



*Cours de Biologie végétale*

**1<sup>ère</sup> année LMD**

# **BIOLOGIE VEGETALE**

*Réalisé par :*

***Dr. ZEGHAD NADIA***

---

*Année universitaire  
2017/2018*

# *Table des matières*

## *Chapitre I : Organisation cellulaire des végétaux*

Introduction .....	1
1/Classification des végétaux.....	1
1-1/ Les Protocaryotes (Procaryotes).....	1
1-2/ Les Eucaryotes.....	1
1-2-1/ Les Thallophytes.....	1
1-2-1-1/ Les Phycophytes (Algues).....	1
1-2-1-2/Les Mycophytes (champignons).....	1
1-2-2/ Les Cormophytes.....	2
1-2-2-1/ Les Bryophytes (mousses).....	2
1-2-2-2/ Les Ptéridophytes (fougères).....	2
1-2-2-3/ Les Préspermaphytes (Préphanérogames).....	3
1-2-2-4/ Les Spermaphytes (Phanérogames).....	3
A/ Les Gymnospermes.....	3
B/ Les Chlamydospermes.....	3
C/Les Angiospermes (graine dans un récipient).....	3
2/ Particularités de la cellule végétale.....	4
2-1/Les enveloppes cellulaires.....	4
2-1-1/Lamelle moyenne (partie externe).....	4
2-1-2/ Paroi primaire .....	4
2-1-3/ Paroi secondaire.....	5
2-2/ La membrane cellulaire.....	5
2-3/ Les plastes.....	5
2-3-1/ Les proplastes.....	5
2-3-2/ Les étioplastes.....	5
2-3-3/ Les chloroplastes.....	5
2-3-4/ Les chromoplastes.....	6
2-3-5/ Les leucoplastes.....	6
2-4/ La vacuole.....	6
2-5/ Les cytosomes.....	7
2-5-1/ Les lysosomes .....	7
2-5-2/ Les glyoxysomes.....	7

2-5-3/ Les peroxyosomes.....	7
------------------------------	---

## ***Chapitre II : Différents types des tissus végétaux***

Introduction.....	8
1 <sup>ère</sup> partie/ Tissus primaires.....	8
1/ Méristèmes primaires.....	8
1-1/Méristème racinaire.....	9
1-2/Méristème caulinaire.....	10
1-3/Transformation du méristème apical en méristème floral.....	12
2/ Tissus de protection.....	12
2-1/ L'épiderme (assise épidermique).....	12
2-2/ Rhizoderme (assise pilifère).....	13
2-3/ Endoderme.....	13
3/ Tissus de remplissage (Les parenchymes).....	15
3-1/ Parenchymes chlorophylliens (Chlorenchyme).....	15
3-1-1/ Parenchyme chlorophyllien palissadique.....	15
3-1-2/ Parenchyme chlorophyllien lacuneux.....	15
3-2/ Parenchymes de réserve.....	16
3-2-1/ Parenchymes aquifères.....	16
3-2-2/ Parenchyme aérifère.....	16
4/ Tissus de soutien.....	17
4-1/ Collenchyme.....	17
4-2/ Sclérenchyme.....	18
5/ Tissu conducteurs.....	19
6/ Tissus sécréteurs.....	20
2 <sup>ème</sup> partie/ Tissus secondaires.....	22
1/ Méristèmes secondaires.....	22
2/ Tissus conducteurs secondaires.....	22
3/ Tissus protecteurs secondaires.....	23

## ***Chapitre III : Anatomie des végétaux (Angiospermes)***

1/ Comparaison morphologiques entre les monocotylédones et dicotylédone.....	24
1-1/ Caractéristiques morphologiques des Monocotylédones.....	24
1-2/ Caractéristiques morphologiques des dicotylédones.....	24
2/ Comparaison anatomique entre les monocotylédones et dicotylédone.....	25
2-1/ Racine.....	25
2-1-1/ Ecorce.....	26

2-1-2/ Cylindre central (stèle).....	26
2-1-3/ Structure anatomique secondaire.....	30
2-2/ Tige.....	32
2-2-1/ Epiderme.....	32
2-2-2/ Ecorce (parenchyme cortical).....	32
2-2-3/ Cylindre central.....	32
2-2-4/ Moelle.....	32
2-2-5/ Différence anatomique entre les monocotylédones et dicotylédones.....	33
2-2-6/ Structures secondaires.....	36
2-3/ Feuille.....	38
2-3-1/ Epidermes (supérieur et inférieur).....	38
2-3-2/ Mésophylle.....	38
2-3-3/ Nervures (faisceaux cribrovasculaires).....	38
2-3-4/ Différences anatomiques entre les monocotylédones et dicotylédones.....	39
<b>Chapitre IV : Morphologie des organes végétaux</b>	
1/ Racine.....	42
1-1/ Types des racines.....	42
1-1-1/ Racine pivotante.....	42
1-1-2/ Racine fasciculée.....	42
1-1-3/ Racine tubérisée.....	42
1-2/ Modifications des racines.....	43
1-2-1/ Racines adventives.....	43
1-2-2/ Racines crampons.....	43
1-2-3/ Racines aériennes.....	43
1-2-4/ Racines succulentes.....	43
1-2-5/ Racines échasses.....	43
1-2-6/ Racines contreforts.....	43
1-2-7/ Pneumatophores.....	43
1-2-8/ Racines suçoirs.....	43
2/ Tige.....	46
2-1/ Types des tiges.....	47
2-1-1/ Tiges aériennes.....	47
2-1-2/ Tiges souterraines.....	47
2-1-3/ Tiges aquatiques.....	48
2-1-4/ Plantes acaules.....	48

3/ Feuille.....	52
3-1/ Classification des feuilles.....	52
3-1-1/ Forme de limbe.....	52
3-1-2/ Nervation.....	56
3-1-3/ Phyllotaxie.....	58
3-1-4/ Pétiole.....	59
3-2/ Parties accessoires des feuilles.....	59
3-3/ Adaptations morphologiques des feuilles.....	61
3-3-1/ A la fonction de nutrition.....	61
3-3-2/ A la fonction de protection.....	61
3-3-3/ A la fonction de réserve.....	62
4/ Fleur.....	63
4-1/ Périclyme.....	64
4-1-1/ Calice.....	64
4-1-2/ Corolle.....	65
4-2/ Pièces reproductrices.....	66
4-2-1/ Androcées.....	66
4-2-2/ Gynécée.....	67
4-3/ Inflorescence des fleurs.....	70
5/ Fruit.....	72
5-1/ Vrai fruit.....	73
5-1-1/ Fruit sec.....	73
5-1-2/ Fruits charnus.....	75
5-2/ Faux fruit.....	76
5-3/ Fruit composé.....	76
6/ Graine.....	78
 <b>Chapitre V : Reproduction chez les Angiospermes</b>	
1/ Gamétogénèse.....	80
1-1/ Les organes reproducteurs mâles (étamines).....	80
1-2/ Les organes reproducteurs femelles (carpelles ou gynécée).....	82
1-2-1/ Structure de l'ovule.....	82
1-2-2/ Formation de la mégaspore (macrospore).....	83
1-2-3/ Formation du sac embryonnaire.....	84
2/ Pollinisation.....	84
2-1/ Pollinisation autogame.....	85

2-2/ Pollinisation hétérogame.....	85
3/ La double fécondation.....	85

*Chapitre I*  
*Organisation*  
*cellulaire des végétaux*

## **Chapitre I : Organisation cellulaire des végétaux**

### **Introduction**

Un végétal par définition est un être vivant chlorophyllien, fixé au sol, capable de transmettre l'énergie qu'il reçoit du soleil par ses feuilles et de se nourrir principalement des sels minéraux et de gaz carbonique. Les cellules végétales sont exclusivement limitées par des parois squelettiques de nature cellulosique.

### **1/Classification des végétaux**

Dans le règne végétal, on distingue :

**1-1/ Les Protocaryotes (Procaryotes) :** ce sont des êtres vivants unicellulaires qui se reproduisent par simple multiplication cellulaire.

**1-2/ Les Eucaryotes :** qui sont pour la plupart pluricellulaires et se multiplient essentiellement par reproduction sexuée.

Chez les végétaux eucaryotes, on distingue deux grands groupes :

#### **1-2-1/ Les Thallophytes**

\*Leur appareil végétatif est appelé **thalle** (toutes les cellules se ressemblent sans différenciation physiologique c'est-à-dire que toutes les fonctions sont réparties dans toutes les cellules).

\*L'absorption de l'eau et des sels minéraux se fait au niveau de la surface de la paroi de toutes les cellules.

\*Le thalle présente, en fonction des espèces, des formes très variables allant de l'état **unicellulaire** jusqu'à des structures complexes (**pluricellulaires**).

\*La reproduction se fait par des spores ou des gamètes.

#### **1-2-1-1/ Les Phycophytes (Algues)**

\*Organisme autotrophe (capables d'assurer la photosynthèse)

\*On distingue trois groupes principaux : **les Chlorophycophytes** (algues vertes), **les Chromophycophytes** (algues brunes) et **les Rhodophycophytes** (algues rouges).



### **1-2-1-2/Les Mycophytes (champignons)**

\*Thalle sous forme d'un filament appelé mycélium.

\*Organisme hétérotrophe (incapables d'assurer la photosynthèse).

\*Les champignons présentent plusieurs formes de vie : libre, parasite, symbiotique.

### **1-2-2/ Les Cormophytes**

\*Ont une structure appelée **Cormus** (une tige avec des feuilles)

\*Les fonctions physiologiques sont bien définies (absorption de l'eau et des sels minéraux par les racines, la photosynthèse par les feuilles et la reproduction par les tiges).

#### **1-2-2-1/ Les Bryophytes (mousses)**

\*Organisme autotrophes

\* Possèdent une véritable tige feuillée

\* Ils ne l'ont pas de véritable système racinaire



**Figure 1** : Les bryophytes (mousses)

#### **1-2-2-2/ Les Ptéridophytes (fougères)**

\*Possèdent de véritables tissus conducteurs



**Figure 2** : Les ptéridophytes (fougères)

### 1-2-2-3/ Les Préspermaphytes (Préphanérogames)

C'est un groupe intermédiaire entre les ptéridophytes et les spermaphytes.

### 1-2-2-4/ Les Spermaphytes (Phanérogames)

Sont des plantes qui produisent des **graines** (plantes à graines), sont appelés aussi plantes à **ovules**, se distingue donc des algues, des mousses et des fougères.

#### A/ Les Gymnospermes

\*Caractérisés par un ovule et une graine non protégée

\*La fleur est réduite aux pièces reproductrices

#### B/ Les Chlamydospermes

\*Ils sont considérés comme intermédiaires entre les gymnospermes et les Angiospermes

\*Les organes reproducteurs sont entourés par une simple enveloppe

#### C/ Les Angiospermes (graine dans un récipient)

\*Caractérisés par l'apparition d'ovaire qui protège les ovules

\*Les appareils reproducteurs se trouvent dans un organe appelé fleur

\*Se sont donc des végétaux qui portent des fruits

\*Les Angiospermes comprennent les dicotylédones et les monocotylédones

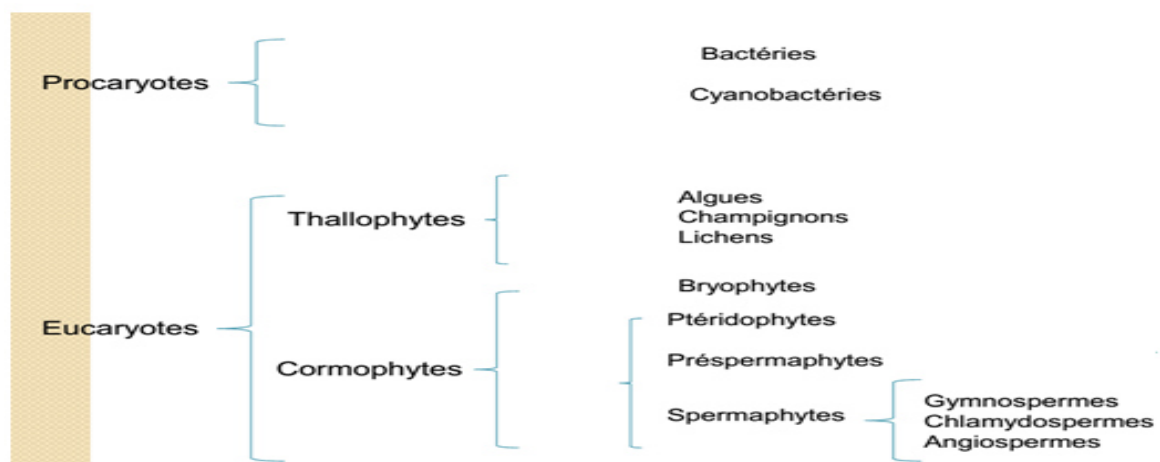


Figure 3 : Classification générale de règne végétal

## 2/ Particularités de la cellule végétale

Les cellules végétales des Angiospermes ont en générale une forme géométrique car elles sont entourées par **une paroi squelettique rigide**. L'intérieur de la cellule est occupé en grande partie par **une vacuole**. Elle renferme aussi des organites appelés **chloroplastes** qui lui sont spécifique.

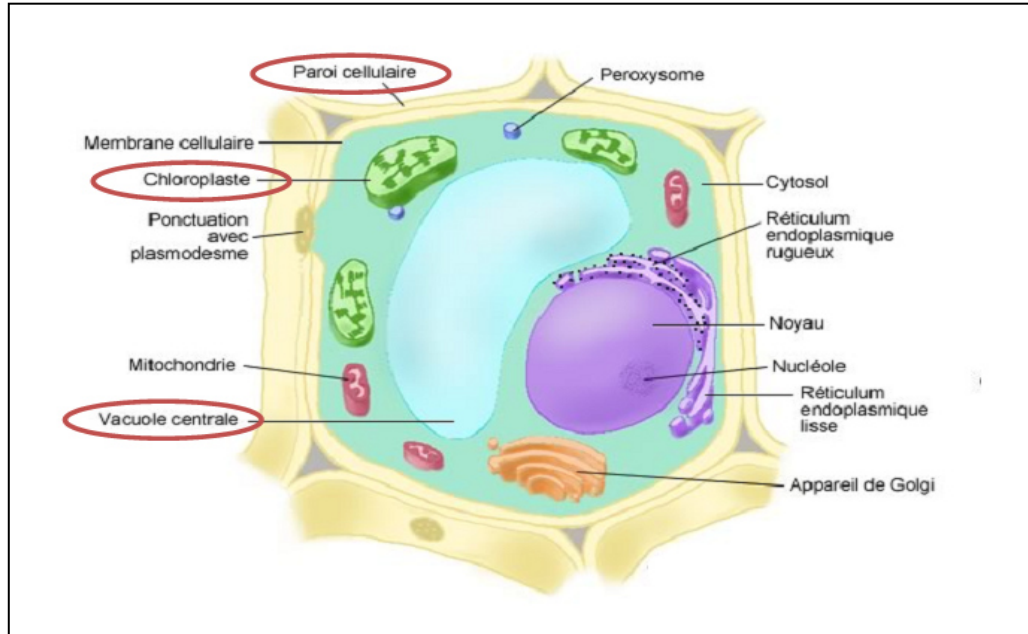


Figure 4 : Cellule végétale eucaryote

### 2-1/Les enveloppes cellulaires

Deux types d'enveloppes entourent les cellules végétales. **La paroi pectocellulosique**, elle est **épaisse et rigide**. Composée principalement d'un produit du métabolisme secondaire : **la cellulose**. Son rôle est d'assurer le maintien de la cellule et ses liaisons physiques avec les cellules voisines. **La membrane cellulaire**, pour sa part, est aussi présente chez la cellule végétale, elle est située à l'intérieur de cellule et renferme les organites cellulaires. La paroi pectocellulosique est formée de plusieurs couches qui sont de l'extérieur vers l'intérieur.

#### 2-1-1/Lamelle moyenne (partie externe)

C'est la partie **externe**, composée par des substances de nature **pectique (ciment intracellulaire)** qui assure **la cohésion entre les cellules**.

#### 2-1-2/ Paroi primaire

Elle est située entre la lamelle moyenne et la paroi secondaire. Elle est de nature pectocellulosique. Elle est extensible, ce qui permet la croissance cellulaire (élongation)

### 2-1-3/ Paroi secondaire

Elle est située entre la membrane cytoplasmique et la paroi primaire. Elle apparaît lors de la différenciation cellulaire. Elle est constituée de cellulose et d'hémicellulose et riche en composés phénoliques (structure solide et non extensible).

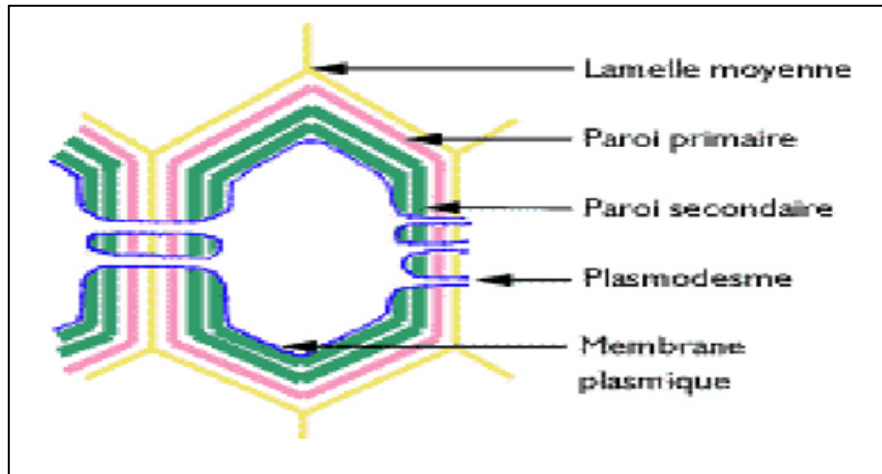


Figure 5 : Structure de la paroi pectocellulosique

**2-2/ La membrane cellulaire :** chez la cellule végétale on distingue l'existence de deux membranes importantes ; **le plasmalemme** qui est une enveloppe mince, délimitant le milieu intracellulaire du milieu extracellulaire, formée par une double couche lipidique et **Le tonoplaste** qui est une membrane qui sépare la vacuole du cytoplasme dont il est perméable aux éléments qui seront stockés dans la vacuole.

### 2-3/ Les plastes

Les plastes sont des organites cellulaires présents dans le cytoplasme des **cellules végétales eucaryotes**, ils sont issus des **proplast**s. Possédant leur **propre ADN**, limités par une double membrane ; une **interne** et une autre **externe** qui forment l'**enveloppe plastidiale**. On peut distinguer plusieurs types de plastes : les proplast, les étioplastes, les chloroplastes, les chromoplastes, les leucoplastes, les amyloplastes, .....

**2-3-1/ Les proplast**s : plastes non différenciés

**2-3-2/ Les étioplast**s : plastes des plantes qui manquent de la lumière

**2-3-3/ Les chloroplast**s : c'est un groupe des plastes contenant dans leurs structures les pigments carotène et chlorophylle qui assurent l'absorption de l'énergie solaire qu'ils transforment en énergie chimique au cours de la photosynthèse. C'est la chlorophylle

contenue dans les chloroplastes qui donne la couleur verte aux plantes et c'est également elle qui permet aux formes de vie végétale de croître afin d'alimenter les formes de vie animale.

**2-3-4/ Les chromoplastes** : comprennent tous les plastes renfermant dans leur structure le pigment **carotène**. C'est ce carotène qui donne sa **couleur jaune, rouge ou orange** aux fleurs, aux fruits mûrs et aux feuilles à l'automne. Les chromoplastes se rencontrent habituellement chez les cellules végétales exposées à la lumière. Cependant, certaines cellules non exposés à la lumière peuvent aussi contenir du carotène (la carotte dans le sol).

**2-3-5/ Les leucoplastes** : plastes sans pigments, ce qui suggère une localisation dans les racines et les tissus non photosynthétiques. Ils peuvent se spécialiser pour stocker des réserves d'**amidon**, de **lipides** ou de **protéines**, ils sont respectivement appelés **amyloplast**, **oléoplaste** ou **protéinoplaste**.

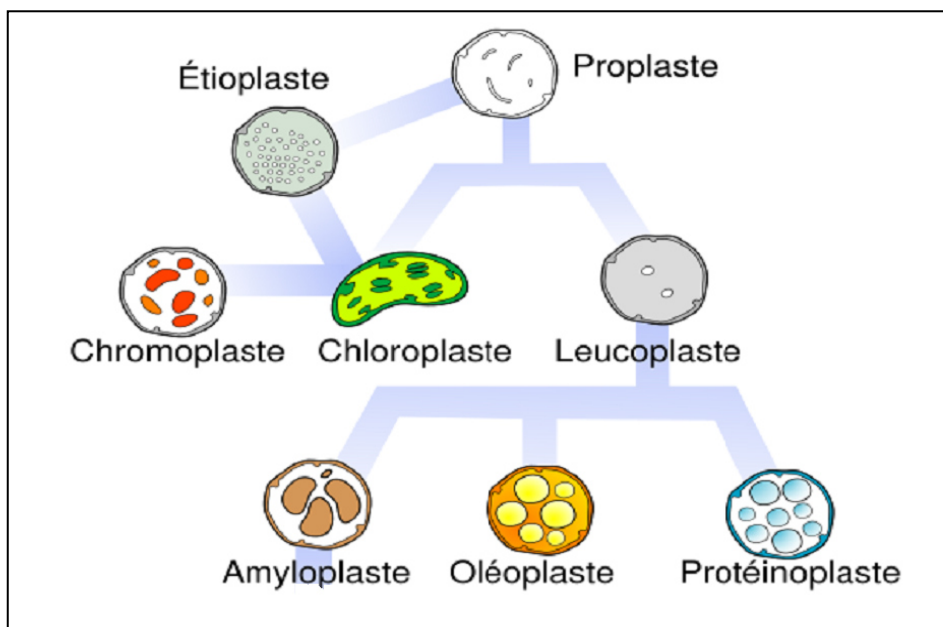


Figure 6 : Différents types de plastes

## 2-4/ La vacuole

C'est un organe délimité par une membrane appelé **le tonoplaste**, remplis d'eau et contenant diverses molécules inorganiques et organiques. La vacuole des végétaux peut occuper même 90% de l'espace cellulaire. Elle effectue de nombreux échanges avec le cytoplasme. C'est un lieu de **stockage**. L'intérieur de la vacuole se nomme le **suc vacuolaire**. La totalité de l'appareil vacuolaire est **le vacuome**.

## **2-5/ Les cytosomes**

Sont des organites cellulaires sphériques, limités par une membrane simple, contiennent un certain nombre d'enzymes :

**2-5-1/ Les lysosomes** : contiennent des enzymes lytiques qui coupent de nombreuses macromolécules comme les polysaccharides et les acides nucléiques.

**2-5-2/ Les glyoxysomes** : en collaboration avec les mitochondries, ils assurent la transformation des lipides de réserve en glucides

**2-5-3/ Les peroxyosomes** : se trouve dans les cellules photosynthétiques actives. Ils sont le siège des principales étapes de la photorespiration, en particulier le dégagement de CO<sub>2</sub>.

*Chapitre II*

*Différents types des*  
*tissus végétaux*

## Chapitre II : Différents types des tissus végétaux

### Introduction

Un tissu est un groupement de cellules ayant une même origine embryonnaire, ayant le même aspect et qui sont semblablement différenciées dans le but de remplir une fonction déterminée. Les tissus peuvent se diviser en plusieurs catégories structurales ou fonctionnelles.

### 1<sup>ère</sup> partie/ Tissus primaires

#### 1/ Méristèmes primaires

Ces méristèmes sont localisés à l'extrémité des tiges (**méristème caulinaire**) et des racines (**méristème racinaire**) et ils assurent la croissance en longueur. L'embryon des Angiospermes comporte déjà les ébauches des futurs méristèmes **caulinaires** et **racinaires**. Le fonctionnement des méristèmes primaires aboutit à l'obtention des différents tissus. Ils sont dénommés **tissus primaires** pour les différencier des **tissus secondaires** qui apparaissent chez certaines plantes ultérieurement.

Les cellules du méristème primaire sont **petites** et **isodiamétriques**. Elles sont parfaitement **jointives** (pas de méats). Elles possèdent **un noyau central** occupant **une partie importante** du volume cellulaire. L'appareil **vacuolaire** est **réduit** et il est constitué par de très **petites vacuoles** qui sont soit sphériques soit disposés en un très fin réseau. Les mitochondries sont nombreuses et il n'existe pas de plastes différenciés.

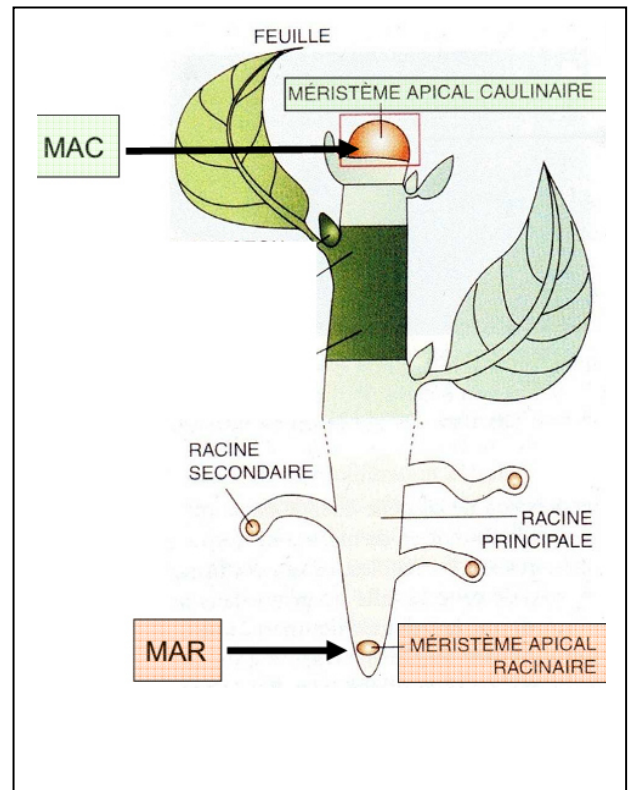


Figure 7 : Emplacement des méristèmes



Tableau I : Caractéristiques des méristèmes primaires.

<b>Localisation</b>	Extrémités des tiges et des racines
<b>Rôles</b>	Assurent la croissance en longueur
<b>Cellules</b>	Petites, isodiamétriques
<b>Noyau</b>	Sphériques, volumineux, centraux, très riche en chromatine
<b>Cytoplasme</b>	Dense abondant
<b>Vacuoles</b>	Nombreuses et petites
<b>Paroi</b>	Pectocellulosique
<b>Plastes</b>	Plastes non différenciés (proplastés)

### 1-1/Méristème racinaire

L'allongement des racines se fait par son extrémité au niveau du méristème racinaire, ce dernier il est uniquement **histogène**. Il ne produit pas d'organes latéraux donc il n'est pas **organogène**. A l'extrémité des racines, on distingue :

**Une coiffe**, qui protège le méristème contre la rugosité du sol. Entre celle-ci et les poils absorbants, on observe une zone **quiescente** (sans division cellulaire).

**Une zone de multiplication ou de division**, juste au-dessus de la coiffe, comprend le méristème apical et les méristèmes qui en dérivent. C'est à cet endroit que se fait l'absorption des sels minéraux.

**Une zone d'élongation**, au dessus de la zone de division cellulaire, les cellules du méristème deviennent plus longues et permettent à la racine de s'enfoncer dans le sol.

**Une zone de différenciation**, avant d'avoir terminé leur croissance, les cellules commencent à se spécialiser.

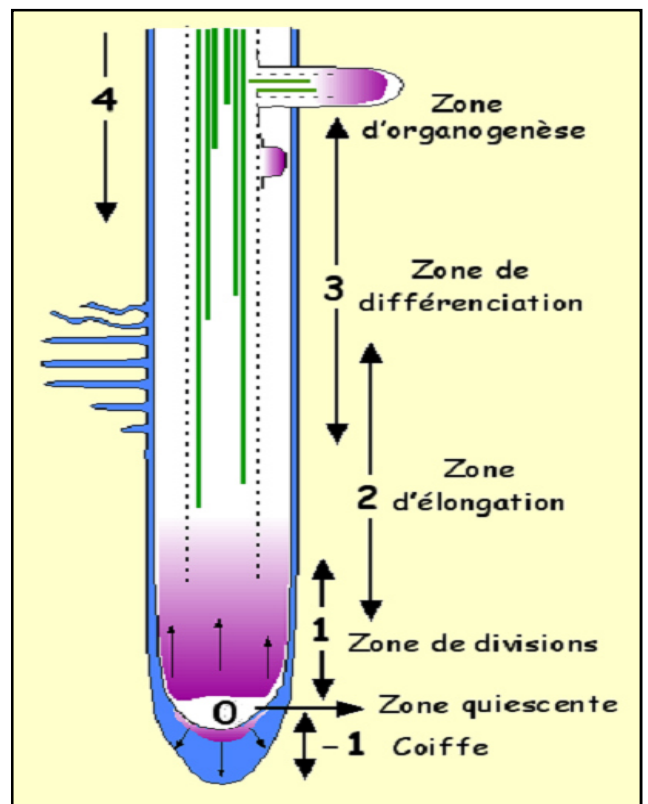
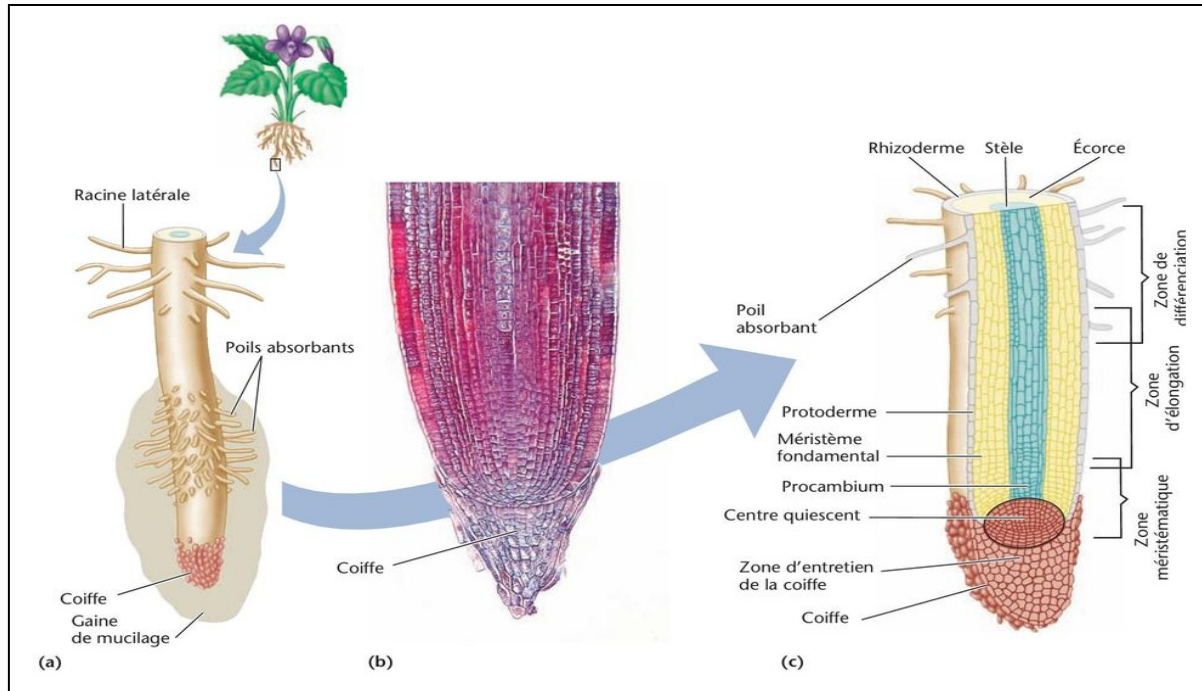


Figure 8 : Différentes zone à l'extrémité d'une racine



**Figure 9** : Méristème apical racinaire (a) extrémité d'une racine, (b) coupe longitudinale de l'extrémité d'une racine observée au microscope optique (c) le méristème apical racinaire avec les principales zones.

Les racines latérales se forment de manière endogène à quelque distance de l'apex à partir du **péricycle** (assise cellulaire située entre l'écorce et la stèle). Le péricycle initie les ramifications de la racine. La structure et le fonctionnement des ramifications sont identiques à celui du méristème apical de la racine.

## 1-2/Méristème caulinaire

Le méristème caulinaire (de la tige) est responsable de l'édification de la partie aérienne de la plante, de lui, apparaissent des cellules qui en se multipliant et en se différenciant donneront **les tiges, les feuilles, les bourgeons axillaires et les bourgeons floraux**, il est donc **histogène et organogène**. De manière tout à fait répétitive et indéfinie, jusqu'à la mort de la plante.

Une coupe longitudinale d'un méristème végétatif caulinaire sous forme d'un dôme de 0.5 à 3 mm, montre l'existence de trois zones essentielles :

Une zone axiale (Za), avec deux couches superficielles, les tunicas T1 et T2 et le corpus C.

Une zone latérale (ZL), entourant la zone axiale (Za), la partie à droite correspond à l'apparition d'une feuille (ZLF). On distingue des divisions péricleines (cloisons parallèles à la surface).

Un méristème médullaire (Mm), aux mitoses peu fréquentes formant des files empilés de cellules à l'origine de la moelle centrale M.

