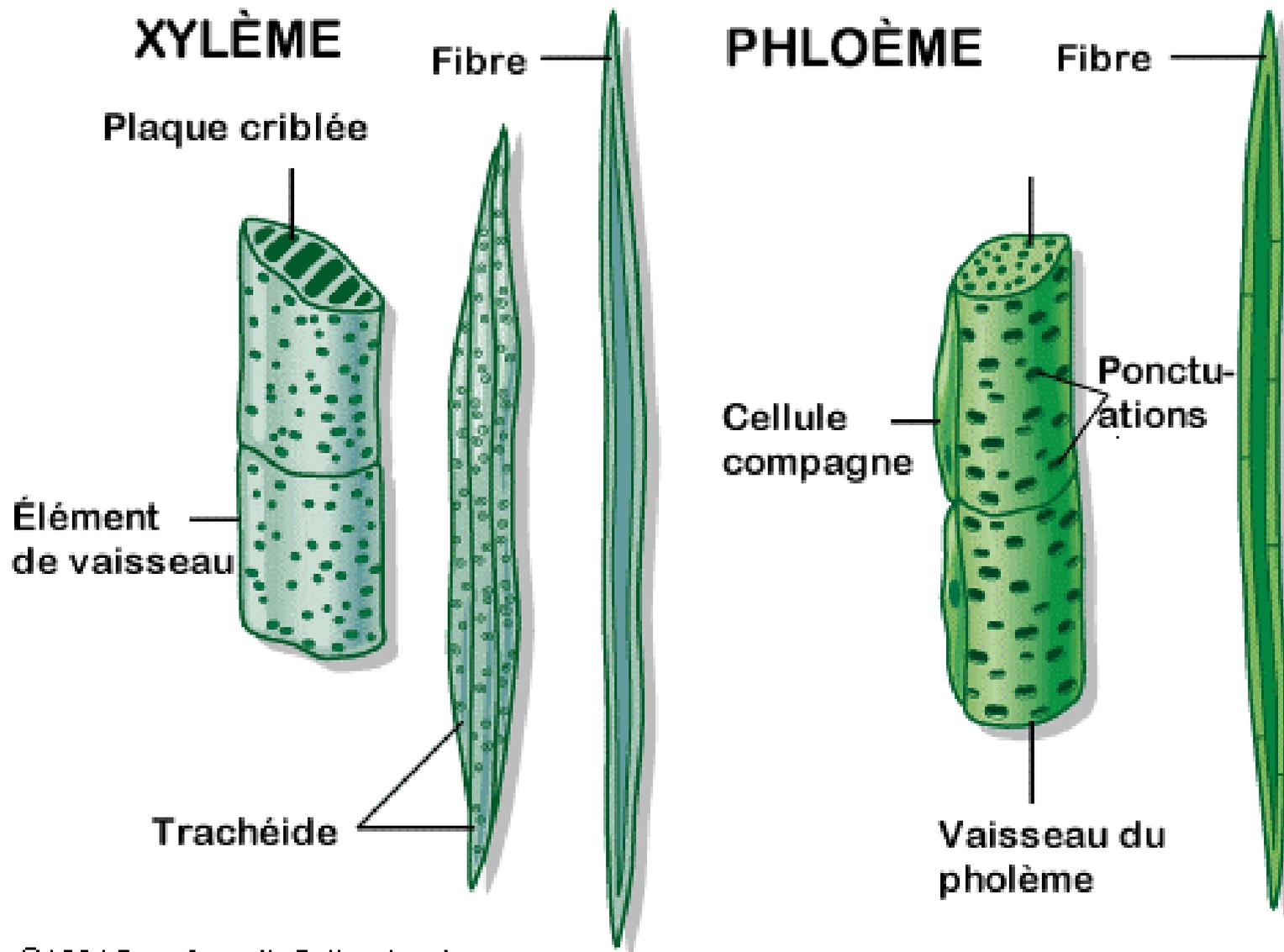
Xylème formé surtout de :

- Trachéïdes
- Éléments de vaisseaux
- Fibres (sclérenchyme)

Phloème formé surtout de:

- Cellules criblées
- Cellules compagnes





©1994 Encyclopaedia Britannica, Inc.

Résumé des différentes cellules du xylème et du phloème

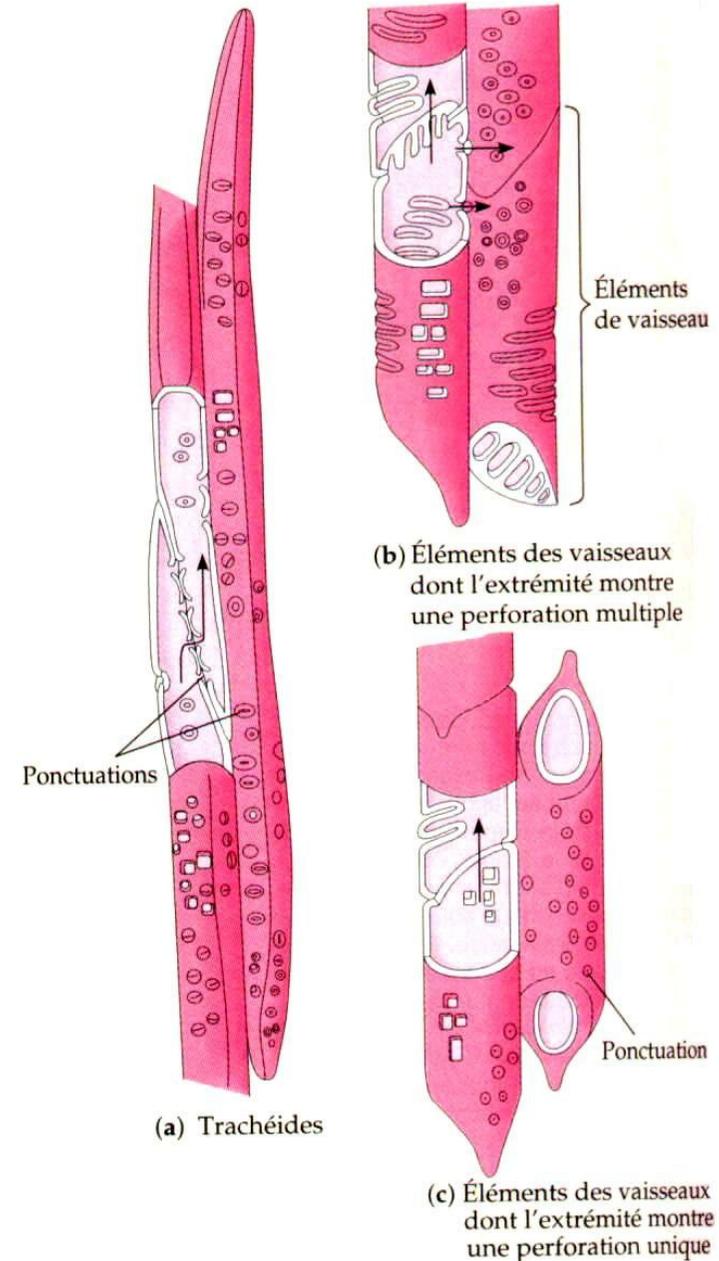
LE XYLÈME	éléments conducteurs <i>(éléments morts)</i>	trachéides	<ul style="list-style-type: none"> - cellules allongées, aux extrémités effilées en biseau, - nombreuses ponctuations.
		vaisseaux	<ul style="list-style-type: none"> - longs tubes constitués par l'assemblage de cellules courtes à parois terminales perforées, - paroi lignifiée. Selon le dessin de la lignification on distingue les vaisseaux : annelés, spiralés, rayés, réticulés, ponctués.
	cellules parenchymateuses <i>(éléments vivants)</i>		<ul style="list-style-type: none"> - plusieurs catégories : de réserve, sécrétrices ainsi que les cellules parenchymateuses dites "de contact" qui bordent les vaisseaux.
	fibres ligneuses <i>(éléments morts)</i>		<ul style="list-style-type: none"> - cellules allongées, étroites, aux extrémités effilées, - paroi lignifiée très épaisse, lumière réduite, - petit nombre de ponctuations et de petit calibre, - on en distingue plusieurs sortes.

Trachéïdes et éléments de vaisseaux du XYLEME

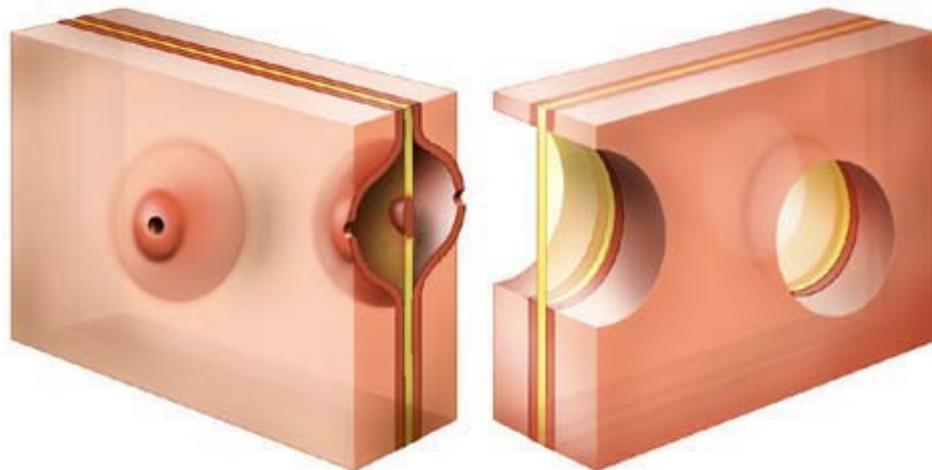
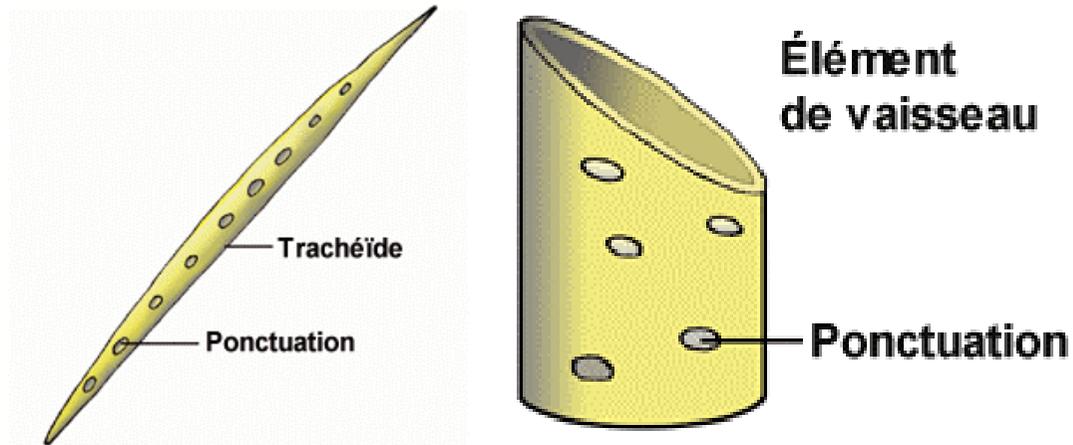
Circulation de la sève brute (eau et minéraux) provenant des racines.

- Trachéïdes minces et allongées.
- Éléments de vaisseaux plus courts et plus gros.

Cellules meurent à maturité.

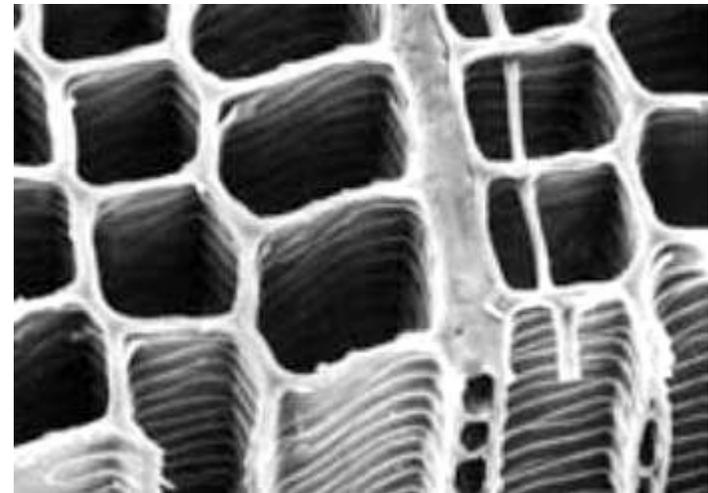
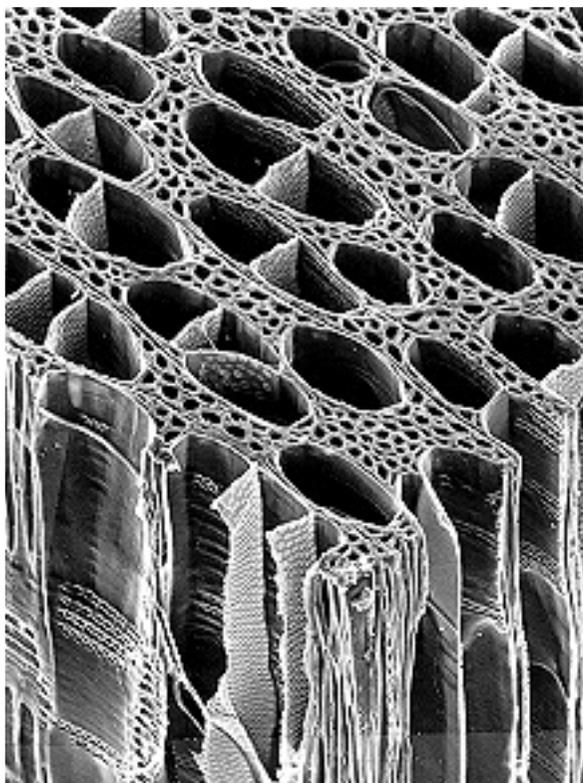
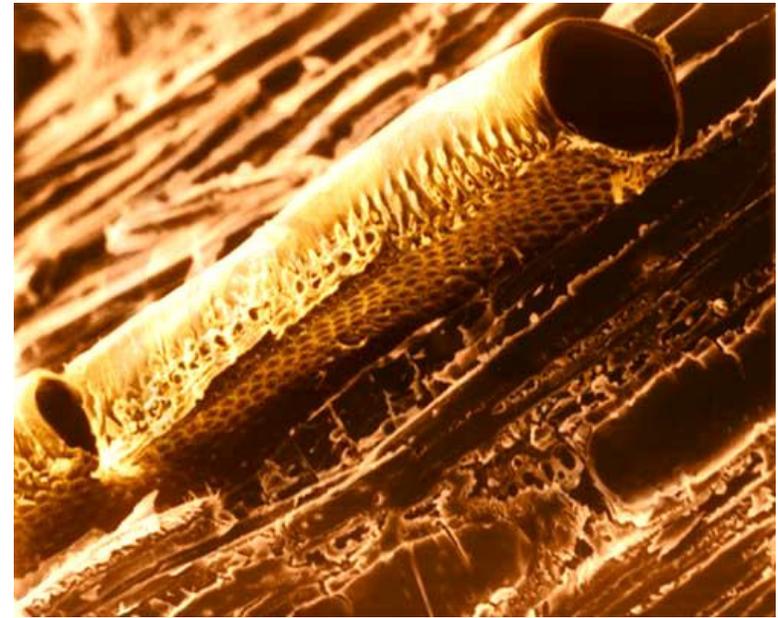
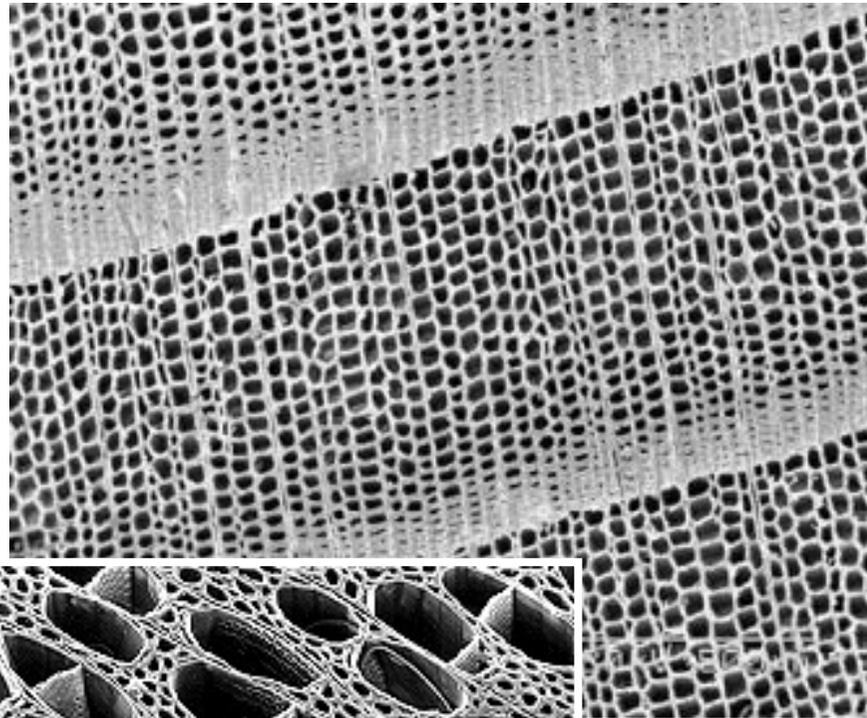


Paroi couverte de ponctuations.



= zones dépourvues
de paroi secondaire;
zones traversées
par un ou plusieurs
plasmodesmes.

Les ponctuations permettent une circulation latérale de la sève¹⁶

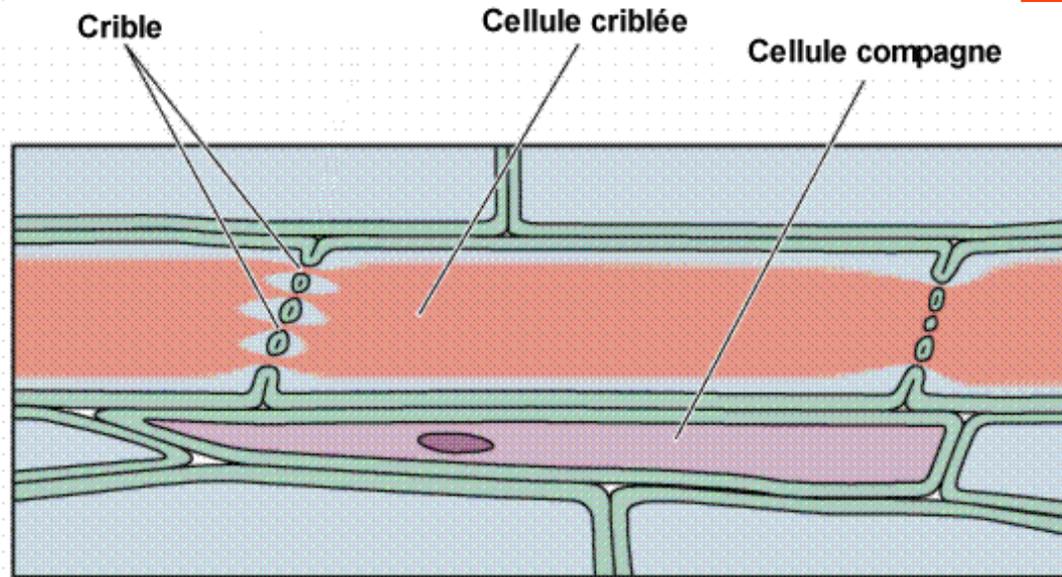
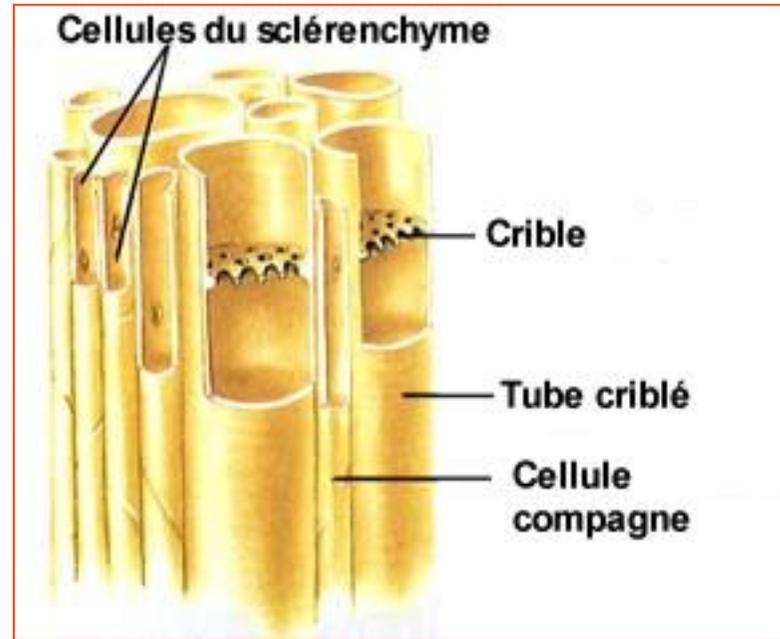


LE PHLOÈME	éléments conducteurs (tissu vivant)	- cellules allongées disposées en file communiquant entre elles par des pores qui interrompent la paroi cellulosique, - pas de noyau ni de vacuole.
	cellules compagnes	- bordent les tubes criblés.
	cellules parenchymateuses	- de réserve, sécrétrices.
	fibres	- cellules à paroi épaisse, lignifiées ou cellulosiques.

Cellules criblées et cellules compagnes du PHLOÈME

Cellules criblées permettent la circulation de la **sève élaborée** (provenant des feuilles).

Cellules criblées sont vivantes, mais dépourvues de noyau.



Cellules compagnes assurent les fonctions que les cellules criblées ne peuvent plus remplir.

Tissus fondamentaux

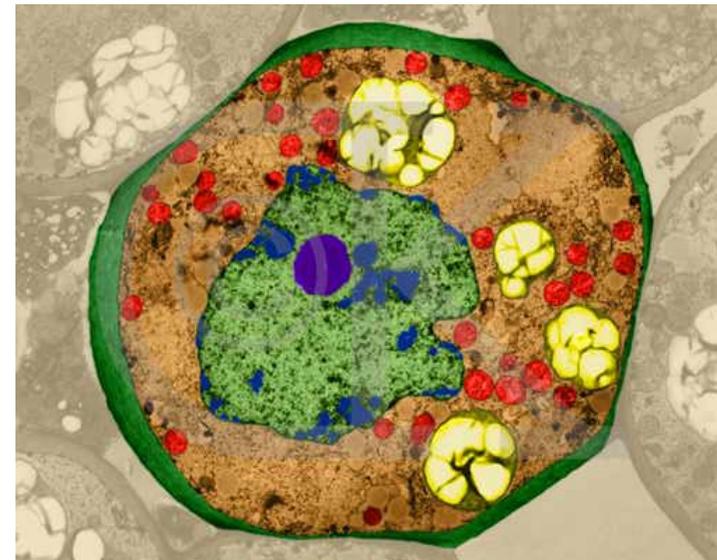
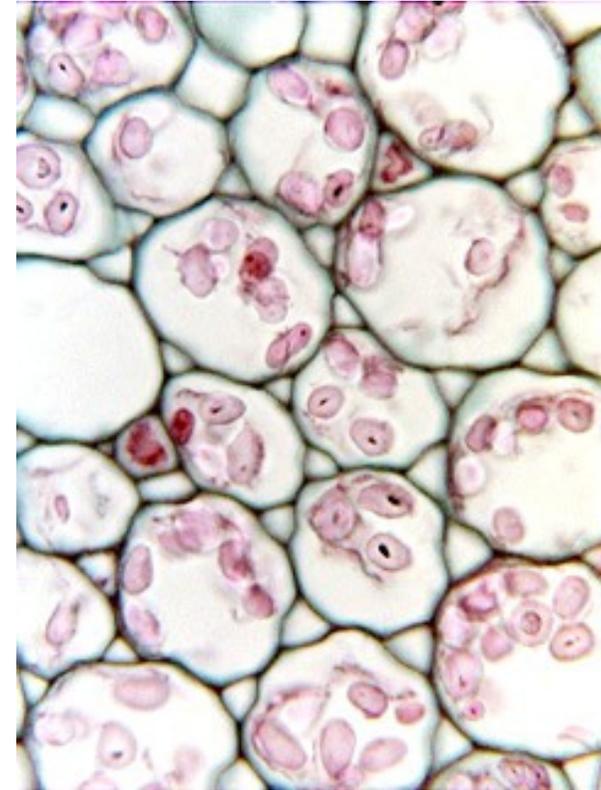
- Constituent la majeure partie des jeunes plants.
- Comblent les espaces entre l'épiderme et tissus conducteurs.
- Contiennent surtout du **parenchyme**. Peuvent contenir aussi du **collenchyme** et du **sclérenchyme**.

Rôles:

- Entreposage
- Soutien
- Photosynthèse

Cellules du **parenchyme**

- Peu différenciées.
- Paroi primaire mince et flexible; pas de paroi secondaire.
- Effectuent la plupart des fonctions métaboliques (synthèse, photosynthèse).
- Peuvent accumuler des réserves (amidon généralement).
- Ne se divisent plus à maturité.
- Peuvent se transformer en d'autres types de cellules dans certaines conditions (blessure, par exemple).

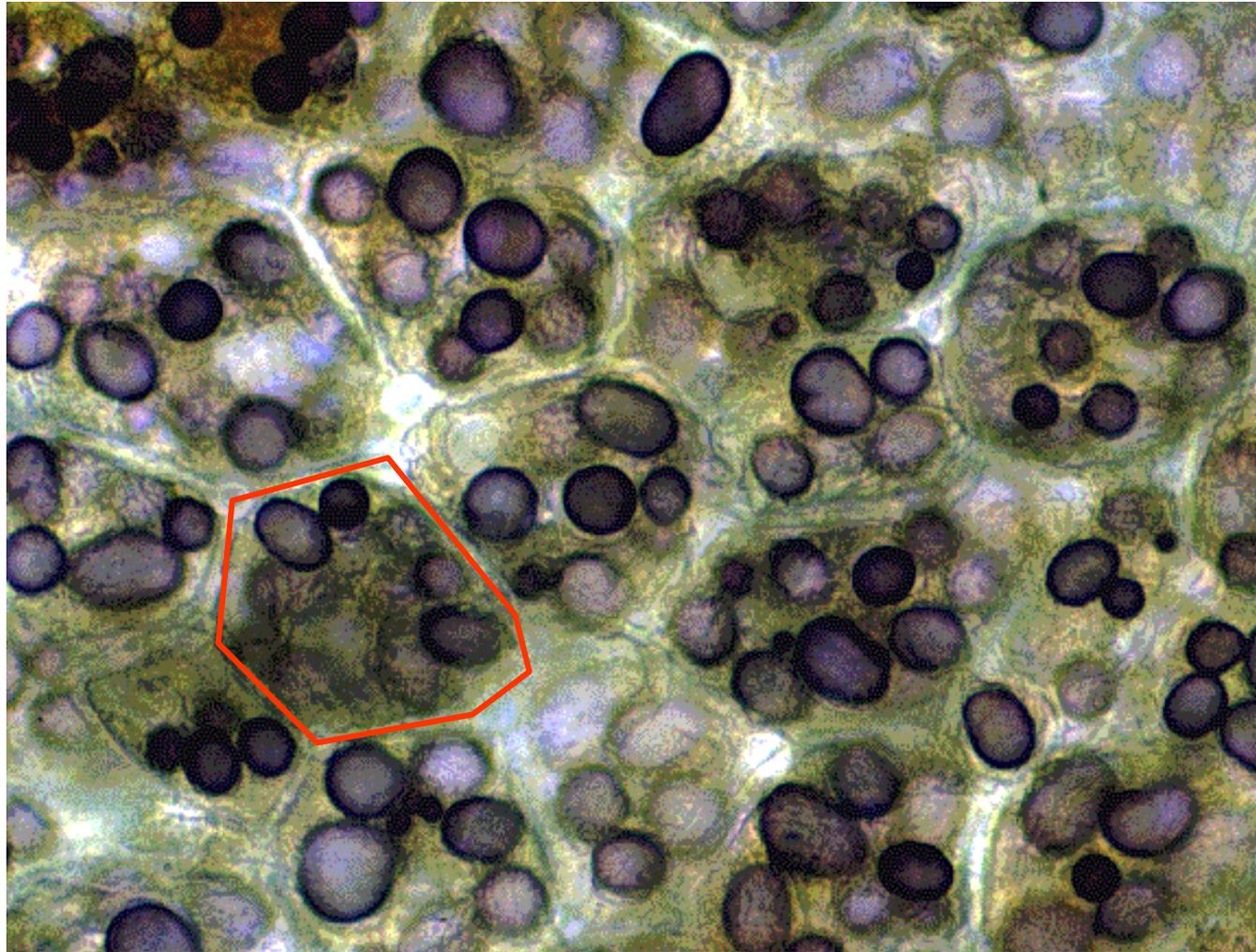


- le parenchyme:

Les parenchymes sont des tissus peu différenciés qui sont le siège des fonctions élaboratrices de la plante (photosynthèse et stockage des réserves). Les cellules parenchymateuses sont en général isodiamétriques ou allongées, plus ou moins arrondies dans les angles. Les espaces qu'elles délimitent alors entre elles sont appelés méats ou lacunes selon leur taille.

<p>Parenchymes chlorophylliens (ou parenchymes assimilateurs)</p> <ul style="list-style-type: none"> - rôle dans la photosynthèse, - cellules en contact sauf décollements formant les méats - nombreux chloroplastes - abondants dans les organes aériens auxquels ils donnent la couleur verte. 	Homogène: un même type de cellule			
	Hétérogène	- deux types de cellules formant :		
		<table border="1"> <tr> <td style="text-align: center;">Parenchyme palissadique</td> <td style="text-align: center;">Parenchyme lacuneux</td> </tr> <tr> <td> <ul style="list-style-type: none"> - 2 assises de cellules allongées serrées les unes contre les autres - très riche en chloroplastes - à la face supérieure de la feuille </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> - cellules courtes, plus ou moins arrondies - nombreuses lacunes où circulation de d'air - moins riche en chloroplastes - à la face inférieure de la feuille </td> </tr> </table>	Parenchyme palissadique	Parenchyme lacuneux
Parenchyme palissadique	Parenchyme lacuneux			
<ul style="list-style-type: none"> - 2 assises de cellules allongées serrées les unes contre les autres - très riche en chloroplastes - à la face supérieure de la feuille 	<ul style="list-style-type: none"> - cellules courtes, plus ou moins arrondies - nombreuses lacunes où circulation de d'air - moins riche en chloroplastes - à la face inférieure de la feuille 			

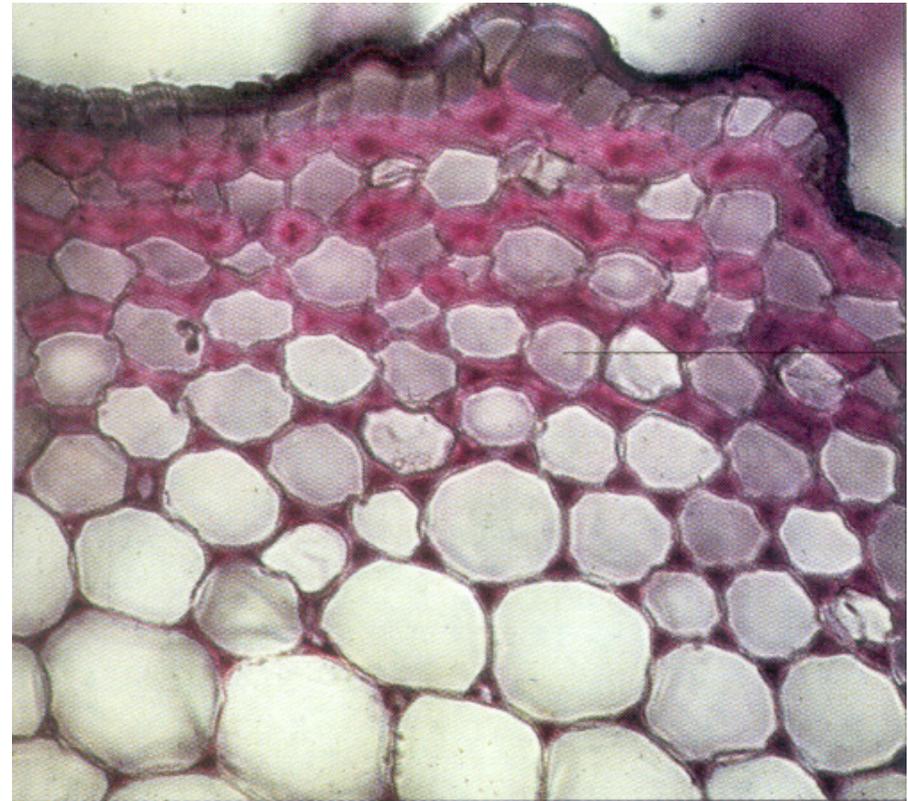
Parenchymes de réserves	- rôle dans la mise en réserve de matériaux élaborés par les cellules chlorophylliennes,	- glucides (fructose et saccharose), inuline, amidon
	- présents dans de nombreux organes tels que les racines, les tiges souterraines (ou rhizomes), les tubercules, les tiges aériennes, les fruits et les graines.	- lipides
		- protides
Parenchyme aquifère	- eau (plantes succulentes)	
Parenchyme aérifère	- air (plantes aquatiques)	



Cellules de pomme de terre (parenchyme)
contenant des grains d'amidon.

Cellules du collenchyme

- Tissu de soutien.
- Paroi primaire épaisse et résistante (épaisse surtout « dans les coins »).
- Cellules allongées (forment des fibres ~ 2mm de longueur).
- Pas de paroi secondaire.
- Soutien des parties en croissance comme les jeunes tiges (élastiques et peu rigides).



Ex. « fibres » dans le céleri

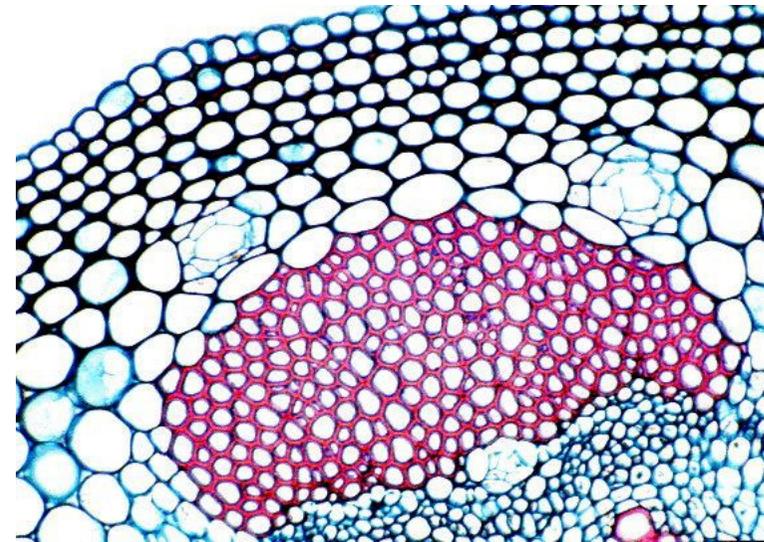
Le collenchyme se forme dans les organes jeunes en croissance, aériens essentiellement. C'est un tissu vivant dont les parois sont épaissies par un dépôt de cellulose, ce qui confère à la plante une grande résistance à la flexion et à la traction, une élasticité et une certaine souplesse. Il est généralement situé en anneaux ou en îlots sous l'épiderme des tiges et des pétioles, ou encore accolé à des vaisseaux conducteurs dans les pétioles ou les limbes des feuilles.

Collenchyme	<ul style="list-style-type: none"> - tissu vivant, - cellules fusiformes plus ou moins allongées, - paroi cellulosique épaissie. - fin cytoplasme, noyau, vacuole unique et volumineuse, - 3 types selon l'épaississement. 	annulaire : dépôt de cellulose uniformément réparti tout autour de la paroi.
		angulaire : épaississement cellulosique de la paroi aux angles.
		tangentiel : épaississement des parois tangentielles seulement (parois parallèles à la surface externe).

Les tissus de soutien assurent souplesse et rigidité aux organes de la plante. Le collenchyme se forme dans les organes jeunes tandis que le sclérenchyme se rencontre dans les organes dont l'allongement est achevé.

Cellules du **sclérenchyme**

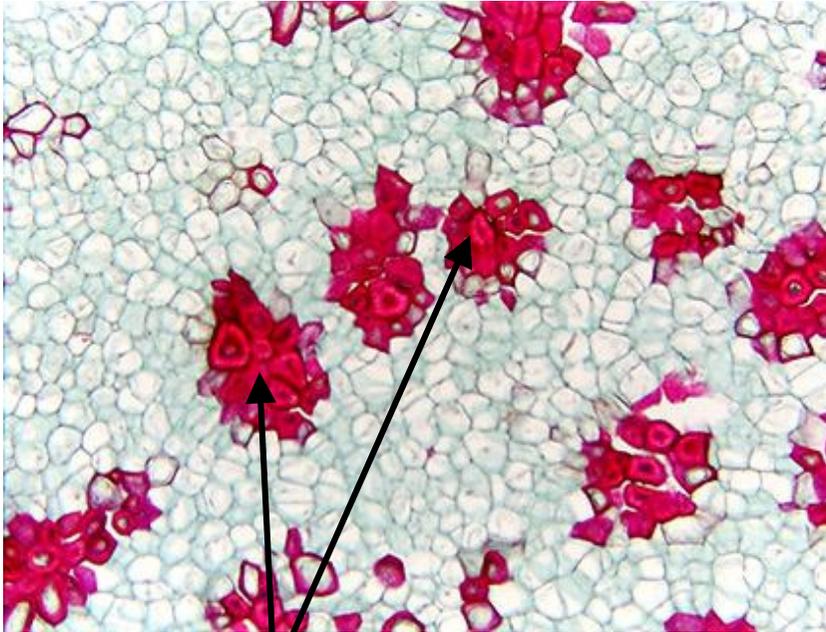
- Cellules de soutien des parties de la plante qui ne sont plus en croissance.
- Cellules allongées (peuvent être très longues; quelques mm à plusieurs cm).
- Paroi secondaire épaisse et rigide imprégnée de lignine.
- Rigides, ne peuvent pas croître.
- Cellules mortes en général.
- Forment des faisceaux = fibres végétales.
- Peuvent former des *sclérites* de forme irrégulière.



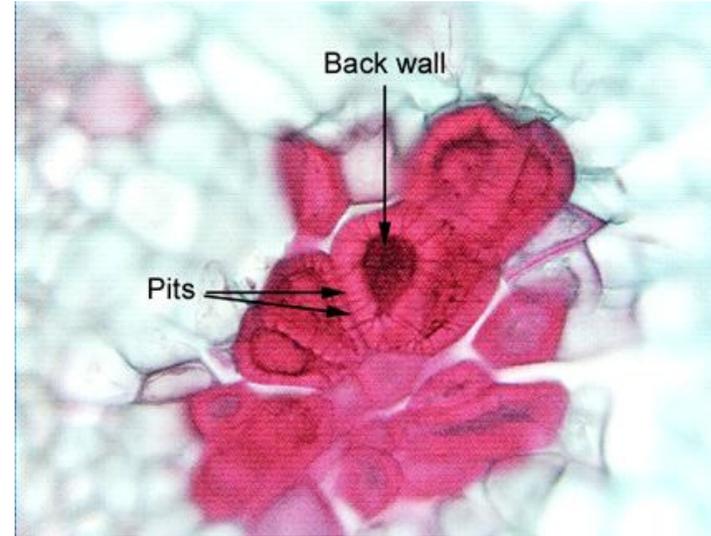
Le sclérenchyme est le tissu de soutien des organes dont l'allongement est achevé. C'est un tissu constitué de cellules mortes dont les parois sont épaissies par un dépôt de lignine qui confère dureté et rigidité à la plante.

On peut rapprocher du sclérenchyme le parenchyme sclérifié qui provient de la lignification des parois de cellules parenchymateuses dans des organes dont la croissance est achevée (exemple : parenchyme médullaire).

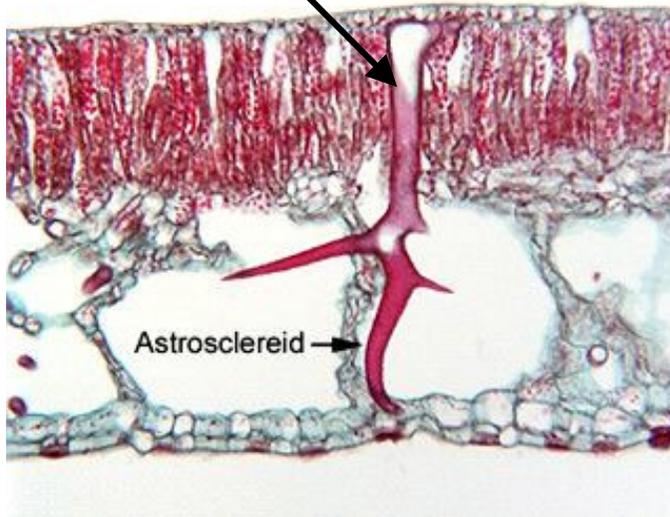
Sclérenchyme	<ul style="list-style-type: none"> - tissu mort, - cellules allongées, - paroi épaisse lignifiée imperméable, - ponctuations - 2 types de cellules. 	<p>fibres scléreuses : cellules très allongées en fuseau, à lumière étroite. Section transversale circulaire, elliptique ou polygonale. En anneau continu sous l'épiderme, proche du cylindre central ou regroupées en îlots.</p>
		<p>sclérites : cellules courtes de forme variable, isolées dans les parenchymes, groupées en amas ou en assises continues. Elles assurent la rigidité ou la consolidation des organes.</p>



Sclérites d'une poire



Sclérites

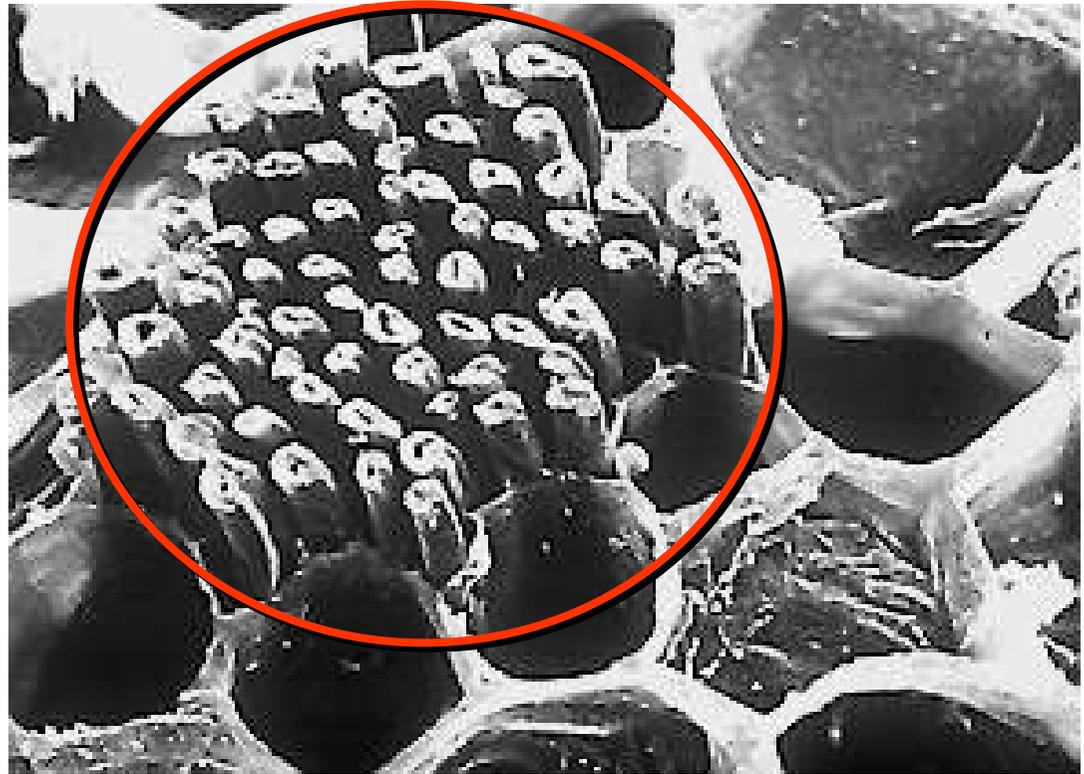


**Sclérites d'une
feuille de
némuphar**



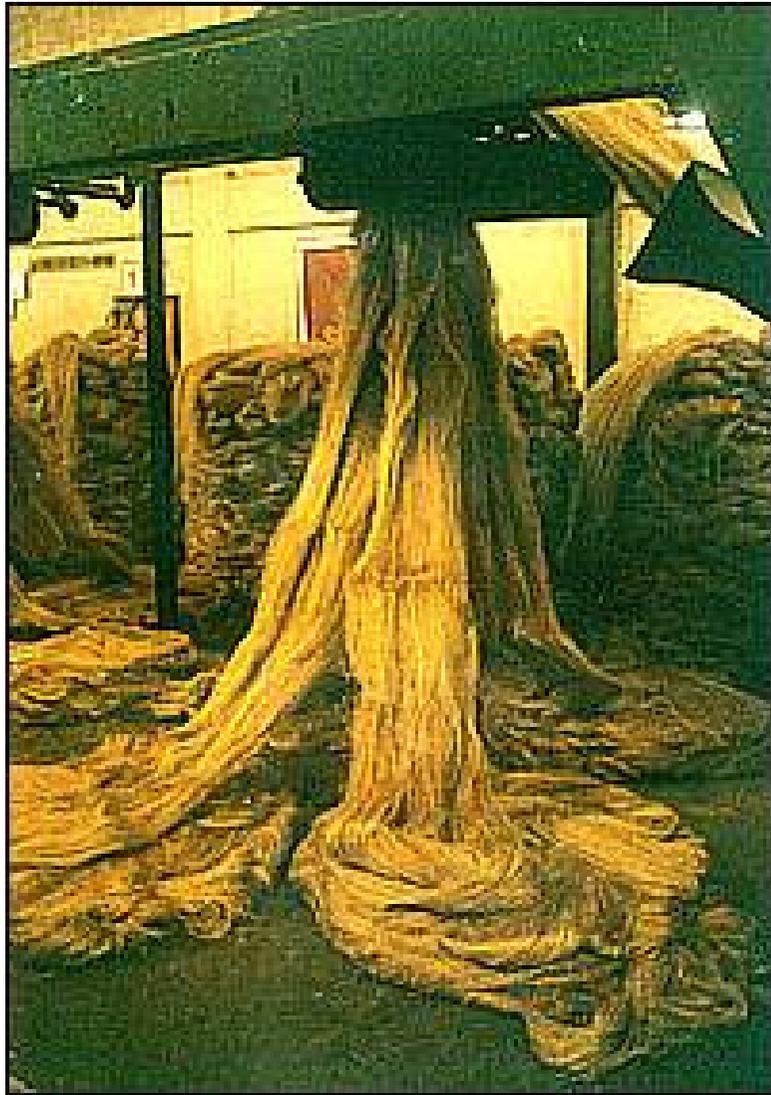
Les feuilles des monocotylédones sont caractérisées par des nervures parallèles renforcées de faisceaux de fibres faites de cellules de sclérenchyme allongées donnant une grande résistance à la traction.

Cette photographie montre un tel faisceau entouré de cellules de parenchyme.



Ce sont de tels faisceaux qui donnent les fibres textiles comme le lin, le chanvre ou le sisal.

W. BARTHLOTT, 1983



Sisal fiber being separated into large rolls and woven at the factory



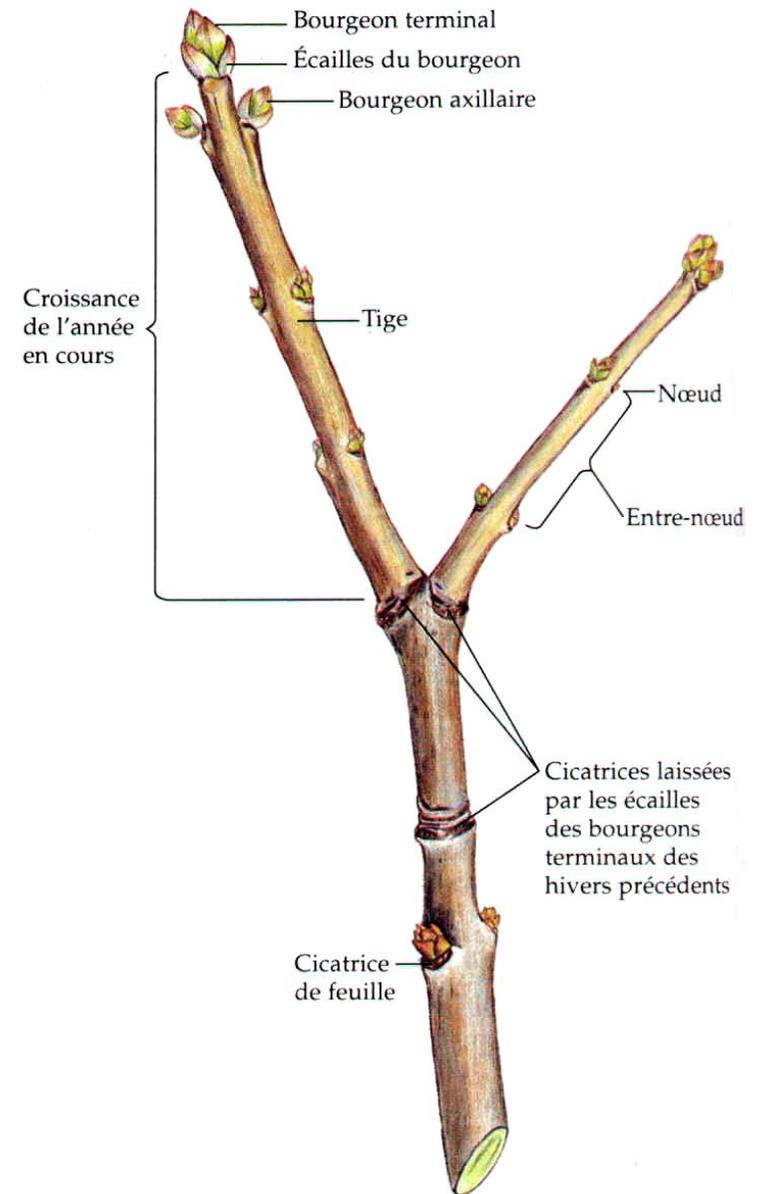
Méristèmes

= tissu responsable de la croissance de la plante.

Formé de cellules embryonnaires indifférenciées.

Ces cellules se multiplient activement et peuvent se transformer et se spécialiser.

Ex. cellules à la base des bourgeons



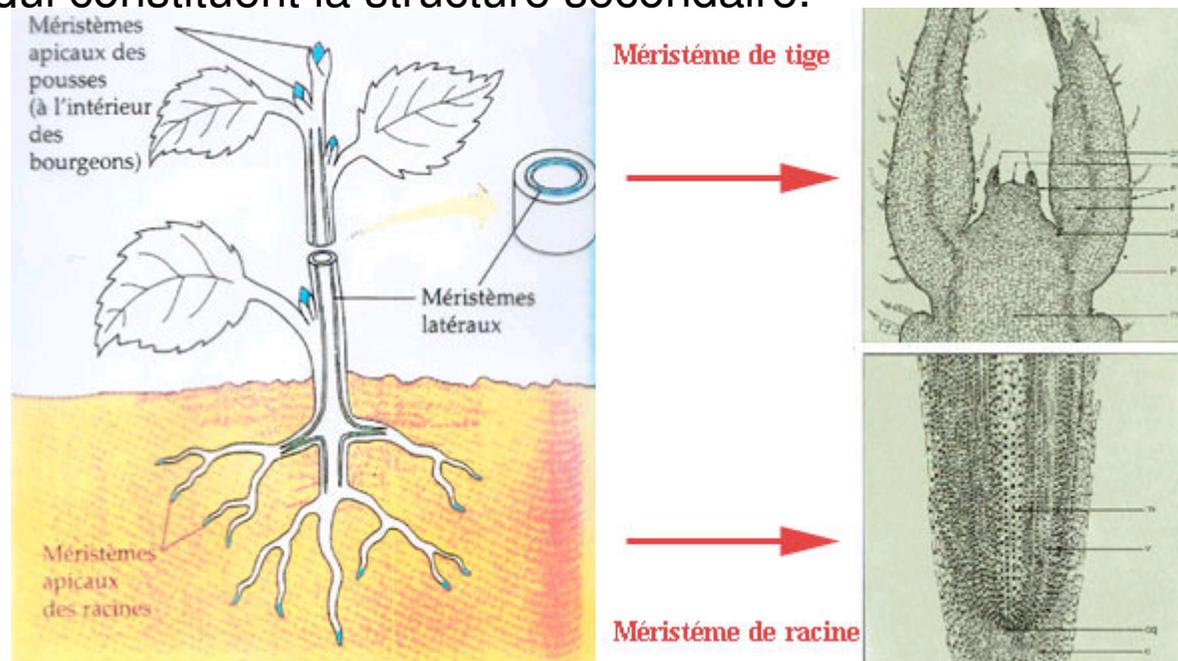
Chez la plupart des végétaux, les différentes fonctions vitales sont assurées par des organes différents, formés de tissus spécialisés. Un tissu est un groupement de cellules de même origine, assurant les mêmes fonctions.

Les tissus se forment à partir des méristèmes, massifs organisés de jeunes cellules indifférenciées qui sont le siège de divisions orientées actives. Ces méristèmes peuvent être fonctionnels peu de temps (plantes annuelles), ou pendant de nombreuses années.

On distingue deux types de méristèmes:

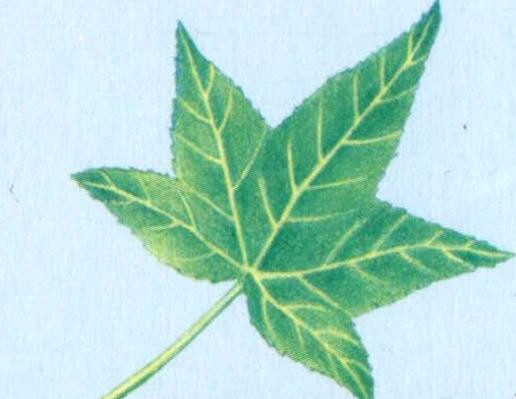
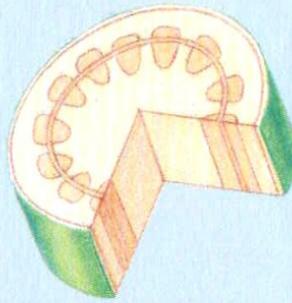
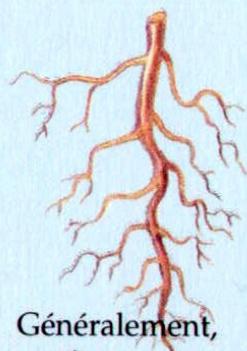
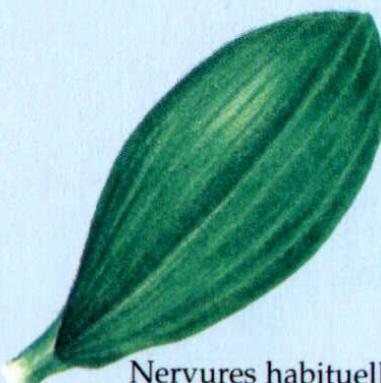
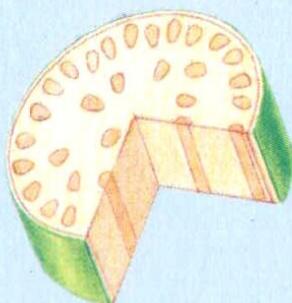
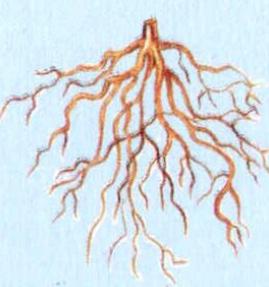
- les **méristèmes primaires**, d'origine embryonnaire, situés à l'apex des tiges (méristèmes caulinaires) et des racines (méristèmes racinaires), et à la base des feuilles. Ils forment les tissus primaires qui constituent la structure primaire.

- les **méristèmes secondaires**, phellogène et cambium, apparaissent après les méristèmes primaires. Ils assurent la croissance en épaisseur et donnent les tissus secondaires qui constituent la structure secondaire.



La plante: ses organes

Principales différences entre Monocotylédones et Dicotylédones:

EMBRYONS	NERVATION	TIGES	RACINES	FLEURS
DICOTYLÉDONES				
 <p>Deux cotylédons</p>	 <p>Nervures habituellement ramifiées</p>	 <p>Disposition en anneau des faisceaux libéroligneux</p>	 <p>Généralement, système racinaire pivotant</p>	 <p>Pièces florales organisées en multiples de quatre ou de cinq</p>
MONOCOTYLÉDONES				
 <p>Un cotylédon</p>	 <p>Nervures habituellement parallèles</p>	 <p>Disposition complexe des faisceaux libéroligneux</p>	 <p>Système racinaire fasciculé</p>	 <p>Pièces florales organisées en multiples de trois</p>

A) Les organes végétatifs:

Les feuilles:

Les organes végétatifs d'une plante sont la racine et la tige portant les bourgeons et les feuilles.

Les feuilles sont généralement de couleur verte car elles contiennent un pigment, la **chlorophylle**, stocké dans les **chloroplastes** et responsable de la **photosynthèse**. Par ce phénomène caractéristique des plantes, le gaz carbonique de l'air avec l'eau du sol est transformé en oxygène et en sucre en utilisant l'énergie solaire.

Au niveau de la feuille, grâce à la photosynthèse, la **sève brute** devient la **sève élaborée** en se chargeant des sucres qui seront distribués dans tous les autres organes. Les plantes **parasites** puisent les sucres chez d'autres plantes et sont dépourvues de chlorophylle et ne sont donc pas vertes (orobanche, néottie).

Parfois elles ne sont que partiellement parasites et gardent leur chlorophylle (gui).

Une feuille **simple** est constituée d'une partie plane, le **limbe** et d'une partie plus fine intermédiaire entre le limbe et la tige, le **pétiole**. Le pétiole peut parfois s'élargir à sa base, il devient une **gaine** entourant plus ou moins la tige. Cette gaine se retrouve aussi chez certaines plantes dont les feuilles sont dépourvues de pétioles (maïs, commelina).

Parfois, le limbe est découpé en plusieurs parties indépendantes, la feuille est alors **composée** de **folioles**.

Les bords du limbe peuvent être **entiers** (lilas), **dentés** (rosiers), **lobés** (chêne). A la base du pétiole, se trouve parfois un élément ressemblant plus ou moins à une feuille, le **stipule** (aubépine).

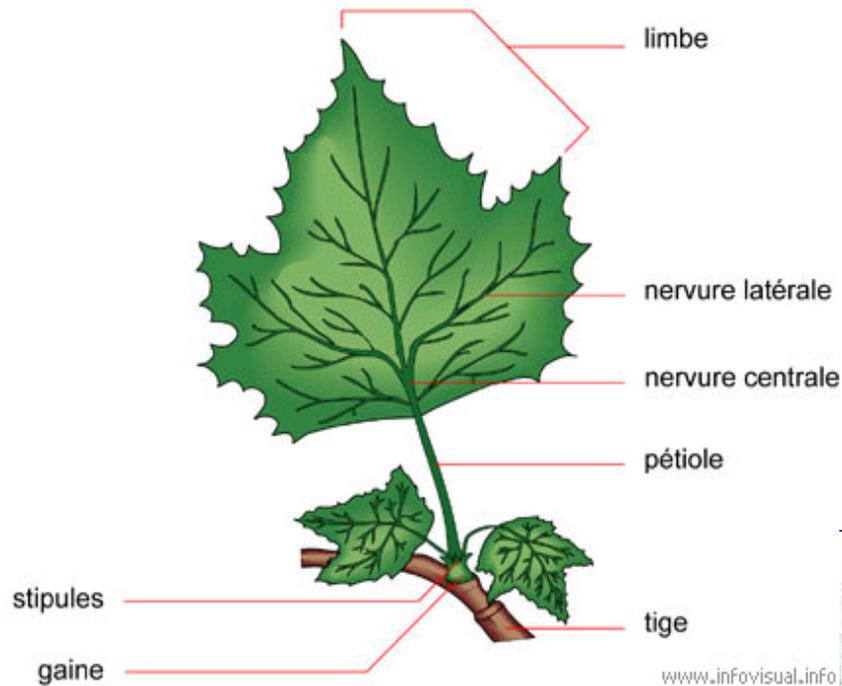
Les nervures visibles sur le limbe d'une feuille correspondent aux tissus conducteurs de la tige. Elles peuvent être disposées parallèlement (chlorophytum) ou être ramifiées en forme de penne (rosier), de palme (érable).

Les feuilles peuvent avoir une position **alternes**, une seule à chaque niveau (cerisier), ou **opposées**, 2 feuilles l'une en face de l'autre (lilas, troène), ou **verticillées** plusieurs feuilles à chaque niveau (catalpa).

Certaines plantes ont des feuilles réduites ou absentes : c'est le cas des plantes parasites mais aussi de plantes adaptées à la sécheresse pour limiter la transpiration et la perte d'eau. Dans ce dernier cas, c'est la tige qui est verte et contient la chlorophylle.

