



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

CENTRE UNIVERSITAIRE D'AIN TEMOUCHENT

INSTITUT DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE
Domaine Sciences de la Nature et de la Vie

POLYCOPIE DU COURS
DE
BIOLOGIE VEGETALE

1ère Année

S2

Licence Fondamentale

BOUGHALEM-KASMI M.

Année Universitaire 2014-2015

Ce polycopié de cours de Biologie Végétale a pour objectif la connaissance du végétal sur les plans morphologique et anatomique. Il est mis à votre disposition à titre de base d'étude. Il vous appartient de l'étoffer par vos recherches au niveau des ouvrages de Biologie que vous trouverez au niveau des bibliothèques.

L'enseignement théorique qui se déroule au sein de notre département de Biologie reste irremplaçable et vous permet d'avoir les réponses à toutes vos questions en relation avec cet enseignement.

SOMMAIRE	page
I. INTRODUCTION A LA BIOLOGIE VEGETALE	3
II. DIFFERENTS TYPES DE TISSUS.....	5
Les tissus méristématiques	5
II.1. Les méristèmes primaires.....	5
II.2. Les méristèmes secondaires.....	6
- Les tissus de remplissage (parenchyme)	7
- Les tissus protecteurs (épiderme)	8
- Les tissus de soutien (collenchyme et sclérenchyme).....	9
- Les tissus conducteurs.....	10
- Les tissus sécréteurs.....	12
III. ANATOMIE DES VEGETAUX SUPERIEUR.....	14
- Etude de la racine.....	14
- Etude de la tige.....	16
- Etude de la feuille.....	20
- Anatomie comparée entre mono et dicotylédones.....	23
IV. MORPHOLOGIE DES VEGETAUX SUPERIEURS	24
- Racine.....	24
- Tige.....	25
- Feuilles.....	29
- Fleurs.....	33
- Graines.....	34
- Fruits.....	35
V. GAMETOGENESE.....	38
- Grain de pollen.....	38
- Ovule et sac embryonnaire.....	40
VI. FECONDATION.....	43
- Œuf et embryon.....	43
- Notion de cycle de développement.....	44
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	46

I. INTRODUCTION A LA BIOLOGIE VEGETALE

La biologie est l'étude scientifique des phénomènes vitaux des êtres vivants. La biologie végétale est l'étude des propriétés des végétaux. Elle étudie les végétaux sous tous leurs aspects ; on distingue la botanique générale et la botanique spéciale. La botanique générale étudie la plante dans sa forme, dans ses organes (fig.1) ; elle examine les états successifs que traverse celle-ci depuis son germe jusqu'à sa mort. Elle considère aussi les divers phénomènes qui s'accomplissent dans le corps de cette plante à ses divers âges. La botanique spéciale classe les plantes d'après la valeur des caractères qu'elles présentent.

Qu'est-ce qu'un végétal ?

Un végétal est un être vivant caractérisé par quatre critères, qui le différencient du monde minéral et du monde animal:

- Une organisation complexe, basée sur une structure élaborée à partir de cellules végétales, qui présentent un certain nombre de spécificités ;
- Une croissance continue, contrairement à celle, limitée, du règne animal, depuis un "germe" primitif, jusqu'à un organisme adulte, qui finit par mourir;
- Une nutrition caractérisée par l'incorporation et l'assimilation d'éléments extérieurs, indispensable à la croissance et au maintien des fonctions vitales ;
- Une reproduction aboutissant à la production d'individus similaires au sein d'une même espèce.

Qu'est-ce qu'un tissu ?

-Un tissu est un groupement de cellules ayant une même origine embryologique et qui se sont semblablement différenciées dans le but de remplir une fonction déterminée.

-Un groupe de tissus différents forme un organe qui produit un travail précis (nutrition, reproduction, croissance...)

-Un ensemble d'organes forme un système.

L'ensemble de système forme un organisme.

-Plusieurs organismes d'une même espèce forment alors une population.

-L'histologie : c'est l'étude des différents tissus composant un organisme.

Présentation succincte des végétaux

Bryophytes :

- pas de véritables feuilles

- pas de « vaisseaux conducteurs »
- pas de racines
- pas de tissus ligneux (pas de tiges rigides)
- la reproduction est aquatique, les gamètes mâles sont flagellés.
- confinés aux milieux humides
- zoïdogamie
- capables de réviviscence
- dissémination par le vent

Ptéridophytes :

- vaisseaux conducteurs (début de la mise en place)
- « racines » et feuilles
- tissus ligneux
- zoïdogamie

Plantes à graines (spermaphytes) :

- Gymnospermes :
 - méristèmes secondaires (accroissement en largeur)
 - reproduction aérienne : pollen (et siphonogamie chez les conifères)
 - graine nue
 - fécondation simple
- Angiospermes (plantes à fleurs) :
 - groupe le plus important
 - organes reproducteurs (fleurs)
 - siphonogamie et double fécondation
 - graines contenues dans le fruit
 - Monocotylédones et Dicotylédones (sensus lato)

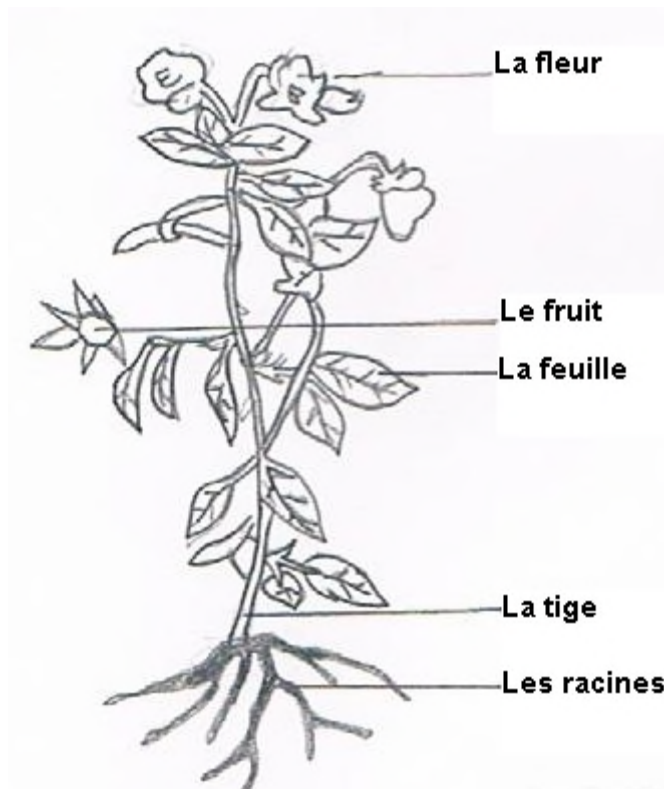


Fig.1 : schéma d'une plante entière

II. DIFFERENTS TYPES DE TISSUS

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 ayant une même origine embryologique et qui se sont semblablement différenciées dans le but de remplir une fonction déterminée.

Le tissu fondamental s'appelle le méristème ou tissu embryonnaire, dont les cellules sont bien vivantes et accomplissent à la fois toutes les fonctions. Ce tissu se trouve à l'extrémité de la racine et de la tige en voie de croissance. Tous les autres tissus en dérivent par différenciation et spécialisation.

On distingue différents types de tissus végétaux :

- **Les tissus méristématiques :**

Sont des tissus végétaux indifférenciés, appelés méristèmes, qui donnent naissance, par leur différenciation accompagnée d'une multiplication active à tous les tissus végétaux.

On distingue deux types de méristèmes:

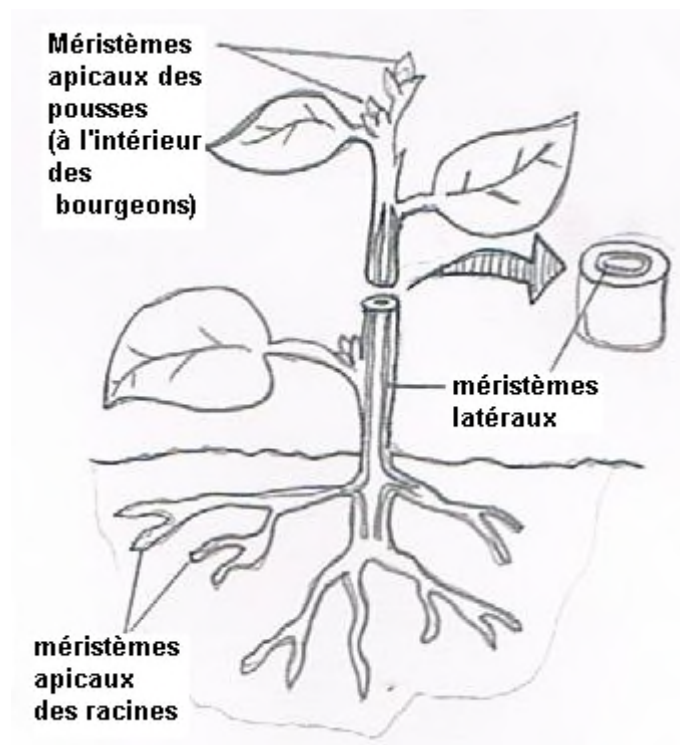
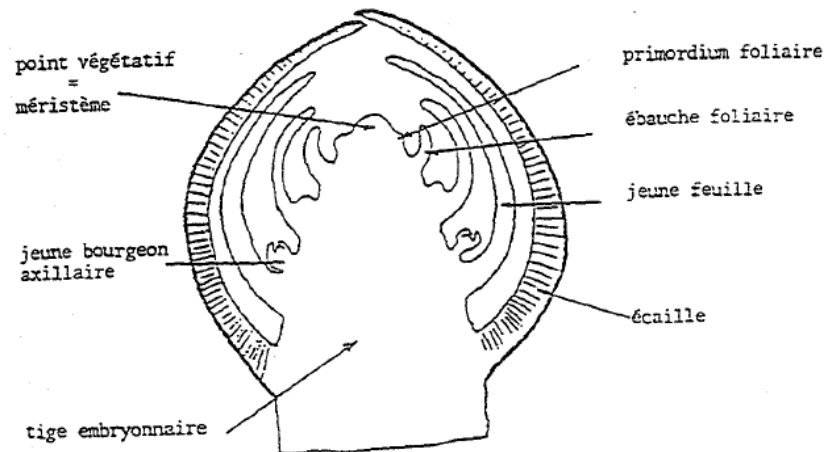


Fig.2: méristèmes apicaux (M. primaire) et latéraux (M. secondaires)

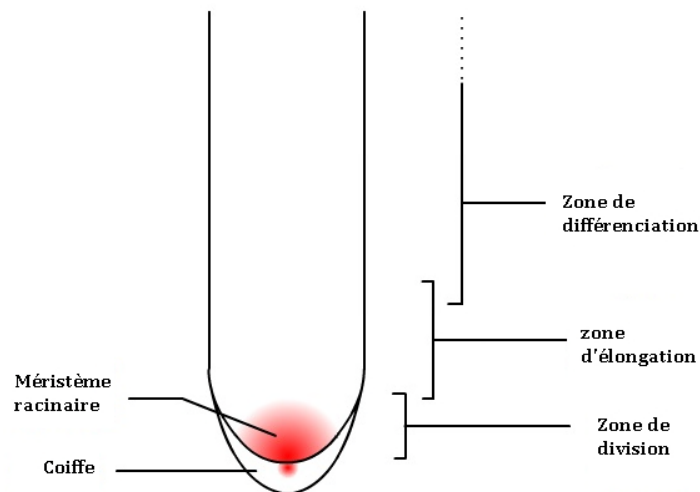
II.1. **les méristèmes primaires**, d'origine embryonnaire, situés à l'apex des tiges (méristèmes caulinaires) (fig.3 a) et des racines (méristèmes racinaires) (fig. 3b), et à

la base des feuilles. Ils forment les tissus primaires qui constituent la structure primaire.

II.2. **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.



a)



b)

Fig.3: zones de croissance d'un végétal : a)= méristème apical ; b)= méristème racinaire (Terral et Heinz, 2011)

➤ **Les tissus de remplissage (parenchyme) (fig. 4):**

Le parenchyme est un tissu de remplissage formé de cellules vivantes à rôle très différents. Ces cellules ont des cloisons minces. Le parenchyme présente des spécialisations en relation avec sa position. On a ainsi :

Les parenchymes chlorophylliens situés dans les régions externes des tiges et dans les feuilles qui sont responsables de la photosynthèse ;

Les parenchymes de réserve qui accumulent les substances énergétiques (amidon dans les plastes, oses, osides et protéines dans les vacuoles et lipides dans le cytoplasme) ;

Les parenchymes aquifères constitués de cellules volumineuses, pourvues d'une vacuole très développée, abondants dans les tiges ou les feuilles des plantes grasses où ils constituent une réserve d'eau ;

Les parenchymes aérifères, variétés de tissus lacuneux qui emprisonnent de l'air (plantes aquatiques).