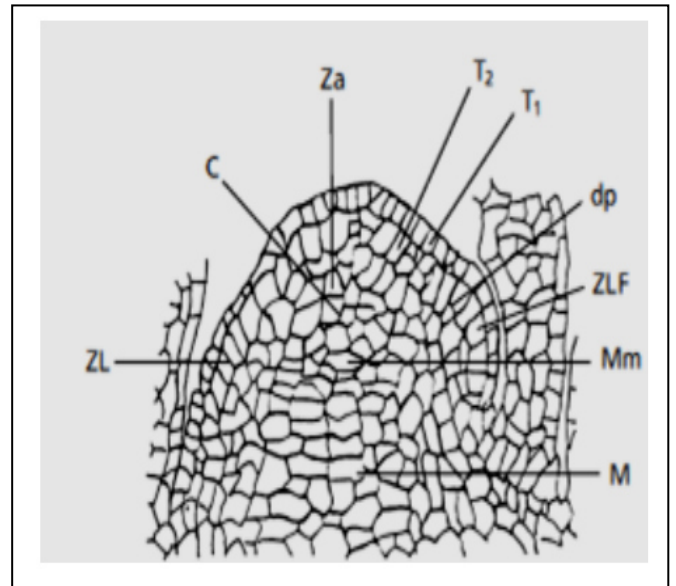


Figure 10 : Différentes zone du méristème caulinaire

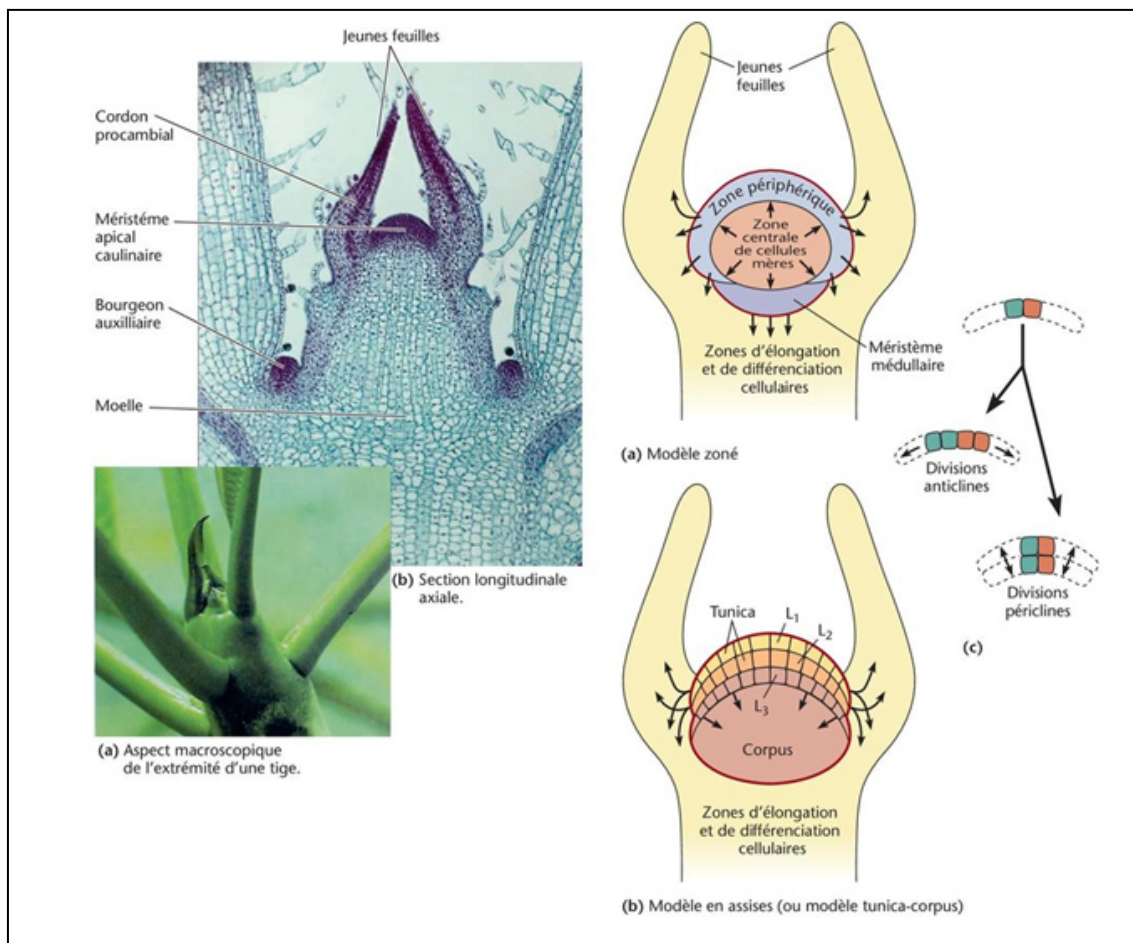


Figure 11 : Méristème apical caulinaire

### 1-3/Transformation du méristème apical en méristème floral

Sous l'action de signaux mal identifiés (peut être des protéines sensibles à la lumière ; un **phytochrome** et un **cryptochrome**). Les méristèmes caulinaires vont se transformer en **méristèmes floraux**, et vont donc être responsables de la forme d'une fleur. Cette fleur peut être unique ou en inflorescence.

\*Ces transformations correspondent à un ralentissement d'activité de **la zone latérale (ZL)** qui donnera **les sépales** (premières pièces florales apparaissant).

\*Le **corpus** donne naissance au **réceptacle floral** suite à sa prolifération abondante

\*La **tunica T2** sera à l'origine des **pièces florales reproductrices**

## 2/ Tissus de protection

### 2-1/ L'épiderme (assise épidermique)

L'épiderme est un tissu végétal superficiel formant une assise continue de cellules qui recouvre les parties aériennes d'une plante et fournit une protection contre la dessiccation et les agressions extérieures tout en permettant les échanges gazeux avec l'atmosphère.

L'épiderme est interrompu par des **cellules stomatiques**. La paroi externe des cellules épidermiques est épaissie par un dépôt de **cutine** (matière cireuse de nature lipidique) constituant **la cuticule**.

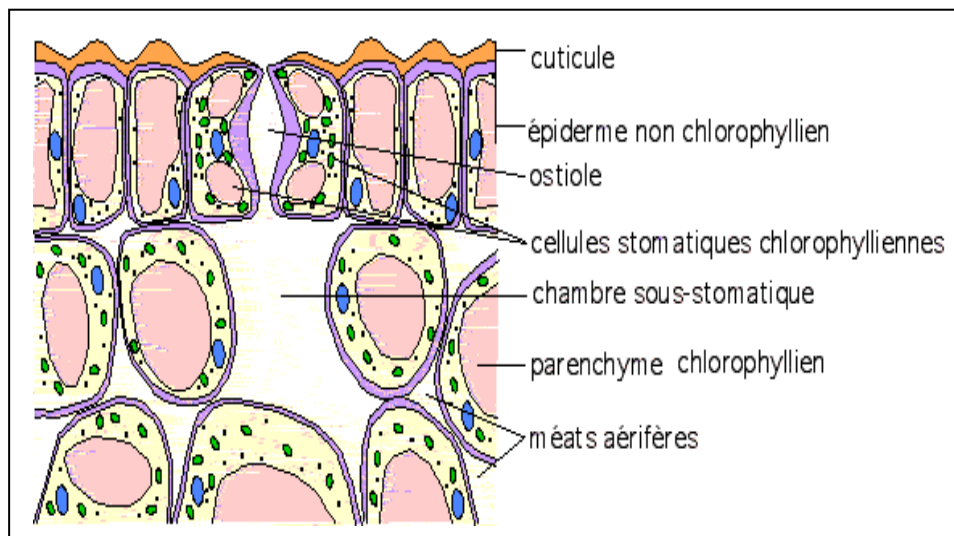


Figure 12 : Cellules épidermiques

## 2-2/ Rhizoderme (assise pilifère)

C'est un tissu superficiel des racines d'une plante, équivalent de l'épiderme des parties aériennes, parfois appelé épiderme racinaire. A la différence de l'épiderme, il est **dépourvu de cuticule et de stomate**. Dans la toute jeune racine, de nombreuses cellules du rhizoderme forment **des poils absorbants (cellules hypertrophiées)** spécialisés dans la collecte de l'eau et des sels minéraux présents dans le sol.

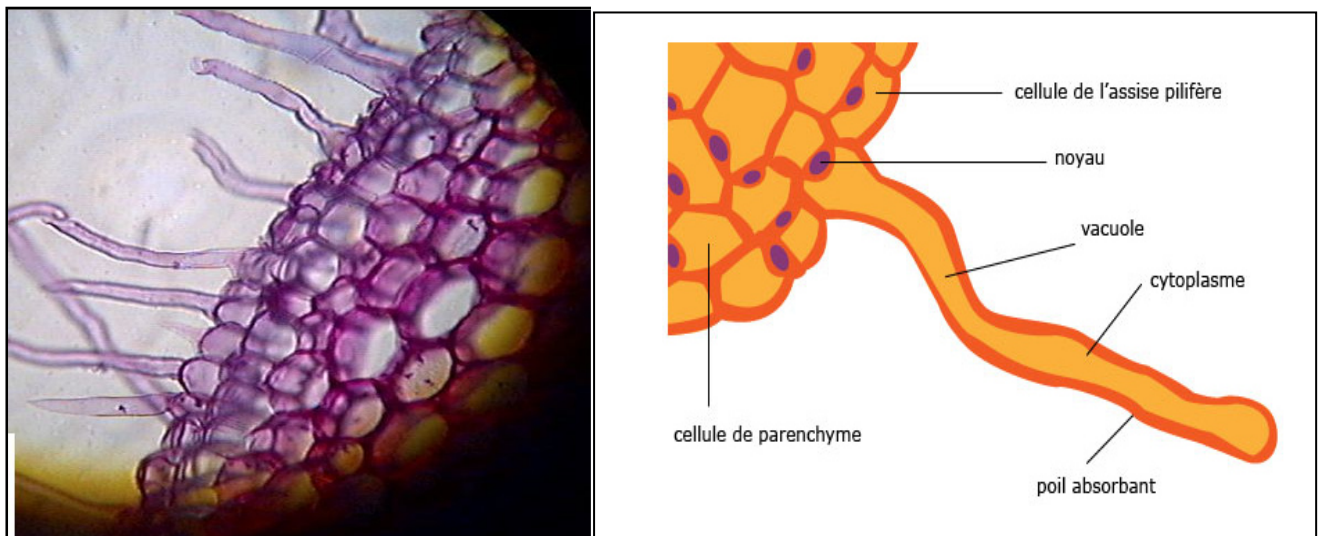


Figure 13 : Poils absorbants chez le rhizoderme

## 2-3/ Endoderme

L'endoderme correspond à la partie la **plus interne d'écorce** végétale dans les jeunes tiges et les jeunes racines, souvent constituée **d'une seule assise de cellule**. Plus la plante va devenir âgée, plus l'endoderme va se lignifier en formant ainsi les **cadres de Caspary** qui assurent ainsi une sélectivité des substances assimilées via l'empêchement des voies de transports **apoplasmiques** et l'obligation des voies de transport **symplasmique**.

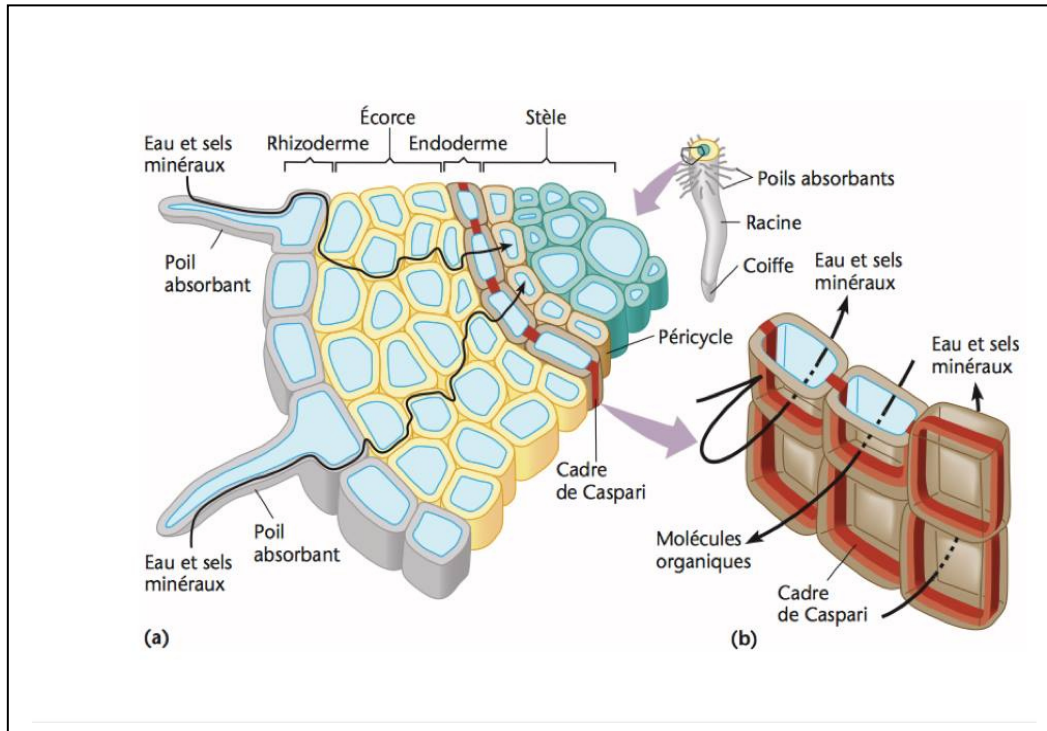


Figure 14 : Endoderme et le cadre de Caspary

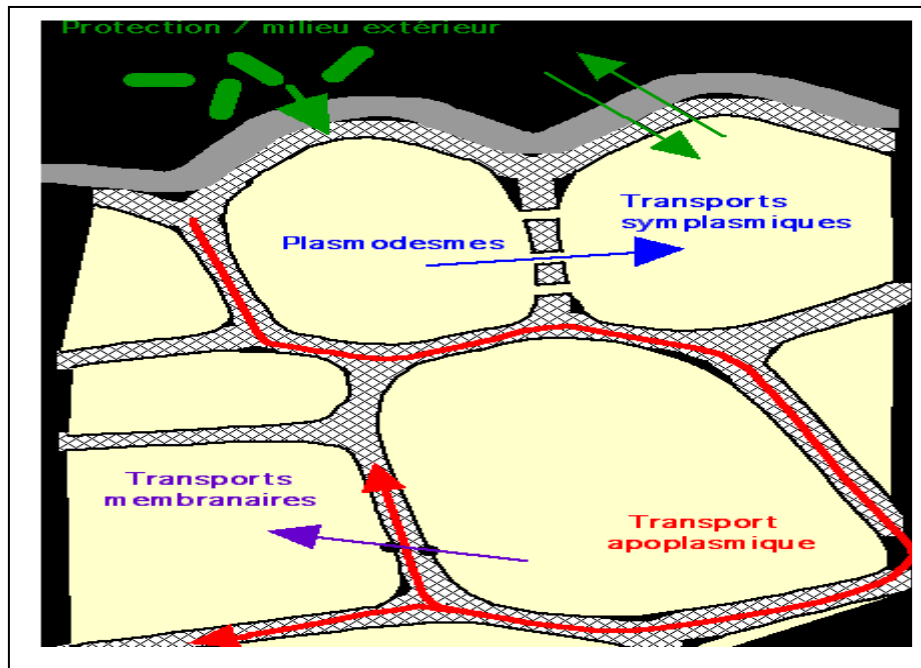


Figure 15 : Voies de transport symplasmique at apoplasmique

### **3/ Tissus de remplissage (Les parenchymes)**

Les parenchymes, nés du fonctionnement des méristèmes primaires, sont formés de **cellules vivantes**. Les cellules parenchymateuses sont volumineuses, isodiamétriques ou allongées. Leurs vacuoles sont très développées mais leurs parois pectocellulosiques sont minces et flexible à cause de **l'absence de paroi secondaire**. Le parenchyme se localise dans le cortex (**parenchyme cortical**) ou bien dans la moelle (**parenchyme médullaire**) des tiges et des racines, dans le mésophylle des feuilles et dans la chaire des fruits. On classe ces tissus d'après leurs fonctions en : **parenchymes chlorophylliens** qui assurent la photosynthèse, les **parenchymes de réserve**, plus interne, qui accumulent des composés organiques (sucres, lipides, protéines) et autres comme l'eau et l'air. La structure des parenchymes est plus ou moins compacte. Aussi, le **parenchyme lacuneux** qui est très poreux, a un rôle dédié aux échanges gazeux avec le milieu.

#### **3-1/ Parenchymes chlorophylliens (Chlorenchyme)**

Ils sont caractérisés par la présence de nombreux **chloroplastes** dans leurs cellules. Les cellules du parenchyme chlorophyllien laissent entre elles des méats et prennent une forme arrondie. Elles peuvent être aussi séparées par de grandes lacunes assurant la circulation des gaz. Les parenchymes chlorophylliens sont abondants dans les organes aériens notamment dans les feuilles qui renferment deux types de chlorenchyme :

**3-1-1/ Parenchyme chlorophyllien palissadique** : cellules allongées et accolées les unes aux autres, sans méats. Les cellules situées du côté de la face foliaire supérieure des feuilles présentent un nombre important en chloroplastes en assurant ainsi **la photosynthèse**.

**3-1-2/ Parenchyme chlorophyllien lacuneux** : cellules plus ou moins arrondies ou étoilées, caractérisées par un nombre réduit de chloroplastes, entre lesquelles se trouve de grandes lacunes afin d'assurer les échanges gazeux par les stomates et qui se trouvent dans la face foliaire inférieure.

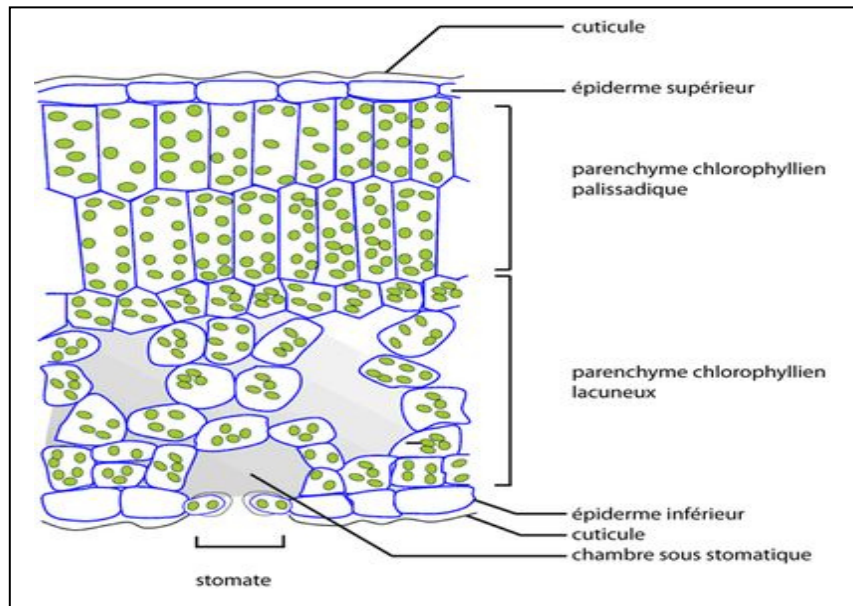


Figure 16 : Parenchyme chlorophyllien et lacuneux dans une feuille

### 3-2/ Parenchymes de réserve

Ils sont abondants dans les organes souterrains. La moelle des tiges est en général constituée par un parenchyme amylofère. On les trouve aussi dans les fruits et les graines. Les parenchymes de réserve sont constitués de **cellules vivantes** avec **des plastes non pigmentés**. Ils élaborent de volumineux grains d'amidons dans leurs stromas à partir des produits de la photosynthèse des organes aériens, ils mobilisent et restituent ces réserves ultérieurement lors des reprises de la végétation. Les réserves peuvent être aussi sous forme de **glucides** (betterave à sucre), de **lipides** (graines d'arachides) et de **protides** (graines de céréales),

#### 3-2-1/ Parenchymes aquifères

Parenchymes qui mettent en réserve de l'eau dans de grandes vacuoles. Les cellules sont grandes à méats. Ces parenchymes sont abondants dans les tiges et les feuilles des plantes succulentes (plantes grasses). Certains végétaux utilisent l'eau mise en réserve pendant la période de sécheresse.

#### 3-2-2/ Parenchyme aérifère

Fréquent chez les plantes aquatiques, se sont des parenchymes lacuneux, où les grandes lacunes emmagasinent de l'air : CO<sub>2</sub> et O<sub>2</sub> pour les échanges gazeux.



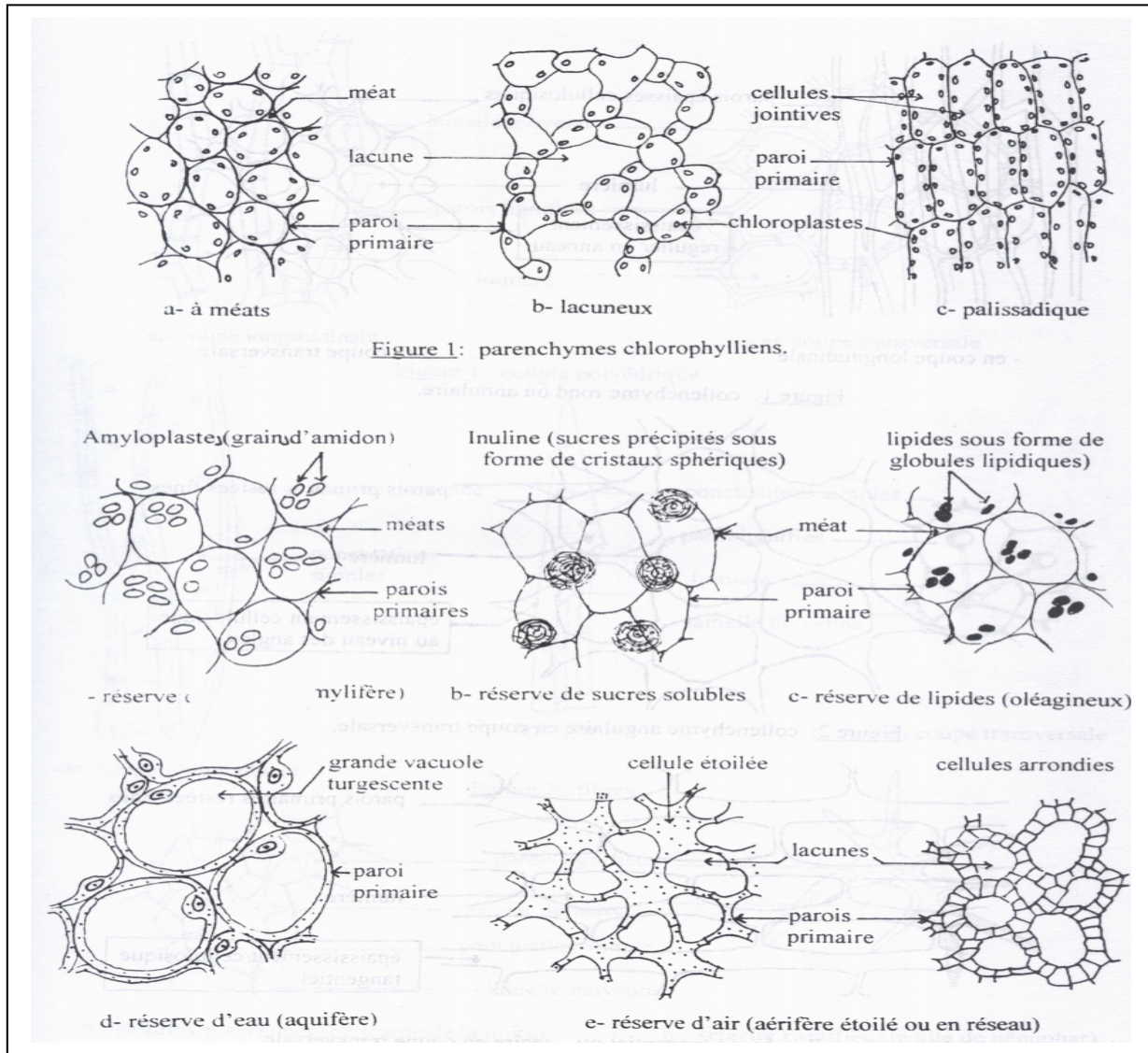


Figure 17 : Différents types de tissus de réserve

#### 4/ Tissus de soutien

##### 4-1/ Collenchyme

C'est le tissu de soutien des **organes jeunes et en croissance**, situé en général sous l'épiderme des tiges et des pétioles, caractérisé par des cellules **vivantes** plus ou moins allongées, **dépourvues de paroi secondaires**, dont les parois primaires sont épaissies par un dépôt de cellulose, ce qui confère à la plante une grande résistance. On peut distinguer trois types d'épaississement :

\***Annulaire** : dépôt de cellulose uniformément réparti tout autour de la paroi

\***Angulaire** : épaississement cellulosique de la paroi au niveau des angles

\***Tangentiel** : épaissement des parois tangentielles (uniquement les parois parallèles à la surface externe)

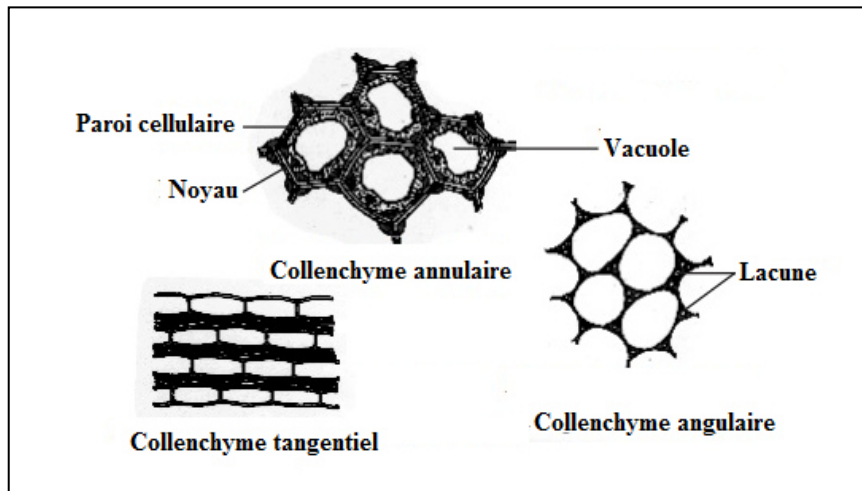


Figure 18 : Différents types de collenchyme

#### 4-2/ Sclérenchyme

Le sclérenchyme est un tissu de soutien des organes dont **l'allongement est achevé** (parties de la plante qui ne sont plus en croissance). C'est un tissu constitué de cellules **allongées, mortes** dont les **parois sont épaissies** par un dépôt de **lignine** qui confère la dureté et la rigidité à la plante. Les cellules de sclérenchyme sont regroupées en **fibres scléreuses** sous forme de faisceaux ou bien en **sclérites** sous formes des cellules présentant des formes irrégulières.

Chez les végétaux pourvus d'importants tissus secondaires, le rôle de soutien est plutôt assuré par les tissus conducteurs secondaires plutôt que le collenchyme et le sclérenchyme.

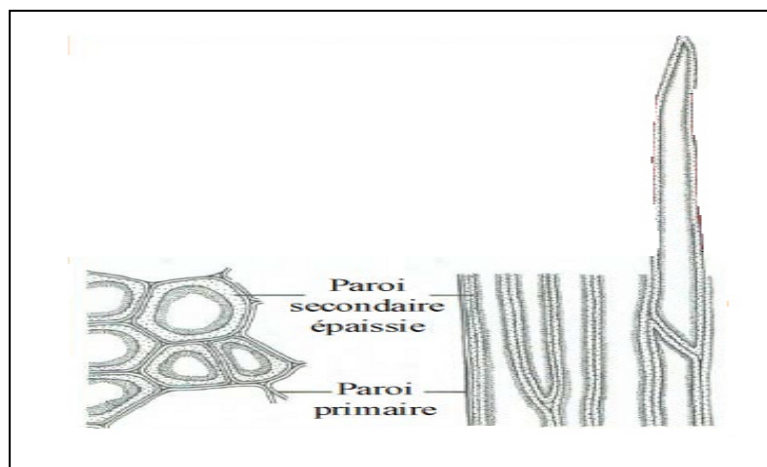


Figure 19 : Différents types de sclérenchyme

## **5/ Tissu conducteurs**

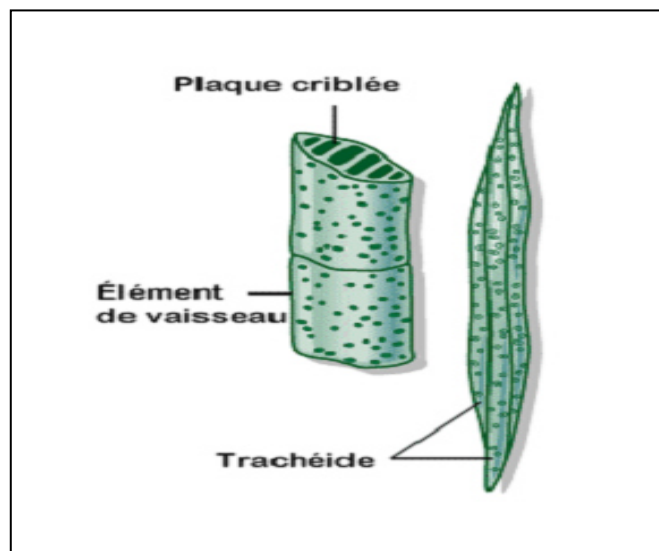
Les tissus conducteurs des Angiospermes sont **le xylème et le phloème**. **Le xylème** conduit la **sève brute** (eau+sel minéraux) minéraux puisés dans le sol par les racines, **le phloème** conduit la **sève élaborée** (substances organiques provenant de la photosynthèse) vers tous les organes de la plante. Le xylème et le phloème sont étroitement associés et forment le système vasculaire qui assure les corrélations entre les différentes parties de la plante.

Une zone génératrice appelée **cambium libéro-ligneuse** se met **entre le xylème primaire et le phloème primaire**, sa différenciation donne naissance à des tissus conducteurs secondaires appelés **xylème secondaire (le bois) et phloème secondaire (le liber)**.

Le xylème est formé de deux types de cellules

**\*Les trachéides** sont des cellules **mortes allongées**, moins riches en lignines, les extrémités sont en biseau où la sève circule via les perforations et les ponctuations.

**\*Trachés (vaisseaux)**, constitué de cellules **mortes**, assez **larges et plus courtes** que celles des trachéides. Leurs extrémités sont ouvertes et la sève y circule librement.

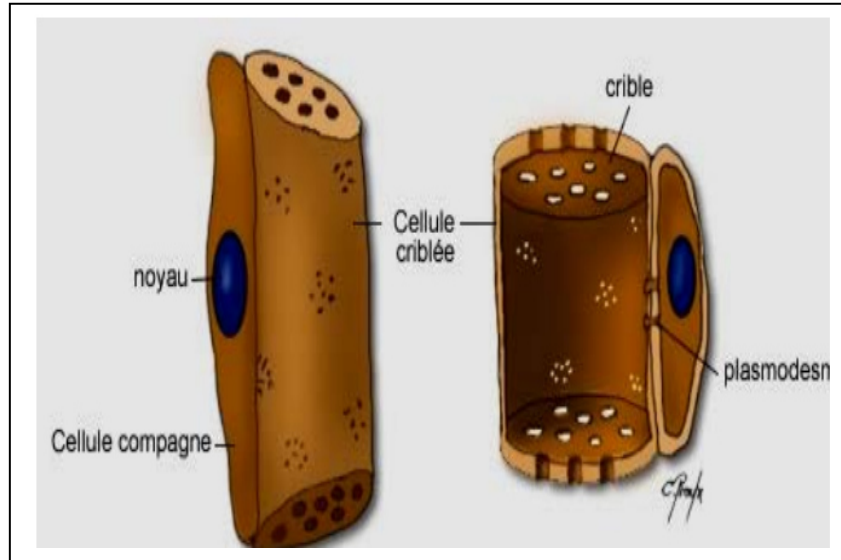


**Figure 20 : Eléments de xylème**

Le phloème est aussi formé par deux types de cellules

**\*Les cellules criblées**, ce sont des **cellules vivantes** allongées ayant conservé leur paroi cellulosique et leur cytoplasme mais **dépourvus de noyau**. Leurs parois transversales sont perforées et appelées des cribles, permettant le passage de la sève élaborée.

\***Les cellules compagnes**, sont des cellules **vivantes** associées aux cellules criblées et qui communiquent avec elles par des plasmodesmes en assurant ainsi toutes les fonctions nécessaires que les tubes criblés ne peuvent plus remplir.