Disposition des feuilles :

STRUCTURE D'UNE FEUILLE

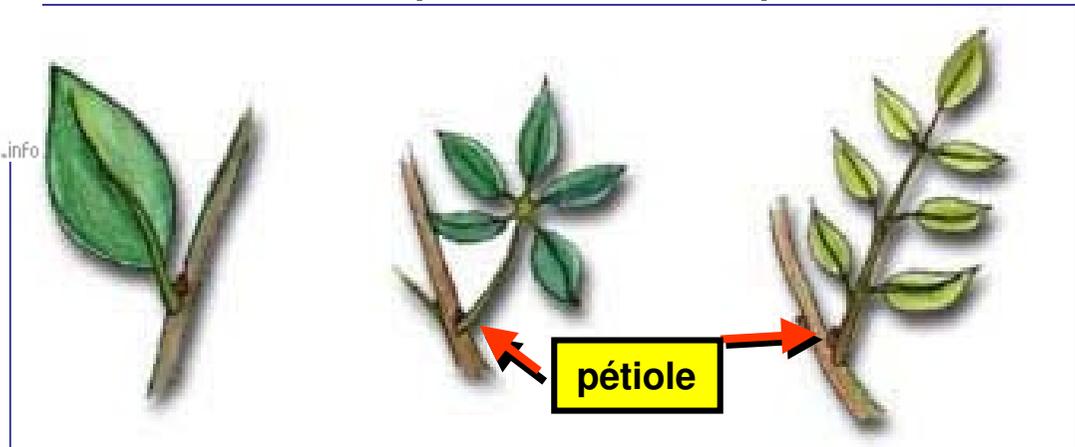


Opposées

Alternes

Verticillées

Feuilles simples ou composées :



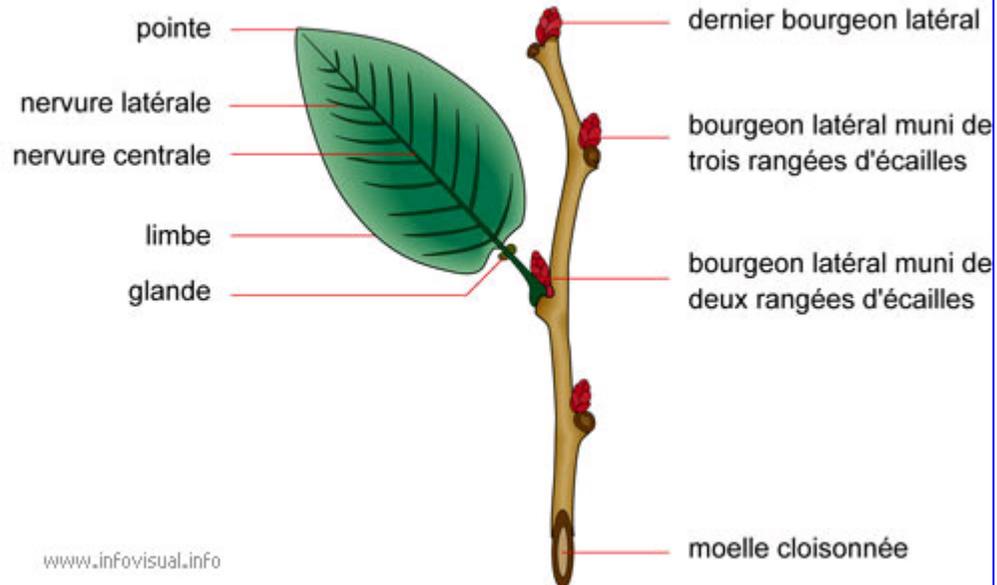
Simple

Composée
palmée

Composée
pennée

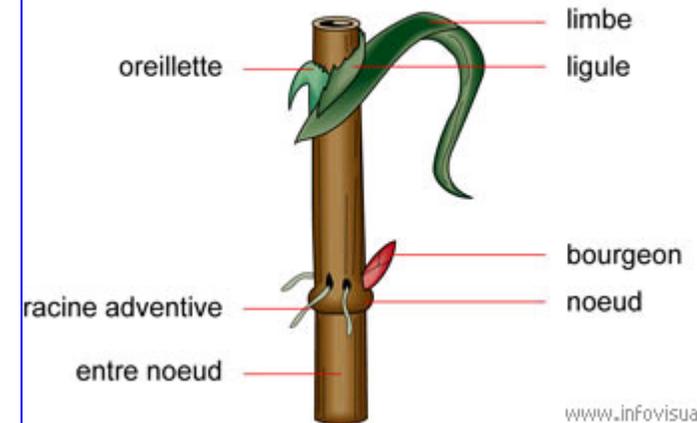
Pour reconnaître 1 feuille composée d'1 tige portant plusieurs feuilles, faut chercher le bourgeon axillaire, il n'y en a qu'un par feuille.

RAMEAU À BOURGEONS ALTERNES



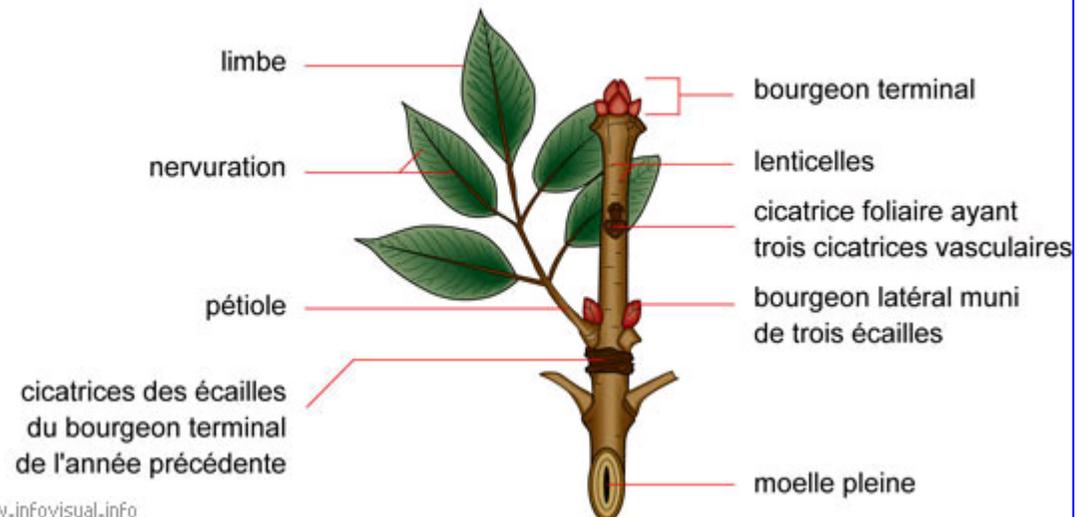
www.infovisual.info

GRAMINÉE (feuille)



www.infovisual.info

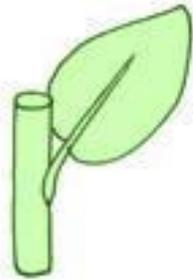
RAMEAU AVEC BOURGEONS OPPOSÉS



www.infovisual.info

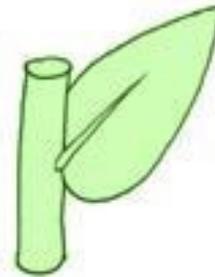
Les différentes insertions sur la tige

Modes d'insertion



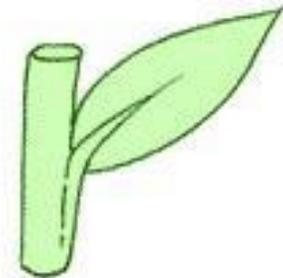
Feuille pétiolée

Alnus glutinosa

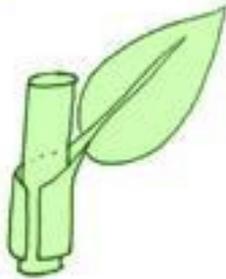


Feuille sessile

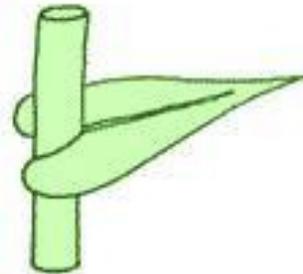
Quercus robur



Feuille décurente

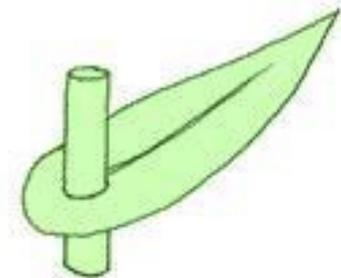


Feuille engainante



Feuille embrassante

Hypericum androsaemum
Crepis paludosa L.



Feuille perfoliée

Marges de feuilles :



Entière

Denticulée

Ondulée

Lobée

Formes de feuilles :



Lancéolée

Ovale

Cordée (en
forme de cœur)

Triangulaire
(lancéolée)

FORMES DU LIMBE

www.infovisual.info



asymétrique



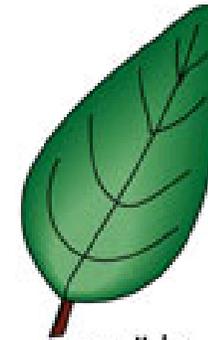
acuminé



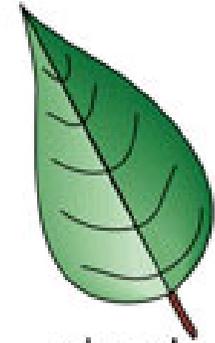
mucroné



emarginé



ovoïde



obovale



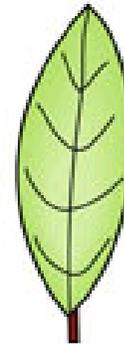
cordiforme



oblong



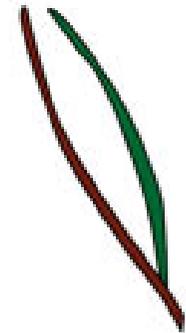
spatulé



ovale



lancéolé



aciculé

FORMES DU LIMBE

www.infovisual.info



falciforme



orbiculaire



cochléaire



subulé



cunéiforme



linéaire



sagitté



hasté panduriforme



lacéré et auriculé



lobé



flabellé

BORDS DU LIMBE

www.infovisual.info



ondulé



sinué



acéré



denté



lobé



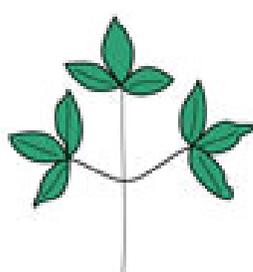
festonné



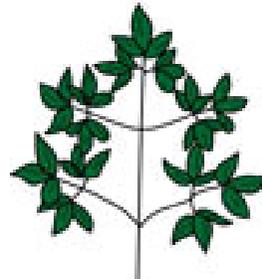
palmé



digité



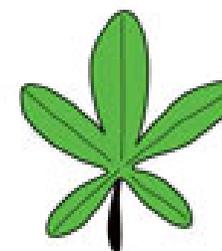
bipinnatiséqué



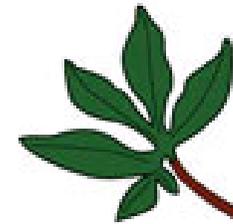
tripinnatiséqué



pinnatiséqué



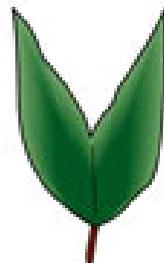
palmatiséqué



pédatiséqué



palmatilobé



bipartite



tripartite



palmipartite

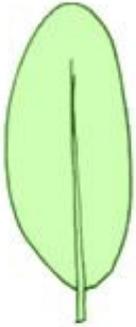


pinnatipartite



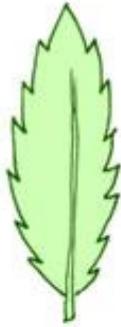
pinnatifide

Contours du limbe



Feuille lisse =
Feuille entière

Fagus sylvatica



Feuille dentée

Ulmus campestris



Feuille doublement
dentée

Betula verrucosa
Carpinus betulus



Feuille lobée

Quercus robur
Acer campestre



Feuille doublement lobée

Degrés de découpage du limbe



Feuille (pennati)lobée



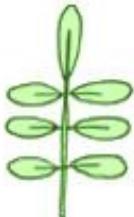
Feuille (pennati)fide



Feuille (pennati)séquée

Ranunculus divaricatus

Feuilles composées



Feuille imparipennée

Fraxinus excelsior



Feuille paripennée



Feuille palmée

Aesculus hippocastanum



Feuille biternée

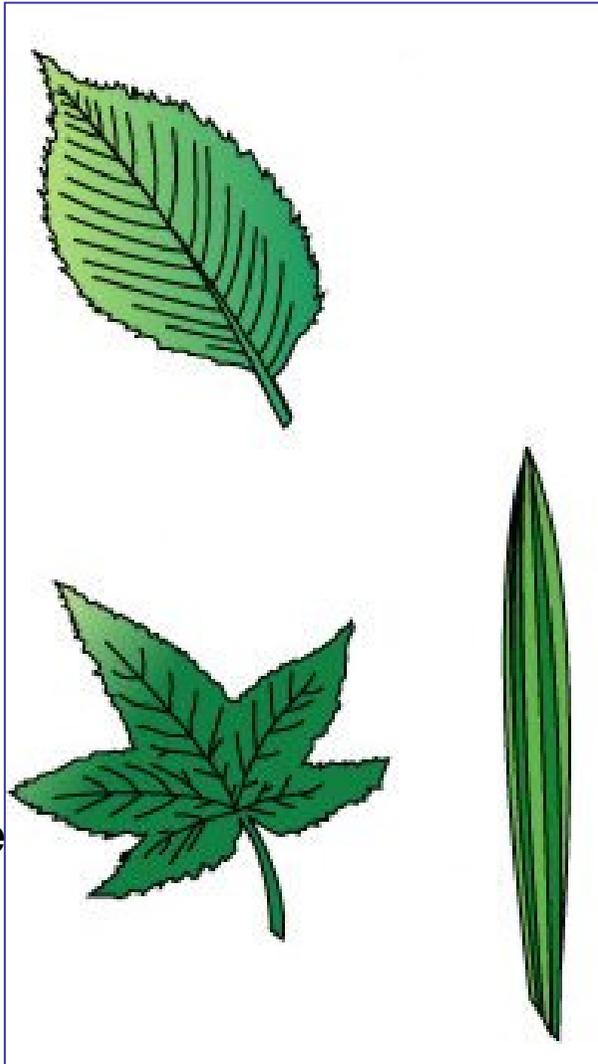
Ranunculus divaricatus



Feuille trifoliée

Types de nervures :

Penninervée



Palmatinervée

Parallélinervée

Par évolution, certaines feuilles se sont modifiées pour remplir d'autres fonctions:



Ex. Vrilles



Ex: Epines

La tige:

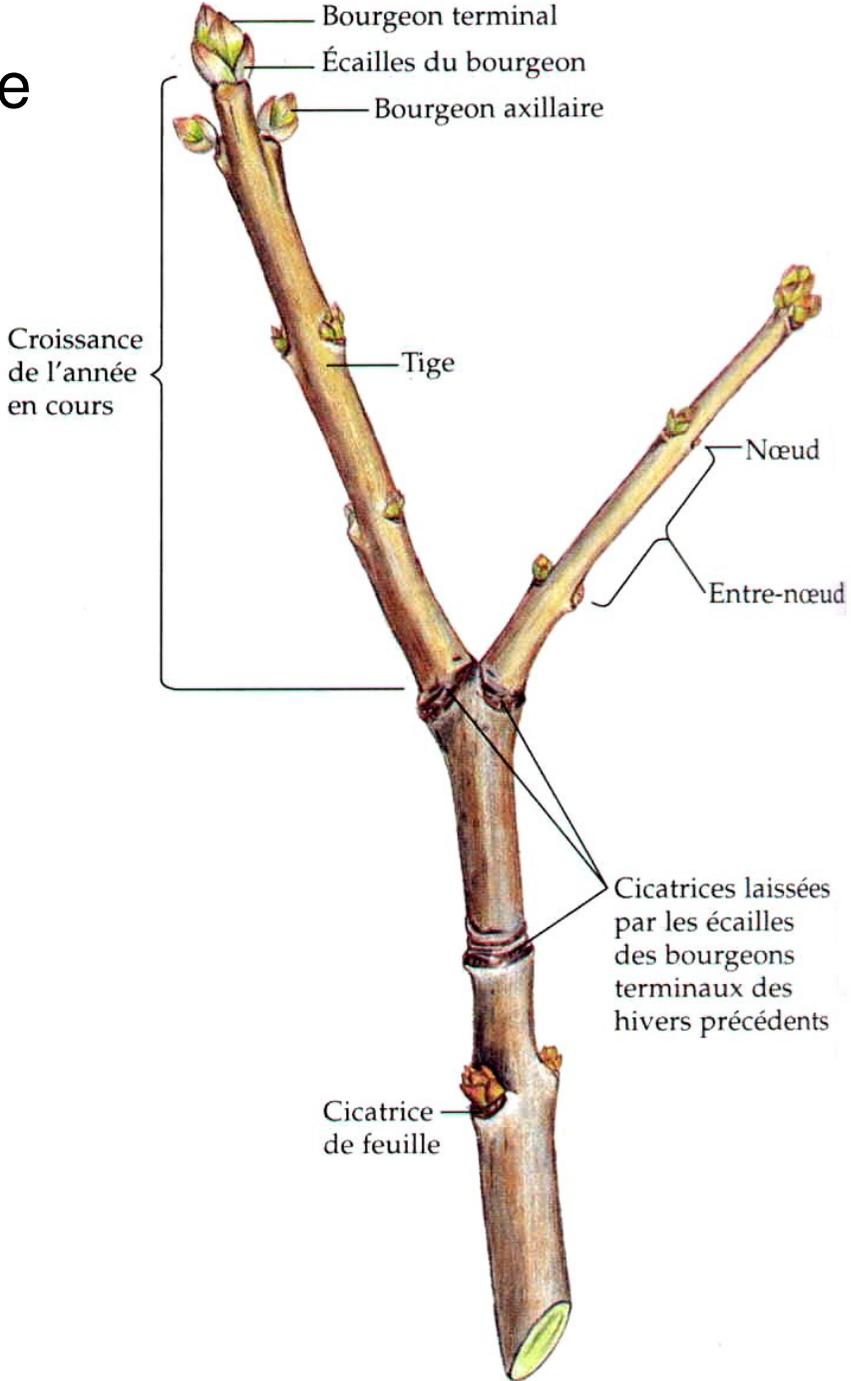
La tige reste verte quand la plante est **herbacée** sinon elle est normalement rigide et ligneuse.

Elle est plus ou moins développée. Si elle est tellement réduite que toutes les feuilles se trouvent au niveau du sol, la plante est dite en **rosette** (plantain, pâquerette). Certaines tiges sont souterraines et sont appelées **rhizomes** (sceau de salomon). Certaines tiges souterraines peuvent contenir des réserves, c'est le cas du tubercule de la pomme de terre.

Si la tige est développée et porte des feuilles, la partie renflée de la tige au niveau de l'insertion des feuilles s'appelle un **nœud**. La partie plus mince entre deux nœuds est un **entre-nœud**. Les entre-nœuds sont plus courts vers le haut de la tige car ils sont plus jeunes que ceux de la base de la tige. La tige contient **les tissus conducteurs de sève**. La **sève brute** est formée d'eau et des sels minéraux absorbée par les poils absorbants de la racine et transportée jusqu'aux feuilles.

A l'endroit où la feuille est attachée à la tige se trouve un bourgeon qui en se développant donnera un rameau ou une fleur. A l'extrémité de la tige se trouve un bourgeon plus gros que les autres, le **bourgeon terminal**. Les bourgeons qui donneront des rameaux sont les **bourgeons végétatifs** ; ceux qui donneront des fleurs sont les **bourgeons floraux**.

Systeme caulinaire d'une plante



La racine:

La racine plus ou moins ramifiée dans le sol est blanchâtre : elle a un **rôle de fixation**. Si la racine principale s'enfonce dans le sol comme un pivot, il s'agit d'une **racine pivotante** (giroflée, betterave, carotte). Certaines plantes ont au contraire un ensemble de racines ayant toute la même taille (*Pennisetum*, le système racinaire est **fasciculé**). Les racines les plus petites, très fines, sont appelées **radicelles**.

A l'extrémité des racines, des poils nombreux permettent l'absorption de l'eau et des matières minérales du sol : il s'agit des **poils absorbants**.

A) Les organes reproducteurs:

Les plantes sans fleurs:

Certaines plantes n'ont pas de vraies fleurs, c'est le cas des pins et des sapins. Les ovules ne sont pas protégés dans un ovaire et sont placés nus sous une écaille d'où leur nom Gymnospermes qui signifie graines nues. Il n'y a ni pétale ni sépale. L'ovule après la fécondation donnera bien une graine mais il n'y aura pas de fruit.

D'autres plantes n'auront ni fleur ni graine, c'est le cas des fougères ou des prêles. Il n'y a pas de survie de l'espèce sous forme de graine et l'embryon devra avoir les conditions nécessaires à son développement juste après la fécondation sinon il mourra. Pour ces raisons, la répartition de ces plantes est souvent limitée à des zones humides.

Les plantes avec fleurs:

Les plantes à fleurs produisent des graines et des fruits.

De l'extérieur vers l'intérieur, les fleurs sont composées :

- des **sépales**, généralement verts dont l'ensemble est appelé calice
- des **pétales**, généralement colorés dont l'ensemble est appelé corolle
- des **étamines**, organes reproducteurs mâles produisant le pollen,
- des **carpelles**, organes élémentaires reproducteurs femelles dont l'ensemble est appelé pistil.

Les sépales et les pétales sont généralement au nombre de 3 (lis), 4 (chou, giroflée) ou 5 (renoncule, fraisier, pomme de terre), parfois plus. Quand les sépales et les pétales se ressemblent, ils sont appelés **tépales**.

Ils sont absents chez certaines plantes (miscanthus, bambou). Les pétales peuvent être libres entre eux (giroflée, rose, tulipe, pois) ou soudés (muflier, digitale, orchidée). La fleur peut avoir une forme de cercle, elle est alors régulière (giroflée) ; ou une symétrie plane, elle alors irrégulière (pois, orchidée).

Les fleurs sont portées par un **pédoncule floral**.

A la base du pédoncule se trouve les **bractées** qui ressemblent à de petites feuilles. Les bractées sont normalement vertes mais sont parfois vivement colorées (poinsettia). Les fleurs peuvent être solitaires ou plus nombreuses et disposées en inflorescences.

Parfois, elles sont petites et regroupées ensemble en tête à l'extrémité du pédoncule floral. Par exemple, la marguerite n'est pas constituée d'une seule fleur mais de plusieurs : des fleurs blanches en périphérie et en forme de langue, et des fleurs jaunes au centre en forme de tube.

Les **étamines** ont une partie fine en forme de fil, le filet qui porte à son extrémité des sacs, les anthères, qui libéreront le pollen au moment de la pollinisation. Parfois, les étamines sont absentes et la fleur est unisexuée et femelle.

Parfois, les **carpelles** sont absents et la fleur est mâle. Les fleurs unisexuées peuvent être portées sur une seule plante (bégonia) ou sur des plantes différentes (kiwi).

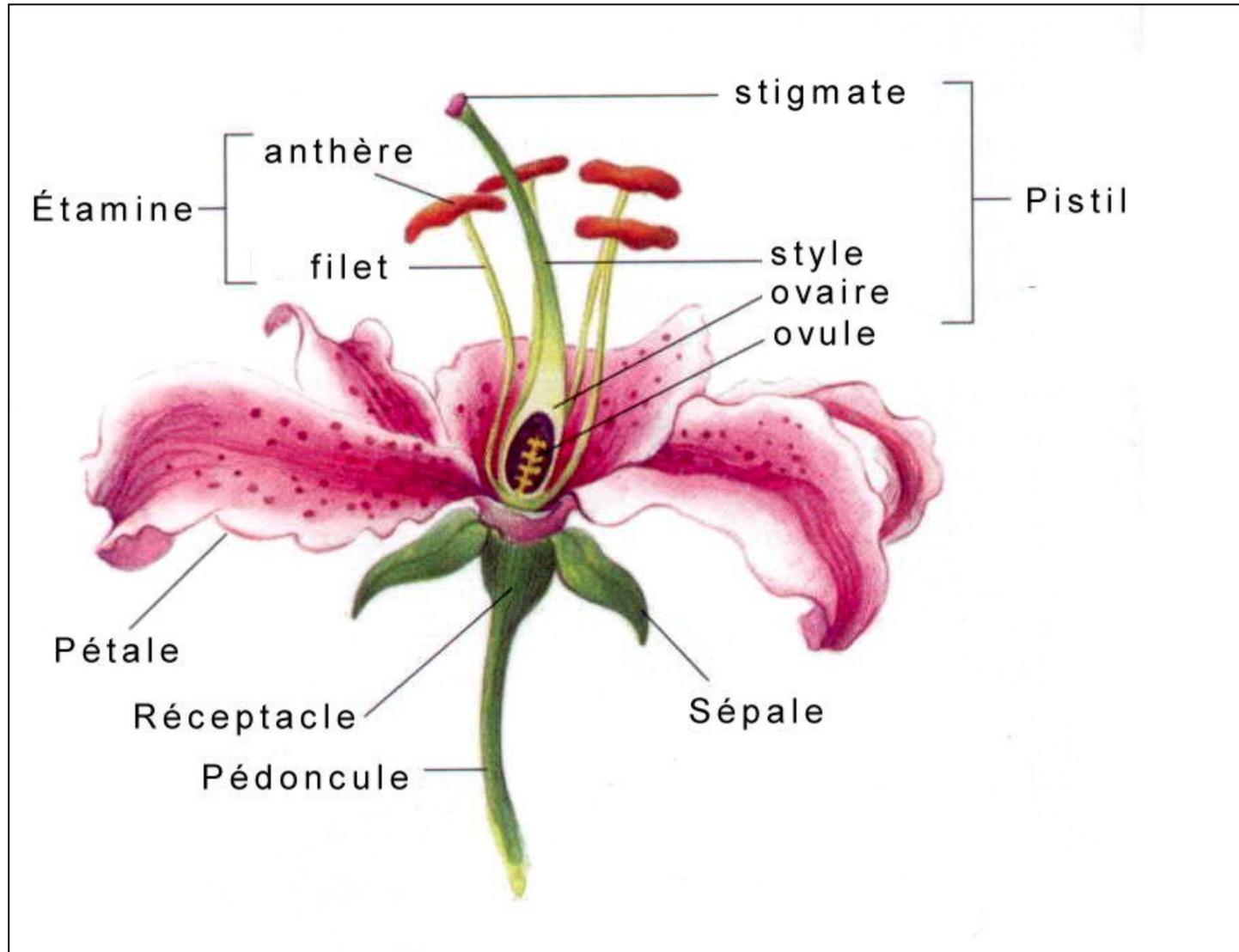
A sa base, le **carpelle** a une partie ronde, l'**ovaire** qui contient l'**ovule**.

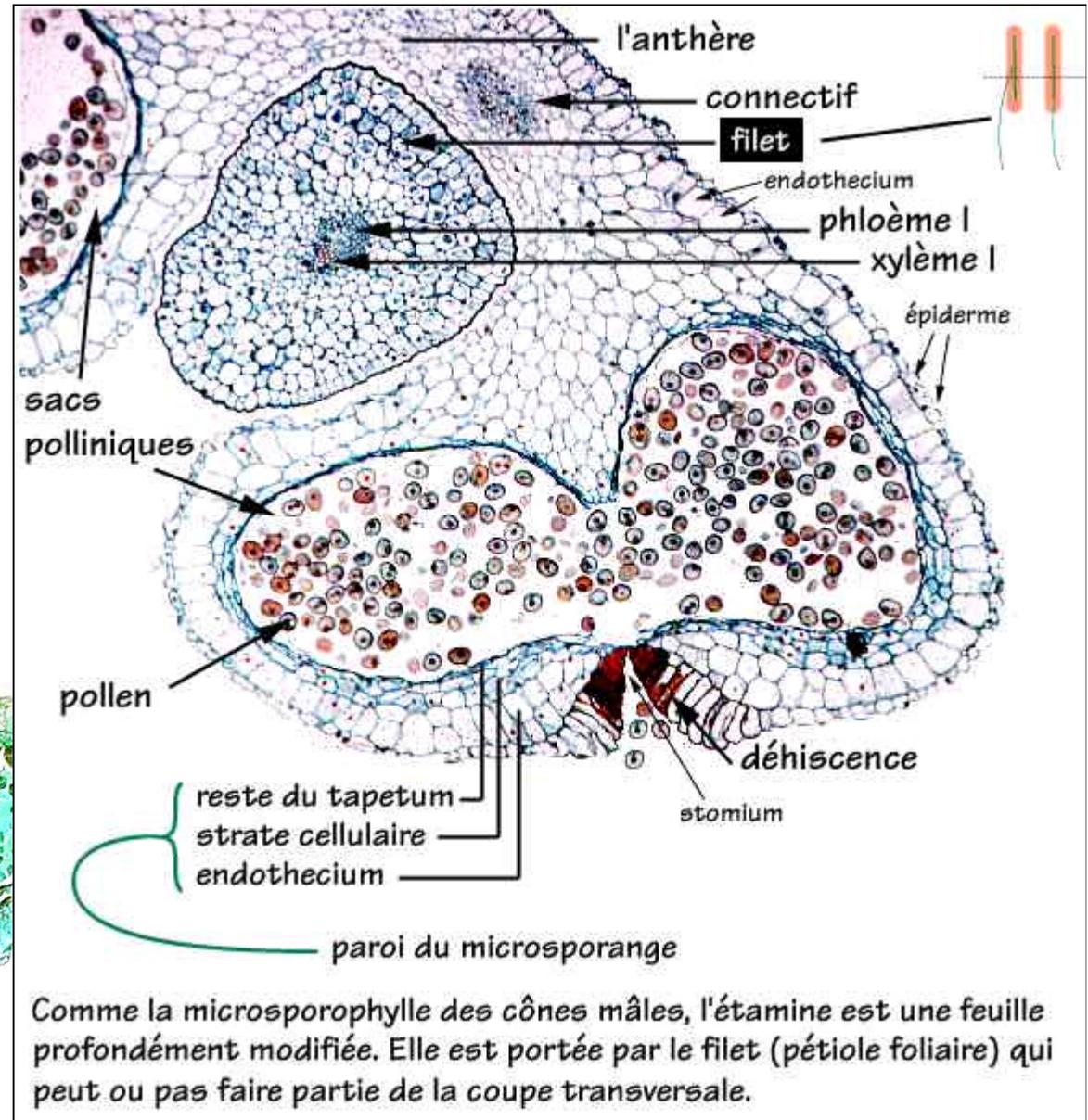
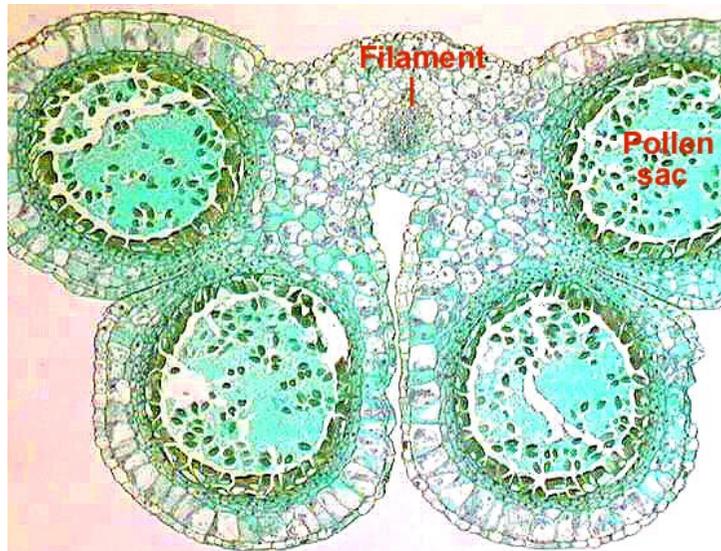
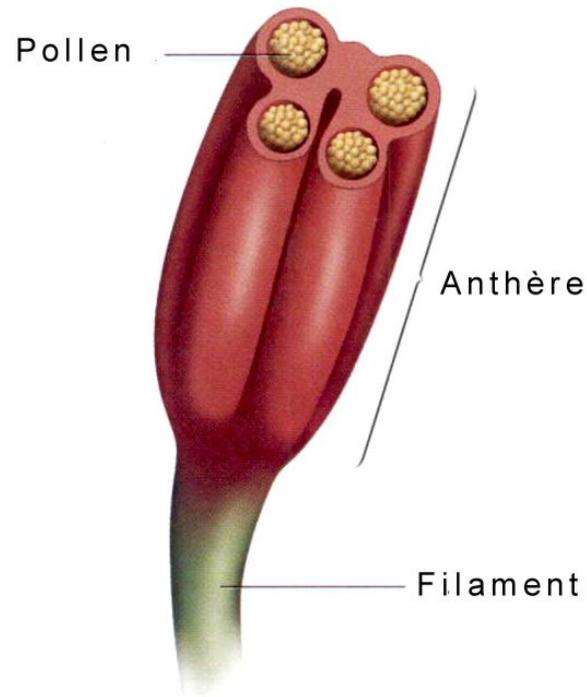
A son extrémité, le **stigmate** est l'endroit collant où se dépose le pollen. Entre l'ovaire et le stigmate, se trouve une partie intermédiaire qui est plus ou moins long. Le pollen donnera le spermatozoïde qui fécondera l'ovule. L'ovule fécondé par le spermatozoïde, donnera l'embryon qui se trouvera protégé dans la graine. L'ovaire deviendra le fruit qui protégera la graine elle-même et facilitera sa dispersion.

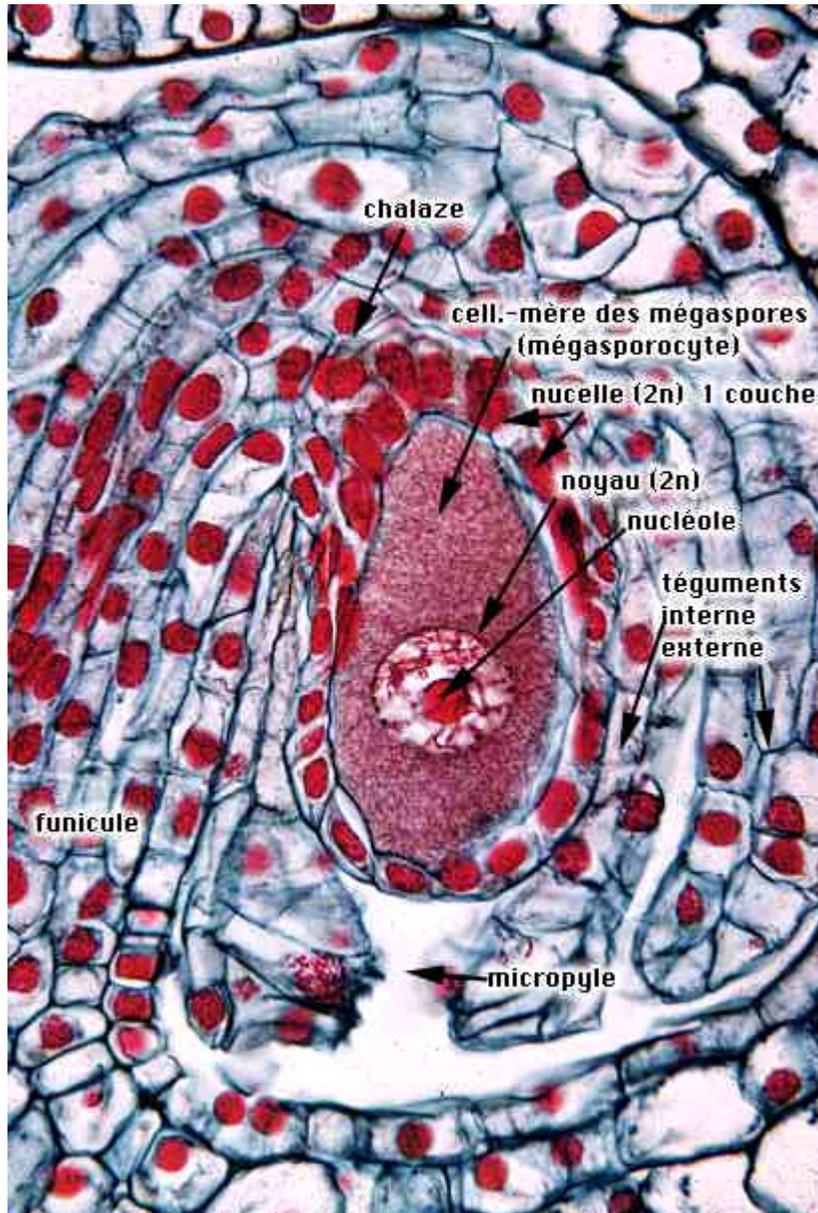
Normalement, le spermatozoïde ne contient qu'un seul stock de chromosomes comme l'ovule. L'embryon aura donc 2 stocks de chromosomes, celui de l'ovule et celui du spermatozoïde. Cet embryon donnera une plante dite diploïde. Chez certaines plantes, le stock de chromosomes, toujours pair sera beaucoup plus élevé (plantes polyploïdes). Ce phénomène existe dans la nature mais est relativement rare. Les processus de sélection favorisent la présence de plantes ayant un plus grand nombre de chromosomes. En horticulture, cette augmentation du nombre de chromosomes est souvent liée à l'augmentation de la taille de la fleur ou du nombre de pétales.

En agriculture, les plantes polyploïdes produiront plus de protéines ou de glucides de réserves. Ainsi, le blé cultivé pour la fabrication du pain contient 42 stocks de chromosomes alors que ses parents sauvages n'en possèdent que 2.

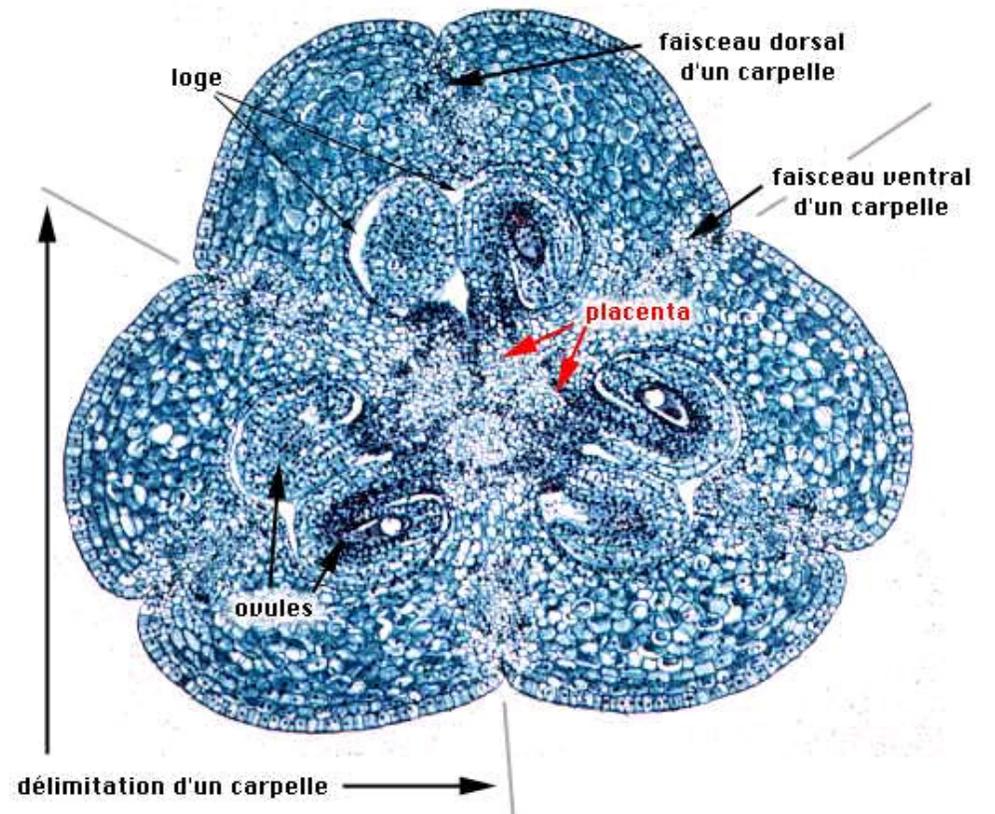
La fleur:





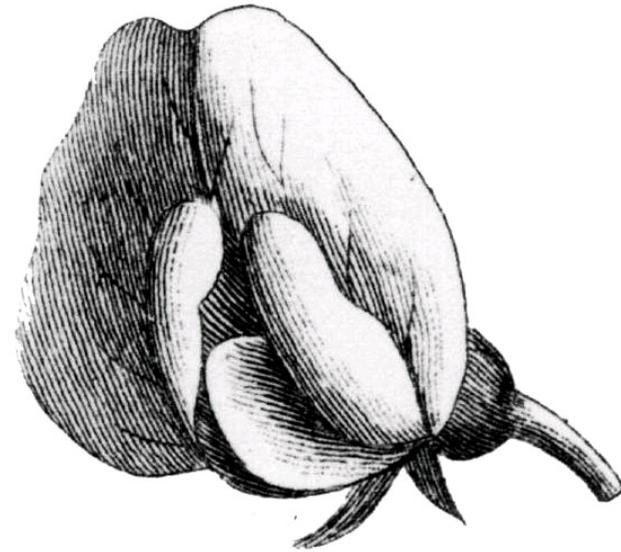


Gynécée syncarpique, tricarPELLAIRE, triloculaire, à placentation axiale

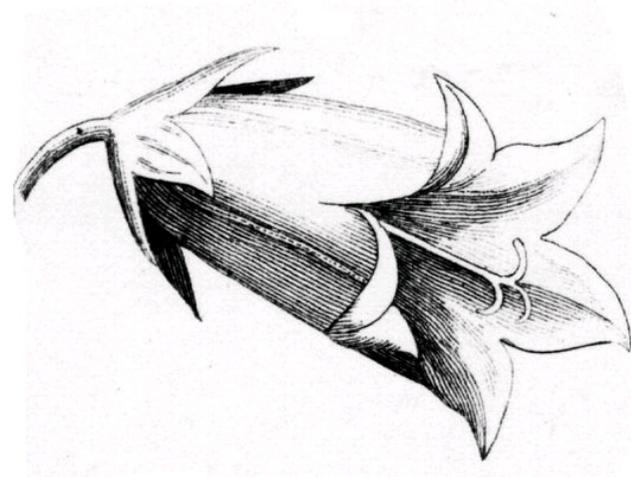




Symétrie radiale, dialypétale



Symétrie bilatérale, dialipétales



Symétrie radiale, gamopétales

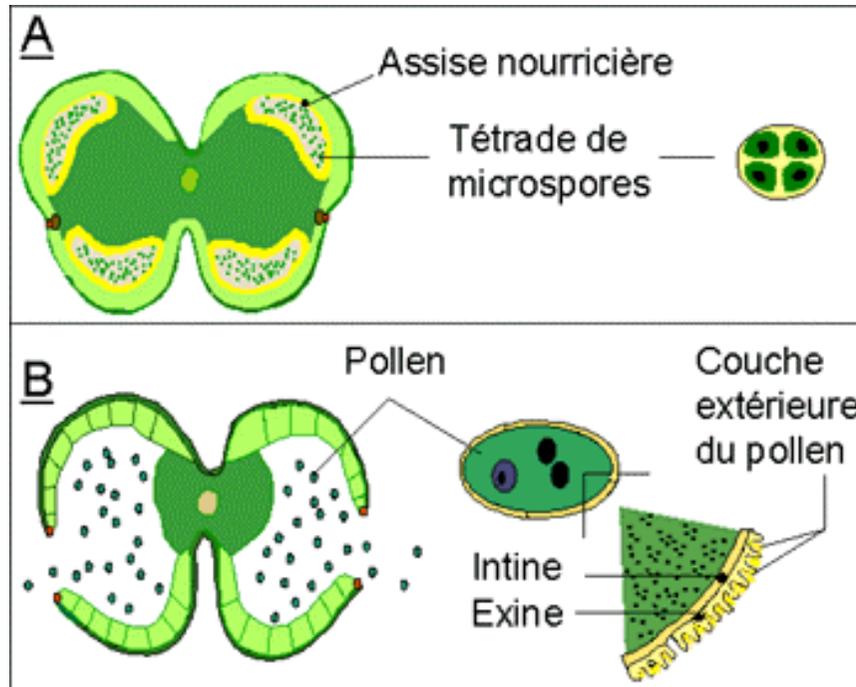
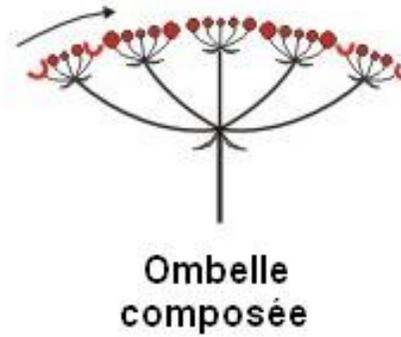
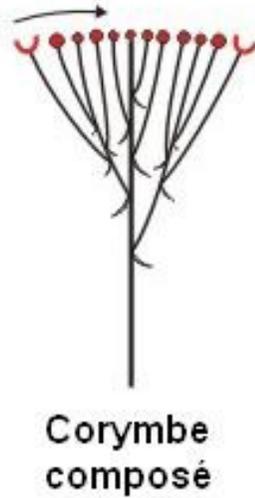
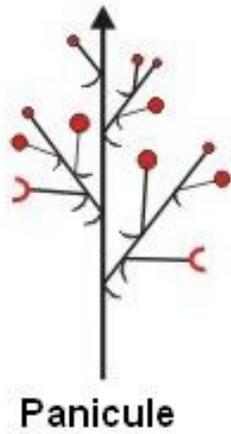
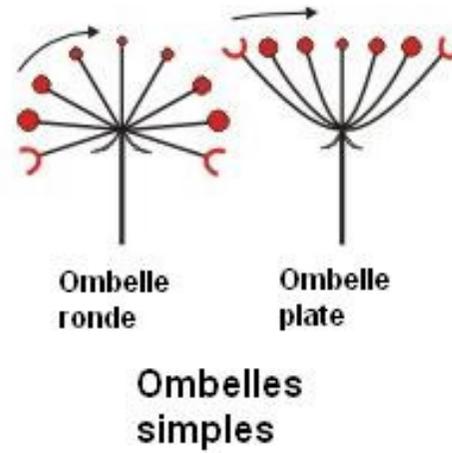
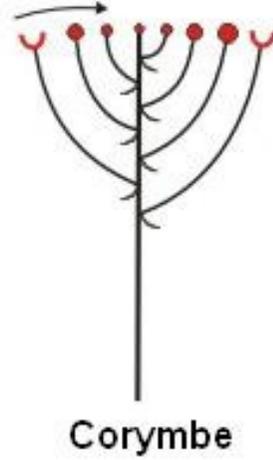
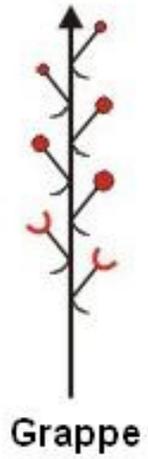


Schéma représentant deux autres stades du développement de l'anthère. A. Une anthère tôt dans son développement alors que les microspores sont présentes dans les tétrades et que l'assise nourricière est intacte et métaboliquement active. B. Déhiscence de l'anthère plus tard dans son développement alors que l'assise nourricière s'est décomposée et que ses composants forment une partie de la couche extérieure du pollen mature.

Inflorescences indéterminées (la première fleur à s'ouvrir est à la base)



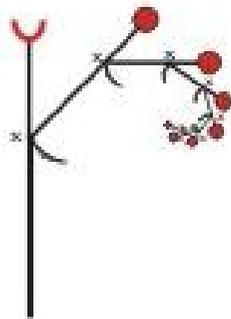
Inflorescences déterminées (la 1ère fleur à s'ouvrir et la boule rouge la plus grosse)



Cyme simple = dichasiale



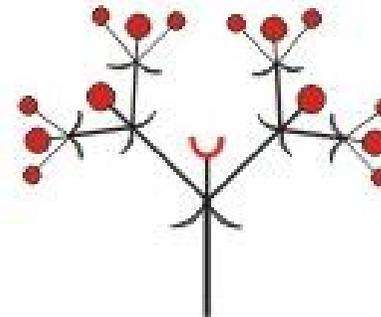
Cyme scorpioïde



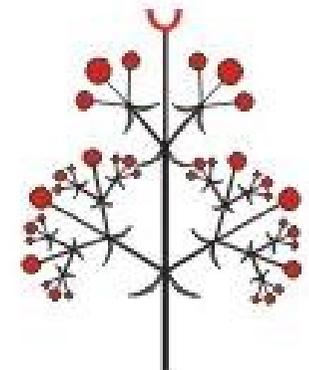
Cyme hélicoïdale



Cyncinus

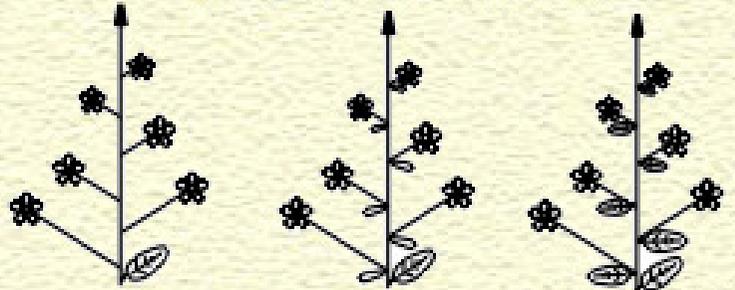


Cyme dichasiale composée



Cyme composée

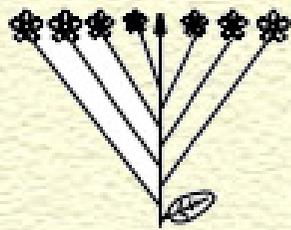
inflorescences indéfinies



Racème ébracté

Racème bractéé

Racème feuillé



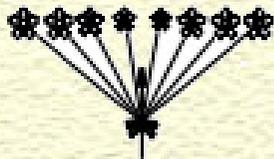
Corymbe



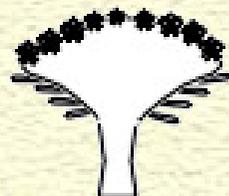
Epi



Spadice

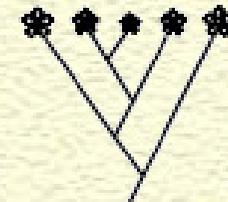


Umbelle

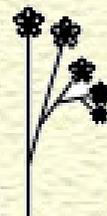


Capitule

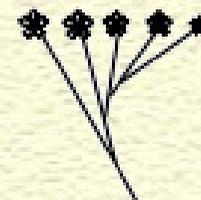
inflorescences définies



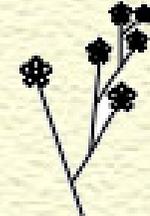
Rhipidium



Cyme scorpiole

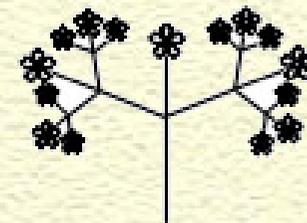


Drepanium

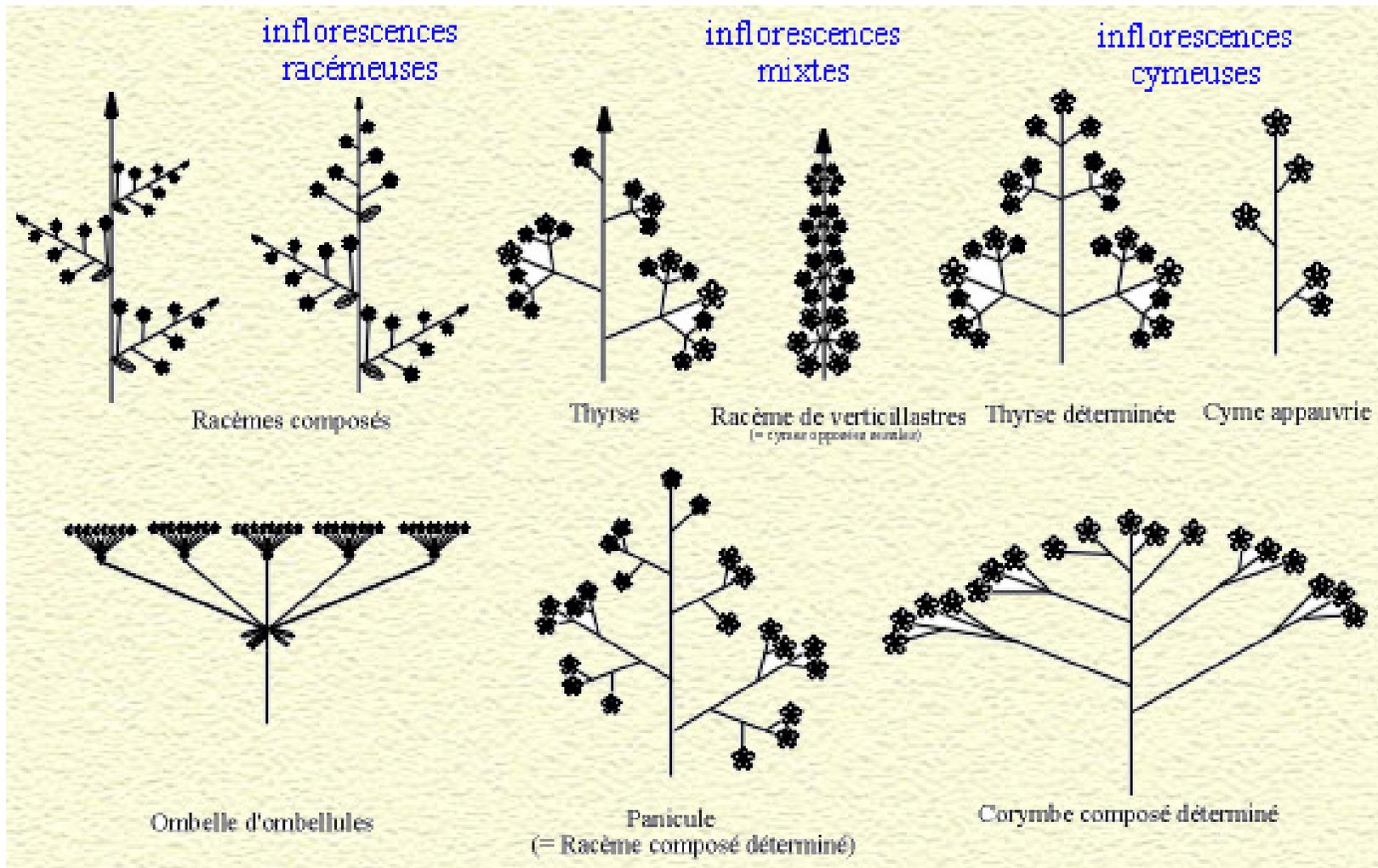


Cyme hélicoïde

Monochasium = Cymes unipares



Dichasium = Cyme bipare



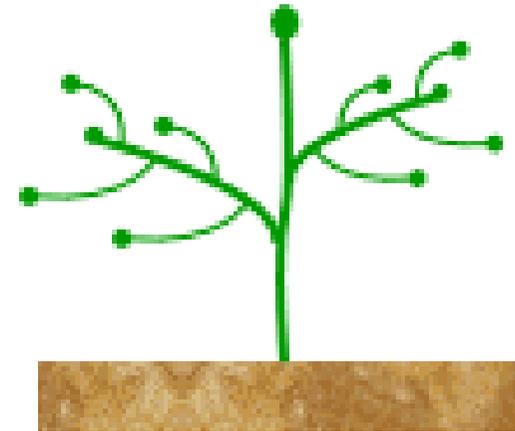
Les différents types de ports:

Le port arborescent :

Acrotonie : le tronc est formé par le bourgeon terminal.

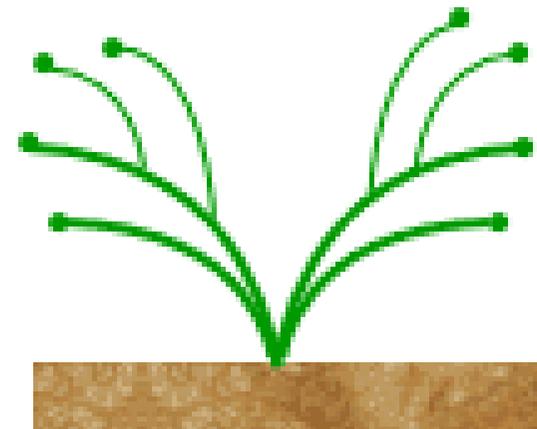
Hypotonie : Les bourgeons les plus gros sont dirigés vers le bas et donnent les plus longs rameaux.

Ce port concerne les arbres, arbustes, arbrisseaux et sous-arbrisseaux (petites plantes ligneuses comme le thym)



Le port buissonnant : Basitonie : Il y a développement de plusieurs bourgeons dès le collet (base de la tige).

Epitonie : Les bourgeons les plus gros sont dirigés vers le haut. Ce port concerne les buissons (ronces par exemple) **Les herbacées** : Ce sont toutes les plantes non ligneuse.



Les différentes structures d'une plante à fleur

A) Carpelle des Angiospermes:

La compréhension de la structure d'un carpelle est primordiale pour appréhender les phénomènes de transformation d'une fleur d'Angiosperme après la fécondation et aboutissant à la création d'un fruit.

Dans le cas le plus simple, le carpelle est libre ou simplement soudé avec les autres par sa base.

L'ovaire d'un carpelle peut parfois être soudé avec celui d'autres : il n'est plus simple mais composé.

Un carpelle est constitué des 3 parties suivantes :

- le **stigmate**, surface humide avec des papilles, sur laquelle se pose le pollen au moment de la pollinisation
- le **style**, corps plus ou moins allongé. Le tube pollinique se fraye un chemin entre ses cellules au moment de la germination du grain de pollen enfin,
- **l'ovaire**, arrondi, contenant dans sa cavité ou loge, l'ovule qui contient lui-même le sac embryonnaire.

Le carpelle:

La fécondation de l'œuf ou oosphère contenu dans le sac embryonnaire entraîne des nombreuses transformations :

- **l'ovaire** se transforme en fruit et sa paroi donne l'enveloppe du fruit ou péricarpe (du grec *carpos*, fruit)
- **l'ovule** se transforme en graine et ses téguments donnent le tégument de la graine,
- **l'œuf fécondé** donne l'embryon présent dans la graine et qui au moment de la germination donnera la jeune plante.

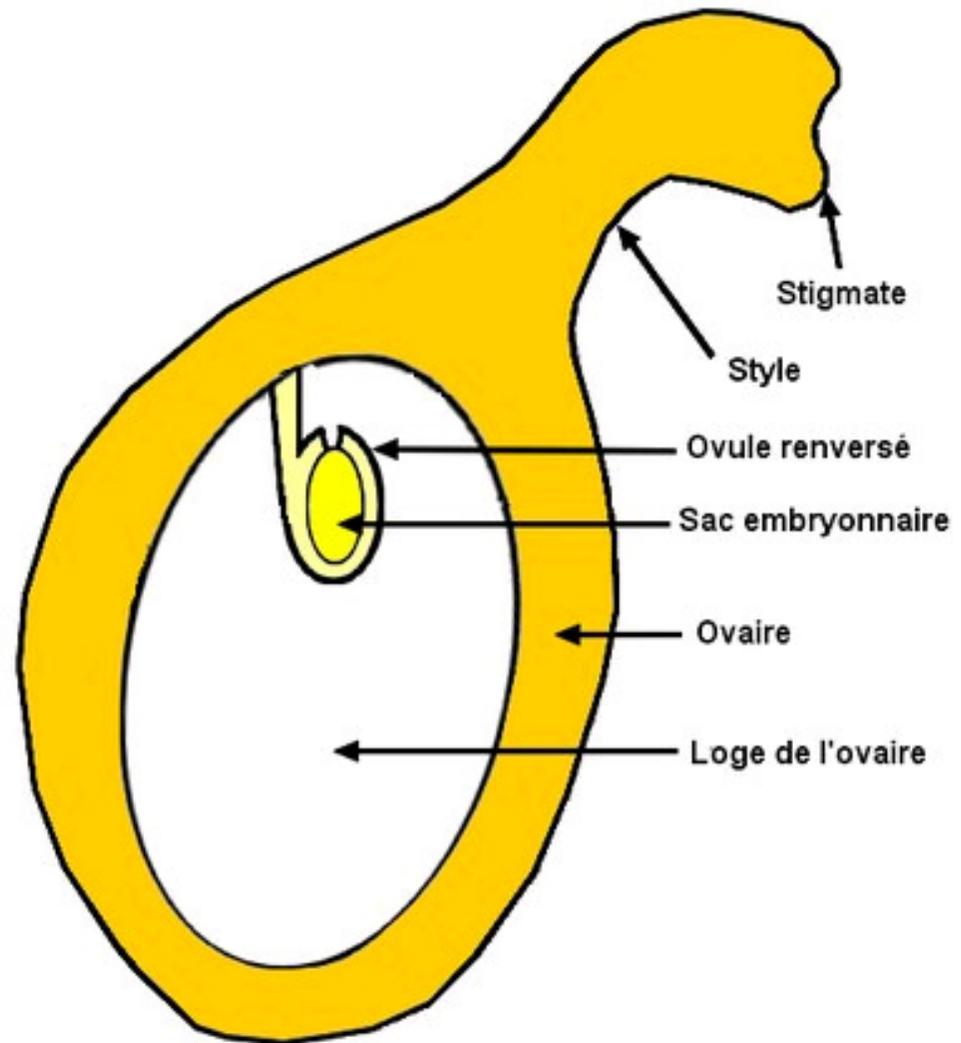


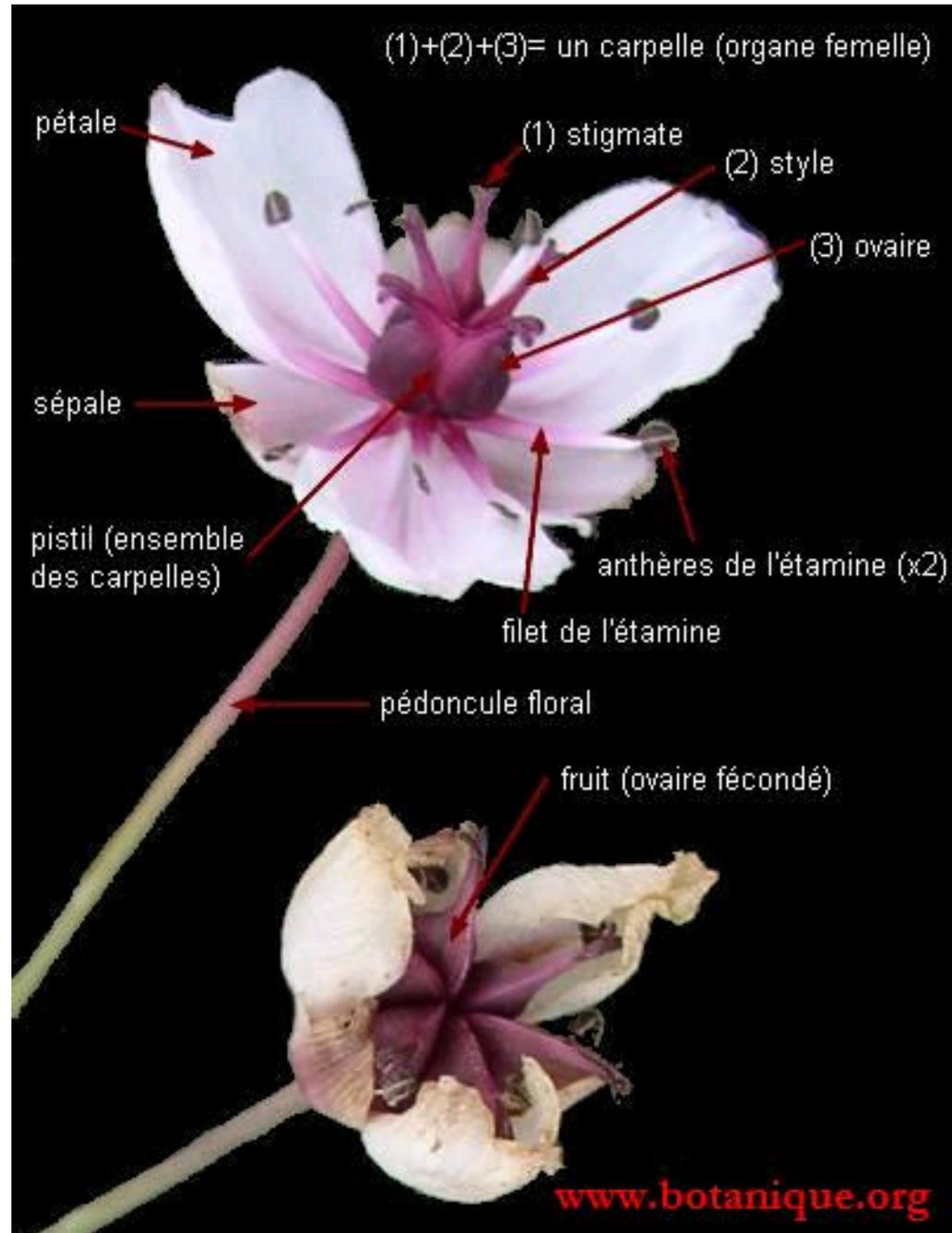
Schéma d'un carpelle libre

La fleur:

De l'extérieur vers l'intérieur de la fleur, on distingue :

- les **sépales** (généralement verts) dont l'ensemble constitue le calice,
- les **pétales** (généralement colorés) dont l'ensemble constitue la corolle,
- les **étamines**, organes reproducteurs mâles formant l'androcée,
- les **carpelles**, organes reproducteurs femelles formant le pistil ou gynécée.