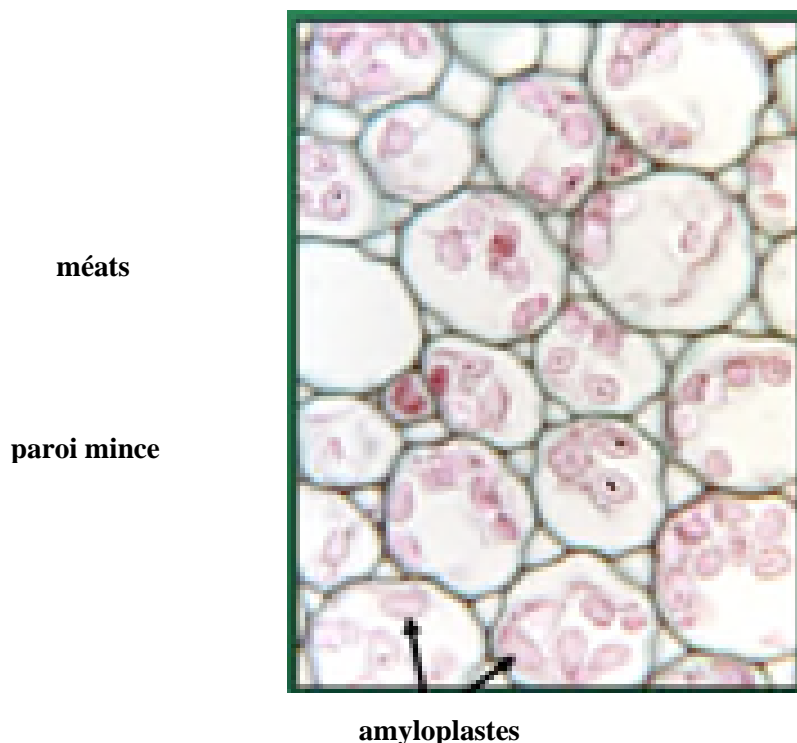


Fig.4 : cellules parenchymateuses d'une racine de pomme de terre (AGEPUR), 2013)

➤ **Les tissus protecteurs (épiderme) :**

Sont des tissus périphériques imperméables qui protègent les tissus parenchymateux de la déshydratation et des agressions extérieurs. Ils comprennent le tissu épidermique et le liège.

Epiderme et cuticule

Dans les jeunes tiges et les feuilles, l'épiderme (tissu primaire constitué d'une assise de cellules vivantes jointives) est le tissu superficiel de protection. Il ne comporte généralement qu'une seule couche de cellules dont la paroi externe est épaisse et recouverte d'une couche imperméable sous forme de cire, la cuticule (fig. 5). L'épiderme est "percé" par endroit par des ouvertures appelées stomates qui permettent les échanges d'air et d'eau avec l'extérieur.

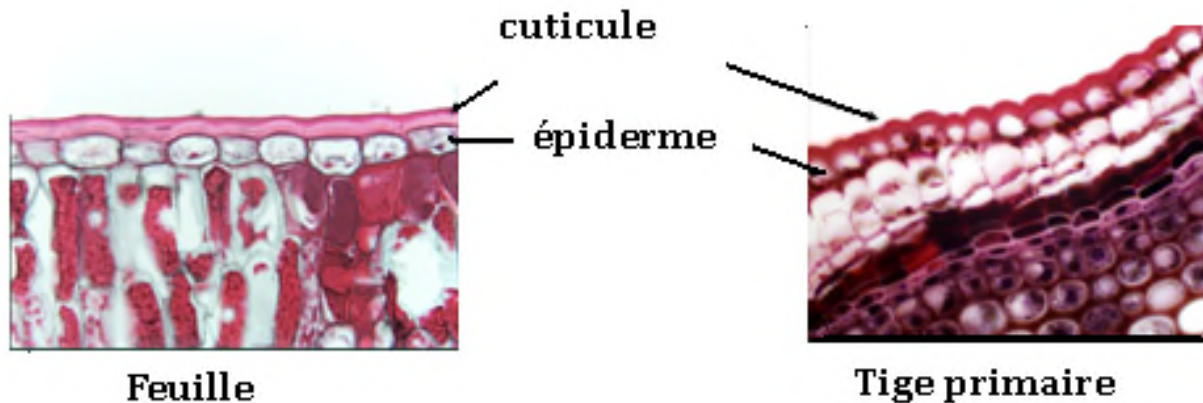


Fig.5 : Tissu de revêtement (AGEPUR), 2013)

Périderme

Lorsque l'épiderme meurt et disparaît. Une nouvelle structure protectrice, le périderme, se met en place lors de la formation des tissus (méristèmes) secondaires. Le périderme se compose de 3 parties (le phelloderme + le phellogène + le liège) (fig. 6).

Tout d'abord, *le phellogène* apparaît. C'est le lieu de naissance des tissus secondaires qui remplaceront les tissus épidermiques de la croissance primaire.

Le phellogène se développe en 2 parties :

- une croissance externe = **le liège**

- une croissance interne = **le phelloderme**

Le liège, ou suber, contient de la subérine qui le rend imperméable et empêche les transferts ; toutes les cellules situées à l'extérieur du suber sont vouées à mourir. Ces cellules mortes desquamantes, ainsi que le liège, constituent le rhytidome ou écorce des plantes ligneuses.

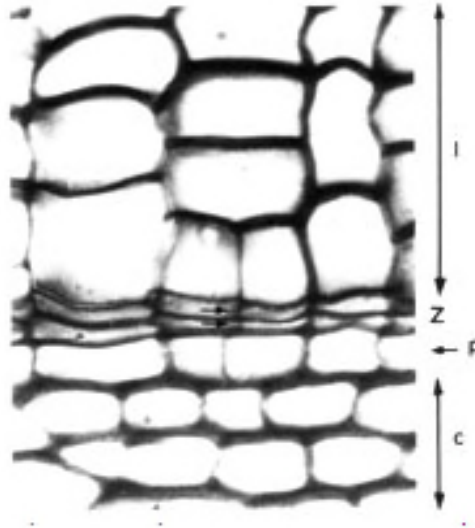


Fig. 6: partie du péricorde d'une jeune tige Sambucus au contact de l'écorce primaire (l liège, Z zone génératrice subéro-phellodermique, p phelloderme, c collenchyme; les flèches indiquent des cloisonnements anticlinaux)

sur le site : www.plantes-botanique.org/biologie

➤ **Les tissus de soutien (collenchyme et sclérenchyme) :**

Les tissus de soutien assurent souplesse et rigidité aux organes de la plante. On en distingue deux types : le collenchyme et le sclérenchyme (fig.7).

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.

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.

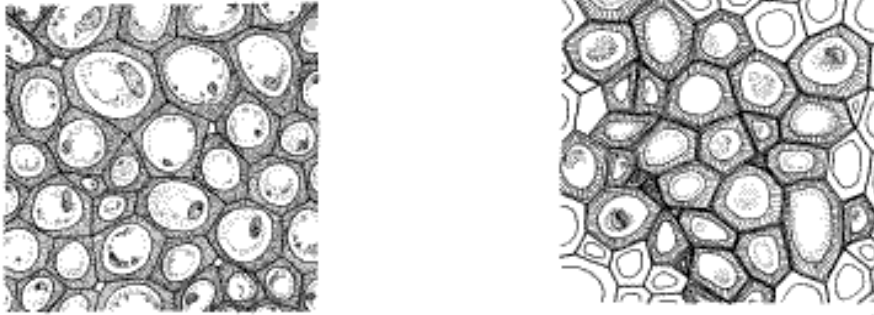


Fig. 7 : Les tissus de soutien
à gauche. Cellules du collenchyme : à droite. cellules du sclérenchyme

➤ **Les tissus conducteurs** (fig.8 et fig.9)

Appelés aussi tissus vasculaires. Ils permettent la circulation de l'ensemble de la sève. On en distingue :

Le xylème

Il existe deux sortes de xylème :

- **Le xylème primaire** provient de la différenciation du méristème primaire. Dans l'organe en cours d'élongation apparaît du procambium, tissu méristématique dont certaines cellules se différencient en trachéides capable d'élongation (le protoxylème) et d'autres en éléments de vaisseaux (le métaxylème). Le xylème primaire est constitué lui-même de deux parties :

le protoxylème qui est formé lors de la phase d'allongement, vaisseau imparfait, adapté à un étirement (cellules de taille réduite)

le métaxylème (grosses cellules).

La différenciation du procambium n'est pas identique dans la tige et dans la racine. Elle est centripète dans les racines et centrifuge dans les tiges (fig. 8). Cette différence permet de distinguer une racine d'une tige.

- **Le xylème secondaire**, ou bois, situé dans les zones de croissance secondaires et qui dérive du méristème secondaire. Il est caractérisé par un alignement radial de ses cellules du fait des caractéristiques de fonctionnement du cambium libéro-ligneux (méristème secondaire) : il se forme en position interne par rapport au cambium et mène à la formation de vaisseaux, de fibres, de parenchymes verticaux et horizontaux.

Le phloème Le phloème est un tissu conducteur de sève élaborée chez les végétaux vasculaires. Le phloème a aussi un rôle de réserve avec les

parenchymes et un rôle de soutien avec les fibres libériennes. Dans les troncs des arbres, le phloème peut faire partie de l'écorce, pour cette raison son nom provient d'un dérivé du mot grec *phloos* qui signifie écorce.

On distingue :

- Le phloème primaire issu de la différenciation du procambium (fig.9).
- Le phloème secondaire (ou liber) issu de la différenciation du cambium (assise génératrice libéro-ligneuse) (fig.9).

Dans les racines et dans les tiges cette formation est centripète. C'est-à-dire : pour une formation centripète le phloème va se former de l'extérieur vers l'intérieur du cylindre central. On retrouve le même type de formation pour le xylème des racines. Pour le xylème de la tige, (fig.7), l'élongation est dite centrifuge c'est-à-dire que le sens de différenciation des cellules se produit de l'intérieur vers l'extérieur du cylindre central.

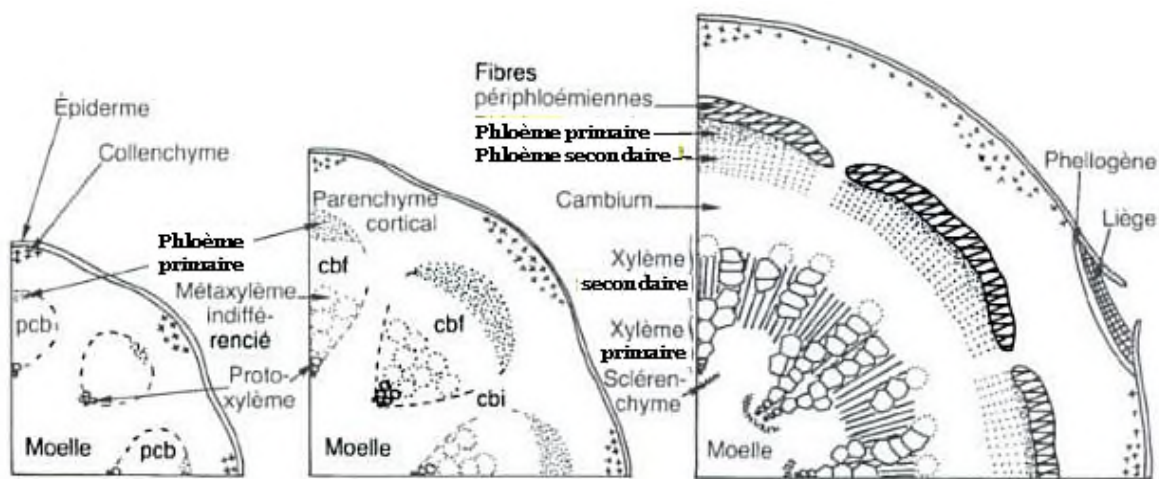


Fig.8: Mise en place du cambium dans une tige (Robert & Catesson, 2000)

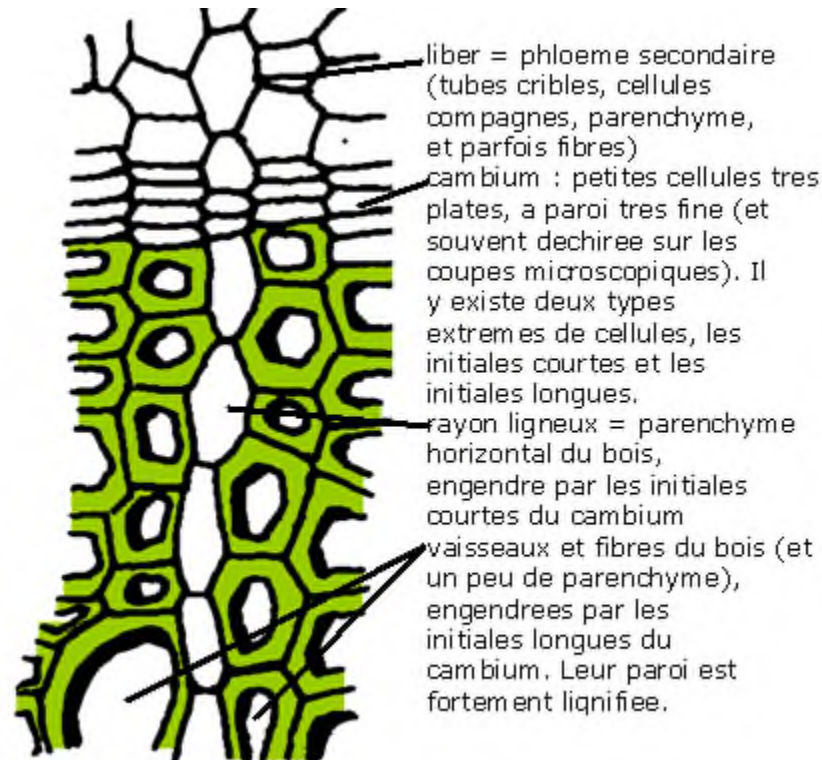


Fig.9 : Cambium, bois et liber (Dieumegard, en prépa)

➤ Les tissus sécréteurs

Les tissus sécréteurs sont extrêmement variés chez les végétaux. Ils élaborent et contiennent des substances chimiques (hétérosides, alcaloïdes, latex, essences). On retrouve différentes structures :

Les cellules sécrétrices

Ce sont des cellules en amas et qui vont être spécialisées dans l'accumulation de déchets (de type parenchymateux).