**Figure 21** : Eléments de phloème

## **6/ Tissus sécréteurs**

Ce sont des tissus spécialisés dans la synthèse et la sécrétion de certaines substances (essences, latex.....ect). Ces tissus peuvent accumuler les produits synthétisés au sein de leurs cellules ou bien les rejeter hors de celles-ci dans des cavités ménagées dans les organes, c'est le cas d'excrétion des produits sécrétés. On peut distinguer deux catégories de tissus sécréteurs :

- Tissus sécréteurs externes** comme l'épiderme et les poils sécréteurs
- Tissus sécréteurs internes** comme les poches et les canaux sécréteurs

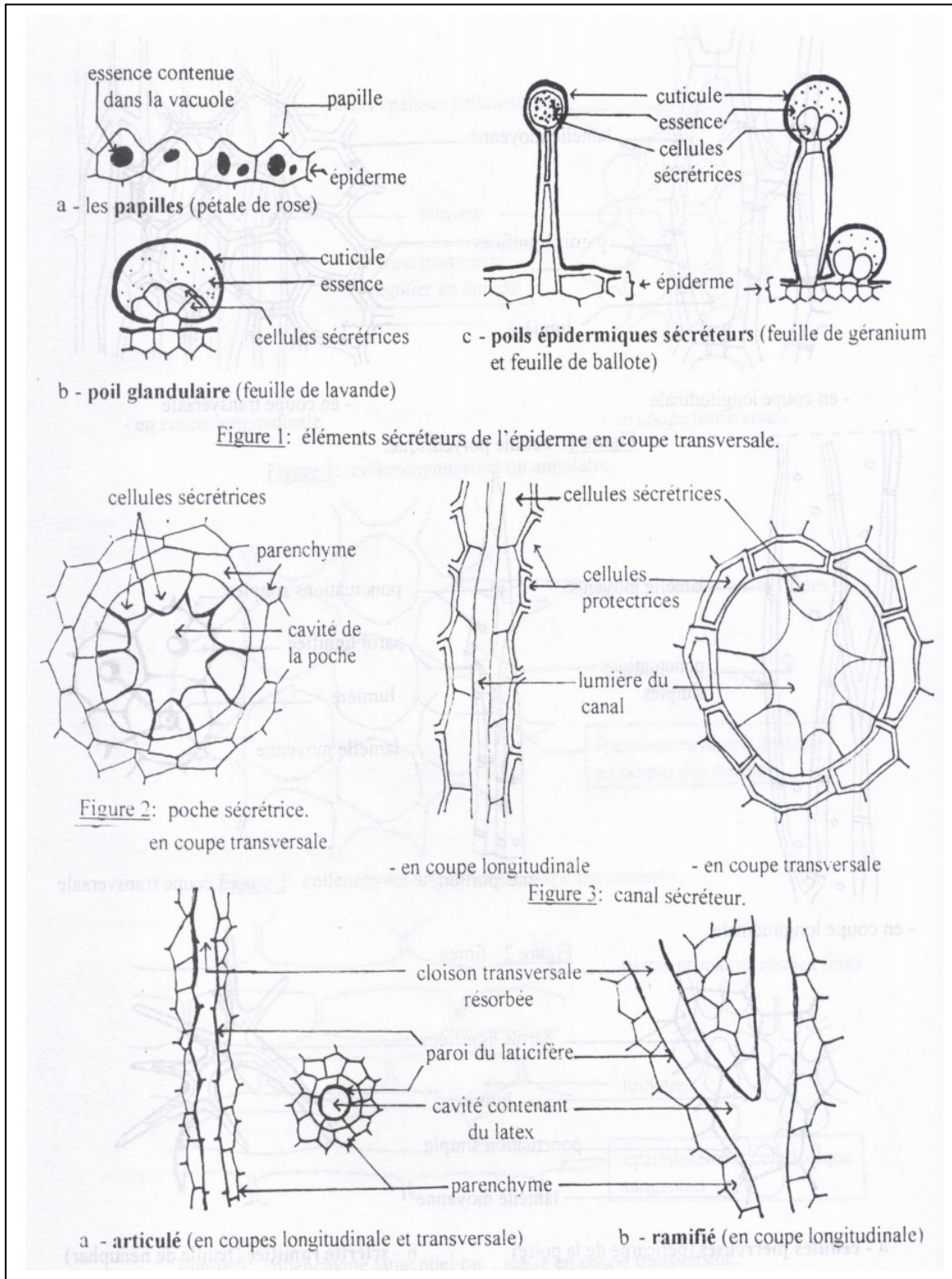


Figure 22 : Différents types de tissus sécréteurs

## **2<sup>ème</sup> partie/ Tissus secondaires**

Lorsque la croissance primaire s'achève, elle peut être suivie d'une croissance toute différente. Elle est due au fonctionnement des **méristèmes secondaires** ou **zones génératrices** qui se divisent régulièrement de façon périclines ou tangentiels

### **1/ Méristèmes secondaires**

Les méristèmes secondaires n'existent que chez **les Gymnospermes** et **les Angiospermes dicotylédones**, ils sont constitués de cellules à contour rectangulaires disposées en rangées régulières. **La vacuole est très développée, le noyau est localisé à la périphérie** des cellules. Les méristèmes secondaires assurent la croissance des organes en largeur, ils sont constitués de deux assises génératrices : **l'assise génératrice subéro-phellodermique (ASP)** et **l'assise génératrice libéroligneuse (ALL)**.

#### **\*L'assise génératrice subéro-phellodermique (phélogène)**

C'est **l'assise secondaire la plus externe**. Elle se met en place dans l'épaisseur du parenchyme cortical. **Le phélogène** donne naissance vers **l'intérieur** à un parenchyme secondaire, **le phelloderme**, et vers **l'extérieur** à un tissu protecteur **le suber ou le liège**.

#### **\*L'assise génératrice libéroligneuse (cambium)**

C'est l'assise secondaire la plus interne, elle se met en place selon une ligne passant **entre le xylème et le phloème primaires**. Par des divisions tangentiels, **le cambium** donne naissance à de nouvelles cellules alignées radialement. Celles qui sont situées vers **l'intérieur** se différencient en **bois ou en xylème secondaire**, celles qui sont situées vers **l'extérieur** se différencient en **liber ou phloème secondaire**.

### **2/ Tissus conducteurs secondaires**

Ce sont des tissus conducteurs des sèves brute et élaborée dans le végétal. Ils proviennent du fonctionnement des méristèmes secondaires **libéro-ligneux ou cambium**, et donc présents dans les organes âgés des Angiospermes dicotylédones (tige, feuille et racine). La zone génératrice donne naissance à deux tissus conducteurs secondaires : **Le liber (phloème secondaire)** dirigé vers **l'extérieur** et **le bois (xylème secondaire)** dirigé vers **l'intérieur**.

### 3/ Tissus protecteurs secondaires

Les tissus protecteurs secondaires sont formés à partir d'une zone génératrice appelée zone **subéro-phellodermique (phellogène)** qui est un méristème secondaire cortical mis en place par dédifférenciation de cellules de parenchyme cortical sous épidermique et parfois de l'épiderme, destiné à produire : vers l'extérieur, du **suber (liège)**, un tissu de protection constitué par un manchon de cellules mortes imperméables contenant de **la subérine**. Vers l'intérieur, il forme un tissu vivant, **le phelloderme** qui joue un rôle assimilateur ou de réserve.

L'association **suber-phelloderme-phellogène** s'appelle **périderme**. Il n'existe pas de phellogène au sens strict chez les Monocotylédones mais il est bien présent chez les Angiospermes Dicotylédones.

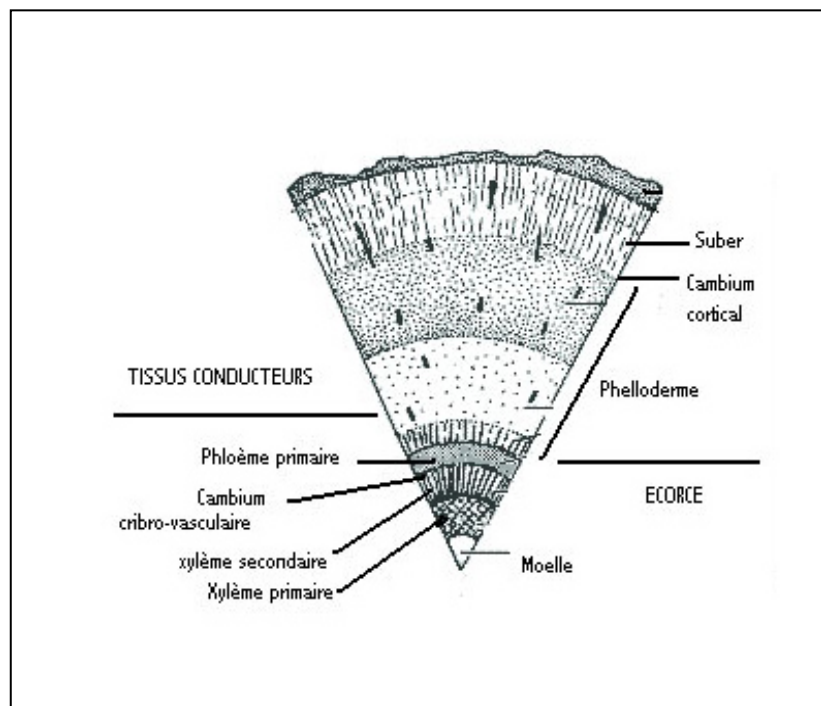


Figure 23 : Exemple de localisation des tissus secondaires

*Chapitre III*

*Anatomie des*

*végétaux*



## **Chapitre III : Anatomie des végétaux (Angiospermes)**

### **1/ Comparaison morphologiques entre les monocotylédones et dicotylédones**

Parmi les angiospermes ou plantes à fleurs, les monocotylédones comprennent des végétaux dont la plantule typique ne présente qu'un seul cotylédon (le cotylédon est la première feuille primordiale ou germinale, constitutive de la graine, et qui se présente à la germination), qui évolue en donnant une préfeuille. Les graines des plantes monocotylédones comportent donc un seul cotylédon ; celles de dicotylédones en comportent deux.

À cette particularité principale s'ajoutent les caractéristiques suivantes :

#### **1-1/ Caractéristiques morphologiques des Monocotylédones**

**Racines** : Appareil racinaire souvent fasciculé c'est-à-dire constitué de racines non ramifiées

**Tiges** : pas de formation de bois secondaire et absence d'un véritable tronc, même si certaines monocotylédones (palmiers et bananiers) ont un port arborescent, on ne rencontre pas dans cette classe de vrais arbres au sens strict.

**Feuilles** : caractérisées par des nervures parallèles

**Fleurs** : fondamentalement trimères ; 3 sépales, 3 pétales, 2x3 étamines, 3 carpelles

**Pollen** : grains de pollen possédant généralement une seule ouverture (zone de faiblesse permettant le passage du tube pollinique)

#### **1-2/ Caractéristiques morphologiques des dicotylédones**

En général, les dicotylédones présentent une plantule à **deux cotylédons**, ce qui les différencie des monocotylédones qui, en général, n'en présentent qu'un seul. Les feuilles ont des **nervures réticulées**.

La fleur typique présente **4 ou 5 verticilles** (sépales, pétales, étamines et carpelles). Dans la plupart des espèces. La racine est de type **pivotant**. C'est chez les dicotylédones que l'on observe, au niveau des tiges, **la présence de cambium** permettant la formation de **bois secondaire vers l'intérieur et de liber vers l'extérieur**.

Chez les dicotylédones vraies, les grains de pollen ont généralement **3 ouvertures** (zones de faiblesse permettant le passage du tube pollinique). Les angiospermes primitives, comme les monocotylédones, avaient des grains de pollen à **une seule ouverture**.

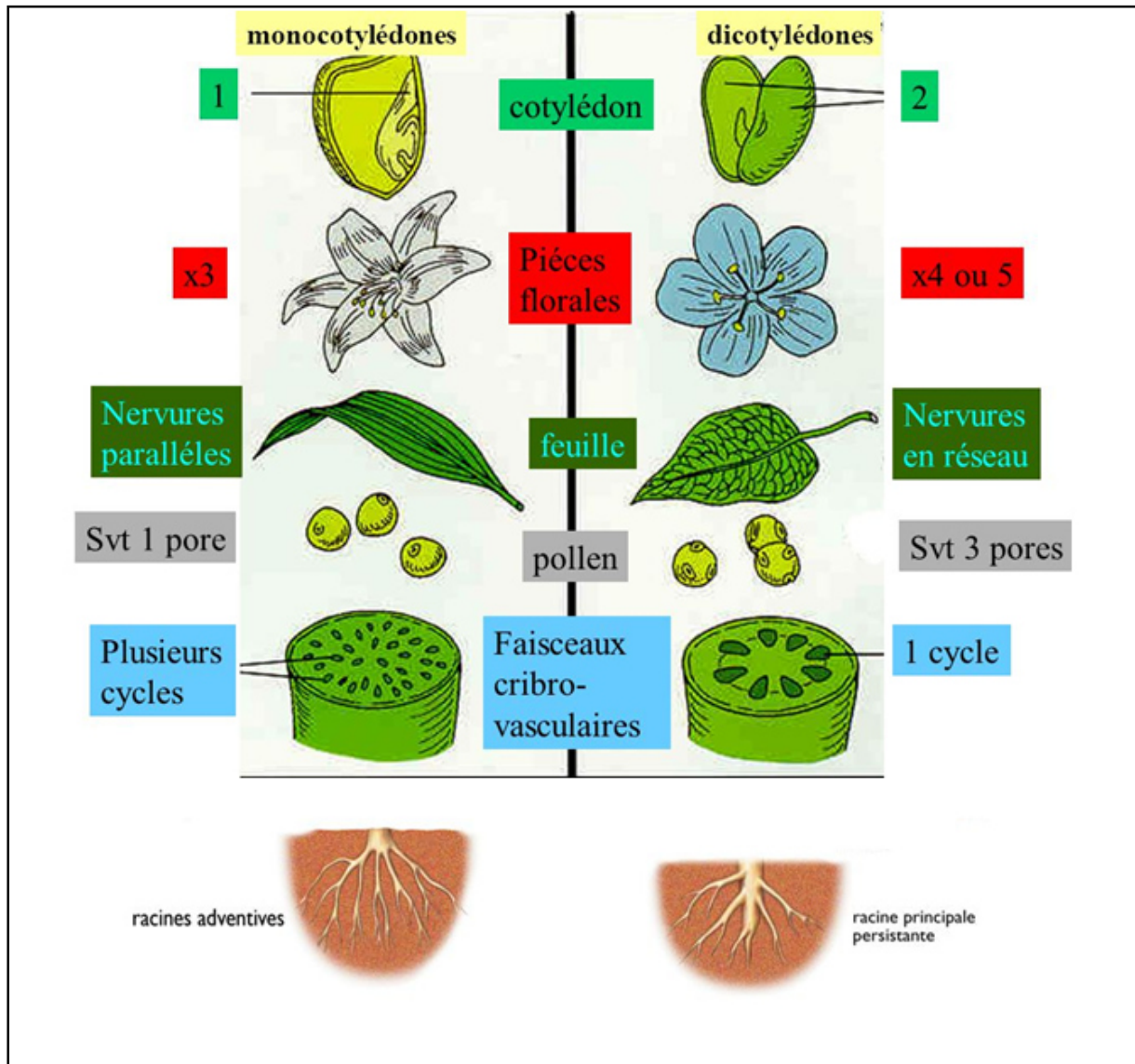


Figure 24 : Comparaison morphologique entre les monocotylédones et les dicotylédones

## 2/ Comparaison anatomique entre les monocotylédones et dicotylédone

### 2-1/ Racine

La racine est la partie souterraine de la plante, spécialisée dans l'absorption de l'eau et des sels minéraux et dans la fixation de la plante au sol. Des coupes effectuées au niveau d'une racine permettent de distinguer deux zones concentriques : **écorce** et **cylindre central (stèle)** dont l'écorce est légèrement supérieure au cylindre central.

**2-1-1/ Ecorce** : cette partie est constituée du rhizoderme (assise pilifère) qui porte d'abord les poils absorbants (prolongements des cellules rhizodermique) de la racine et du **Parenchyme cortical** formé de cellules laissant entre elles d'importants méats. Il est constitué de cellules jointives parallélipédiques, allongées dans le sens de l'axe de la racine. A la paroi cellulosique s'ajoute un cadre subérifié. Au niveau du cadre, l'adhérence du cytoplasme à la paroi est très forte. Ceci oblige les substances dissoutes qui arrivent à ce niveau de traverser le cytoplasme, d'où un contrôle, par ces cellules des ions et autres substances absorbés, autrement dit la dernière couche de cellules de parenchyme cortical est épaissie et forme une sorte de barrière de contrôle des molécules circulant dans la racine, c'est l'**endoderme**.

### 2-1-2/ Cylindre central (stèle)

**2-1-2-1/ Endoderme** : une assise cellulaire la plus profonde formée de cellules étroitement jointives entourant le péricycle. Les parois tangentiellles externes et internes de ces cellules sont cellulósiques, tandis que les autres possèdent une bande imprégnée de subérine, voire de lignine, appelée **cadre de caspary** qui joue un rôle important dans la régulation de flux de substances entre l'écorce et les tissus conducteurs.

**2-1-2-2/ Péricycle** : une couche de cellules jointives à paroi mince, à partir de laquelle vont se former les ramifications de la racine.

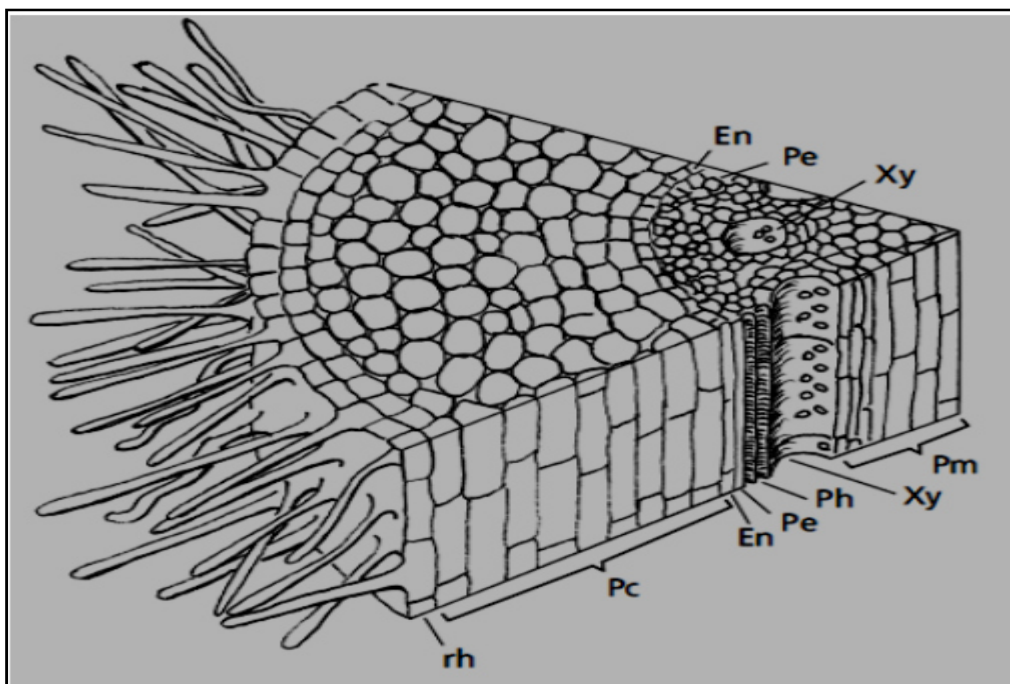


Figure 25 : Structure d'une racine jeune

Plus au centre, viennent les deux types des tissus conducteurs, **le xylème et le phloème** qui s'**alternent** régulièrement **sur un seul cercle**, et assurent la circulation de **la sève brute (xylème)** et **la sève élaborée (phloème)**. Les cellules de xylème ont des **tailles différentes** selon leur emplacement dans le cylindre central. **Près du péricycle**, elles sont **jeunes et petites (protoxylème)**. **Vers le centre**, elles sont **grandes et âgées (métaxylème)**. La différenciation du xylème est **centripète** (différenciation repoussée vers le centre de la racine). Enfin, au centre de la racine, la moelle, composée de parenchyme médullaire qui n'a pas de fonction particulière.

\* La comparaison anatomique des deux racines des plantes : une dicotylédone et une monocotylédone montre, en coupe transversale :

Une racine qui est composée d'une région externe (**écorce**) et une région centrale (**stèle**), cette dernière est **bien développée chez les monocotylédones** que chez les dicotylédones et caractérisée **par une moelle abondante** remplie par le parenchyme médullaire. Le cylindre central limité par une assise de cellules, **le péricycle**, il contient les tissus conducteurs ; le xylème et le phloème disposés en **alternance**. Chez les dicotylédones, il existe de **deux à cinq faisceaux**. La structure est semblablement la même chez les monocotylédones mais les faisceaux sont **plus nombreux**, plus de 6 et souvent 12 à 20.

Chez les monocotylédones l'endoderme est caractérisé par un épaissement en **fer à cheval** (endoderme en U). Les parois latérales et profondes sont lignifiées et subérifiées à la fois, seule la paroi externe située du côté du parenchyme cortical reste cellulosique. Chez les dicotylédones il s'agit d'un **endoderme à cadre**. Les parois latérales de chaque cellule présentent un épaissement de lignine et de subérine correspondant aux sections d'un cadre ligno-subéréfié.

La structure secondaire d'une racine ne concerne que les plantes dicotylédones, elle est totalement absente chez les plantes monocotylédones.

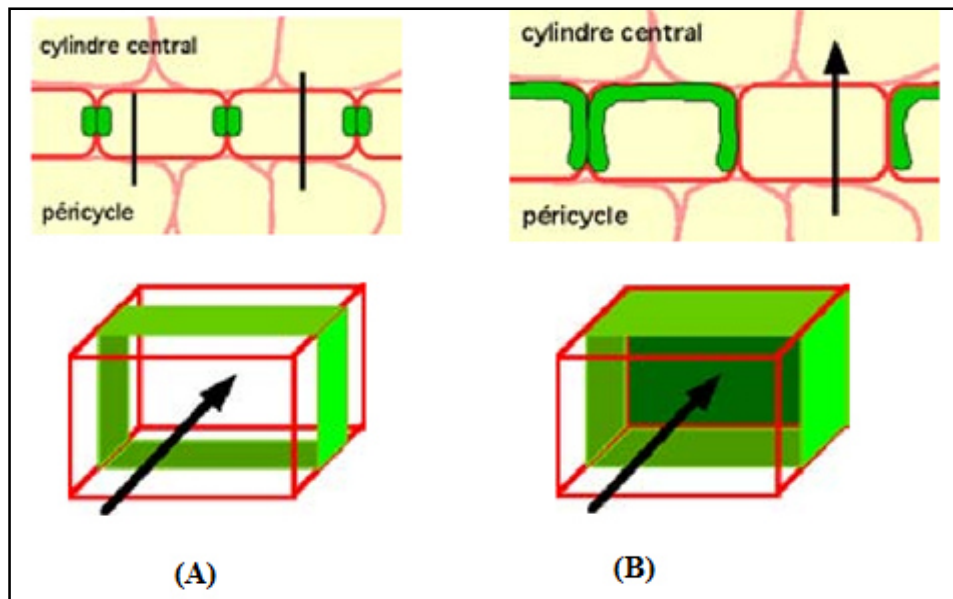


Figure 26 : Endoderme d'une racine dicotylédone (A) et monocotylédone (B)

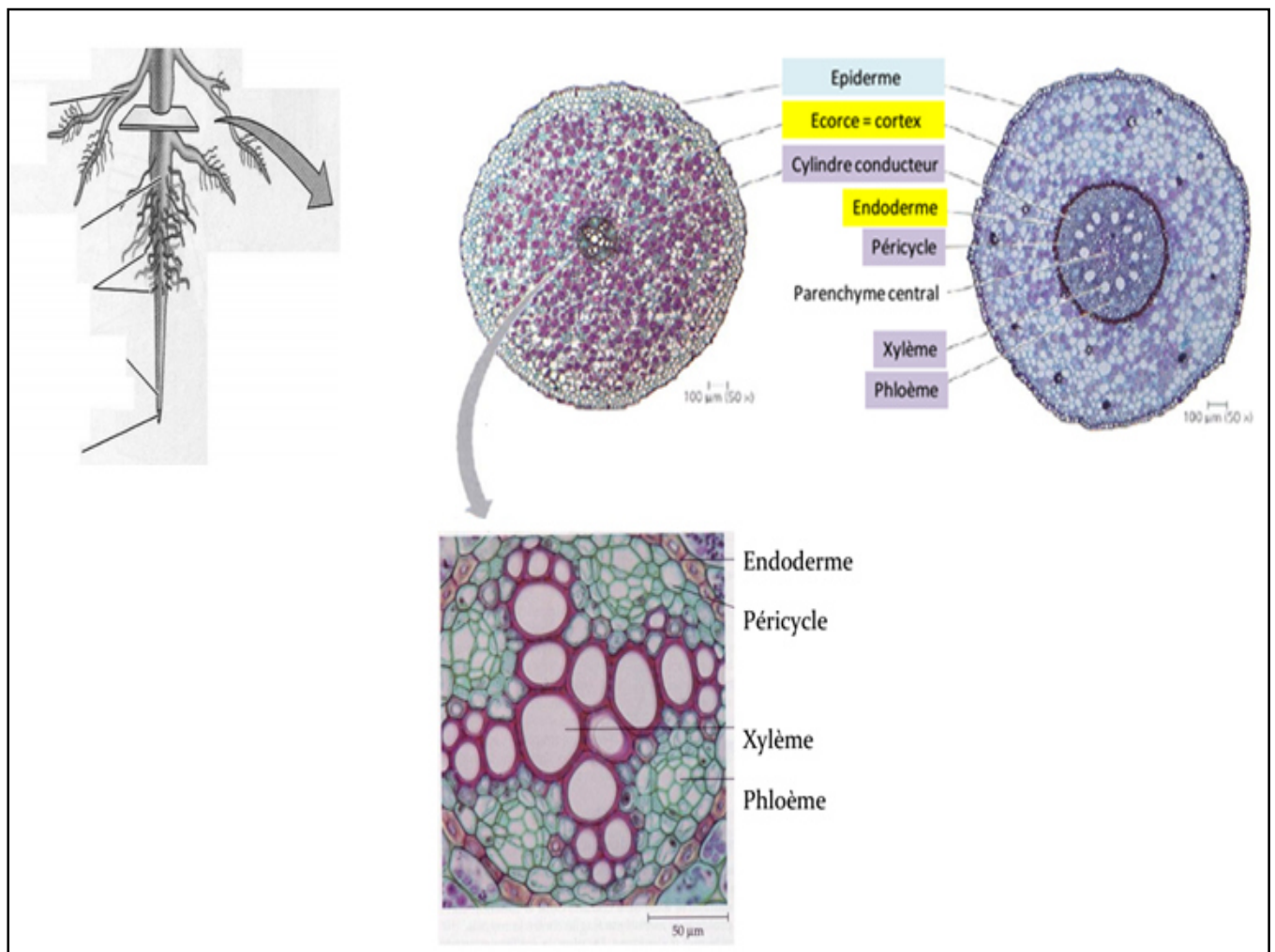


Figure 27 : Différences entre une racine monocotylédone et dicotylédone

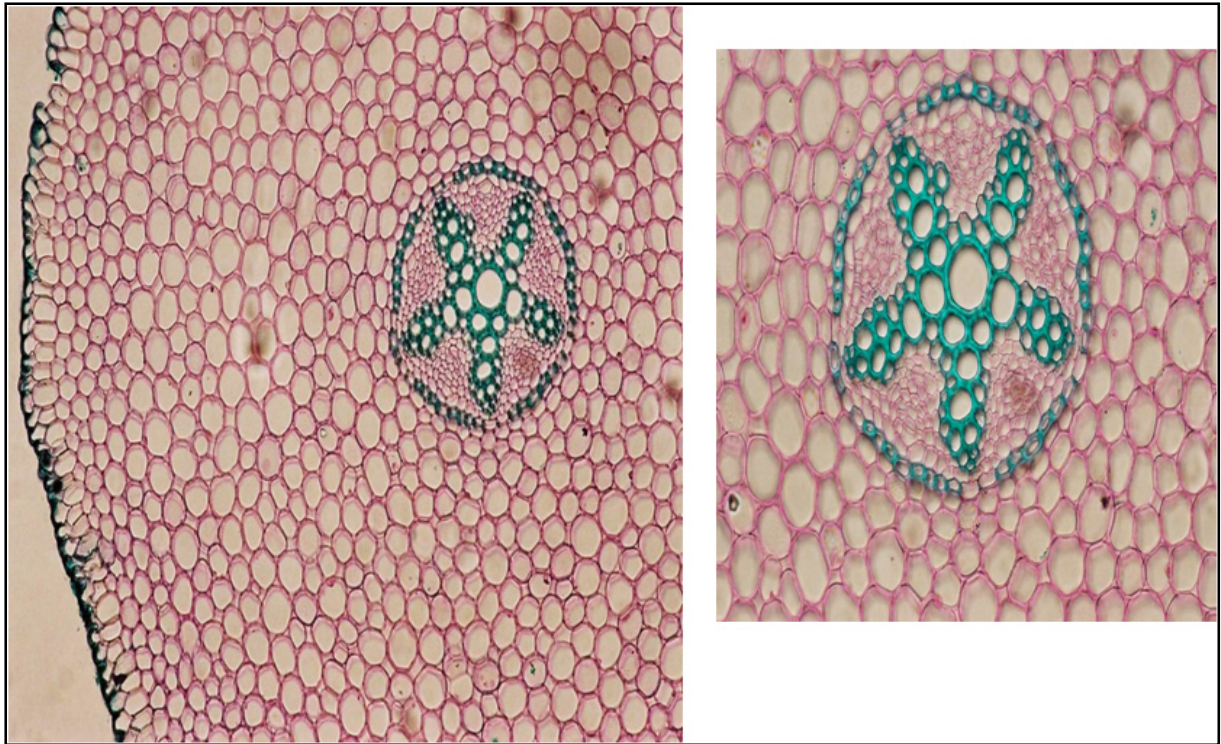


Figure 28 : Coupe transversale d'une racine dicotylédone

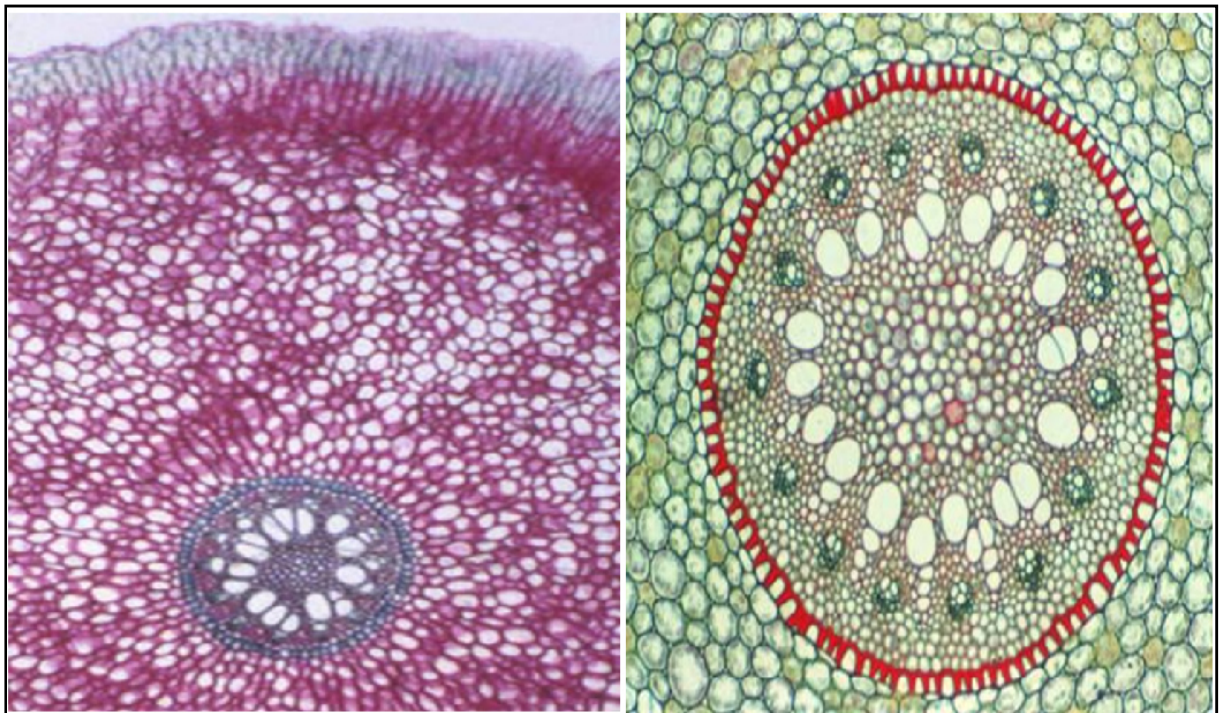


Figure 29: Coupe transversale d'une racine monocotylédone

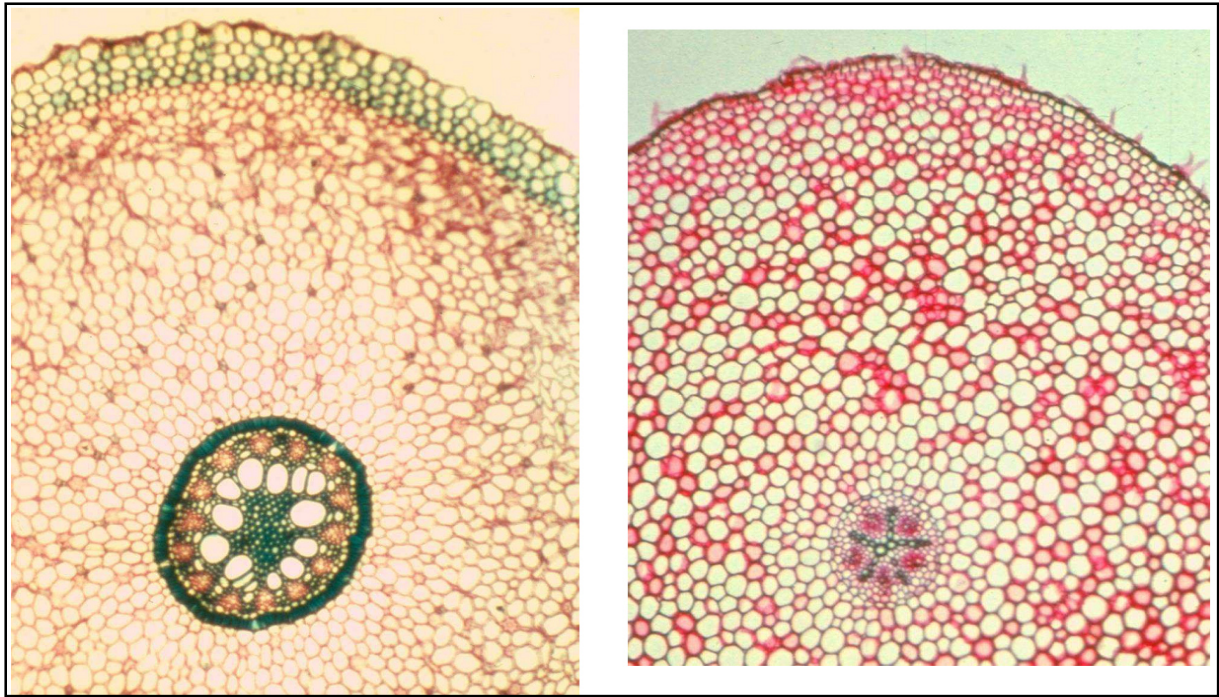


Figure 30 : Observation microscopique d'une racine monocotylédone et dicotylédone

Tableau II: Différences anatomiques entre les monocotylédones et les dicotylédones.