Illustration : fleurs de Butome (*Butomus* de la famille des *Butomaceae*)



B) Ovule des Angiospermes:

Après la fécondation, l'ovule donne la graine et l'ovaire le fruit. Le terme ovule est trompeur : il ne s'agit pas gamètes par d'un ensemble complexe à la fois diploïde (2 stocks de chromosomes) et haploïde (1 seul stock de chromosomes comme dans les gamètes). En fait, c'est le sac embryonnaire, une des différentes parties contenues dans l'ovule, qui contient les gamètes femelles.

L'ovule des Angiospermes est constitué de téguments entourant un nucelle diploïde qui contient le sac embryonnaire (gamétophyte femelle : ce qui veut dire plante porteuse des gamètes femelles).

L'ovule est constitué de l'extérieur vers l'intérieur :

- de **deux téguments**, la **primine**, externe et vascularisée et la **secondine**, interne. Les téguments s'ouvrent au niveau du micropyle

- le **nucelle**, tissu diploïde, entouré des deux téguments. Si le nucelle est mince, l'ovule est tenuinucellé; s'il est épais, il est crassinucellé,

- le **sac embryonnaire** contenu dans le nucelle et constitué de 8 cellules haploïdes.

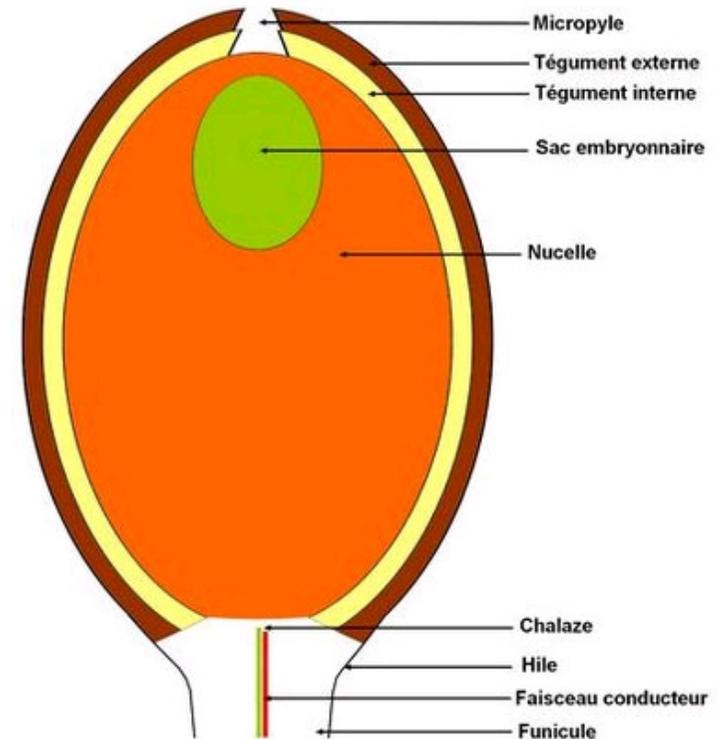


Schéma d'un ovule d'Angiosperme

C) Sac embryonnaire des Angiospermes:

Le sac embryonnaire est contenu dans l'ovule, situé lui-même dans l'ovaire. Après la fécondation, l'ovule donne la graine et l'ovaire le fruit.

Pour sa part, le sac embryonnaire après la fécondation par 2 spermatozoïdes amenés par le tube pollinique donne l'embryon de la graine (la jeune plantule avec les ou le cotylédon(s), ainsi que l'albumen, tissu nourricier de l'embryon.

Le sac embryonnaire est généralement constitué de 8 cellules haploïdes :

- les 2 **synergides** et l'oosphère, près du micropyle
- les 3 **cellules antipodiales**, près de la chalaze
- les 2 **noyaux polaires** au centre du sac. Les noyaux polaires peuvent fusionner avant la fécondation.

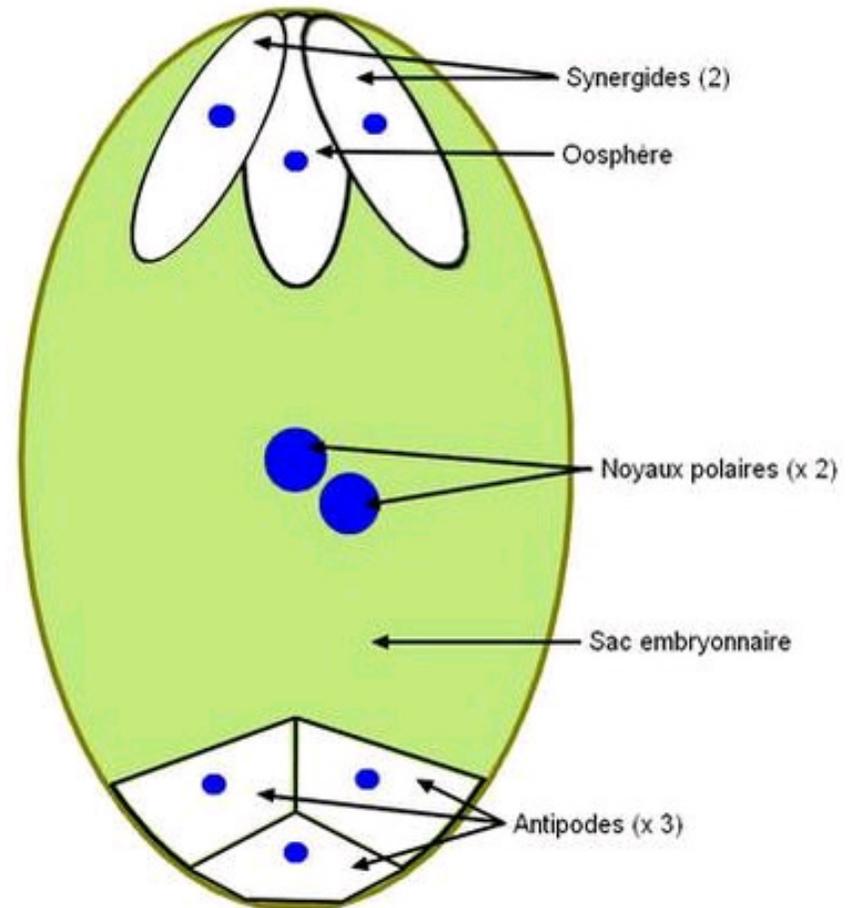
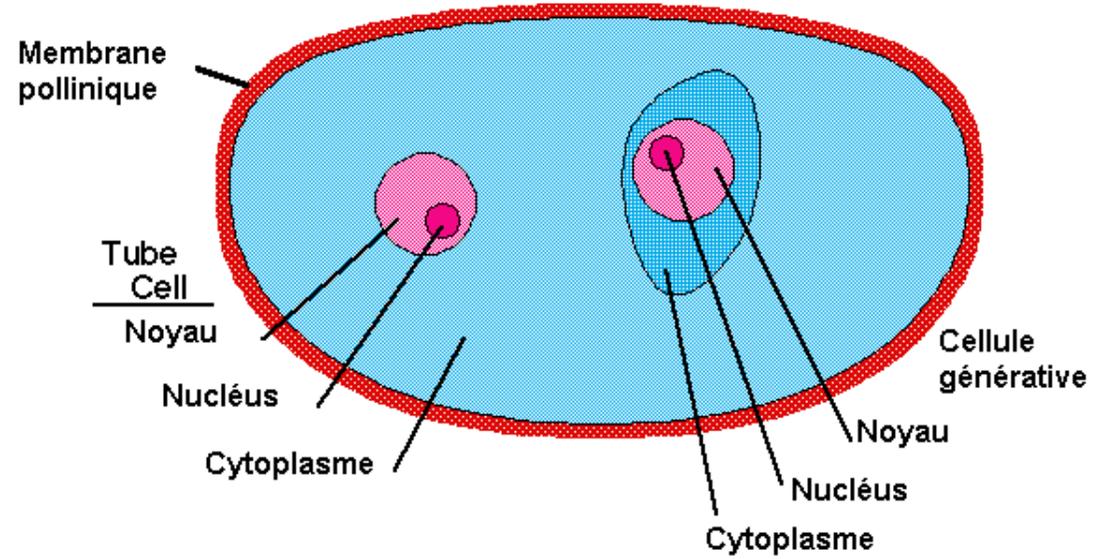
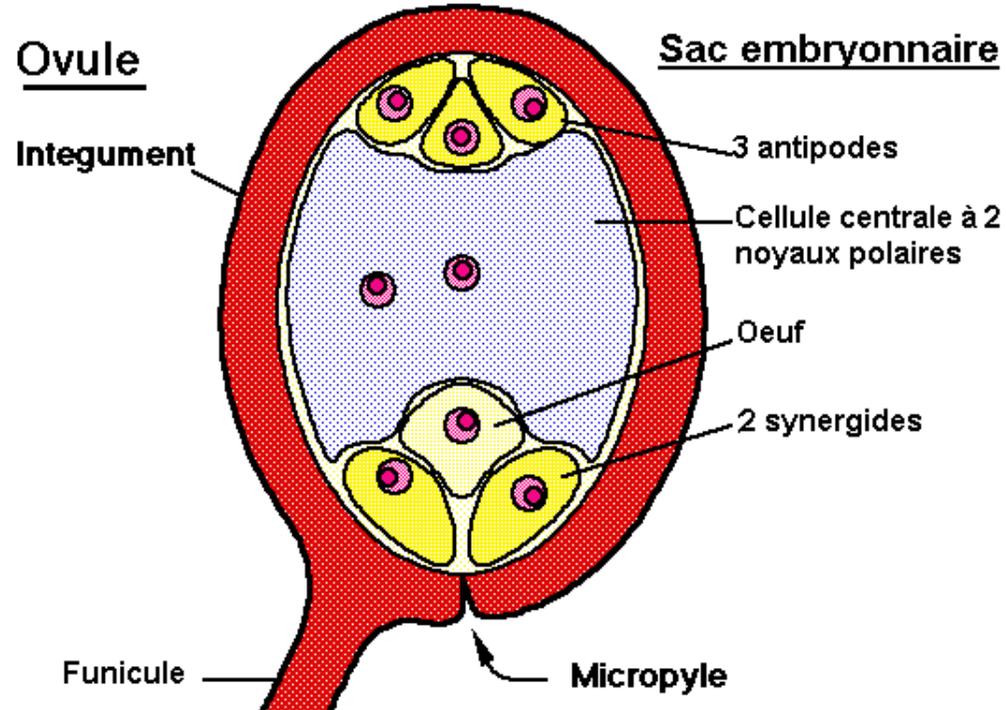


Schéma d'un sac embryonnaire

Grain de Pollen



Ovule



D) Ovaires composés:

Les ovaires composés sont réalisés par la soudure d'ovaires de différents carpelles. Ils sont classés en fonction de la disposition des tissus conducteurs alimentant les ovules.

Les photographies ci-contre de tomate (*Lycopersicon esculentum*, *Solanaceae*) et de kiwano (*Cucumis metuliferus*, *Cucurbitaceae*) illustrent les 2 principales catégories de placentation :

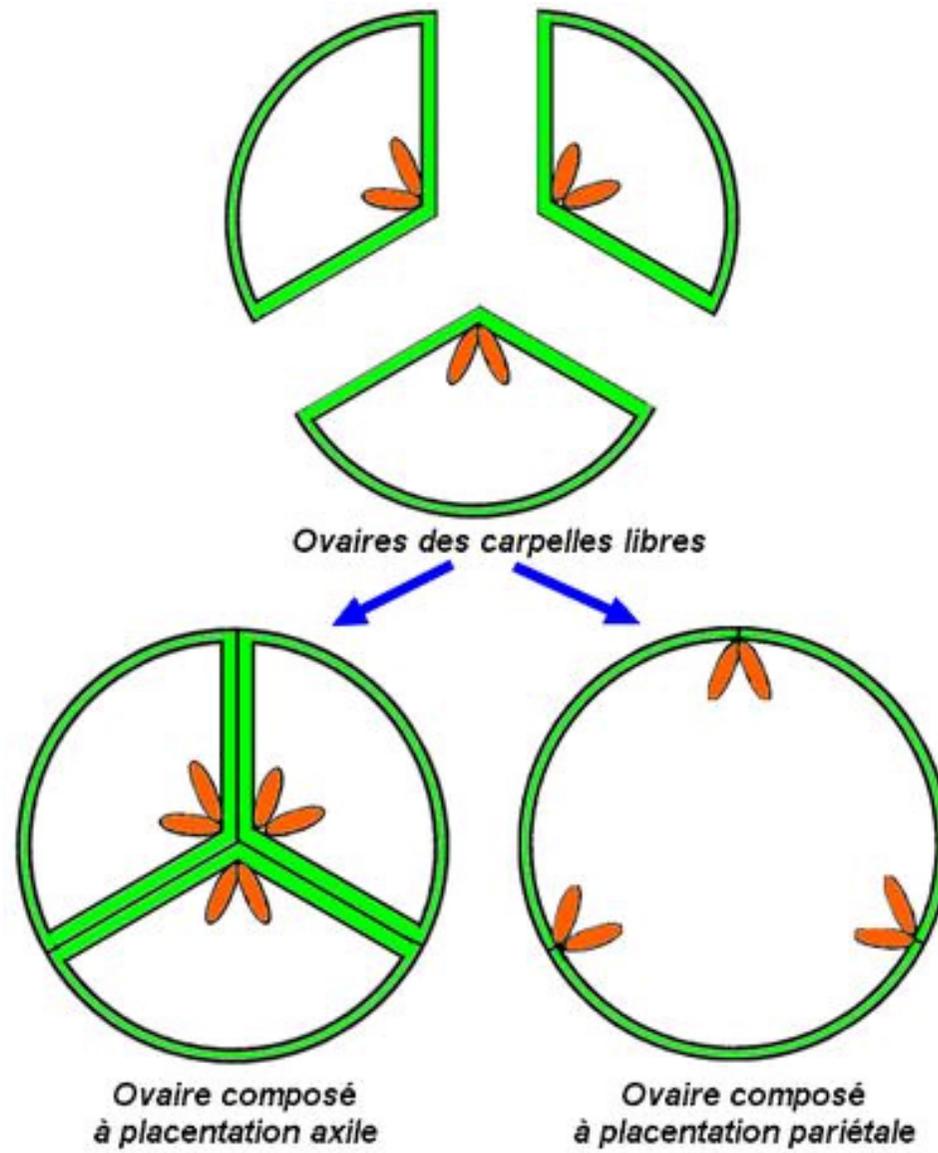
- en placentation axile les graines sont réunies par leur placenta vers le centre du fruit,
- en placentation pariétale les graines sont rattachées à la paroi du fruit.



Le schéma page suivante permet de comprendre le passage de 3 carpelles composé, sous-entendu composé de plusieurs ovaires :

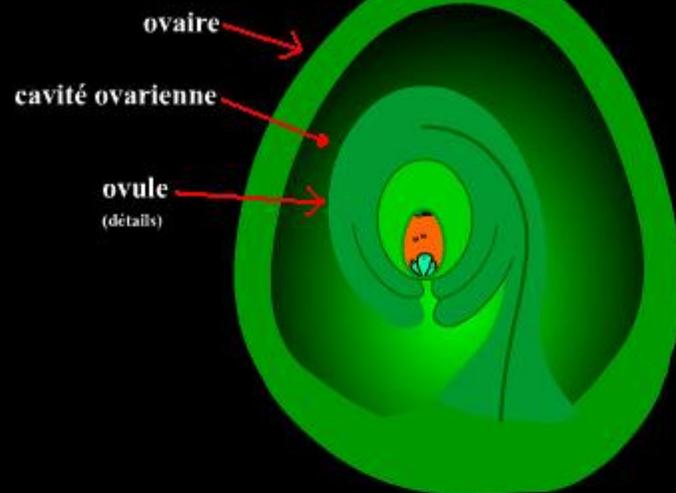
- les carpelles se soudent par leurs côtés. L'ovaire composé garde les 3 loges initiales et le placenta (tissu conducteur alimentant les ovules) se trouve au centre, dans l'axe de l'ovaire composé : la placentation est axile. Les ovules sont au centre de l'ovaire composé.

- les carpelles s'ouvrent et se soudent par leurs bords. Le placenta se trouve dans la paroi de l'ovaire composé entourant la loge unique : la placentation est pariétale. Les ovules sont sur le bord de l'ovaire composé.



ovule description

(coupe longitudinale)



Différents types d'ovules

ovule anatrophe (courbe)



ovule orthotrope (droit)



ovule campylotrope (recourbé)



E) Pollinisation chez les Angiospermes:

La pollinisation est le transport du pollen sur le stigmate. Elle est suivie de sa germination et de la formation du tube pollinique.

La pollinisation peut se faire selon différents modes :

- l'**autopollinisation**. Le stigmate d'une fleur reçoit le pollen de la même plante. Ce mode est fréquent mais non obligatoire chez les Graminées cultivées. Il est par contre obligatoire chez les fleurs qui ne s'ouvrent pas (cléistogames) telles que la Violette.
- la **pollinisation croisée**. Le stigmate d'une fleur reçoit le pollen d'une autre plante.

La pollinisation croisée peut être favorisée :

- par l'existence de fleurs mâles et de fleurs femelles sur des pieds différents,
- par la présence d'organes reproducteurs n'ayant pas leur maturité en même temps : le pollen est libéré avant, alors que le stigmate est immature (protandrie) ou le stigmate est réceptif alors que les étamines sont encore jeunes (protogynie),
- par l'existence de structures empêchant le pollen de se déposer sur le stigmate de la même fleur (ex: rostellum des Orchis).

Les agents de la pollinisation sont le vent (**anémogamie**) ou les insectes (**entomogamie**). Dans le premier cas, les fleurs sont en général à périanthe bien développé et coloré. Dans le second cas, le périanthe est absent ou réduit et peu coloré.

Les différents vecteurs de pollinisation:

Autopollinisation (autogamie): la pollinisation se fait entre des fleurs de la même plante. A ce niveau-là, aucun échange génétique n'a lieu, mais la plante peut tout de même former des graines permettant sa propre survie. Pour maintes espèces, la pollinisation directe n'intervient que dans le cas où la pollinisation croisée ne s'est pas produite.

Pollinisation par l'eau (hydrogamie): l'eau sert de vecteur à la pollinisation. Ce mode de propagation se rencontre chez les plantes aquatiques qui vivent immergées dans l'eau ou poussent à sa surface.

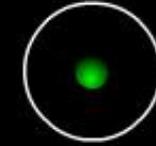
Pollinisation par un animal (zoogamie): le pollen est transporté par des animaux. Ce mode de propagation est typique de quelque 80 % des plantes à fleurs de l'Europe centrale. Chez nous, la pollinisation est assurée notamment par des insectes, sur d'autres continents aussi par des oiseaux, des mammifères, voire même des escargots. Les espèces végétales pollinisées par des insectes (pollinisation entomophile) se distinguent par des fleurs de couleurs vives, parfumées et riches en nectar. Cela attire des abeilles, des bourdons, des papillons, des papillons de nuit, des syrphes ou des coléoptères. Une pollinisation réussie se traduit par un nouveau mélange du patrimoine héréditaire. Ainsi, les plantes ont la possibilité de mieux s'adapter à des conditions de vie changeantes. En récompense, les insectes reçoivent du nectar riche en sucre et des pollens comme nourriture. Les pollens leur apportent des protéines, des vitamines, des minéraux et des graisses. Une affaire intéressante pour les deux partenaires.

Pollinisation par le vent (anémogamie): lors de la pollinisation par le vent (ou pollinisation anémophile), le pollen est transporté par le vent et tombe par hasard sur le stigmate en général plumeux d'une autre fleur. Les plantes à pollinisation anémophile ne développent ni organes spectaculaires pour attirer les insectes ni parfum ou nectar, mais elles produisent d'énormes quantités de pollens. Les grains de pollen des résineux sont dotés de sacs aériens, ceux des autres plantes à pollinisation anémophile sont en général lisses et secs. Il arrive souvent que les plantes fleurissent avant la pousse des feuilles, ce qui augmente l'efficacité de la pollinisation. Les exemples connus pour ce phénomène sont les résineux, les graminées ou des arbres ou arbustes à floraison précoce, tels que le noisetier, le bouleau et l'aulne.

1) placentation caulinaire



Placentation centrale

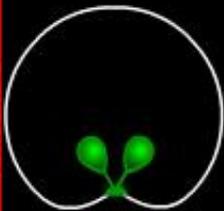


Placentation basilaire

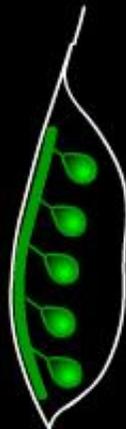


**Différents types de
placentations**

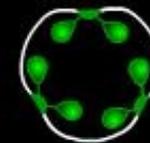
2) placentation foliaire



Placentation marginale



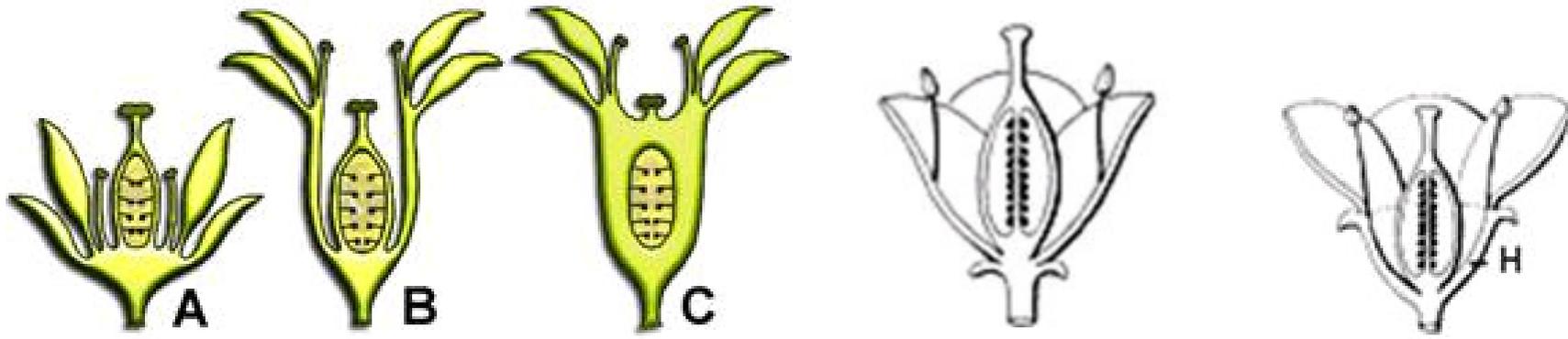
Placentation axile



Placentation pariétale



Position du gynécée de la plante:



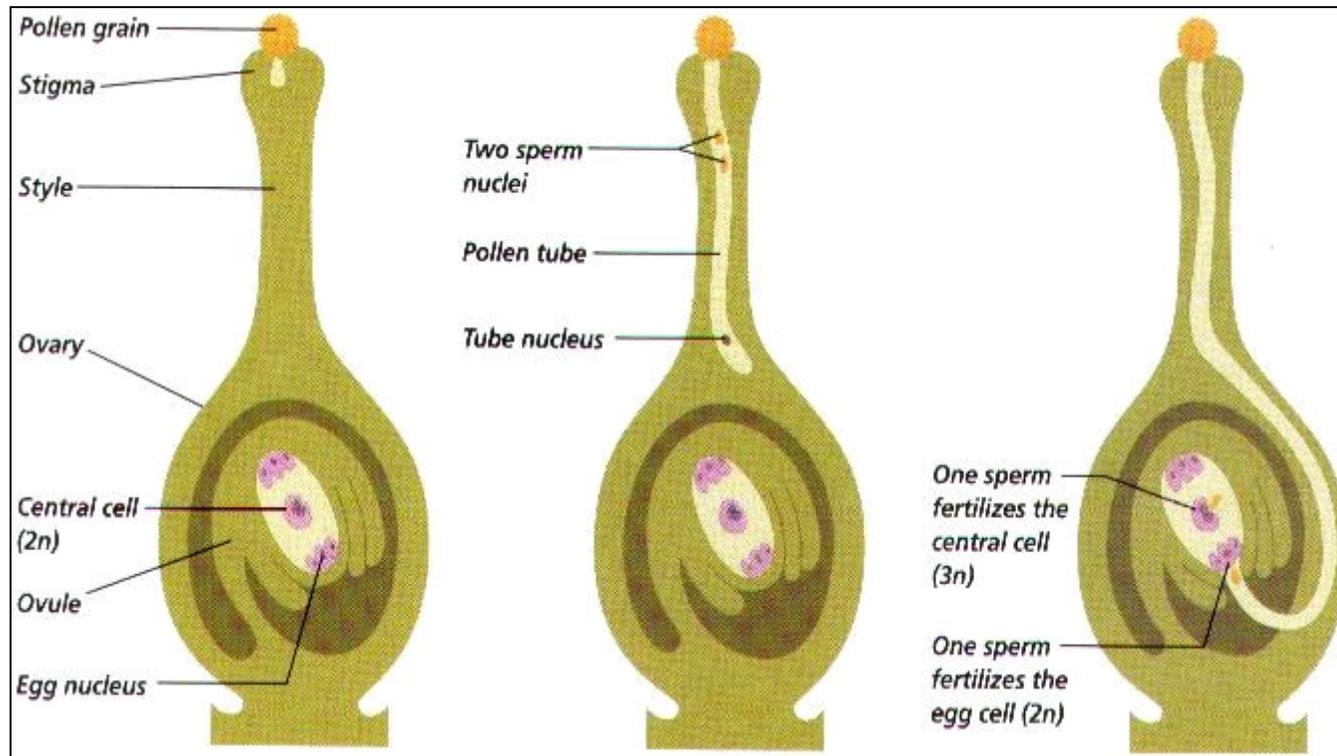
Hypogyne

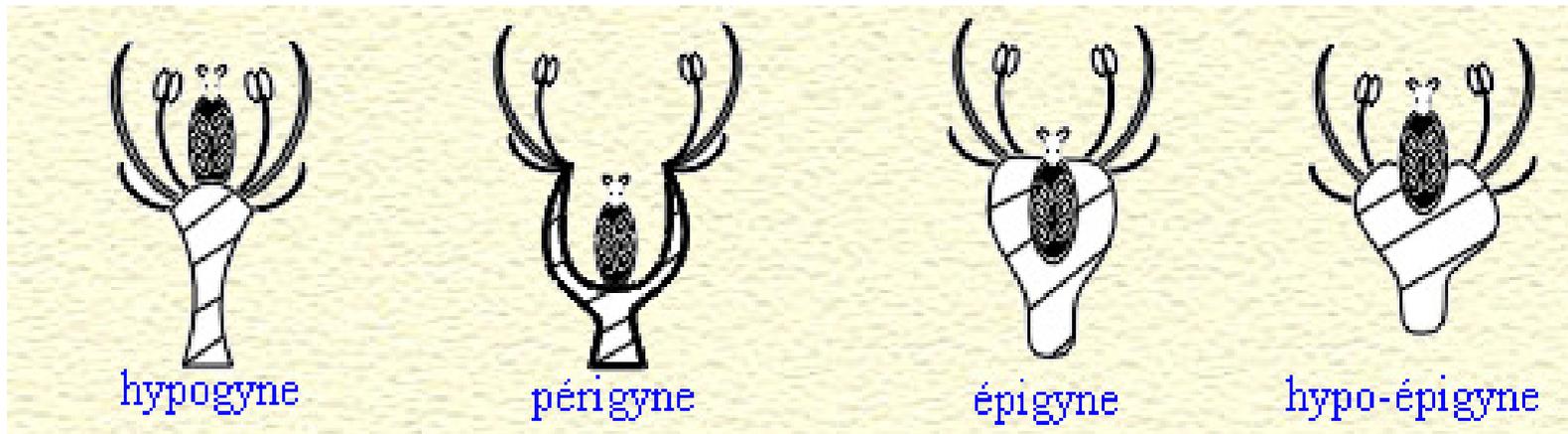
Périgyne

Epigyne

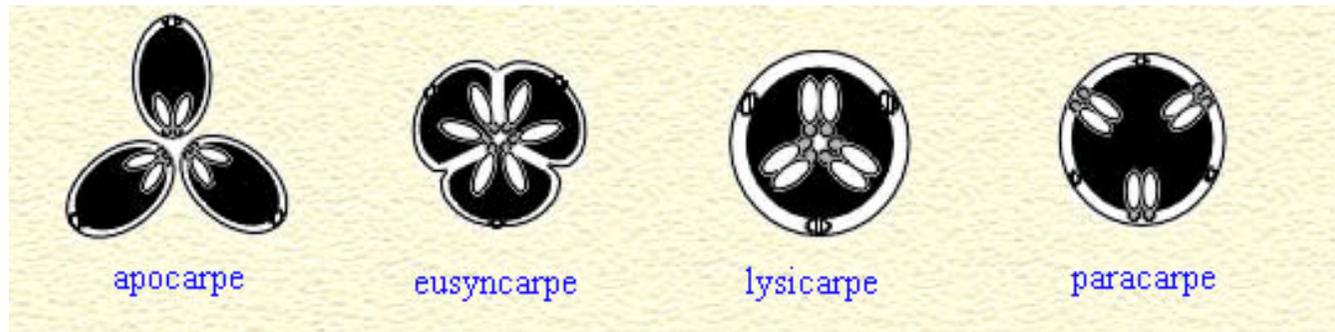
Hypogyne

Périgyne





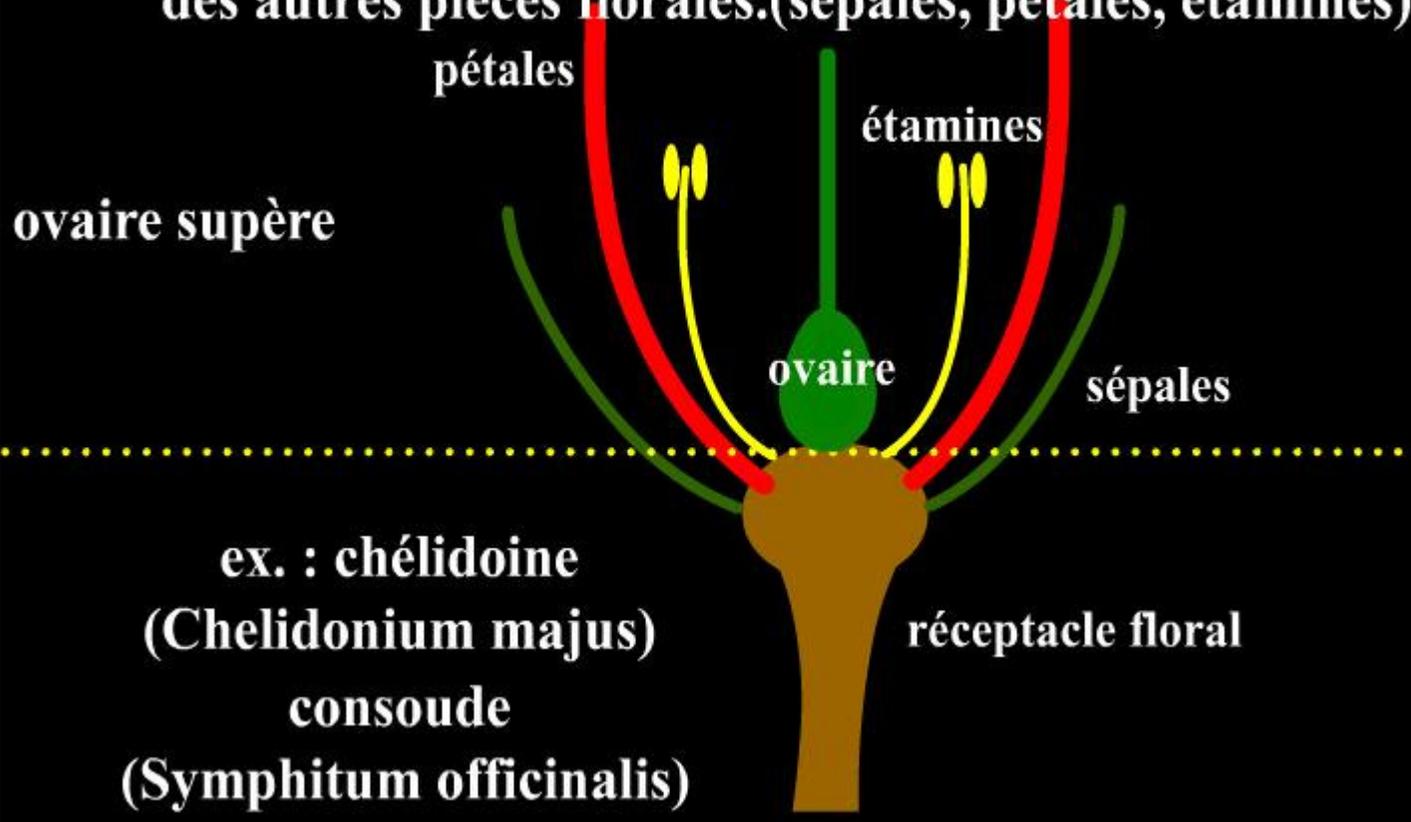
- ~ ovaire libre, situé au dessus de l'insertion des pièces stériles: fleur **hypogyne** (ou superovariée) (P).
- ~ ovaire libre situé au fond d'une coupe réceptaculaire: fleur **périgyne** (ou semi-inferovariée) (*Prunus...*).
- ~ ovaire adhérent au tube floral (= parties inférieures du calice et de la corolle concrescentes), donnant l'illusion d'être situé en dessous des pièces stériles: fleur **épigyne** (ou inferovariée) (E).
- ~ ovaire à partie inférieure seulement adhérente au tube floral: fleur **hypo-épigyne** (*Saxifraga pluri sp...*).



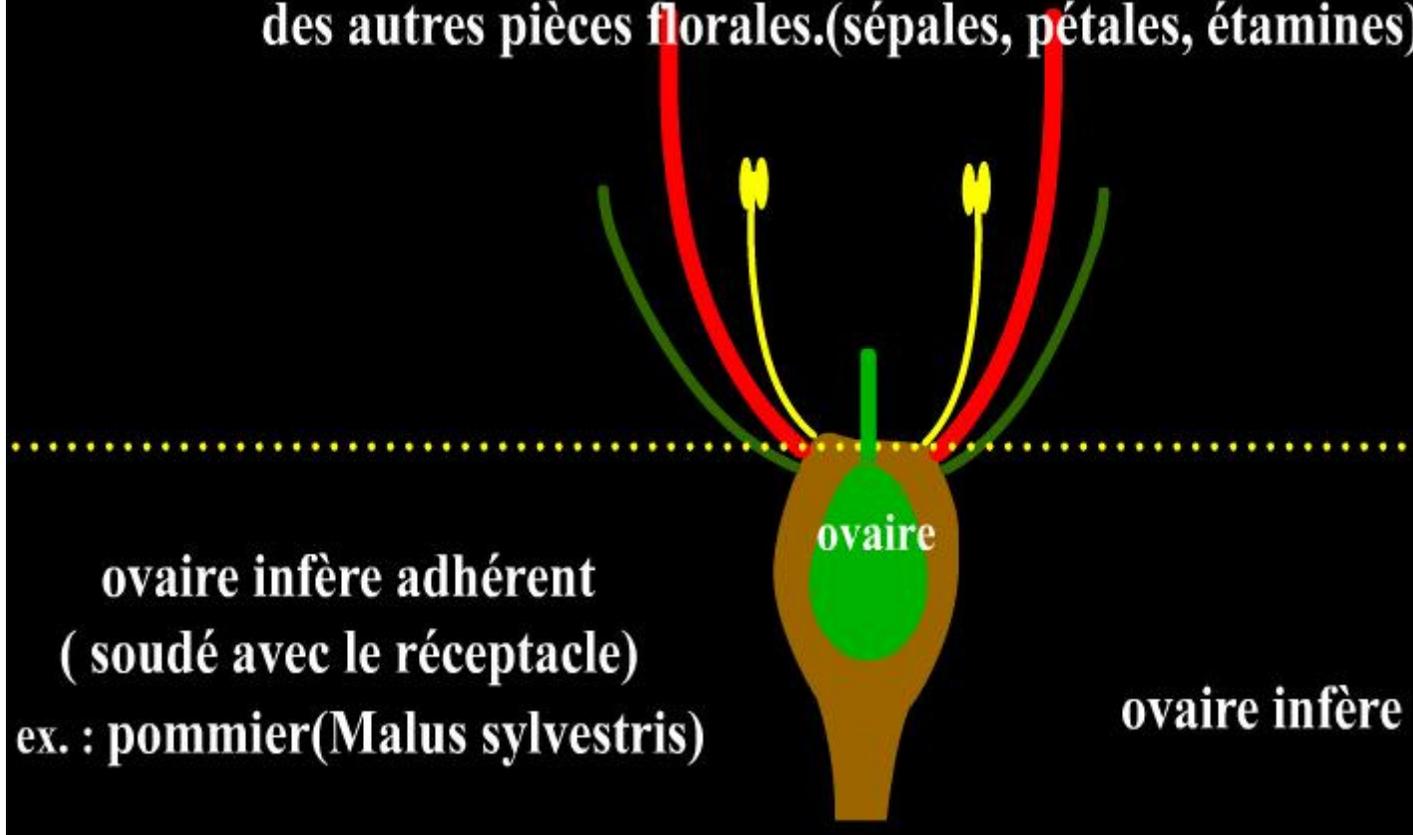
rapport entre carpelles:

- ~ gynécée à carpelles libres: gynécée dialycarpe ou **apocarpe** (P).
- ~ gynécée à carpelles soudés: gynécée gamocarpe ou **syncarpe** s.l. (E).
- " gynécée syncarpe formé de carpelles fermés connivents; la concrescence latérale entre deux carpelles formant le septum: gynécée **eusyncarpe** ou syncarpe s.s.
- " gynécée syncarpe dérivant d'un gynécée eusyncarpe par disparition des septa; une colonne centrale ou columelle, plus ou moins complète, de nature carpellaire subsistant au centre de la cavité ovarienne: gynécée **lysicarpe** (*Primulaceae, Caryophyllales...*).
- " gynécée syncarpe formé de carpelles ouverts soudés bord à bord : gynécée **paracarpe** (*Dilleniidae...*).

**L'ovaire est situé au dessus du point d'insertion
des autres pièces florales.(sépales, pétales, étamines)**



L'ovaire est situé en dessous du point d'insertion
des autres pièces florales.(sépales, pétales, étamines)



F) Pollen des Angiospermes:

Le grain de pollen est généralement formé de seulement 2 cellules haploïdes :

- la **cellule végétative**, responsable de l'allongement du tube pollinique,
- la **cellule spermatogène** qui donnera 2 gamètes mâles ou spermatozoïdes, vecteurs de la fécondation.

Le grain de pollen est entouré de 2 parois :

- l'**exine** épaisse, ornementée et lisse,
- l'**intine**., fine et doublant intérieurement l'exine.

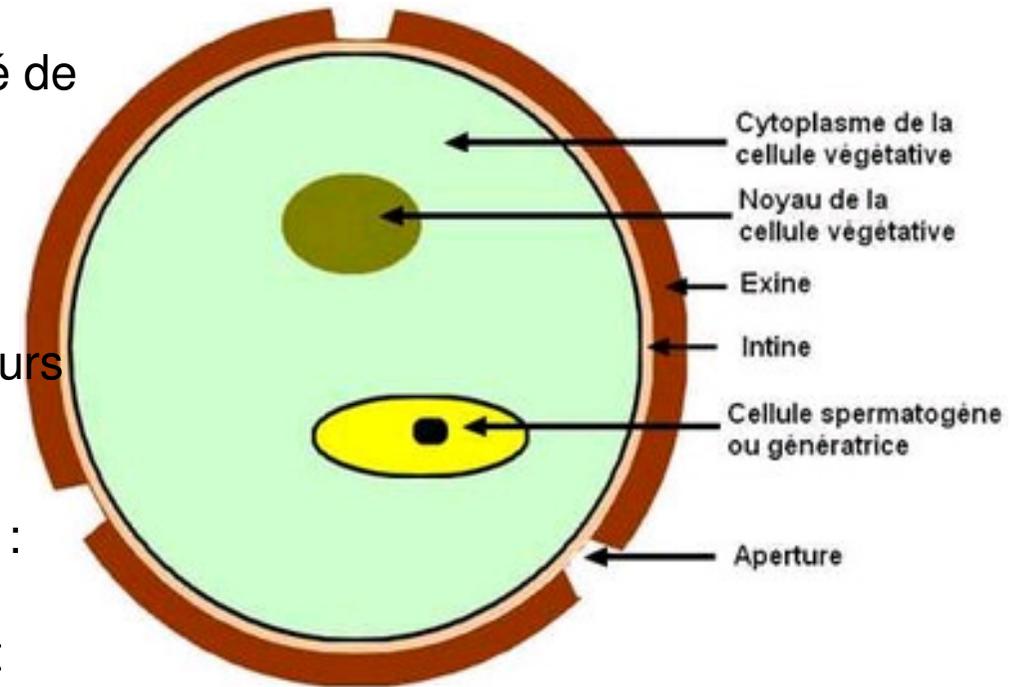
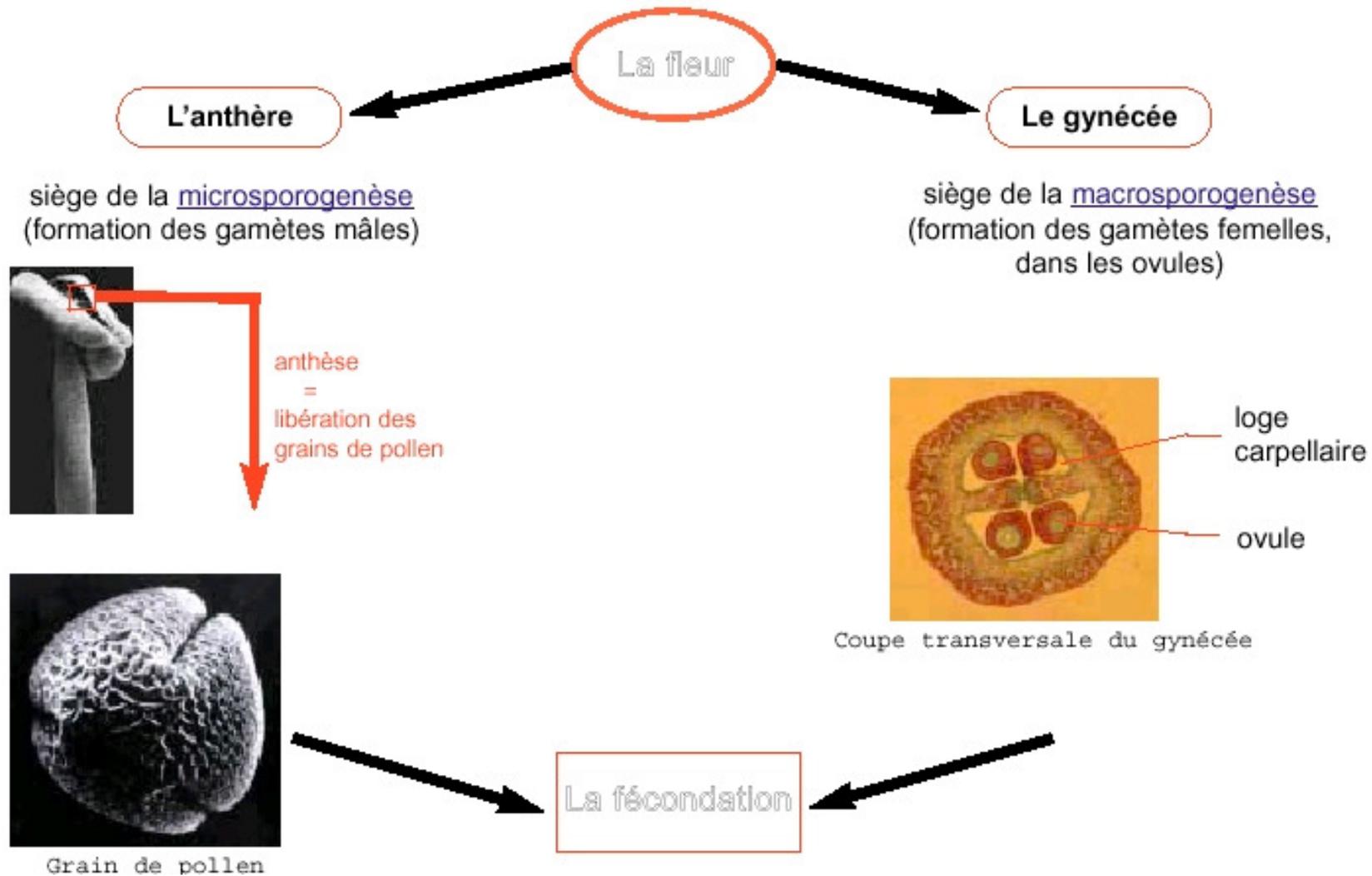


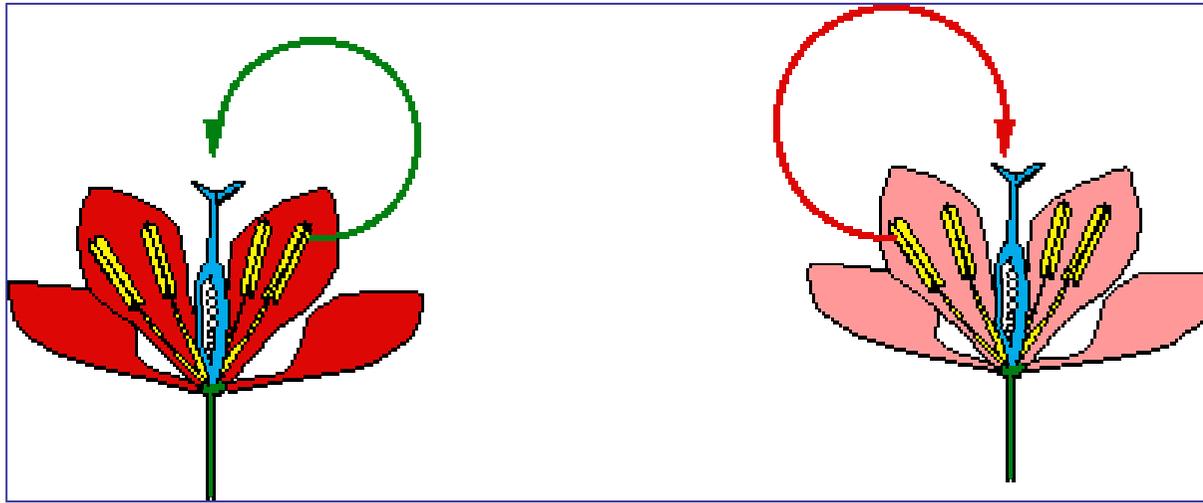
Schéma d'un grain de pollen

A certains endroits appelés **aperture**, l'exine est amincie. Chez le pollen des Monocotylédones ou des Dicotylédones basales (= primitives), il n'existe normalement qu'une seule aperture, circulaire ou allongée en sillon. Parfois, cette aperture s'étire, s'amincit par endroits et forme alors plusieurs pores.

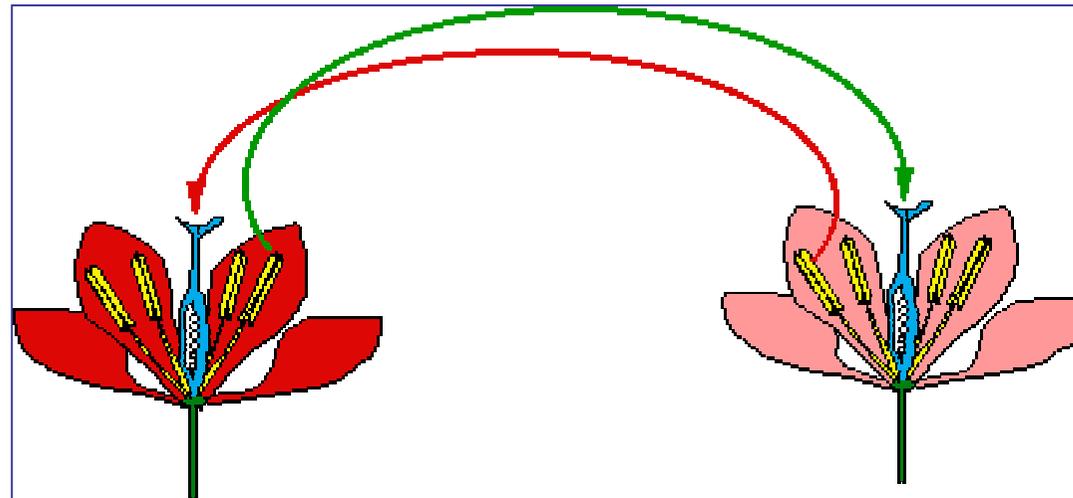
Chez le pollen des Dicotylédones vraies (Eudicotylédones), il existe normalement 3 apertures. Cependant, ce nombre peut être multiplié.

De la fleur à la fécondation





Autofécondation



Fécondation croisée

G) Germination du tube pollinique :

La germination du pollen commence par son gonflement par absorption de l'eau de la surface du **stigmate**.

Les vacuoles turgescentes poussent **l'intine** et le cytoplasme vers une ouverture du grain de pollen : c'est le début de la croissance du **tube pollinique**.

Quand le tube pollinique s'agrandit le cytoplasme et les 2 noyaux se trouvent confinés à son extrémité, le **noyau gamétogène** étant légèrement en retrait du **noyau végétatif**.

Les phénomènes d'élongation cellulaire se trouvent limités à l'extrémité du tube. Celui traverse le **style** sans jamais pénétrer dans les cellules ; les cellules du tissu de conduction agissent comme des rails pour le tube pollinique qui rentre au niveau du **micropyle** dans **l'ovule**.



Grain de pollen
et son tube pollinique



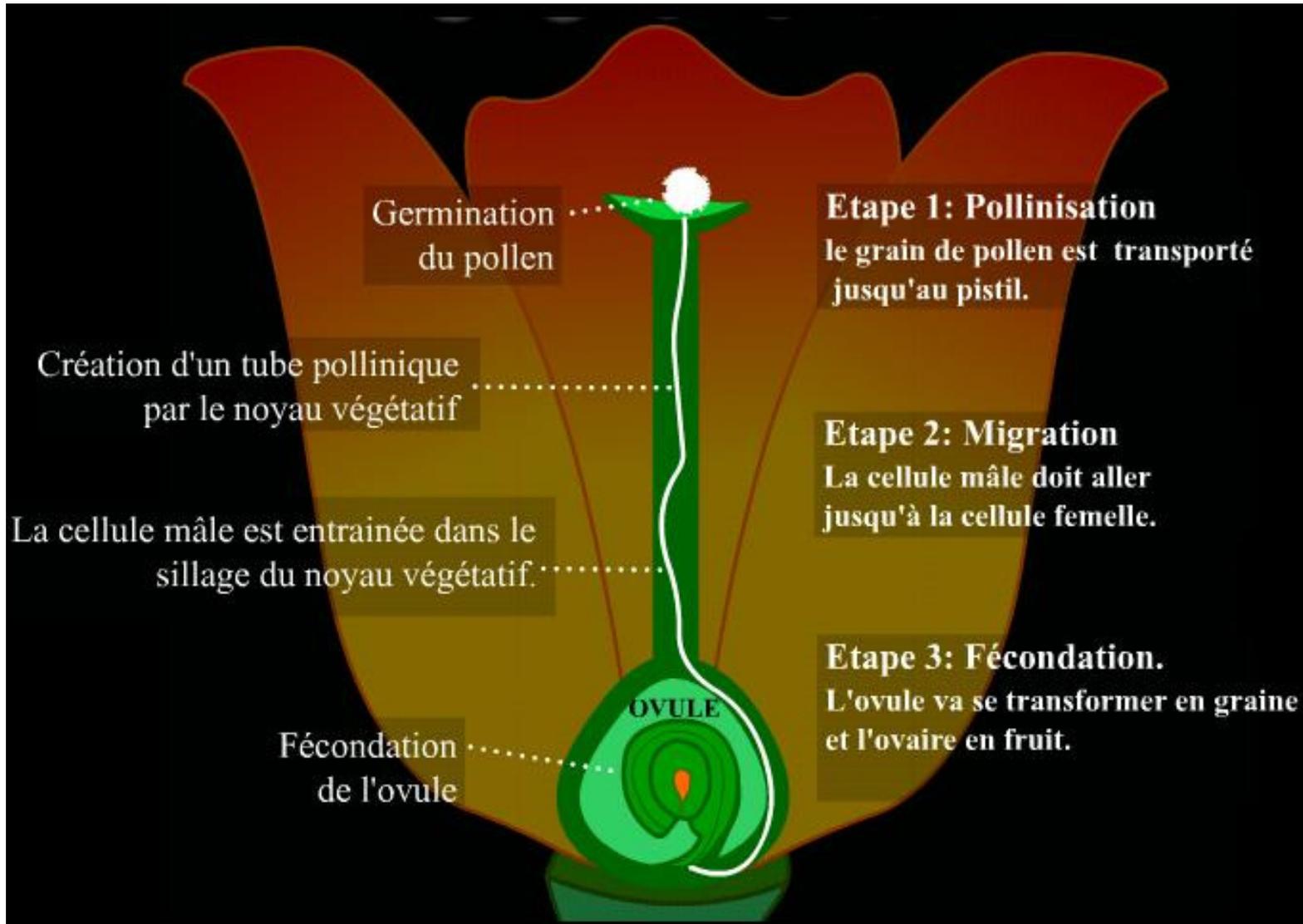
H) Double fécondation chez les Angiospermes :

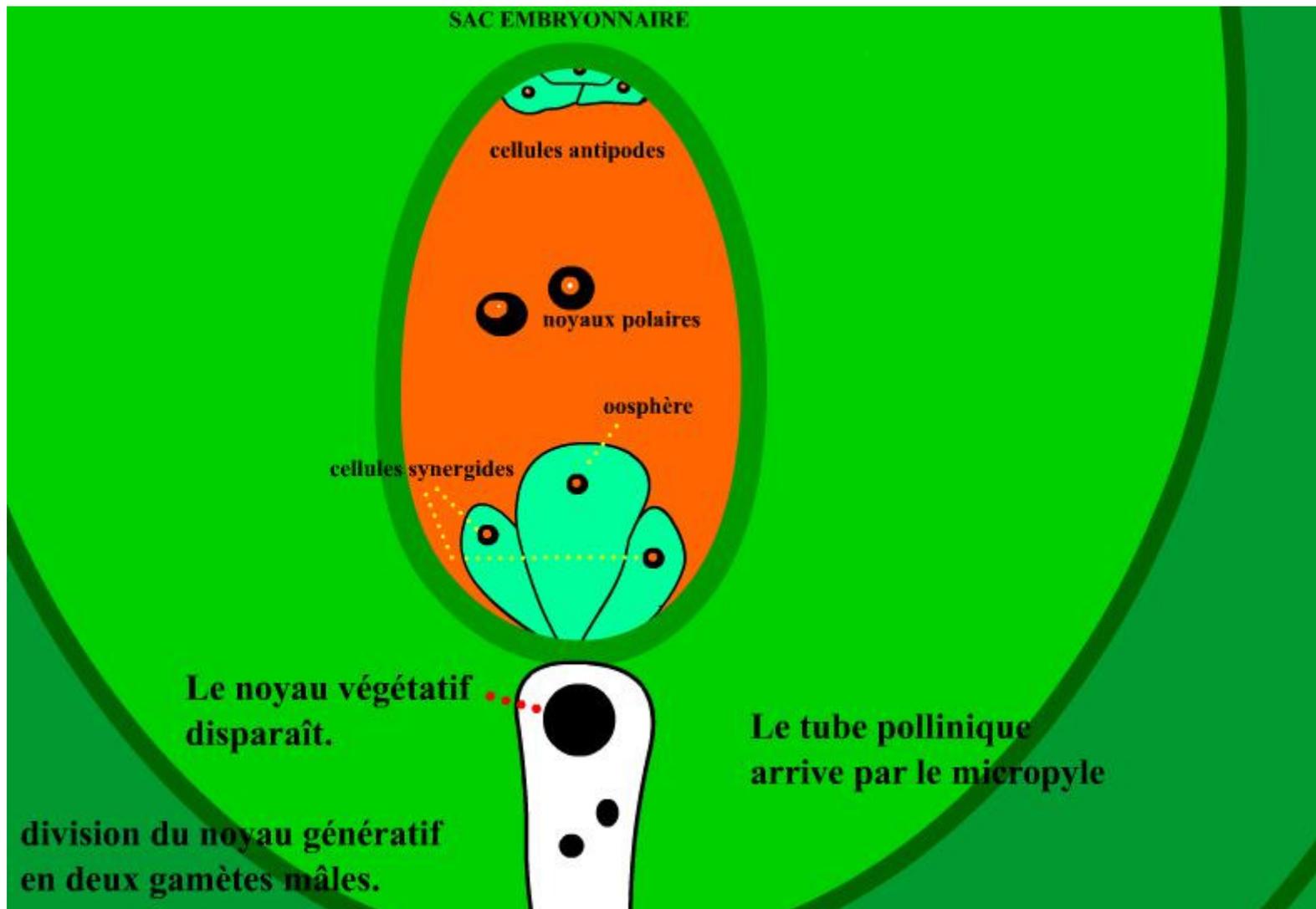
La **double fécondation** est une des caractéristiques, avec la présence des carpelles, des Angiospermes par rapport aux Gymnospermes. Elle aboutit à la formation d'un zygote principal, diploïde, et d'un zygote accessoire, l'albumen normalement triploïde.

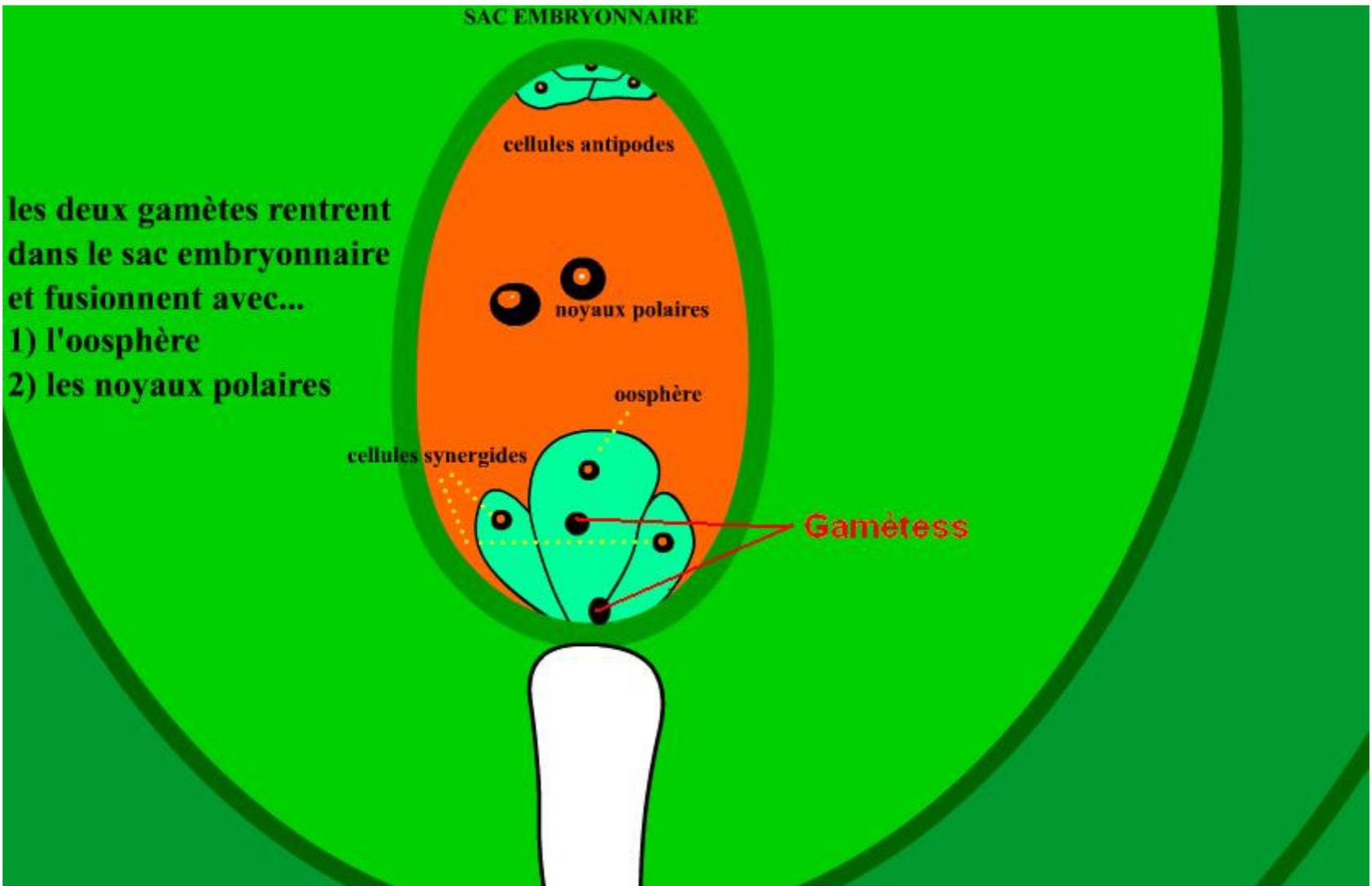
Un **noyau spermatique** fusionne avec celui de **l'oosphère**. Le zygote principal obtenu donnera **l'embryon**.

L'autre noyau spermatique fusionne avec les 2 noyaux centraux bien individualisés ou déjà fusionnés. Il en résulte un zygote accessoire ou albumen. L'albumen est triploïde mais, étant donné que les noyaux centraux ne sont pas toujours au nombre de deux ou diploïdes, son degré de ploïdie peut varier.

L'albumen est un tissu de réserve qui termine sa formation avant celle du zygote principal. Quand ce dernier aura terminé sa propre formation, l'albumen aura généralement disparu (graine exalbuminée) ou subsistera (graine albuminée).







les deux gamètes rentrent
dans le sac embryonnaire
et fusionnent avec...

- 1) l'oosphère
- 2) les noyaux polaires

Les noyaux polaires fécondés
vont donner l'albumen.(triploïde)

DOUBLE FECONDATION

L'oosphère fécondée formera
l'embryon. (diploïde)

LA RACINE: structures **microscopiques**

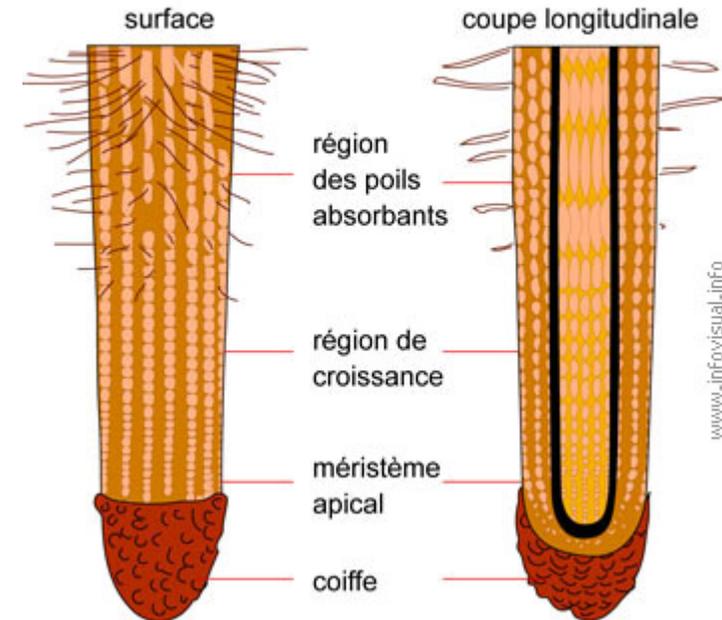
A) Structure externe:

- axe à géotropisme positif
- axe à phototropisme négatif
- non chlorophyllienne (Exception: Phylodendron)
- ne porte ni feuilles, ni bourgeons
- porte des poils absorbants à son extrémité
- assure la fixation de la plante au sol

Quand la racine se développe, sa morphologie se complique:

- **racine pivotante**
- **racine tuberculeuse**
- **racine caulinnaire**
- **racines fasciculée**

EXTRÉMITÉ D'UNE JEUNE RACINE



Extrémité d'une jeune racine: axe de la plante qui croît en sens inverse de la tige, fixe la plante et absorbe ce qu'il faut pour la nourrir.