Elles deviennent sécrétrices en sécrétant ces accumulations. On les retrouve au niveau des fleurs ou au niveau des feuilles. Elles produisent des essences ou des résines.

Les poils sécréteurs

Ce sont des prolongements de l'épiderme. Ils sont constitués de plusieurs cellules épidermiques. Sous la paroi des cellules, on va avoir une accumulation de la substance qu'ils sécrètent.

Les poches sécrétrices

Elles sont constituées d'un ensemble de cellules disposées en cercle autour d'une cavité dans laquelle elles vont toutes déverser leurs sécrétions.

Les canaux sécréteurs

Ce sont des poches sécrétrices très allongées qui sont superposées les unes sur les autres le long d'un élément de la plante et qui permettent la sécrétion d'une résine (ex : la résine de pin).

Les laticifères

Ils sont constitués d'éléments tubulaires dont la paroi de ces tubes est faite de cellules qui vont excréter du latex.

III. ANATOMIE DES VEGETAUX SUPERIEURS

- Etude de la racine

La racine peut présenter deux types successifs de structure : la structure primaire chez les jeunes plantules, et la structure secondaire chez les plantes plus âgées mais uniquement chez les dicotylédones et les gymnospermes.

➤ **Structure primaire (fig. 11) :**

Il s'agit de la structure anatomique des jeunes racines. Sur une coupe transversale de la racine, on distingue deux zones :

- **L'écorce** : ensemble de tissus qui comprend :

(a) Le rhizoderme

Le rhizoderme est une assise pilifère formée d'une seule couche de cellules longues et saillantes constituant les poils absorbants spécialisés dans la collecte de l'eau et des sels minéraux présents dans le sol. Le rhizoderme évolue avec l'âge de la racine, qui croît par son apex et peut être doublé ou remplacé par un exoderme constitué d'une ou plusieurs assises de cellules dont la paroi peut être subérifiée et lignifiée. Cet exoderme permet de limiter les pertes d'eau de la racine vers le sol.

(b) Le parenchyme cortical

C'est un parenchyme non-chlorophyllien constitué de cellules laissant entre elles des méats nécessaires à l'aération de la racine. Ces cellules sont cependant en contact étroits entre-elles en de nombreux points. Souvent elles stockent des substances de réserves (amidon, glucides, inuline, ...) dans des plastes modifiés. C'est le cas de la racine de carotte étudiée précédemment.

(c) L'endoderme

L'endoderme correspond à la couche la plus interne de l'écorce des racines. Elle est constituée d'une seule couche de cellules cylindriques étroitement jointives entourant le péricycle. L'endoderme constitue une barrière sélective qui contrôle le passage des substances puisées dans le sol.

• **Le cylindre central** : appelé aussi stèle. c'est à ce niveau que se trouvent les tissus de transport de la sève, de la racine vers le reste de la plante. Il est composé de :

(a) Le péricycle

C'est la couche la plus externe du cylindre central. Elle est constituée d'une ou plusieurs assises de cellules à paroi le plus souvent pectocellulosique. C'est à son niveau que se forment les ramifications de la racine par division cellulaire.

(b) Le système vasculaire

Le système vasculaire est caractérisé par une alternance de xylème et de phloème primaires disposés sur un même cercle. , le xylème (ou bois) conduit la sève brute vers les feuilles et le phloème (ou liber) redistribue la sève élaborée dans toute la plante.

(c) Le parenchyme médullaire

Le parenchyme médullaire ou moelle n'a pas de fonction particulière. Il peut être lignifié. Dans ce cas, il devient un tissu de soutien.

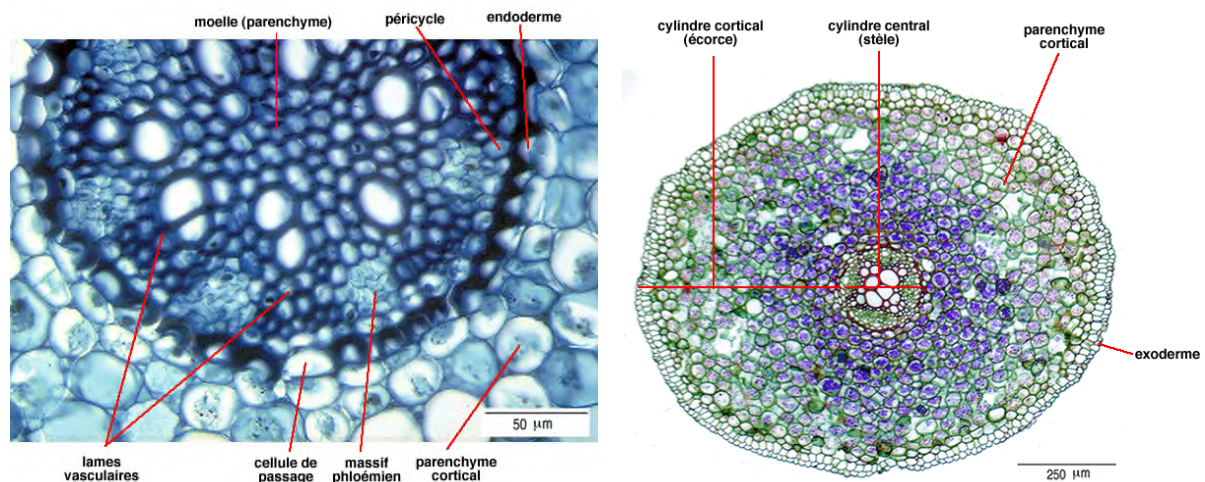


Fig. 11 : Structure primaire des racines (Remy et al, 2004)
à gauche : monocotylédones ; à droite : dicotylédones

➤ **Structure secondaire :**

Cette structure (fig. 12), ne se met en place que chez les plantes pluriannuelles (mais pas chez les monocotylédones). C'est l'apparition d'un cambium continu qui est une couche cellulaire cylindrique assurant la croissance des axes en épaisseur. Cette assise dite libéro-ligneuse va former de nouvelles cellules vers l'intérieur (qui se différencient en xylème secondaire) et l'extérieur (qui se différencient en phloème secondaire). Le phellogène (situé vers la périphérie de la racine (ou assise subéro-phellogénique), crée une couche externe de suber (ou liège) ainsi qu'une couche plus interne de phellogène. Ces tissus secondaires, phellogène et suber constituent l'écorce ou périderme dans lequel on retrouve parfois plusieurs couches superposées de ces tissus de protection.

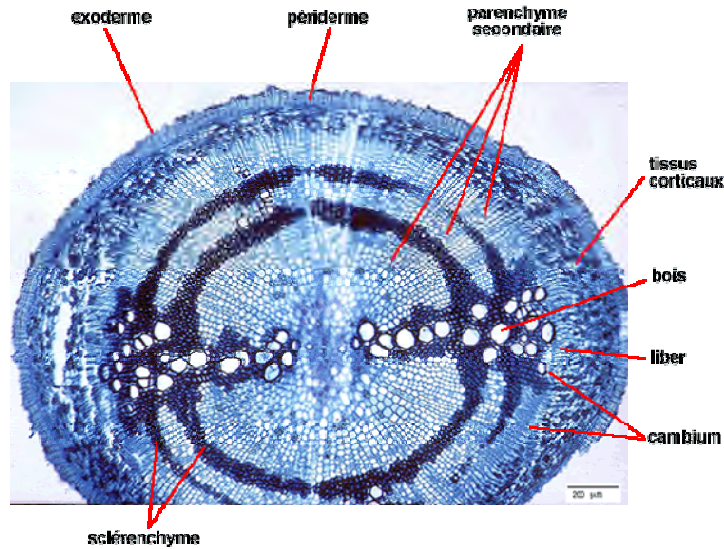


Fig. 12 : Structure secondaire d'une racine complète (Remy et al, 2004)

- Etude de la tige

Structure de la tige de dicotylédones

Deux structures sont distinguées dans une tige de dicotylédones :

➤ Structure primaire (fig. 13)

Les différents tissus que l'on rencontre en allant de l'extérieur vers l'intérieur sont :

- **L épiderme** formé d'une assise de cellules dont la paroi extérieure est plus ou moins cutinisée. L'épiderme présente des poils ou des aiguillons ainsi que des stomates.
- **L'écorce** ou zone corticale constituée d'un parenchyme peu épais. On peut trouver quelques assises superficielles de collenchyme. Un anneau de sclérenchyme continu existe dans la partie profonde de l'écorce. L'endoderme, assise la plus interne de l'écorce. C'est un anneau de cellules améatiques ; il est formé d'une assise unique de cellule parallépipède à rectangulaire.
- **Le cylindre central** ou stèle comprend :
 - Le péricycle
 - Le bois primaire
 - La moelle ou parenchyme médulaire

Dans une tige de dicotylédone, les tissus conducteurs de sève sont disposés sur un seul cercle regroupant des structures élémentaires appelées faisceaux cribro-vasculaires. La zone à l'extérieur du cercle défini par les faisceaux cribro-vasculaires

est appelée écorce. Elle est constituée de parenchyme et est entourée de l'épiderme. La zone à l'intérieur du cercle défini par les faisceaux est appelée la moelle. Les rayons médullaires se trouvent entre les faisceaux, ils sont principalement constitués de parenchyme. Dans les tiges de dicotylédones ayant ensuite une croissance secondaire, un cambium inter-fasciculaire relie le cambium des faisceaux (fig. 14).

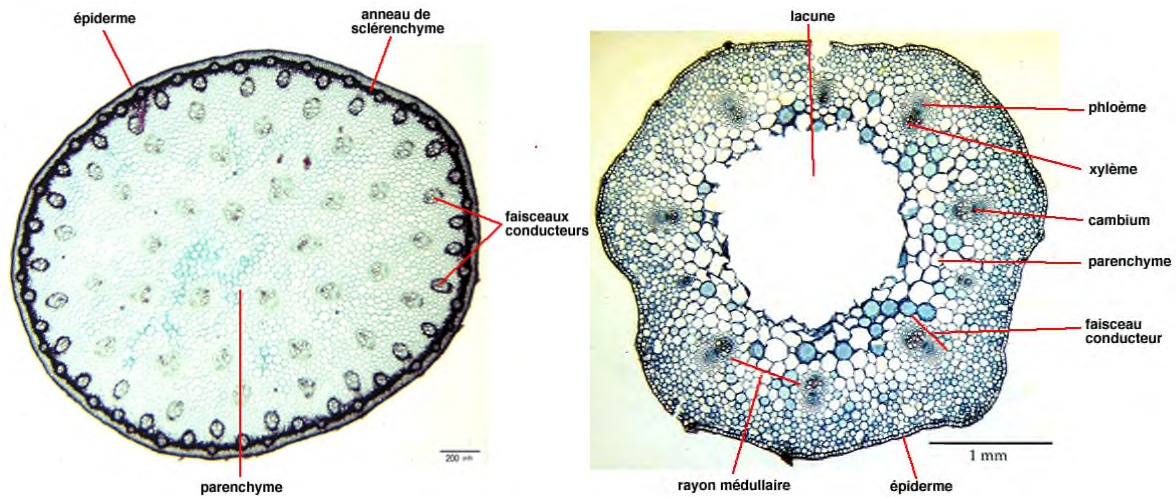


Fig. 13 : Structure primaire de la tige de dicotylédones (Remy et al, 2004)
à gauche : monocotylédones ; à droite : dicotylédones

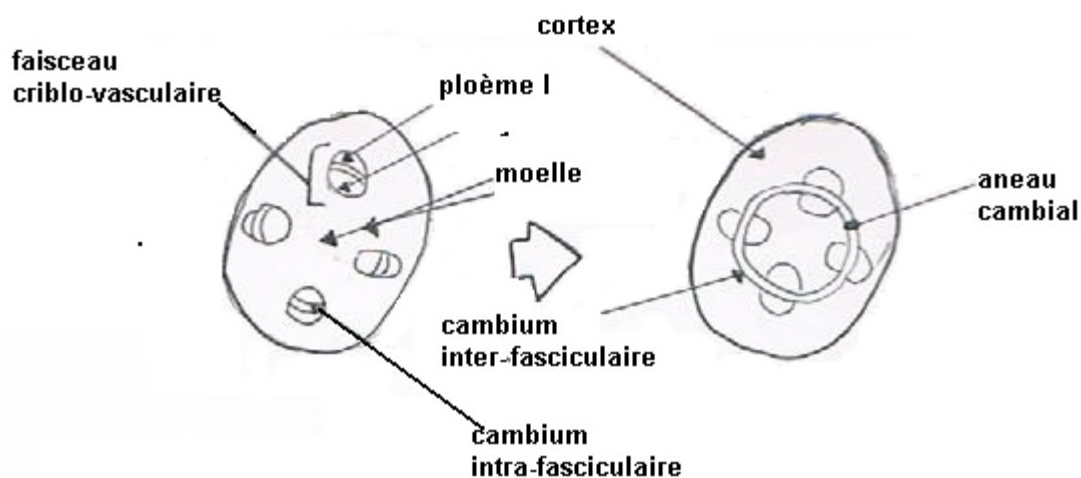


Fig. 14: Cambium dans une tige de dicotylédones

➤ **Structure secondaire (fig. 15)**

Les structures secondaires correspondent à la croissance en largeur des tiges et elles sont très discrètes chez les plantes herbacées et se trouvent surtout chez les dicotylédones et les conifères.