	Racine monocotylédone	Racine dicotylédone
<b>Stèle</b>	Importante	Réduite
<b>Endoderme</b>	Endoderme en U (fer à cheval)	Endoderme à cadre
<b>Faisceaux de xylème et phloème</b>	Nombre important (12 à 20)	Peu de faisceaux (2 à 5)
<b>Moelle</b>	Abondante	Absente (ou bien remplacée par xylème)
<b>Structures secondaires</b>	Absence	Présence

### 2-1-3/ Structure anatomique secondaire

A la structure précédente formée de tissus d'origine primaire s'ajoutent les tissus d'origine secondaire, provenant du fonctionnement des méristèmes secondaires (cambium et phellogène). Cette structure caractérise les organes âgés des Angiospermes Dicotylédones. Les faisceaux de xylème et de phloème étant **alternes**, le cambium apparaît sous forme **d'arcs à la face interne du phloème**, par **dédifférenciation** (retour des cellules ou des tissus à un

état moins différencié, plus proche de l'état embryonnaire) **du parenchyme médullaire, et à la face externe du xylème par dédifférenciation du péricycle**. Ils se raccordent pour former un cambium sinueux qui produit du bois (xylème secondaire) vers l'intérieur et du liber (phloème secondaire) vers l'extérieur. La formation importante des tissus conducteurs secondaires entraîne une pression sur le cambium sinueux qui devient circulaire. Cambium, bois et liber constituent le **pachyte**.

L'installation du phellogène (assise subéro-phéllodermique) est plus tardive par rapport au cambium. Il est située vers la périphérie de la racine, crée quant à lui une couche externe de suber (liège) ainsi qu'une couche interne de phelloderme, toutes les deux assurent la protection de la racine.

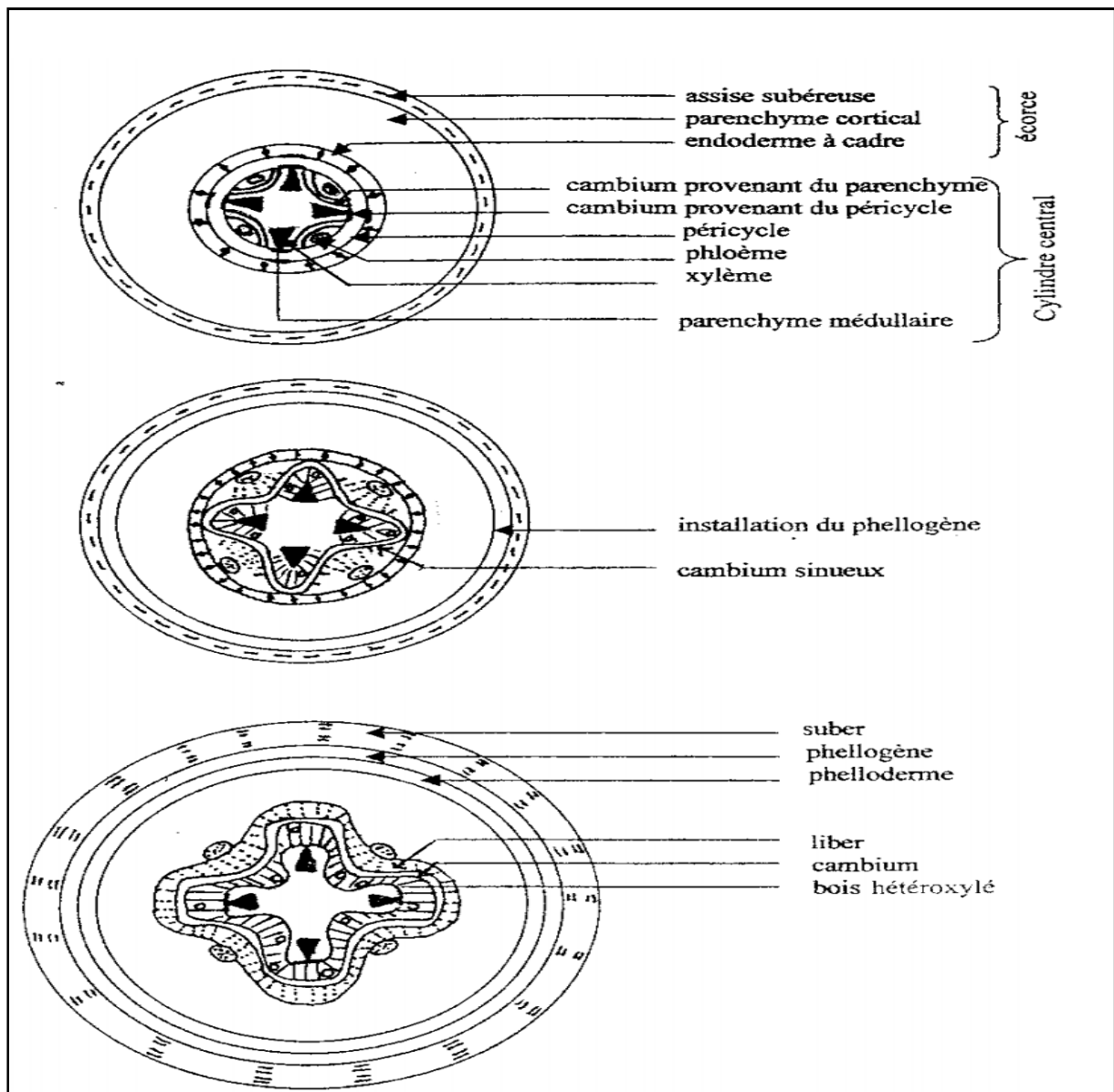


Figure 31 : Structure anatomique secondaire d'une racine dicotylédone



## 2-2/ Tige

La tige d'une plante est un organe dont la fonction principale est de soutenir le système foliacé, de mener l'eau et les sels minéraux des racines aux feuilles et de transférer les nourritures produites par les feuilles aux autres parties de la plante. Une coupe transversale d'une tige jeune montre l'existence de plusieurs zones

**2-2-1/ Epiderme** : elle est formée d'une assise de cellules jointive, dépourvue de chloroplastes, dont la face externe est recouverte d'une fine cuticule pourvue de stomates.

**2-2-2/ Ecorce (parenchyme cortical)** : relativement réduite, composé de grandes cellules polyédriques, laissant entre elles d'importants méats, les cellules de la périphérie renferment des chloroplastes mais leur nombre diminue au fur et à mesure qu'on s'enfonce vers l'intérieur

**2-2-3/ Cylindre central** : est situé sous l'écorce et réunit dans un parenchyme médullaire, des **faisceaux cribrovasculaires (faisceaux libéro-ligneux)** répartis sur un même cycle, présentés sous forme de tissus conducteurs rassemblés en amas **superposés** de xylème et de phloème dont le xylème est vers le centre de la tige, coiffé vers l'extérieur par le phloème. Chaque faisceau cribrovasculaire est surmonté d'un petit massif de sclérenchyme. Le xylème montre une **différenciation centrifuge** dont **protoxylème près du centre** (apparaît quand la tige est en croissance) et le **métaxylème près de la périphérie** (apparaît quand la croissance de la tige est terminée). Il est aussi possible de distinguer du protophloème et métaphloème. La différenciation du phloème est **centripète**.

**2-2-4/ Moelle** de la tige est remplie par le parenchyme médullaire.

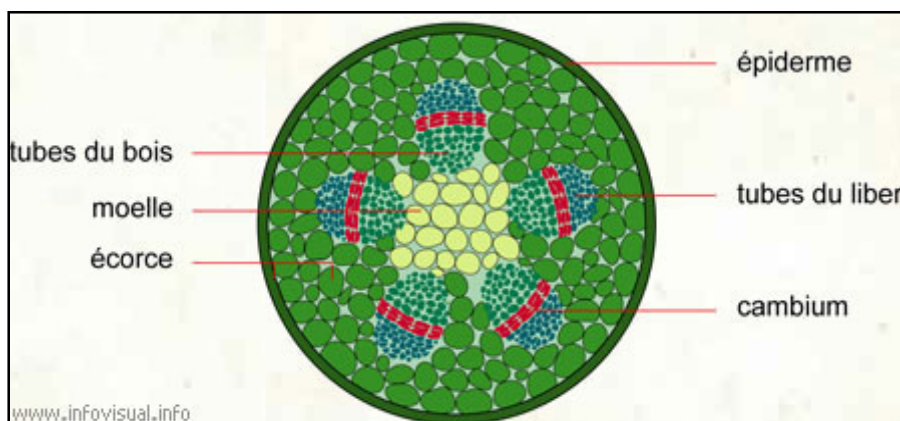


Figure 32 : Schéma d'une coupe transversale d'une tige

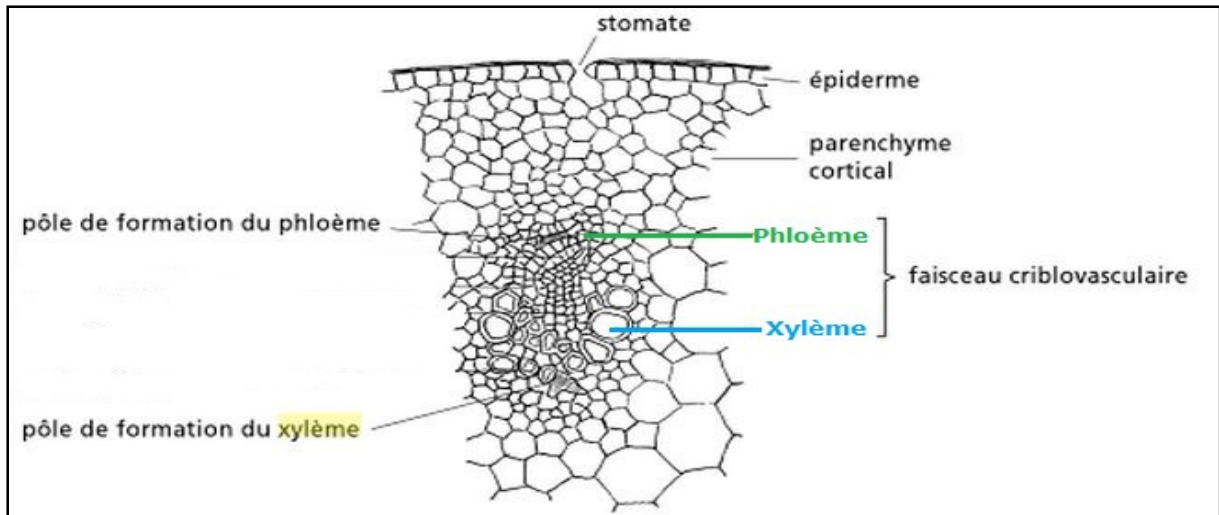


Figure 33 : Schéma d'une coupe transversale d'une tige

### 2-2-5/ Différence anatomique entre les monocotylédones et dicotylédones

Dans la tige des monocotylédones, les nombreux faisceaux libéro-ligneux (superposés, xylème à différenciation centrifuge) sont dispersés en spirales ou **en plusieurs cercles concentriques** dans le parenchyme médullaire tandis que dans la tige des dicotylédones, les faisceaux libéro-ligneux sont disposés **en un cercle unique**. Le cortex occupe peu de place par rapport à la moelle.

Absence de formations secondaires chez les monocotylédones (pas d'assises génératrices)

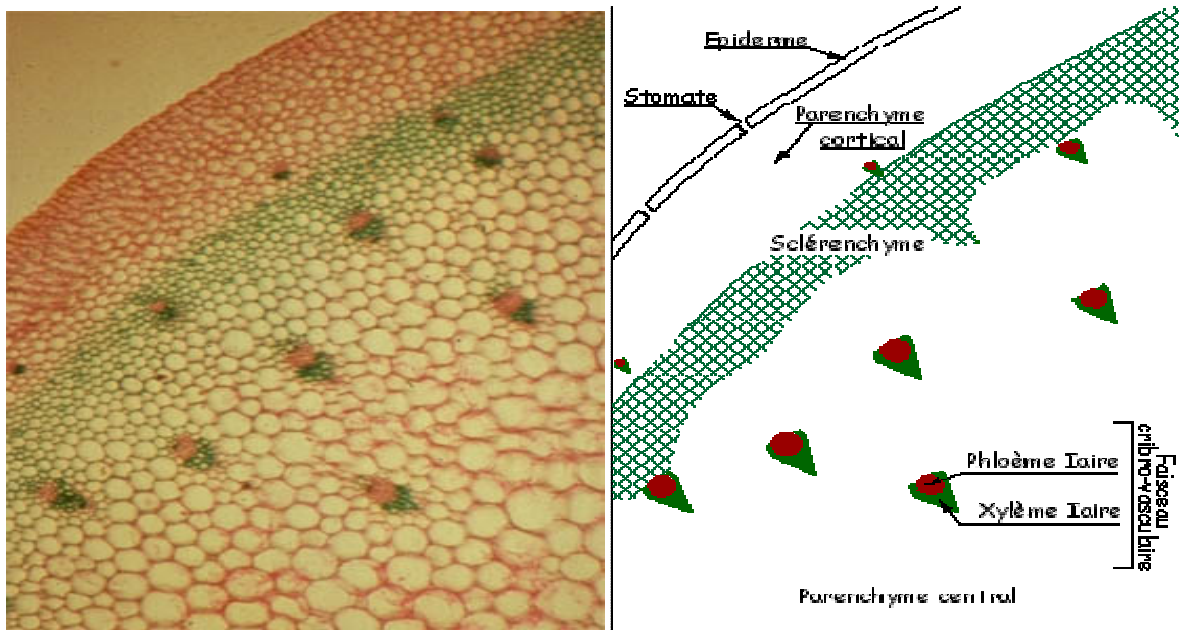


Figure 34 : Coupe transversale d'une tige monocotylédone et schéma de la coupe transversale

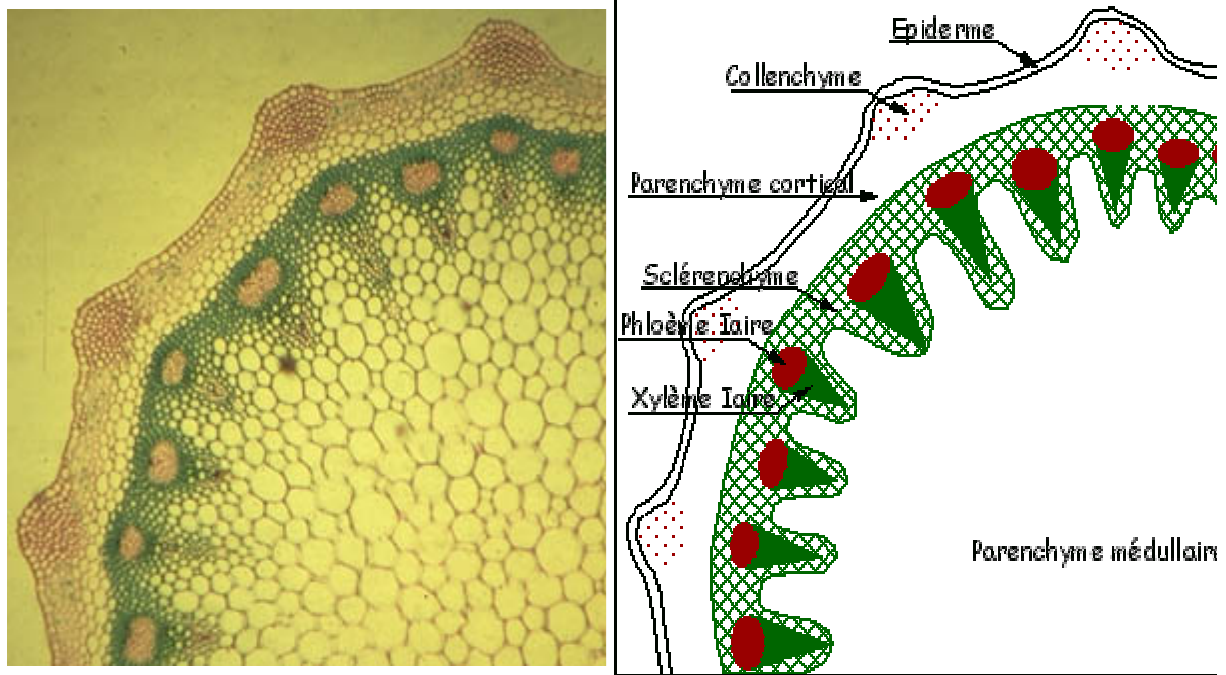


Figure 35 : Coupe transversale d'une tige dicotylédone et schéma de la coupe transversale

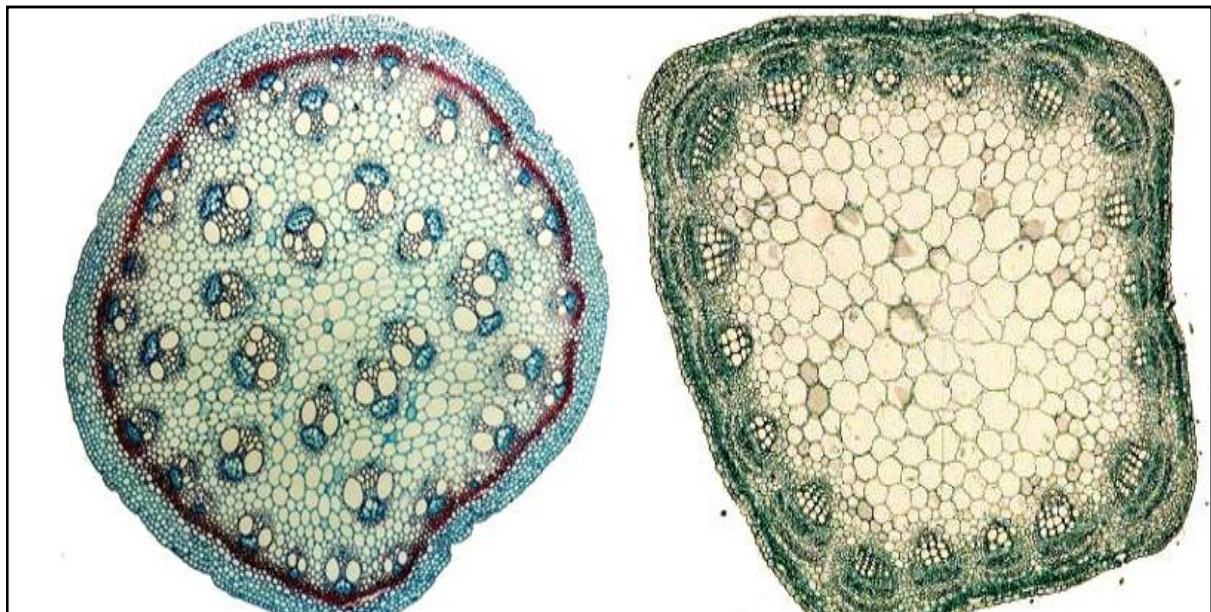


Figure 36 : Coupe transversale d'une tige dicotylédone et monocotylédone

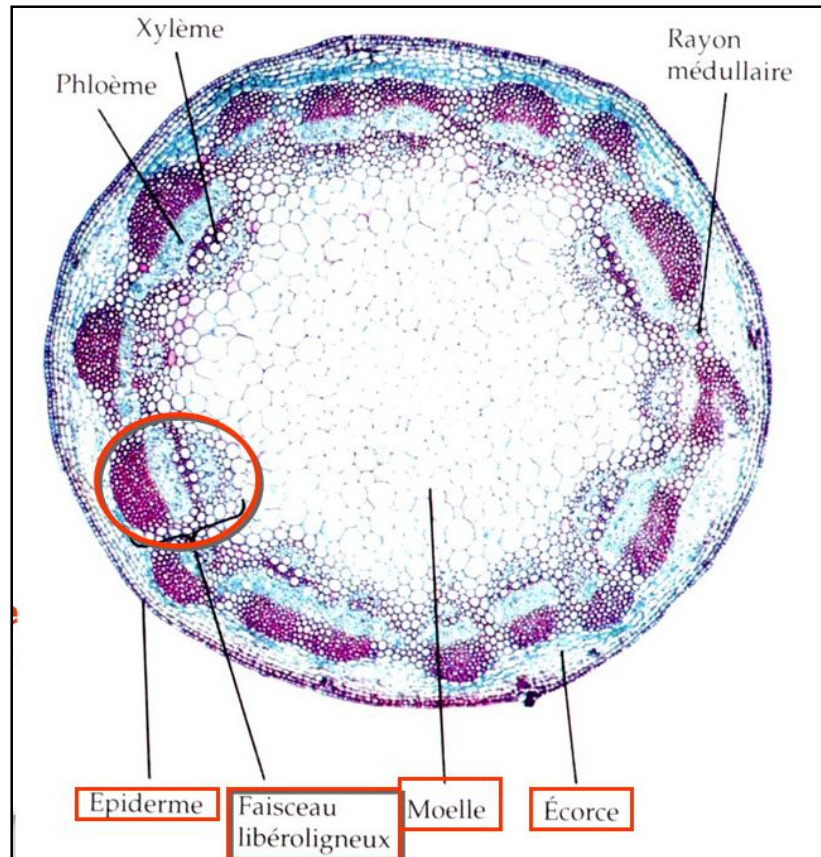


Figure 37 : Coupe transversale d'une tige dicotylédone

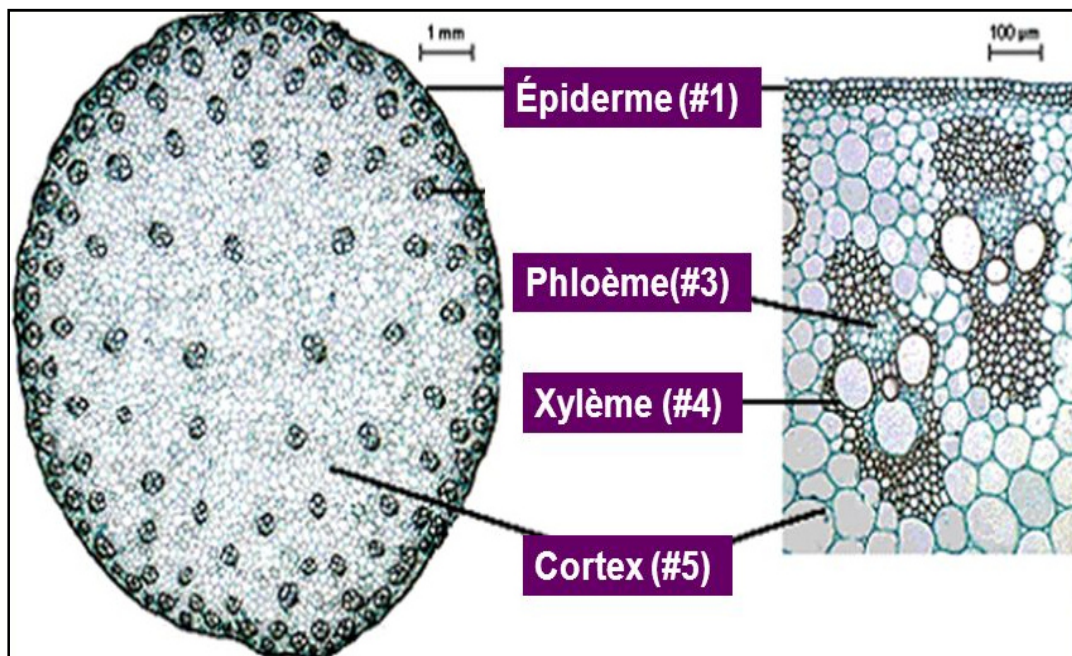


Figure 38 : Coupe transversale d'une tige monocotylédone

**Tableau III:** Différences entre une tige monocotylédone et dicotylédone

<b>Monocotylédone</b>	<b>Dicotylédone</b>
<b>Plusieurs cercles concentriques</b> de faisceaux cribrovasculaires	Le cylindre central comporte de nombreux faisceaux disposés sur <b>un seul cercle</b>
<b>Absence</b> des structures secondaires	de structures secondaires
Ecorce absente ou réduite, moelle développée	Parenchyme médullaire plus abondant que le parenchyme cortical

### **2-2-6/ Structures secondaires**

Les structures secondaires sont l'expression d'une croissance en largeur des tiges, elles sont absentes chez les monocotylédones et se trouvent surtout chez les dicotylédones. 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, entre les faisceaux, les cellules cambiales se divisent pour donner des files radiales de cellules de parenchyme 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 secondaire (bois) avec des cellules disposées radialement vers le centre de la tige. La formation de phloème secondaire (liber), avec des cellules disposées radialement vers l'extérieur de la tige. Au niveau de l'écorce, la structure secondaire se traduit par l'apparition de phellogène qui donnera le suber vers l'extérieur et le phelloderme vers l'intérieur.

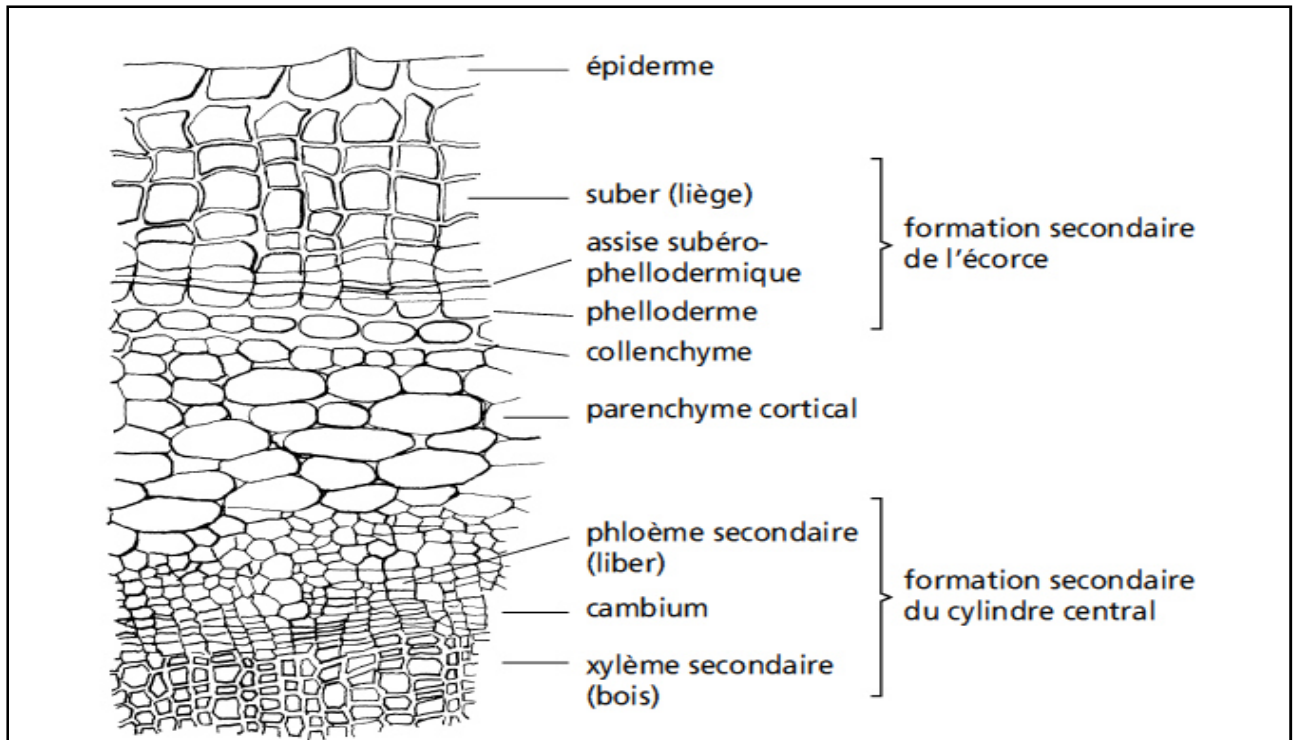


Figure 39 : Structure secondaire dans une tige dicotylédone

Tableau IV : Différences entre les monocotylédones et les dicotylédones (structure anatomique de la tige et de la racine)

	<b>Racine</b>	<b>Tige</b>
<b>Ecorce</b>	Importante (épaisse)	Réduite
<b>Stèle</b>	<b>Présence</b> de stèle (cylindre central) importante	<b>Absence</b> de stèle ou moins importante
<b>Endoderme et péricycle</b>	<b>Présence</b> d'endoderme et de péricycle	<b>Absence</b> d'endoderme et de péricycle
<b>Moelle</b>	<b>Réduite</b>	<b>Importante</b>
<b>Faisceaux conducteurs</b>	Faisceaux conducteur de xylème et phloème <b>s'alternent</b>	Faisceaux conducteur de xylème et phloème sont <b>superposés</b> (ceux du phloème étant les plus externes)
<b>Xylème</b>	Xylème présente une <b>différenciation centripète</b>	Xylème présente une <b>différenciation centrifuge</b>
<b>Tissus de soutien</b>	<b>Absence</b> des tissus de soutien	<b>Présence</b> des tissus de soutien

## 2-3/ Feuille

La feuille est un appendice latéral de la tige sur laquelle elle s'insère au niveau d'un nœud. 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 de parenchyme.

La feuille est composée d'un épiderme, d'un tissu vert appelé mésophylle et de nervures comprenant les faisceaux vasculaires.

**2-3-1/ Epidermes (supérieur et inférieur)** : recouverts de cuticule, substance cireuse qui est imperméable à l'eau et à l'air, l'épiderme est parsemé de stomates permettant les échanges gazeux.

**2-3-2/ Mésophylle** : tissu fondamental effectue la photosynthèse, formé de **parenchyme palissadique** (riche en chloroplastes) et de **parenchyme lacuneux** (pauvre en chloroplastes).

**2-3-3/ Nervures (faisceaux cribrovasculaires)**: dans les feuilles, les tissus conducteurs sont -organisés en nervures, composés d'un ou plusieurs faisceaux libéro-ligneux **superposés**. Le phloème est tourné vers le bas, et le xylème vers le haut.

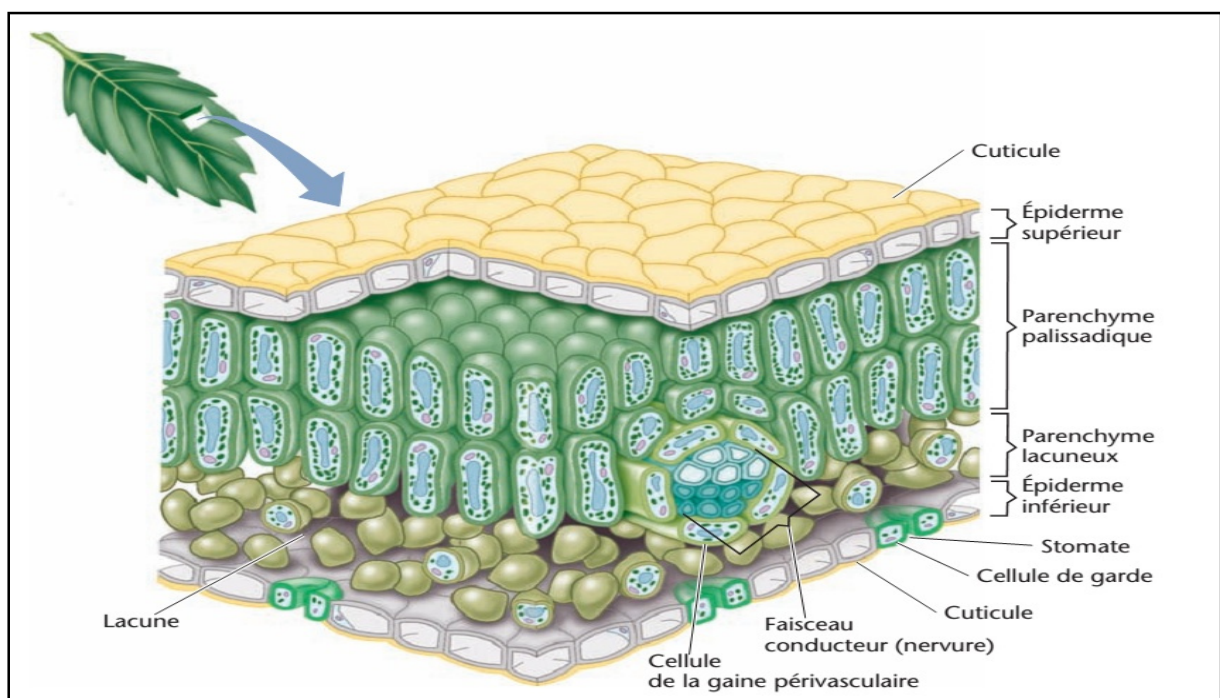


Figure 40: Structure d'une feuille

### 2-3-4/ Différences anatomiques entre les monocotylédones et dicotylédones

L'observation d'une feuille monocotylédone ou dicotylédone nous donne quelques différences morphologiques et anatomiques : nervation parallèle, stomates sur les faces ventrale et dorsale, mésophylle généralement **homogène chez les monocotylédones**. Nervation réticulée, stomates plus nombreux sur la face dorsale, mésophylle **hétérogène chez les dicotylédones**.