Surface: vue de la partie externe de la racine.

Coupe longitudinale: coupe faite en longueur.

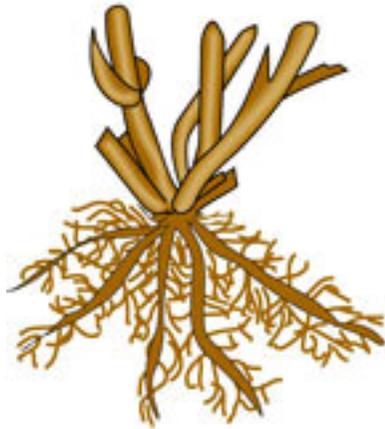
Région des poils absorbants: partie de la racine où sont situés les poils qui absorbent les nutriments et l'eau.

Région de croissance: ensemble des cellules déterminant la croissance de la racine.

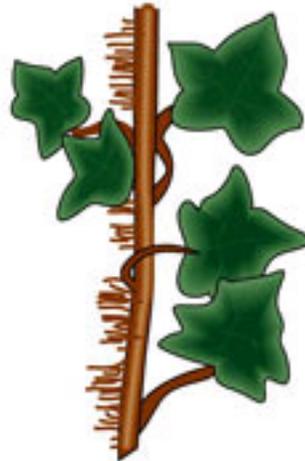
Méristème apical: tissu du sommet formé de cellules se multipliant rapidement.

Coiffe: enveloppe protectrice de la racine.

RACINES DIVERSES



fasciculée
(Ble)



caulinaires



tuberculeuse
(Carotte)



pivotante (Giroflée)

www.infovisual.info

Différents types de tiges: axe de la plante.

Tubercule: renflements souterrains des axes végétaux (rhizome particulier).

Volubile: qui s'enroule autour de quelque chose lorsque possible.

Bulbe en coupe: division du bulbe faite de manière à voir ce qu'il y a à l'intérieur.

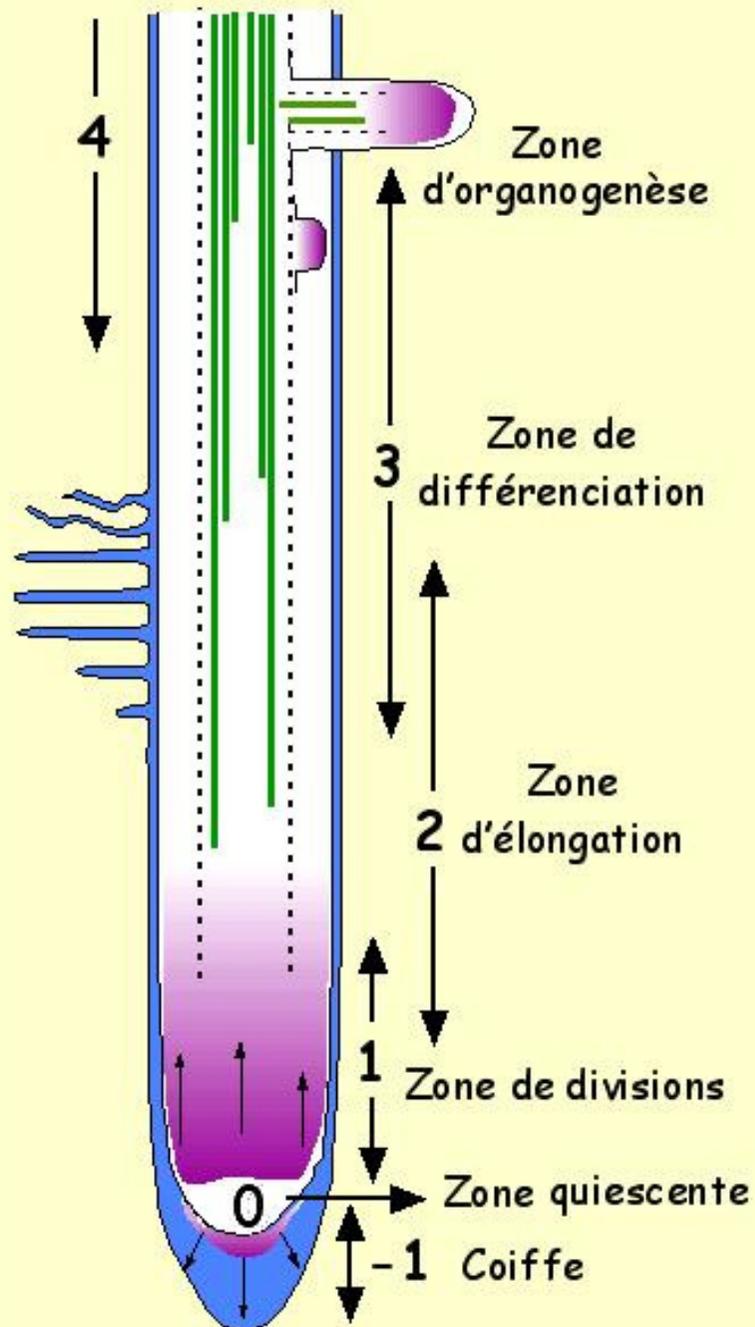
Bulbe: organe végétal rendant possible la croissance d'une plante à chaque année.

Rhizome: tige souterraine émettant annuellement des racines adventives. 92

Stolon: tige aérienne qui rampe, pouvant développer de nouvelles pousses.

Plantes à racines spécialisées:

- **racines aériennes adventives**: apparaissent le long d'une tige (Ex: Phylodendrons)
 - **racines crampons**: qui fixent la plante à 1 support (Ex:Lierre)
 - **racines aplaties**: Ex: chez les Orchidées tropicales vivant sur d'autres végétaux (épiphytes), elles peuvent former 1 voile qui recueille l'eau
 - **racines-échasses** (ou racines contreforts) : ce sont des racines adventives transformées pour étayer le tronc ou les branches de certains arbres à enracinement superficiel (exemple : pandanus, certains ficus) ;
 - **pneumatophores** : racines verticales qui émergent de l'eau et permettent d'assurer les échanges gazeux chez certains arbres des marécages et de la mangrove (exemple : palétuviers) ;
 - **racines-suçoirs** : observées chez les plantes parasites comme le gui (*Viscum album*, Loranthacées).
- les champignons n'ont pas de racines
- les mousses ont des rhizoïdes qui fixent la plante au sol



01 - L'expérience de Sachs

Comment visualiser la croissance d'une racine?

02 - La coiffe

Sa structure et ses rôles.

03 - Le méristème apical

Comment les différents territoires cellulaires sont-ils initiés?

04 - La zone de divisions cellulaires

Observation des figures de mitose.

05 - La zone d'élongation cellulaire

Localisation et caractéristiques.

06 - La différenciation cellulaire

Réflexions sur quelques problèmes.

07 - Les poils absorbants

Comment la zone pilifère se développe t-elle?

08 - L'endoderme

Quels sont la structure et le rôle de l'endoderme?

09 - Les tissus conducteurs primaires

Comment la structure anatomique primaire de la racine s'établit-elle?

10 - Les tissus conducteurs secondaires

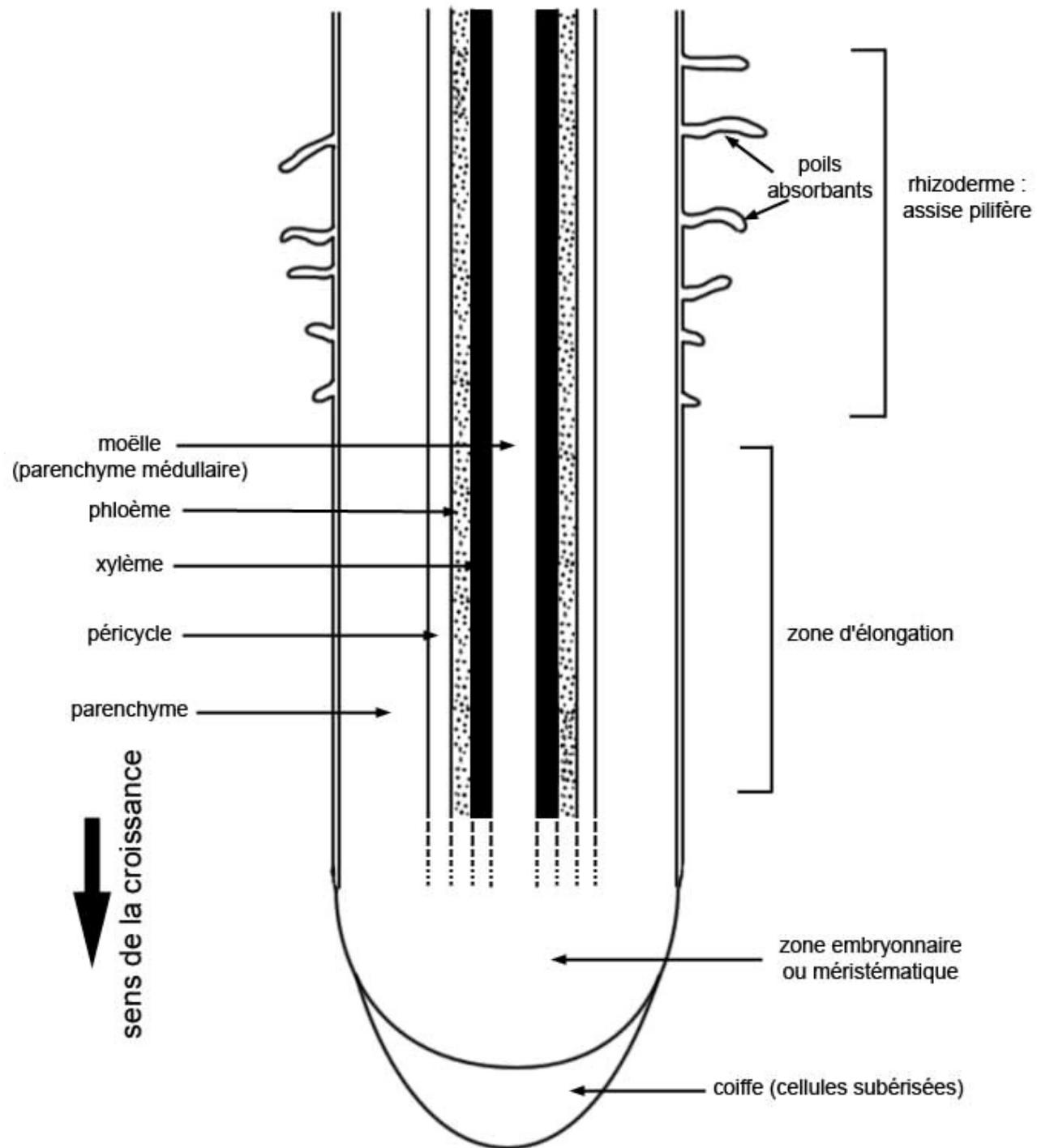
Comment des structures secondaires s'initient-elles et se réalisent-elles?

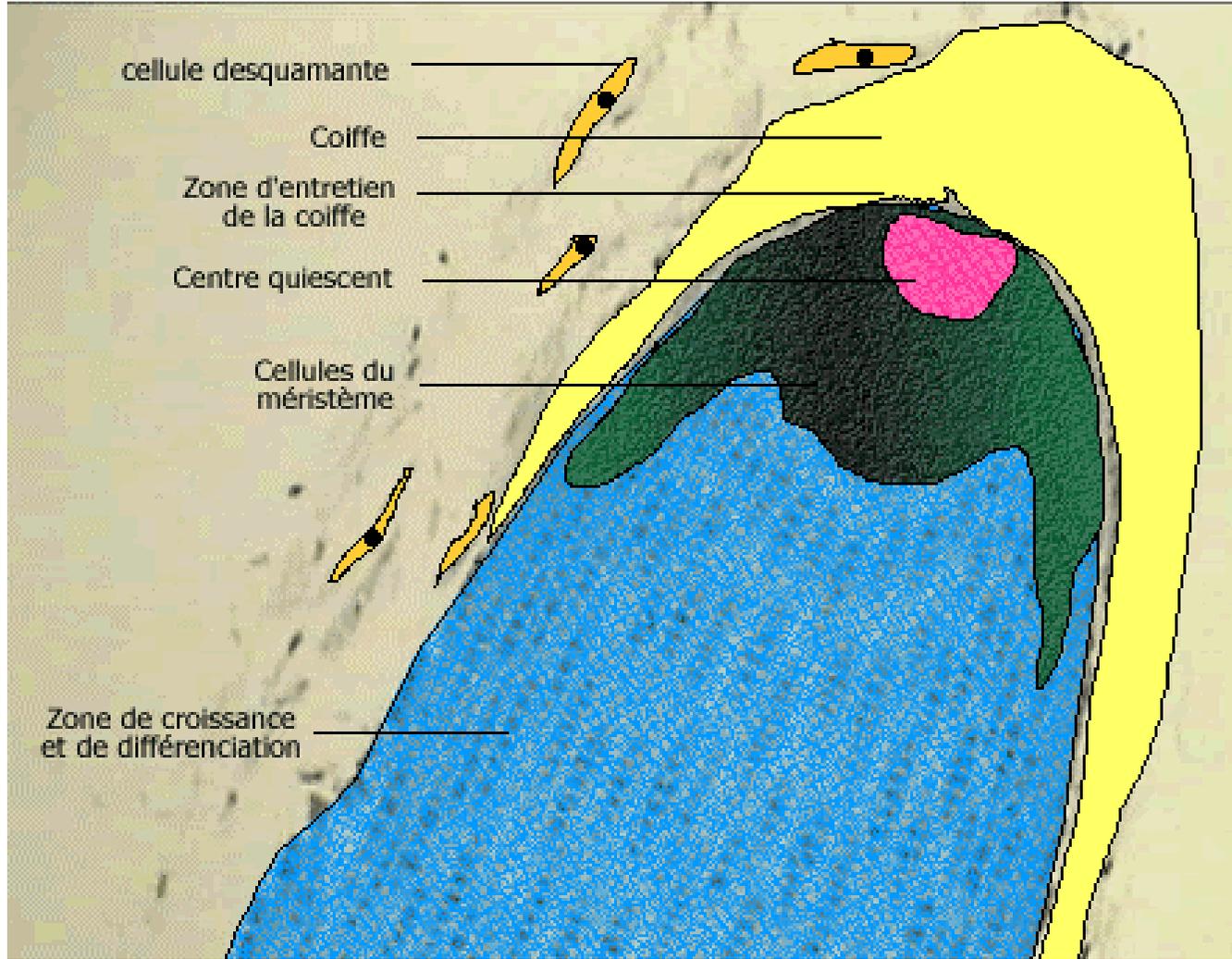
11 - Organogenèse

Comment de nouvelles racines se forment-elles?

12 - Système racinaire

Comment un système racinaire complexe s'établit-il?





Méristème racinaire d'ail

Croissance racinaire:

La croissance racinaire est une fonction du méristème apical localisé dans la zone d'élongation (*cf.* Morphologie). Les cellules méristématiques se divisent plus ou moins de façon continue, et produisent d'autres méristèmes, les cellules de la coiffe et des cellules souches indifférenciées. Ces dernières vont devenir les tissus primaires de la racine.

Les racines vont généralement croître dans toute direction présentant les bonnes conditions en air, nutriments, et eau pour satisfaire aux besoins de la plante. Les racines ne pousseront pas dans un sol sec. Avec le temps, si les conditions sont favorables, les racines peuvent casser fondations, conduites d'eau souterraines, et soulever le trottoir. A la germination, les racines croissent vers le bas sous l'effet du géotropisme (mécanisme de croissance de la plante, opposable à l'héliotropisme de la tige qui la pousse à croître vers la source de lumière). Certaines plantes, disposant de racines-crampons (comme le lierre grimpant) grimpent aux murs et sur les autres végétaux. C'est ce qu'on le thigmotropisme.

La plupart des plantes croissent par leur partie apicale ; c'est la **croissance primaire** ou **principale**, qui permet la croissance verticale. D'un autre côté, la **croissance secondaire** permet la croissance en diamètre des racines. La croissance secondaire se produit à partir du cambium vasculaire et du cambium cortical.

Chez les plantes ligneuses, le cambium vasculaire, qui se forme à partir du procambium entre le xylème et le phloème primaire, forme un cylindre de tissu tout au long de la racine. Cette couche forme de nouvelles cellules vers l'intérieur (qui se différencient en xylème secondaire) et l'extérieur (qui se différencient en phloème secondaire) du cylindre de cambium. Comme ces tissus secondaires de xylème et phloème se développent, le périmètre de la racine augmente.

Conséquemment, les tissus au-delà du phloème secondaire (le parenchyme), ont tendance à être *poussés* et écrasés contre la paroi.

A cet endroit, le cambium cortical, qui se forme à partir du péricycle, commence à créer de nouvelles cellules selon le même schéma : vers l'extérieur va se former le suber (ou liège), et vers l'intérieur le phelloderme.

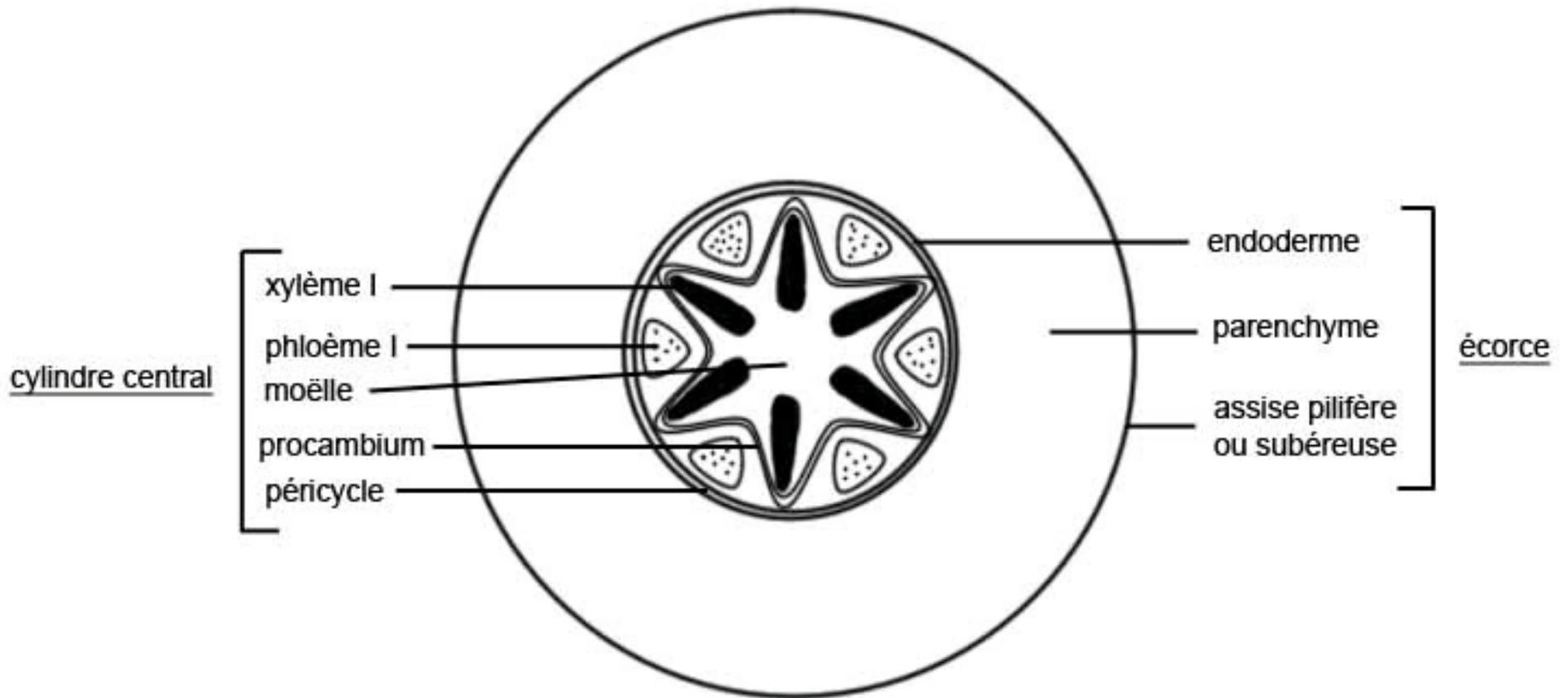
B) Structure primaire de la racine:

Structure primaire:

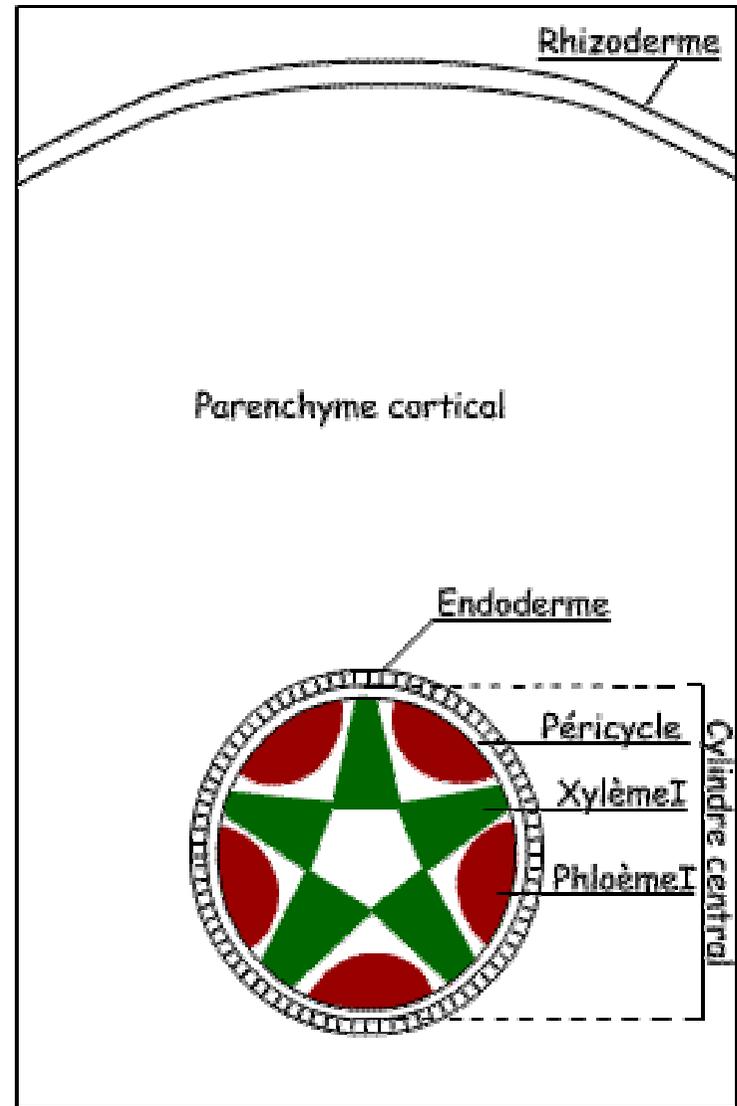
Il s'agit de la structure anatomique des jeunes racines. Sur une coupe transversale (dans le sens de la largeur : voir Fig. ci-dessus) d'une telle racine, on distingue deux zones :

l'écorce : distincte de ce que l'on appelle également l'écorce dans le langage courant, cette partie est constituée du rhizoderme qui porte d'abord les poils absorbants de la racine (ou *assise pilifère*) puis une couche de cellules subérisées (*l'assise subéreuse*, lorsque la racine vieillit), et du parenchyme cortical, qui assure le transport des éléments absorbés jusqu'au centre de la racine pour leur transport à travers toute la plante. La dernière couche de cellule de ce parenchyme est épaissie et forme une sorte de *barrière de contrôle* des molécules circulant dans la racine, c'est l'endoderme.

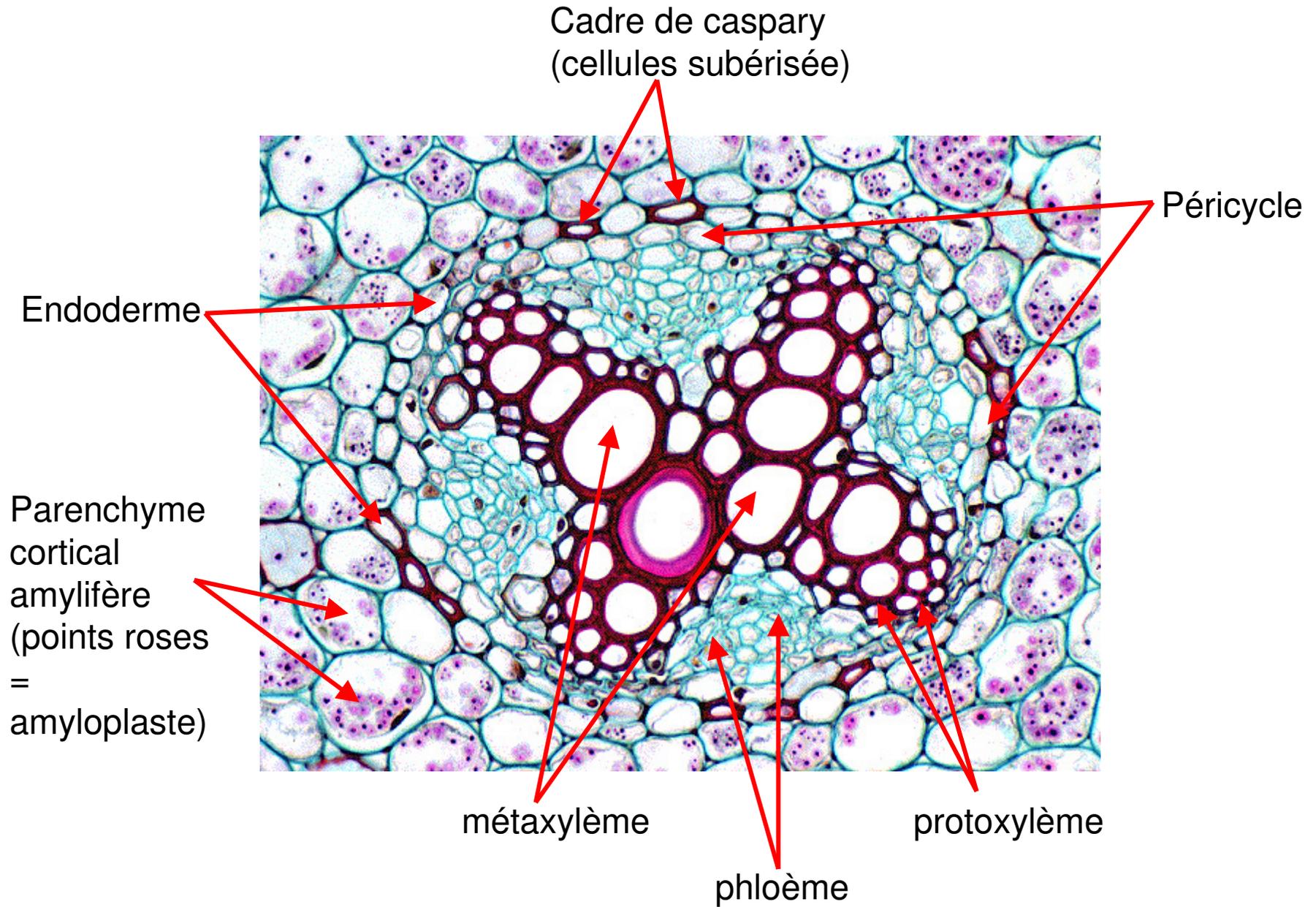
le cylindre central : c'est ici que se trouvent les tissus de transport de la sève, de la racine vers le reste de la plante. Il est composé tout d'abord du péricycle, une couche de cellules à partir de laquelle vont se former les ramifications de la racine. Viennent ensuite les deux types de tissus conducteurs, le xylème (ou bois) qui conduit la **sève brute** vers les feuilles et le phloème (ou liber) qui redistribue la **sève élaborée** dans toute la plante. Ces deux types de tissus, issus d'une couche intermédiaire de procambium, sont disposés en cercle, alternativement. Enfin, au centre de la racine, la moelle, composée de parenchyme médullaire, n'a pas de fonction particulière.



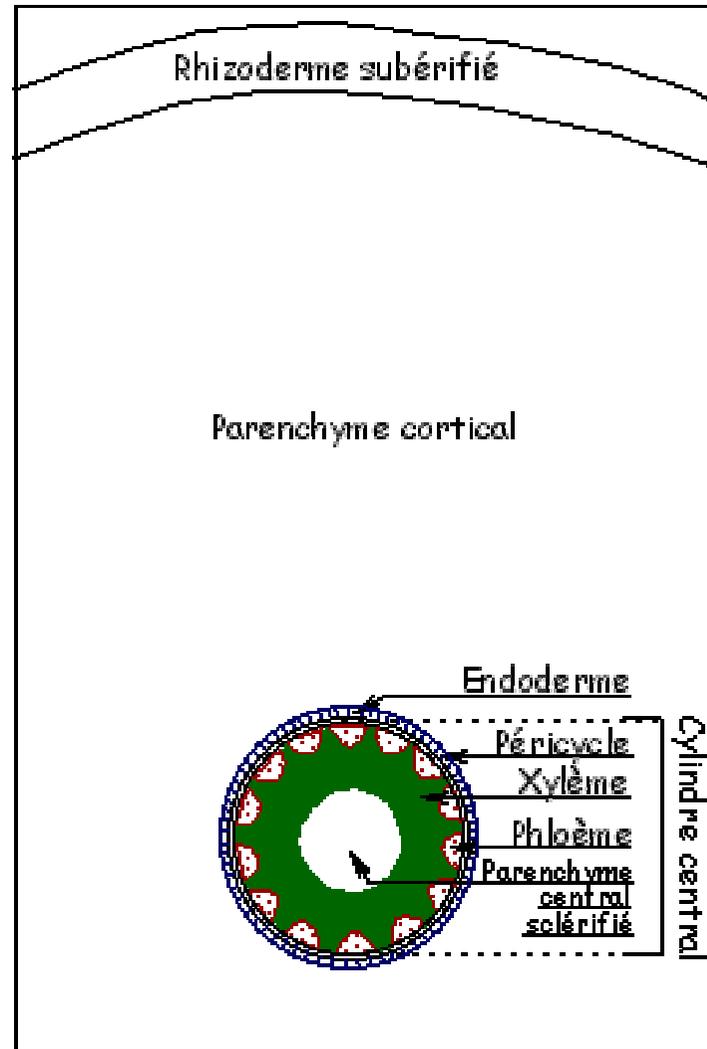
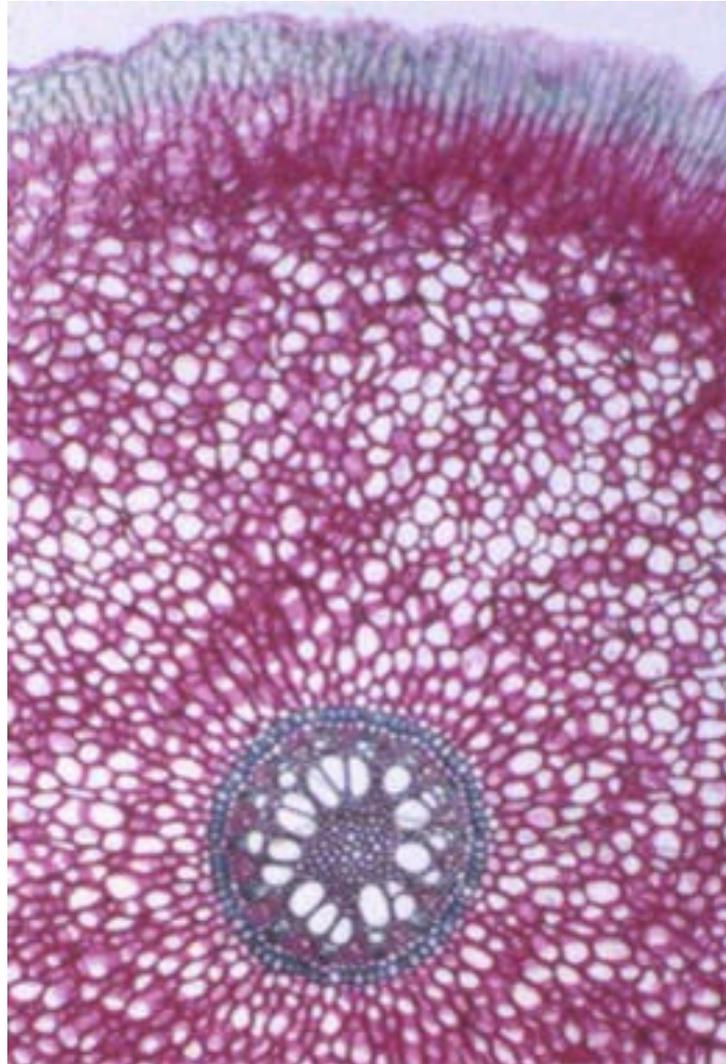
Structures primaires dans 1 coupe de racine (CT)



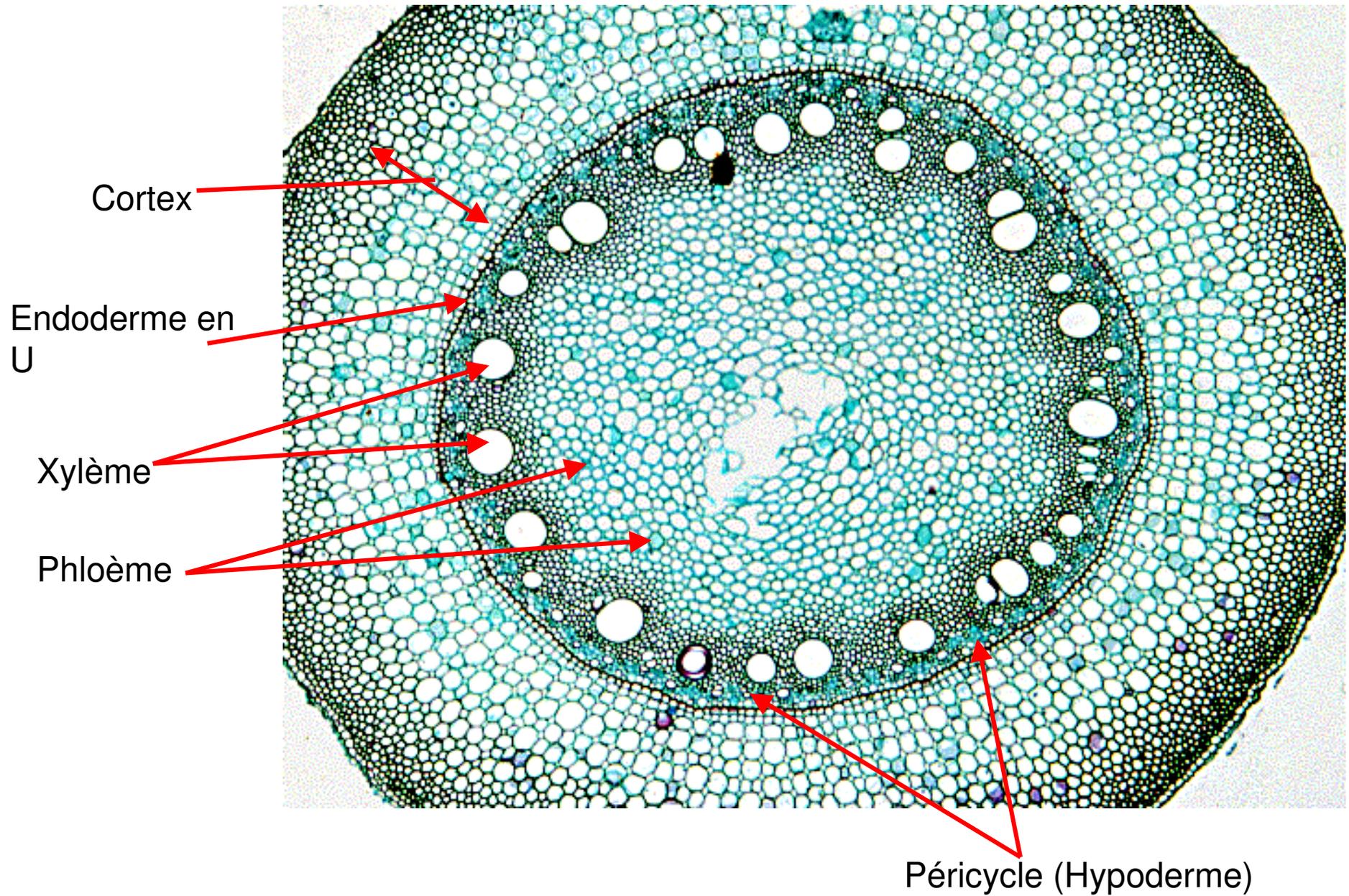
Structure d'une racine de Dicotylédones, l'Héllébore (Renonculacées).



Coupe transversale de la racine de renoncule (dicotylédone archaïque) 101



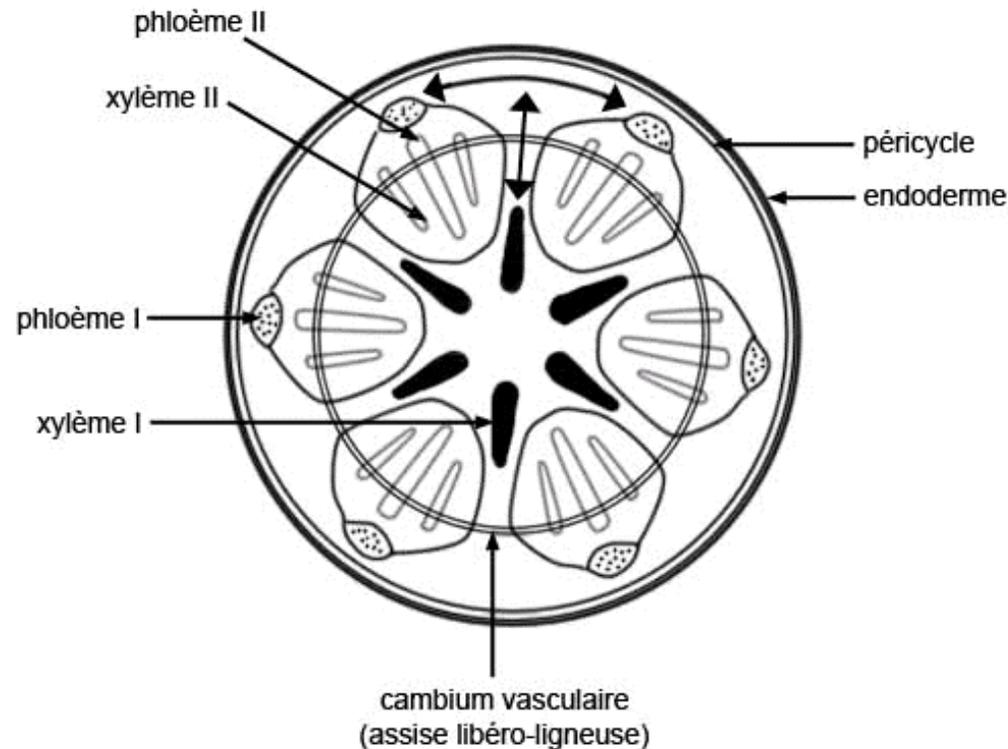
Structure d'une racine de Monocotylédones, l'iris (Iridacées).



Coupe transversale de la racine de maïs (monocotylédone); pas de structures secondaires

C) Structure secondaire de la racine:

Cette structure ne se met en place que chez les plantes pluriannuelles (mais pas chez les monocotylédones). C'est l'apparition d'un cambium continu, qui apparaît d'abord, en coupe, sous une forme étoilée, qui devient progressivement circulaire avec la croissance de la racine en épaisseur. Le **cambium vasculaire** (ou assise libéro-ligneuse) va créer les tissus de conduction secondaires que sont le xylème II et le phloème II. Le **cambium cortical** (situé vers la périphérie de la racine (ou assise subéro-phellodermique), créé quant à lui une couche externe de suber (ou liège) ainsi qu'une couche plus interne de phelloderme, toutes deux assurant la protection de la racine.



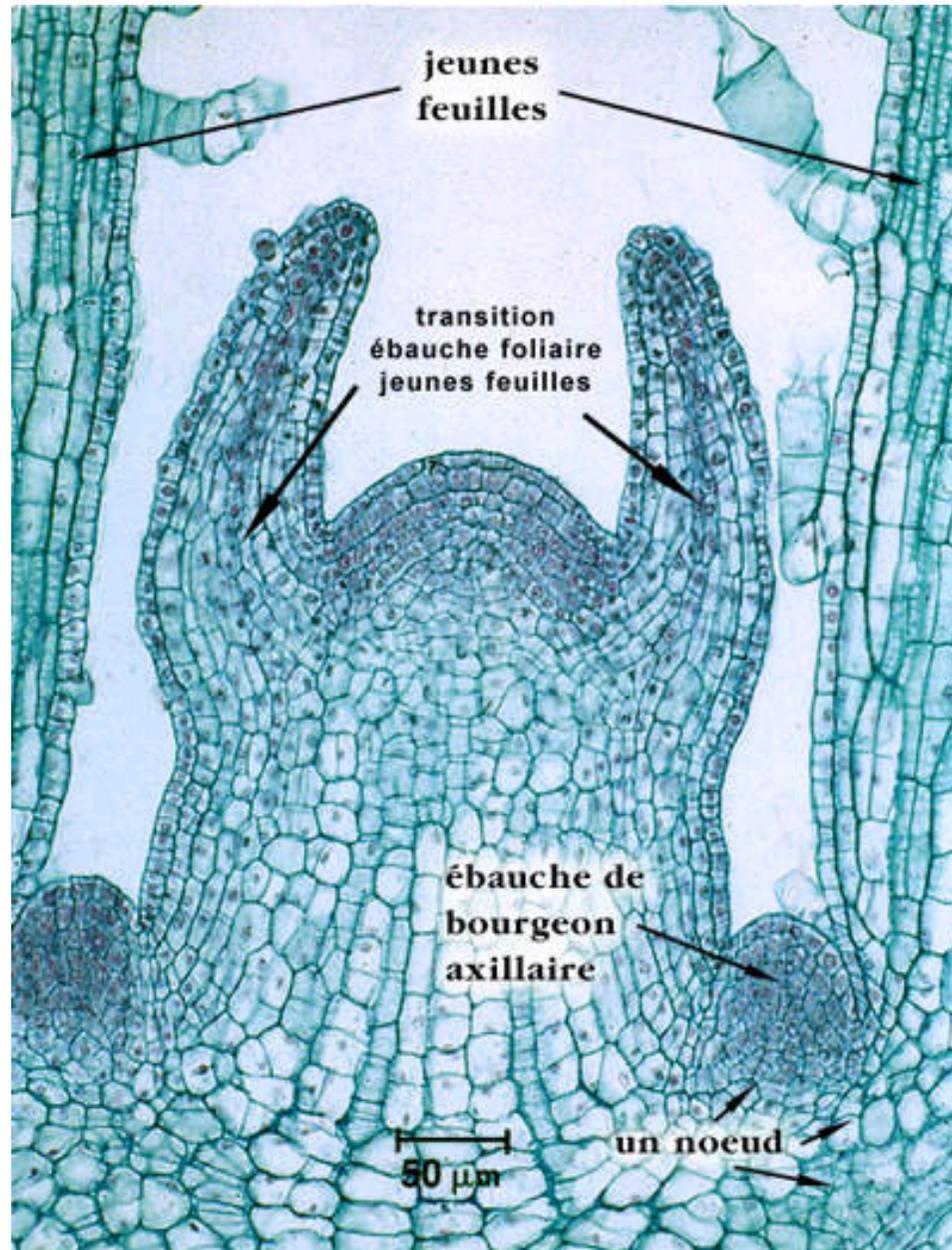
Structures secondaires dans 1 coupe de racine (cylindre central)

LA TIGE: structures microscopiques

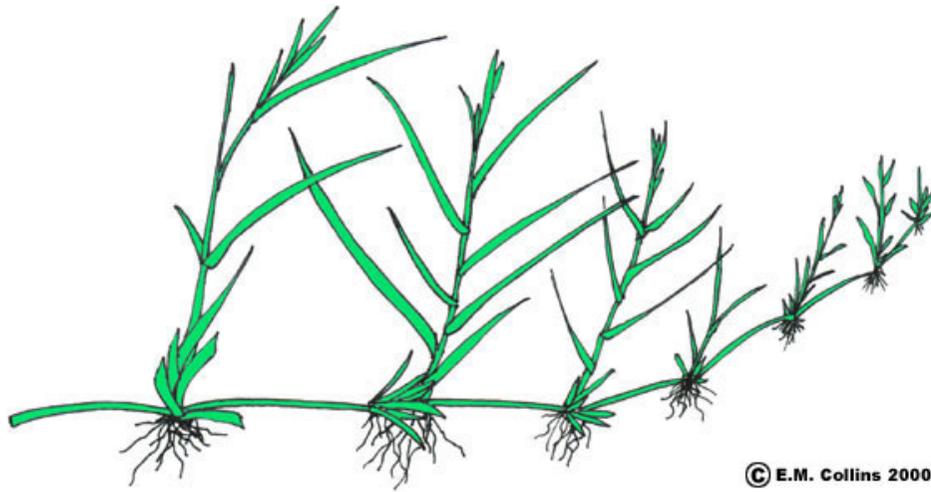
IV] Structure primaire de la tige:

Aérienne ou souterraine, dressée ou rampante, la tige est constituée d'une succession de noeuds et d'entre-noeuds. Elle porte les feuilles, lieux de la photosynthèse, et les organes reproducteurs (fleurs, fruits et graines). Elle est également le lieu de transit de la sève brute et de la sève élaborée vers d'autres organes. Sa structure primaire est mise en place grâce au fonctionnement du méristème primaire apical ou point végétatif. Chez la plupart des Dicotylédones, cette structure primaire se complète par la suite avec la formation d'une structure secondaire grâce au fonctionnement de deux nouveaux méristèmes :

- le **cambium** ou **zone génératrice libéro-ligneuse** qui produit le xylème secondaire ou bois et le phloème secondaire ou liber,
- le **phellogène** ou **zone génératrice subéro-phellodermique** qui donne naissance au liège ou suber et au phelloderme.



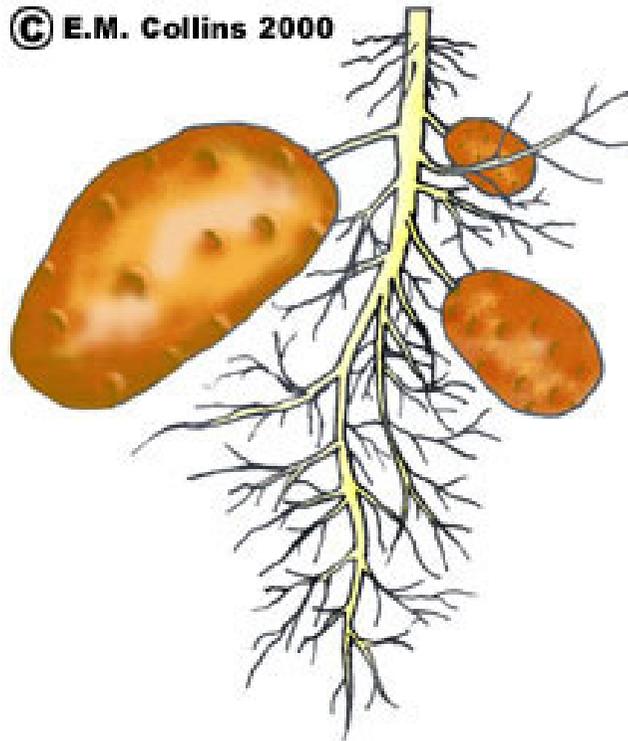
Zone méristématique caulinaire



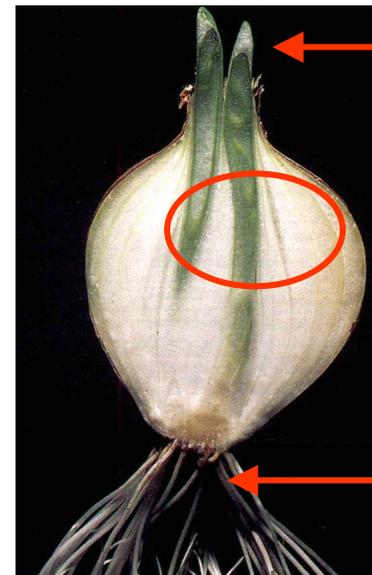
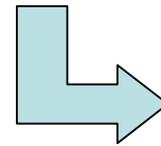
© E.M. Collins 2000

Stolon (Ex: Fraisier)

© E.M. Collins 2000



les bulbes: ne sont pas des racines mais des feuilles souterraines accumulant des réserves d'amidon
Racines
 (Ex: Oignon)

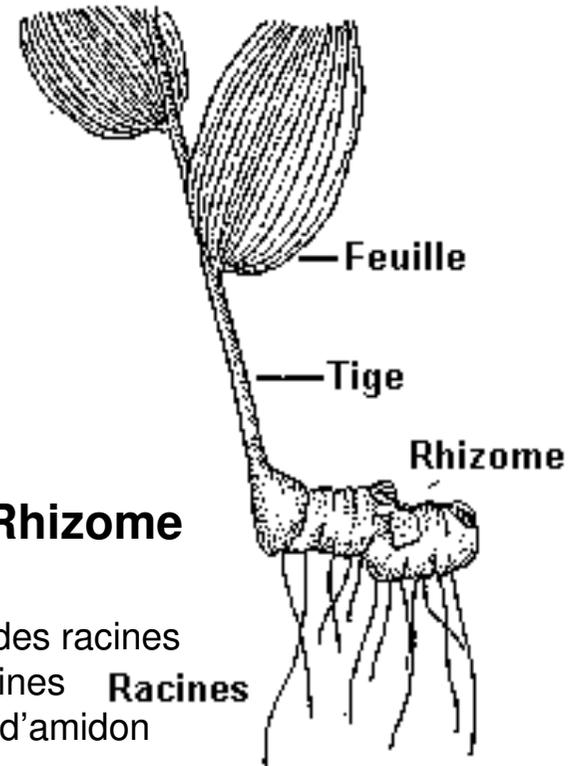


Feuilles

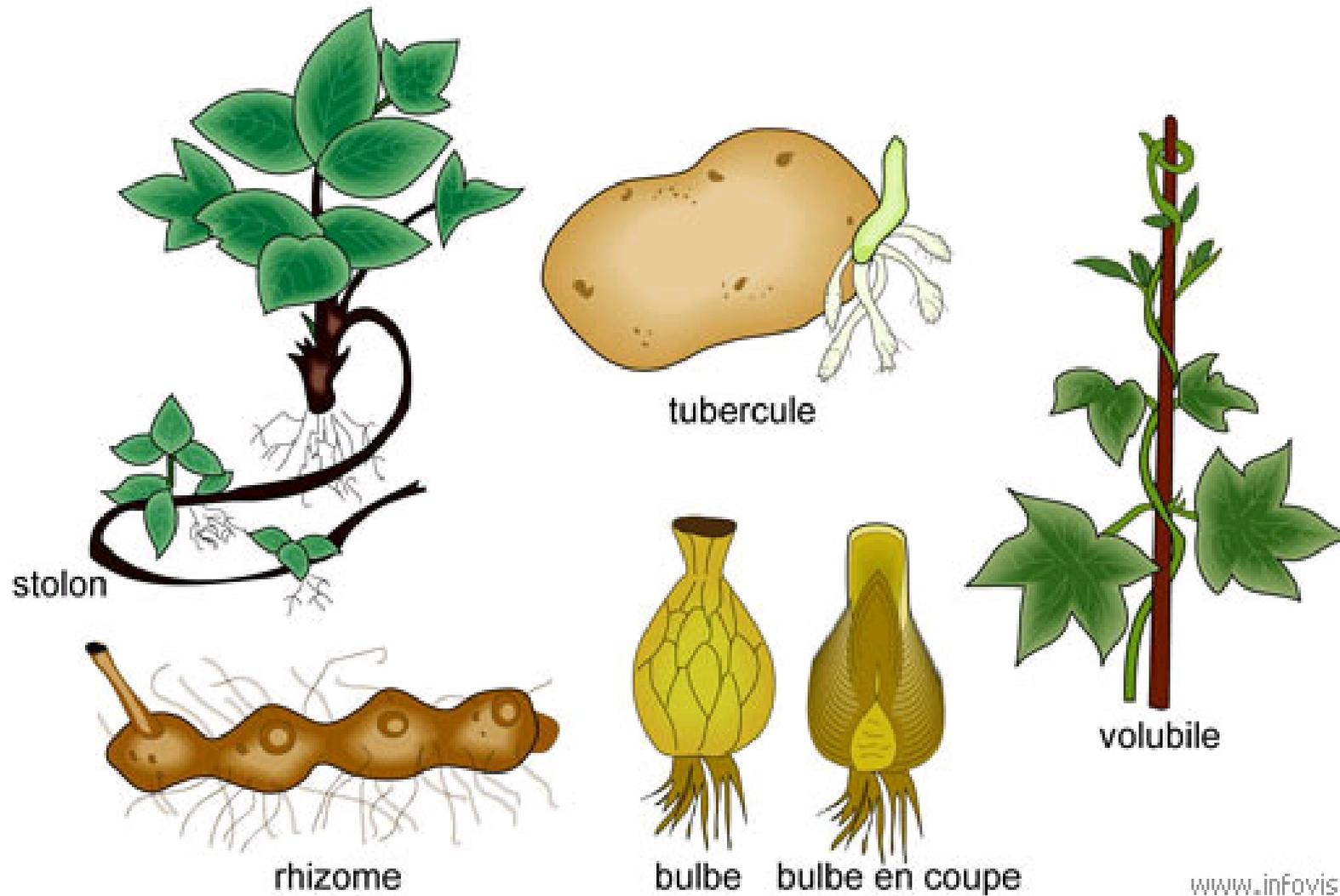
Tige

Racines

Rhizome



DIFFÉRENTS TYPES DE TIGES MODIFIÉES



A) Structures primaires de la tige:

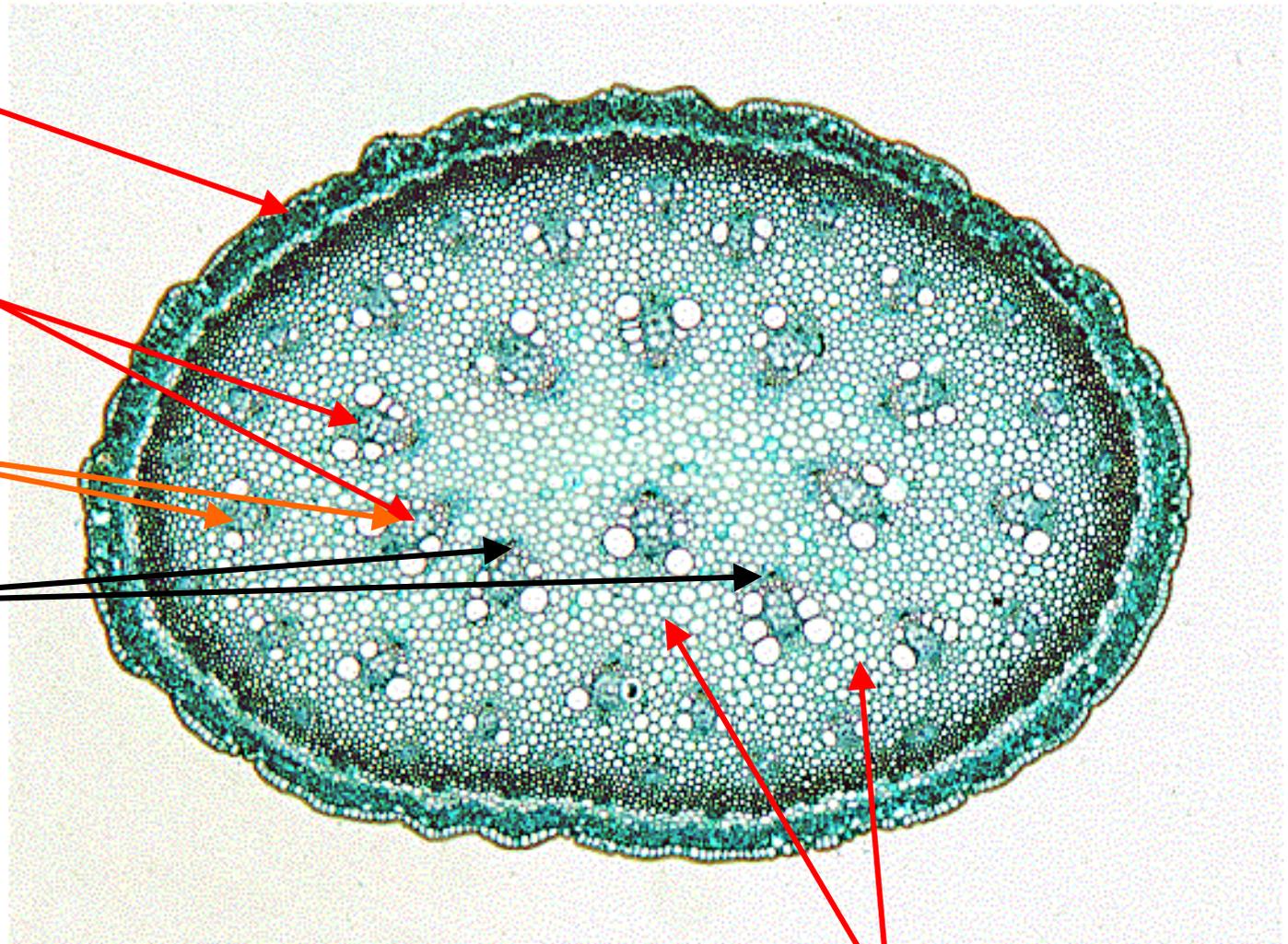
ATACTOSTELE

Epiderme cutinisé

Faisceaux criblo-vasculaires

Phloème

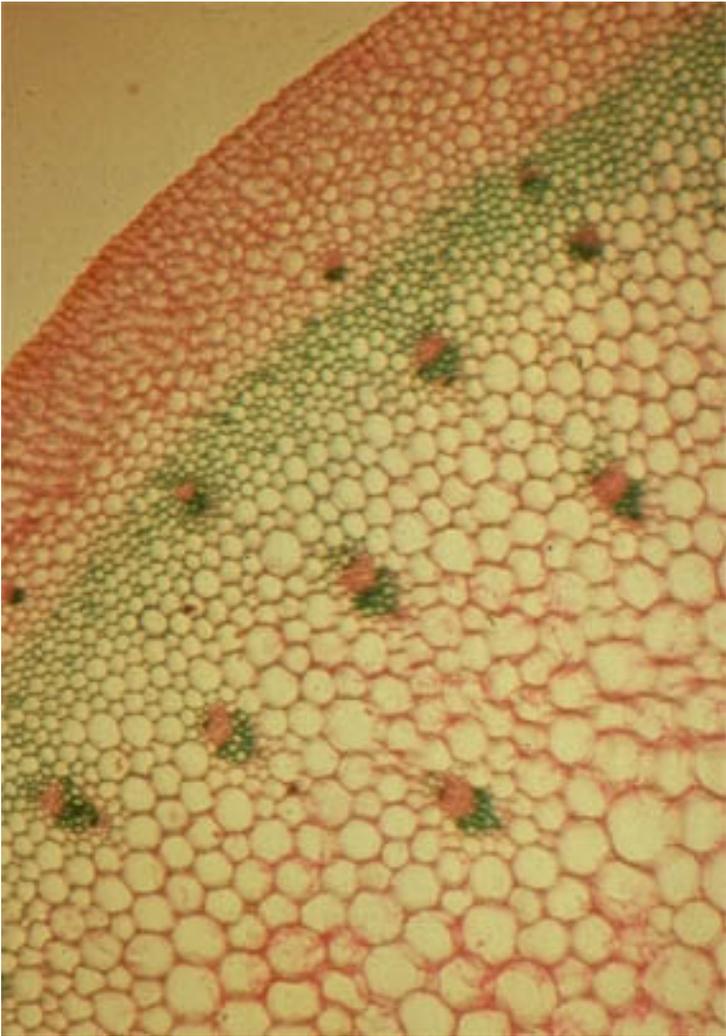
Xylème



Parenchyme fondamental

Coupe transversale de la tige d'asperge (monocotylédone)

Interprétation d'une coupe transversale d'une tige d'Iris (Monocotylédone)