Dans un premier temps, l'activité du cambium reprend. Dans chaque faisceau cribro vasculaire de la structure primaire, le cambium apparaît entre le xylème primaire et le phloème primaire. Il est constitué par le reste de cellules non différenciées du procambium.

Les cellules cambiales se divisent en donnant vers l'intérieur et vers l'extérieur des cellules disposées en files radiales. Les cellules formées vers l'intérieur se différencieront pour donner le xylème secondaire (bois), celles qui se forment extérieurement donneront le phloème secondaire (liber).

L'ensemble du phloème et du xylème secondaires constitue ce qu'on appelle « pachyte ».

Une autre zone génératrice d'éléments secondaires existe : La zone génératrice subero-phellodermique ou phellogène. Elle apparaît directement sous l'épiderme ou plus ou moins profondément dans l'écorce. Son fonctionnement produit :

- i) vers l'extérieur, un tissu de revêtement, le suber (liège), qui remplacera le rhizoderme exfolié dans une racine âgée et qui donnera un tissu protecteur complexe quand la tige vieillira;
- ii) vers l'intérieur un tissu parenchymateux à fonction d'accumulation de réserves essentiellement : le phelloderme.

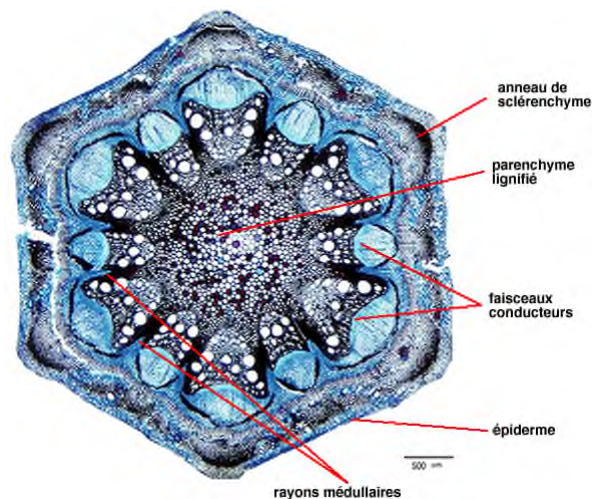


Fig. 15 : Structure secondaire de la tige de dicotylédones (Remy et al, 2004)

Structure de la tige de monocotylédones (fig. 16)

Cette structure diffère de la précédente par quatre critères essentiels :

- Absence d'endoderme ;
- Absence de péricycle ;
- Faisceaux libéro-ligneux très nombreux disposés en plusieurs cercles concentriques ;
- Partie ligneuse de chaque faisceau entourant plus ou moins complètement la partie libérienne.

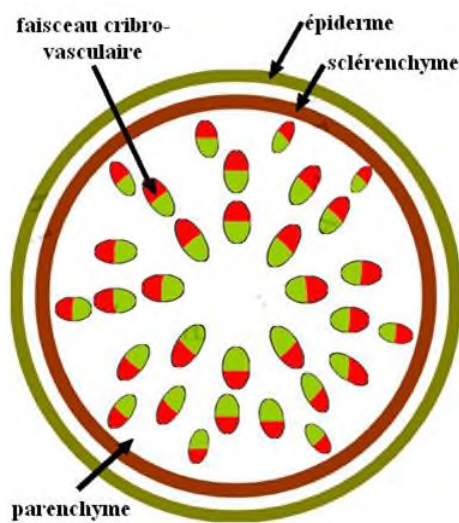


Fig. 16 : Structure de la tige de monocotylédones

Comparaison entre la tige et la racine

Les principales différences entre ces deux organes de la plante sont :

1. La racine est souterraine et dépourvue de chlorophylle ; la tige est aérienne et verte (il existe aussi des tiges souterraines) ;
2. La racine a une assise pilifère pourvue de poils absorbants ; la tige a un épiderme percé de stomates.
3. Le parenchyme cortical est en partie irrégulier et en partie régulier chez la racine ; il est entièrement régulier chez la tige. L'endoderme est très net dans la racine et peu net dans la tige.
4. La racine a des faisceaux ligneux et des faisceaux libériens qui alternent ; la tige a des faisceaux ligneux libéro-ligneux.

5. Les faisceaux ligneux de la racine ont leurs vaisseaux étroits et imparfaits vers l'extérieur (différenciation centripète). La partie ligneuse des faisceaux de la tige a, au contraire une différenciation centrifuge.

- Etude de la feuille

➤ La feuille des dicotylédones

La feuille des dicotylédones possède généralement un limbe et un pétiole bien développés, alors que la base foliaire peut être parfois très réduite (voir fig. 26).

Le limbe

Le limbe de dicotylédones comporte trois tissus (fig. 17):

- **L'épiderme supérieur** constitue toute la face supérieure du limbe. Il présente une paroi périphérique très développée, cuticule qui imperméabilise la feuille. Il est habituellement dépourvu de stomates.

- **Le mésophile** : c'est un parenchyme chlorophyllien le plus souvent bifacial asymétrique. Il comprend :

-un parenchyme palissadique formé d'une ou plusieurs couches de cellules, les cellules sont riches en chloroplastes, c'est un parenchyme améatique ;

-un parenchyme lacuneux, localisé entre l'épiderme inférieur et le parenchyme palissadique, moins riche en chloroplaste ;

Au niveau des nervures, on peut trouver sous l'épiderme, du collenchyme et un faisceau libéroligneux. Le bois est toujours face inférieure et le liber face supérieure.

- **L'épiderme inférieur** est aussi formé de cellules serrées les unes contre les autres et recouvertes d'une couche cireuse. Il est perforé de cellules stomatiques qui permettent à l'air de pénétrer dans la feuille ou d'en sortir. L'ostiole est l'ouverture au centre de la stomate.

Le pétiole

Les faisceaux conducteurs présentent une symétrie bilatérale ce qui indique la nature foliaire et non caulinaire du pétiole.

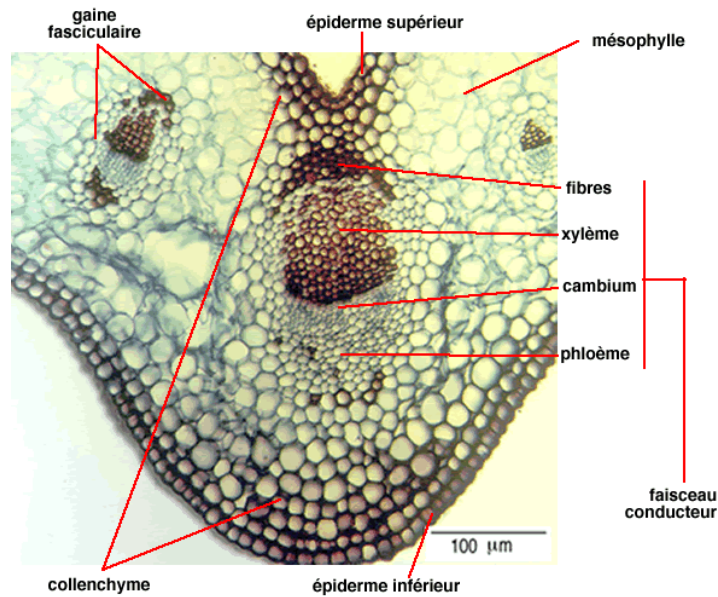


Fig. 17 : Coupe transversale dans une feuille de dicotylédones (Remy et al, 2004)

Les stomates

Ce sont des ouvertures dans l'épiderme qui permettent de contrôler les pertes d'eau par évaporation mais aussi de contrôler les échanges gazeux pour la photosynthèse (fig. 18). Ils sont situés sur l'épiderme des feuilles. Ils sont constitués par une paire de cellule en forme de haricot, les cellules stomatiques ou cellules de garde, qui délimitent un pore au travers de l'épiderme.

Les nervures

Les nervures sont les prolongements du pétiole dans le limbe. On distingue la nervure principale et les nervures secondaires. C'est au niveau des nervures que se situent les tissus conducteurs (xylème et phloème) de sève.

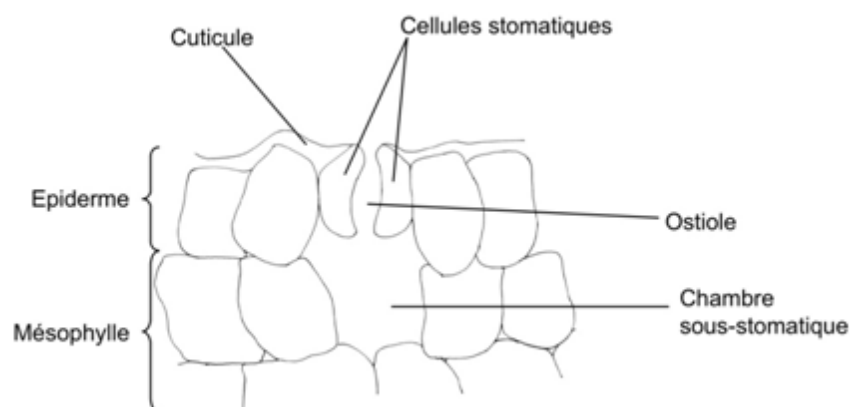


Fig. 18 : Structure générale d'un stomate sur une coupe transversale

➤ **La feuille des monocotylédones (fig. 19)**

Ces feuilles présentent leurs propres caractéristiques.

- Les cellules de l'épiderme sont allongées et possèdent des parois rectilignes.
- Les stomates sont répartis de façon égale sur les deux faces.
- Le mésophylle est homogène.
- Les nervures présentent les nervures médianes et les nervures marginales, elles sont parallèles, et reliées entre elles par de fines nervures transversales.
- Les cellules de la gaine qui entourent les faisceaux cribro vasculaire présentent des épaisissements importants de la paroi.

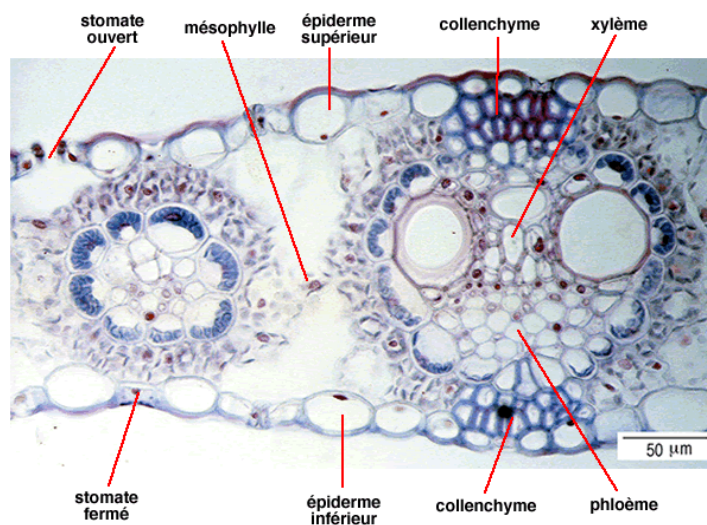


Fig. 19 : coupe transversale dans une feuille de monocotylédones
sur le site <http://bioeco.free.fr/index.htm>

- Anatomie comparée entre mono et dicotylédones

Le tableau ci-dessous résume les principales différences qui existent entre les mono et les dicotylédones (tab.1).

Tableau. 1 : Comparaison entre Monocotylédone et Dicotylédones

Tige		
Caractères	Tiges (mono)	Tige (dico)
Faisceaux libéro-ligneux	Nombreux et disposés sur plusieurs cercles concentriques	Peu nombreux (généralement deux cercles concentriques)
Bois I aire	En forme V avec le liber I aire logé dans le creux	En triangle avec le liber I aire sur la base du triangle
Formations secondaires	Absentes	<ul style="list-style-type: none"> - Suber remplace l'épiderme - Liber II aire - Bois II aire hétéroxylé
Racine		
Caractères	Racines (mono)	Racines (dico)
Tissus protecteurs	subéroïde	Assise subéreuse
endoderme	En forme de U	À cadre
Péricycle	réduit	Plus important
Nombre de FLL	Important (= 12)	Réduit (= 6)
Formations secondaires	absentes	Suber remplace l'assise subéreuse liber II, Bois II hétéroxylé
Feuille		
Caractères	Feuille (mono)	Feuille (dico)
Mésophylle	Homogène : parenchyme à méat	Hétérogène: -P. Palissadique : face supérieure -P. Lacuneux face interne
Faisceaux libéro-ligneux	Nombreux , sensiblement identiques — > nervures parallèles	En général au niveau de la nervure principale. Parfois dans le limbe au niveau des nervures secondaires
Formations secondaires	Absentes	peu développées en général au niveau de la nervure principale. <ul style="list-style-type: none"> - Liber II aire - Bois II aire hétéroxylé

IV. MORPHOLOGIE DES VEGETAUX SUPERIEURS

- La racine :

C'est la partie qui fixe la plante au sol. Elle est généralement souterraine, dépourvue de feuilles et assure la nutrition de la plante. Elle absorbe l'eau et les éléments nutritifs par les poils absorbants. L'ensemble des racines forme le *système racinaire*. La racine ne porte jamais de feuilles, n'a pas de noeuds et porte une coiffe terminale.

On distingue quatre zones sur une racine en croissance (fig. 20) :

1. une zone *terminale effilée* (*point végétatif*) formée de petites cellules indifférenciées qui se multiplient activement et qui sont protégées par la *coiffe*.
2. une zone *glabre* de quelques millimètres ou *zone de croissance* séparant la coiffe de la zone pilifère.
3. une zone *pilifère*, garnie de nombreux poils absorbants permettant les échanges entre la racine et le sol.
4. une zone *subéreuse*, dépourvue de poils, mais où apparaissent des ébauches de jeunes racines, les racines secondaires (ramifications).