L'anatomie d'une feuille dicotylédone est montrée dans la figure 42, la feuille est enveloppée d'un épiderme inférieur et supérieur recouverts de cuticule. Les tissus photosynthétiques sont compris entre les deux épidermes et sont appelés tissus de mésophylle (**non homogène**). Généralement, le tissu photosynthétique supérieur est constitué d'une à trois couches formant le parenchyme palissadique. En dessous se trouve le parenchyme lacuneux (spongieux), ainsi nommé à cause de la présence de nombreux méats aériens entre les cellules. L'organisation d'une feuille de monocotylédone est similaire sauf qu'elle ne possède pas de parenchyme palissadique et lacuneux distincts (**mésophylle homogène**). A noter que les nervures principales des feuilles dicotylédones développent de structures secondaires de Xylème et de phloème.

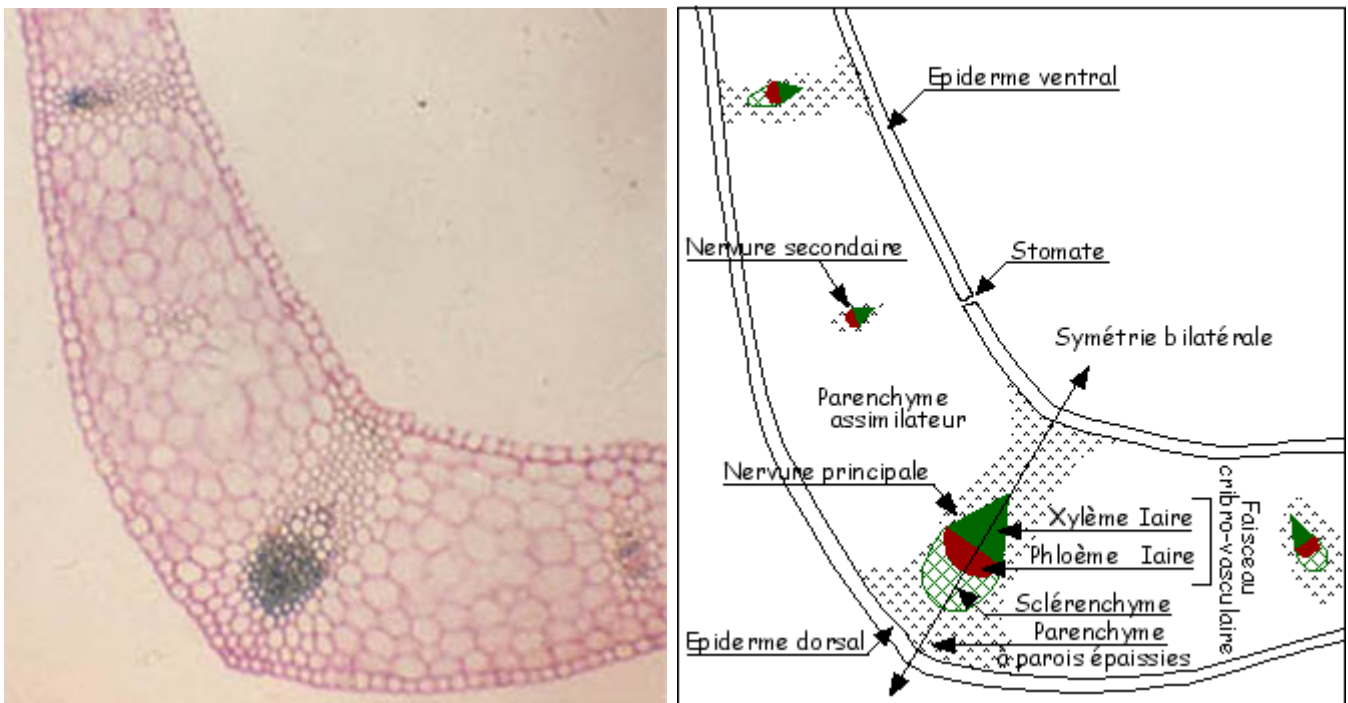


Figure 41: Coupe transversale d'un limbe d'une feuille monocotylédone



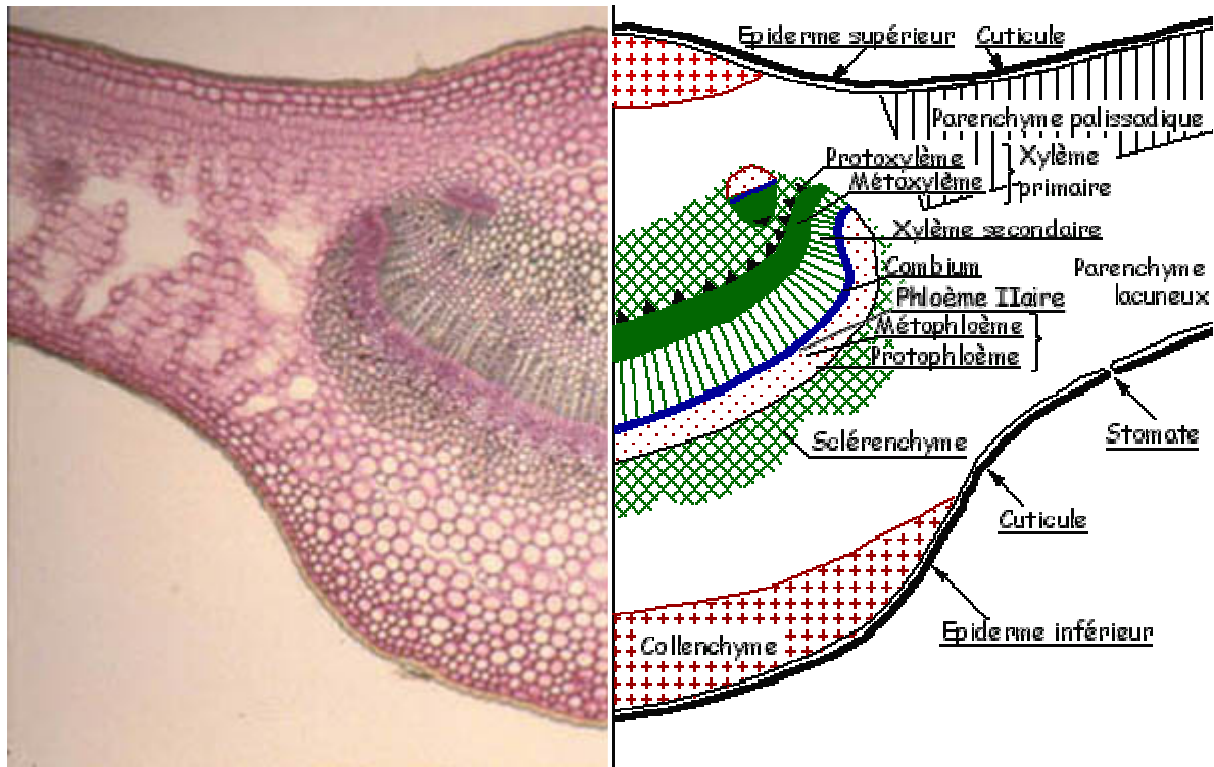


Figure 42 : Coupe transversale d'un limbe d'une feuille dicotylédone

Tableau V : Différences entre une feuille monocotylédone et dicotylédone

	<b>Monocotylédones</b>	<b>Dicotylédones</b>
<b>Epiderme</b>	Les stomates sont répartis d'une façon égale sur l'épiderme de la face ventrale et dorsale	Face dorsale riche en stomates
<b>Parenchyme</b>	Homogène	Hétérogène (parenchyme palissadique et lacuneux)
<b>Faisceaux conducteurs</b>	Nervures parallèles constituées d'un faisceau unique, très souvent uni à l'épiderme dorsal par les bandes de fibres sclérifiées.	Nervures ramifiées constituées d'un ou plusieurs faisceaux de xylème interne et de phloème externe, entourés de tissus de soutien
<b>Formations secondaires</b>	Absences	Peu développées en général au niveau de la nervure principale (xylème II et Phloème II)

**Tableau VI** : Différences entre une racine, tige et feuille

<b>Caractères</b>	<b>Racine</b>	<b>Tige</b>	<b>Feuille</b>
<b>Rapport écorce/cylindre central</b>	-Ecorce développée -Cylindre central réduit -E>C	-Ecorce réduite -Cylindre central développé -E<C	-
<b>Tissus de revêtement</b>	Assise pilifère	Epiderme	Epiderme
<b>Tissus de soutien</b>	Rares	Fréquents	Fréquents
<b>Tissus particulier</b>	Péricycle et endoderme	-	Mésophylle
<b>Tissus conducteurs</b>	-Xylème I et phloème I alternes -Xylème I à différenciation centripète	-Xylème I et phloème I superposés -Xylème I à différenciation centrifuge	-Xylème I et phloème I superposés -Xylème I orienté vers la face supérieure

*Chapitre IV*

*Morphologies des*

*organes végétaux*

## Chapitre IV : Morphologie des organes végétaux

### 1/ Racine

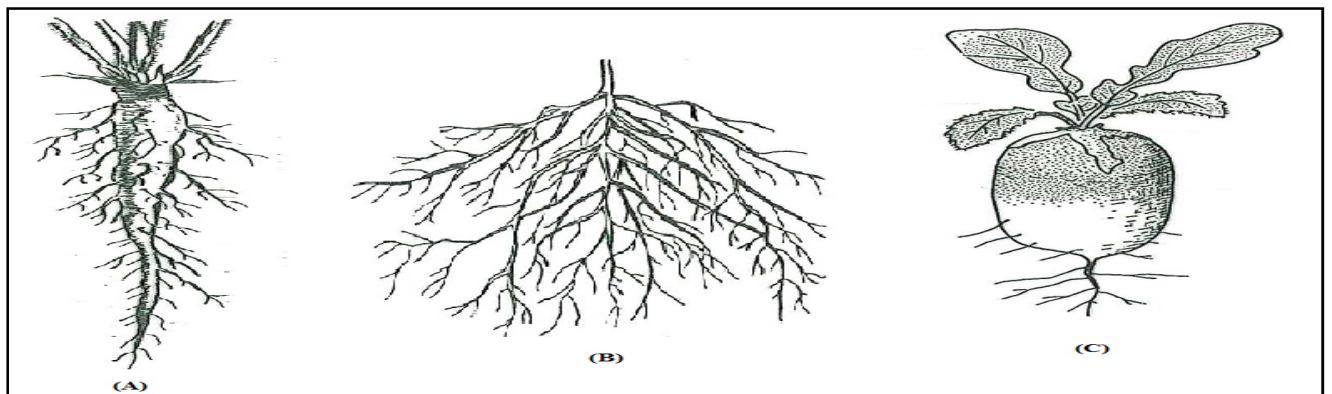
La racine est la partie souterraine de la plante. Elle se dirige généralement vers le bas dans un **géotropisme positif** répondant ainsi à la gravité et fuit la lumière par un **phototropisme négatif**. Elle n'est pas chlorophyllienne et ne porte ni feuilles, ni bourgeons. Les principales fonctions des racines sont de maintenir la plante dans le sol et d'absorber l'eau et les sels minéraux. Elles ont un rôle dans le système conducteur d'une plante puisque les éléments nutritifs vont des racines à la tige puis aux feuilles. Cette morphologie de la racine se complique quand la plante se développe. Elle se ramifie et devient pivotante, fasciculée ou tubéreuse.

#### 1-1/ Types des racines

**1-1-1/ Racine pivotante** : caractérisée par une racine principale très développée (**pivot**) par rapport aux racines secondaires (ex : dicotylédone). Ce type de racine pénètre profondément dans le sol et fixe solidement la plante.

**1-1-2/ Racine fasciculée** : caractérisée par de nombreuses racines de la même importance, très ramifiée et dont on ne distingue pas la racine principale (ex : monocotylédone). Ce système racinaire permet à la plante de disposer d'une grande surface de contact avec l'eau et les minéraux et de s'ancrer solidement.

**1-1-3/ Racine tubérisée** : c'est une racine considérée comme un organe de réserve, son rôle principale est de stocker les réserves nutritives d'une plante (ex : betterave, radis...). La plante utilise ses réserves lorsqu'elle fleurit et produit des fruits.



**Figure 43** : Différents types des racines (A) pivotante (B) fasciculée (C) tubérisée

## **1-2/ Modifications des racines**

La classification précédente des racines correspond à la majorité des racines observées, mais quelques plantes cependant vivent sans racines apparentes comme le gui, d'autres plantes ont des racines spécialisées qui se modifient pour s'adapter à l'environnement dans lequel elles vivent. On peut trouver ainsi :

**1-2-1/ Racines adventives** : sont des racines qui apparaissent le long d'une tige souterraine ou aérienne qui servent souvent à la multiplication végétative et au bouturage des plantes (ex : stolon du fraisier)

**1-2-2/ Racines crampons** : sont des racines adventives qui se développent sur les tiges et qui assurent l'accrochage de la plante sur des surfaces verticales (ex : lierre)

**1-2-3/ Racines aériennes** : développées par les plantes épiphytes (plantes qui poussent en se servant d'autres plantes comme support) pour absorber l'humidité atmosphérique

**1-2-4/ Racines succulentes** : racines adaptées au stockage de l'eau

**1-2-5/ Racines échasses** : produites par le tronc ou par des branches, elles se développent à l'air libre avant de pénétrer le sol. Cette adaptation permet une meilleure assise et l'évaluation au dessus de l'eau.

**1-2-6/ Racines contreforts** : ce sont des excroissances latérales, situées à la base de certains arbres tropicaux qui permettent de stabiliser la plante dans les sols légers en apportant un support additionnel au tronc et permettant ainsi une meilleure fixation et une résistance au vent.

**1-2-7/ Pneumatophores** : racines spécialisées, telles que celles rencontrées chez les plantes de la mangrove, dont le rôle est respiratoire. Les pneumatophores alimentent en oxygène les plantes qui se développent dans les marécages où l'eau est très peu oxygénée.

**1-2-8/ Racines suçoirs** : observées chez les plantes parasites comme le gui

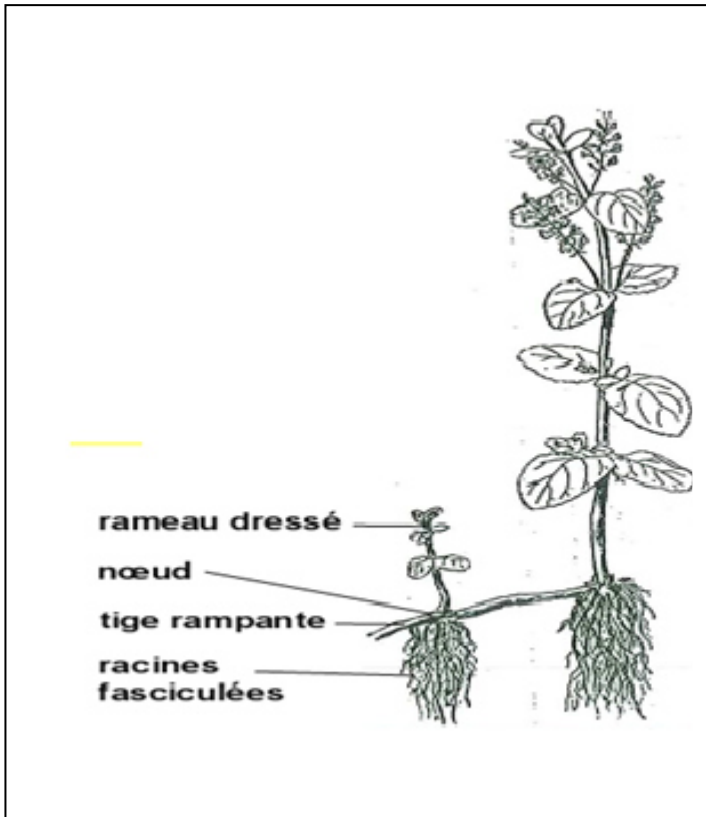


Figure 44 : Racines adventives

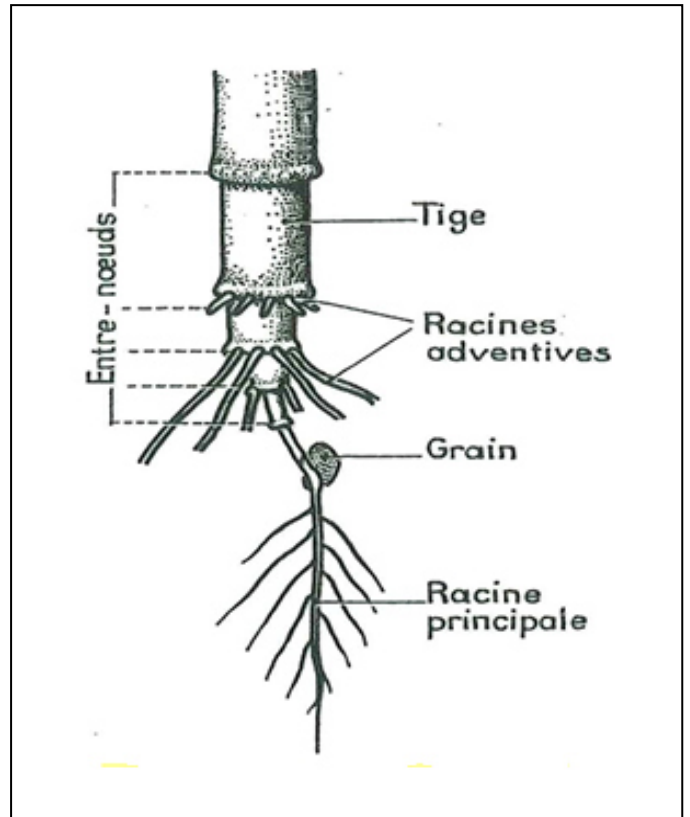


Figure 45 : Racines adventives fixatrices

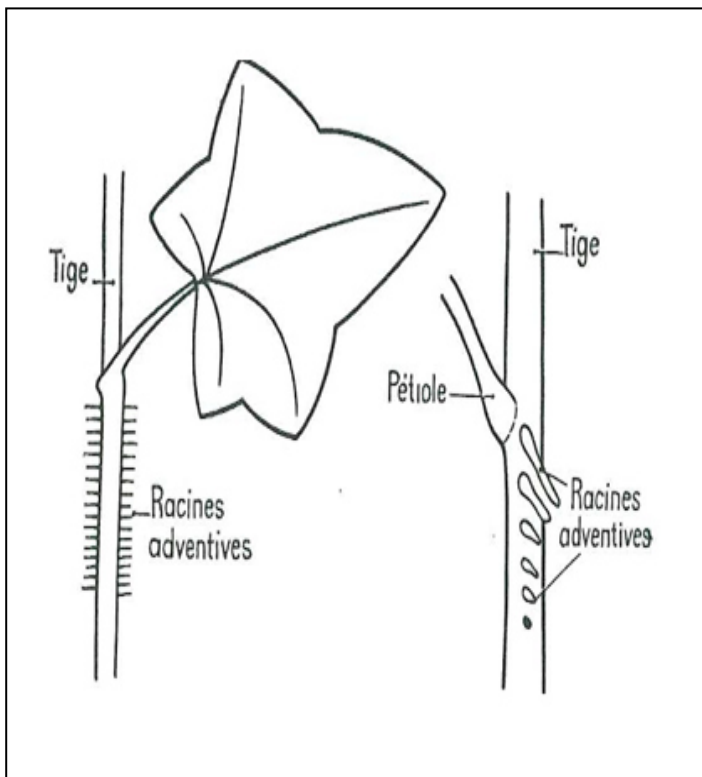


Figure 46 : Racines adventives crampon

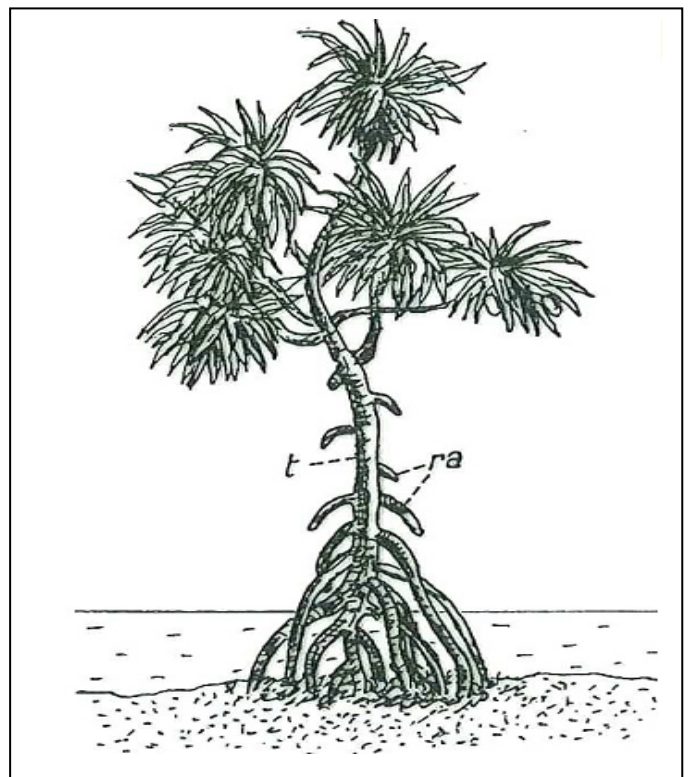


Figure 47 : Racines échasses

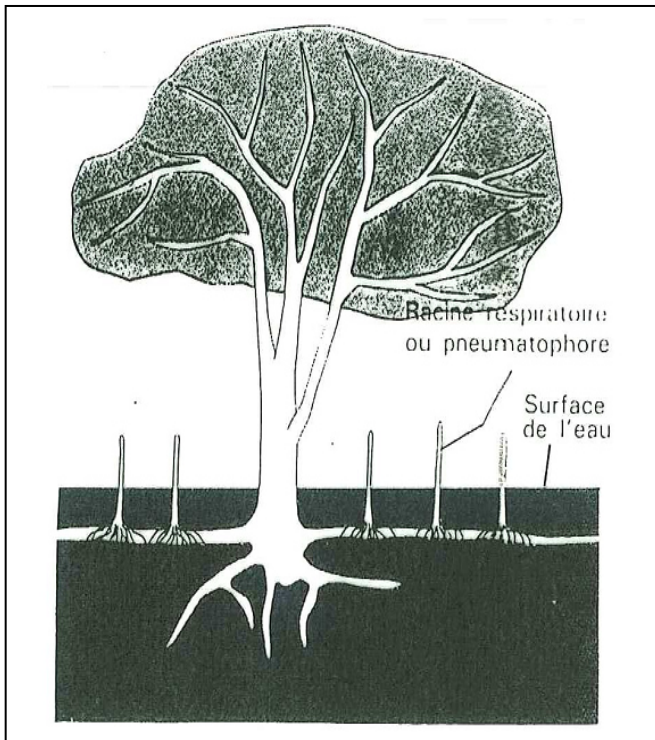


Figure 48 : Racines respiratoires (pneumatophores)

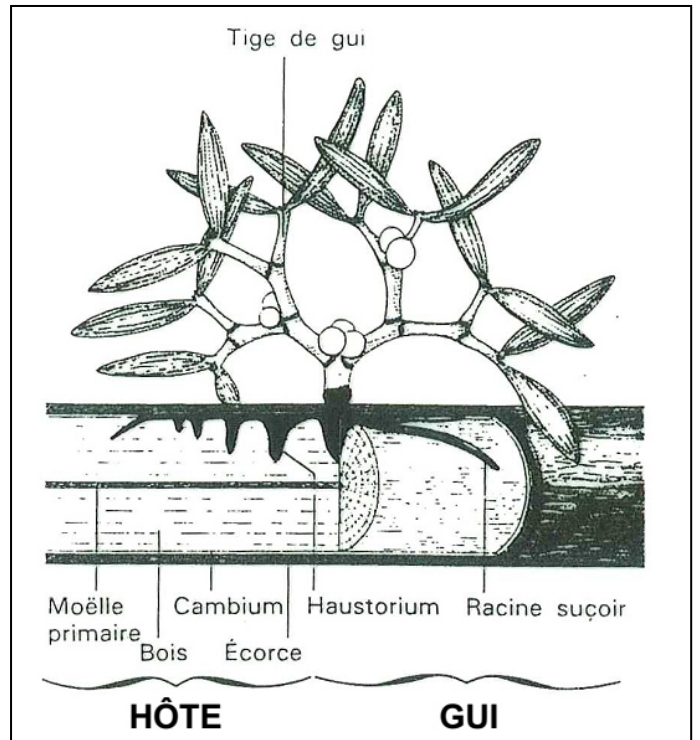


Figure 49 : Racines suçoirs

## 2/ Tige

Partie aérienne de la plante qui porte les feuilles, et au moment de la reproduction les organes reproducteurs. Elle se trouve dans le prolongement de la racine principale. La région de raccordement des deux organes (tige et racine) constitue le **collet**. La tige est caractérisée par un **phototropisme positif** et un **géotropisme négatif**.

La présence des feuilles est un caractère important de la tige, tout au long de laquelle elles sont insérées sur des renflements appelés : **nœuds** ; l'espace compris entre deux nœuds est un **entre nœud**. L'extrémité de la tige est recouverte par un **bourgeon terminal**, constitué par des ébauches foliaires et protégeant le méristème primaire apical. La croissance de la tige s'effectue grâce à l'activité du bourgeon terminal qui constitue simultanément la tige et les feuilles. A l'aisselle de chaque feuille se trouve un **bourgeon axillaire**.

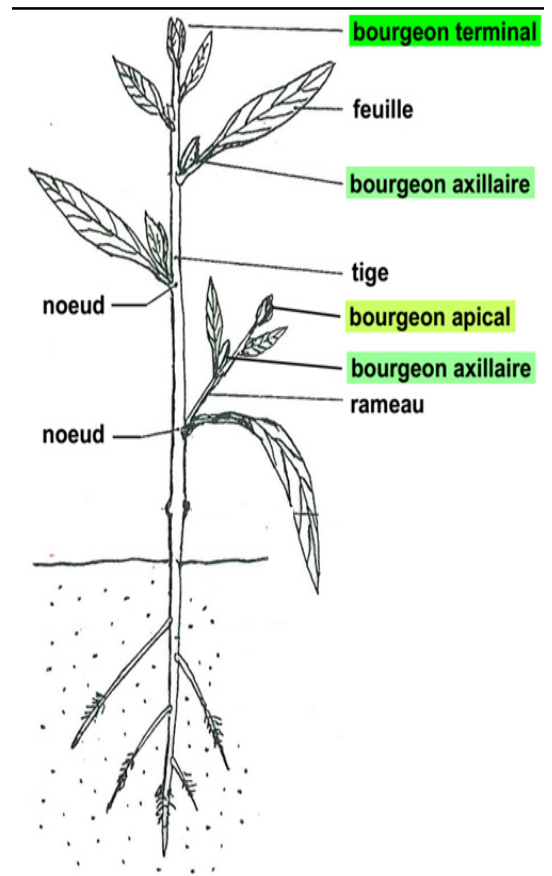


Figure 50 : Morphologie d'une tige

Certains de ces bourgeons donneront des tiges secondaires : rameaux qui sont également terminés par un bourgeon terminal. Les bourgeons qui donneront des rameaux sont des **bourgeons végétatifs**, ceux qui donneront des fleurs sont les **bourgeons floraux**.

La tige est **herbacée** ; si elle est tendre, fragile et **annuelle** (ne vit qu'un an). Elle est **ligneuse** si elle est dure, solide et **vivace** (vit des années voire des siècles). Les **branches** et les **rameaux** que l'on distingue chez les arbres et les arbustes sont également des tiges. Ce sont des **ramifications** dont le **tronc** d'arbre est considéré comme une tige ligneuse principale de grande taille.



### 2-1/ Types des tiges

L'adaptation de la tige dans un milieu influence considérablement la forme générale de la plante. La plupart des plantes sont **dressées**, quelques unes sont **rampantes** ou **grimpantes**. Beaucoup d'entre elles sont capables de modifier davantage leurs tiges et de les enfouir sous terre.

#### 2-1-1/ Tiges aériennes

La plupart des tiges aériennes sont **dressées** (axe principal dressé verticalement), certaines peuvent toutefois être **rampantes** (à croissance horizontale) et s'enraciner au niveau des nœuds, on parle alors de tiges **stolonifères** (tige adventive rampante dont le bourgeon terminal peut s'enraciner et donner naissance à un nouveau plant, ex : fraisier). Certaines tiges rampantes s'élèvent en utilisant des supports, elles s'y fixent à l'aide de vrilles, ou sont parfois munies de ventouses ou de crampons ou s'enroulent autour d'eux, on parle alors respectivement, de tiges **grimpantes** ou **volubiles**.

\*Les tiges creuses des graminées et des autres plantes proches sont appelées **chaume**

\***Stipe** : un axe cylindrique non ramifié marqué par les cicatrices des bases des feuilles (palme tombées), il caractérise les Angiospermes Monocotylédones arborescentes.

\***Cladodes et phylloclades** : sont des rameaux spécialisés ayant l'apparence d'une feuille et assurant les mêmes fonctions (photosynthèse, respiration et réserve). **Les cladodes** sont courts, aplatis et formés d'un seul entre nœud. **Les phylloclades** sont constitués de plusieurs entre nœuds aplatis.

\***Tiges succulentes** sont des tiges qui ont la propriété de stocker l'eau dans un parenchyme aquifère pour s'adapter et survivre dans des milieux désertiques.

\***Rameaux épineuse ou dards** : ce sont des rameaux caractérisés par une transformation de leur bourgeon terminal en dard (épine).

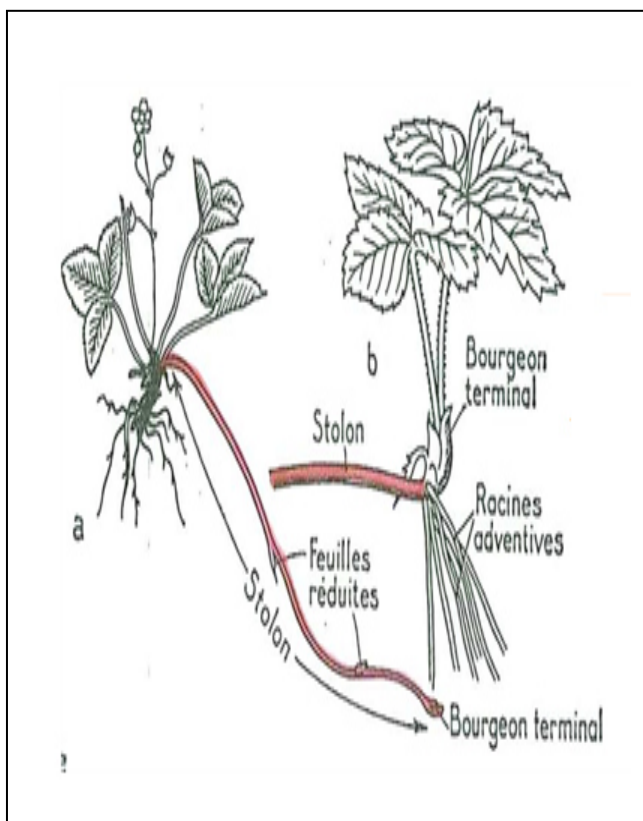
#### 2-1-2/ Tiges souterraines

Elles sont profondément modifiées par le milieu, elles ne sont jamais vertes mais d'une teinte semblable à celle de racines et portent des feuilles réduites à l'état d'**écailles** jaunâtres et des bourgeons souvent peu apparents. Leur ressemblance avec les racines leur vaut le nom de **rhizome**. **Le tubercule** (tige tubérisée) est une tige souterraine gonflée de réserves et dont les

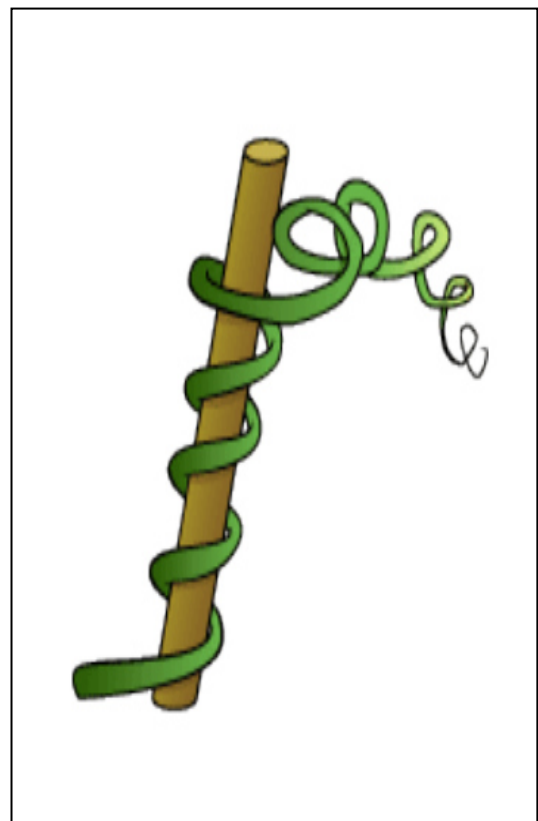
entre nœuds sont plus proche que ceux du rhizome (ex : pomme de terre). **Le bulbe** est une tige souterraine courte (ex : oignon). **Les bulbilles** ressemblent à de petits bulbes (ex : ail)

**2-1-3/ Tiges aquatiques** : elles diffèrent des tiges aériennes par leur structure et peuvent demeurer entièrement ou partiellement submergées

**2-1-4/ Plantes acaules** : qualifient une plante ne possédant aucune tige apparente, dont la tige est si courte, que les feuilles semblent naître de la racine, les feuilles sont alors disposées en rosette à la base de la plante ex : laitue.