Coupe transversale

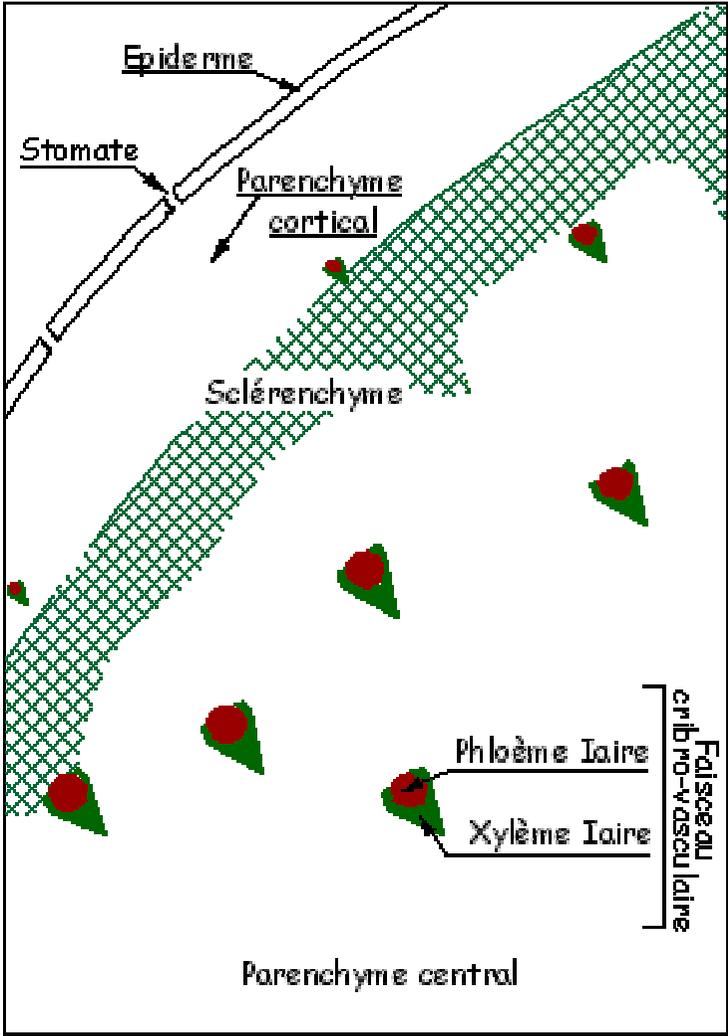
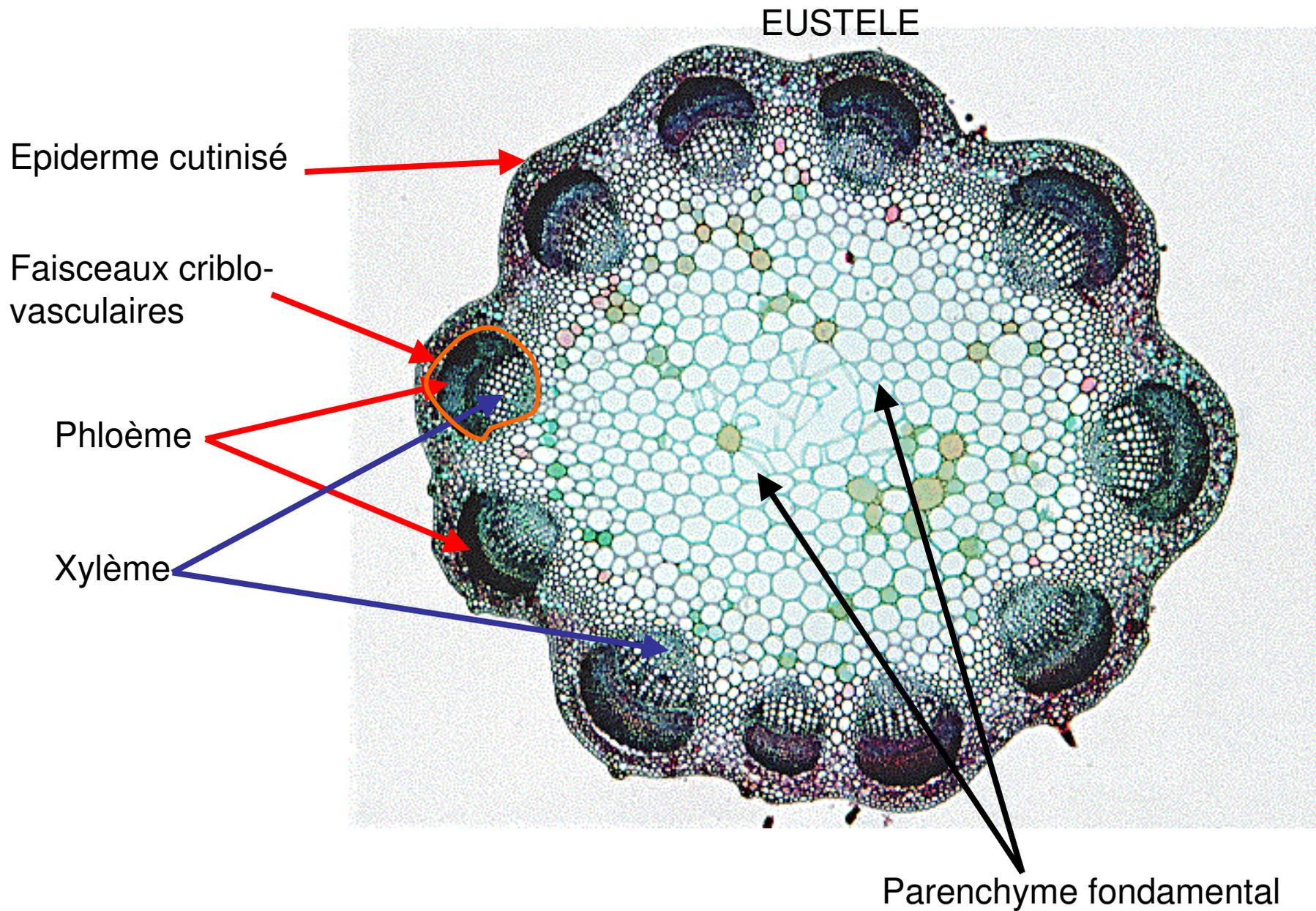
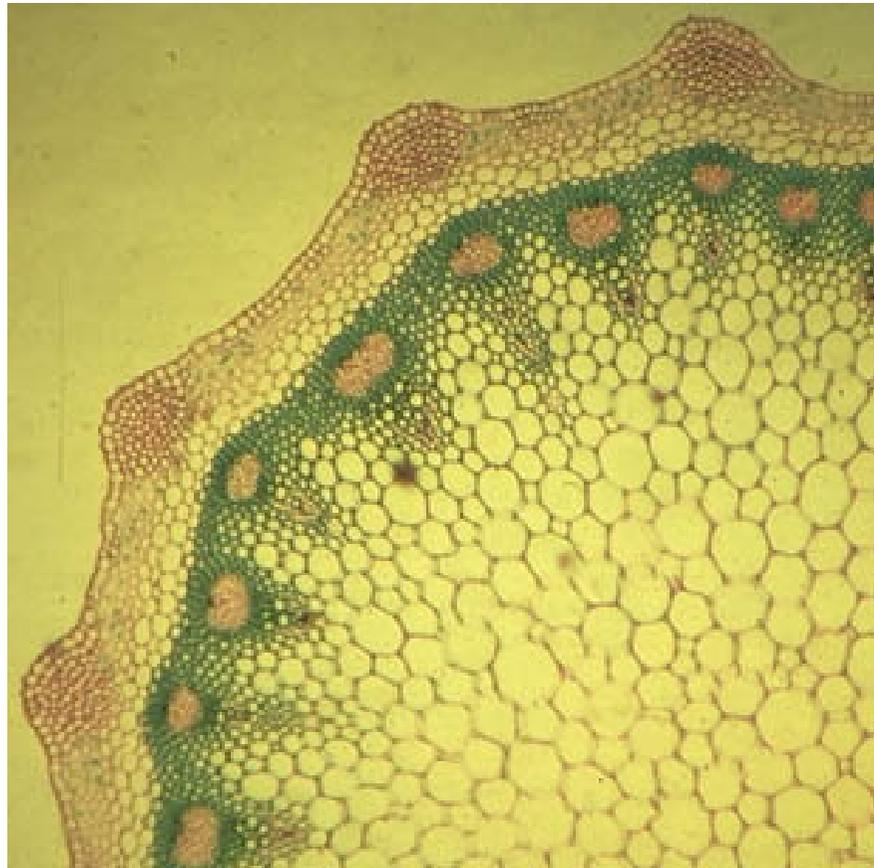


Schéma de la coupe transversale

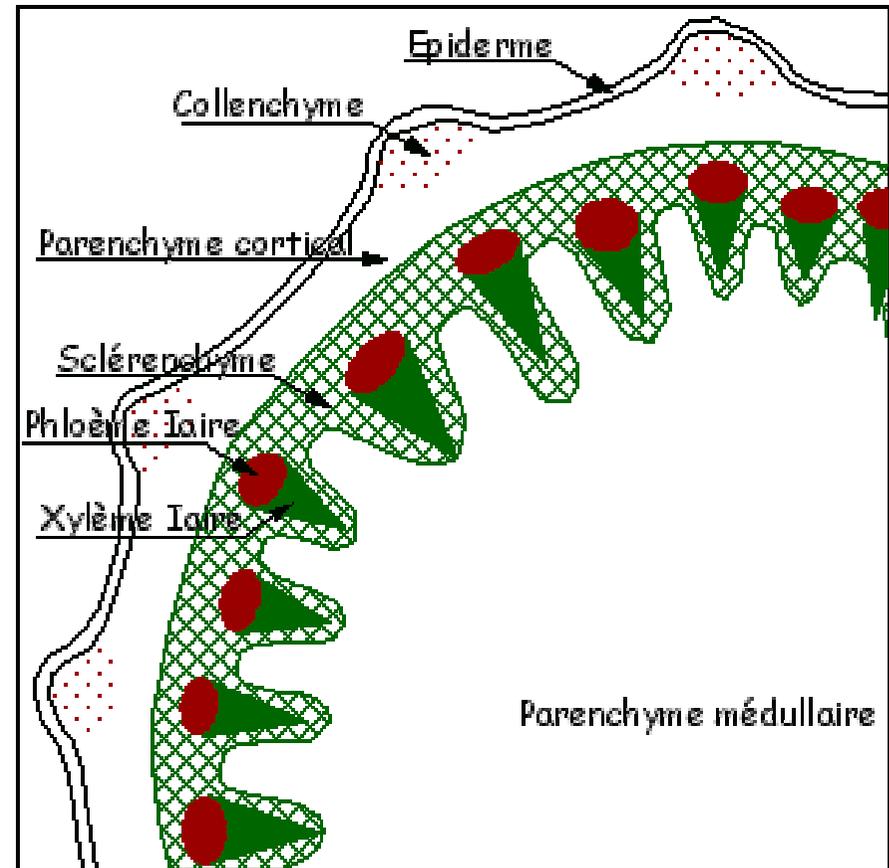


Coupe transversale de la tige de trèfle (dicotylédone)

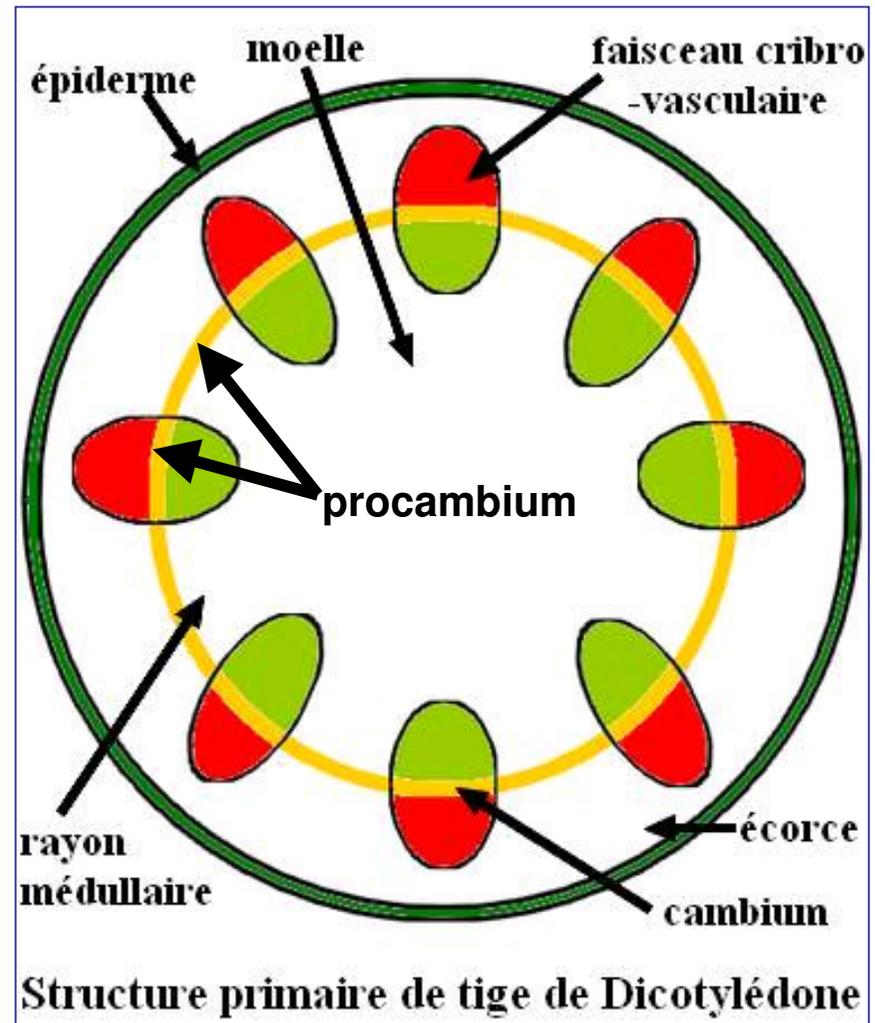
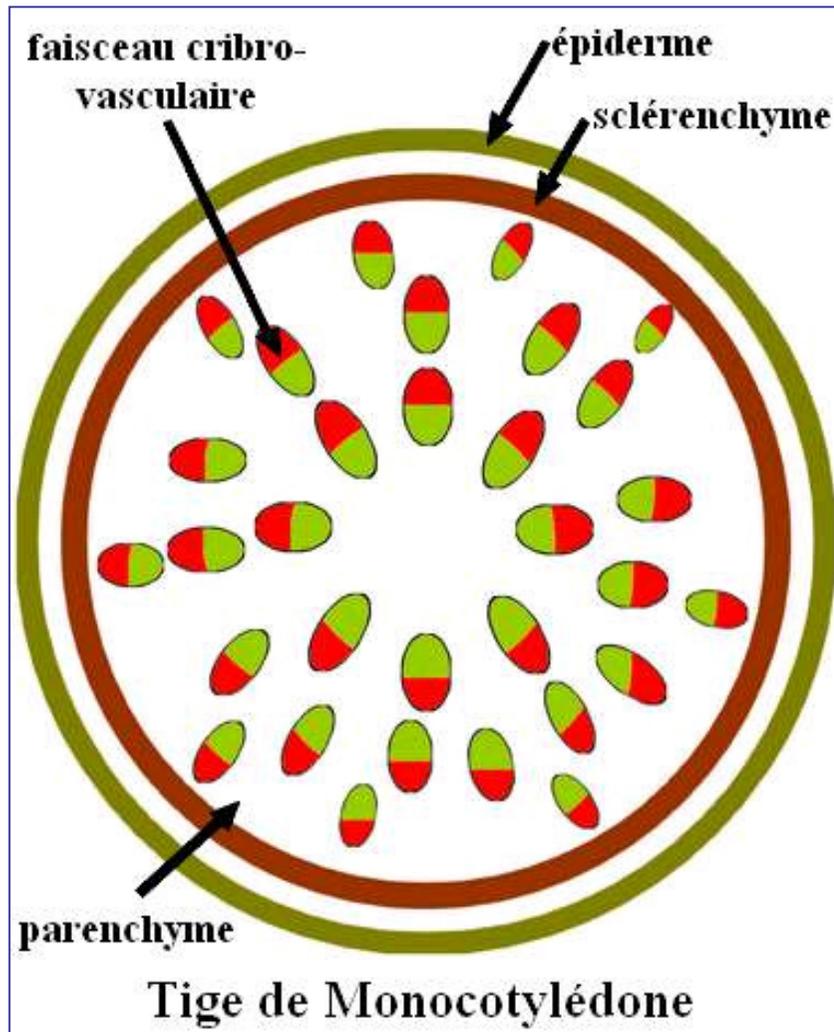
Schéma d'une coupe transversale partielle d'une tige de Sanicule (Dicotylédone)



Coupe transversale

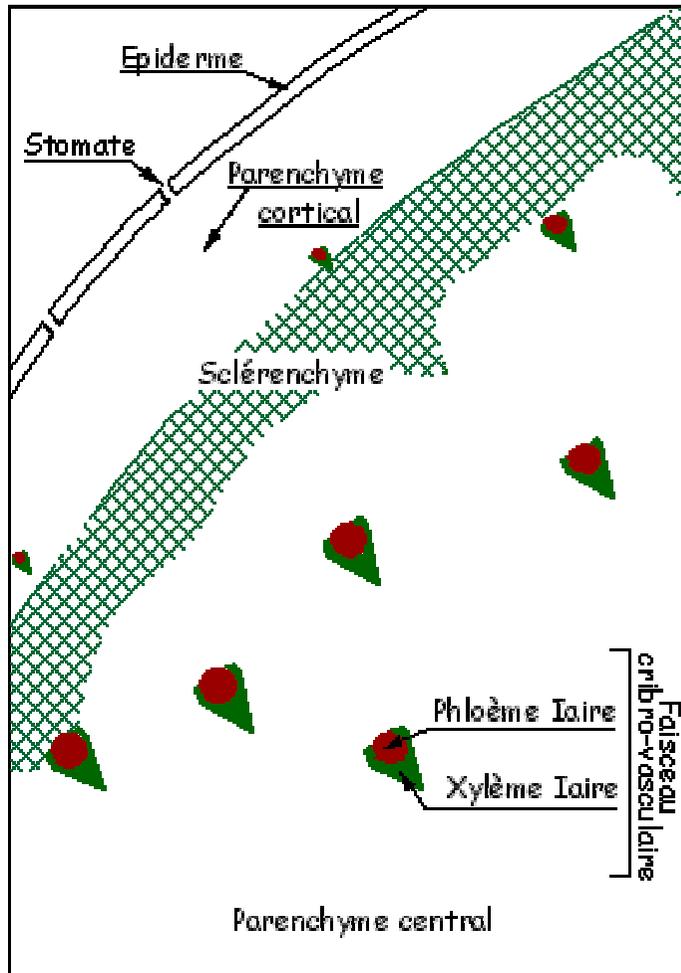


Interprétation de la coupe

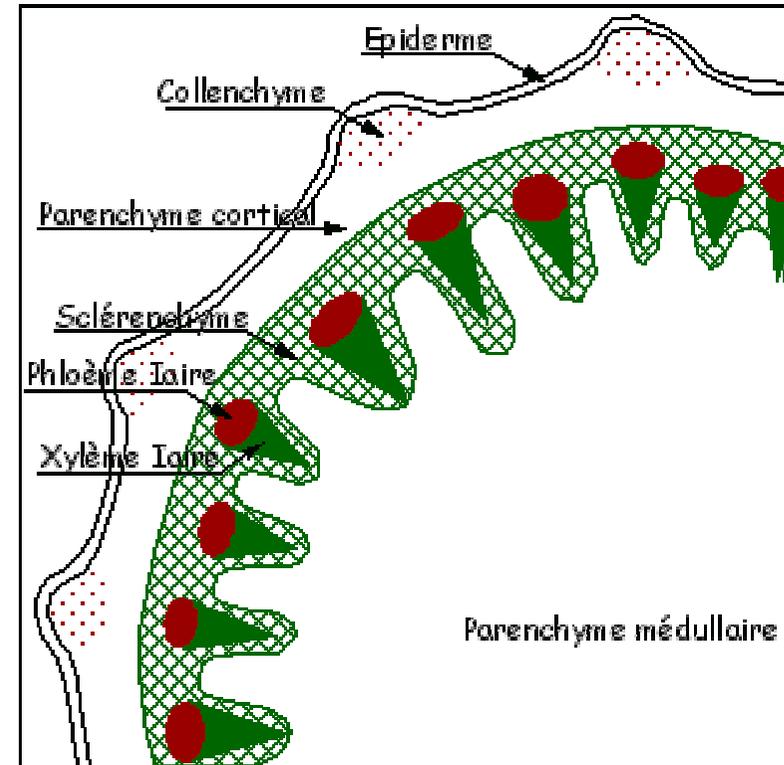


Analogies et différences entre Monocots et Dicots

Comparaison des schémas des coupes transversales de tiges Monocotylédonne (l'Iris) et Dicotylédone (la Sanicule).



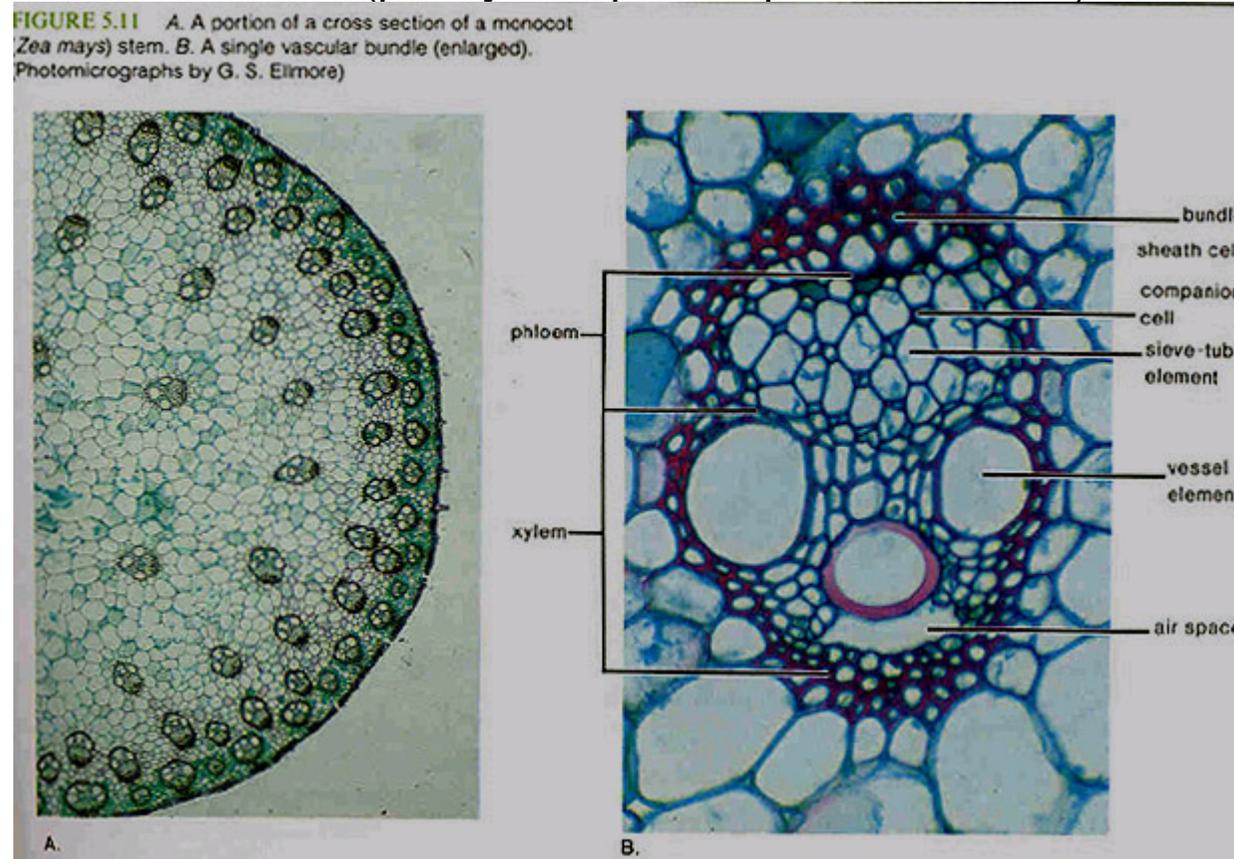
Iris



Sanicule

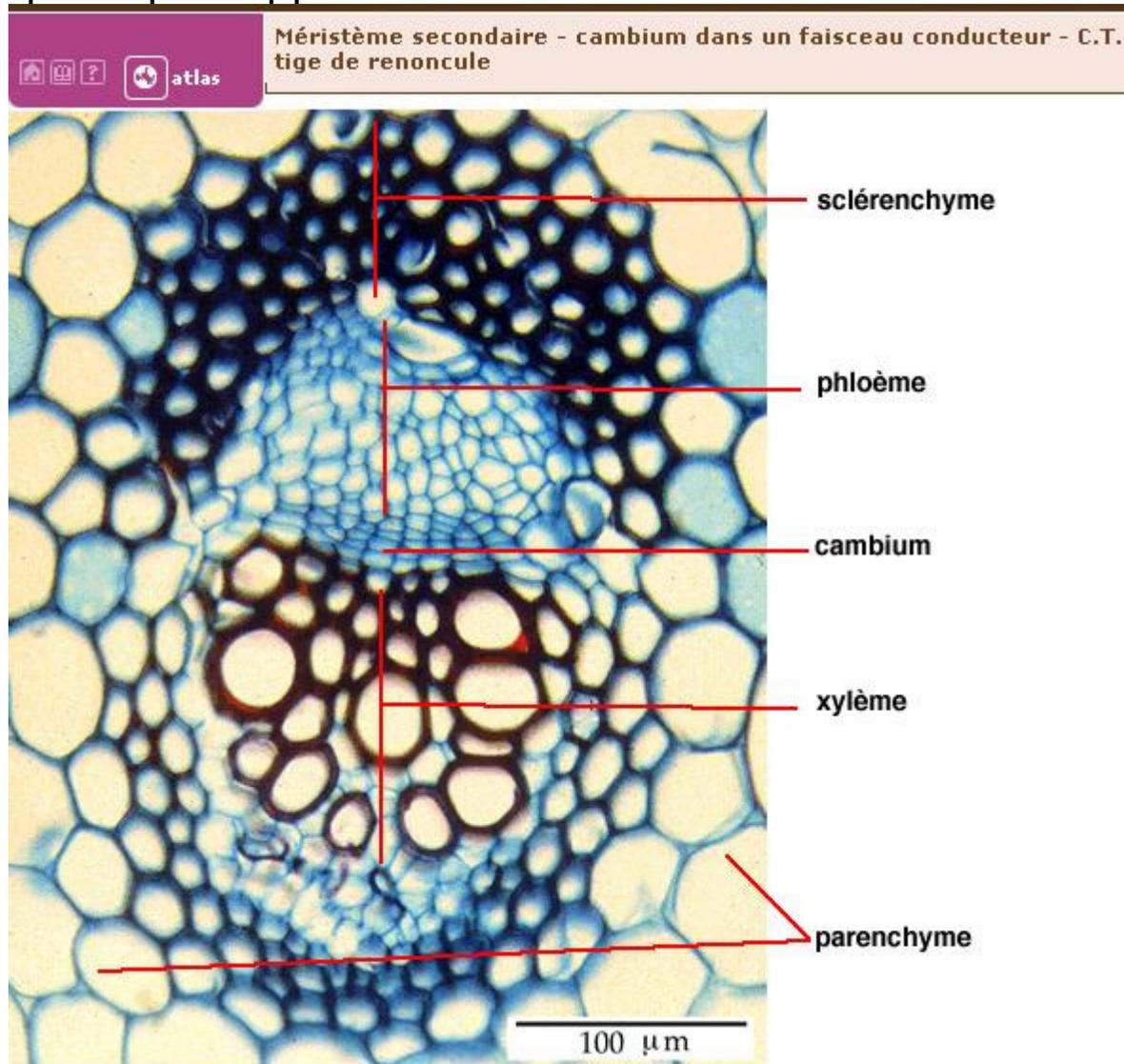
Dans la tige de monocotylédone, les nombreux faisceaux libéro-ligneux sont dispersés dans le parenchyme médullaire (atactostèle), le xylème se différencie de manière centrifuge, le xylème et le phloème sont superposés, le cortex occupe peu de place par rapport à la moelle. Les nombreux faisceaux libéro-ligneux des monocotylédones sont disposés en spirale ou en plusieurs cercles concentriques dans le parenchyme médullaire. Ils sont composés d'un pôle de xylème (vaisseaux, fibres et parenchyme) (Noter le pôle de xylème en forme de V) et d'un pôle de phloème (tubes criblés et cellules compagnes) superposés. Ils sont généralement maintenus par 2 cordons de fibres (périxylémiques et périlibériennes)

Faisceau libéro-ligneux d'1 Monocot



Le faisceau libéro-ligneux est constitué d'un pôle de xylème et d'un pôle de phloème superposés. Dans le phloème, on distingue 2 types de cellules : les éléments de tube criblé et les cellules compagnes plus petites; Dans le xylème, qui est dit hétéroxylé, on trouve des fibres, du parenchyme de xylème sclérifié ou non et des éléments de vaisseau de proto et métaxylème. La différenciation du phloème est centripète et celle du xylème est centrifuge. Les pôles de xylème et de phloème sont entourés par des cordons de fibres appelées respectivement périxylémiques et périlibériennes.

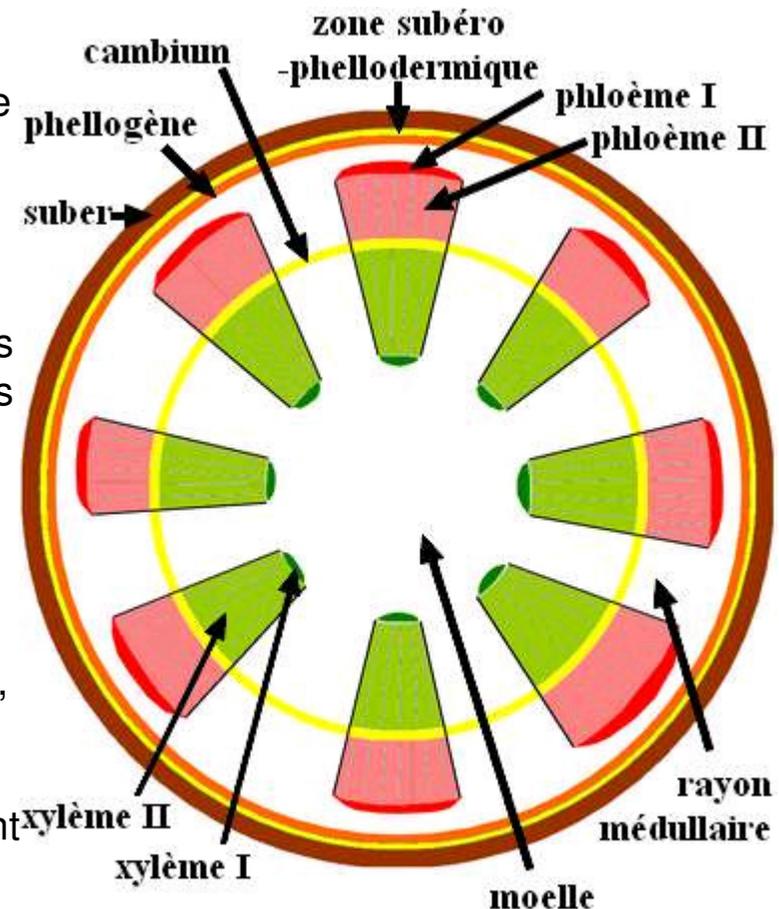
Dans la tige de dicotylédone, les faisceaux libéro-ligneux sont disposés en un cercle unique (eustèle), le xylème se différencie de manière centrifuge, le xylème et le phloème sont superposés, le cortex occupe peu de place par rapport à la moelle.



B) Structures secondaires de la tige:

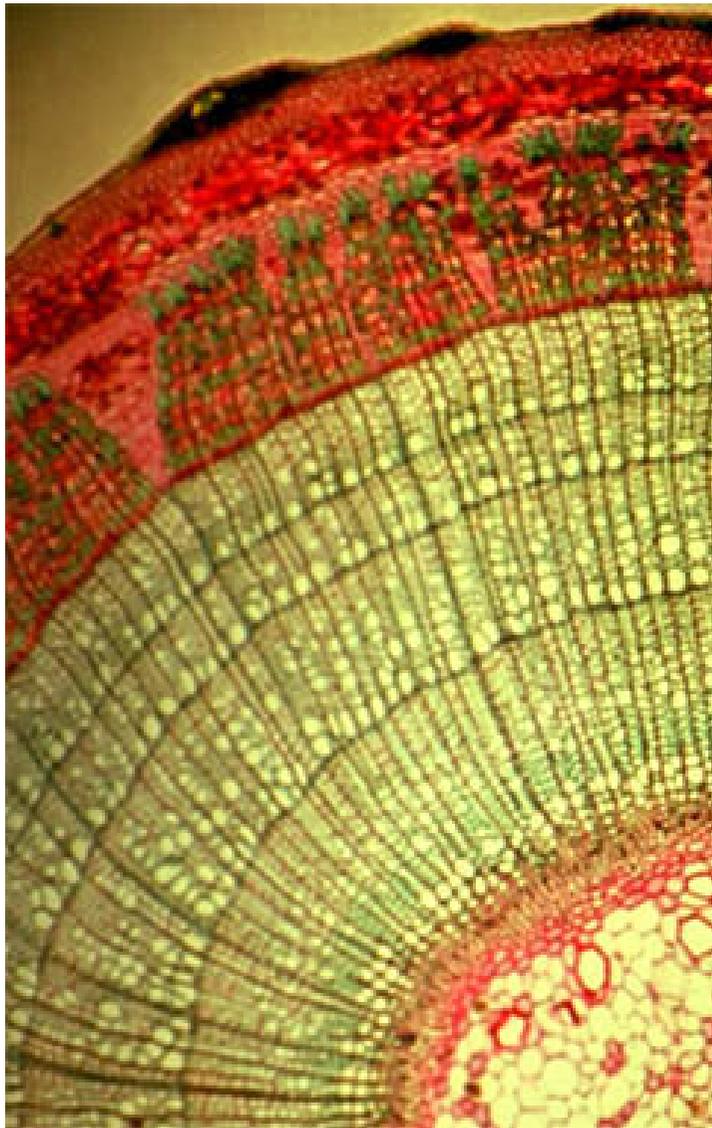
Les structures secondaires sont l'expression d'une croissance en largeur des tiges et elles sont très discrètes chez les plantes herbacées et se trouvent surtout chez les Dicotylédones et les Conifères. La croissance en largeur se traduit, en particulier, par la formation de bois des arbres. Dans un premier temps, l'activité du cambium reprend. D'une part, les faisceaux les cellules cambiales se divisent pour donner des files radiales de cellules de parenchymes vers le centre et l'extérieur de la tige. D'autre part, dans les faisceaux, l'activité du cambium se traduit par :

- la formation de xylème, appelé aussi bois, avec des cellules disposées radialement vers le centre de la tige. Comme dans le xylème primaire, on trouve des vaisseau. (Éléments conducteurs de la sève brute dans le xylème, présent chez les végétaux évolués et des cellules parenchymateuses).
- le phloème est 1 tissu conducteur de la sève élaborée (photosynthétats). Il est constitué de cellules mortes à la fin de leur différenciation (éléments conducteurs = tubes criblés, les fibres) et de cellules vivantes (cellules du parenchyme, cellules compagnes et éventuellement cellules à réserves secondaires (= liber), avec des cellules disposées radialement vers l'extérieur de la tige. Comme dans le phloème primaire, on trouve des tubes criblés. Cependant, le fonctionnement du cambium est polarisé et il produit beaucoup moins de liber que de bois, le liber ne faisant que quelques millimètres d'épaisseur. Les structures primaires se trouvent repoussées à l'extrémité des structures secondaires.

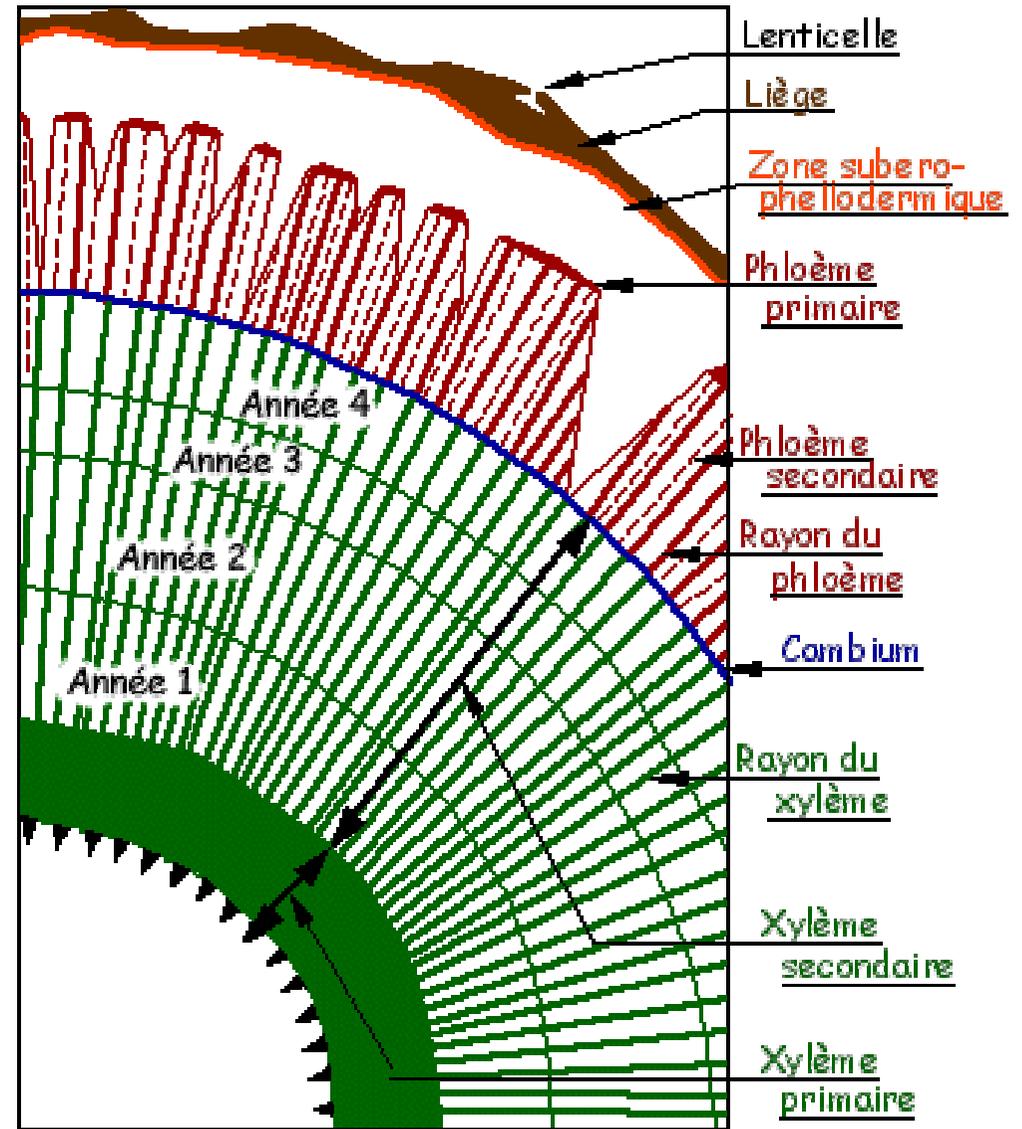


Structure secondaire de tige de Dicotylédone

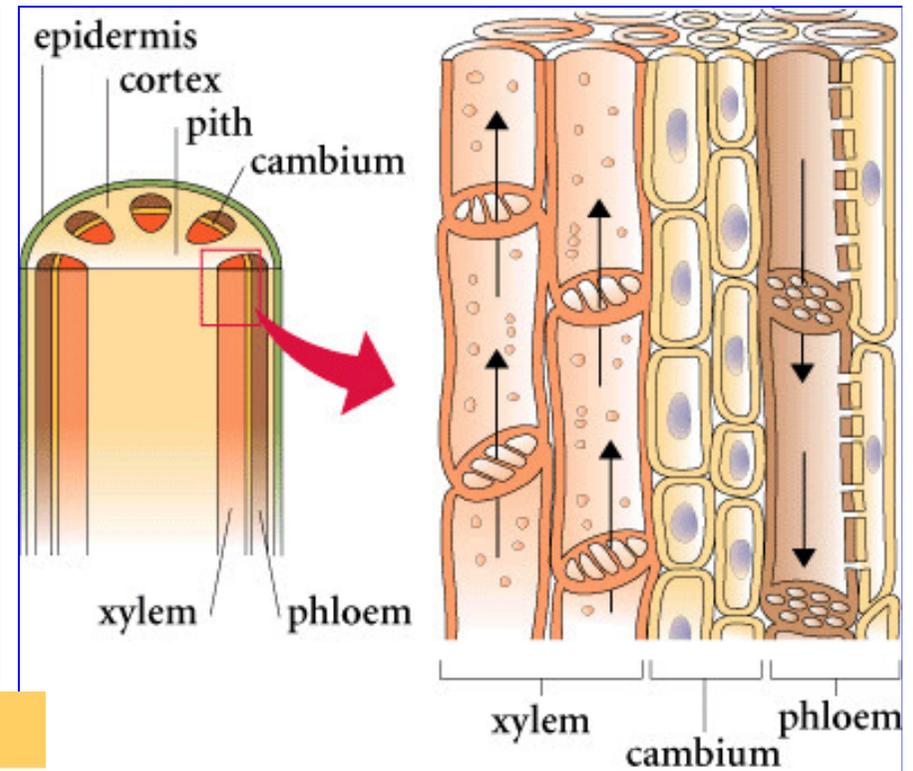
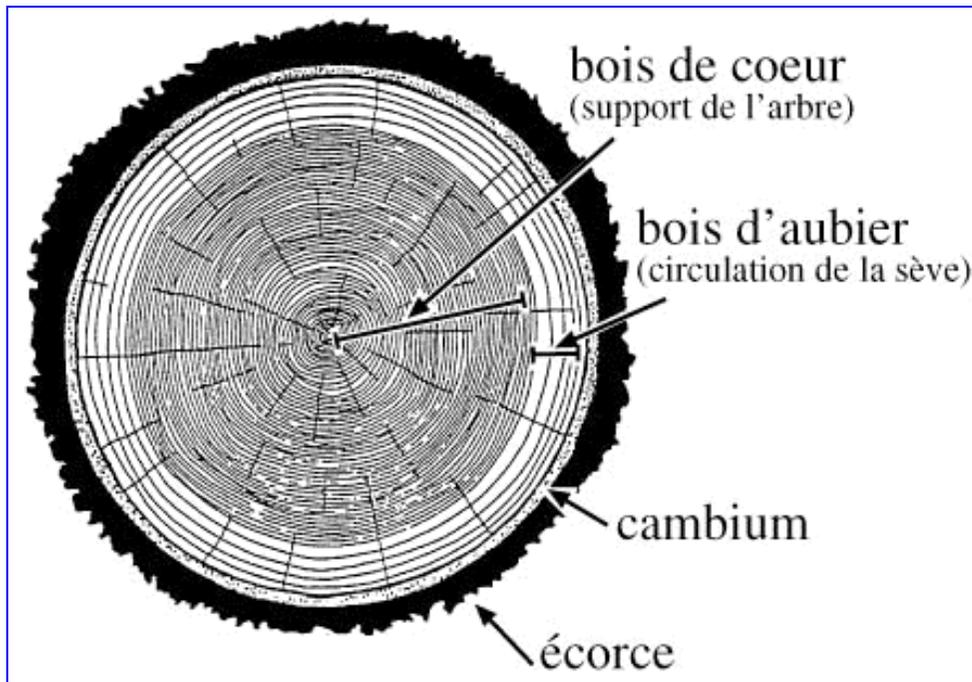
Schéma d'une coupe transversale d'une tige de Tilleul (Dicotylédone)



Coupe transversale

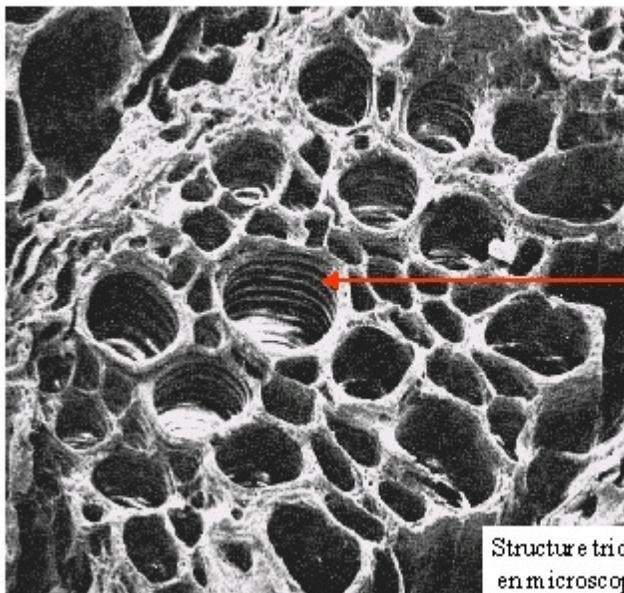


Interprétation de la coupe transversale



Elizabeth Morales

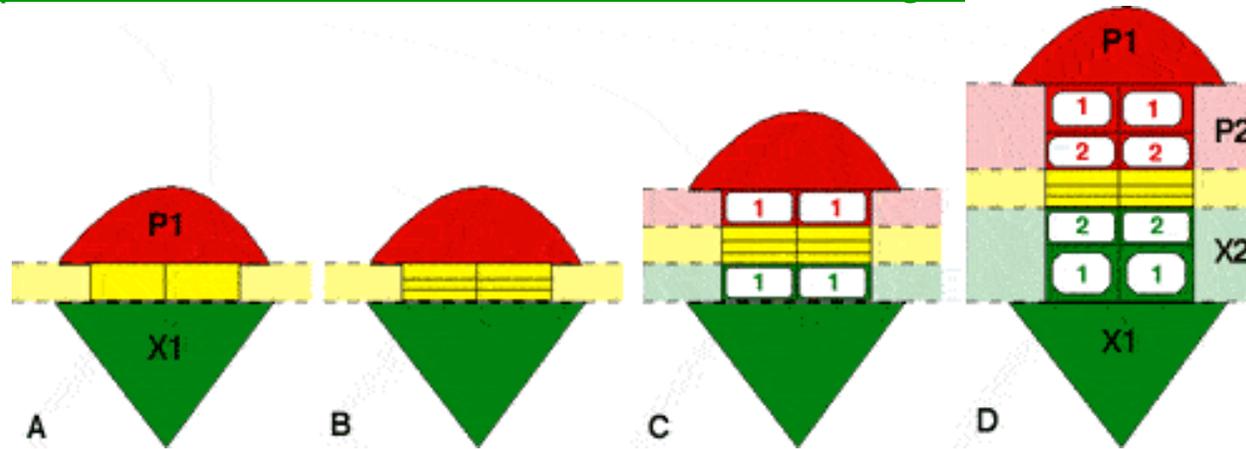
Xylème et lignine



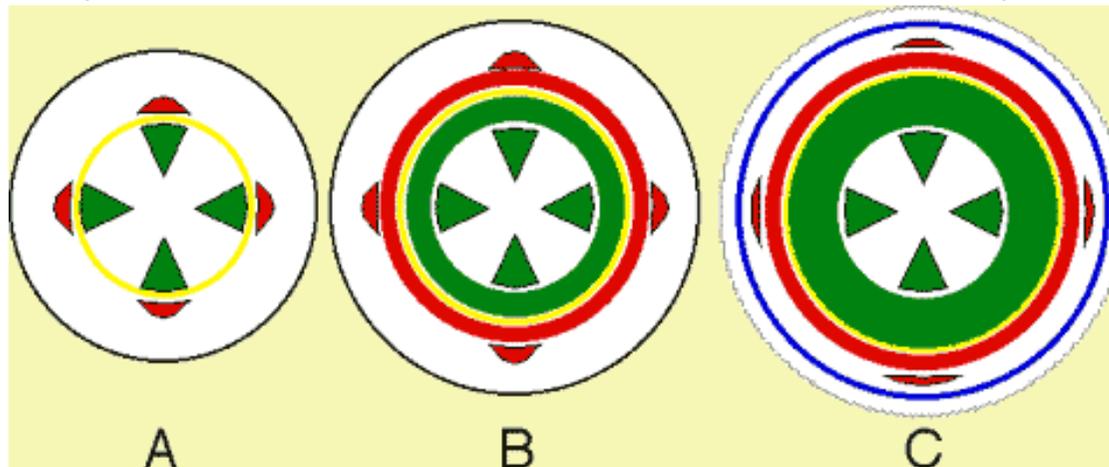
Épaississements lignifiés
des éléments de xylème

Structure tridimensionnelle du bois vue
en microscopie électronique à balayage

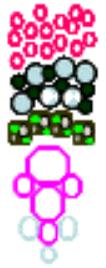
C) Développement des structures secondaires de la tige:



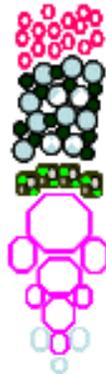
Fonctionnement du cambium libéro-ligneux. Les cellules du cambium (en jaune) se divisent et produisent vers l'intérieur des cellules qui se différencient en cellule de xylème secondaire (ou bois) et vers l'extérieur des cellules qui se différencient en cellules de phloème secondaire (ou liber). Le xylème primaire étant du côté du centre de la tige, sa position est fixe. Par suite de son activité, le cambium se déplace donc vers l'extérieur



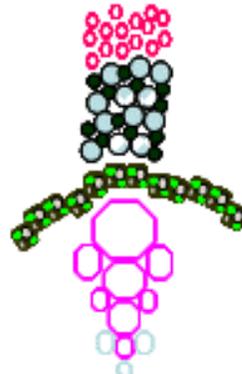
Vue générale du fonctionnement du cambium dans une tige d'un an. Un cylindre continu de bois (en vert) est formé par le cambium (en jaune) qui au fur et à mesure de son fonctionnement se déplace vers l'extérieur. Le liber (en rouge) est repoussé vers l'extérieur au fur et à mesure de sa formation. Il en est de même du phloème primaire qui est écrasé à la périphérie. L'épiderme sous tension éclate. La protection 121 vis à vis du milieu extérieur sera alors réalisée par un nouveau tissu secondaire, le liège (en bleu)



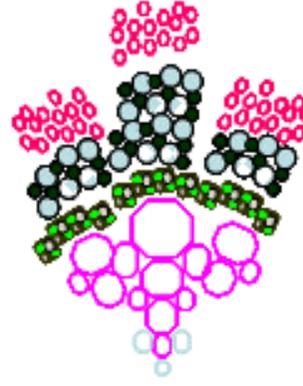
Vaisseau
primaire
vasculaire



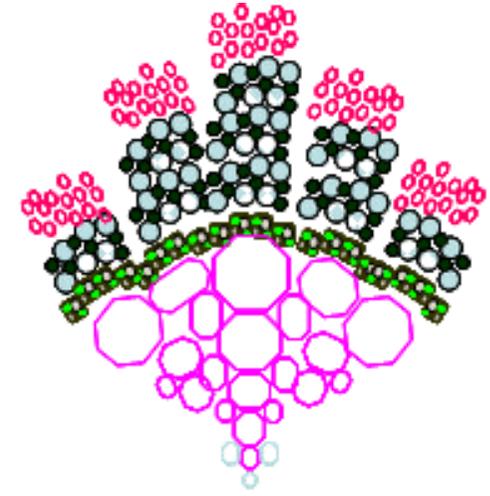
Le cambium
créé 1 nouvel
anneau de
xylème et
phloème



Le cambium
grossit de façon
circulaire



Le cambium
génère du
xylème et
phloème
secondaire

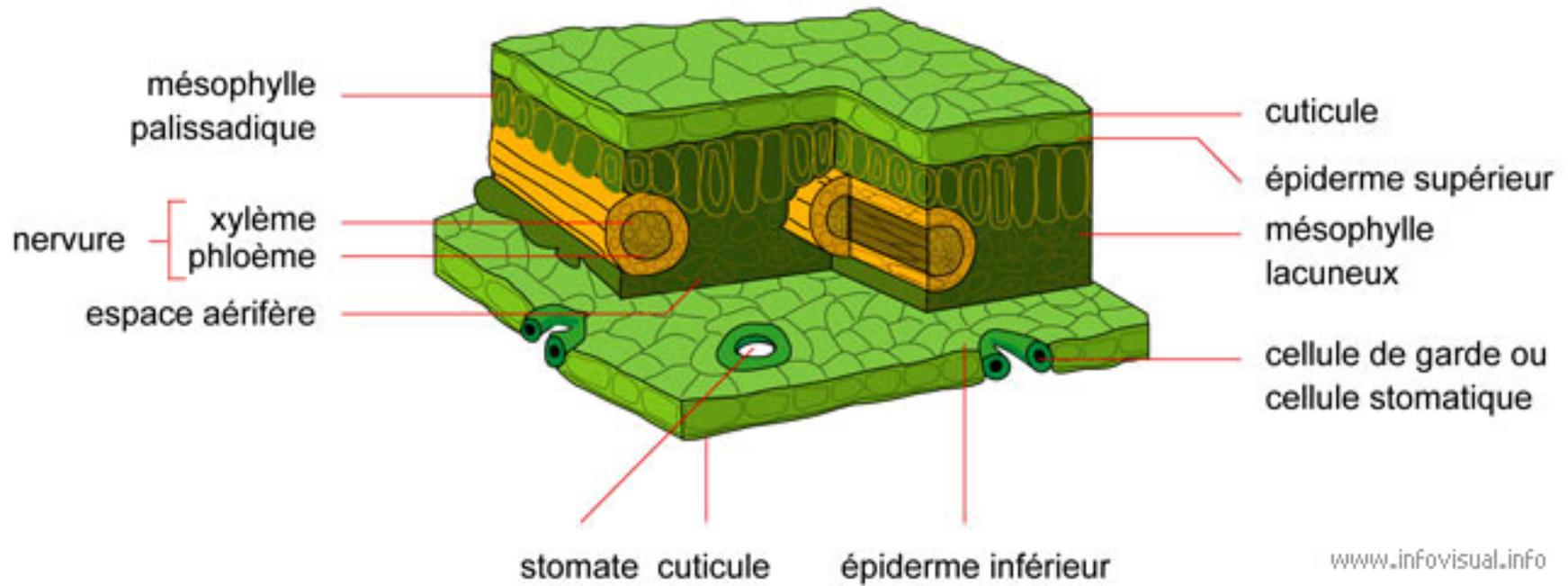


Le cambium génère 1
second anneau de
xylème et phloème
secondaire

LA FEUILLE: structures microscopiques

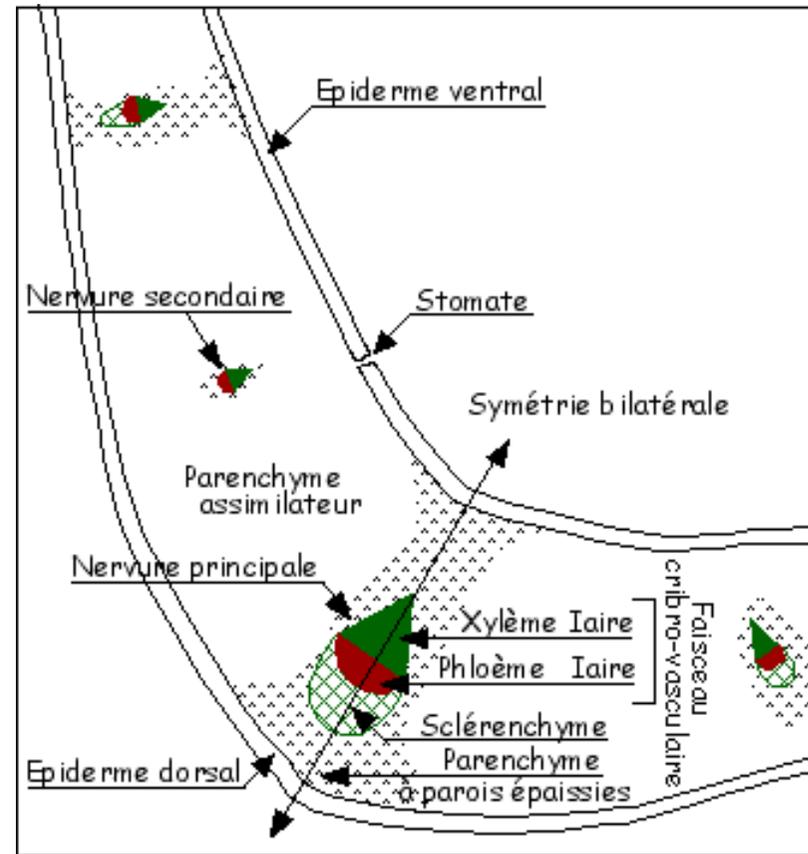
La feuille est un appendice latéral de la tige sur laquelle elle s'insère au niveau d'un noeud. Elle se met en place grâce au fonctionnement du méristème caulinaire situé à l'apex d'un bourgeon et se compose le plus souvent d'un pétiole et d'un limbe . Sa forme aplatie lui permet de capter un maximum de lumière ce qui permet la photosynthèse dans les chloroplastes des cellules du parenchyme. Selon que l'on observe une Monocotylédone ou une Dicotylédone on remarque quelques différences morphologiques et anatomiques : nervation parallèle, stomates sur les faces ventrale et dorsale, mésophylle généralement homogène et pas de côtes très saillantes chez les Monocotylédones; nervation réticulée, stomates plus nombreux sur la face dorsale, mésophylle hétérogène et côtes saillantes chez les Dicotylédones.

COUPE D'UNE FEUILLE



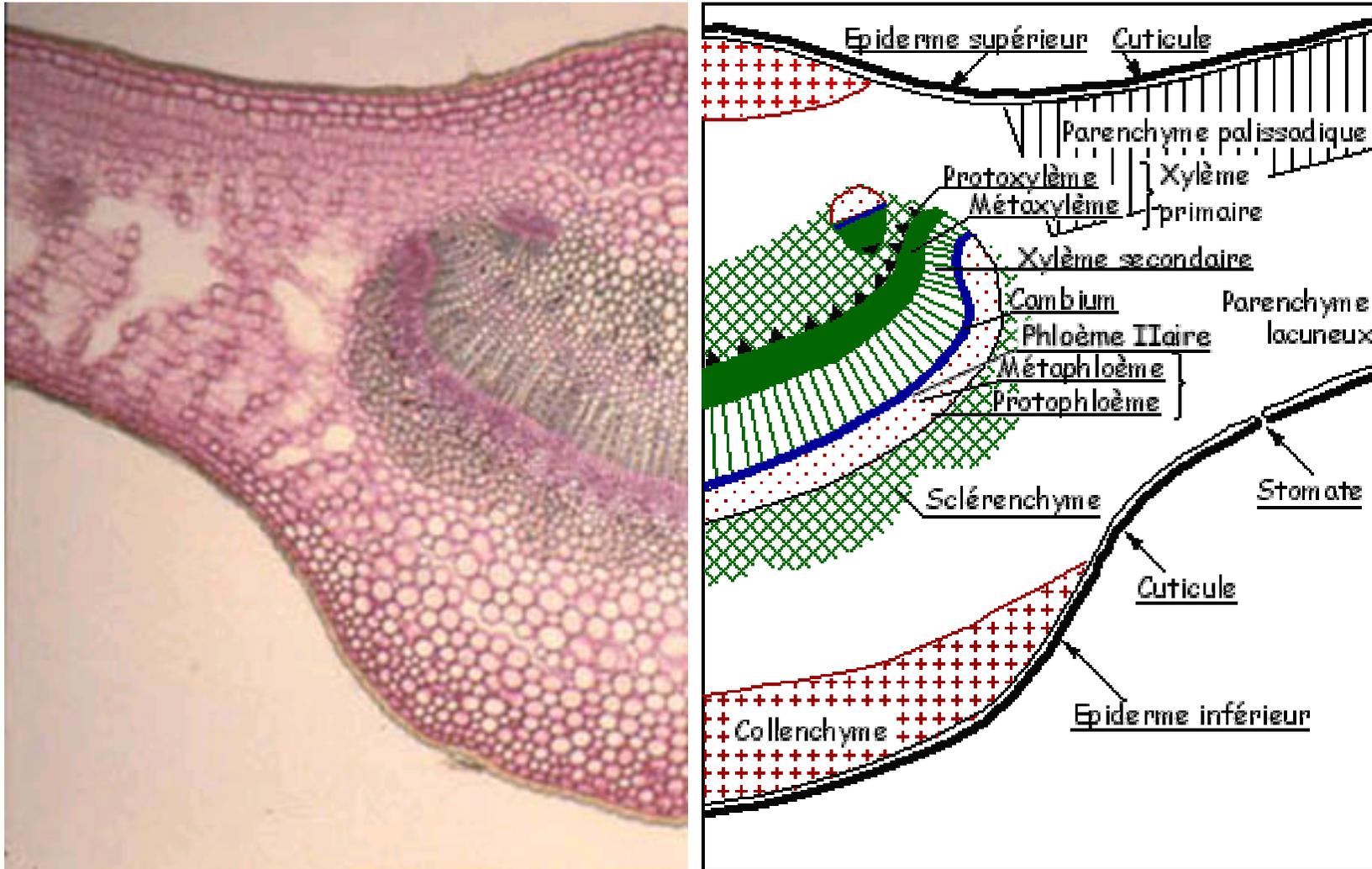
www.infovisual.info

A) Structures primaires et secondaires (Dicots) de la feuille:



On observe de l'extérieur vers l'intérieur (Limbe de Muguet, Monocotylédone):

un épiderme à la surface de l'organe (les jeunes feuilles possèdent une cuticule plus ou moins épaisse non visible sur cette coupe),
un parenchyme homogène, le mésophylle,
un système vasculaire, qui correspond aux nervures, composé de xylème primaire_ ventral et de phloème primaire dorsal,
un sclérenchyme coiffant et protégeant les tissus conducteurs,
un parenchyme à parois cellulodiques qui entoure la nervure.



On observe de l'extérieur vers l'intérieur (limbe de Houx, Dicotylédone):

2 épidermes, l'épiderme inférieur et l'épiderme supérieur, bordés d'une épaisse cuticule (seul l'épiderme inférieur porte les stomates),

Un parenchyme non homogène, le mésophylle, composé d'un parenchyme palissadique à la face ventrale et d'un parenchyme lacuneux à la face dorsale,

un collenchyme, un sclérenchyme, un système vasculaire composé de phloème I et II et de xylème I et II de part et d'autre du cambium.

Les différents types de fruits

I) Les fruits des Angiospermes :

Parmi les Spermaphytes (plantes à graines), seules les Angiospermes ont des fruits. Sont distingués :

- les **fruits qui dérivent d'un ovaire unique**, simple ou composé. Les fruits sont secs, déhiscents ou indéhiscents, ou charnus, baies ou drupes
- **les fruits qui dérivent de plusieurs ovaires**,
- **les fruits complexes** car ils sont formés de différentes parties qui ne sont pas forcément d'origine florale.

Fruits simples charnus, baies ou drupes:

Les fruits charnus sont classés en :

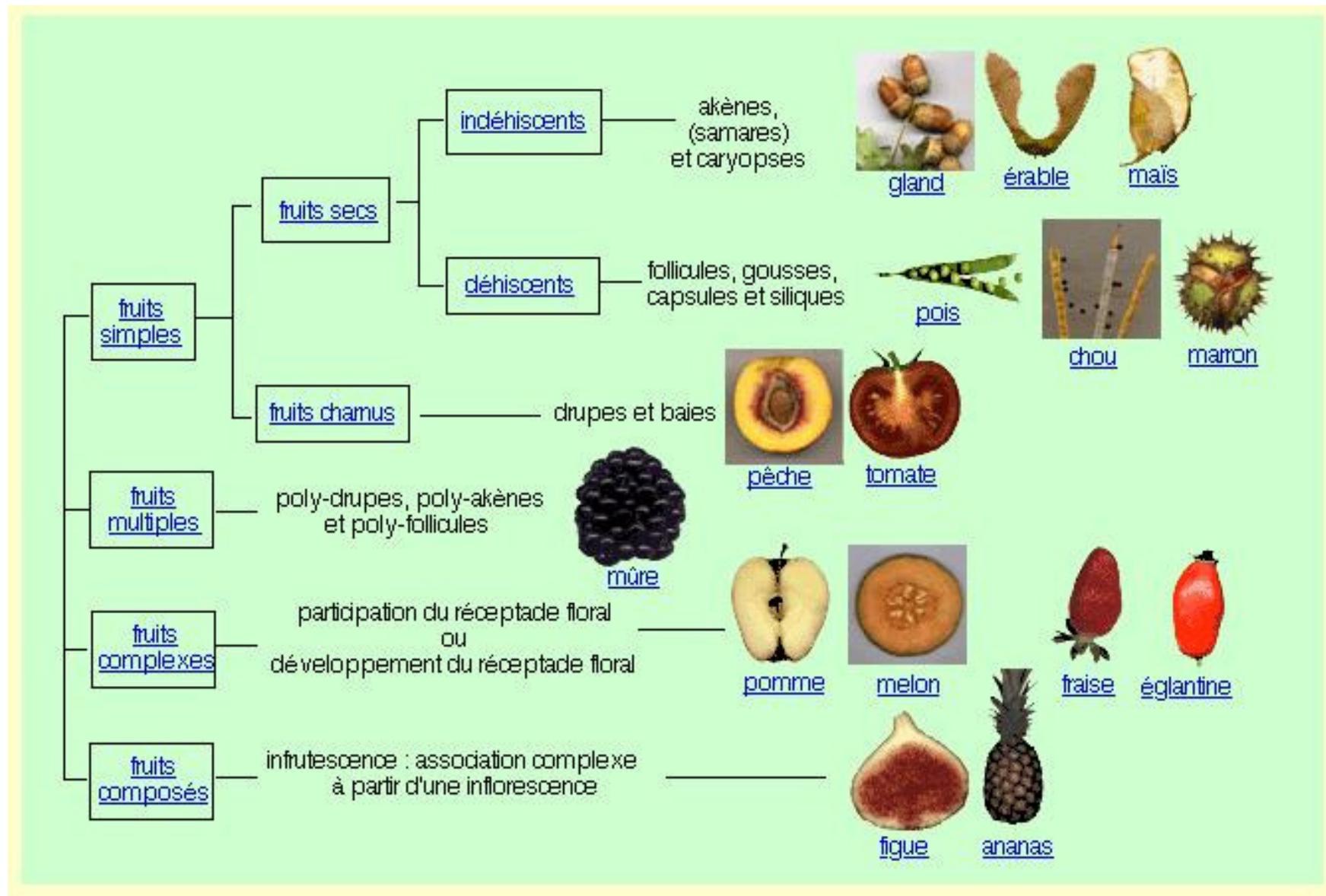
- **baie**: quand l'endocarpe du fruit n'est pas lignifié : vigne, tomate... En général, les baies ont plusieurs graines, à quelques exceptions près : datte, avocat...
- **drupe** quand l'endocarpe du fruit est lignifié : pêche, cerise... En général, les drupes ont une seule graine.