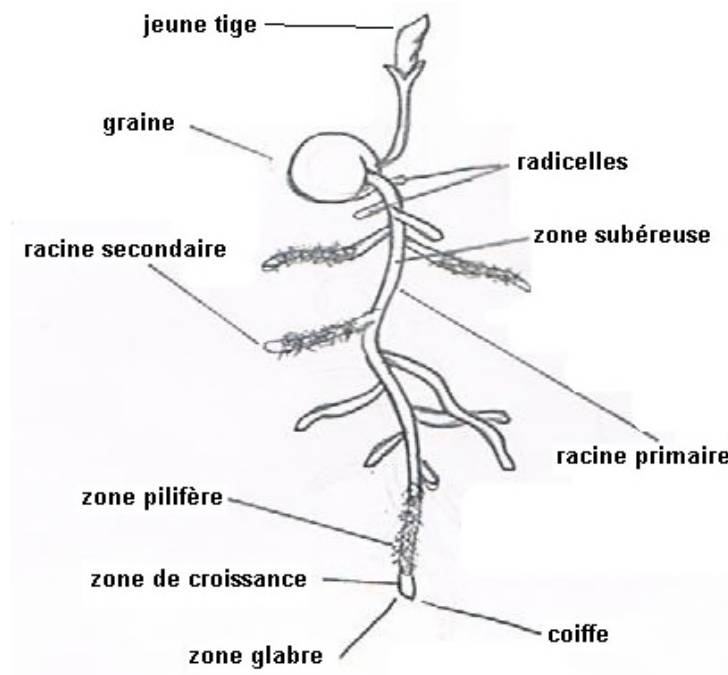


Fig. 20: Le système racinaire d'une plante

➤ L'origine des racines

On peut différencier trois types de racines d'après leur origine :

Les **primaires** ou **séminales** : qui proviennent de l'évolution de la radicule

de l'embryon ; elles sont persistantes.

Les **secondaires** : d'ordre 2, 3,4, ... elles naissent par voie endogène à partir de la racine primaire ou d'une racine secondaire d'ordre plus élevé, elles ont une persistance variable

Les **adventives** : formées sur une partie quelconque du végétal (tiges, feuilles, etc.).

➤ **Les types de racines (fig. 21)**

La racine **pivotante** : racine principale qui se développe et qui forme un pivot central sur lequel viennent se greffer de petites racines secondaires. Ce type de racine pénètre profondément le sol et fixe solidement la plante.

Les racines **fasciculées** : elles sont toutes approximativement de même importance, disposées en faisceau et portent de nombreuses radicelles.

Les racines **adventives** : elles se forment sur une tige aérienne ou souterraine ou toute autre partie du végétal.

Les racines **tubérisées** : certaines racines ce sont spécialisées dans l'accumulation de réserve et développent des racines "**tubérisées**" qui prennent la forme d'une grosse racine pivotante (betterave) ou de tubercules de racines fasciculées (dahlia).

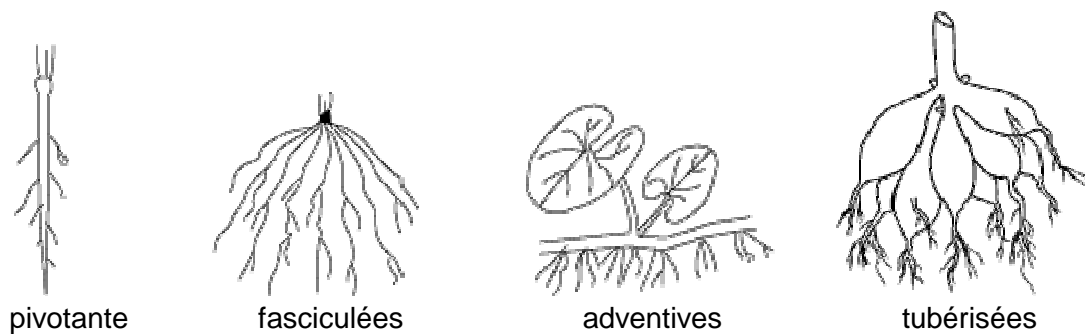


Fig. 21: les différents types de racines (Rameau, 1993)

- La tige

La tige est l'axe aérien ou souterrain qui prolonge la racine et porte les bourgeons et les feuilles. Elle se compose d'une suite de noeuds et d'entre-noeuds. Le sommet de la tige est occupé par un bourgeon dit terminal. Sur les flancs de la tige, au niveau des noeuds, se remarquent d'autres bourgeons axillaires destinés à assurer la ramification de la tige. La tige assure une fonction de soutien et une fonction de transport des éléments nutritifs entre les racines et les feuilles.

Tige aérienne

Les tiges aériennes sont formées d'un axe dressé dont l'extrémité porte un bourgeon terminal. La jonction de la tige avec la racine s'effectue au niveau du collet. Les feuilles s'insèrent au niveau des nœuds, eux-mêmes séparés par les entre-nœuds.

a) Orientation (fig.22) :

La tige aérienne peut être :

- dressée ou érigée
- couchée ou prostrée
- ascendante : couchée à la base puis redressée
- rampante ou stoloniforme (pouvant s'enraciner).
- grimpante (s'élevant sur les supports voisins à l'aide de vrilles ou de crampons) , (exemple Vigne).
- volubile (tige privées de moyens d'attache qui s'enroulent elles-mêmes autour de leurs tuteurs)
- sarmenteuse (tige ligneuse flexible ayant besoin d'un appui, comme ceux de la Vigne)

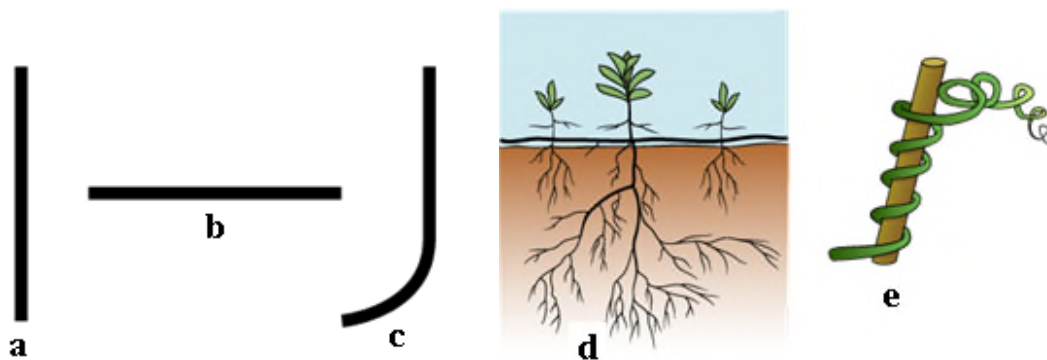


Fig. 22: Orientation des tiges : a. dressée (raiponce) - **b. couchée** (mauve) - **c. ascendante** – **d. stoloniforme** (fraisier) – **e. volubile** (Chèvrefeuille), (Hervé, 2011).

<http://www.flora-phyto.com/content/6-botanique-la-tige>

b) Forme : (fig. 23)

Habituellement arrondie, la tige peut être de forme très variée :

- carrée
- carrée concave
- trigone concave
- trigone convexe
- cylindrique
- aplatie ou elliptique
- renflée ou noueuse
- ailée
- striée (marquée de lignes parallèles entre elles)

- sillonnée (creusée de sillons longitudinaux)
- cannelée (qui présente des côtes longitudinales régulières, séparées par des sillons)
- côtelée (saillie parcourant longitudinalement la tige)

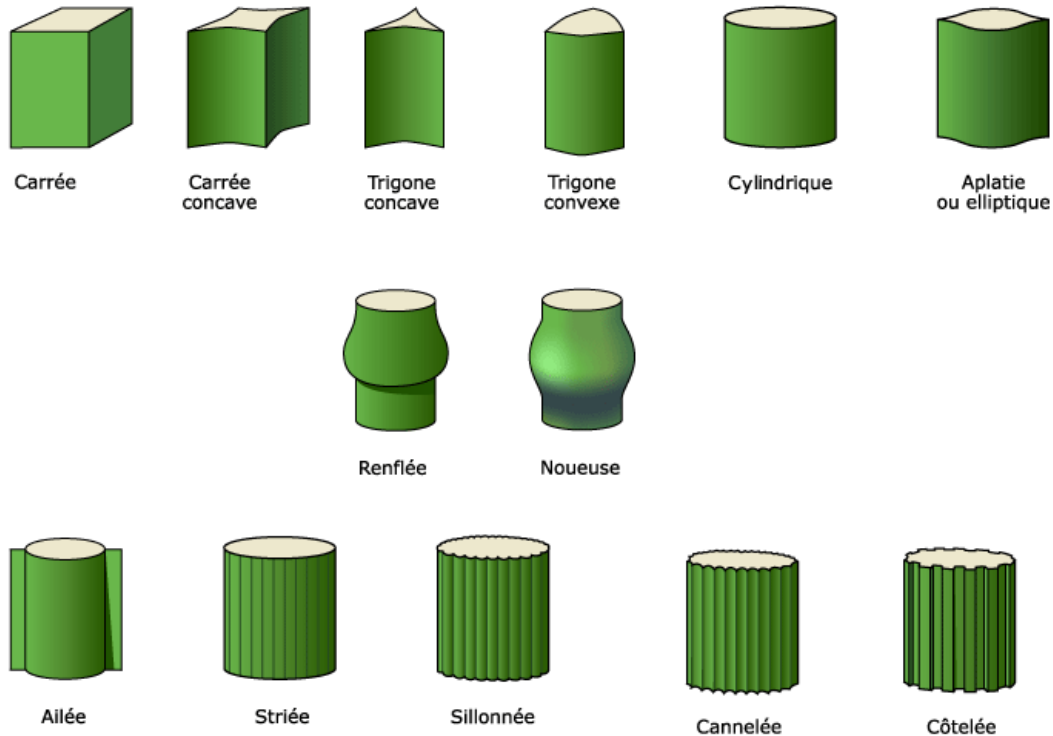


Fig. 23 : Différents types de section et de forme de tiges aériennes (Rameau, 1993)

c) Surface :

Les caractères de la surface de la tige varient en fonction de l'âge de la tige ou du rameau et de la saison. La couleur est un caractère fort variable, difficile à utiliser. D'autres caractères, comme la pilosité et les excroissances diverses sont l'expression plus stables et peuvent plus facilement être utilisés pour la détermination de l'espèce.

La surface des tiges peut être : (fig. 24)

- glabre
- pubescente
- velue ou poilue
- laineuse ou cotonneuse (couverte de longs poils mous comme de la laine)
- épineuse
- verruqueuse
- glanduleuse

- subéreuse (à crêtes liégeuses)

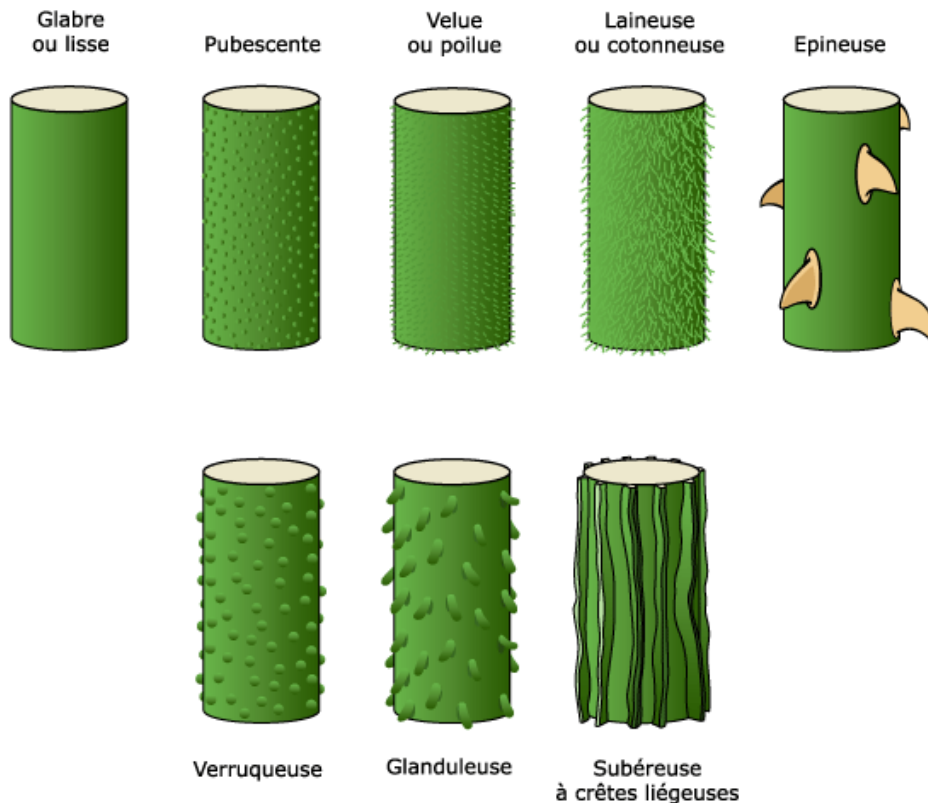


Fig. 24 : Différents types de surface de tiges aériennes (Rameau, 1993)

Tige souterraine

Elles sont caractérisées par la présence de nœuds et par leur rôle d'organes de réserves.