**Figure 51** : Stolon d'un fraisier



**Figure 52** : Tige grimpante (volubile)



Figure 53 : Stipe du palmier dattier

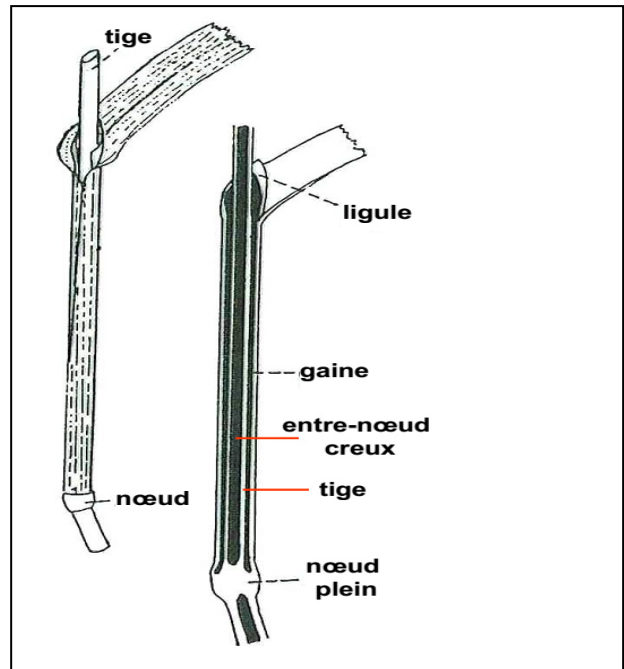


Figure 54 : Chaume des graminées

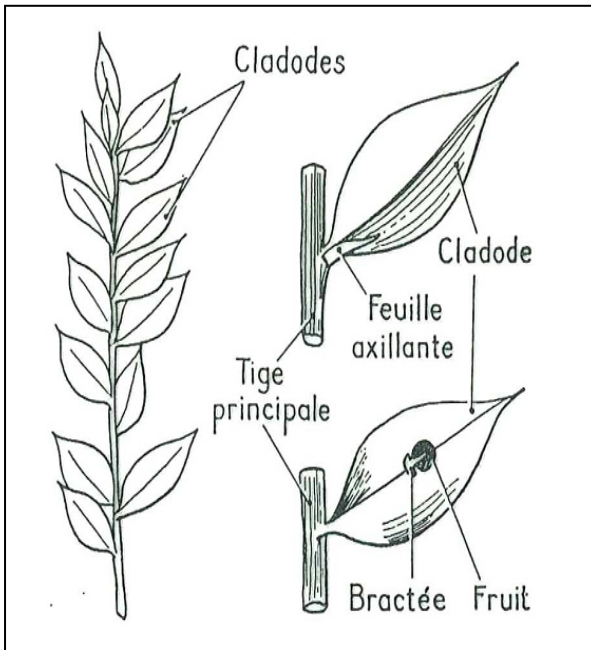


Figure 55 : Cladodes

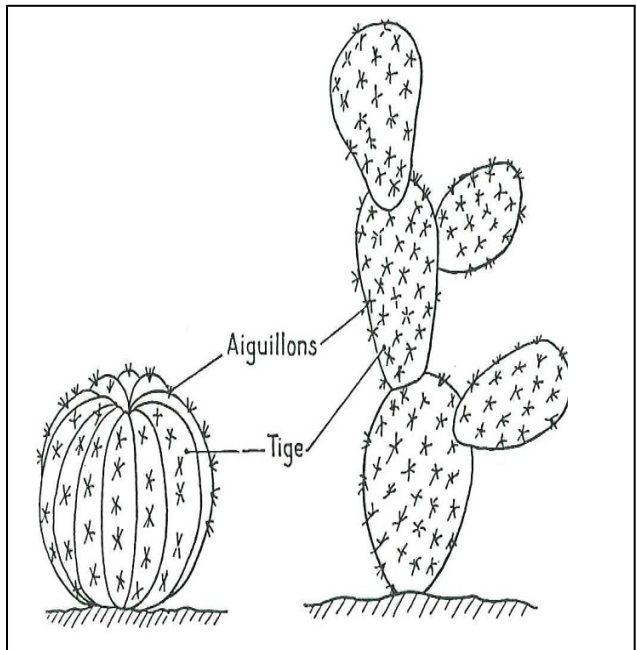


Figure 56 : Tige succulente

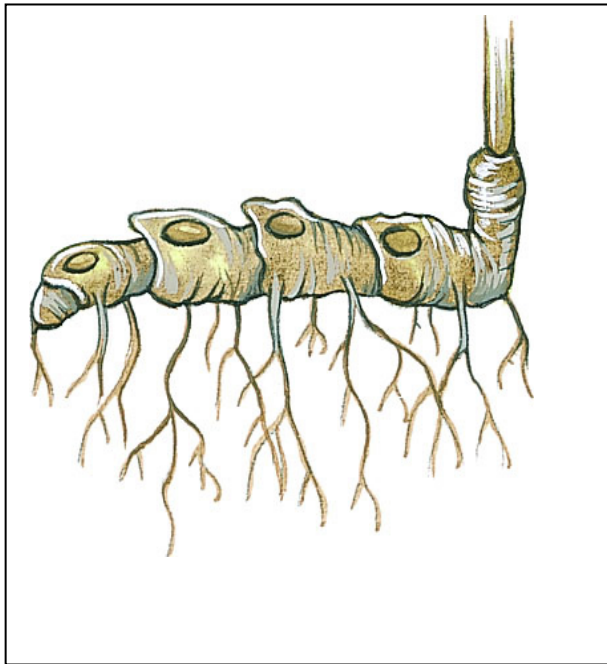


Figure 57 : Rhizome

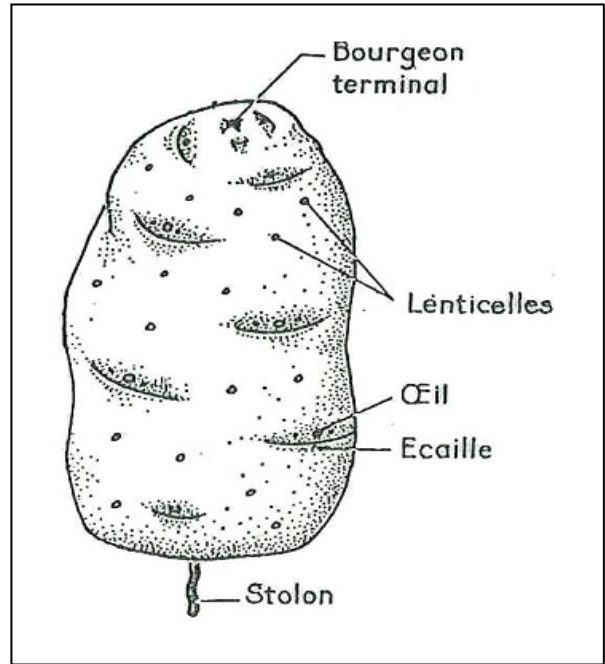


Figure 58 : Tubercule de pomme de terre

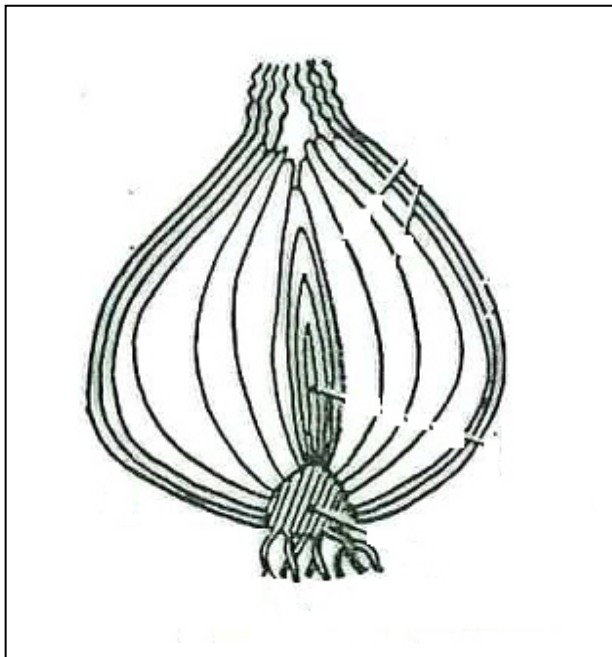


Figure 59 : Bulbe d'oignon

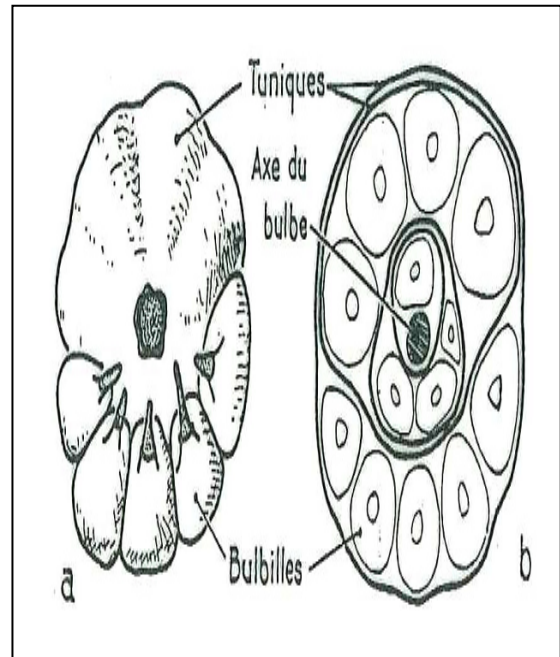
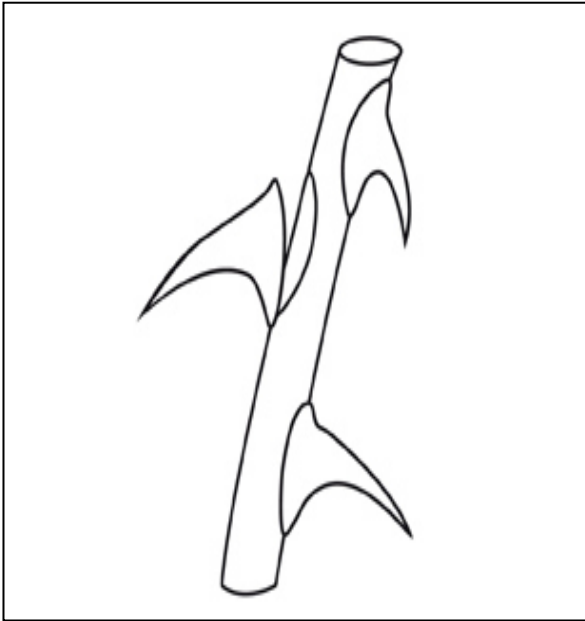
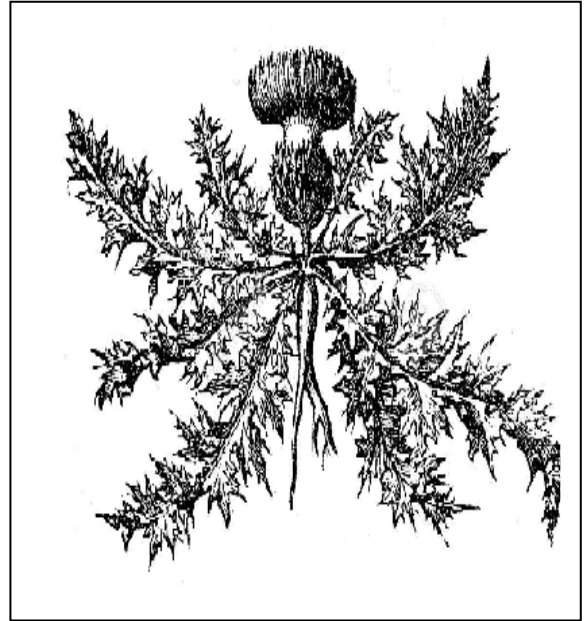


Figure 60 : Bulbille d'ail



**Figure 61** : rameaux épineux (dards)



**Figure 62** : Plante acaule

### 3/ Feuille

C'est l'organe principal de la photosynthèse, de la respiration et de la transpiration des plantes ; à son niveau se font les échanges entre le végétal et l'atmosphère.

La feuille est formée d'un **limbe** (lame verte au rôle assimilateur) plus ou moins large parcourue par des **nervures**, et d'un **pétiole** étroit le rattachant à la tige, la feuille est dite **sessile** quand elle est dépourvue de pétiole, **embrassante** quand sa base se prolonge en oreillettes de part et d'autre de la tige. La feuille peut être aussi munie d'excroissances de forme variée appelée **stipules**. La feuille se distingue de la tige et de la racine en ce qu'elle est toujours bilatérale dans sa morphologie et dans son anatomie (une partie droite et une gauche, une face supérieure et une face inférieure).

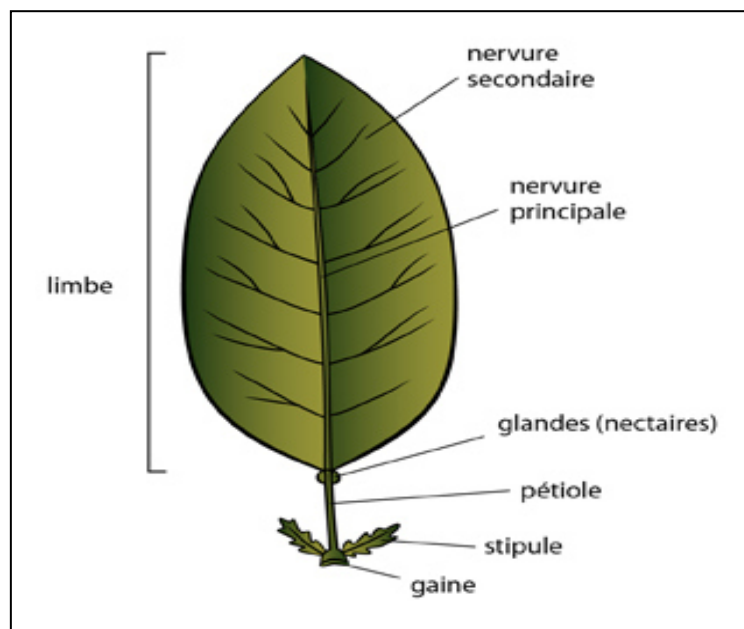


Figure 63 : Morphologie d'une feuille

#### 3-1/ Classification des feuilles

##### 3-1-1/ Forme de limbe

Les feuilles peuvent être classées en deux grandes catégories, **simples** ou **composées**

**3-1-1-1/ Feuille simple** : est constituée d'un seul limbe entier, on observe un bourgeon à la base du pétiole. La feuille simple peut être linéaire, spatulée, lancéolée, ovale, arrondie, dentée plus ou moins profondément, crénelé ou lisse....etc.

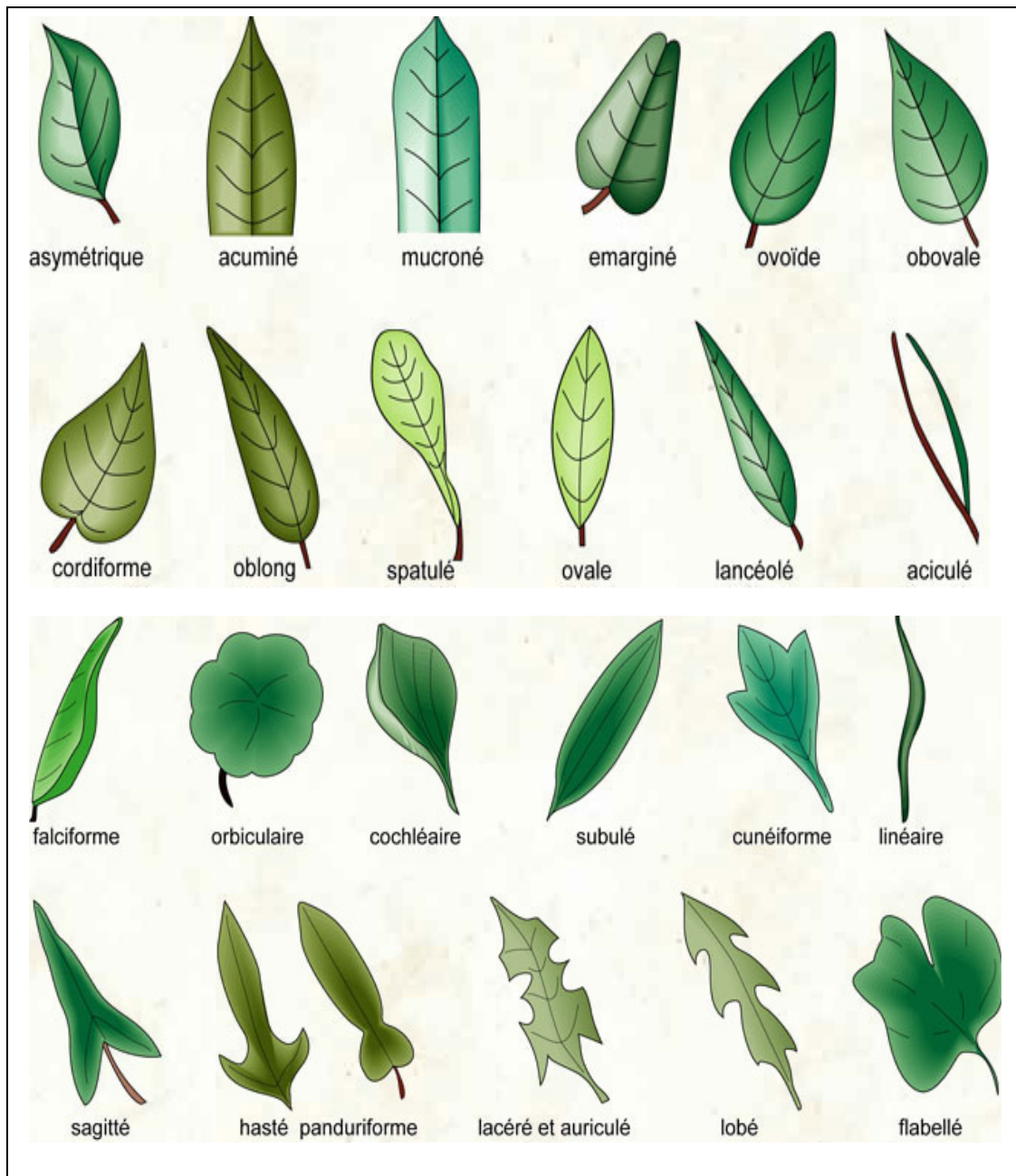


Figure 64 : Différentes formes d'un limbe

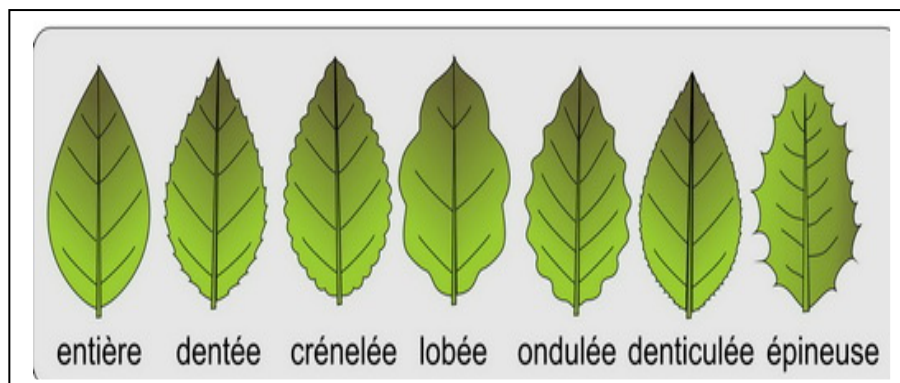
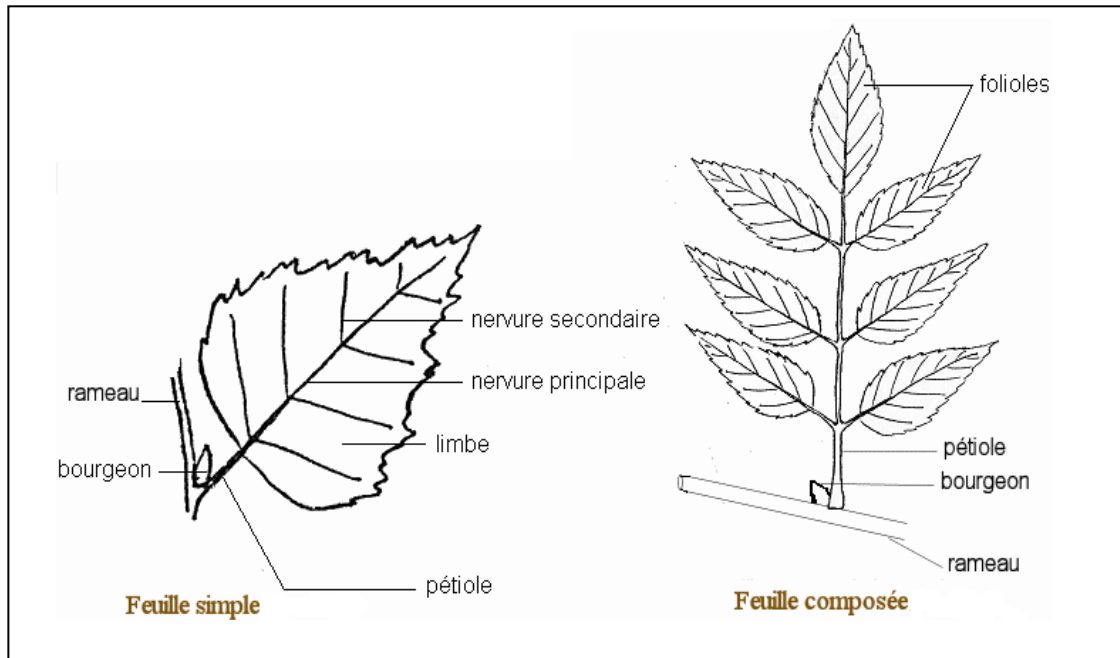


Figure 65 : Différentes forme du bord de limbe

**3-1-1-2/ Feuille composée** : est constituée de plusieurs folioles c'est-à-dire elle est découpée en plusieurs petites feuilles, on n'observe pas de bourgeons à la base de ces folioles, le bourgeon se trouve à la base du pétiole.



**Figure 66** : Morphologie d'une feuille simple et composée

Les feuilles composées peuvent avoir leurs folioles de part et d'autre du pétiole principal :

\***Feuilles pennée** : **paripennée** si le nombre de folioles est pair, **imparipennée** si le nombre de folioles est impair.

\*Feuille doublement composée ; **bipennée** si les folioles sont composées de foliolules, et **tripennée** si les folioles sont elles-mêmes composées

\* **Feuilles composées palmées** : les folioles peuvent partir du même point

\***Feuille composée trifoliées** s'il y a trois folioles

\***Feuille composée pédalée** : feuille d'aspect palmé dont les segments latéraux sont le plus souvent plus petits et divergent vers le bas.

Les feuilles des Angiospermes peuvent aussi subir des modifications variées pour assurer certaines fonctions particulières. Le primordium foliaire peut se différencier en vrilles ou en épines.



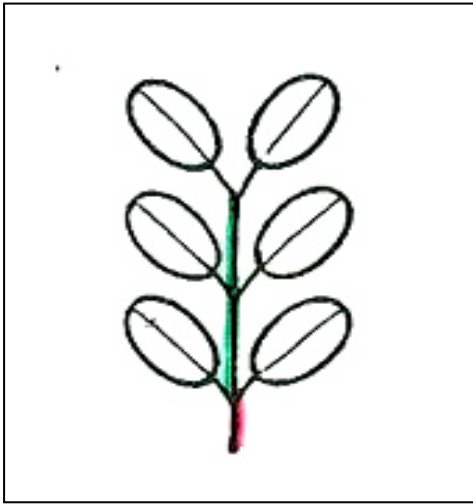


Figure 67 : Feuille composée paripennée

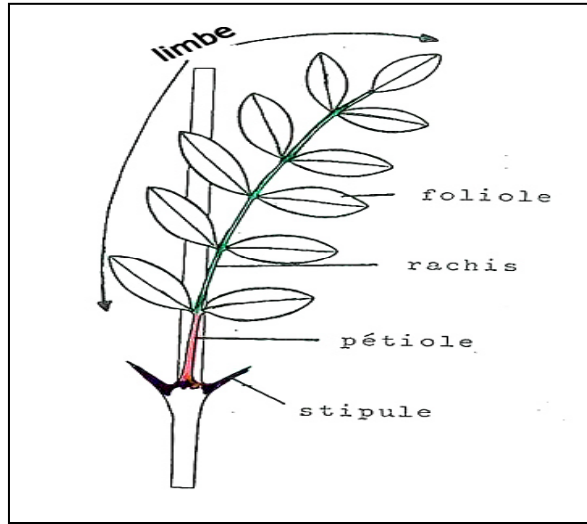


Figure 68 : Feuille composée imparipennée

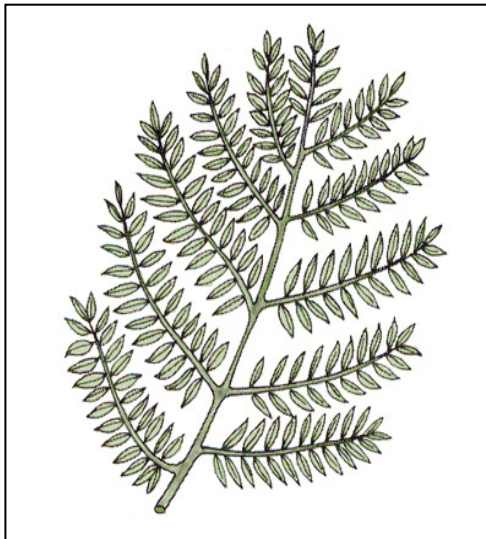


Figure 69 : Feuille composée bipennée

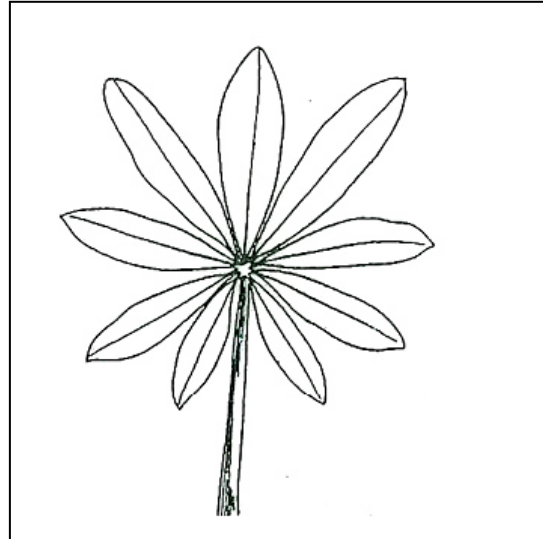


Figure 70 : Feuille composée palmée

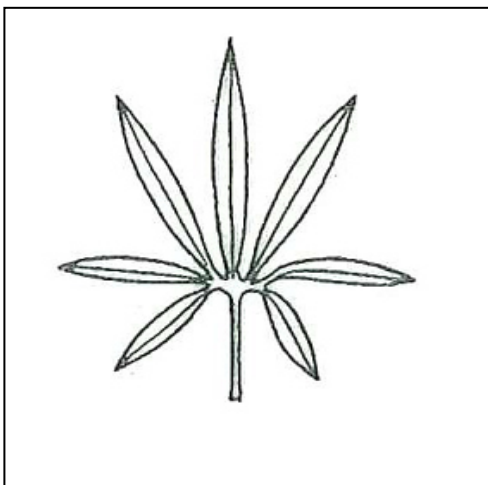


Figure 71 : Feuille composées pédalée

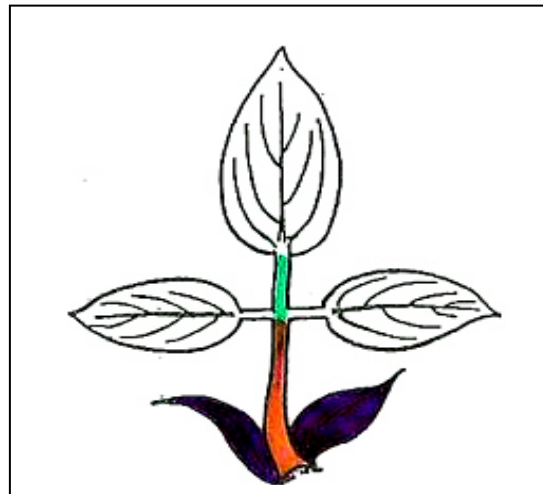


Figure 72 : Feuille composée trifoliées

### **3-1-2/ Nervation**

Le limbe est parcouru par des nervures assurant la conduction de la sève on distingue en général une nervure principale correspondant au prolongement directes des faisceaux conducteurs du pétiole et des nervures secondaires qui vont en diminuant de diamètre depuis la base de la feuille jusqu'à ses bords

**3-1-2-1/ Nervation pennée** : elle est formée par une nervure principale, portant des nervures secondaires, ces dernières se ramifient en nervures plus fines formant un réseau plus réticulé. La feuille qui présente cette nervation est dite feuille simple pennée si son limbe est simple ou feuille composée pennée si son limbe est composé.

**3-1-2-2/ Nervation palmée** : cette nervation ne présente pas de nervures principales mais plusieurs nervures qui divergent de la base du limbe. Celles-ci se ramifient en nervures secondaires qui à leur tour se ramifient en nervures plus fines formant un réseau.

**3-1-2-3/ Uni nervation (nervure unique)** : feuille qui n'a qu'une seule nervure ex : romarin

**3-1-2-4/ Nervation parallèle** : les nervures parcourent le limbe parallèlement les unes aux autres. Se rencontre principalement chez les Monocotylédones. Ex : blé, orge.....etc.

**3-1-2-5/ Nervation pédalée** : présente trois nervures qui rayonnent à partir d'un même point. Sur les deux nervures latérales partent des ramifications toujours orientées vers le bas de la feuille.