Fruits simples secs, déhiscents ou indéhiscents:

Le fruit sec est déhiscent quand il s'ouvre à maturité par une ou plusieurs fentes de déhiscence. Quand le fruit sec déhiscent dérive de plusieurs carpelles, il s'agit d'une **capsule**. Si les fentes de déhiscence sont au niveau des loges, la déhiscence est **loculicide**. Si elles sont au niveau des cloisons séparant les loges, la déhiscence est **septicide**.

Quand le fruit sec **déhiscant** dérive d'un seul carpelle, il s'agit d'un **follicule**. La **gousse** des *Fabaceae* est un follicule ayant une fente de déhiscence surnuméraire.

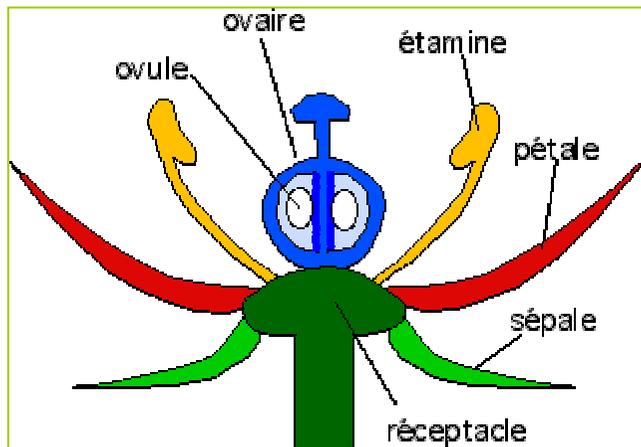
Les fruits secs **indéhiscant** ne s'ouvrent pas à maturité. En général, il s'agit **akènes**, par exemple : noisette, gland des chênes, caryopse des céréales, samare des érables.



Les différents types de fruits

LES FRUITS SIMPLES:

Les fruits simples sont formés uniquement par le développement de l'ovaire d'une seule fleur. Lorsque la partie femelle de la fleur (gynécée) est formée d'un seul carpelle ou de plusieurs carpelles soudés, ce gynécée se transforme en un fruit unique après la fécondation des ovules qui se transforment en graine. La paroi du fruit (appelée péricarpe) dérive essentiellement de la paroi de l'ovaire.



Fleur dont le gynécée est composé d'un ovaire formé ici de plusieurs carpelles soudés. Le développement de l'ovaire donnera un fruit simple unique dont la structure variera en fonction du nombre de carpelles et de la structure du péricarpe (sec ou charnu).

Lorsque le gynécée est formé de plusieurs carpelles libres, chaque carpelle évoluera en un fruit simple, mais la fleur produira plusieurs fruits simples. C'est ainsi que le gynécée d'une fleur peut être composé de 2 ou 4 carpelles libres ou faiblement soudés qui donneront à maturité 2 ou 4 fruits simples (exemples : diakène des ombellifères, disamare de l'érable, tetrakène des Labiées, etc.). Quand le nombre de carpelles libres est supérieur, on parle alors de **fruits multiples**.

Par opposition aux fruits simples, il existe des fruits complexes et des fruits composés.

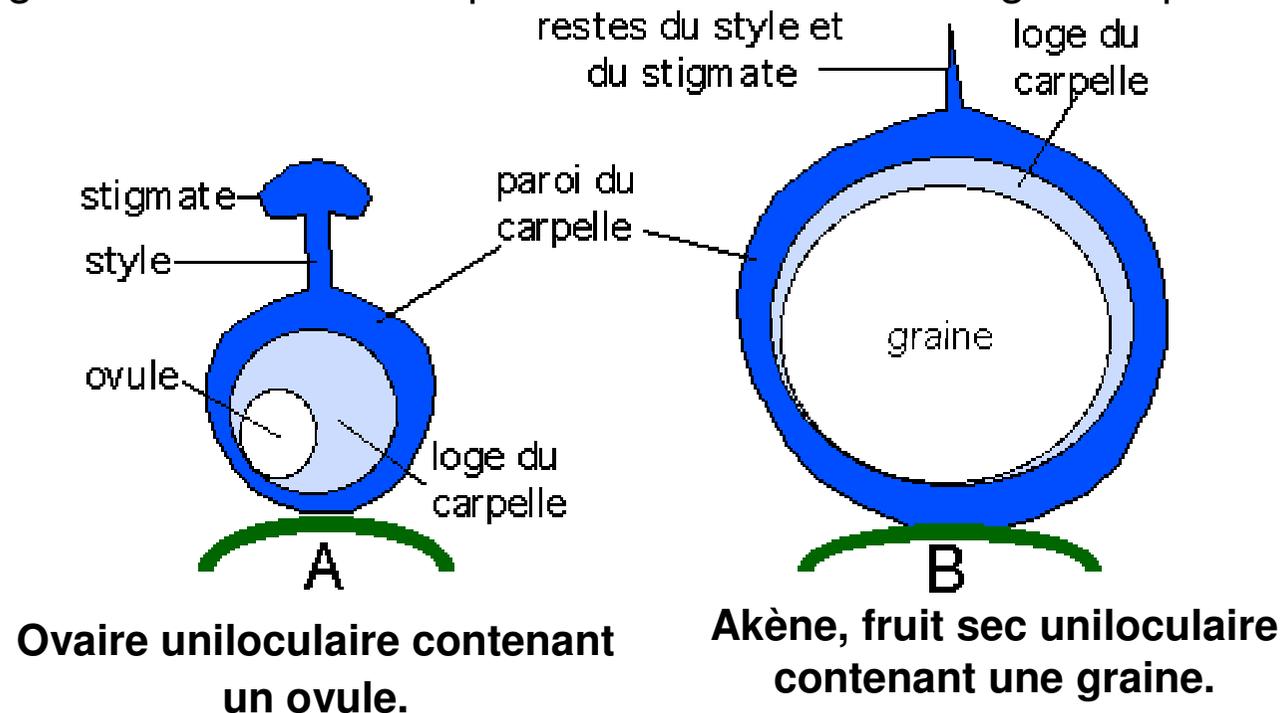
LES FRUITS SECS INDEHISCENTS:

Il existe deux grands types de fruits dont le péricarpe est sec :

- les fruits secs déhiscent qui s'ouvrent à maturité par des fentes ou des pores et libèrent ainsi les graines,
- les fruits secs indéhiscent qui ne s'ouvrent pas à maturité.

Les akènes:

Le type le plus général des fruits secs indéhiscent est l'akène : c'est un fruit simple. Le péricarpe sec enveloppe une seule loge (ovaire uniloculaire) qui ne contient qu'une seule graine. C'est l'akène qui est disséminé avec la graine qu'il contient.



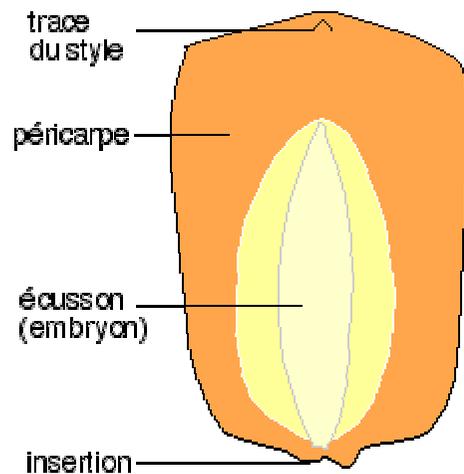
Ce type de fruit peut être réalisé à partir d'ovaires formés de plusieurs carpelles dont un seul se développe.

Une fleur peut comporter un seul ou plusieurs carpelles. Lorsque chacun d'eux se développe en akène, on obtient des diakènes (Ombellifères), ou des tétrakènes (Labiées). En général, ces associations d'akènes se séparent à maturité. Lorsque de nombreux akènes se développent dans une même fleur (poly-akène) on parle alors de fruits multiples.

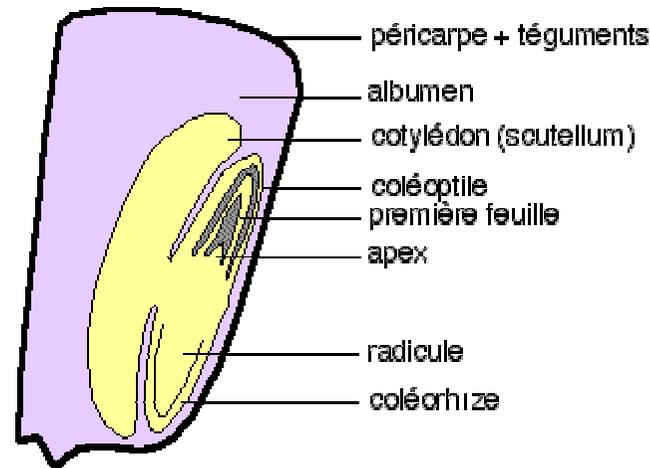
Les akènes peuvent présenter des particularités morphologiques : par exemple, les akènes plumeux du pissenlit ou les akènes ailés (samares) de l'érable.

Les caryopses:

C'est le fruit des Graminées (voir : caryopse de [maïs](#) et de [blé](#)). C'est un akène dans lequel la graine n'est pas libre. Le tégument de la graine est soudé au péricarpe du fruit. C'est donc le caryopse qui est utilisé comme semence.



Caryopse de maïs vu de face. On observe l'embryon par transparence.



Caryopse de maïs vu en coupe longitudinale. Le trait noir externe correspond au péricarpe du fruit soudé au tégument de la graine. L'intérieur correspond à la graine (albumen et embryon).

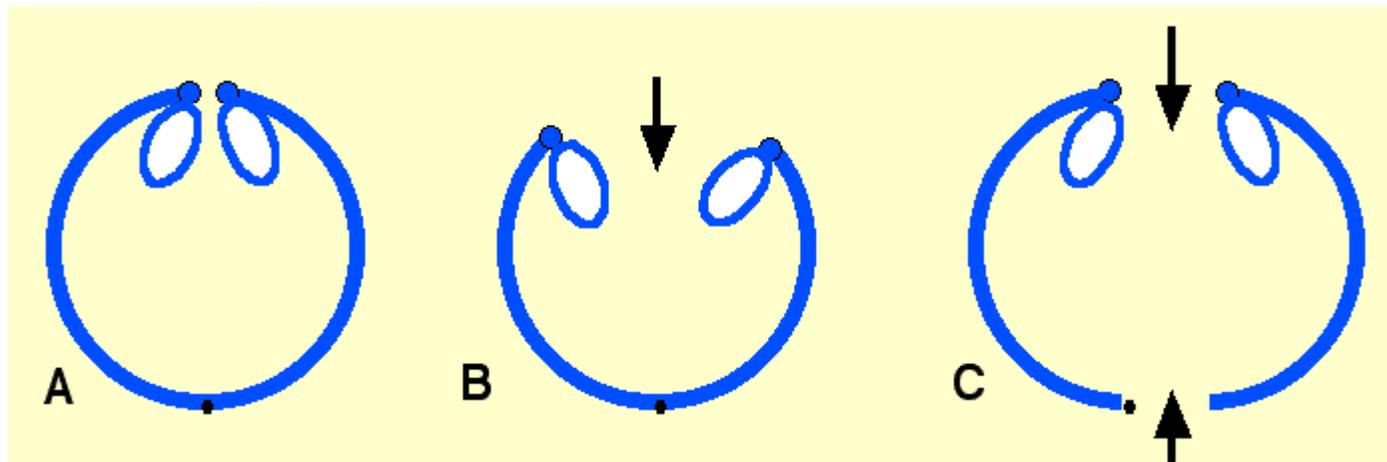
LES FRUITS SECS DEHISCENTS:

Les fruits dont le péricarpe est sec peuvent s'ouvrir (fruits déhiscent) ou non (fruits indéhiscent).

Les fruits indéhiscent sont souvent formés d'un seul carpelle et ne contiennent qu'une graine. Ce sont alors des akènes ou des caryopses.

Les fruits déhiscent sont très variés. Ils peuvent comprendre un ou plusieurs carpelles soudés. Ce sont les follicules, les gousses, les capsules et les siliques. Ces fruits sont caractérisés par leur mode de déhiscence.

Follicules et gousses:



A : les follicules et les gousses sont constitués d'un seul carpelle fermé, dont les bords sont soudés au niveau des placentas qui portent les graines.

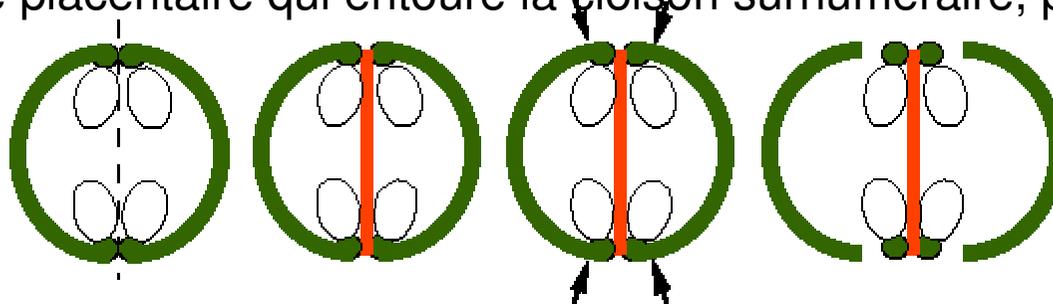
B : un follicule s'ouvre par une seule fente de déhiscence située au niveau de la suture placentaire.

C : une gousse s'ouvre par deux fentes de déhiscence, l'une située au niveau de la suture placentaire et l'autre au niveau de la nervure médiane du carpelle.

Siliques

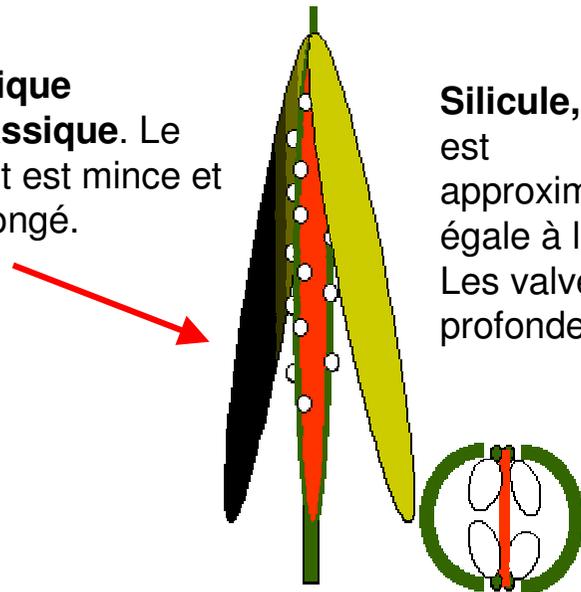
Les siliques sont des capsules particulières, rencontrées principalement dans la famille des Crucifères ou Brassicacées.

L'ovaire est formé de deux carpelles soudés à placentation pariétale. Il ne devrait y avoir en principe qu'une seule loge. Une cloison supplémentaire (cloison surnuméraire) se développe entre les placentas opposés. Le fruit devient alors biloculaire, la déhiscence s'effectue par quatre fentes situées de part et d'autre des placentas (déhiscence paraplacentaire). Lorsque les deux valves externes se séparent, les graines restent attachées au cadre placentaire qui entoure la cloison surnuméraire, puis se détachent.

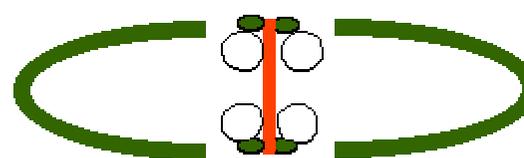
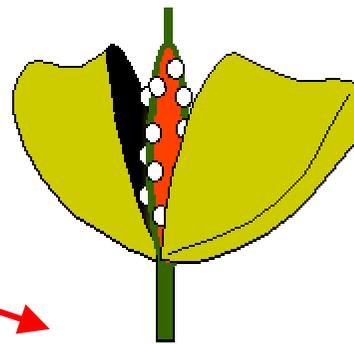


Formation de la cloison surnuméraire et déhiscence d'une silique vue en coupe transversale.

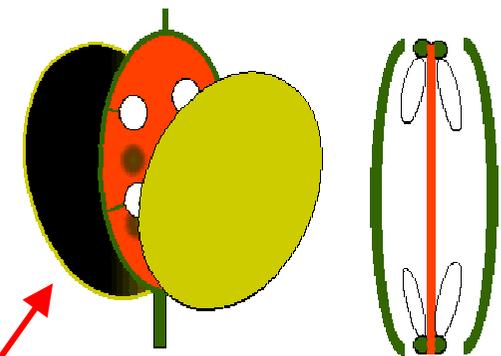
Silique classique. Le fruit est mince et allongé.



Silicule, la longueur est approximativement égale à la largeur. Les valves sont très profondes.



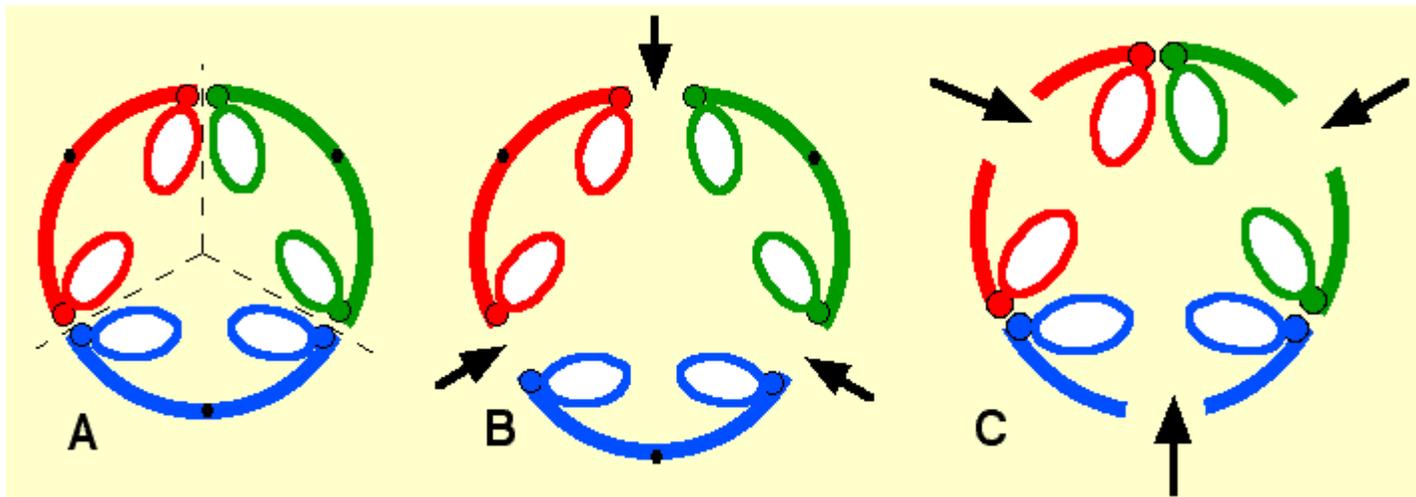
Cas particulier de la monnaie du pape, la silique est plate. Les deux valves sont très plates.



Capsules

Lorsque le fruit sec est formé par deux ou plusieurs carpelles soudés, l'ouverture se réalise par des fentes de déhiscence. Celles-ci se forment soit au niveau des sutures placentaires, soit au niveau des nervures médianes des carpelles. Les deux modes peuvent parfois coexister dans un même fruit. Ces modes de déhiscence diffèrent selon le type de placentation. On prendra pour exemple des fruits formés de trois carpelles soudés à placentation pariétale ou axile.

Exemple : fruits à placentation pariétale



A : un fruit formé de trois carpelles soudés à placentation pariétale ; le fruit ne contient qu'une loge.

B : ouverture par trois fentes de déhiscence situées au niveau des sutures placentaires (déhiscence septicide) ; les trois carpelles se séparent.

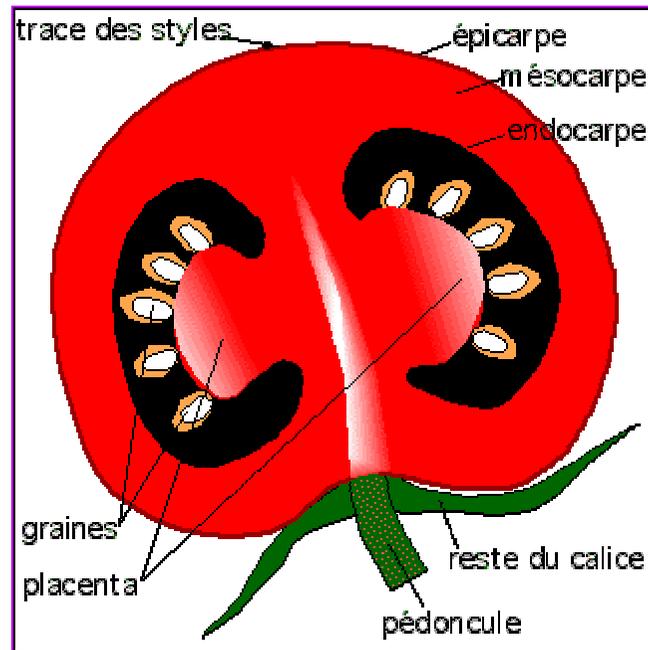
C : ouverture par trois fentes de déhiscence situées au niveau des nervures médianes (déhiscence loculicide) ; chaque carpelle s'ouvre en son milieu.

LES FRUITS CHARNUS:

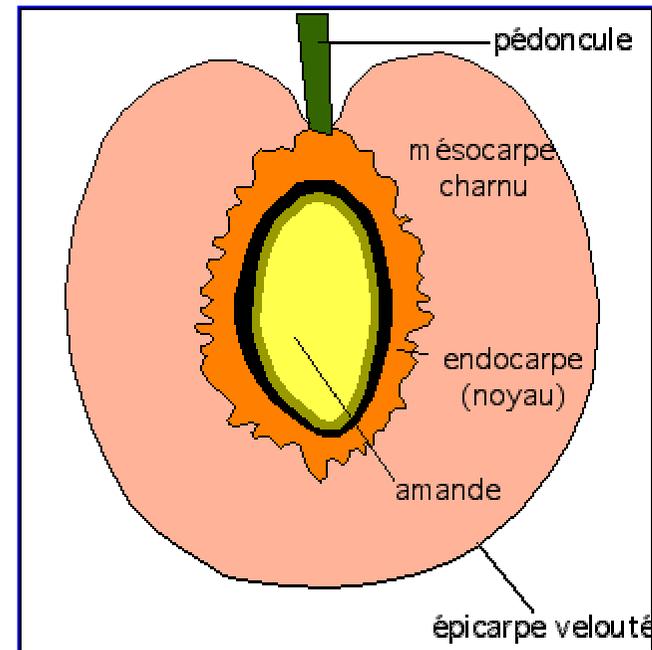
Un fruit correspond à la transformation de l'ovaire après fécondation des ovules.

La paroi des fruits simples est formée essentiellement par le développement de la paroi des carpelles (péricarpe). A maturité, ce péricarpe peut être sec ou charnu.

On considère deux sortes de fruits charnus : les baies et les drupes dans lesquelles les graines sont libres (pépins) ou incluses dans un noyau (amande).



Exemple de baie : la tomate. Le péricarpe est entièrement charnu.



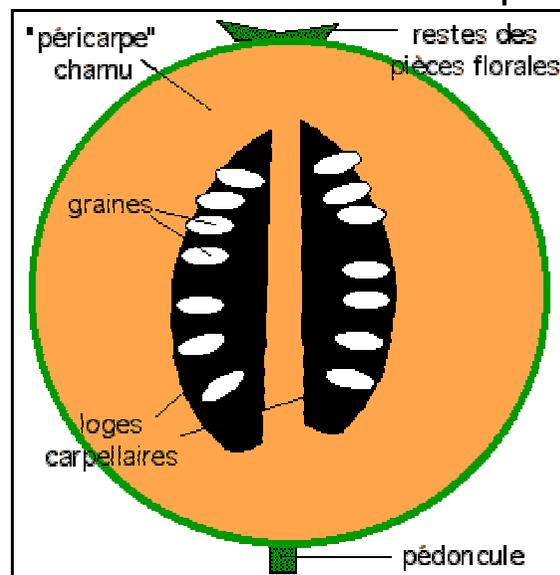
Exemple de drupe : la pêche. La partie moyenne du péricarpe (mésocarpe) est charnue. La partie interne (endocarpe) est lignifiée et forme un noyau dans lequel on trouve une ou plusieurs graines.

Les termes de baie et de drupe peuvent s'appliquer également aux fruits dérivés d'un ovaire infère (fruits complexes). Dans ce cas, le "péricarpe" n'est pas la paroi de l'ovaire mais a une origine double : paroi de l'ovaire et paroi du réceptacle.

On parle alors parfois dans certaines classifications de "pseudo-baie" et de "pseudo-drupe".

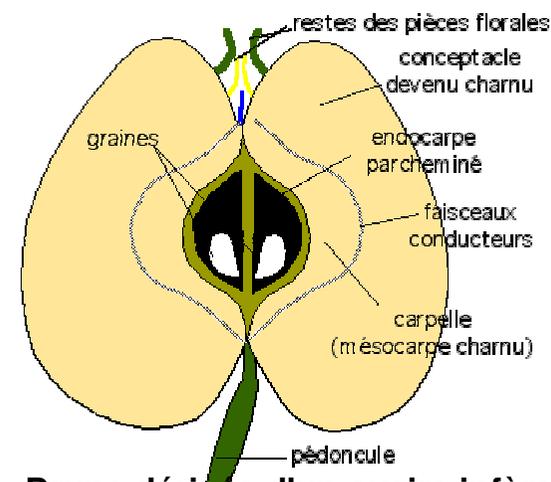
Cependant, certains considèrent que le terme de "fruit complexe" ne s'applique qu'aux fruits dans lesquels la participation du réceptacle est importante (pomme, fraise, cynorrhoden, etc.).

D'une manière formelle, tout ce qui n'est pas simple et complexe. Donc tous les fruits dérivés d'un ovaire infère adhérent peuvent être considérés comme des fruits complexes.



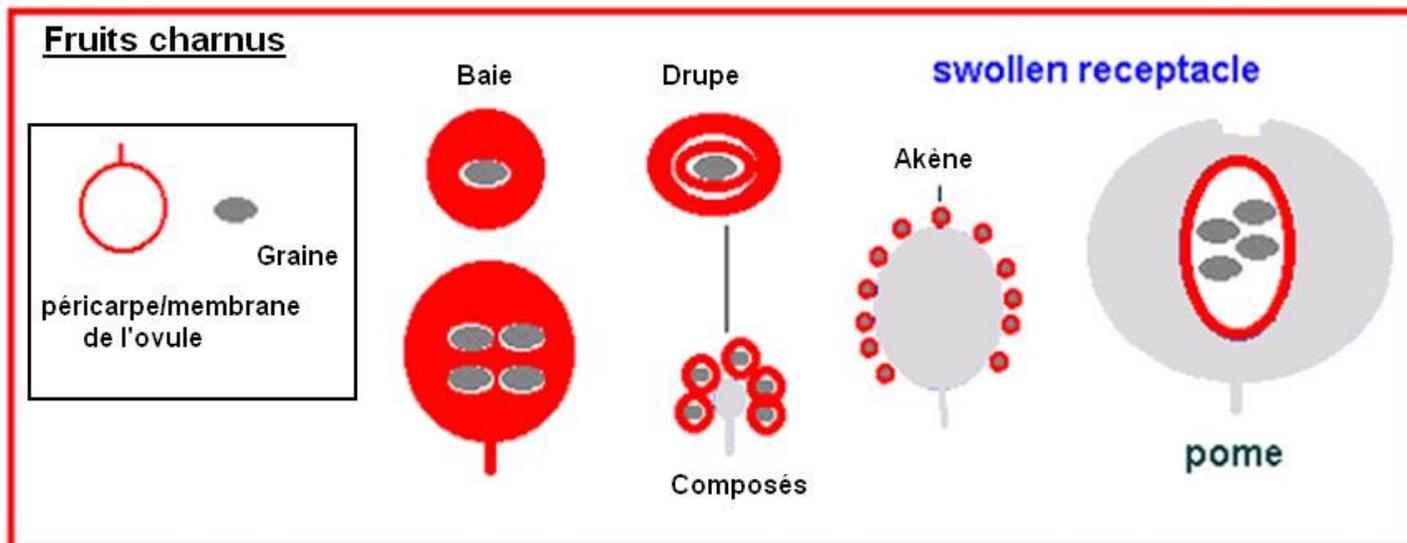
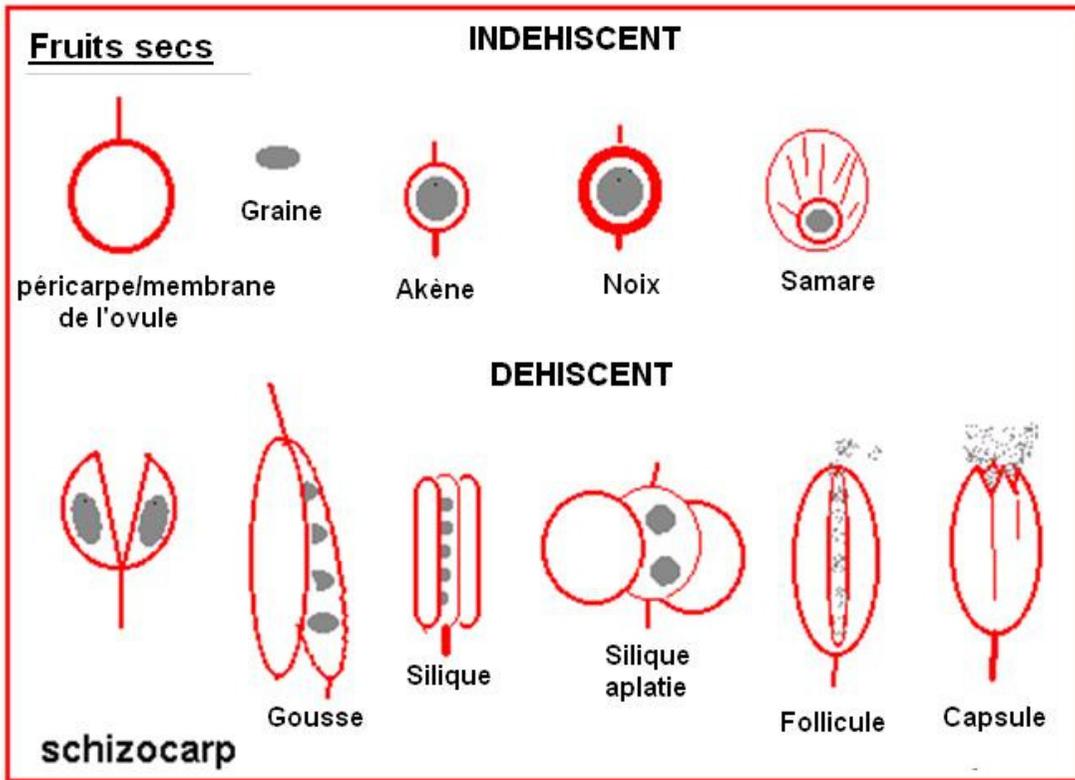
Baie dérivée d'un ovaire infère adhérent : le melon.

Le pédoncule du fruit et le reste des pièces florales sont opposés (= ovaire infère). Le réceptacle floral participe à la formation du "péricarpe". Il est difficile de définir précisément la limite entre les tissus d'origine réceptaculaire et ovarienne.



Drupe dérivée d'un ovaire infère adhérent : la pomme (=piridion)

Le pédoncule du fruit et les restes des pièces florales sont opposés (=ovaire infère). Présence des faisceaux conducteurs qui irriguent les pièces florales et traversent le réceptacle. La partie charnue a donc pour origine le réceptacle et la partie centrale ("noyau") a pour origine la paroi de l'ovaire.



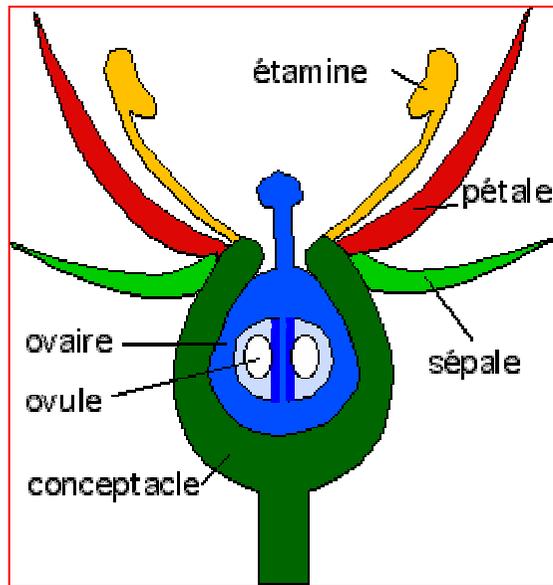
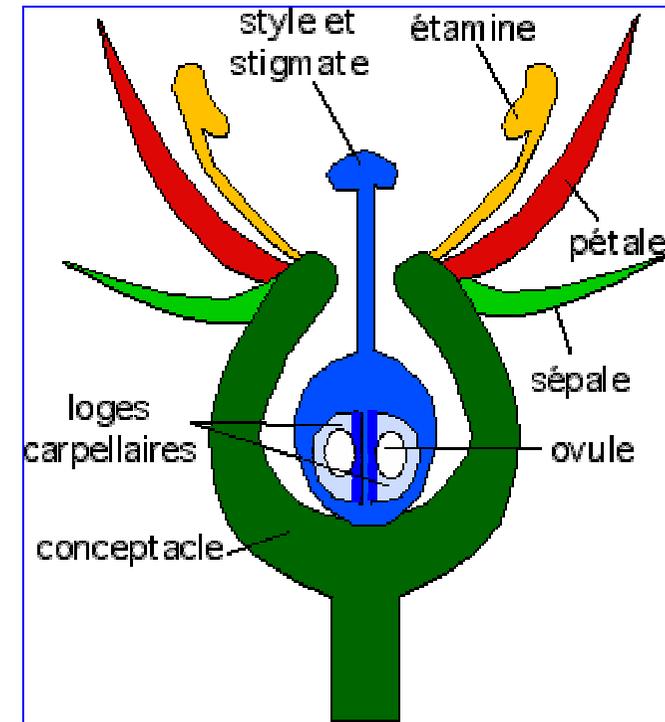


Schéma d'une fleur à ovaire infère adhérent.

Ce type d'ovaire se développera en un fruit complexe dont la paroi (péricarpe) est formée à la fois par la paroi du ou des carpelles et par la paroi du conceptacle. Ex: Banane, Pomme.



Cas d'un ovaire infère non adhérent :

Le pistil est à l'intérieur d'un conceptacle concave (hypanthium) non adhérent à lui. Lors du développement du fruit, les pièces florales et le conceptacle sont caducs. Seule la paroi du ou des carpelles se développe en donnant un fruit simple semblable à celui qui dérive d'un ovaire supère. Ex: Abricot, Cerise, Pêche.

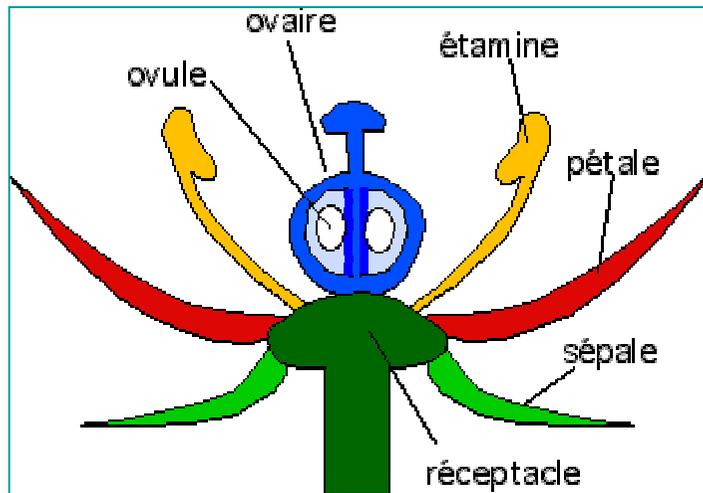


Schéma d'une fleur à ovaire supère.

Ce type d'ovaire se développera en un fruit simple dont la paroi (péricarpe) est uniquement formée par la paroi du ou des carpelles. Ex: Tomate, Haricot vert

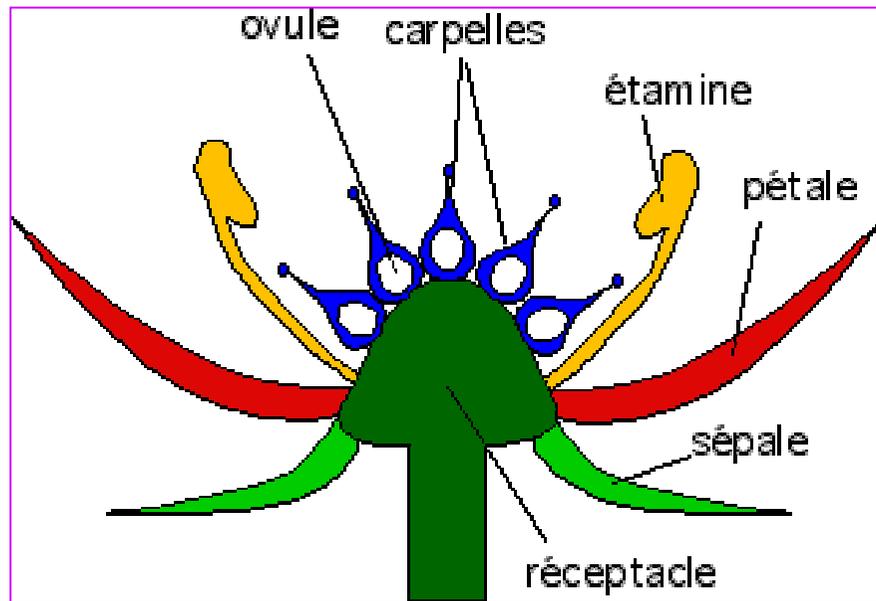


Schéma d'une fleur à ovaire supère et à carpelles libres.

Les carpelles sont posés sur le réceptacle floral. Selon que chaque fruit élémentaire est une drupe ou un akène, le fruit complet sera une poly-drupe ou un poly-akène. Ex: Mûre, Fraise.

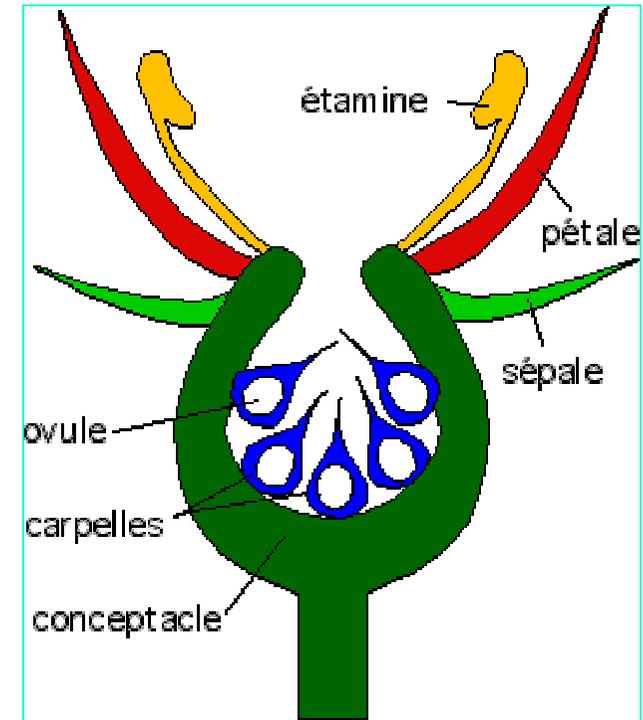


Schéma d'une fleur à ovaire infère et à carpelles libres.

Les carpelles sont libres et inclus dans le conceptacle concave. Ex: Cynorrhodon.

LES FRUITS MULTIPLES:

Un fruit simple est formé uniquement par la paroi de l'ovaire. C'est le cas lorsque la fleur contient un ovaire constitué d'un carpelle ou de plusieurs carpelles soudés. Lorsque la fleur contient plusieurs carpelles libres, chacun d'entre-eux donne un fruit simple et la même fleur développe alors plusieurs fruits simples. On peut alors distinguer des poly-akènes, des poly-drupes, des poly-follicules, selon le type de fruit unitaire. Il s'agit alors d'un fruit multiple.

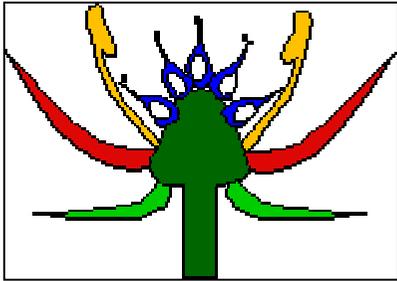
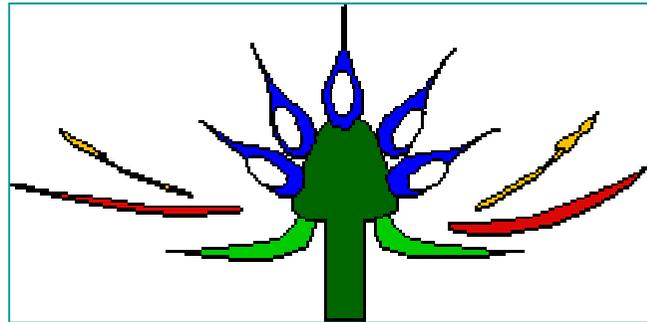
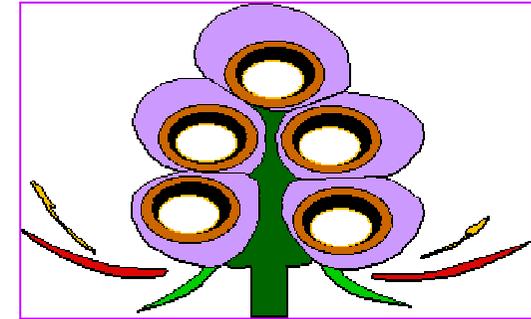


Schéma global d'une fleur dont le gynécée est formé de plusieurs carpelles libres.



Un poly-akène.
Chaque carpelle est transformé en un akène. C'est le cas des renoncules.



Une poly-drupe. Chaque carpelle est transformé en une petite drupe, fruit charnu dont l'endocarpe est lignifié (noyau). Ex: Framboises et mûres de la ronce.

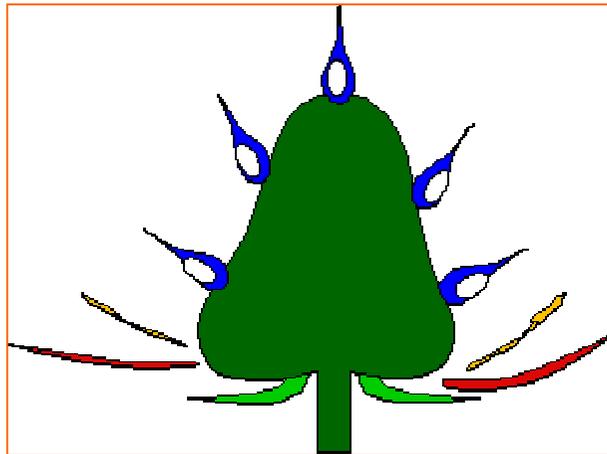
Après la fécondation, chaque carpelle évolue en un fruit. L'ensemble donne donc un fruit multiple.

Remarque : parfois le réceptacle peut se développer considérablement, c'est le cas de la fraise. Si l'on considère le nombre de fruits unitaires (akènes), la fraise est un polyakène développé sur un réceptacle charnu. Si l'on considère le fruit dans son ensemble (partie comestible), la fraise est un fruit complexe formé en grande partie par le réceptacle.

Certains considèrent les fruits des Composées comme des fruits multiples ou des infrutescences. En fait, les Composées développent une inflorescence très condensée, que le promeneur non botaniste considère à tort comme une fleur. Chaque fleur donne un seul fruit simple (un akène).

Ce n'est pas un fruit multiple puisque chaque fleur ne donne qu'un seul fruit simple.

Ce n'est pas une infrutescence véritable puisque les fruits simples sont séparés et non soudés entre-eux.



Le cas de la fraise : le réceptacle s'est développé énormément.

Les akènes, tout petits, sont portés par le réceptacle.

Si l'on considère l'ensemble des akènes (fruits au sens strict), l'ensemble est un fruit multiple (poly-akène). Si l'on considère l'organe commercialisé que l'on consomme (réceptacle), la fraise est considérée comme un fruit complexe. La fraise est donc un fruit complexe formé d'un réceptacle charnu portant de nombreux akènes.

LES FRUITS COMPLEXES:

Les fruits simples sont formés par le développement de l'ovaire. La paroi de l'ovaire forme la paroi du fruit (péricarpe). Ce péricarpe est donc essentiellement formé par la paroi de l'ovaire.

Dans un grand nombre de cas, la formation du fruit fait intervenir d'autres tissus que la simple paroi de l'ovaire. Il s'agit alors de fruits complexes appelés aussi "pseudo-fruits" dans certains ouvrages. Dans de nombreux cas, le développement du fruit est réalisé à partir d'une fleur à ovaire infère.

1 - Réceptacle devenant charnu, soudé à l'ovaire (piridion):

C'est le cas lorsque la fleur possède un ovaire infère adhérent au réceptacle.

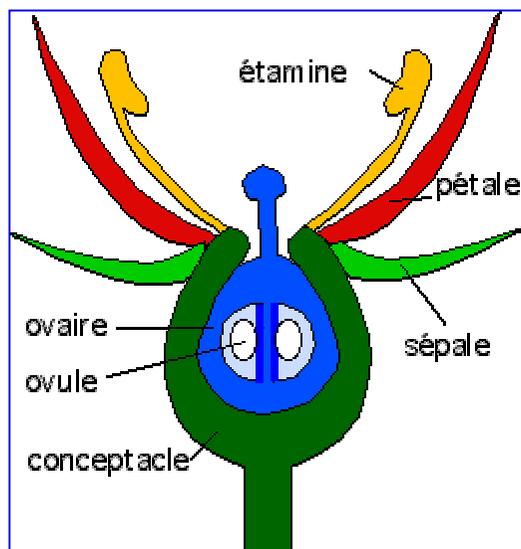
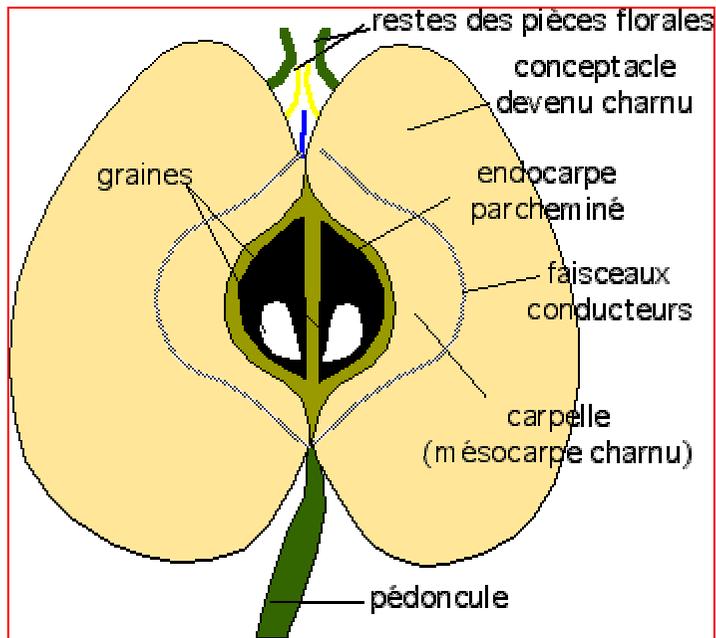


Schéma général d'une fleur à ovaire infère adhérent.

L'ovaire se trouve en dessous du plan d'insertion des pièces florales. Ici, l'ovaire est soudé au réceptacle floral en forme de coupe (conceptacle).



Exemple d'un fruit dérivé d'un ovaire infère adhérent : la pomme. La partie charnue du fruit appelée faussement "péricarpe" est en fait formée par le développement du conceptacle. Ce type particulier de fruit est appelé péricarpe adhérent.

Ce type de fruit est souvent appelé "fruit complexe" pour bien montrer que son origine n'est pas essentiellement due au développement de l'ovaire. En fait, dans la pomme, ce que l'on mange est le conceptacle et le fruit *sensu stricto* (qui dérive de la paroi du carpelle) est ce que l'on appelle vulgairement "le trognon".

De nombreux fruits, baies ou drupes, sont formés à partir d'un ovaire infère. Le mode de formation peut être sensiblement différent. Pour certains, (banane, Cucurbitacées) la participation du conceptacle est faible. Pour cette raison, certains les rangent dans les fruits complexes et d'autres dans les fruits simples.

Remarque : chez de nombreuses Rosacées (cerise, pêche, abricot, etc.), l'ovaire formé d'un carpelle est infère mais non adhérent. Il est entouré par le conceptacle (hypanthium). Ce conceptacle est caduc (il tombe en même temps que les pièces florales) et le fruit se développe uniquement à partir de la paroi de l'ovaire comme chez les fruits dérivés d'un ovaire supère.

2 - Réceptacle devenant charnu mais non soudé aux ovaires

Le réceptacle lui-même devient charnu. Il porte les fruits. Ce sont en général des akènes (fruits simples dérivés chacun d'un carpelle unique et contenant une seule graine). Le fruit "apparent" commercialisé ou consommé est donc le réceptacle. Pour cette raison, ces fruits sont aussi qualifiés de "faux fruits".

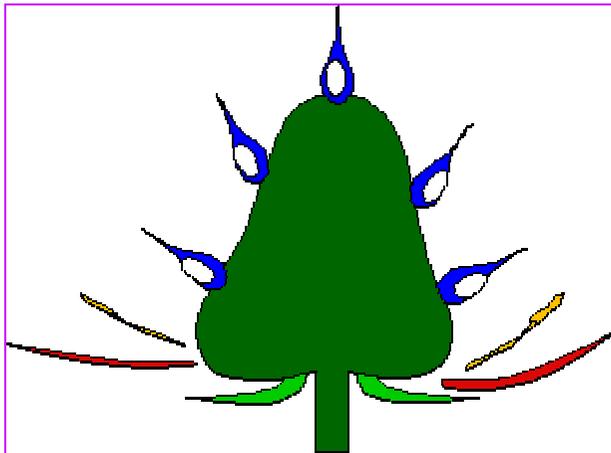


Schéma théorique d'une fraise. Le fruit que l'on mange est le réceptacle hypertrophié et charnu. N carpelles libres sont transformés en akènes.

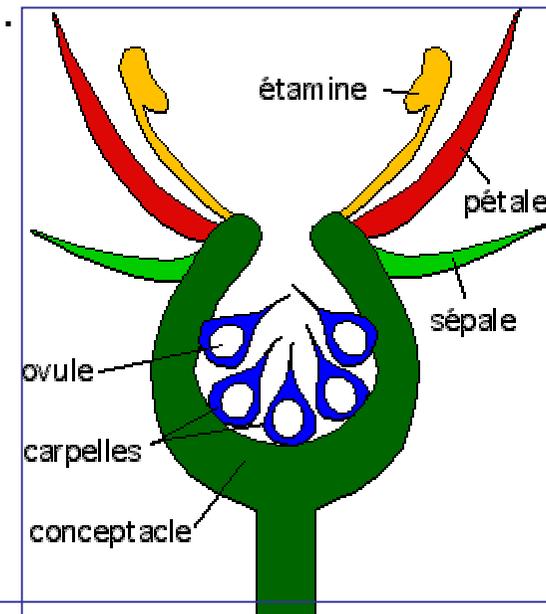
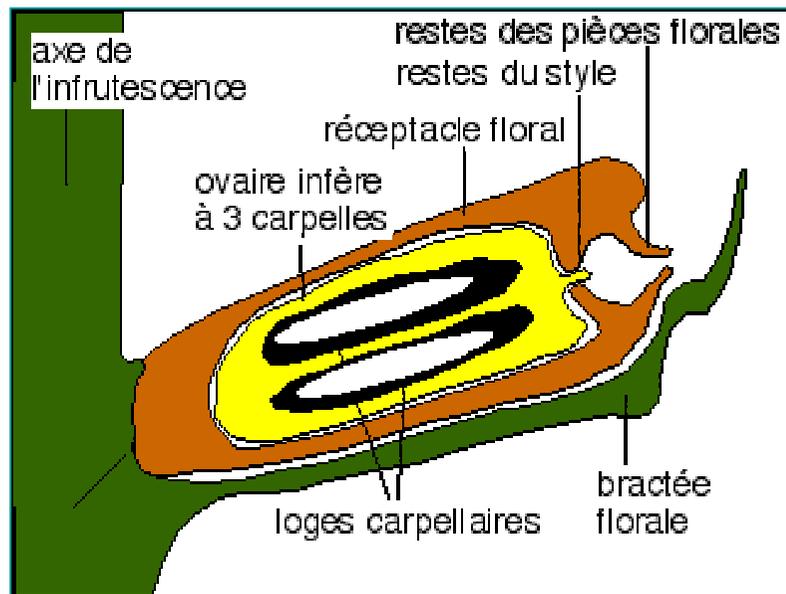


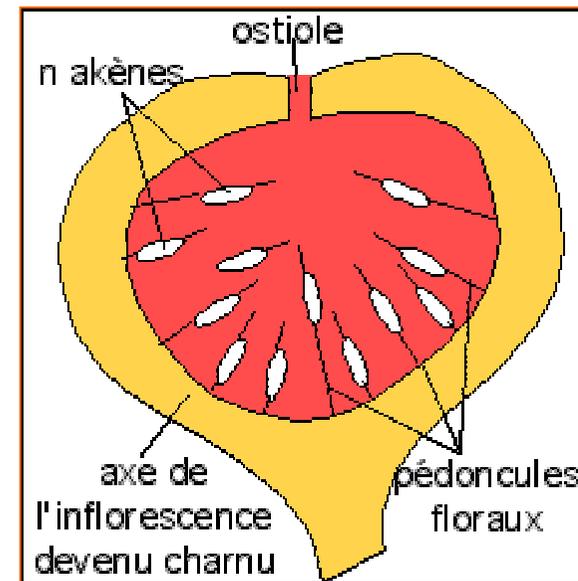
Schéma théorique du fruit de l'églantine (cynorrhodon). Le fruit apparent, utilisé pour réaliser des confitures est le conceptacle hypertrophié et charnu. Les akènes sont, ici, enfouis dans le réceptacle.¹⁴⁶

LES FRUITS COMPOSES:

Les fruits composés dérivent du développement d'une inflorescence. On peut les qualifier d'infrutescences. Ils sont formés par le développement de l'ovaire de chaque fleur, auquel peuvent s'ajouter le réceptacle floral, l'axe de l'inflorescence et les bractées florales.



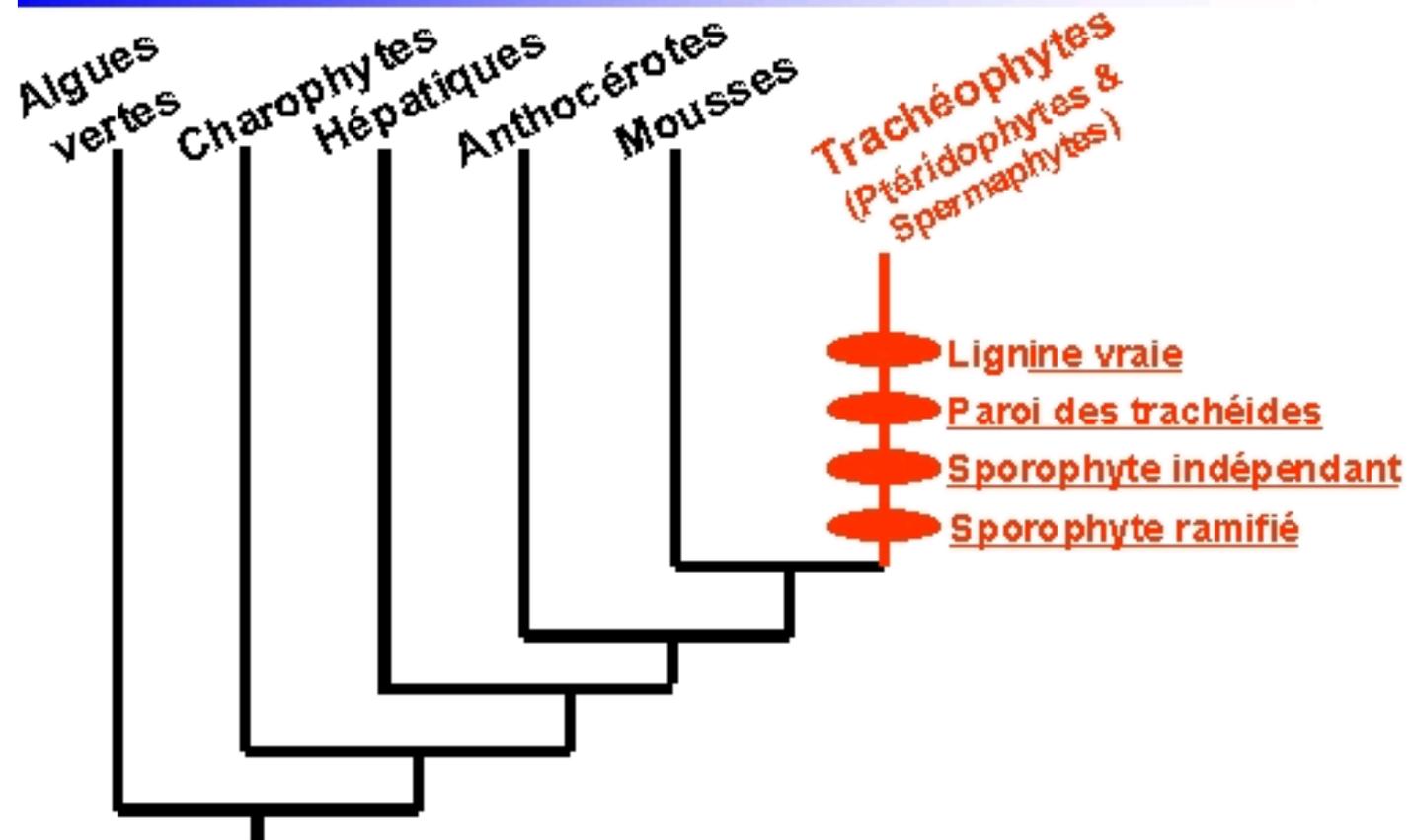
L'ananas : une infrutescence charnue. Toute l'inflorescence (axe, bractée, ovaire) est charnue. Ces différentes parties sont soudées les unes aux autres.



La fige : l'axe de l'inflorescence devient charnu et se creuse en une outre à petite ouverture (ostiole). Elle est tapissée par les multiples fleurs dont les ovaires deviennent des akènes à maturité. Ce fruit charnu particulier est appelé sycone.

Les grands groupes de végétaux

Synapomorphies des Ptéridophytes/Spermaphytes



D'après Mishler & Churchill, 1984

Partie II.C.1

21/09/00

LBGSTU / BEV

Le cycle de vie des bryophytes:

1 Aspect, diversité et mode de vie des bryophytes

Les **bryophytes** sont représentés par les **mousses** pourvues de feuilles comme le **polytric** ou la **sphaigne**, les **hépatiques**, qui présentent des feuilles ou des thalles selon les espèces, et les **anthocérotes**, au nombre d'espèces très réduit. La majorité des espèces de bryophytes vivent dans les endroits où règne une importante humidité, souvent à l'abri du soleil direct. On trouve, par exemple, davantage de mousses sur la face nord du pied des arbres, là où n'arrive jamais la lumière directe du soleil.

Néanmoins, des espèces peuvent survivre à de longues périodes de dessiccation et présentent une surprenante **reviviscence** par temps humide: ces espèces colonisent des rochers exposés au soleil, et même le toit des maisons. Toutes ont besoin d'eau pour se reproduire de façon sexuée et puisent l'eau aussi nécessaire à la photosynthèse grâce à des (poils) **rhizoïdes** disposés à la face inférieure du thalle ou sur la courte racine.

2 Cycle de vie des bryophytes

2.1 Les mousses: le polytric

Les plantes de certaines touffes forment, au sommet de leur tige une couronne de feuilles plus grandes appelée soit **anthéridiophore** soit **archégoniophore** selon que cette couronne abrite soit des organes sexuels mâles appelés **anthéridies**, soit des organes sexuels femelles appelés **archégonies**. Les sexes étant séparés sur des plants distincts, le polytric est dit **dioïque**. D'autres espèces de mousses sont **monoïques**, car les anthéridies et les archégonies sont portés sur un même plant. Comme il porte les organes producteurs de gamètes, le plant feuillé est appelé **gamétophyte**.

Chaque anthéridie a la forme d'une petite massue allongée implantée parmi des poils stériles blancs, les **paraphyses**. Des cellules internes de chaque anthéridie se transforment en gamètes mâles ou **anthérozoïdes**, équivalents des spermatozoïdes chez les animaux, de forme allongée et munis de deux flagelles mobiles. Ceux-ci permettent aux anthérozoïdes de nager dans un film d'eau vers les archégonies en forme de bouteille au long col, également entourés de paraphyses et abritant en leur ventre un gros gamète femelle: l'**o(v)osphère**.

Projetés au hasard par les gouttelettes d'eau de pluie puis pénétrant par le col de l'archégonie, dont les cellules se sont décomposées en une sorte de glu transparente, les anthérozoïdes nagent jusqu'à l'o(v)osphère et l'un d'eux s'unit au gamète femelle. La fusion des noyaux (= la fécondation) transforme l'o(v)osphère en zygote, première cellule diploïde. Ce zygote se divise de nombreuses fois, tout en restant dans l'archégonie, lui-même rattaché au gamétophyte, c'est-à-dire à la plante feuillée. Le développement de l'embryon finit par donner une longue soie terminée par une capsule recouverte d'une **coiffe** ou **involucre**: l'ensemble porte le nom de **sporophyte**, car il produira les spores, et est diploïde à l'exception de la coiffe. Au sein de la capsule se produit la méiose, responsable de la production de myriades de spores haploïdes. Celles-ci seront libérées et emportées par le vent lorsque l'**opercule** de la capsule s'ouvrira. En tombant sur la terre humide, chaque spore germe, se divise de nombreuses fois pour former un **protonéma**, sorte de réseau filamenteux haploïde fixé par des poils rhizoïdes. Sur le protonéma se développent des bourgeons qui développeront autant de nouvelles tiges feuillées, autant de nouveaux gamétophytes, tous de même sexe chez le polytric dioïque.