On en distingue 4 catégories : (fig. 25)

- **le rhizome** : tige souterraine et horizontale, émettant des rameaux aériens et des racines adventives.
- **le tubercule** : tige ou portion de tige renflée.
- **le bulbe** ou oignon : tige courte, télescopée en forme de plateau charnu et qui porte les feuilles serrées les unes contre les autres et entièrement écailleuses ou uniquement écailleuses à la base.
- **le corne** ou cornus : organe de réserve souterrain ayant l'aspect extérieur d'un bulbe mais formé d'une tige renflée entourée d'écailles.

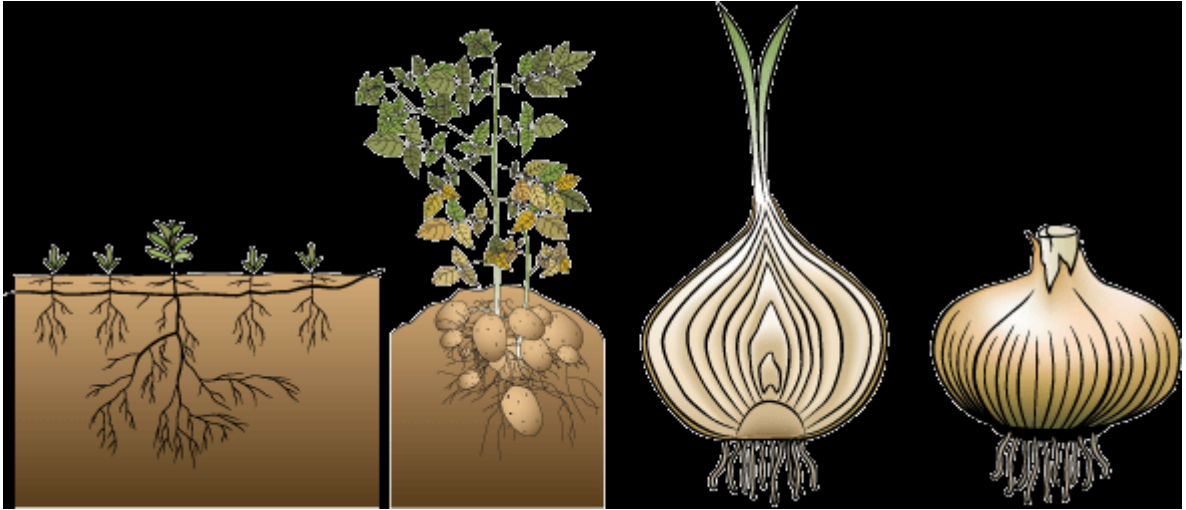


Fig. 25 : Tiges souterraines (de gauche à droite : rhizomes, tubercule, bulbe, corne)
d'après le site http://www.afd-ld.org/~fdp_bio/content.php

- La feuille

La feuille est un organe aplati généralement aérien, porté par la tige. Elle est pourvue de chlorophylle et fixée sur la tige ou ses rameaux au niveau d'un nœud.

En plus de la photosynthèse, la feuille a un rôle de protection, de stockage de l'eau chez certaines plantes, de montée de la sève brute et d'attraction des pollinisateurs

Différentes parties d'une feuille

Une feuille ordinaire se compose de 3 parties (fig. 26) :

□□Le **limbe**, est la partie verte, aplatie et élargie. Il est parcouru de nervures qui constituent à la fois le système conducteur des sèves et la charpente de la feuille.

□□Le **pétiole** qui s'étend entre la gaine et le limbe procure une grande flexibilité à la feuille.

□□La **gaine** est la partie basilaire du pétiole; elle s'attache à la tige. Elle porte parfois des stipules.

□□Les **stipules** sont deux lames vertes à l'aspect de feuilles situées à la base du pétiole au contact de la tige.

□□Une **ligule** est une lame membraneuse à la jonction de la gaine et du limbe.

□□Un **bourgeon axillaire** porté à la base de la feuille, prêt à se développer si le bourgeon terminal (apical) de la tige est endommagé ou coupé.

Les **monocotylédones** présentent des feuilles presque toujours entières à nervation parallèle avec une gaine très développée. Le limbe est souvent directement prolongé par la gaine et le pétiole peut manquer dans de nombreux cas (fig. 27).

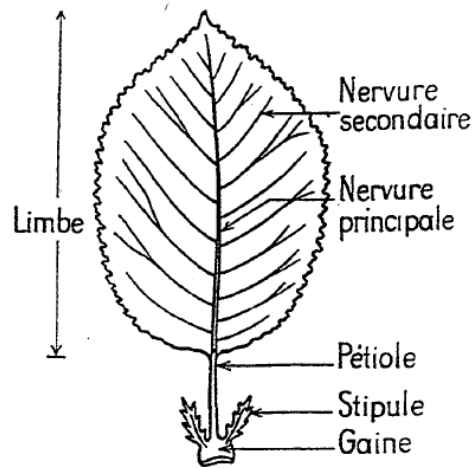


Fig.26 : Organisation d'une feuille (Terral et Heinz, 2011)

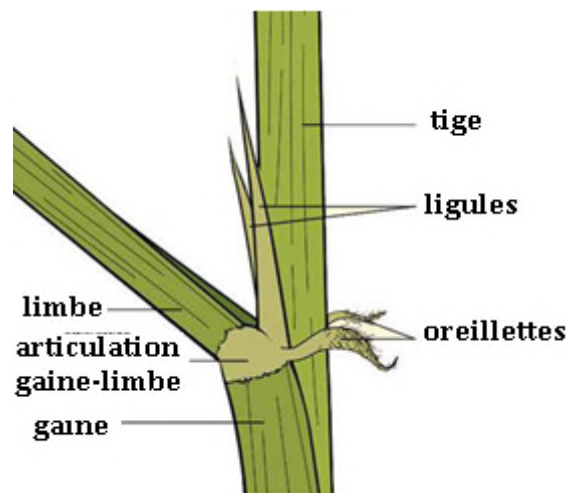


Fig. 27 : feuille de monocotylédones (exemple du riz)
d'après le site http://www.afd-ld.org/~fdp_bio/content.php

Types de feuilles

A- Une feuille simple possède un seul limbe continu à l'extrémité d'un pétiole non ramifié.

- Le limbe est fréquemment attaché à la tige par un pétiole, la feuille est dite alors pétiolée

B- Une feuille est sessile lorsque le limbe foliaire est directement attaché à la tige.

C- Lorsqu'un pétiole se ramifie, portant à l'extrémité de chacune de ses ramifications un limbe (ou foliole) on qualifie la feuille de composée.

Disposition des nervures à l'intérieur du limbe de la feuille

La nervation d'une feuille désigne la disposition du réseau de nervures dans le limbe. L'étude de la nervation, de la forme et du bord des feuilles est souvent nécessaire pour identifier l'espèce à laquelle la feuille appartient.

- **une feuille uninerve** possède un limbe étroit parcouru par une seule nervure, exemple : aiguille de pin..

- **une feuille simple** possède un seul limbe continu parcouru par une nervure principale sur laquelle sont disposées régulièrement des nervures secondaires de chaque côté de celle-ci. Elle est souvent la forme pennée (**fig. 28 a**)

- **une feuille palmée** (**fig. 28 b**) possède un nombre impair de nervures toutes divergentes à partir d'un même point.

- **Une feuille aux nervures parallèles** (**fig. 28 c**) sur toute sa longueur est commune chez les monocotylédones.

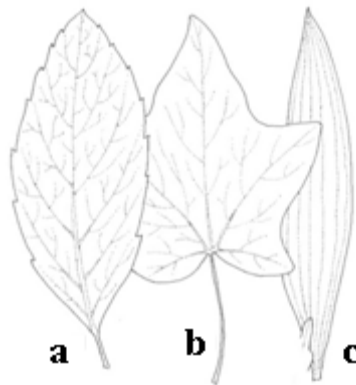


Fig. 28 : Disposition du réseau de nervures dans une feuille

Formes générales

La forme générale du limbe d'une feuille est la figure géométrique à peu près formée par son contour extérieur. Cette forme est un élément important lors de l'identification des espèces.

Forme du contour du limbe de la feuille

La forme du contour du limbe de la feuille est un bon moyen d'identification d'une plante. On en distingue les formes suivantes :

- 1- **Crépue**, frisée en crépelure serrée
- 2- **Sabre**, comme une lame longue et coupante
- 3- **Entière**, limbe foliaire nullement divisé ni denté
- 4- **Ciliée**, bordée de cils
- 5- **Crénelée**, bordée de dents obtuses ou arrondies
- 6- **Serrée**, dentée à dents aiguës

- 7- Dentée**, bordée de dents; dentelée, bordée de dents fines
8- Incisée-lobée, offrant des découpures profondes qui forment des lobes
9- Lobée, divisés en lobes n'allant pas jusqu'à la nervure médiane
10- Lyrée, se dit d'une feuille pinnatifide dont le lobe terminal est plus grand que les autres
11- Partite, les divisions n'atteignent pas la nervure médiane ou la base de la feuille
12- Séquée, divisé
13- Trilobée, divisé en trois lobes
14- Bi ou tripinnatiséquée,
15- Trifoliolée, divisé en trois folioles
 (voir fig. 30)

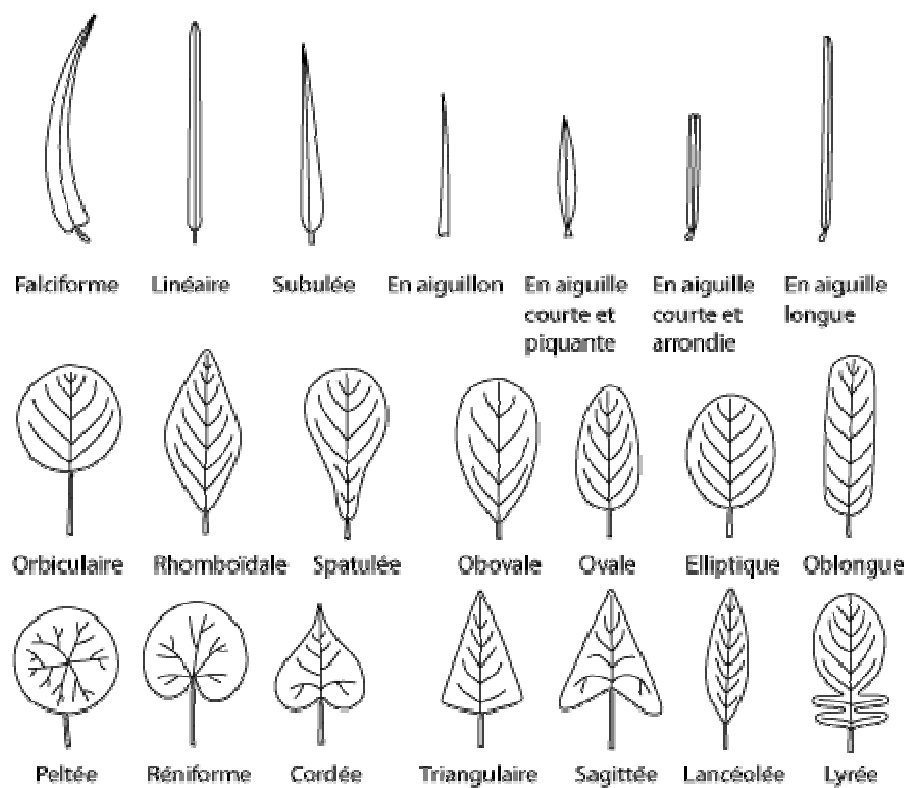


Fig. 29 : Différentes formes du limbe (Rameau, 1993)



Fig. 30 : Différentes formes du contour du limbe de la feuille**- La fleur :**

La fleur est une structure présente uniquement chez les Angiospermes (plantes à fleurs). Elle se développe à partir d'un bouton floral. La fleur est constituée de différentes parties, de l'extérieur vers l'intérieur (fig. 31):

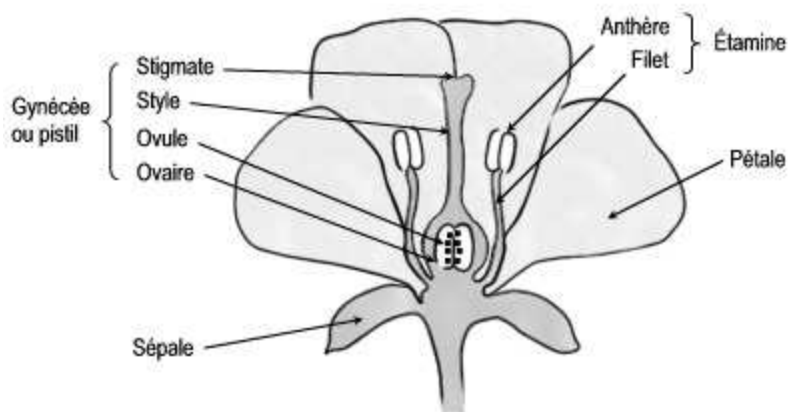
Le calice est formé de pièces chlorophylliennes appelées sépales. Ce sont des pièces stériles présentes dans le verticille le plus externe de la fleur. Ils jouent ainsi un rôle dans la photosynthèse mais leur principale utilité est de protéger les autres pièces florales.

La corolle possède des pièces plus ou moins colorées, dépourvues de chlorophylle, les pétales. Ils sont généralement plus grands que les sépales, très colorés et ont pour rôle d'attirer les insectes pollinisateurs. Les pétales sont également des pièces stériles.

L'androcée est la partie mâle de la fleur ; il est constitué de l'ensemble des étamines. Ce sont les pièces fertiles mâles formées du filet et des anthères. Les anthères sont composées de loges polliniques dans lesquels les grains de pollen sont formés.