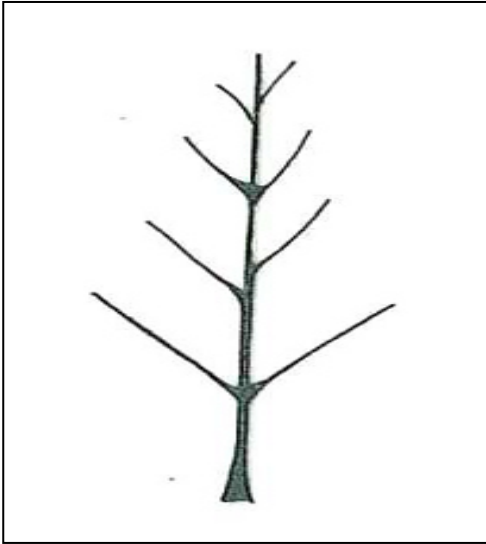


Figure 73 : Nervation pennée

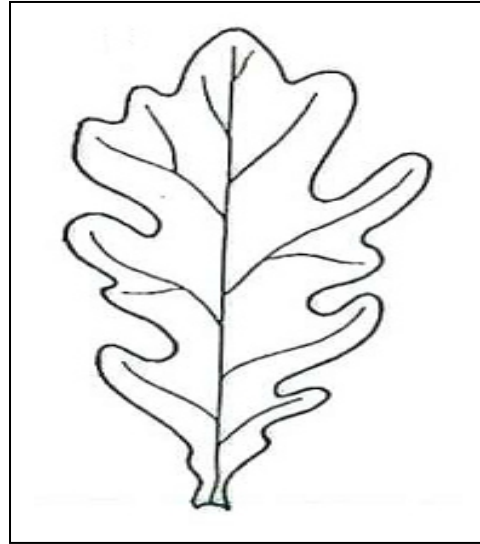


Figure 74 : feuille de nervation pennée

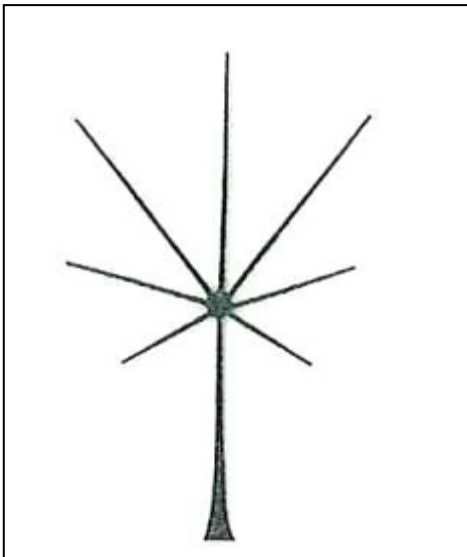


Figure 75 : Nervation palmée

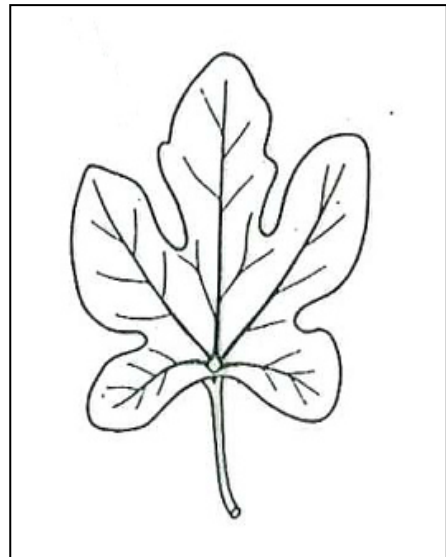


Figure 76 : Feuille de nervation palmée

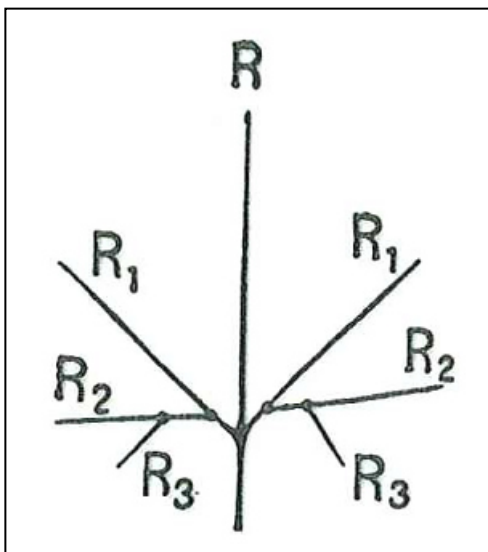


Figure 77 : Nervation pédalée

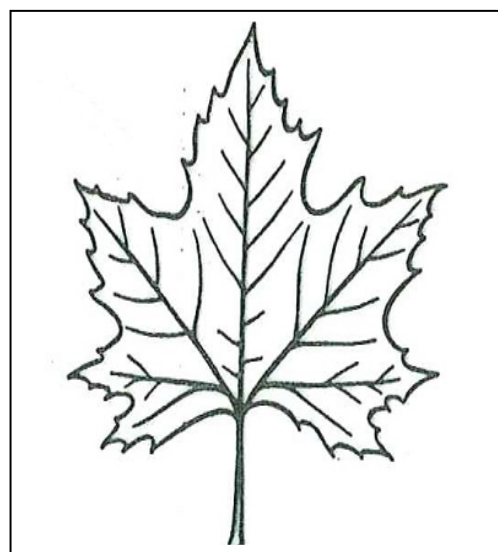


Figure 78 : Feuille de nervation pédalée

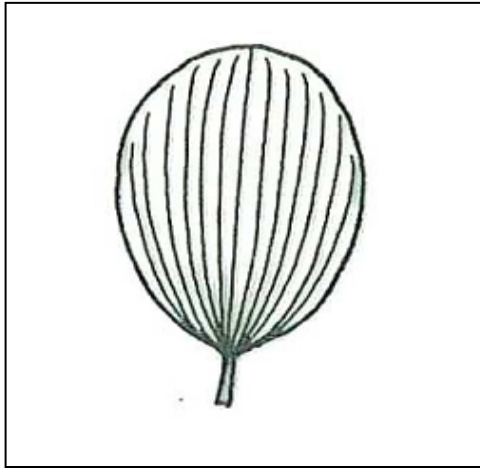


Figure 79 : Feuille de nervation parallèle

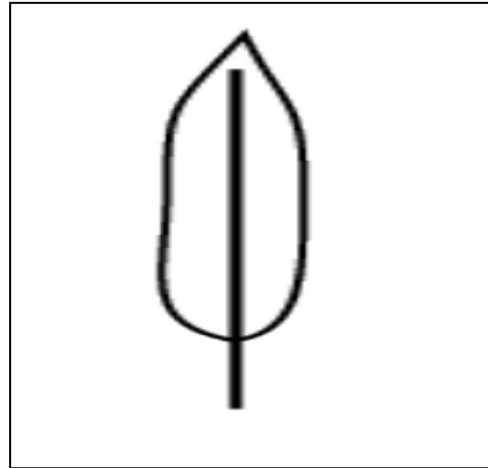


Figure 80 : Feuille uninerve

### 3-1-3/ Phyllotaxie

C'est la disposition des feuilles le long d'une plante. Les feuilles de la même espèce sont disposées de la même manière. On distingue ainsi par exemple :

**3-1-3-1/ Feuilles alternes** : fixées isolément à des niveaux différents, sur deux, trois, ou cinq rangs parallèles, verticaux ou spiralés. (Une feuille par nœud) Ex : chêne.

**3-1-3-2/ Feuilles opposées** : disposées par deux, l'une en face de l'autre, à un même niveau de la tige. (Deux feuilles portées par un même nœud). Ex : lamiacées.

**3-1-3-3/ Feuilles verticillées** : feuilles disposées par trois ou plus de trois à chaque niveau. Plusieurs feuilles. (Trois et plus portées par le même nœud). Ex ; laurier-rose.

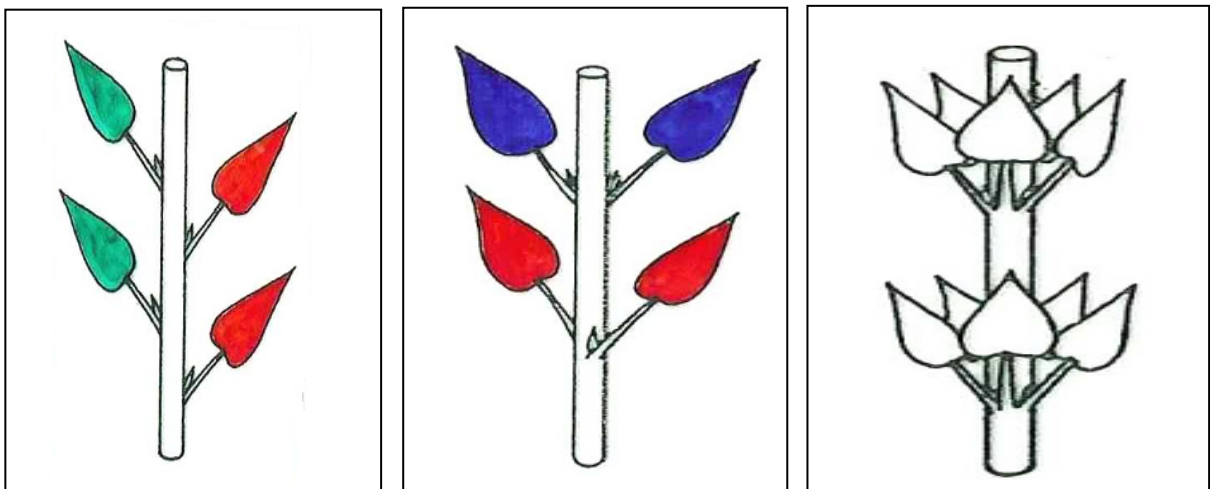


Figure 81 : Différentes dispositions des feuilles sur une plante (alterne, opposée, verticillée)

### 3-1-4/ Pétiole

Partie rétrécie de la feuille qui unit le limbe à la tige. A sa base se trouve parfois des stipules. Le pétiole est parcouru par les tissus conducteurs qui irriguent le limbe au niveau des nervures. Les feuilles dépourvues de pétioles sont dites **sessiles**. Lorsque le pétiole est élargi jusqu'à remplacer la feuille dans sa fonction on parle de **phyllode**. Le pétiole peut être élargi à sa base pour former **une gaine**.

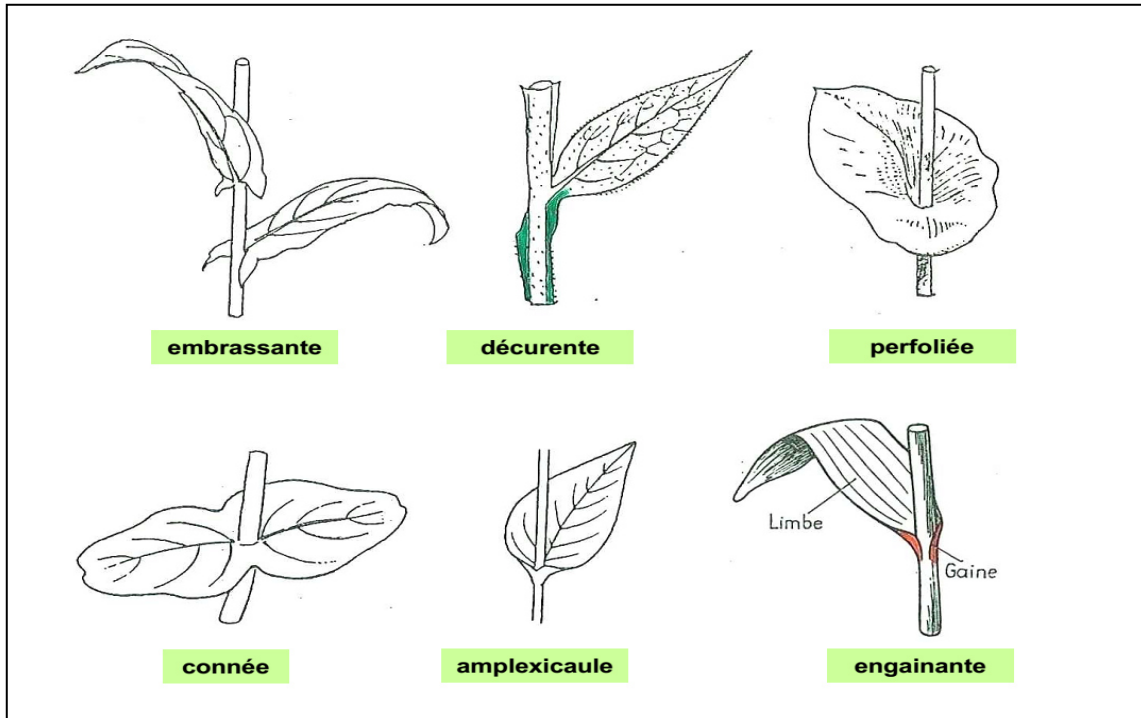


Figure 82 : Mode d'insertion des feuilles sur la tige

### 3-2/ Parties accessoires des feuilles

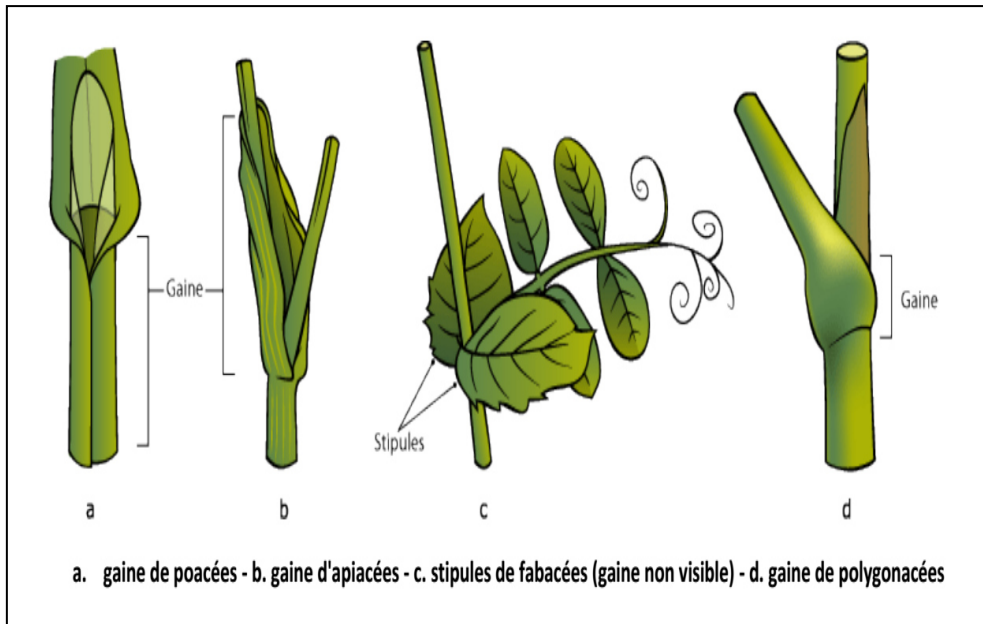
#### 3-2-1/ Stipules

Appendice foliacé, au nombre de deux, en forme de feuilles réduites situées de part et d'autre du pétiole, à sa base, au point d'insertion sur la tige.

#### 3-2-2/ Gaine

Chez certaines espèces, la gaine unit le limbe ou le pétiole à la tige. Elle constitue la partie basale élargie de la feuille qui entoure plus ou moins complètement la tige sur une longueur variable. Elle prend différentes formes suivant les espèces. Chez les ombellifères, elle est

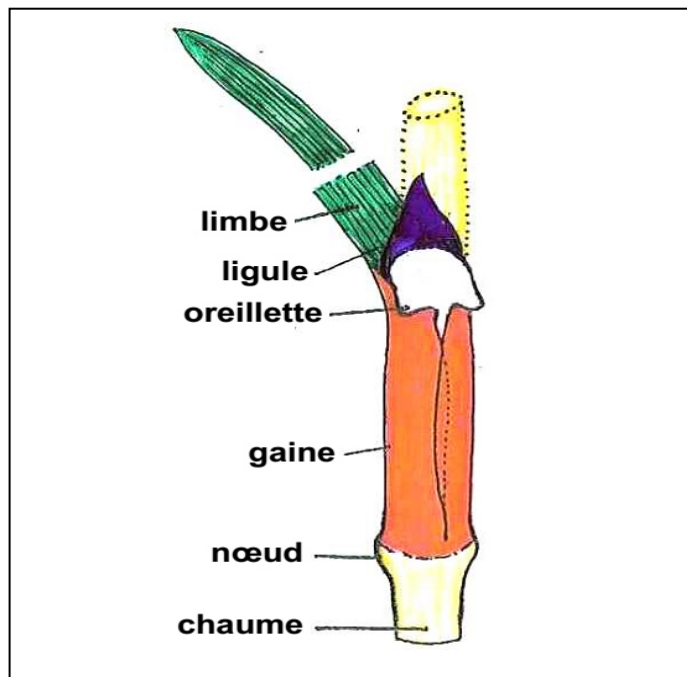
particulièrement importante. Dans d'autres cas, elle est absente et le pétiole s'insère directement sur la tige.



**Figure 83** : Exemples de gaines

**3-2-3/ Ochréa** : gaine membraneuse formée par les stipules soudées et entourant la tige au-dessus de l'insertion du pétiole.

**3-2-4/ Ligule** : sorte de petite languette membraneuse à la face supérieure des graminées.



**Figure 84** : Accessoires d'une feuille

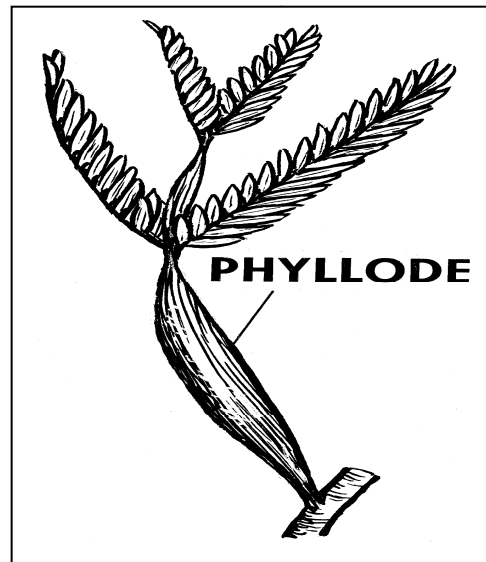
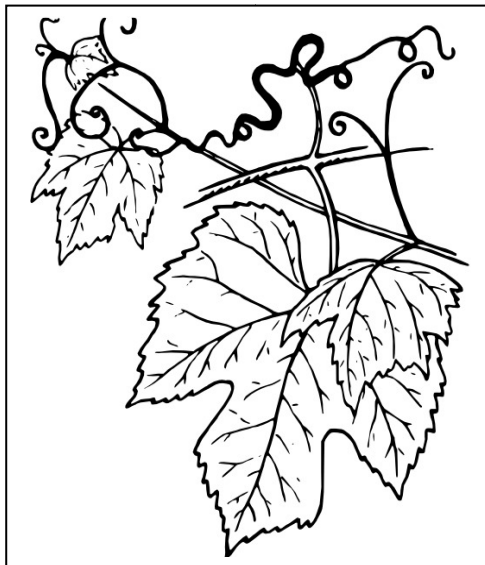
### **3-3/ Adaptations morphologiques des feuilles**

Pour leur forme et leur organisation, les feuilles sont essentiellement adaptées à certaines fonctions de nutrition, de protection ou de réserve.

#### **3-3-1/ A la fonction de nutrition**

**Les vrilles** : issues de la transformation totale du limbe permet au végétal de grimper en s'enroulant autour d'un support pour aller chercher la lumière.

**Les phyllodes** : sont des pétioles aplatis, ressemblant morphologiquement aux feuilles, ils interviennent dans l'assimilation chlorophyllienne à la place des feuilles qui sont très réduites.



**Figure 85** : Feuilles adaptées en vrilles **Figure 86** : Feuilles adaptées en phyllode

#### **3-3-2/ A la fonction de protection**

**Feuilles épineuses** : transformées en parties ou totalement en épines empêchant la déshydratation de la plante en saison sèche.



**Figure 87** : Exemples des feuilles épineuses

### **3-3-3/ A la fonction de réserve**

Certaines feuilles s'hypertrophient en accumulant des substances de réserve, elles sont dites feuilles charnues. Ex : réserve d'eau dans les feuilles d'Aloé, réserve de glucides dans les écailles du bulbe d'ail ou d'oignon.



#### **4/ Fleur**

Une fleur est un ensemble des organes assurant la reproduction des Angiospermes. Une fleur est constituée d'un axe prenant naissance à l'aisselle d'une feuille. La partie inférieure de cet axe représente le **pédoncule** de la fleur dont l'extrémité plus ou moins renflée constitue le **réceptacle** florale à la base duquel peut s'insérer une bractée. Sur ce réceptacle sont insérées les différentes pièces florales.

Une fleur peut être **hermaphrodite** et contenir à la fois organes mâles (**étamines**) et femelles (**carpelles**), ou seulement mâles ou femelles (**fleur unisexuée ; fleur mâle ou femelle**).

Une plante est **dioïque**, si chaque individu ne porte que des fleurs mâles ou femelles, la plante est **monoïque**, si chaque individu porte à la fois des fleurs mâles et femelles.

De l'extérieur vers l'intérieur d'une fleur hermaphrodite, on distingue généralement quatre types de pièces florales souvent regroupés en verticilles sur le réceptacle floral :

\*Deux ensembles de pièces stériles ou enveloppes florales formant le **péricarpe** :

A/ **Calice** constitué de **sépales** généralement chlorophylliens, destinés à protéger la fleur ;

B/ **Corolle** constitué de **pétales** généralement vivement colorés dont le rôle est d'attirer les animaux pollinisateurs qui sont pour la plupart des insectes. Chez les dicotylédones, certaines fleurs sont dépourvues de pétales (**apétales**), d'autres sont à pétales séparés (**dialypétales**) et d'autres enfin à pétales soudés entre eux (**gamopétales**) ;

\*Deux ensembles de pièces fertiles directement impliqués dans les phénomènes de reproduction.

A/ **Androcée** constitué par l'ensemble des étamines ;

B/ **Gynécée** ou pistil constitué par l'ensemble des carpelles libres ou soudés entre eux, au centre de la fleur.

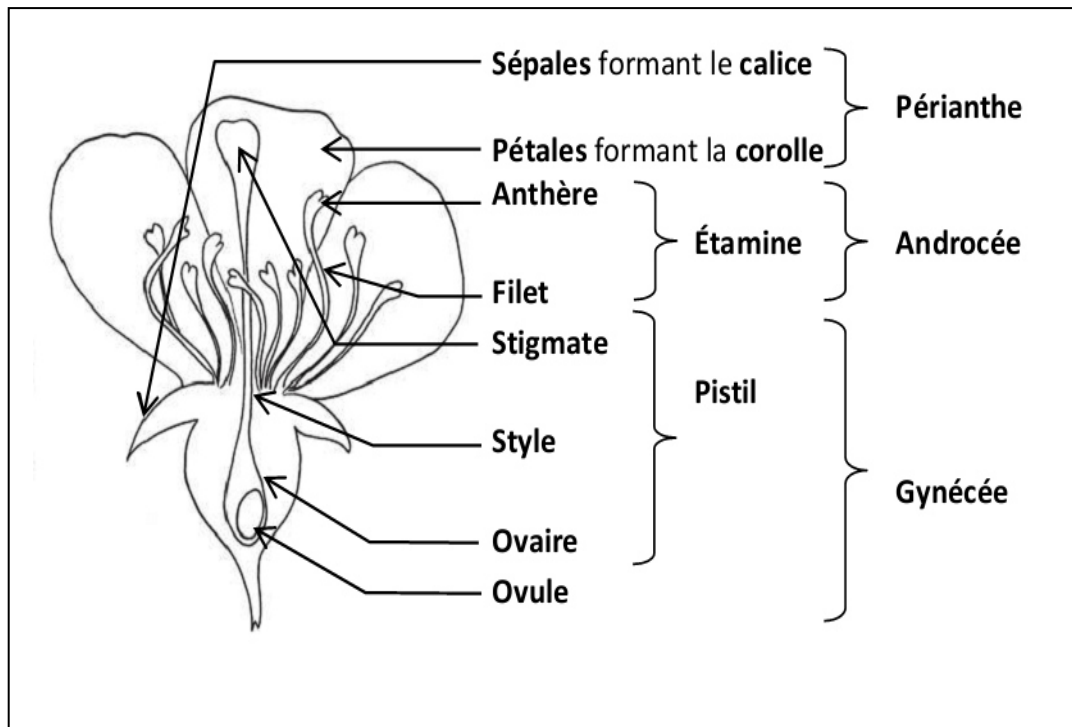


Figure 88 : Coupe longitudinale d'une fleur hermaphrodite

#### 4-1/ Périanthe

Ensemble des enveloppes florales : calice+corolle, qui forme la partie stérile de la fleur. Les caractéristiques du périanthe sont souvent en rapport étroit avec le type de pollinisation. Chez les plantes **anémophiles**, les pièces périanthaires, lorsqu'elles existent, sont souvent réduites, ne gênant pas le transport du pollen vers les organes reproducteurs de la fleur. Chez les plantes **entomophiles**, les fleurs ont des pièces périanthaires plus grandes, de couleur vive avec souvent un parfum attractif.

Lorsque les pièces périanthaires ne sont pas différenciées en pétales et sépales, on les nomme **tépales** (quand les sépales et les pétales sont de forme et de coloration identiques). Le périanthe peut être **persistant** ou **caduc**, accrescent (se dit d'une partie de la fleur qui continue sa croissance après la fécondation) ou non. Le nombre des pièces périanthaires (fleurs trimères, tétramères, pentamères ou polymère), leur formes, leurs relations (libres ou soudées), leur symétrie (par rapport à un axe ou un plan), sont autant de caractères utilisés en systématique.

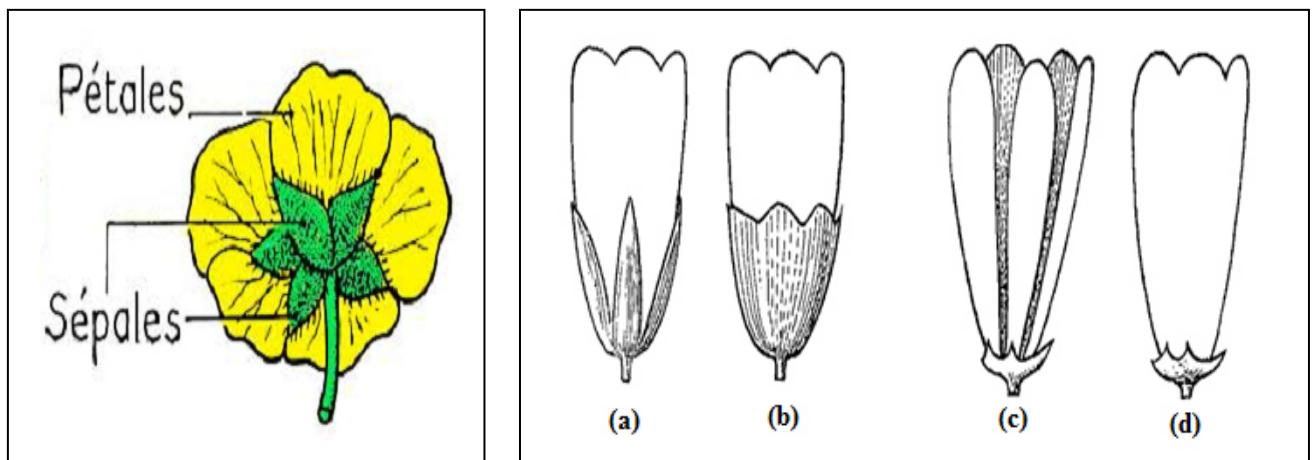
##### 4-1-1/ Calice

Enveloppe extérieure de la fleur, généralement de couleur verte, recouvrant le plus souvent la base de la corolle et constitué par l'ensemble des sépales. Ces derniers peuvent être libres

jusqu'à la base (**calice dialysépale**) ou plus ou moins soudés entre eux (**calice gamosépale**). Dans certaines fleurs, le calice est coloré comme les pétales, on parle alors de **sépales pétaloïdes** ou de **tépales**.

#### 4-1-2/ Corolle

Ensemble formé par les pétales d'une fleur. Généralement colorée, non chlorophyllienne. La corolle a pour fonction d'attirer les insectes pollinisateurs. Elle est persistante ou caduc. Les pétales peuvent être libres (**corolle dialypétale**) ou plus ou moins soudés entre eux (**calice gamopétale**).



**Figure 89** : Soudures des pièces des périanthes ((a) dialysépale, (b) gamosépale, (c) dialypétale, (d) gamopétale).

Ainsi pour des variations au niveau du périanthe on distingue aussi :

\***Fleur actinomorphe**, quand elle est régulière c'est-à-dire quand elle présente une symétrie radiale (par rapport à un axe).

\***Fleur zygomorphe**, quand elle est irrégulière et présente un plan de symétrie (par rapport à un plan).

\***Fleur asymétrique**, quand elle est dépourvue de tout plan de symétrie.

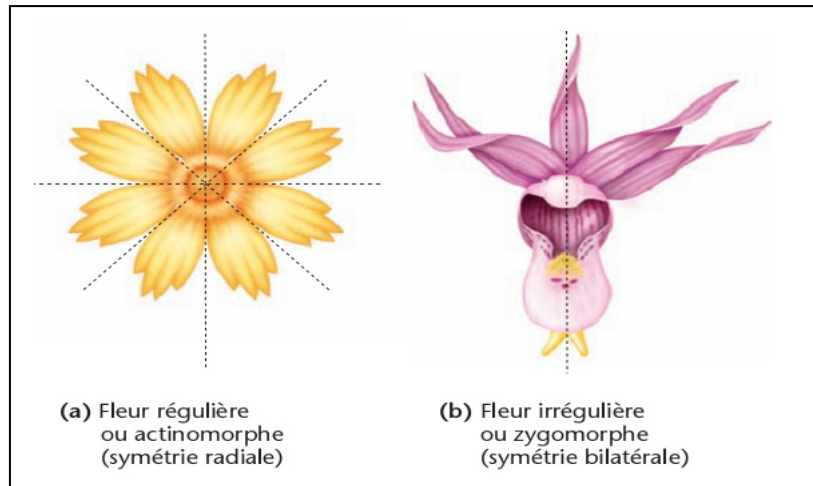


Figure 90 : Symétrie des fleurs ((a) actinomorphe, (b) zygomorphe)

## 4-2/ Pièces reproductrices

### 4-2-1/ Androcées

Ensemble des étamines, constituant la partie mâle d'une fleur d'Angiospermes. L'étamine est considérée comme l'organe mâle d'une fleur, porté par le réceptacle floral et placé entre la corolle et le pistil. Une étamine est généralement formée d'une partie allongée et grêle appelée **filet** terminé par une partie renflée appelée anthère. Celle-ci est le lieu de production des grains de pollen (gamétophyte mâle), dans des cavités appelées sacs polliniques (microsporanges), généralement au nombre de quatre, souvent fusionnées en deux loges séparées par un connectif. Les étamines dont l'ensemble constitue l'**androcée**, peuvent être libres jusqu'à la base ou plus ou moins soudées entre elles ou aux autres parties de la fleur (pétales, pistil). Les fleurs qui n'ont que des étamines sans pistil sont appelées fleurs staminées. A maturité l'anthère s'ouvre et laisse échapper le pollen, qui permet la fécondation.

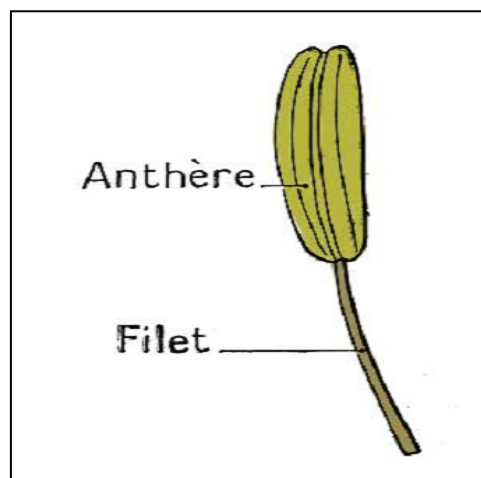


Figure 91 : Structure d'une étamine

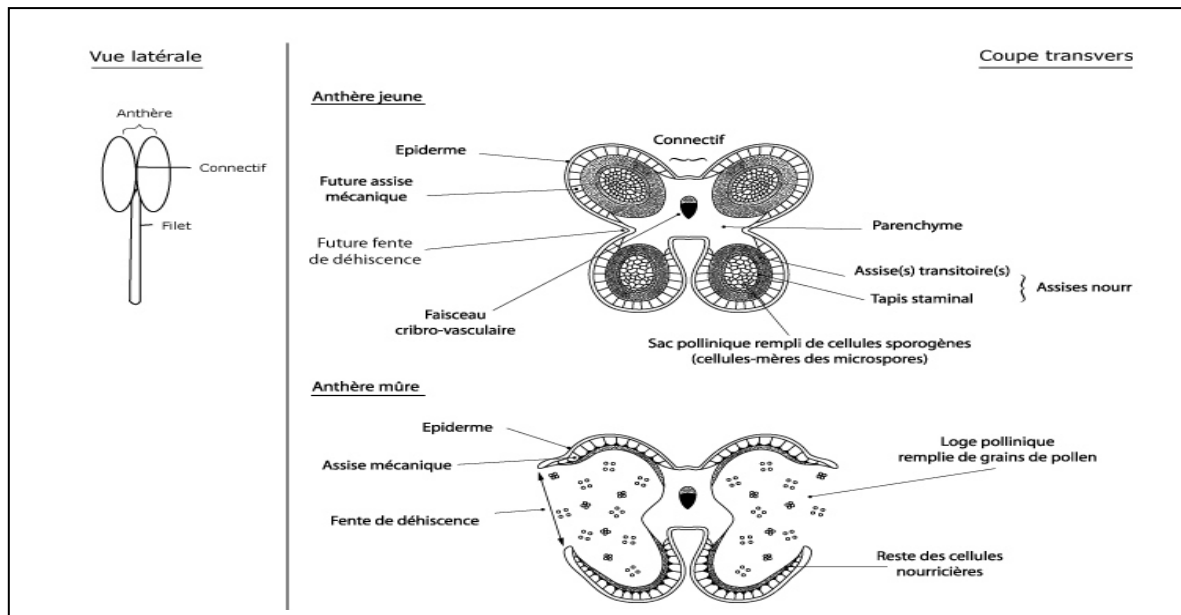


Figure 92 : Coupe transversale d'une anthère jeune et mûre

#### 4-2-2/ Gynécée

**Ensemble des carpelles** constituant la partie femelle d'une fleur, ordinairement situés au centre de celle-ci en spirales ou en verticille. Un carpelle est composé de trois parties ; **ovaire**, **style** (colonne reliant l'ovaire aux stigmates) et **stigmate** (situé à l'extrémité du style, adaptée à la réception des grains de pollen). Les carpelles peuvent être libres entre eux (**gynécée dialycarpe ou apocarpe**) ou soudées (**gynécée gamocarpe ou syncarpe**). Dans le premier cas et à la base du gynécée, se trouvent **les ovaires**; dans le deuxième cas, un **ovaire composé** formé par la réunion des ovaires de chaque carpelle. Les fleurs n'ayant que le gynécée et pas d'étamines, sont dites **fleurs pistillées** ou **fleurs femelles**.