Gamétophytes mâles de polytric *Polytrichum piliferum*



**Sporophytes de
*Bartramia pomiformis***



**Sporophytes de polytric
*Polytrichum piliferum***

Cycle de vie d'une mousse du genre *Polytrichum*. Les structures diploïdes sont dessinées en rouge.

1 Gamétophyte feuillé, mâle

- a Feuilles
- b Rhizoïdes
- c Anthéridiophore

2 Anthéridiophore

- a Anthéridie
- b Paraphyse

3-4 Anthéridie

5 Anthérozoïde

6 Gamétophyte feuillé, femelle

- a Feuilles
- b Rhizoïdes
- c Archégoniophore

7 Archégoniophore

8 Archégone

- a O(v)osphère
- b Col de l'archégone

9 Archégone

- a O(v)osphère
- b Embryon (sporophyte)
- c Ventre de l'archégone
- d Pied

10 Sporophyte porté sur le gamétophyte

- a Coiffe
- b Soie
- c Pied

11 Capsule (coiffe emportée)

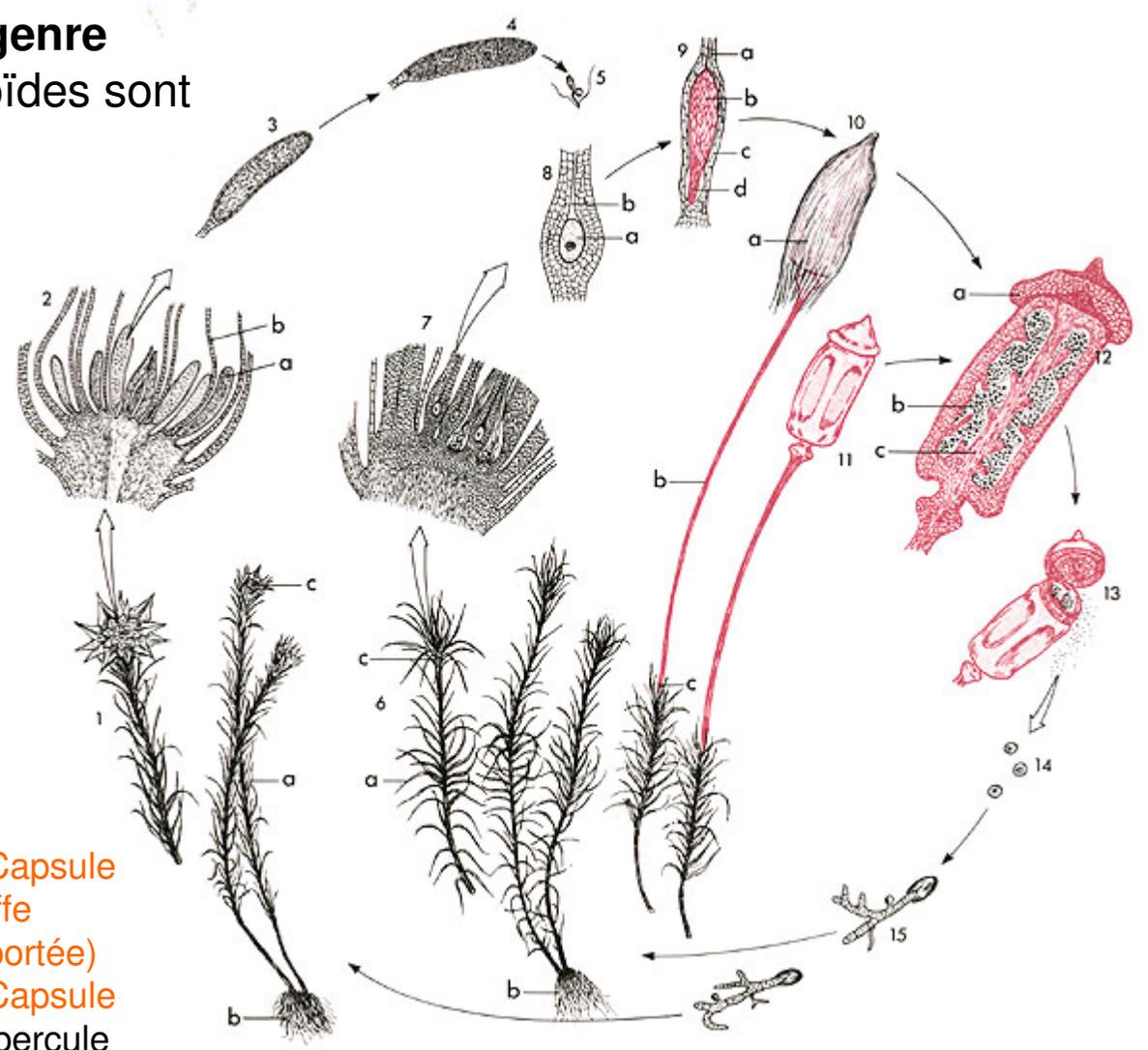
12 Capsule

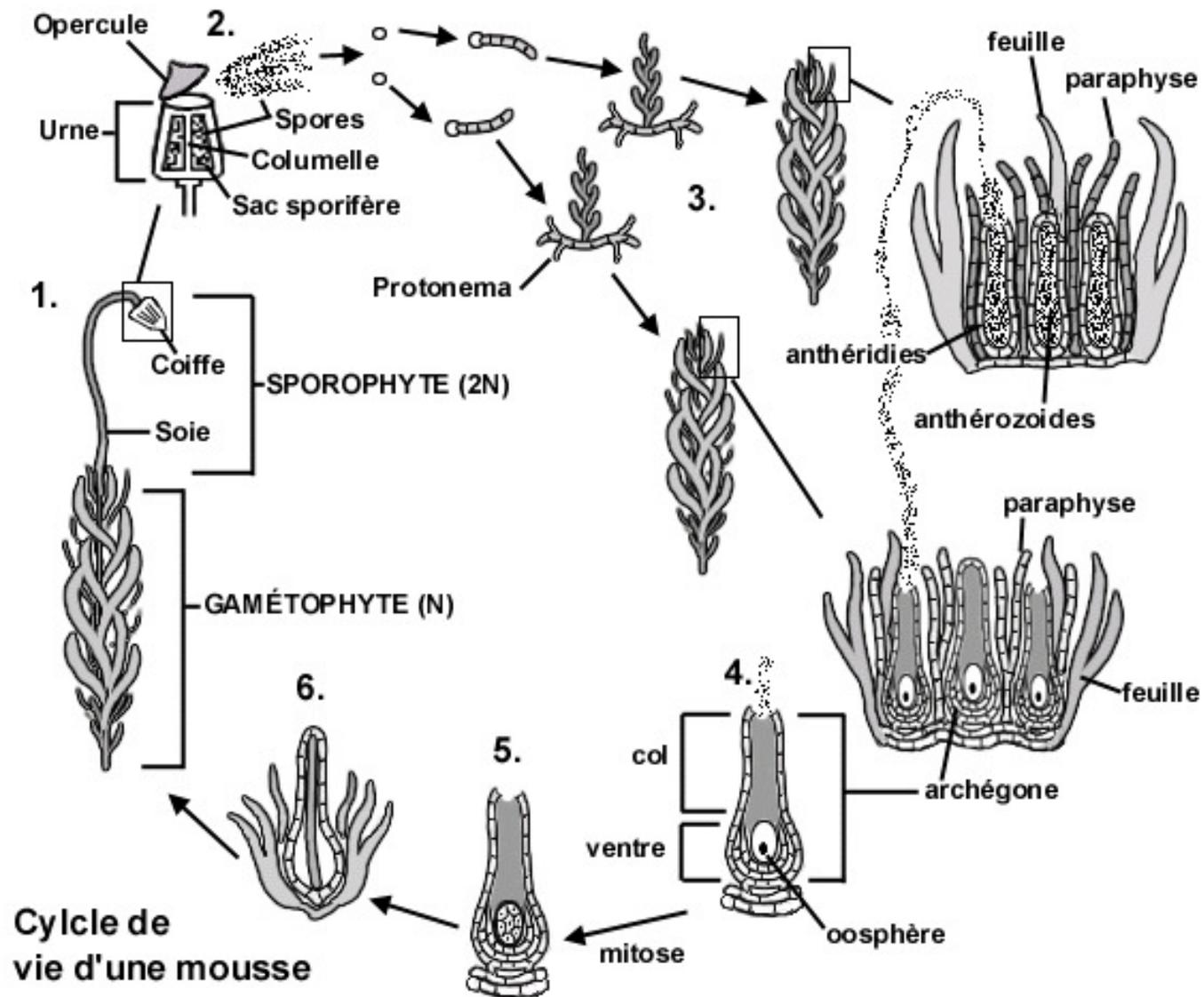
- a Opercule
- b Spores
- c Cellules-mères de spores

13 Sporophyte déhiscent

14 Spore

15





2.2 Les hépatiques dont *Marchantia polymorpha*

Bien que certaines hépatiques présentent des gamétophytes feuillés, dont la disposition des feuilles est alors toujours **distique**, d'autres apparaissent sous la forme d'un thalle, mince lame verte couchée sur le substrat. C'est le cas de *Marchantia polymorpha*. Cette dernière espèce présente une façon originale de se reproduire de manière asexuée: la face supérieure du thalle présente de petites coupes évasées en forme de couronne, les **corbeilles**, contenant des **propagules**, petits fragments de thalles capables de générer de nouvelles plantes par bouturage. On trouve aussi des corbeilles à propagules, en forme de demi-lune, chez *Lunularia cruciata*, autre hépatique à thalle des sols et rochers humides.



Hépatique à feuilles
Lophocolea bidentata,



Thalle et corbeilles à propagules
de *Marchantia polymorpha*

Comme toutes les autres hépatiques, *Marchantia polymorpha* présente un cycle de vie semblable au polytric, mais avec quelques variantes morphologiques. Les anthéridies et les archégonies ne se forment pas directement sur le thalle, mais dans de curieux organes en forme de parapluie: les anthéridies se développent sur la face supérieure des anthéridiophores, et les archégonies à la face inférieure des archégoniophores distincts des précédents.

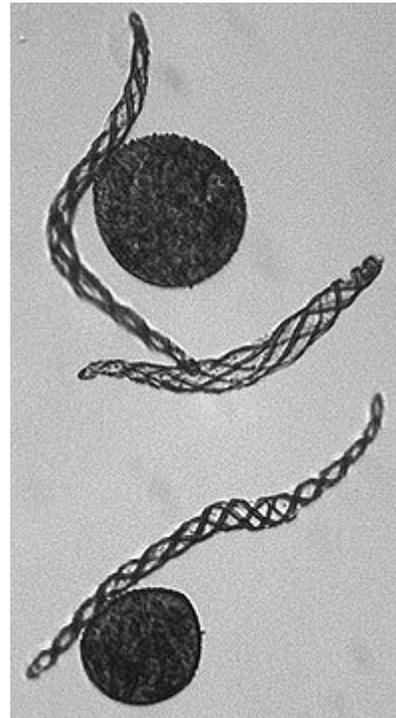


Anthéridiophores de *Marchantia polymorpha*

Chez les hépatiques, lorsque les capsules éclatent par dessiccation et libèrent leurs spores, celles-ci sont violemment projetées au loin par des **élatères** (du grec "elateros" = "dispenser), files de cellules stériles se détendant brusquement comme des ressorts lors du dessèchement. Le pédicelle translucide du sporophyte est fugace, contrairement à la soie correspondante chez les mousses qui demeure longtemps en place.



**Sporophytes d'hépatique
à thalle *Pellia epiphylla***



**Spores et élatères de
*Conocephalum conicum***



**Spores germées de
*Pellia epiphylla***

Cycle de vie de l'hépatique *Marchantia polymorpha*. Les structures diploïdes sont dessinées en rouge.

1 Thalle (gamétophyte)

- a Rhizoïdes
- b Corbeille à propagules
- c Anthéridiophore

2 Anthéridiophore

3-5 Anthéridie

6 Anthérozoïde

7 Thalle (gamétophyte)

- a Jeune archégoniophore
- b Archégoniophore mature

8 Archégoniophore

9 Archégone

- a O(v)osphère
- b Cellule ventrale du canal du col
- c Cellule apicale du canal du col

10 Archégone

- a Noyau de l'o(v)osphère
- b Noyau de l'anthérozoïde
- c Ventre de l'archégone
- d Col de l'archégone

11 Archégone

- a Coiffe (involucre)
- b Ventre
- c Zygote

12 Archégone développé

- a Pied
- b Soie

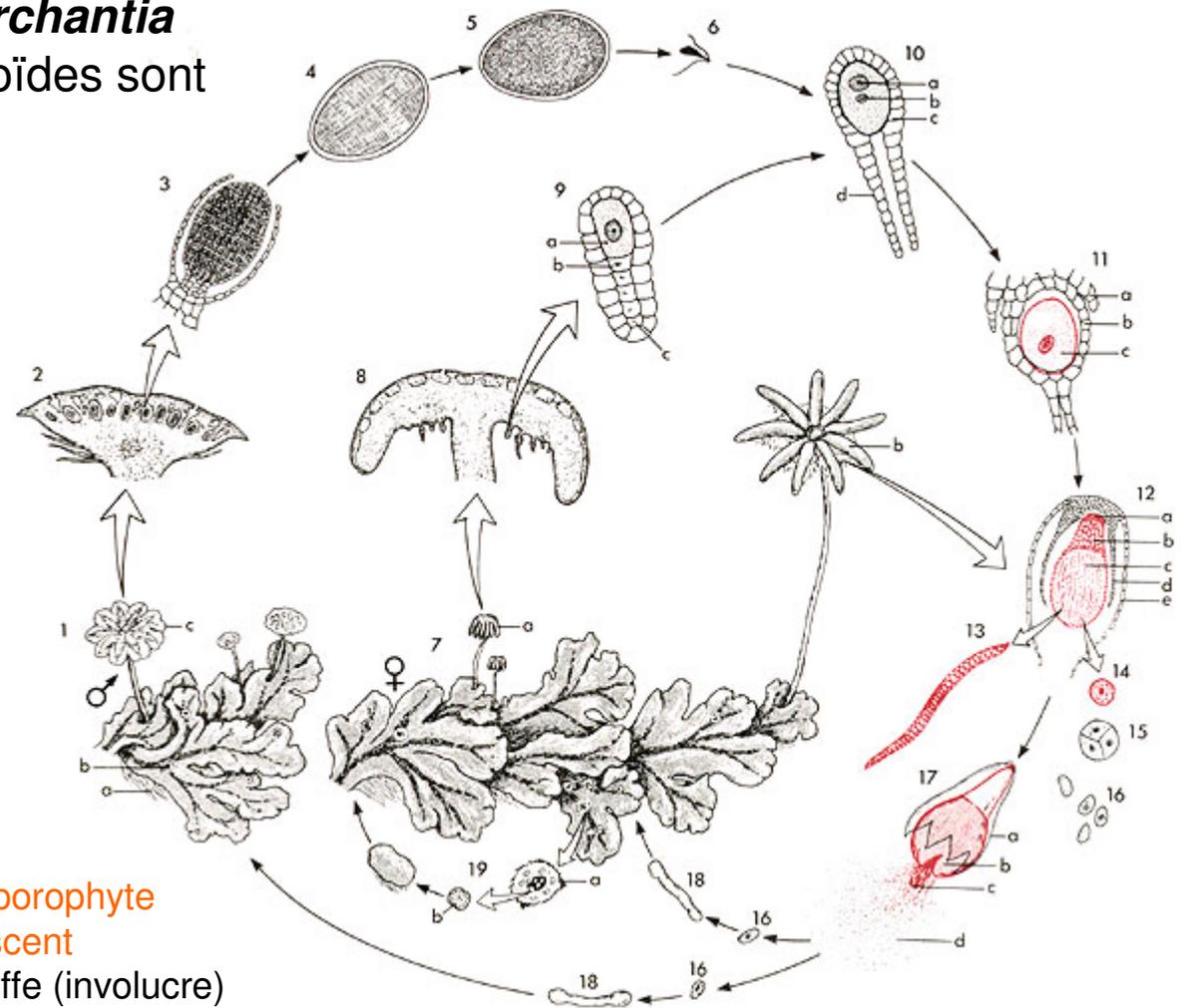
17 Sporophyte

déhiscent

- a Coiffe (involucre)
- b Capsule
- c Elatères
- d Spores
- e Coiffe (involucre)

13 Elatère

14 Cellule-mère de spore



18 Spore germant

19 Cycle de reproduction asexuée

- a Corbeille à propagules
- b Propagule

2.3 Les anthocérotes dont *Anthoceros punctatus*

Anthoceros punctatus apparaît à la fin de l'été sur les limons frais dénudés, par exemple sur les éteules situées à l'orée des bois. Le gamétophyte est un thalle en forme de rosette de 1-2 cm de diamètre, et pourvu de rhizoïdes. Les sporophytes qui s'y développent sont une dizaine de minces colonnes cylindriques qui se déchirent au sommet et libèrent les spores sous forme d'une poussière noire, grâce à des élatères. L'aspect général des anthocérotes les rapproche des hépatiques, mais la constitution très simple du sporophyte et la structure de l'unique chloroplaste de chaque cellule du thalle, que l'on ne rencontre ailleurs que chez certaines algues, en font des bryophytes archaïques.

Cycle de vie d'une anthocérote du genre *Anthoceros*. Les structures diploïdes sont dessinées en rouge.

1 Gamétophyte

- a Involucre tubulaire
- b Thalle
- c Rhizoïdes

2 Sporophyte

- a Pied
- b Epiderme
- c Columelle centrale

3 Spores

4 Elatères

5 Spore germant

6 Gamétophyte: face dorsale

- a Anthéridie
- b Archégone

7 Anthéridie

8 Anthérozoïdes

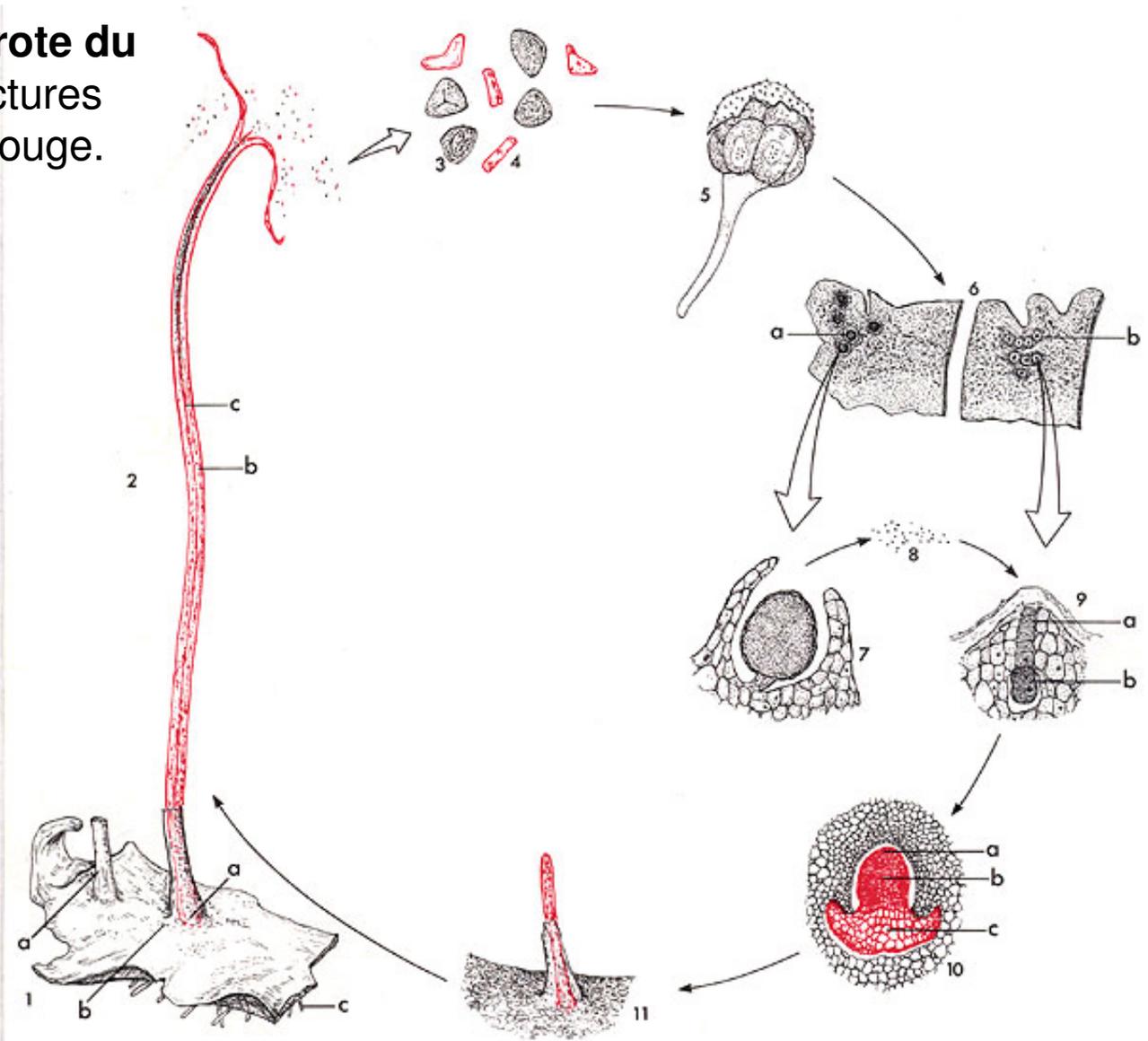
9 Archégone

- a Cellules du canal du col
- b O(v)osphère

10 Jeune sporophyte dans le thalle

- a Amphithecium
- b Endothecium
- c Pied

11 Jeune sporophyte émergeant de l'involucre



Le cycle de vie des ptéridophytes:

1 Aspect, diversité et mode de vie des ptéridophytes

Les **ptéridophytes** sont les seuls cryptogames vasculaires: **cryptogames** (du grec "cryptos" = "caché" et "gamos" = "le mariage") car leurs organes sexuels sont cachés -il n'y a pas de fleurs chez les ptéridophytes-, et **vasculaires** (du latin "vascellum" = "le vaisseau") car ils sont pourvus de tissus conducteurs. Ces vaisseaux conducteurs de sève permettent aux ptéridophytes d'atteindre des tailles bien supérieures aux autres cryptogames: il existe, par exemple, des fougères arborescentes tropicales de plus de 10 m de haut, et au cours de la période carbonifère (il y a entre 345 et 280 millions d'années) il existait des prêles géantes et des lycopodes de la taille des arbres actuels! Actuellement, les ptéridophytes sont représentés par les fougères, les prêles, les lycopodes, les sélaginelles et les psilotales.

Les ptéridophytes préfèrent de façon générale des milieux à forte humidité atmosphérique; il en existe même quelques espèces aquatiques. Mais certaines espèces, dont le cétérach indigène *Ceterach officinarum*, résistent étonnamment bien à la sécheresse et à l'exposition à la lumière directe du soleil: elles se recroquevillent au plus chaud et sec de l'été, mais sont douées d'une reviviscence surprenante lorsque l'eau revient.

2 Cycle de vie des ptéridophytes

2.1 Les fougères

Les feuilles de **fougères** ou **ptérophytes**, que l'on nomme **frondes** et qui croissent par leur extrémité se déroulant progressivement, représentent le sporophyte diploïde car elles portent, à leur face inférieure, les **sporanges**, c'est-à-dire les organes producteurs de spores. Les sporanges sont regroupés par quelques dizaines et chaque groupe est protégé par une **indusie**, sorte d'écaille plus ou moins **caduque** qui les recouvrent. On appelle **sore** (à ne pas confondre avec les spores!) l'ensemble formé par un groupe de sporanges et l'indusie qui les protège. On distingue aisément à l'œil nu les sores disposés sur le bord ou la face inférieure des frondes, des **pennes** ou des **pinnules**. Les sporanges sont, chez certaines espèces de fougères, portés par des frondes spéciales fertiles, les autres, stériles, assurant la fonction de photosynthèse.

Chaque sporange comporte, au bout d'un fin **pédicelle** qui le rattache à la fronde, une poche dans laquelle la méiose donne naissance aux spores haploïdes. Une rangée de cellules spéciales, partant du pédicelle et contournant presque complètement le sporange, forme un anneau mécanique. Fait d'une file de cellules à paroi d'épaisseur inégale, l'anneau mécanique se redresse par temps sec, suite à des tensions asymétriques, et libère alors les spores en déchirant la paroi du sporange.

Une fois tombées sur le sol en été, les spores germent au printemps suivant si elles trouvent les conditions adéquates de pénombre et d'humidité. Chaque spore forme par division un minuscule thalle plat, cordiforme et fixé au sol par des (poils) rhizoïdes, comme chez les hépatiques à thalle. A la face inférieure de ce **prothalle**, représentant le gamétophyte haploïde, se forment les anthéridies et les archégonies.



Face inférieure d'une fronde de fougère femelle



Face inférieure d'une fronde de fougère mâle



Prothalles cordiformes de fougères, Ptéridophytes, parmi des hépatiques à thalle et des mousses

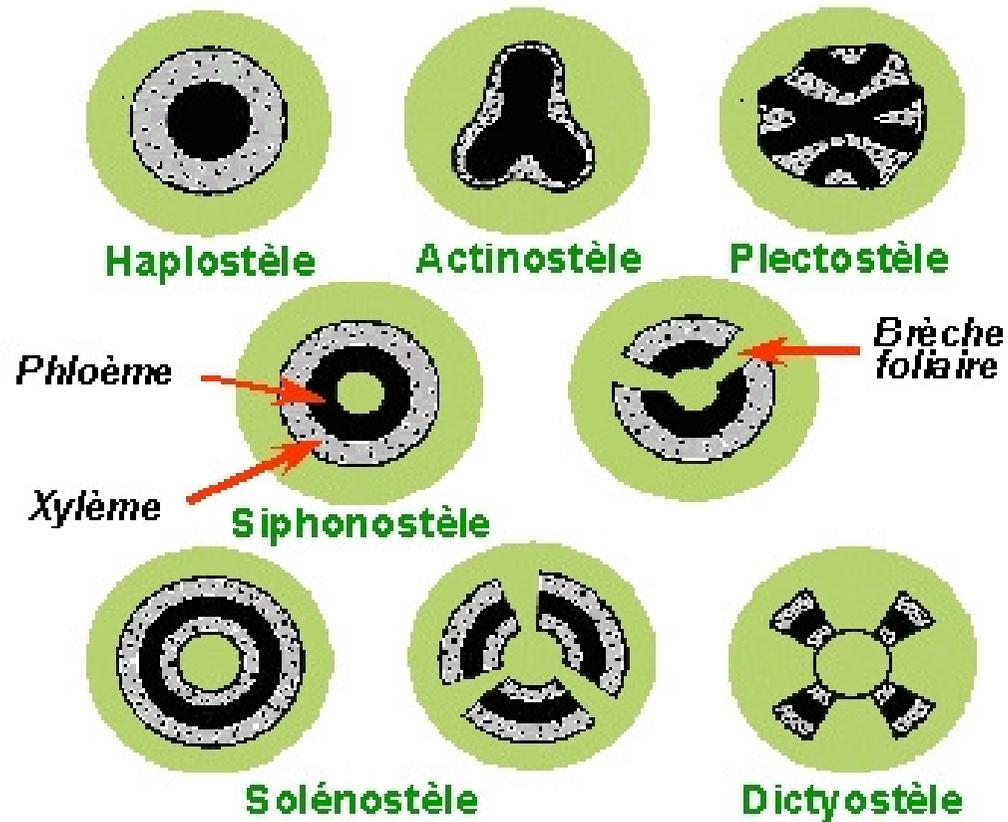
Chaque anthéridie est une petite boîte sphérique formée de trois cellules: deux **cellules annulaires** en forme d'anneaux superposés et une **cellule operculaire** servant de couvercle. Il s'y forme des anthérozoïdes en forme de tire-bouchon et munis à une extrémité de plusieurs **flagelles**.

Les archégones ont la forme d'une bouteille renfermant une o(v)osphère unique. Les cellules du col de l'archégone se désagrègent et laissent le passage aux anthérozoïdes qui, en nageant dans l'eau de pluie indispensable à la fécondation, tentent de rejoindre l'o(v)osphère. La fusion des deux noyaux mâle et femelle transforme l'o(v)osphère en zygote diploïde.

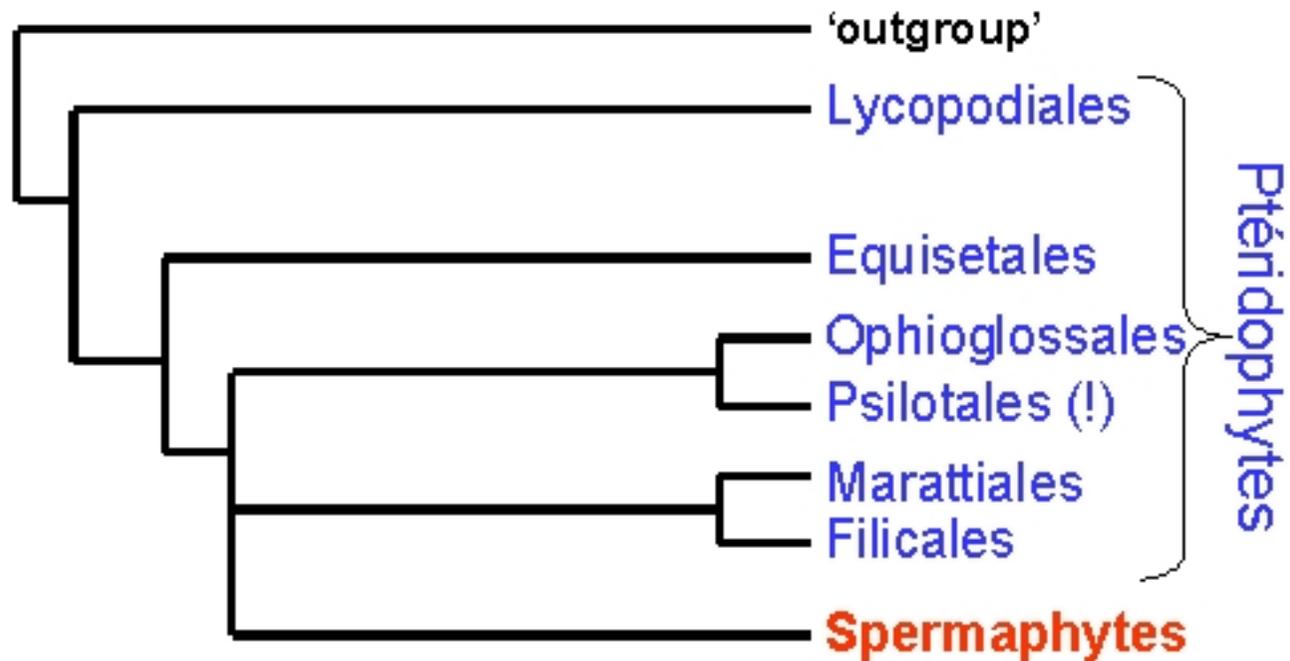
Sans quitter l'archégone et en se divisant, le zygote donne naissance au jeune sporophyte diploïde, premier stade de croissance de la future fougère, pourvue de frondes et de racines, et éventuellement d'un **rhizome** qui lui permet de s'étendre en surface.

On constate donc que chez les fougères, comme chez les autres ptéridophytes, la phase sporophytique diploïde est plus durable que la phase gamétophytique haploïde, contrairement à ce que l'on observe chez les algues ou les bryophytes. Dans l'ordre évolutif, c'est à partir des ptéridophytes que la plante feuillée n'est plus un gamétophyte, mais un sporophyte.

Principaux types de stèles chez les Ptéridophytes

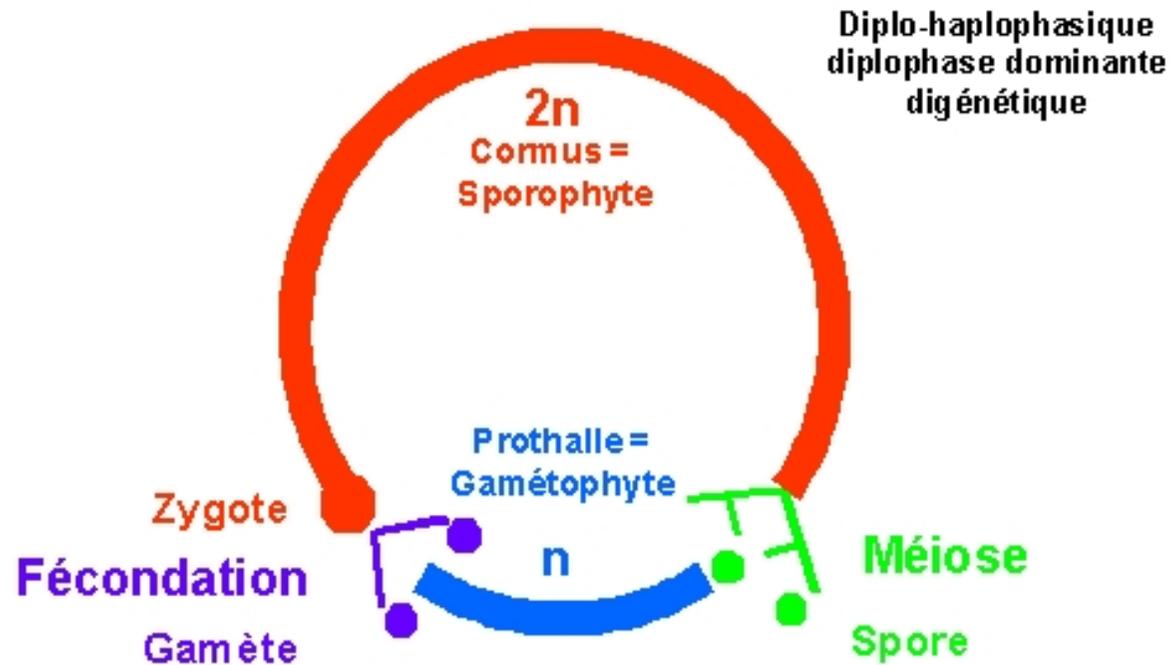


Phylogénie moléculaire des Ptéridophytes actuelles



'après l'étude du gène atpB,

Cycle de reproduction des Ptéridophytes



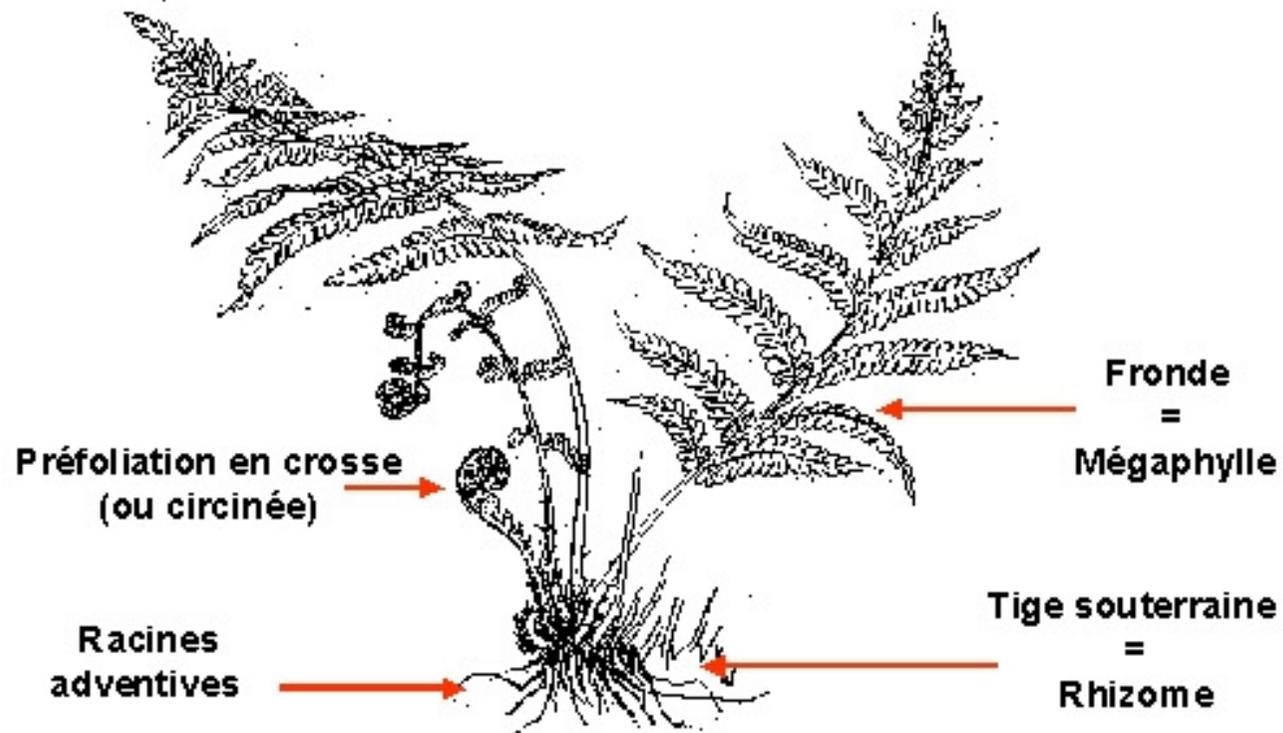
Partie II.C.1

21/09/00

LBGSTU / BEV

Cycle de vie général des Ptéridophytes

Thelypteris (Filicophyte leptosporangiée)



D'après Bold, 1973

Partie II.C.1

21/09/00

LBGSTU / BEV

Cycle de vie d'une fougère. Les structures haploïdes sont dessinées en rouge.

1 Sporophyte mature

- a Pétiole
- b Fronde circinée (= enroulée)
- c Rhizome
- d Racines adventives

2 Face inférieure d'un segment ou penne

- a Sore

3 Sore en coupe

- a Epiderme supérieur
- b Tissus spongieux
- c Epiderme inférieur
- d Indusie

4 Sporange

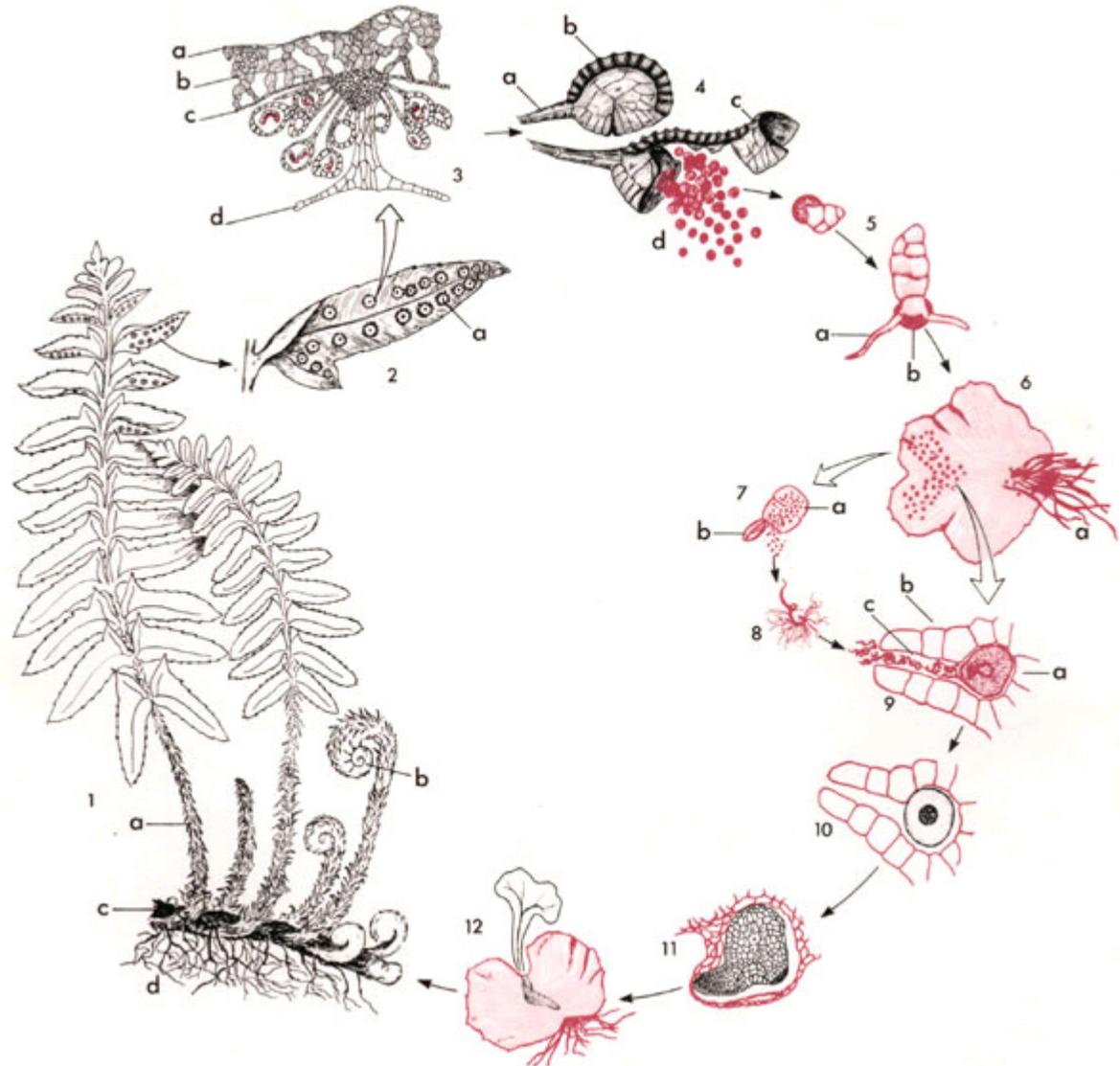
- a Pédoncule
- b Anneau mécanique
- c Cellule de la lèvre
- d Spores

5 Jeune prothalle (= gamétophyte)

- a Rhizoïdes
- b Paroi de la spore

6 Prothalle mature (= gamétophyte)

- a Rhizoïdes
- 7 Anthéridie
- a Cellule annulaire
- b Cellule operculaire



- 8 Anthérozoïdes
- 9 Archégone avec oosphère

- a Ventre
- b Col
- c Cellule du col

- 10 Zygote dans l'archégone
- 11 Sporophyte embryonnaire
- 12 Sporophyte sur le gamétophyte

2.2 Les prêles

Les **prêles** ou **sphénophytes** poussent dans divers terrains humides et sont appelées communément "queues de rat". Très riches en silice (SiO_2), elles furent entre autres jadis utilisées comme papier verré. Le sporophyte diploïde est le stade durable et bien visible: sur des rhizomes ramifiés et pourvus de racines croissent d'une part des tiges stériles vertes et photosynthétiques, formées d'articles cylindriques successifs placés bout à bout, associés à de minuscules feuilles non fonctionnelles (les **écailles foliaires**), et séparés par des **verticilles** de fins rameaux verts, d'autre part des tiges fertiles comportant un axe brunâtre dépourvu de rameaux verticillés, mais porteur au sommet d'un **épi sporangifère** ou **strobile**, en forme de massue. Ce strobile est fait de nombreuses **sporophylles** hexagonales emboîtées comme les pièces d'une mosaïque. Chaque sporophylle est faite d'un **sporangiphore** portant sur sa face interne une dizaine de sporanges grisâtres, au sein desquels la méiose donne naissance aux spores haploïdes.

De forme curieuse, chaque spore sphérique porte, fixés en un point de son enveloppe, quatre longs filaments élastiques, les élatères. Les élatères se courbent ou se dressent rapidement selon l'humidité ambiante et assurent ainsi la dispersion des spores. Apparemment semblables, les spores donnent naissance à deux types de gamétophytes haploïdes différents: les plus petits prothalles sont mâles car ils portent des anthéridies productrices d'anthérozoïdes, les plus grands prothalles sont femelles et abritent les archégonies hébergeant chacune une unique o(v)osphère. Plus encore que chez les fougères, l'eau est nécessaire pour que les gamètes mâles flagellés nagent jusqu'aux o(v)osphères afin de les féconder. De cette fécondation naît le zygote diploïde qui, par divisions successives, donnera un nouveau jeune sporophyte.



Sporophyte (à gauche) et jeune tige stérile (à droite) de prêle des champs *Equisetum arvense*



Strobile de grande prêle

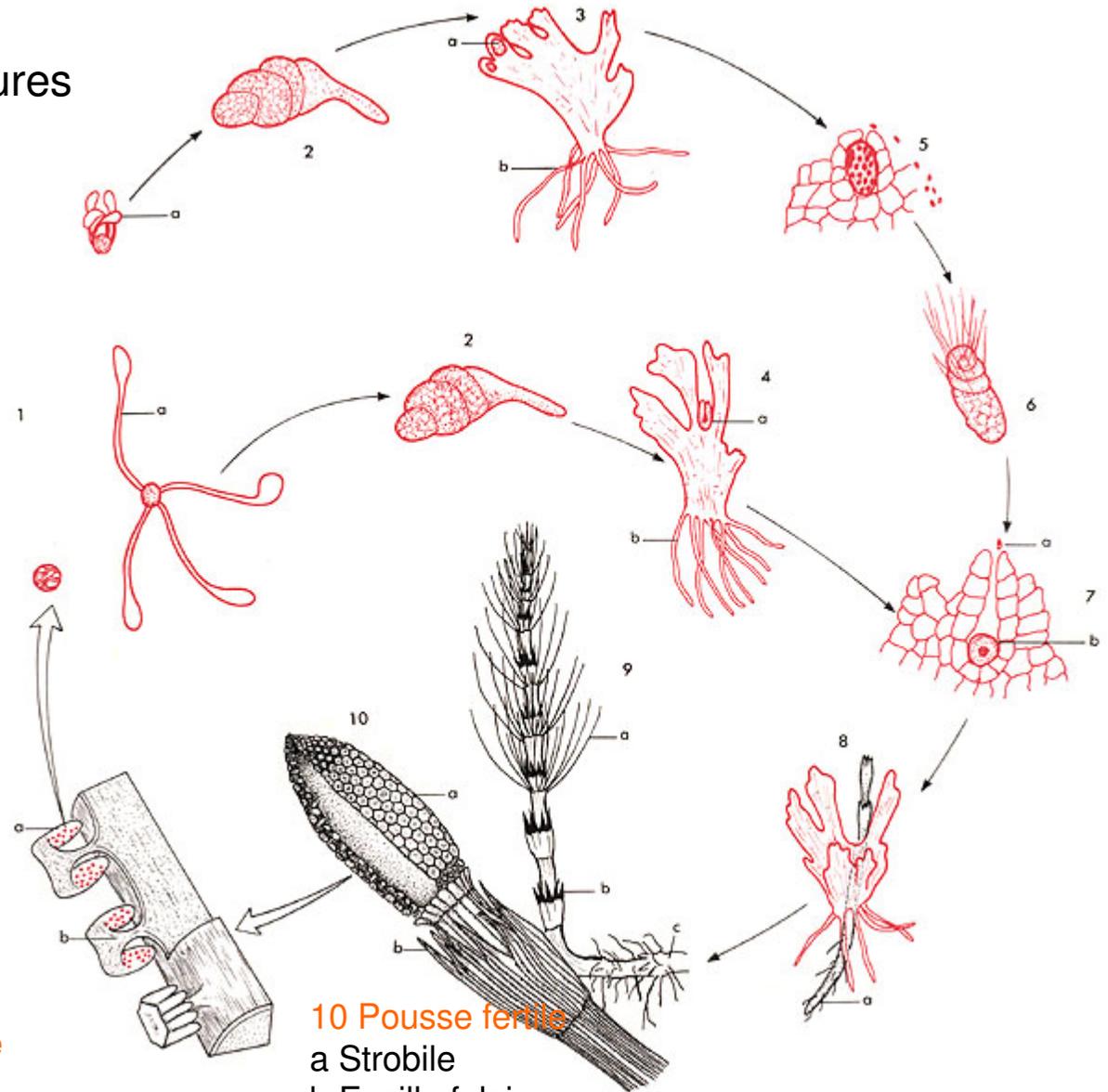
Cycle de vie d'une prêle du genre *Equisetum*. Les structures haploïdes sont dessinées en rouge

Gamétophyte:

- 1 Spores
- a Elatères
- 2 Spores germant
- 3 Prothalle
- a Anthéridie
- b Rhizoïdes
- 4 Prothalle
- a Archégone
- b Rhizoïdes
- 5 Anthéridie
- 6 Anthérozoïde
- 7 Archégone
- a Anthérozoïde
- b O(v)osphère

Sporophyte:

- 8 Jeune sporophyte sur gamétophyte
- a Racine primaire
- 9 Pousse végétative
- a Verticilles
- b Ecaille foliaire
- c Rhizome



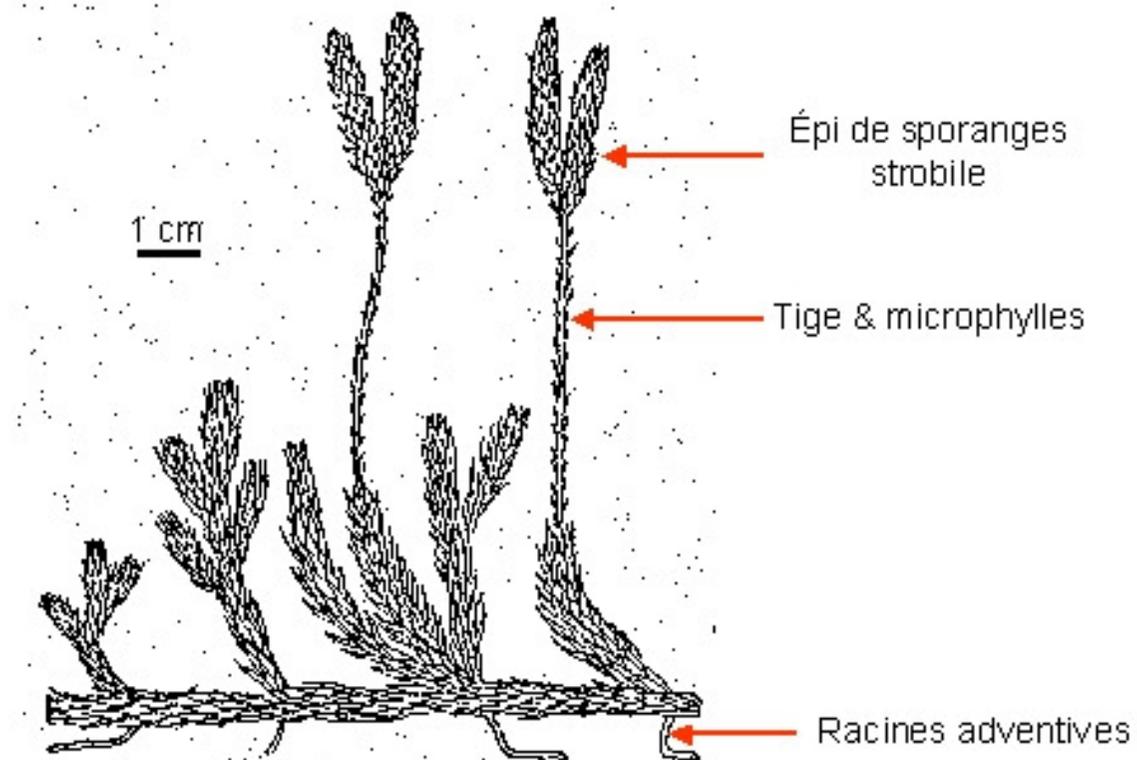
- 10 Pousse fertile
- a Strobile
- b Ecaille foliaire
- 11 Portion de strobile avec 3 sporophylles
- a Sporangie
- b Sporangioporteur

2.3 Les lycopodes

Les **lycopodes**, qui forment avec les sélaginelles les **lycophytes** sont des plantes d'assez petite taille croissant dans les régions froides, septentrionales ou montagneuses, sur le sol ou parmi les rochers, dans des milieux humides.

Le sporophyte diploïde est d'un rhizome rampant pourvu de racines et donnant des rameaux dressés et ramifiés symétriquement comme des chandeliers. Les tiges sont couvertes de feuilles ressemblant à de petites écailles vertes, et portent au sommet des strobiles comme chez les prêles. Ces strobiles sont faits de sporophylles, sortes de feuilles plus claires portant chacune des sporanges à leur face supérieure. Les spores haploïdes qui y sont formées par méiose tombent au sol et, parfois après plusieurs années, germent pour donner chacune un petit prothalle souterrain, associé à un **champignon endophyte** et portant à la fois anthéridies et archégonies. Au sein de ce gamétophyte haploïde, la fécondation d'une oosphère par un anthérozoïde produira un zygote diploïde, première étape de croissance d'un nouveau lycopode feuillé. Cependant, le zygote reste longtemps dépendant du prothalle et se nourrit par son intermédiaire.

Lycopodium (Lycopodiophyte)



D'après Bold, 1973

Partie II.C.1

21/09/00

LBGSTU / BEV

Cycle de vie d'un lycopode du genre *Lycopodium*. Les structures haploïdes sont dessinées en rouge.

1 Sporophyte

- a Racine
- b Rhizome
- c Tige
- d Feuilles
- e Strobile

2 Tige du sporophyte

- a Epiderme
- b Cortex
- c Pericycle
- d Phloème
- e Xylème
- f Endoderme
- g Vestige foliaire

3 Strobile

- a Sporange
- b Sporophylle

4 Sporange

- a Sporange

6 Tétrade de spores

7 Spore ayant germé

- a Champignon endophyte
- b Enveloppe de la spore

- a Champignon endophyte
- b Enveloppe de la spore

8 Gamétophyte

- a Anthéridie
- b Archégone
- c Rhizoïde
- d Champignon endophyte

9 Anthéridie

10 Anthérozoïde

11 Archégone

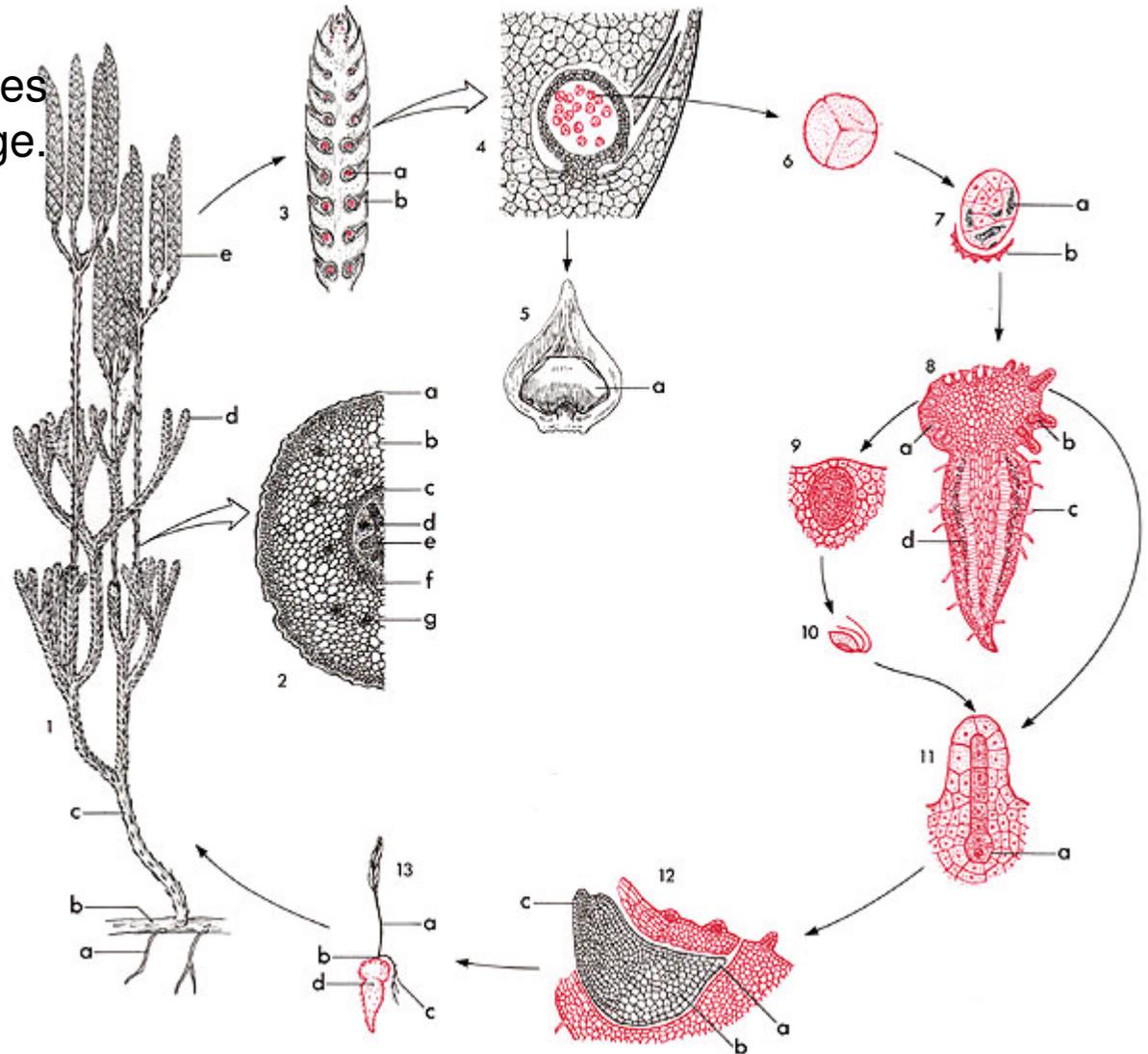
- a O(v)osphère

12 Embryon

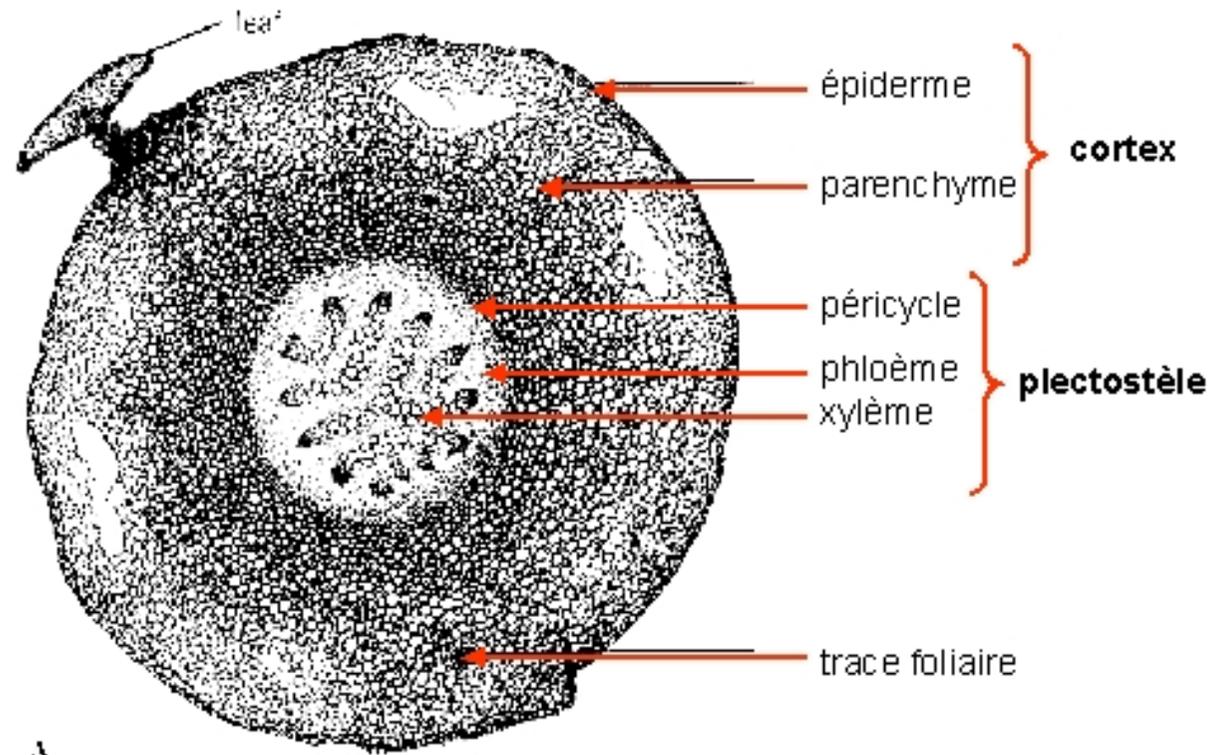
- a Suspenseur
- b Pied
- c Cotylédon

13 Jeune sporophyte

- a Pousse
- b Pied
- c Racine
- d Gamétophyte



Plectostèle de *Lycopodium* (1)



D'après Bold, 1973

Partie II.C.1

21/09/00

LBGSTU / BEV

2.4 Les sélaginelles

Les **sélaginelles** sont de petites plantes rampantes poussant sur le sol humide ou sur le tronc des arbres des forêts tropicales. Leur grand intérêt réside dans leur mode de reproduction sexuée, dont la bonne compréhension permet de relier de façon comparative les cycles de vie des plantes primitives (abordées jusqu'ici) et des plantes plus évoluées. En effet, dans l'ordre évolutif, c'est à partir des sélaginelles que les spores, donnant des gamétophytes mâles ou femelles séparés comme chez les prêles, ne tombent plus à terre, mais germent dans le sporange attaché à la sporophylle. Les gamétophytes tombent seulement à terre ensuite. Il s'agit d'une étape intermédiaire importante vers les spermatophytes chez lesquels les gamétophytes encore plus réduits ne quittent plus le sporophyte (du moins dans le sexe femelle).



Sélaginelle *Selaginella* sp.

Le sporophyte diploïde des sélaginelles comprend une tige mince portant des racines (**rhizophores**), de petites feuilles en pointe très régulièrement disposées et, à l'extrémité des rameaux, des sporophylles, semblables aux autres feuilles mais formant à leur surface supérieure des sporanges. Ces sporanges sont de deux sortes: les **microsporangies** forment par méiose de nombreuses et petites **microspores** haploïdes qui, en germant donneront en place chacun un minuscule prothalle mâle réduit à une cellule et une anthéridie; les **mégasporanges** forment par méiose seulement **4 mégaspores** qui, en germant formeront en place chacune un petit prothalle femelle portant quelques archégones.