Le gynécée ou pistil représente la partie femelle de la fleur. Il est formé de l'ovaire, cavité fermée protégeant un ou plusieurs ovules, et surmonté d'une partie plus fine, le style, qui se termine par le stigmate.

Les fleurs sont donc très souvent hermaphrodites. Néanmoins, certaines fleurs sont soit mâles (pas de pistil) soit femelles (pas d'étamines).

**Fig. 31: Organisation d'une fleur**

- La graine :

La graine est un organe de dissémination résultant de la transformation d'un ovule : après la fécondation, ou même sans accomplissement d'un processus sexuel (agamospermie).

Les graines conservent la forme de l'ovule dont elles dérivent ; seule la taille évolue de manière plus ou moins marquée.

Les graines présentent trois parties :

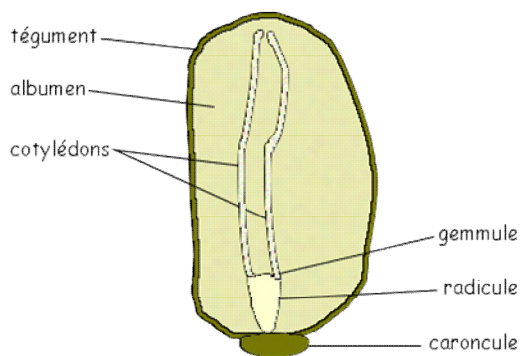
- l'embryon constitué d'une plantule portant un, deux ou plusieurs cotylédons ;
- l'albumen, dont la durée de vie au sein de la graine est variable ;
- les téguments séminaux, c'est l'enveloppe qui protège les tissus de réserve nutritive plus ou moins importante selon les graines.

Un autre organe entre dans la composition des graines, c'est le cotylédon. Les cotylédons sont les premières feuilles indispensables au développement du végétal, ils peuvent aussi être dans certains cas des organes de réserves. Une graine constituée d'un seul cotylédon prendra l'appellation de monocotylédone tandis qu'une graine formée de deux cotylédons se nommera dicotylédone.

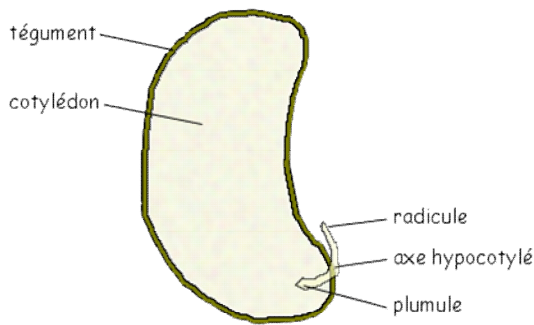
➤ **Les différentes graines**

On distingue trois catégories de graines déterminées par leurs méthodes de stockage de réserve nutritive.

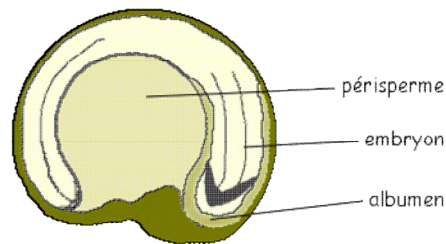
Graines à albumen



Ces graines sont extrêmement riches en éléments nutritifs. Les réserves sont accumulées dans l'albumen ce qui permet d'avoir suffisamment de réserve pour une autonomie de la plante jusqu'à l'apparition des premières feuilles où la photosynthèse prendra le relais (exemple : ricin).

Graines exalbuminées

Dépourvue d'albumen, les réserves de la graine sont stockées dans les cotylédons qui sont les premières feuilles de la plantule. Ces graines sont aussi riches en éléments nutritifs que les graines à albumen (exemple : haricot).

Graines à périsperme

Les réserves de cette graine sont peu développées. Ce sont donc les cotylédons qui sont capables d'être fonctionnels dès leurs sorties qui donnent au végétal une autonomie précoce en fournissant la photosynthèse (exemple : poivre)..

- Le fruit :

Les fruits résultent de la transformation de l'ovaire ou des ovaires d'une fleur fécondée; ils renferment la ou les graines, provenant de l'évolution de(s) ovule(s). La paroi de l'ovaire forme le péricarpe du fruit et l'ovule donne la graine.

Le péricarpe est une paroi épaisse ou mince, charnue ou sèche qui entoure la ou les graines; le péricarpe il comporte généralement trois parties suite à des différenciations histologiques en cours de croissance, à savoir, de l'extérieur vers l'intérieur : l'épicarpe, le mésocarpe et l'endocarpe (fig. 32).

.

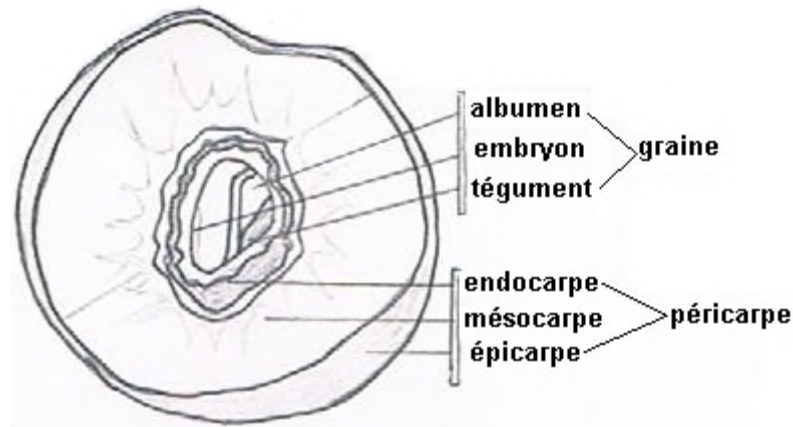


Fig. 32: Structure schématique d'une drupe typique, la pêche, montrant à la fois le fruit et la graine

Les Spermatophytes, ou plantes à graines, sont divisés en deux grands groupes, les Angiospermes et les Gymnospermes. Chez ces dernières, l'ovule, et donc la graine qui en résulte, est nu. Seules les Angiospermes produisent des fruits, issus du développement de l'ovaire qui entoure l'ovule. Il est donc un ovaire mûr. Cependant, il peut aussi être constitué d'autres parties de la fleur, on parle alors de faux-fruits ou pseudo-fruits.

Les fruits sont classés en trois grands types :

Les fruits simples : ils sont composés d'un seul carpelle (constituant de l'ovaire) ou de plusieurs mais alors soudés. L'ovaire se développe en trois tissus distincts : l'endocarpe, le mésocarpe et l'exocarpe. Le type de différenciation de ces trois tissus permet de définir différents types de fruits.

Les fruits multiples : ils sont constitués par l'association de plusieurs carpelles libres issus d'une même fleur, c'est-à-dire d'un gynécée apocarpe (par exemple : framboise).

Les fruits composés : ils sont composés de plusieurs fruits simples dérivant des fleurs d'une même inflorescence. On parle alors d'infrutescence (par exemple : ananas).

Comparaison entre dicotylédone et monocotylédone :

Le schéma suivant (fig.33), nous montre une comparaison entre les mono et les dicotylédones.

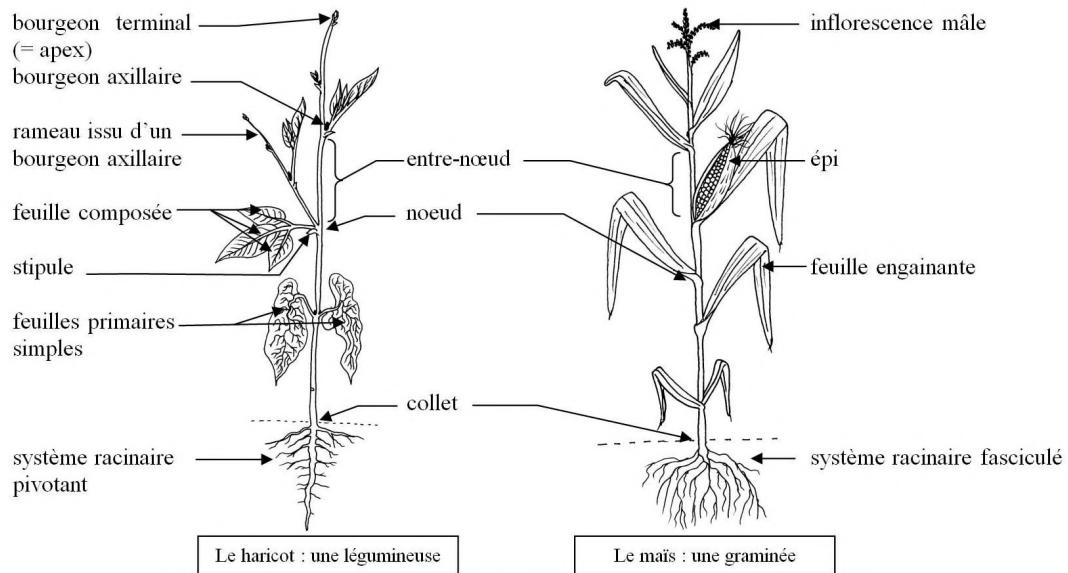


Fig. 33 : Schéma de comparaison dicotylédone – monocotylédone

V.GAMETOGENESE

Introduction

Les spermatophytes (plantes à graines) développent des fleurs à mesure de produire des graines capables de donner de nouvelles plantes.

Une fleur provient de la reproduction dont l'étape initiale est la gamétogenèse. La production des gamétophytes se fait dans le sac embryonnaire pour les gamètes femelles et dans le grain de pollen pour les gamètes mâles.

- Grain de pollen

Les grains de pollen (fig. 34) se trouvent au niveau de l'étamine qui est l'organe reproducteur mâle.

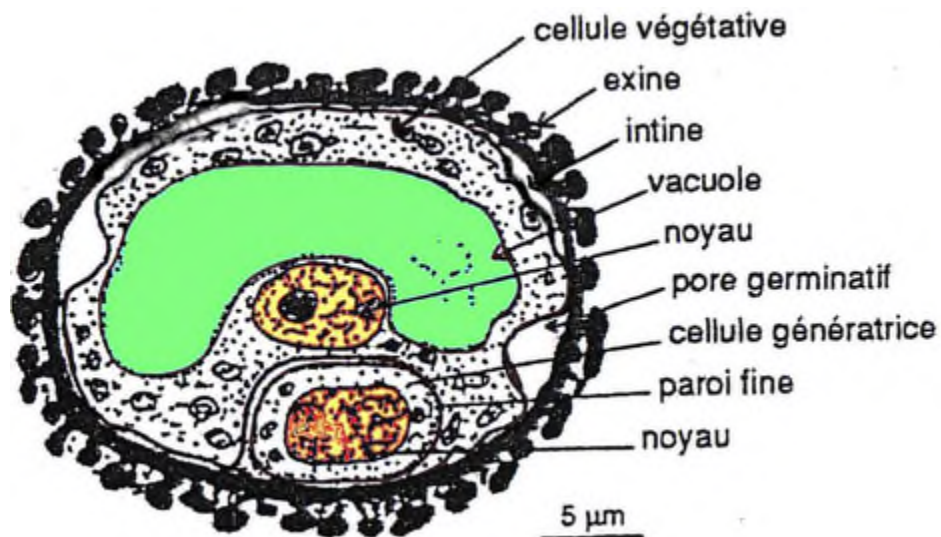


Fig. 34: Coupe de grain de pollen d'angiosperme observée au microscope électronique (Genevès, 1992)

Structure de l'étamine :

Chaque étamine comprend une anthère et un filet. L'anthère est formée d'une loge droite et d'une loge gauche réunies par le connectif. Chaque loge est constituée de deux sacs polliniques (fig. 35).

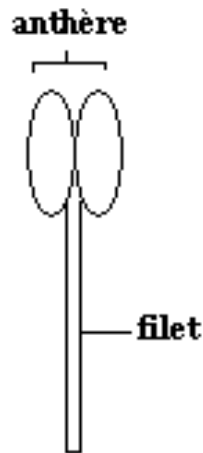


Fig. 35: schéma d'une étamine

Le gamétophyte mâle se forme dans l'anthère par deux phases :

La microsporogénèse

Etape pré méiotique : activité des microsporocytes très intense. Cette période est très sensible aux stress et la formation du pollen peut être altérée.

Après la méiose on obtient une tétrade de cellules haploïdes séparées par une paroi de callose (β 1-3 glucose).

Les cellules de la tétrade sont ensuite libérées sous la forme de microspores libres sous action de la callase, enzyme produite par les cellules tapétales (tapis de l'anthère).

La palynogénèse

Après cette libération, les microspores subissent une division mitotique asymétrique donnant lieu à une grande cellule, la cellule végétative et, une petite cellule, la cellule générative ou reproductrice, incluse dans la première (responsable de la génération des gamètes mâles).

Dans la plupart des angiospermes, les grains de pollen sont libérés de l'anthère sous forme bicellulée et, la deuxième division mitotique se produit lors de la croissance du tube pollinique. La cellule végétative est riche en tissus de réserves car elle doit permettre la croissance du tube pollinique.

A maturité, les sacs sont remplis de grains de pollen. Ces sacs s'ouvrent de façon spontanée pour libérer dans l'air les grains de pollen.

Processus de formation des grains de pollen

Il comprend 3 phases dans l'ordre chronologique :

1. la formation des cellules mères
2. la formation des microspores
3. la transformation des microspores en grain de pollen

1. la formation des cellules mères

Dans chacun des 4 angles du jeune anthère, de grandes cellules se différencient. Chacune d'elles se subdivise en 2 nouvelles cellules. La cellule la plus interne subit plusieurs divisions pour donner un massif de cellule-mère du pollen (fig. 36).

2. la formation des microspores

Chaque cellule mère diploïde subit la méiose, puis, donne naissance à 4 petites spores haploïdes appelées microspores. Ces cellules restent regroupées en 4 à l'intérieur de la membrane de l'ancienne cellule mère : la tétrade.

3. La transformation des microspores en grain de pollen

Chaque microspore élabore une paroi externe appelée exine, puis une 2^e interne appelée intine ou membrane cellulosique. La cellule se divise puis le cytoplasme élabore une cloison qui isole une cellule de grande taille (la cellule végétative) et une cellule de petite taille (cellule génératrice ou reproductrice ou spermatogène).

A maturité, les anthères s'ouvrent pour libérer dans le vent les grains de pollen.

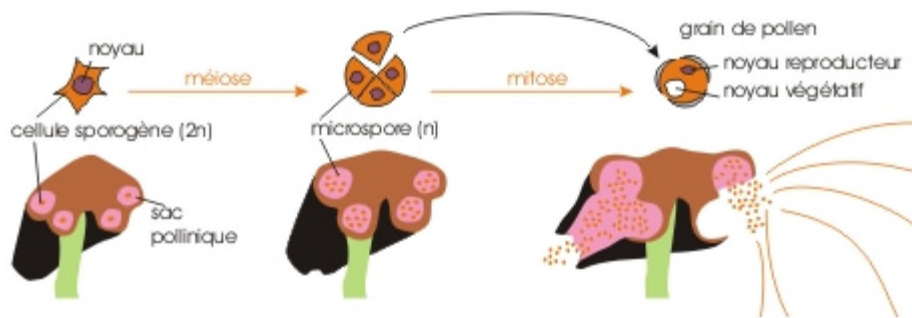


Fig. 36: formation des grains de pollen

- Ovule et sac embryonnaire

Les ovules s'observent dans le carpelle.

Structure du carpelle

Les carpelles peuvent être libres ou soudés en un pistil. Dans chaque carpelle on distingue 3 parties :

- une partie supérieure élargie hérissée de papilles qui retiennent le pollen : le stigmate.
- Une partie médiane amincie : le style
- Une partie basale renflée contenant les ovules : l'ovaire.

Structure de l'ovule

C'est une petite masse ovoïde rattachée au placenta par un cordon ou funicule. Une coupe longitudinale montre que l'intérieur de l'ovule est occupé par un tissu (nucelle) recouvert de 2 téguments (primine et secondine), les téguments ne sont pas

complètement fermés au sommet. Ils laissent une petite ouverture appelée micropyle. Près de ce dernier, le nucelle renferme un ensemble de cellules : le sac embryonnaire.

On distingue 3 types d'ovules (droit, courbe et reversé)

Formation de l'ovule et du sac embryonnaire

▪ L'ovule

L'ovule est rattaché au placenta par un court filament, le funicule : sur le placenta apparaît d'abord un mamelon représentant le nucelle. Par la suite, se développent 2 bourrelets qui recouvrent progressivement le nucelle (les téguments)(fig. 37).

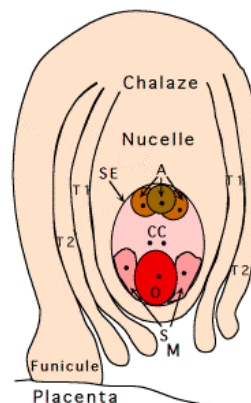


Fig. 37 : Schéma d'un ovule d'Angiosperme

▪ Le sac embryonnaire

Le sac embryonnaire renferme et protège le gamète femelle dont il favorisera la fécondation (fig. 38). Il est lui-même enfermé dans le nucelle à l'intérieur de l'ovule bitégumenté. Dans le jeune nucelle, une cellule se distingue rapidement par sa grosseur : la cellule mère. Elle subit la méiose et donne 4 grosses cellules haploïdes : les macrospores. Les 3 cellules les plus proches du micropyle se désorganisent tandis que la plus profonde augmente de taille. Son noyau se divise une 1^e fois puis les 2 noyaux se divisent à leur tour et enfin les 4 noyaux. La macrospore contient ainsi 8 noyaux. Le cytoplasme élabore des cloisons qui isolent 3 cellules à chaque pôle avec chacune un noyau.

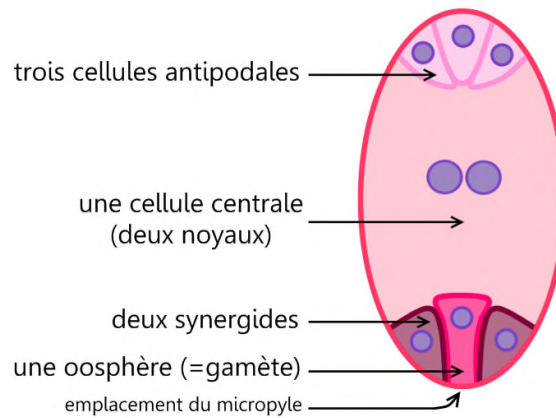


Fig. 38 : Sac embryonnaire

Entre ces 2 groupes, il reste une grande cellule avec 2 noyaux : la cellule centrale. L'ensemble constitue le sac embryonnaire constitué de 7 cellules :

- 3 cellules profondes : les antipodes. (n)
- Une cellule centrale dont les 2 noyaux fusionnent rapidement (2n).
- 2 synergides et une oosphère au pôle micropylaire(n)

Le devenir des pièces reproductrices se traduit à 2 niveaux : la fécondation et la formation du fruit.

VI. FECONDATION

- Œuf et embryon

➤ La fécondation

Elle peut se décomposer en plusieurs étapes :

- la pollinisation :

Le pollen libéré par l'anthère est transporté et déposé sur le stigmate, partie terminale du pistil de la fleur de la même fleur (pollinisation directe) ou sur le pistil d'une autre fleur (pollinisation croisée). Les agents de la pollinisation sont le vent et les animaux, en particulier les insectes. Les grains de pollen adhèrent au stigmate en raison des papilles gluantes qui le recouvrent.

- la germination :

Lorsque les conditions sont favorables, le grain de pollen germe en produisant un tube, le tube pollinique, qui s'allonge à travers les tissus du pistil jusqu'à atteindre l'ovaire contenant les ovules. Pendant cette progression, le noyau végétatif puis le noyau reproducteur s'engagent dans le tube.

- La formation des gamètes et la double fécondation :

Pendant qu'ils se rapprochent des ovules, les deux noyaux subissent des modifications :

- le noyau végétatif : il assure la formation du tube puis se désorganise et disparaît.
- Le noyau reproducteur se divise en deux gamètes mâles à n chromosomes : les anthérozoïdes. (germination du pollen)

Au contact du nucelle, le tube pollinique le digère et pénètre dans le sac embryonnaire. 1 anthérozoïde s'unit à l'oosphère pour former l'œuf principal ou œuf embryon. (Fécondation 1). L'autre anthérozoïde s'unit au noyau du sac embryonnaire en donnant une cellule à $3n$ appelée œuf accessoire ou œuf albumen (fécondation 2). Cette double fécondation caractérise les spermatophytes.

➤ La formation de la graine

L'ovule fécondé se transforme en graine en 3 temps :

- l'œuf accessoire se divise en 1 grand nombre de cellule pour donner un tissu de réserve disposé autour du sac embryonnaire : l'albumen. Ce dernier grandit aux dépens du nucelle.
- L'œuf principal se divise lentement et donne un massif de cellule comprenant un suspenseur et un embryon ou plantule avec une radicule, une tigelle, un bourgeon ou gemmule et une ou deux cotylédons.

Après la formation de l'embryon et de l'albumen, leur destinée dépend du type de graine :

- Si l'albumen grandit rapidement aux dépens du nucelle qu'il détruit entièrement, l'embryon grandit moins vite. La graine sera constituée d'un épais albumen et d'un petit embryon : on parle de graine à albumen.

- Si l'embryon grandit plus vite que l'albumen, il détruit entièrement le nucelle et développe d'énormes cotylédons. La graine ne contient donc qu'un embryon à volumineux cotylédons : on parle de graine sans albumen.

- **La maturation de la graine** : elle arrête complètement son développement. L'embryon se déshydrate et passe à l'état de vie latente. La graine est dans le fruit qui résulte de la transformation de différentes parties de la fleur.

- Notion de cycle de développement

Comme les animaux, les plantes naissent, croissent, se reproduisent, se développent et meurent. La graine est souvent le point de départ. Elle contient une plantule qui grandira au cours de la germination. La plantule est alimentée par les cotylédons.

La graine germe. Les cotylédons sont des petits sacs qui contiennent les réserves de la graine

Les grains de pollen sont déposés par le vent ou les insectes, sur le pistil. Un seul grain de pollen assure la fécondation d'un ovule. Les sépales et les pétales se flétrissent peu à peu et tombent.

La base du pistil (appelé aussi ovaire) se transforme en fruit tandis que l'ovule se transforme en graine.

Les fruits en tombant au sol donneront peut-être une nouvelle plante. Ce sera la germination. L'enveloppe du fruit pourrira, permettant à la graine de germer. Les premières racines se développeront et la plantule (première petite tige) sortira de terre.

La plante grandit et se nourrit encore grâce aux réserves de la graine.

Elle devient adulte et se nourrit maintenant grâce aux racines. Elle portera des fleurs qui annoncent la période de la reproduction sexuée. Cette dernière se poursuivra par la formation des fruits contenant les graines (fig.39).

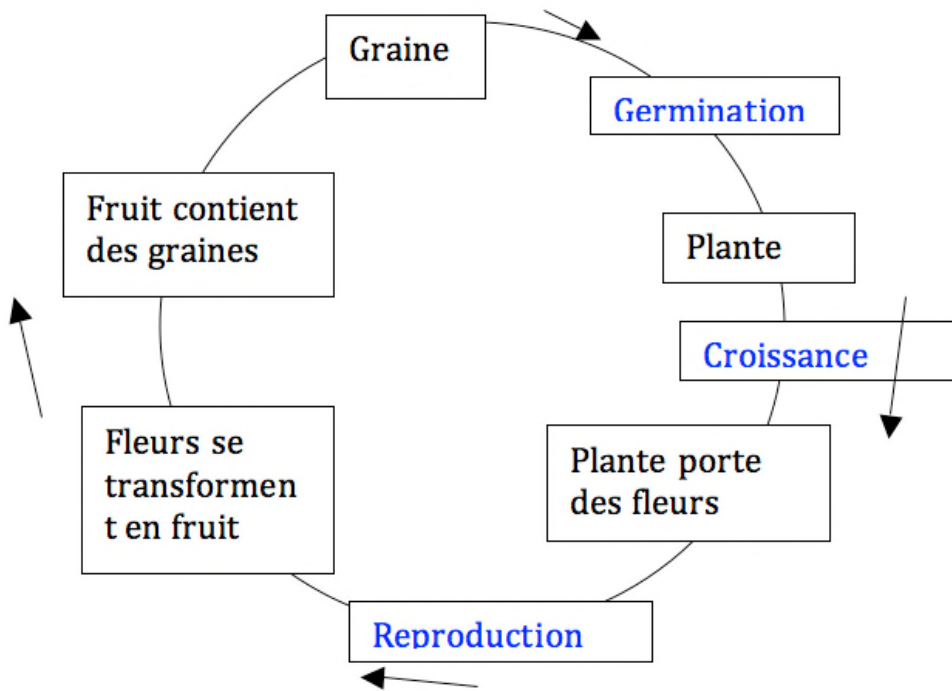


Fig. 39 : Cycle de développement des plantes à fleurs

Références bibliographiques :

1. Anatomie végétale - SVT en prépa BCPST, par Pierre DIEUMEGARD.
 2. Atlas d'histologie et d'anatomie des plantes vasculaires [cédérom], par Remy, S., Bodson, M., Troussart, J.-P., Welcomme, L., Calmant, P., Vancleve, J. Depiereux, E. (2004).. Namur, Belgique : Presses universitaires de Namur. Version de démonstration récupérée le 14 février 2011 du site des Facultés Universitaires Notre Dame de la Paix à Namur.
 3. Bases de biologie végétale, Cours 1 LP aménagement et gestion écologiques des paysages urbains (AGEPUR), 2013, UPMC Université de la Sorbonne.
 4. Biologie végétale. (1992). Plantes supérieures II – Appareil reproducteur. par Gorenflot 3^{ème} édition. Edition Masson. 255 pp.
 5. Biologie végétale. (2000). par Harmont J. éd. Deboeck université. 944 pp.
 6. Biologie végétale, Organisation végétative. volume 2, par Daniel Robert, Anne-Marie Catesson (2000) , 359 pp.
 7. Diversité et fonction des structures morpho-anatomiques des végétaux : l'exemple des Angiospermes FLBI204, par Jean-Frédéric Terral et Christine Heinz Université Montpellier 2, Licence Biologie - L1S22010-2011.
 8. Flore forestière française : guide écologique illustré. Montagnes, par Jean- Claude Rameau, D. Mansion et G. Dumé Paris, Institut pour le développement forestier et Ministère de l'Agriculture et de la Forêt, 1993, 2424 p.
 9. Reproduction et développement des végétaux, par Louis Genevès. Dunod, 1992 - 233 pages.
- http://www.plantes-botanique.org/biologie_030_les-tissus-vegetaux
<http://www.bioeco.free.fr/index.htm>
<http://www.flora-phyto.com/content/6-botanique-la-tige>
http://www.afd-ld.org/~fdp_bio/content.php