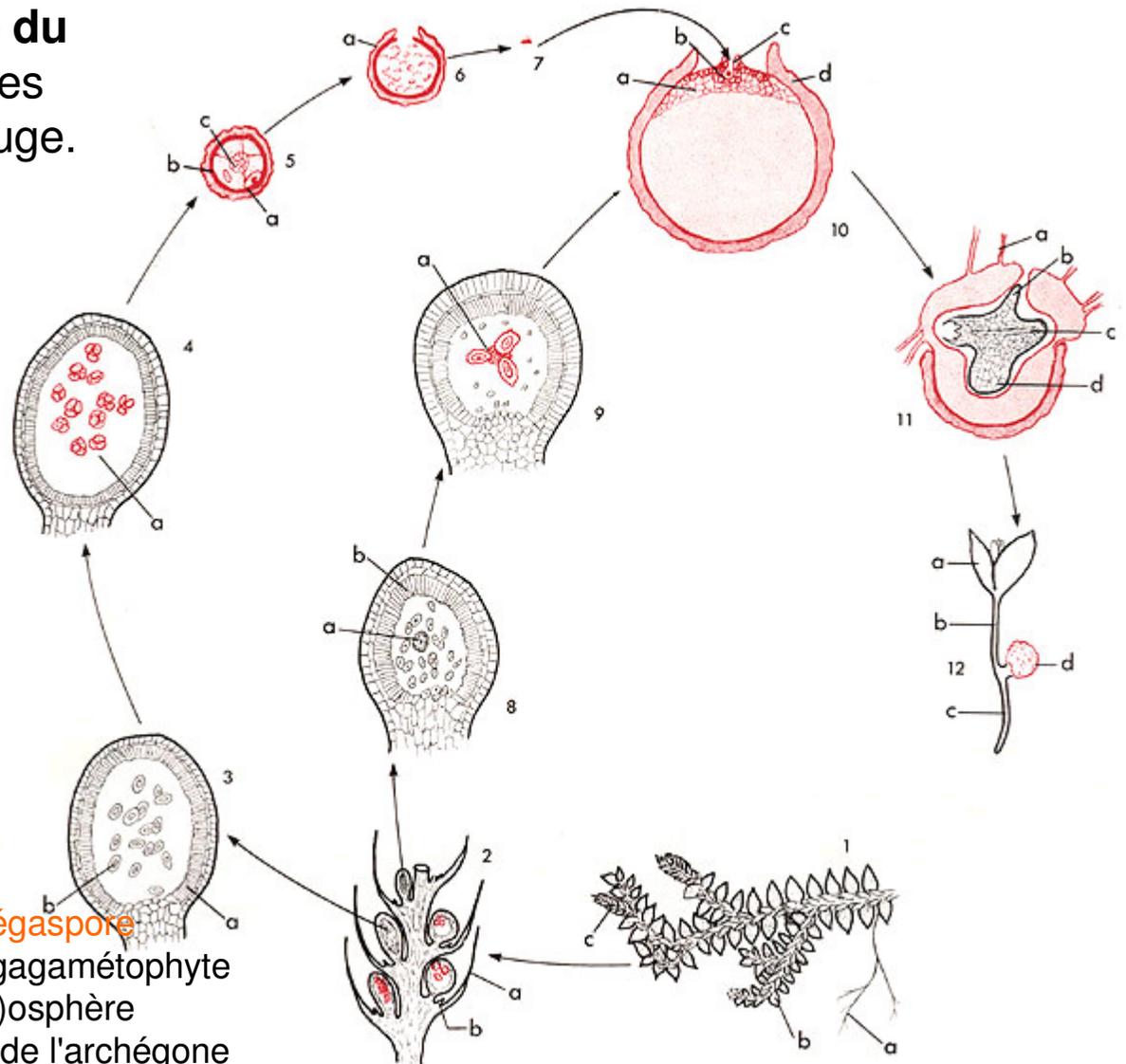
Les sporanges ne s'ouvrent que lorsque les prothalles sont formés, et ceux-ci tombent à terre. Le développement de ces prothalles, gamétophytes haploïdes, a lieu comme chez les autres ptéridophytes.

Cycle de vie d'une sélaginelle du genre *Selaginella*. Les structures haploïdes sont dessinées en rouge.

- 1 Sporophyte mature**
a Rhizophore
b Feuille
c Strobile
- 2 Strobile**
a Sporophylle
b Ligule
- 3 Microsporange**
a Tapetum
b Cellule-mère de microspore
- 4 Microsporange**
a Tétrade de microspores
- 5 Microgamétophyte**
a Cellule prothalliale
b Cellule d'enveloppe
c Jeunes anthérozoïdes
- 6 Microgamétophyte mature**
a Paroi de la microspore
- 7 Anthérozoïde**
- 8 Mégasporange**
a Mégagamétocyte
b Tapetum
- 9 Mégasporange**
a Tétrade de mégaspores

- 10 Mégaspore**
a Mégagamétophyte
b O(v)osphère
c Col de l'archégone
d Paroi de la mégaspore
- 11 Sporophyte embryonnaire**
a Rhizoïde
b Suspenseur
c Rhizophore primaire
d Pied

- 12 Développement du sporophyte**
a Cotylédon
b Tige sous cotylédons
c Rhizophore primaire
d Paroi de la mégaspore

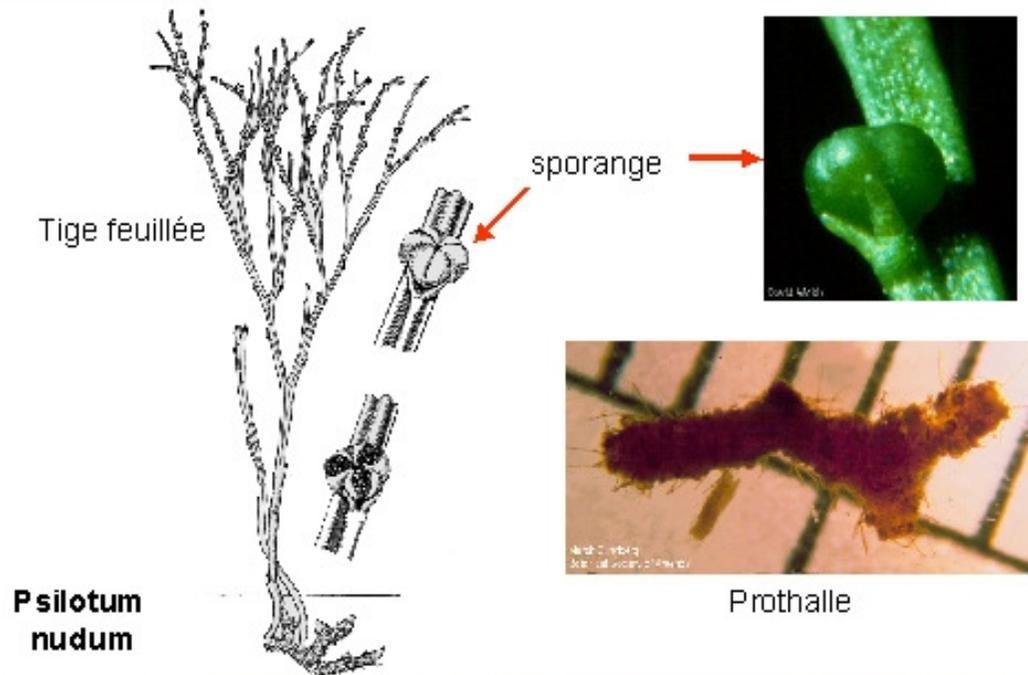


2.5 Les psilotales

Cet ordre de ptéridophytes n'est représenté que par de rares plantes tropicales appartenant à deux genres dont *Psilotum*. Ces plantes croissent dans les endroits secs aussi bien que dans des lieux humides



Psilotum (Psilophyte)



D'après Bold, 1973

Partie II.C.1

21/09/00

LBGSTU / BEV

Cycle de vie de *Psilotum*. Les structures haploïdes sont dessinées en rouge.

1 Sporophyte

- a Rhizoïdes
- b Rhizome
- c Tige aérienne
- d Feuille écailleuse

2 Tige

- a Epiderme
- b Parenchyme photosynthétique
- c Phloème
- d Xylème
- e Stomate

3 Sporange

4 Sporange déhiscent

5 Spores

6 Gamétophyte

- a Archégone
- b Anthéridie
- c Rhizoïde
- d Champignon endophyte

7 Anthéridie

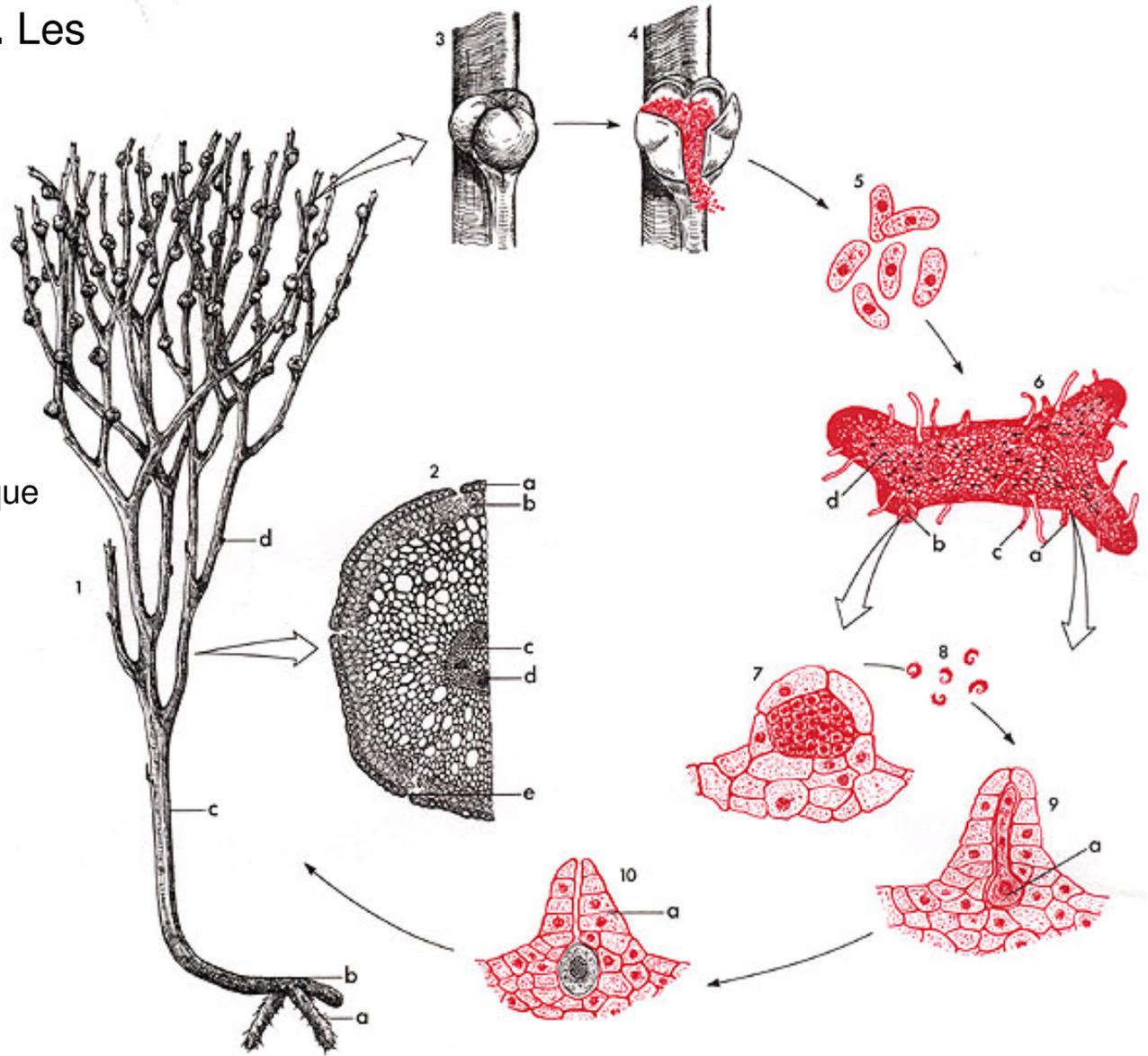
8 Anthérozoïdes multiciliés

9 Archégone

- a Oosphère

10 Zygote dans l'archégone

- a Gamétophyte



Le cycle de vie des gymnospermes

1 Diversité des gymnospermes

Systématiquement, les spermatophytes sont divisés en deux groupes distincts selon que l'ovule est nu, c'est-à-dire non enfermé dans un organe clos, chez les spermatophytes **gymnospermes** (du grec "gymnos" = "nu" et "sperma" = "la semence"), ou enfermé dans la cavité d'un organe clos appelé **carpelle** chez les spermatophytes **angiospermes** (du grec "aggeion" = "la capsule" et "sperma" = "la semence").

Les gymnospermes sont surtout des arbres: **conifères** (qui portent des **cônes** ou pommes de pin), genévriers (*Juniperus communis*), if indigène (*Taxus baccata*), cycas tropicaux et le véritable fossile vivant qu'est le ginkgo *Ginkgo biloba*, un arbre de Chine, mais on y classe aussi les curieux *Ephedra* des régions tempérées chaudes et l'étonnant *Welwitschia mirabilis* dioïque du désert de Namibie.



Désespoir du singe ou araucaria



If commun femelle



Welwitschia mirabilis

2 Cycle de vie des spermatophytes

2.1 Les gymnospermes: l'exemple des conifères

Chez les conifères (sapins, épicéas, pins, douglas, tsugas, mélèzes, faux-cyprès, cyprès, thuyas, séquoias, araucarias...), le sporophyte est l'arbre fait d'un tronc pourvu de racines, de branches ramifiées en rameaux portant des feuilles transformées en aiguilles ou en écailles, et développant au printemps des strobiles ou cônes. Il existe de petits cônes mâles et de plus grands cônes femelles, c'est-à-dire des strobiles d'étamines et des strobiles d'ovules.

Chaque strobile mâle est fait de quelques dizaines d'écailles (futurs étamines chez les angiospermes) ou **microsporophylles** (= feuilles transformées portant des sporanges producteurs de spores donnant des gamétophytes mâles) portant chacune à sa face inférieure deux sacs dans lesquels se forment les grains de **pollen**. Ces **sacs polliniques** correspondent à des (micro)sporangies ne libérant pas les (micro)spores qui s'y forment par méiose, mais ce que ces cellules haploïdes ont produit: chaque grain de pollen est donc un gamétophyte mâle, haploïde, ou **microgamétophyte**. Quand les cônes mâles sont mûrs au printemps, ils libèrent les grains de pollen par millions: cette poussière jaune crée de véritables nuages se déposant partout aux alentours des conifères. Chaque grain de pollen est une minuscule sphère portant latéralement deux petits ballonnets pleins d'air, ce qui augmente sa surface de prise au vent et favorise sa dispersion. A l'intérieur d'une double enveloppe sphérique cellulosique, le grain de pollen est formé de **deux cellules**, l'une **végétative**, l'autre **reproductrice** ou **généralive**.

Cycle de vie d'un conifère du genre *Pinus*.

Les structures haploïdes sont dessinées en rouge.

1 Strobile d'étamines

(printemps)

2 Strobile d'étamines

3 Microsporophylle

a Tétrade de microspores

4 Pollen mature

(microgamétophyte)

5 Strobile d'ovules

(printemps)

6 Strobile d'ovules

a Ovule

7 Mégasporophylle

a Cellule-mère de mégaspore

b Nucelle

8 Mégasporophylle

a Tétrade de mégaspores

9 Mégasporophylle

a Mégagamétophyte

10 Ovule (13 mois)

a Mégagamétophyte

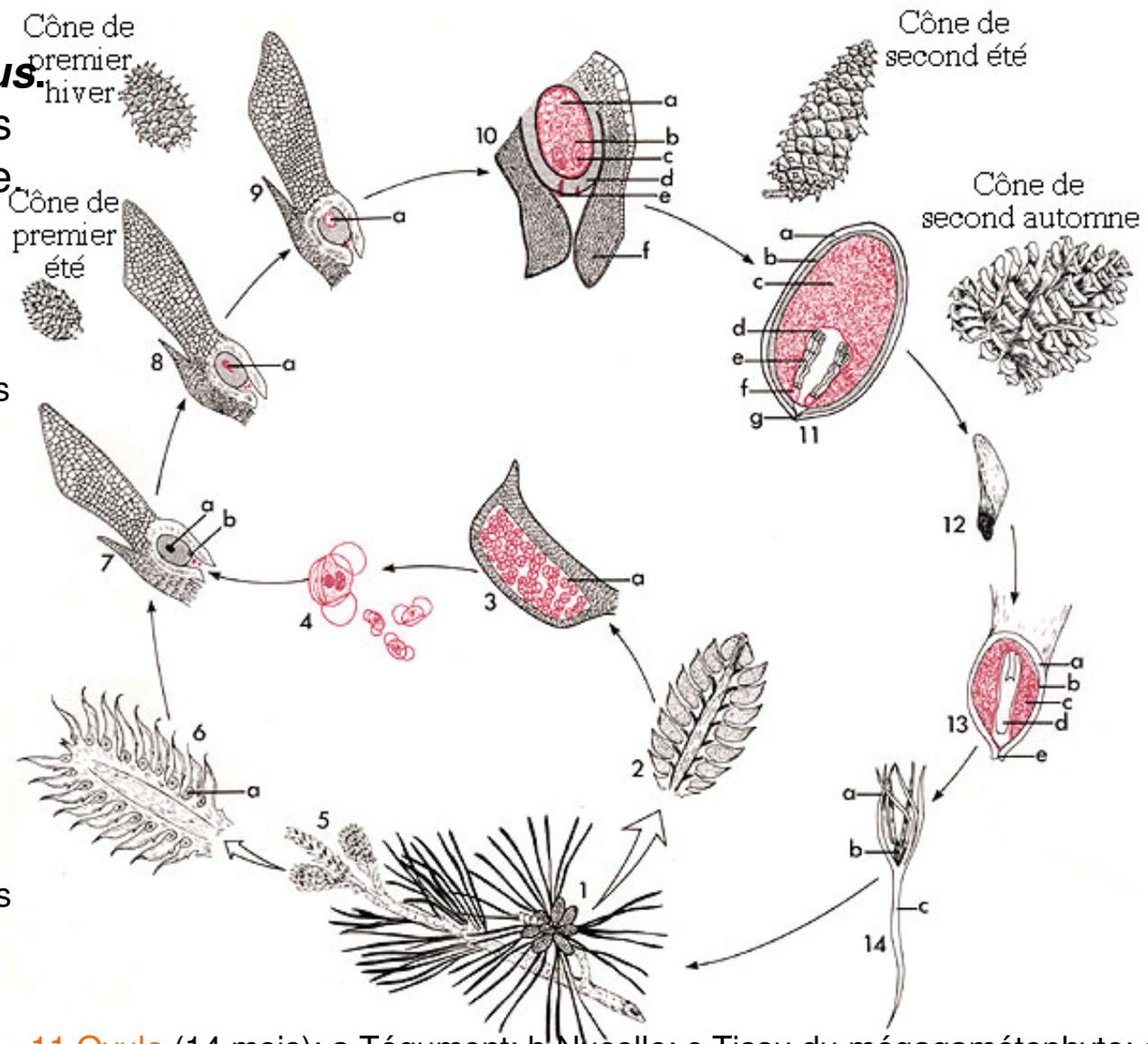
b Archégone

c Noyau de l'o(v)osphère

d Nucelle

e Pollen ayant germé

f Tégument



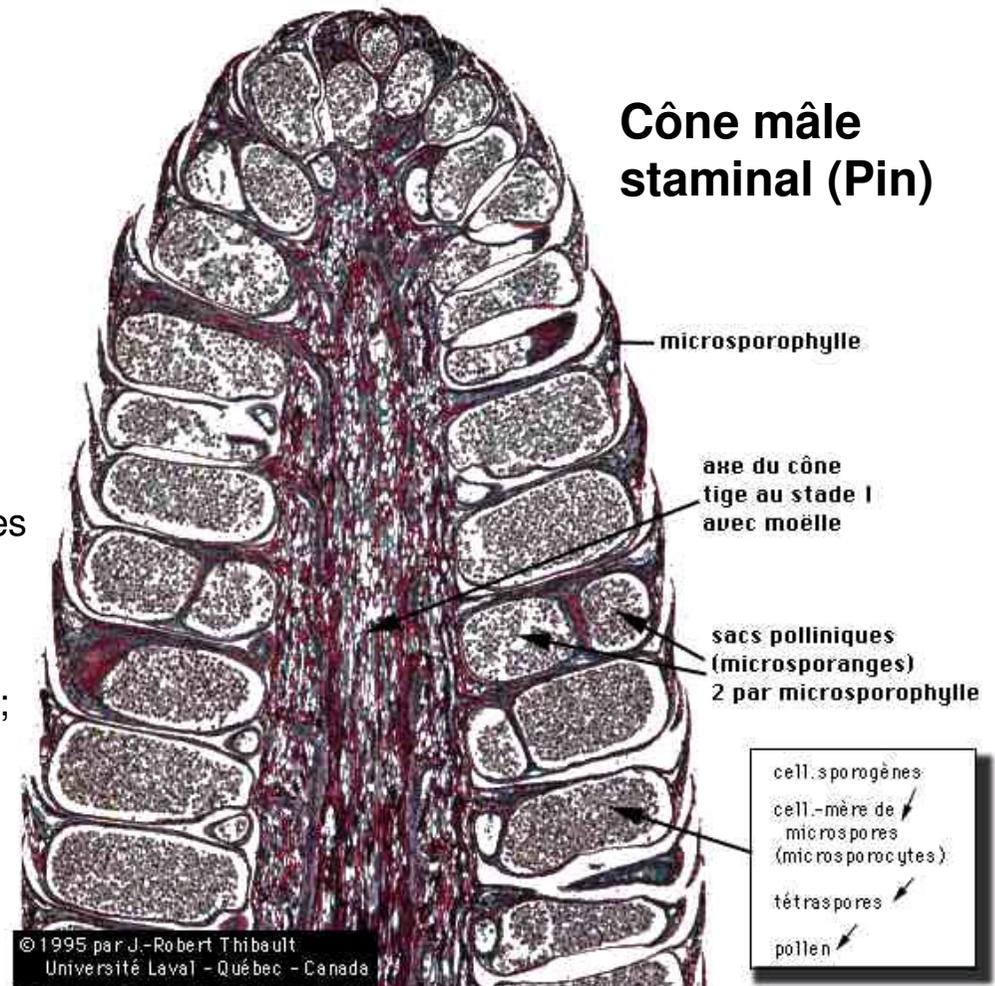
11 Ovule (14 mois); a Tégument; b Nucelle; c Tissu du mégagamétophyte; d Embryon

e Suspenseur; f Archégone; g Micropyle; 12 Graine ailée; 13 Ovule mature; a Tégument; b Nucelle; c Tissu du mégagamétophyte; d Embryon

e Micropyle; 14 Germination de la graine; a Cotylédon; b Plumule; c Radicule

Cette illustration démontre que le **cône** (qu'il soit mâle ou femelle) est en réalité une tige au stade primaire portant des feuilles techniquement spécialisées. De la tige, on reconnaît l'anatomie générale soit une moelle, des faisceaux libéro-ligneux en périphérie médulaire, un cortex fait de parenchyme et des feuilles, qui ici, prennent le nom de **microsporophylles**.

Contrairement aux **Angiospermes**, les **Gymnospermes** ont des fleurs ou **inflorescences** réduites aux organes sexuels et dépourvues de **périanthe** (pas de **calice**, pas de **corolle**) donc rien pour favoriser la pollinisation par le biais d'insectes. Les fleurs sont toujours unisexuées (**monoïques** pour la majorité des conifères ou **dioïques** dans le cas de l'if (*Taxus* spp.) et du génévrier (*Juniperus* spp.)). Concentrons notre attention sur les microsporophylles; elles représentent les organes mâles ou **écailles** qui, par analogie et comparaison avec les fleurs des Angiospermes (plantes plus évoluées que les Gymnospermes), sont des **étamines**.



Un cône mâle est donc en réalité une fleur unisexuée mâle comportant des microsporophylles (ou étamines). C'est pour cette raison qu'on utilise aussi l'expression cône staminé.

Dépendamment de l'angle d'observation, la coupe longitudinale montre soit un grand contenant de pollen ou bien deux au sein de chaque microsporophylle. **Il y a toujours deux sacs polliniques par microsporophylle**. Ces sacs polliniques aussi appelés **microsporangies** (m-sporanges) occupent la partie inférieure des microsporophylles et contiennent successivement :

- des **cellules sporogènes** à $2n$ chromosomes
- des **cellules-mères de microspores** à $2n$ chromosomes, les **microsporocytes** $2n$
- des **microspores** suite à la méiose
- et finalement des **grains de pollen** libérés dans l'air

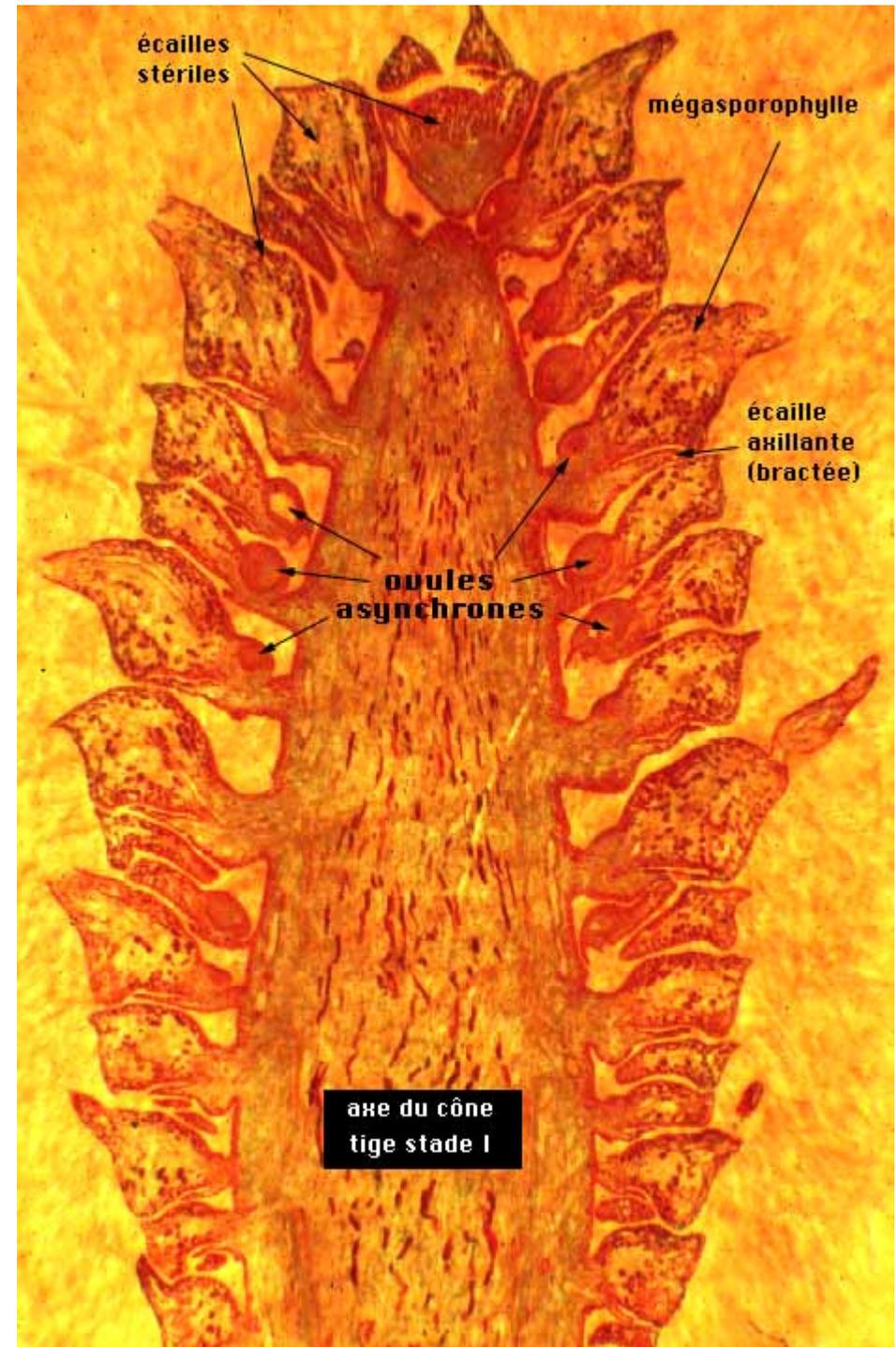
Jeune cône femelle en coupe longitudinale (Pin)

Rappelons-le, le cône mâle ou femelle est une tige portant des feuilles. Le cône femelle comporte des **écailles ovulifères** : les **mégasporophylles**. Chaque mégasporophylle comporte une petite écaille appelée **écaille axillante**. La longueur et l'état de cette écaille axillante est un critère taxonomique important. **Dans la face adaxiale de chaque mégasporophylle se développent 2 ovules.**

Le développement des ovules est **asynchrone**. Par exemple ici, on note quelques mégasporophylles qui ont un ovule bien évident alors que d'autres mégasporophylles n'en sont pas encore dotées. Il importe de préciser ici qu'on ne peut voir les deux ovules par mégasporophylle car ceux-ci sont placés l'une au côté de l'autre. C'est sur une coupe transversale que ces deux ovules seraient visibles.

Les écailles du bas du cône comme celles du haut du cône sont généralement stériles (i.e. elles ne produisent pas d'ovules).

Les bandes rouges sinueuses dans l'axe du cône sont des trachéides qui ont été coupées longitudinalement. Elles font, comme toute tige au stade primaire, partie de faisceaux libéro-ligneux.



Cycle de vie d'un cycas du genre *Zamia*. Les structures haploïdes sont dessinées en rouge.

1 Sporophyte avec ovules

- a Tige tubéreuse
- b Strobile
- c Mégasporophylle

2 Mégasporophylle avec ovules

3 Ovule

- a Tégument
- b Nucelle (mégasporange)
- c Tétrade de mégaspores

4 Sporophyte avec étamines

- a Strobile

5 Microsporophylle

6 Microsporange déhiscent

7 Microgamétophyte (pollen)

8 Ovule au moment de la pollinisation

- a Pollen
- b Micropyle
- c Mégagamétophyte

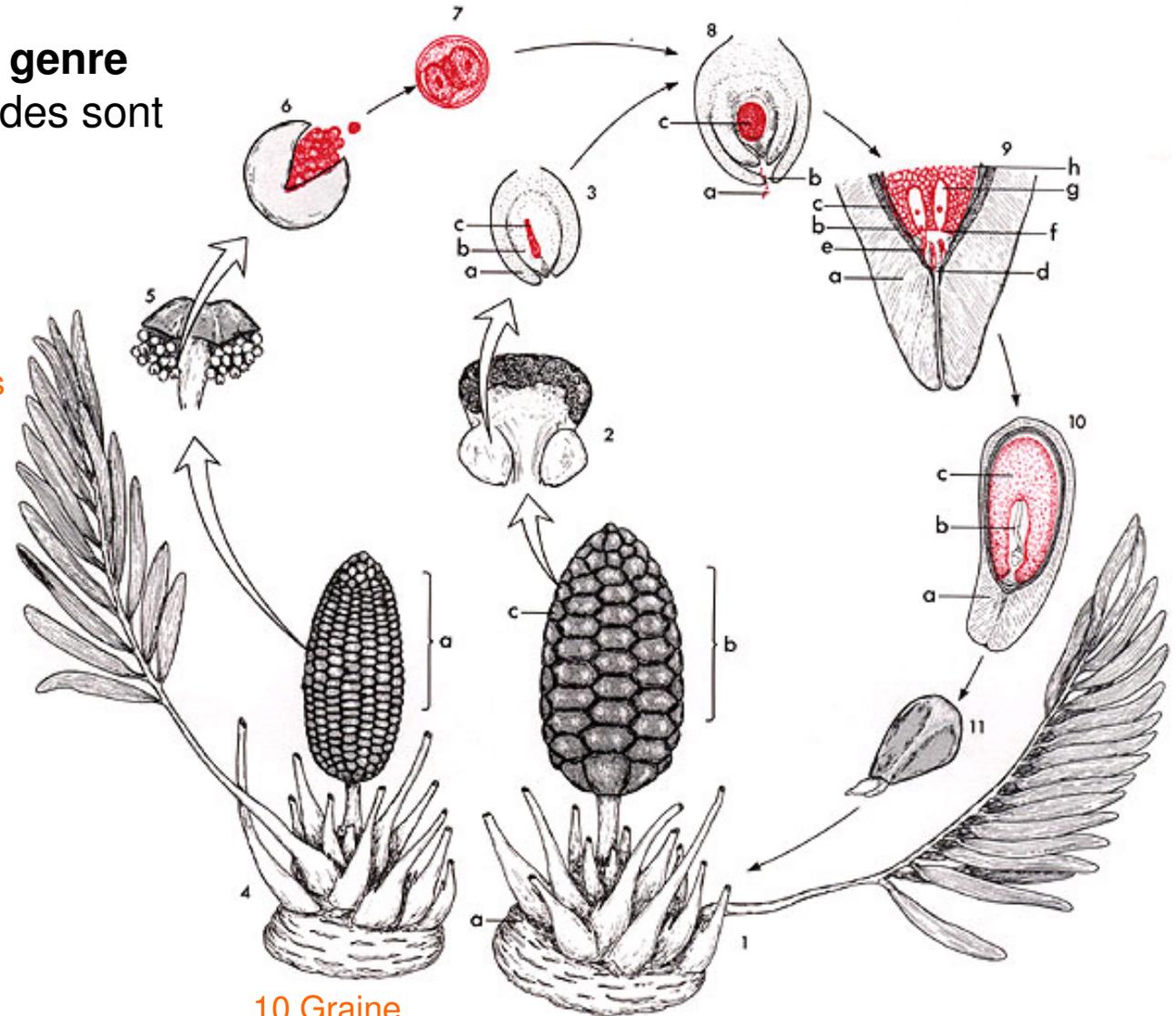
9 Ovule au moment de la fécondation

- a Tégument externe
- b Tégument induré
- c Tégument interne
- d Chambre pollinique
- e Microgamétophyte
- f Chambre archégoniale

10 Graine

- a Vieux sporophyte
- b Embryon (nouveau sporophyte)
- c Mégagamétophyte

11 Graine germant



Cycle de vie de l'arbre aux quarante écus *Ginkgo biloba*. Les structures haploïdes sont dessinées en rouge.

1 Pousse mâle avec étamines

a Nervation foliaire dichotomique
b Microstrobile

2 Microsporophylle

3 Microspore

4 Microgamétophyte (pollen)

5 Pousse femelles avec ovules

a Ovule

6 Ovule à la pollinisation

a Tégument
b Mégasporange
c Tétrade de mégaspores
d Col (mégasporophylle?)

7 Ovule

a Mégagamétophyte

8 Mégagamétophyte

a Tube pollinique
b Archégone

9 Archégone après la fécondation

a Tissu du mégasporange
b Mégagamétophyte
c Chambre de l'archégone
d Noyau de l'o(v)osphère
e Archégone

f Tube pollinique

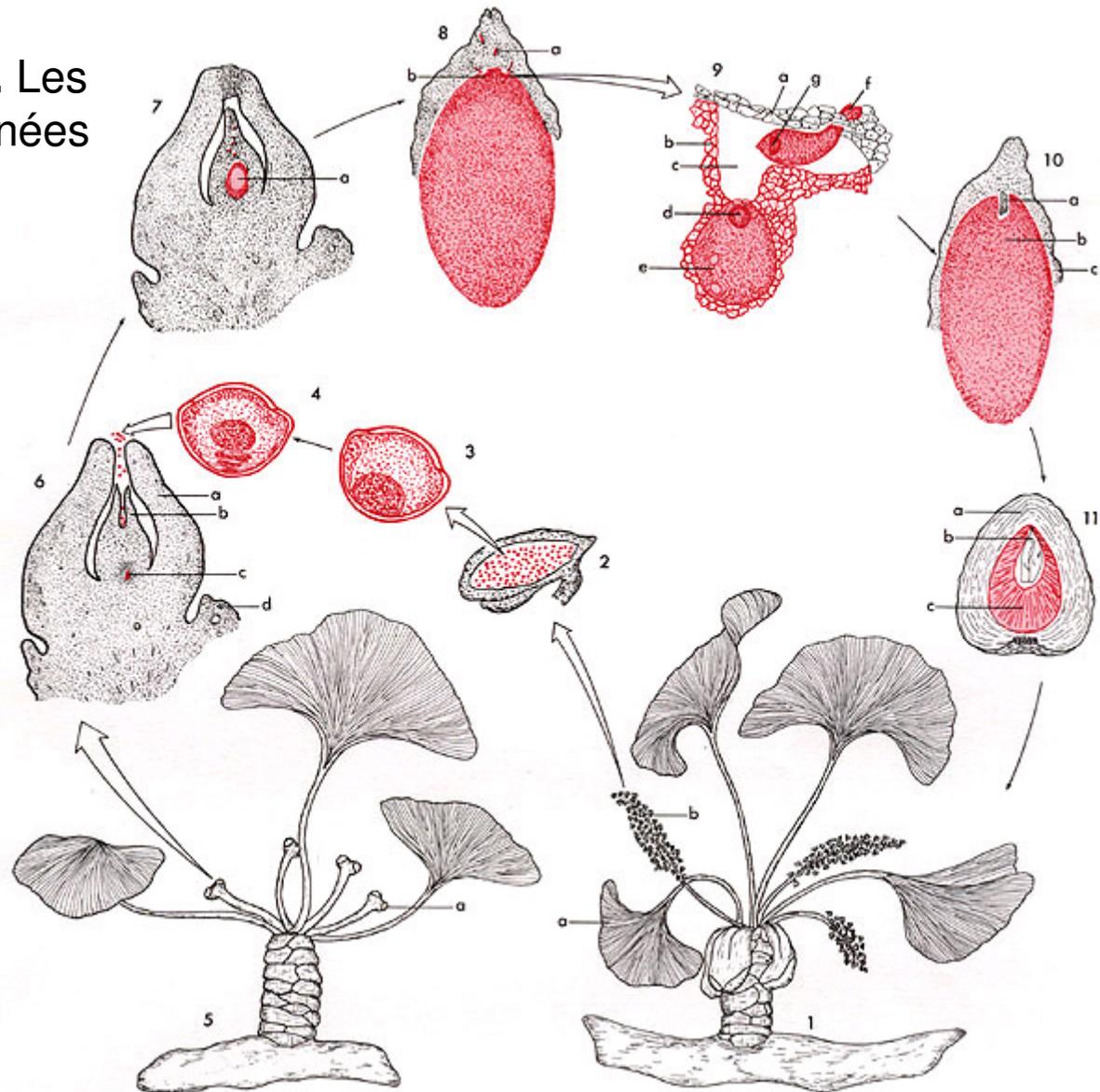
g Noyau de l'anthérozoïde

10 Embryon

a Embryon (nouveau sporophyte)
b Mégagamétophyte
c Mégasporange

11 Graine

a Vieux sporophyte
b Embryon (nouveau sporophyte)
c Mégagamétophyte



Le cycle de vie des angiospermes

1 Diversité des angiospermes

Systematiquement, les spermatophytes sont divisés en deux groupes distincts selon que l'ovule est nu, c'est-à-dire non enfermé dans un organe clos, chez les spermatophytes **gymnospermes** (du grec "gymnos" = "nu" et "sperma" = "la semence"), ou enfermé dans la cavité d'un organe clos appelé **carpelle** chez les spermatophytes **angiospermes** (du grec "aggeion" = "la capsule" et "sperma" = "la semence").

Les angiospermes regroupent toutes les plantes à fleurs, depuis les *Magnolia* primitifs jusqu'aux orchidées encore en pleine évolution.



Magnolia sprengeri, Magnoliaceae



Ophrys noir *Ophrys incubacea*

2 Structure de la fleur

Une fleur est faite d'un ensemble de pièces correspondant à des feuilles très transformées au cours de l'évolution et insérées à l'extrémité d'un **pédoncule** (ou d'un **pédicelle** dans le cas d'un groupe de fleurs ou **inflorescence**) sur un **réceptacle**. Le fleur présente soit une symétrie radiaire (comme une roue), dite **actinomorphe**, soit bilatérale (gauche-droite), dite **zygomorphe**.

Bien qu'il existe des angiospermes dioïques ou monoïques, la plupart des fleurs sont **hermaphrodites** car elles ont à la fois des organes mâles et femelles. Dans ce cas, divers mécanismes empêchent souvent l'autofécondation. Par exemple, les organes mâles mûrissent avant les organes femelles -fleur **protandre** ou protérandre (du grec "proteros" = "le premier" et "andros" = "mâle")- ou inversement -fleur **protogyne** ou protérogyne (du grec "proteros" = "le premier" et "gunê" = "femelle")-. Ces mécanismes assurent la **pollinisation croisée**.

L'ensemble des **tépales**, c'est-à-dire des pièces qui entourent les organes sexuels et les protègent dans un **bouton** avant l'**anthèse** forment le **périanthe**. Extérieurement, ce sont des pièces vertes, chlorophylliennes, appelées **sépales**, qui forment le **calice**. Plus intérieurement, une ou plusieurs séries de **pétales** colorés forment la **corolle**; ils sont généralement colorés pour attirer visuellement les insectes pollinisateurs, et souvent pourvus de nectar, un liquide sucré qui attire car nourrit ces mêmes insectes pollinisateurs.

Au centre de la fleur, la partie femelle appelée **pistil** ou **gynécée** est faite d'un ou de plusieurs **carpelles** libres ou soudés dont la cavité interne ou **ovaire** abrite des **ovules**. Chaque carpelle est surmonté d'un **style** -les styles peuvent être libres, se joindre ou même fusionner- terminé par le **stigmate**, sorte de plate-forme visqueuse pour recevoir le pollen.

Autour du gynécée, la partie mâle ou **androcée** est composée des **étamines**, dont chacune est faite d'un long filet dont l'extrémité porte une **anthère**, renflement habituellement constitué de deux **loges** où se forment les grains de pollens dans des sacs polliniques (deux par loge).

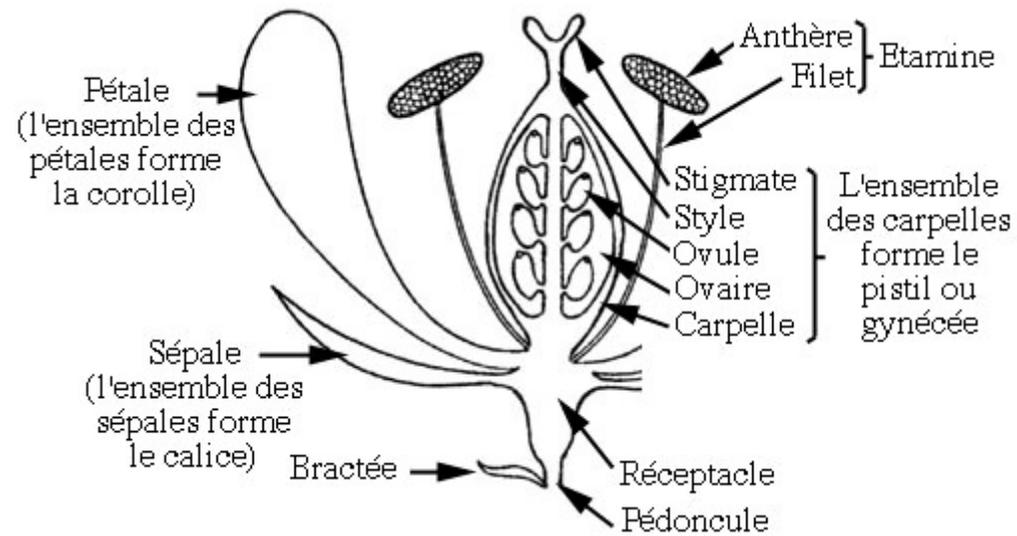
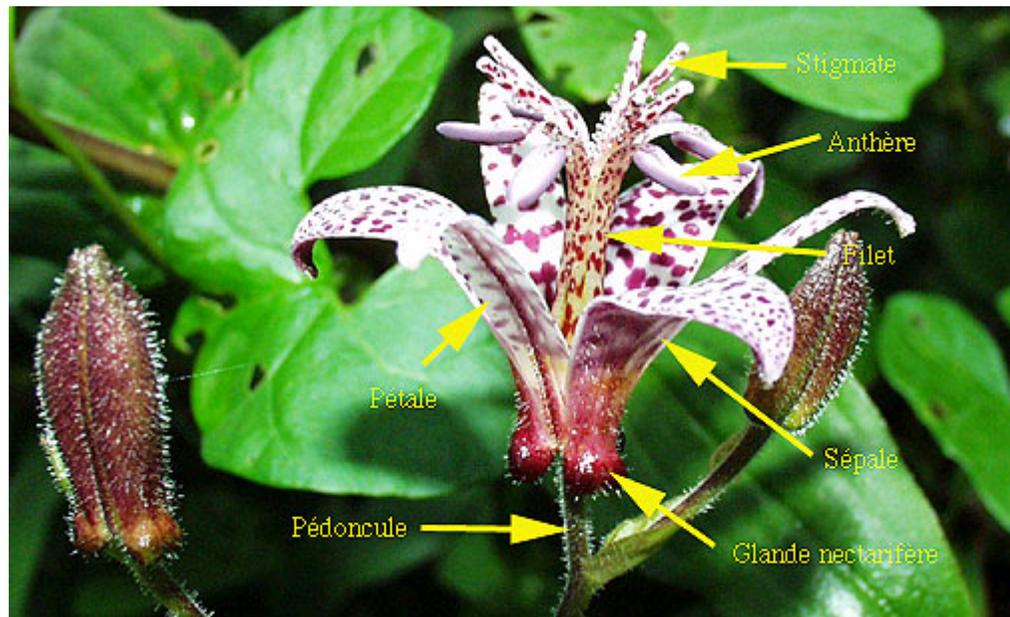
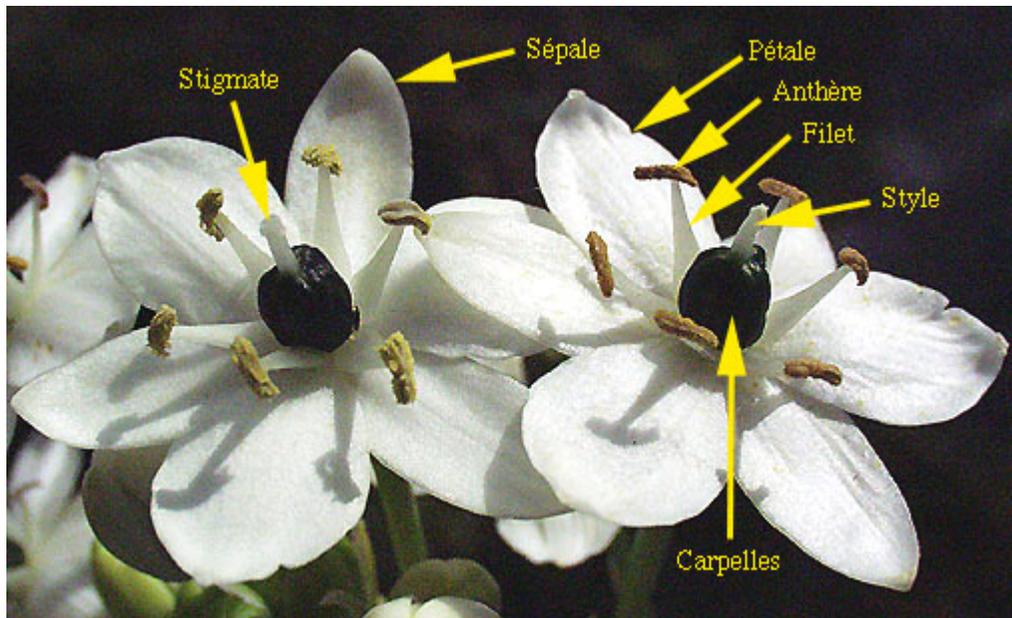


Schéma de l'anatomie florale.



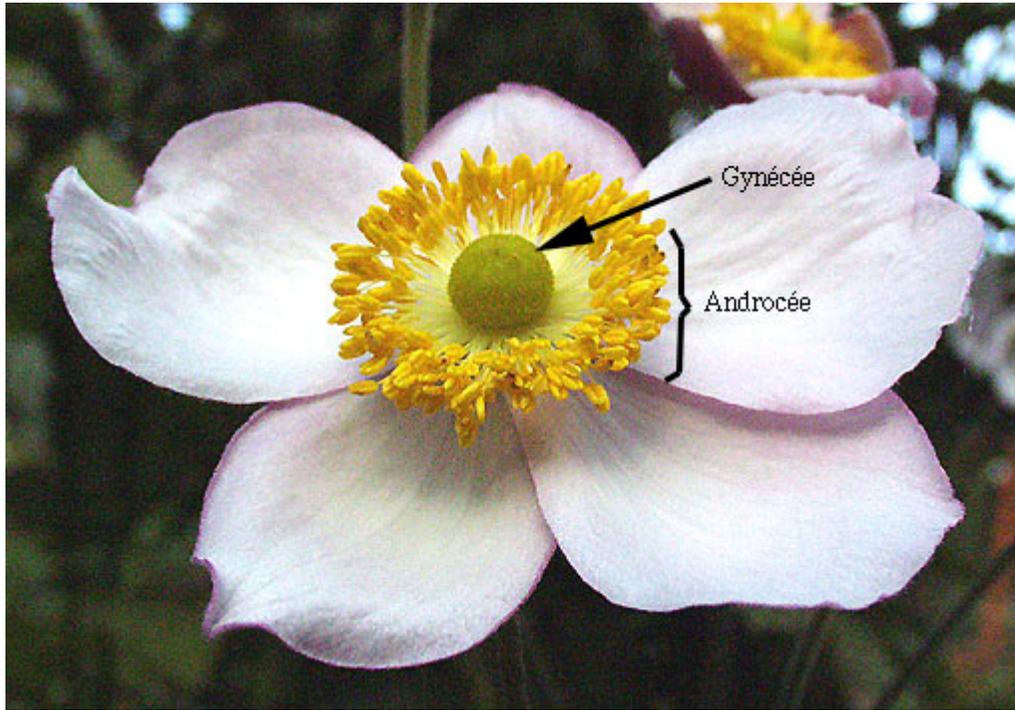
Structure florale de *Tricyrtis formosana*, Liliaceae 192



Structure florale de *Ornithogalum arabicum*, Liliaceae



Structure florale de *Hibiscus syriacus* 'Woodbridge', Malvaceae



Anémone du Japon *Anemone*
Xhybrida, Ranunculaceae

Lamier maculé,
Lamiacée



3 Cycle de vie des angiospermes

Le sporophyte diploïde est la plante feuillée portant les fleurs. Comme chez les gymnospermes, les sacs polliniques, ici situés par deux dans les loges des anthères, correspondent à des microsporangies ne libérant pas les (micro)spores qui s'y forment par méiose, mais ce que ces cellules haploïdes ont produit, soit un gamétophyte mâle (= microgamétophyte), haploïde: le grain de pollen. Et, de même, à l'intérieur de la double enveloppe cellulosique sphérique, le grain de pollen est formé de deux cellules, l'une végétative, l'autre générative car elle formera deux gamètes mâles.

La paroi d'un carpelle équivaut à une mégasporophylle, c'est-à-dire une feuille transformée portant les mégasporangies ou ovules diploïdes. L'ovule, attaché par le **funicule**, est composé d'un nucelle central partiellement entouré de deux enveloppes concentriques: les téguments. Par méiose apparaît dans le nucelle diploïde une mégaspore tétranucléée qui, par division, forme un gamétophyte ou prothalle femelle nommé **sac embryonnaire**. Ce sac contient, outre 3 **cellules antipodiales** ou **antipodes**, une o(v)osphère, gamète femelle situé du côté où s'interrompent les téguments, deux **synergides** qui dégénéreront, cellules homologues à l'o(v)osphère qu'elles flanquent, et 2 **noyaux polaires** centraux.

Lorsque le grain de pollen arrive sur le stigmate, il germe et développe un tube pollinique qui s'enfonce dans le style, la paroi de l'ovaire et le nucelle. A son extrémité, le tube pollinique contient deux gamètes mâles réduits à leur plus simple expression: deux noyaux baptisés **énergides**. Libérés par l'ouverture du tube pollinique, l'un des deux féconde l'o(v)osphère qui devient zygote, et l'autre, au lieu de disparaître comme il le fait chez les conifères, s'unit aux 2 noyaux polaires du sacs embryonnaire pour former un second zygote, **triploïde** celui-ci. Le développement de ce second zygote donnera l'**albumen**, réserves nutritives inorganisées pour l'embryon qui se développe à partir du premier zygote diploïde. On assiste donc à une **double fécondation** pour former une graine faite d'une plantule, dont les premières feuilles sont les cotylédons, de réserves albumineuses et des téguments ovulaires. L'ovaire, lui, se transforme en un **fruit** abritant les graines: il s'agit donc d'un organe sporophytique de la plante maternelle, totalement indépendant de la fécondation et donc du pollen reçu.

A Structure de l'anthère

B Structure du grain de pollen

- a 4 microspores haploïdes par sac pollinique
- b Cellule végétative (=cellule du tube)
- c Cellule générative

1 Structure de la fleur

2 Structure de l'ovaire

- a Ovaire (=soudure des carpelles ou mégasporophylles)
- b Ovule (=mégasporange)
- c Cellule-mère de mégaspore
- d Noyau diploïde
- e Micropyle

3 Méiose

- a 4 mégaspores haploïdes

4 Dégénérescence de 3 des 4 mégaspores

- a 3 mégaspores dégénérent

5 Mitoses successives de la mégaspore restante

- a 1 mégaspore haploïde demeure
- b 8 noyaux haploïdes

6 Mégagamétophyte mature

- a 3 cellules antipodiales
- b 2 noyaux polaires
- c 2 synergides dégénérent
- d ovosphère

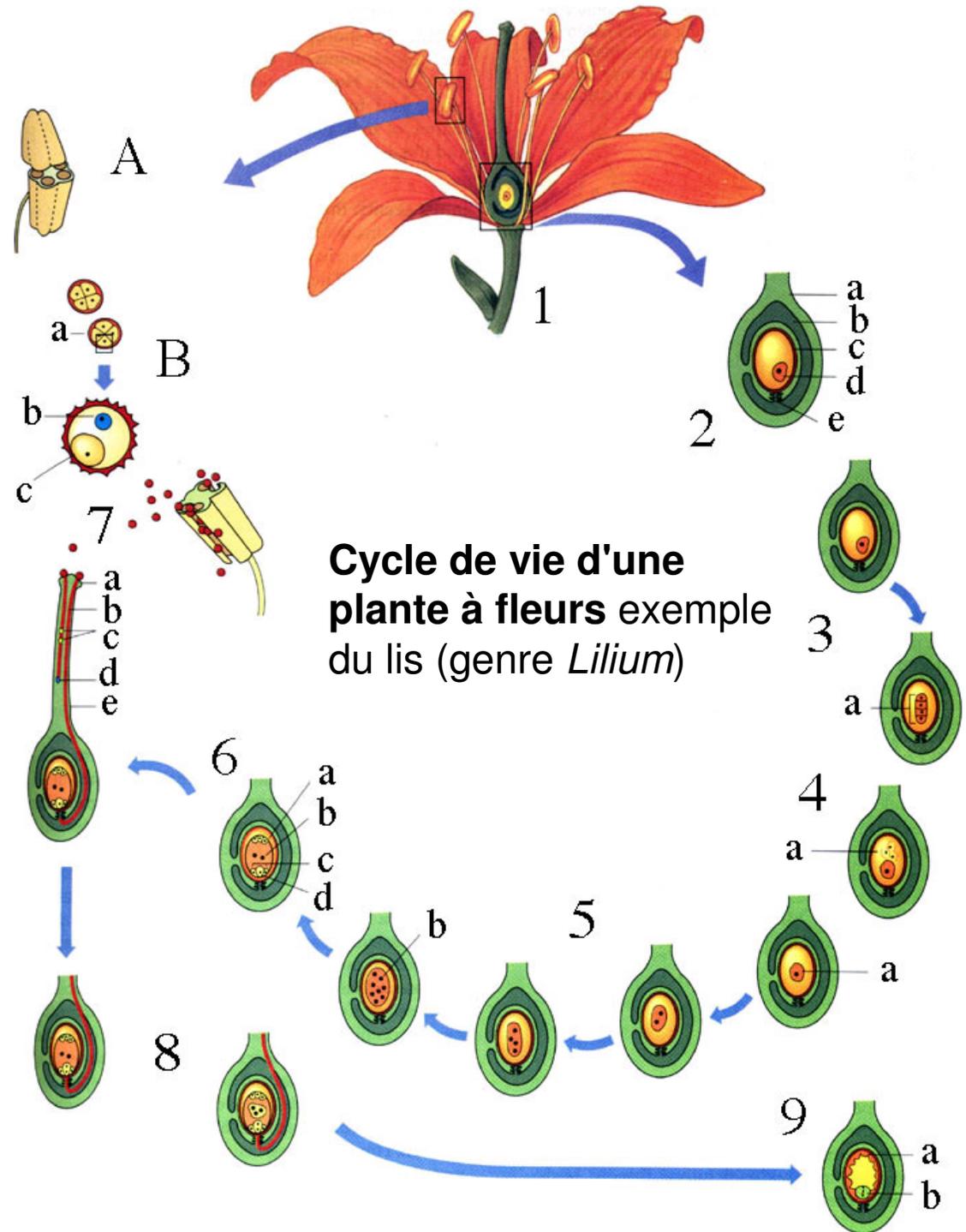
7 Pollinisation

- a Stigmate
- b Tube pollinique
- c 2 énergides (= gamètes venant de la division de la cellule générative)
- d Noyau du tube (venant de la cellule végétative)
- e Style

8 Double fécondation

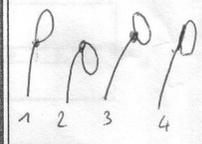
9 Structure de la graine

- a Endosperme triploïde



Diagnose florale

CLASSE	ANDROCÉE
<input type="checkbox"/> Monocotylées <i>3 pièces/péricarpe</i> <input type="checkbox"/> Eudicotylédones ou Tricolpées <i>4, 5, 6... pièces/péricarpe</i>	<input type="checkbox"/> cyclique <input type="checkbox"/> spirale
FLEUR (n. f.) <input type="checkbox"/> isomère <i>m. nb de cycles</i> <input type="checkbox"/> hétéromère <i>nb de cycles ≠</i>	<input checked="" type="checkbox"/> monadelphes <i>étamines soudées par le filet en 1 groupe.</i> <input checked="" type="checkbox"/> diadelphes <i>" " en plusieurs groupes.</i> <input type="checkbox"/> nb de cycles <input checked="" type="checkbox"/> diplostémone <i>alternance des cycles</i> <input checked="" type="checkbox"/> obdiplostémone <i>rupture d'alternance</i>
<input checked="" type="checkbox"/> trimère <i>3 pièces / cycles</i> <input checked="" type="checkbox"/> tétramère <i>4 pièces / cycles</i> <input checked="" type="checkbox"/> pentamère <i>5 pièces / cycles</i>	ÉTAMINES (n. f.) <input type="checkbox"/> libres ou <input checked="" type="checkbox"/> gamostémone = soudées <input checked="" type="checkbox"/> caliciflores <i>étamines soudées au calice</i> <input checked="" type="checkbox"/> corolliflores ou épipétales : soudées au pétale. <input checked="" type="checkbox"/> tépaliflores : soudées au tépale <input type="checkbox"/> nb d'étamines
<input type="checkbox"/> cyclique <input type="checkbox"/> acyclique = spirale <input checked="" type="checkbox"/> hémicyclique : <i>cyclique et acyclique à la fois.</i> <input checked="" type="checkbox"/> tétracyclique <i>4 cycles (le gynécée est 1 cycle)</i> <input checked="" type="checkbox"/> pentacyclique <i>5 "</i> <input checked="" type="checkbox"/> hexacyclique <i>6 "</i>	<input type="checkbox"/> (Insertion au périanthe) <input checked="" type="checkbox"/> hypogynes <i>étamines soudées à la base</i> <input type="checkbox"/> épigynes <i>" soudées au sommet</i> <input checked="" type="checkbox"/> périgynes <i>" " au sommet</i> <input type="checkbox"/> hypanthium (tube floral) tout l'ensemble soudé à la base
<input type="checkbox"/> monocline : <i>rot de sur le m. pied</i> <input type="checkbox"/> dicline <i>rot de sur des pieds distincts</i>	ANTHÈRES (n. f.) (Déhiscence) <input checked="" type="checkbox"/> introrses (B) vers l'extérieur. <input type="checkbox"/> extrorses (B) <input type="checkbox"/> latérales (∞) <input type="checkbox"/> poricides (O) <input type="checkbox"/> gynanthères
<input checked="" type="checkbox"/> actinomorphe <i>symétrie axiale ⊕</i> <input checked="" type="checkbox"/> zygomorphe : <i>symétrie bilatérale (1 seul axe) . 1.</i> <input checked="" type="checkbox"/> monochlamydée <i>seul 1 pièce florale qualitative de la base de déhiscence</i> <input checked="" type="checkbox"/> hétérochlamydée	(Insertion) <ol style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> basifixes <i>fixé par la base</i> <input checked="" type="checkbox"/> épifixes <i>" " par le pied</i> <input checked="" type="checkbox"/> médifixes <i>" " milieu</i> <input type="checkbox"/> dorsifixes
CALICE (n. m.) <input type="checkbox"/> sépales (n. m.) <input checked="" type="checkbox"/> tépales (n. m.) <i>sépales confondus avec les pétales (cas des Monocotylées).</i> <input checked="" type="checkbox"/> gamosépale <i>sépales soudés</i> <input checked="" type="checkbox"/> dialysépale <i>sépales séparés</i> <input checked="" type="checkbox"/> dialytépale <i>idem précédent pour les tépales</i> <input type="checkbox"/> gamotépale	<input type="checkbox"/> adnées <i>" sur l'ensemble de l'anthère</i> GYNÉCÉE (n. m.) <input checked="" type="checkbox"/> infère <i>(contenu d'un cercle, voir diagramme)</i> <input type="checkbox"/> supère
<input type="checkbox"/> nb de pièces	<input checked="" type="checkbox"/> simple <i>(1 carpelle)</i> <input checked="" type="checkbox"/> composé <i>(plus carpelles)</i> <input checked="" type="checkbox"/> syncarpique <i>carpelles soudés</i> <input type="checkbox"/> apocarpique <input type="checkbox"/> nb de carpelles (n. m.) <input type="checkbox"/> placentation (n. f.) axile <input type="checkbox"/> placentation pariétale <input type="checkbox"/> placentation centrale
COROLLE (n. f.) <input type="checkbox"/> pétales (n. m.) <input type="checkbox"/> tépales (n. m.) <input type="checkbox"/> dialypétale <input type="checkbox"/> gamopétale <input type="checkbox"/> dialytépale <input type="checkbox"/> gamotépale	OVULES <input type="checkbox"/> orthotropes <input type="checkbox"/> campylotropes <input type="checkbox"/> anatropes



GRANDES SUBDIVISIONS ET NIVEAUX D'ORGANISATION DU REGNE VEGETAL

PROCARYOTES		EUCARYOTES					
THALLOPHYTES			CORMOPHYTES				
NON-ARCHEGONIATES			ARCHEGONIATES				
VEGETAUX NON-VASCULAIRES			VEGETAUX VASCULAIRES				
CRYPTOGAMES				PHANEROGAMES			
Schizophytes (Bactéries)	Algues (Phycophytes)	Bryophytes MOUSSES HEPATIQUES SPHAIGNES	Ptéridophytes FOUGERES PRELES LYCOPODES SELAGINELLES	Préspermaphytes Cycas Ginkgo	Spermaphytes		
					Pin <i>Equisetum per mes</i> Sapin	Gnetum <i>Chlamydomonas per mes</i> Ephedra	Maïs <i>Amaranthus per mes</i> Chêne

Quelques exemples de familles de Spermaphytes importantes (effectifs approximatifs)

Environ 250 000 espèces de Spermaphytes, dont 4300 en France

Gymnospermes (600 espèces)

Angiospermes (240 000 espèces)

Monocotylédones (60 000 espèces)

Dicotylédones (180 000 espèces)

Principales familles d'Angiospermes

Monocotylédones

Orchidacées (18 000 espèces, 750 genres)

Dicotylédones

Asteracées (ex-Composées, 20 000 espèces, 1000 genres)

Fabacées (ex-Légumineuses, 15 000 espèces, 700 genres)

Poacées (ex-Graminées, 10 000 espèces, 660 genres)