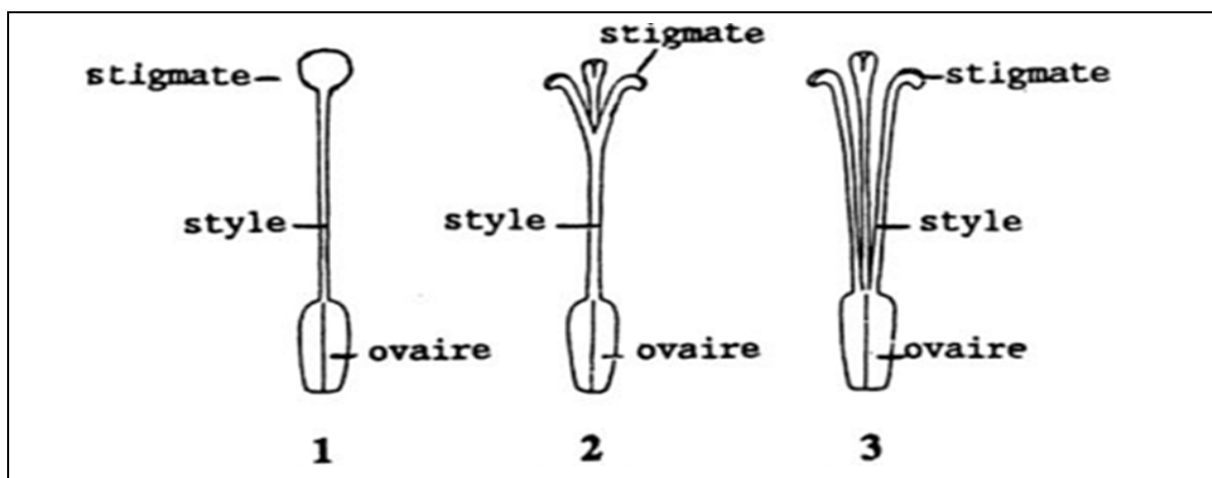
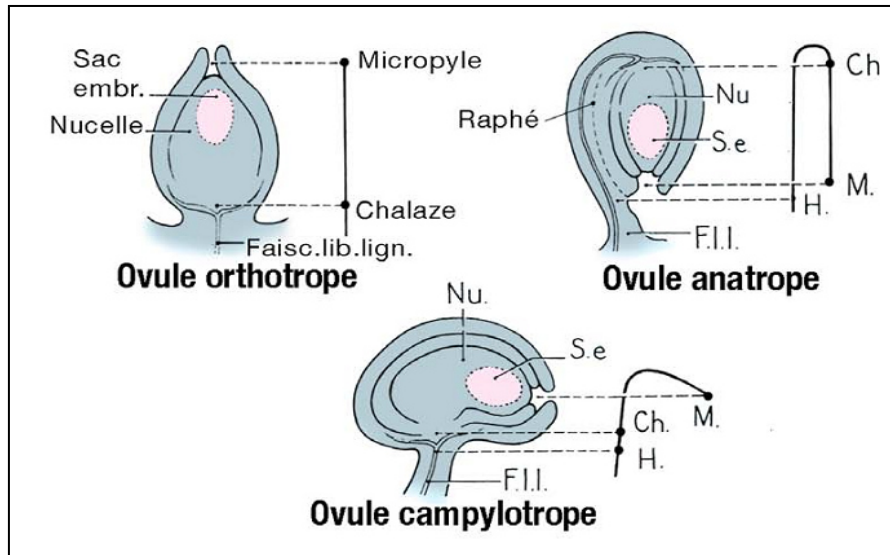


Figure 93: Différents types de carpelles (1) ovaires styles et stigmates soudés (2) ovaires et styles soudés (3) ovaires soudés, styles et stigmates libres.

L'ovaire d'une fleur est la partie basale, creuse et renflée du pistil (ou gynécée), correspondant à un ou plusieurs carpelles et renfermant un ou plusieurs **ovules**. Après fécondation et maturation, **les ovules** se transforment en **graines** et **l'ovaire** en **fruit**. On distingue trois types principaux d'ovules chez les Angiospermes, selon leur orientation par rapport à leur point d'insertion sur le carpelle : **ovules orthotropes** (droits), **ovules campylotropes** (courbés) ou **ovules anatropes** (renversés).



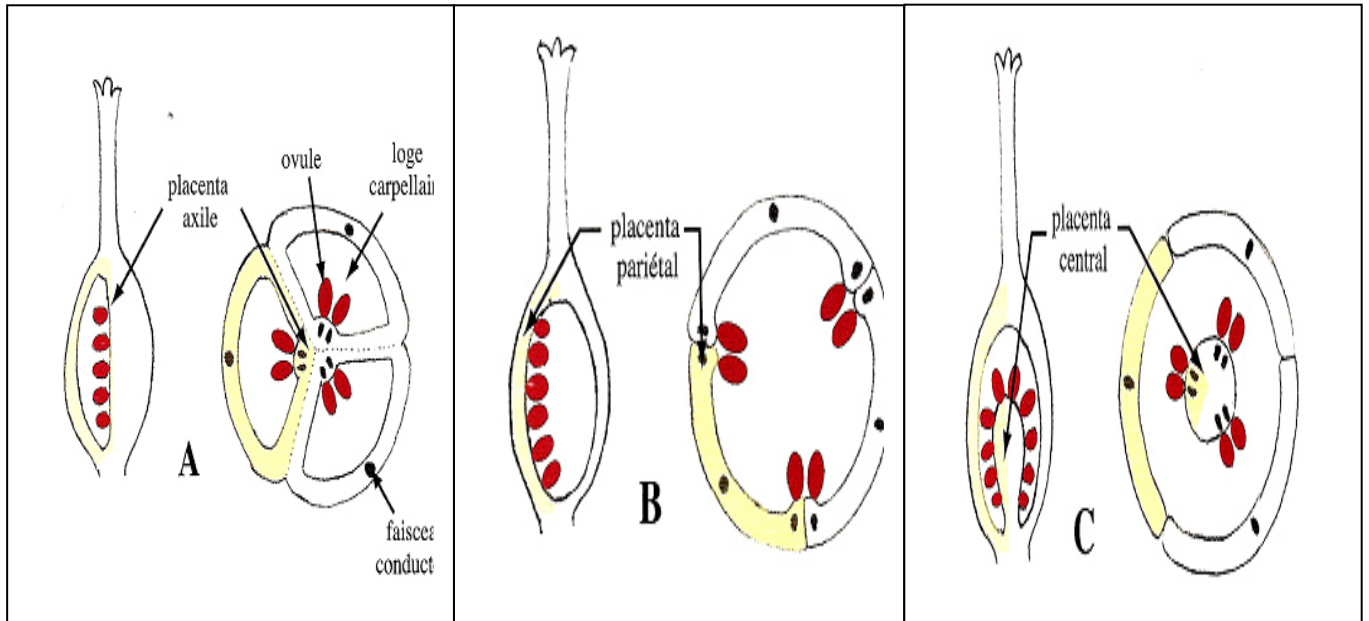
**Figure 94** : Différents types des ovules

**La placentation** définit la position des ovules à l'intérieur de l'ovaire. Celle-ci est très variable. Il est possible de les regrouper en quatre grands types, il s'agit de :

\***Placentation axile** : les ovules sont fixés au centre d'un ovaire formé de plusieurs loges

\***Placentation pariétale** : les ovules sont insérés sur la paroi périphérique d'un ovaire non compartimenté

\***Placentation centrale** : dans un ovaire uniloculaire provenant de la soudure de plusieurs carpelles fermés dont les cloisons se sont résorbées seule reste une colonne centrale sur laquelle sont fixés les ovules.



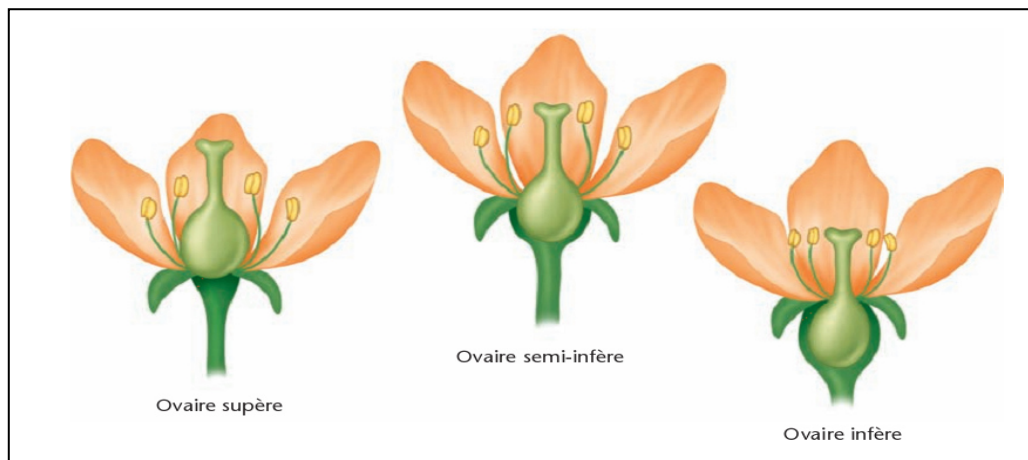
**Figure 95** : Différents types de placentation (A) placentation axile, (B) placentation pariétale, (C) placentation centrale.

La disposition des ovaires et des pièces florales montre trois cas :

\***Hypogyne** : se dit d'une fleur dont les pièces florales (sépales, pétales et étamines) sont insérés au dessous de l'ovaire qui est dit **supère**.

\***Épigyne** : se dit des organes (étamines, enveloppes florales) d'une fleur à ovaire infère, situés au-dessus du gynécée

\***Périgyne** : se dit d'une fleur dont les enveloppes florales et l'androcée sont insérés autour de l'ovaire semi-infère, libre au fond du réceptacle creux.



**Figure 96** : Disposition des ovaires et pièces florales ; hypogyne (ovaire supère), épigyne (ovaire semi infère), périgyne (ovaire infère).

### 4-3/ Inflorescence des fleurs

C'est la disposition des fleurs sur la tige d'une plante à fleur, on distingue des **inflorescences définies** (axe principal qui se termine par une fleur) **et indéfinies** (axe principal se termine par un bourgeon et s'allonge), selon que l'axe principal de l'inflorescence est terminé par un bourgeon ou par une fleur. L'inflorescence est considérée comme un moyen d'attraction des pollinisateurs.

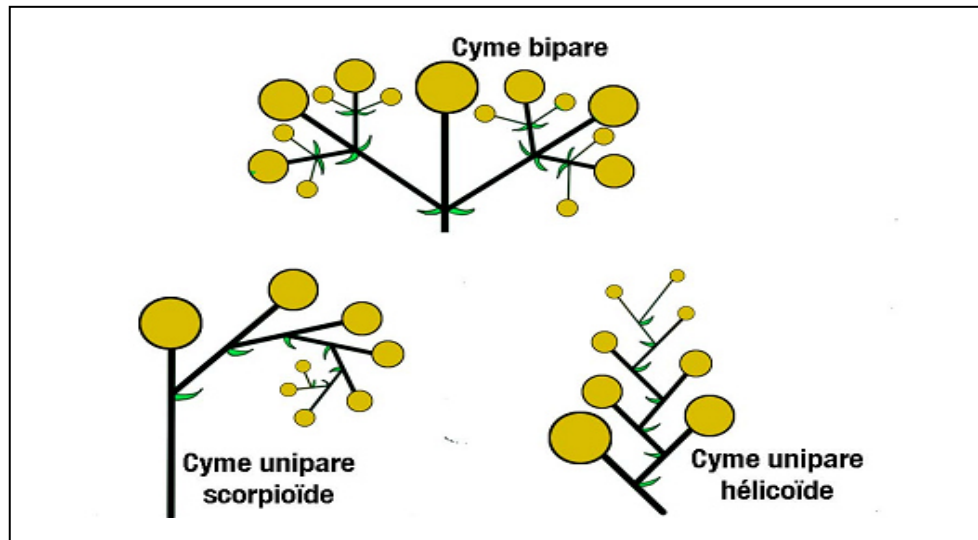


Figure 100 : Exemples d'inflorescences définies

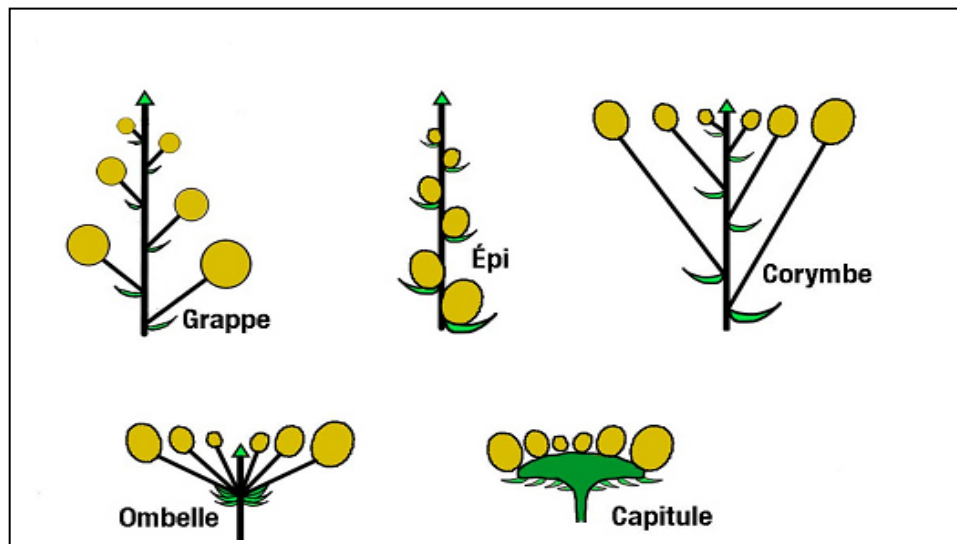
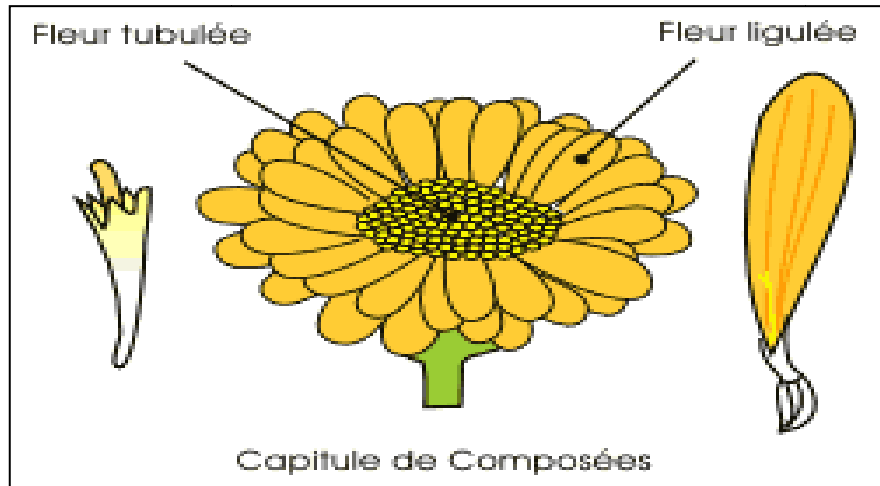


Figure 101 : Exemples d'inflorescences indéfinies

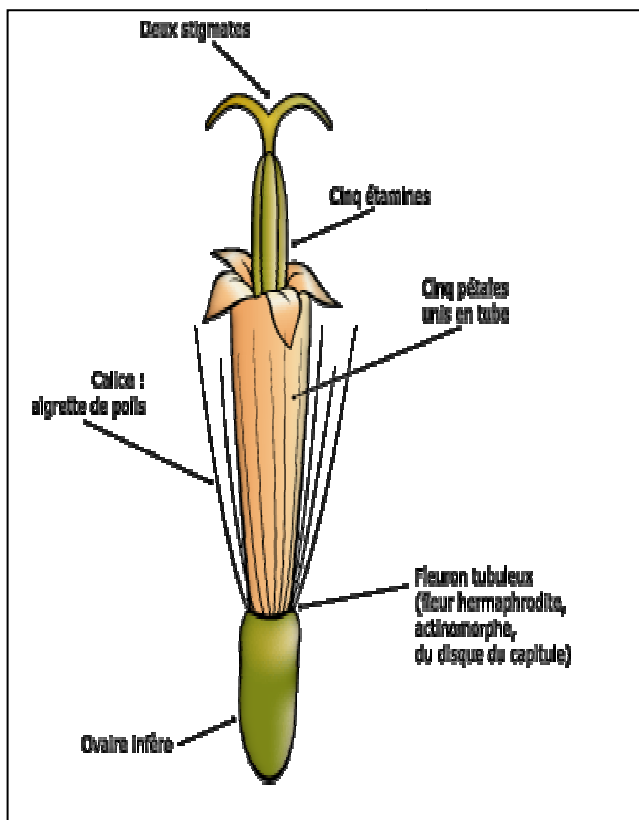
Un type d'inflorescence particulier est celui en **capitule** dans lequel de petites fleurs sessiles sont insérées les unes à côté des autres sur un support commun ; **le réceptacle** élargi. On peut distinguer deux types de fleurs qui composent le capitule : **fleurs tubulées** (gamopétales actinomorphes) et **fleurs ligulées** (gamopétales zygomorphe). Il existe des capitules qui sont



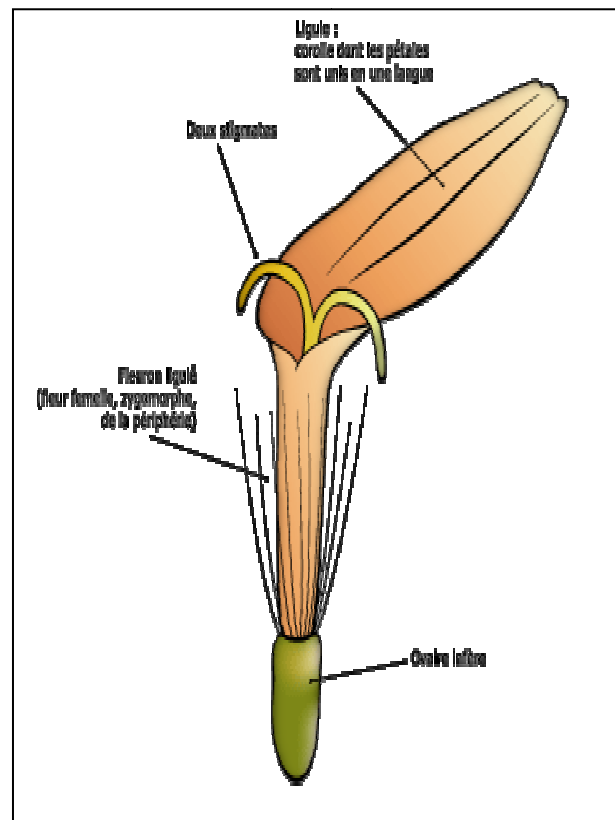
uniquement composés par les fleurs tubulées, d'autres composés uniquement par des fleurs ligulées ou bien des capitules composés à la fois par des fleurs tubulées (au centre) et ligulées (à la périphérie) (ex : tournesol et marguerite).



**Figure 102 :** Exemple d'inflorescence en capitule



**Figure 103 :** Fleur tubulée



**Figure 104 :** Fleur ligulée

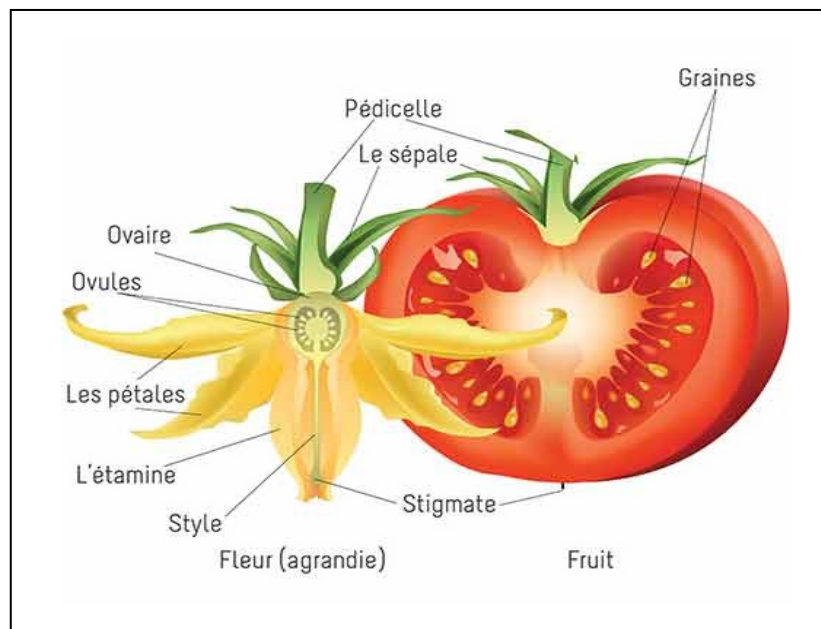
## 5/ Fruit

La pollinisation et la fécondation se réalisent lorsque la fleur est épanouie. Ensuite **les ovules se transforment en graines** et **les parois de l'ovaire se transforment en fruit** protégeant les graines. La croissance de l'ovaire, jusqu'à la réalisation d'un fruit, est attribuée à l'intervention des hormones de croissance, l'auxine et les gibbérellines. Parfois la transformation de l'ovaire en fruit peut avoir lieu en l'absence de pollinisation et de fécondation ; phénomène de **parthénocarpie** (formation d'un fruit en l'absence de fécondation des ovules, ce qui donnera donc un fruit dépourvu de graines, ex : bananes et oranges sans pépins). C'est essentiellement la paroi de l'ovaire qui est destinée à devenir la paroi du fruit ou **péricarpe**, ce dernier est formé essentiellement de :

\***Epicarpe** : correspondant à l'épiderme externe du fruit, très souvent extrêmement mince, appelée communément « peau de fruit ». Ex : épicarpe du raisin, de la pêche.

\***Mésocarpe** : couche moyenne (entre l'épicarpe et l'endocarpe) du péricarpe des fruits. Il est très développé chez les fruits charnus.

\***Endocarpe** : partie interne de l'enveloppe du fruit ou péricarpe, la plus proche de la graine. C'est cette partie qui constitue le noyau dans les drupes.



**Figure 105** : transformation d'une fleur à un fruit

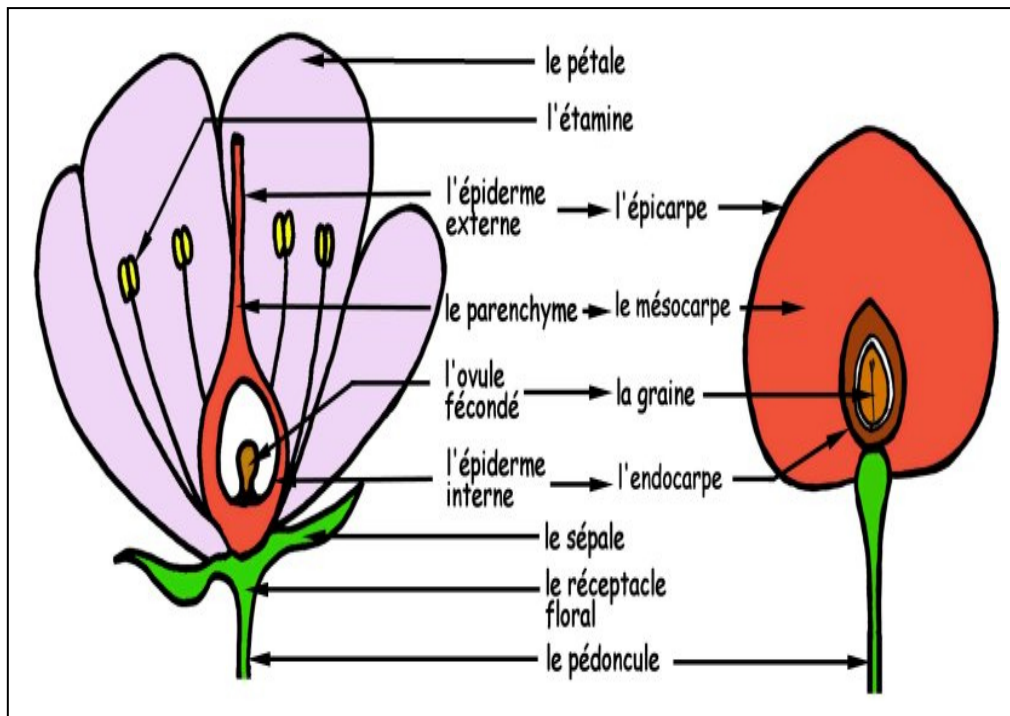


Figure 106 : Dessin explicatif de la transformation d'une fleur à un fruit

Outre la paroi de l'ovaire, d'autres parties de la fleur, voire de l'inflorescence, subissent une modification importante et participent à la constitution du fruit ; la complexité augmente avec la participation du réceptacle floral. Certains auteurs considèrent que dès qu'il y a intervention, pour former le péricarpe, d'un élément autre que la paroi de l'ovaire, il faut parler de **faux-fruit** (ex. : pomme).

**5-1/ Vrai fruit** : Provenant uniquement de la croissance d'un ovaire ou d'un carpelle; c'est le cas de la plupart des plantes à ovaire supère (ex: cerise, orange, raisin...). On distingue selon la consistance du péricarpe, les **fruits charnus** et les **fruits secs**.

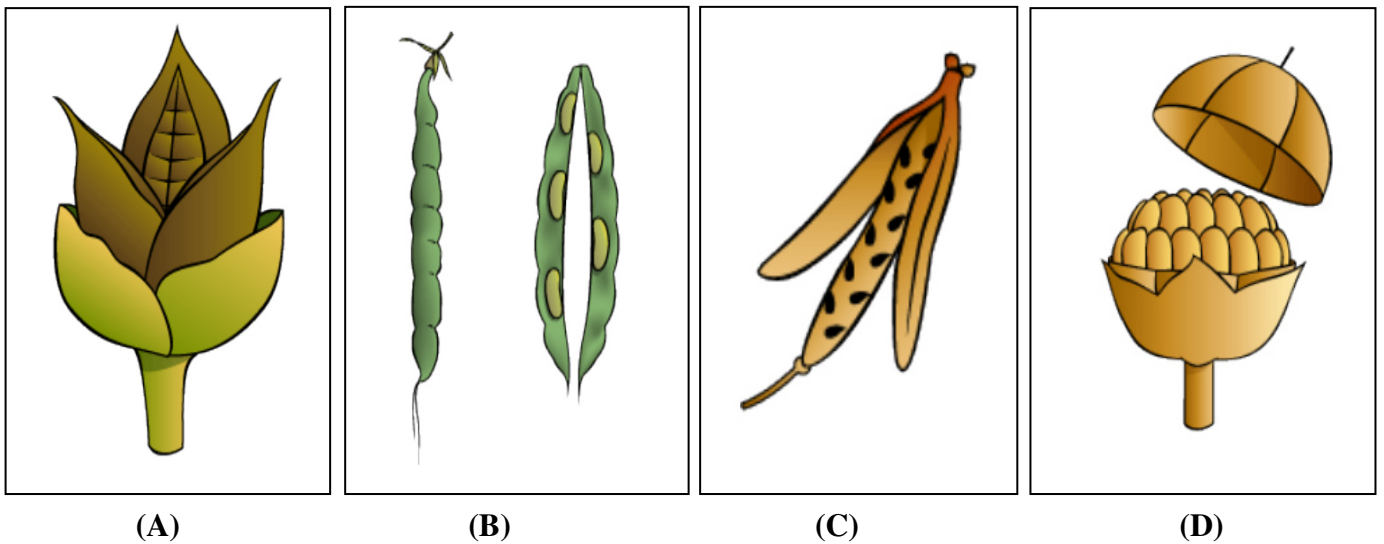
**5-1-1/ Fruit sec** : chez les fruits secs, le péricarpe se déshydrate et se lignifie, il devient dur. Certains fruits s'ouvrent à maturité et libèrent les graines. Ce sont des **fruits secs déhiscents**. On peut rencontrer :

\***Follicule** : comprenant un carpelle et s'ouvrant selon une fente

\***Gousse** : à un carpelle et deux fentes

\***Silique** : à deux carpelles et quatre fentes

\***Capsule** : à plusieurs carpelles et nombreuses fentes et pores de déhiscences



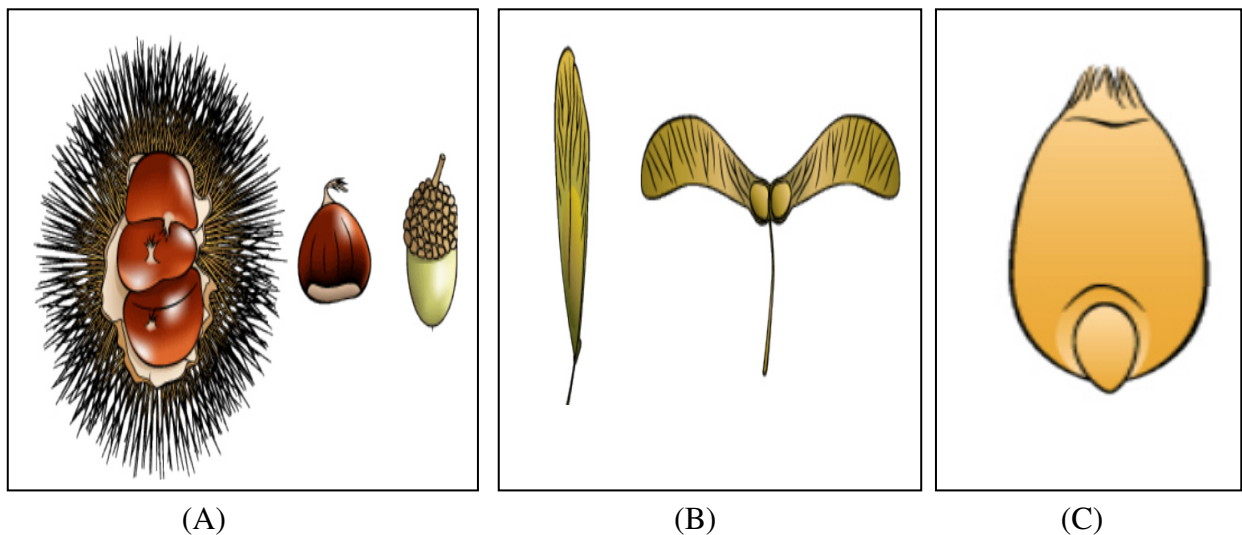
**Figure 107 :** Exemples des fruits secs déhiscent ; (A) follicule, (B) gousse, (C) silique (D) capsule.

D'autres fruits secs restent fermés à maturité. Ce sont des **fruits secs indéhiscent**. Ils sont de trois types :

\***Akènes** : renfermant une seule graine libre

\***Samare** : qui est un akène ailé

\***Caryopse** : contenant une graine soudée au péricarpe sec. C'est le fruit caractéristique des céréales.



**Figure 108 :** Exemples des fruits secs indéhiscent ; (A) akènes, (B) samare et disamare, (C) caryopse.

### 5-1-2/ Fruits charnus

Dans les fruits charnus, les parois du mésocarpe s'hypertrophient pour donner la pulpe. Deux types sont reconnaissables

\* **Bais** : fruit indéhiscent avec épicarpe et endocarpe membraneux et mésocarpe charnu ; la pulpe entièrement molle, renferme une bais monosperme ou généralement un nombre variable parfois élevé de graines ou de pépins (bais polysperme). Ex : raisin, tomate...etc.

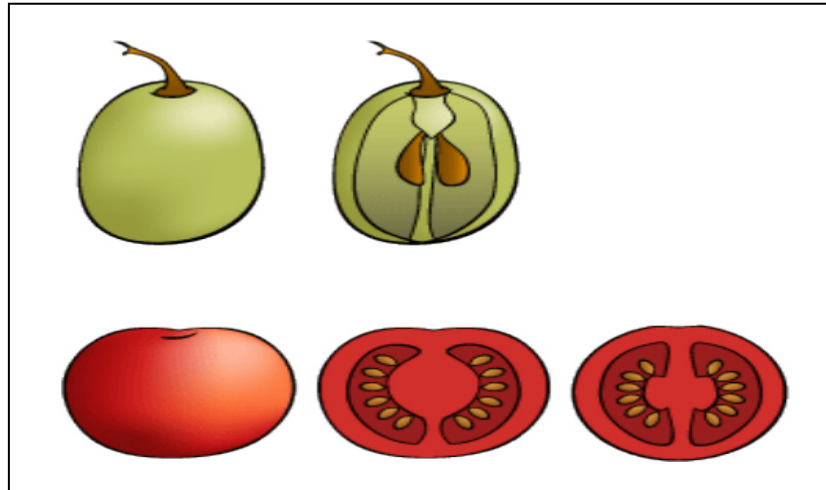


Figure 109 : Exemple de fruit charnu (baie)

\***Drupe** : fruit indéhiscent avec épicarpe membraneux, le mésocarpe charnu et pulpeux tandis que l'endocarpe sclérifié constitue le noyau. Le contenu de ce dernier souvent appelé amande correspond à la graine. Ex : abricot, cerise, pêche....etc.

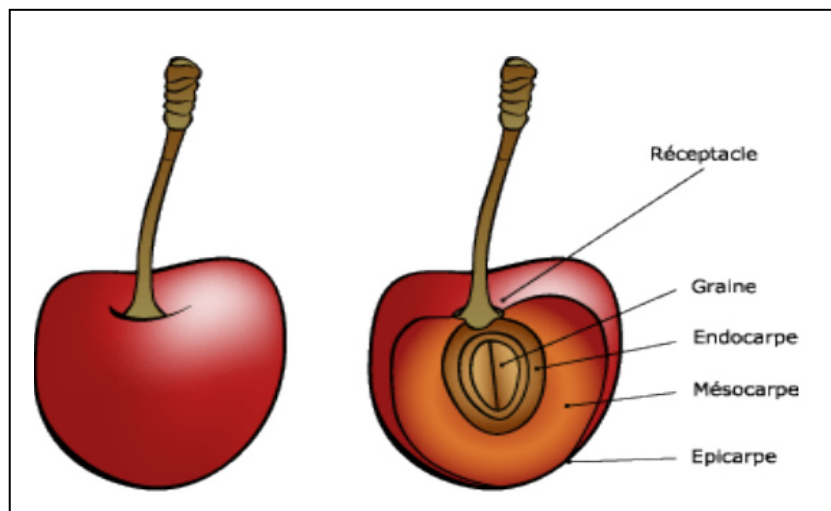
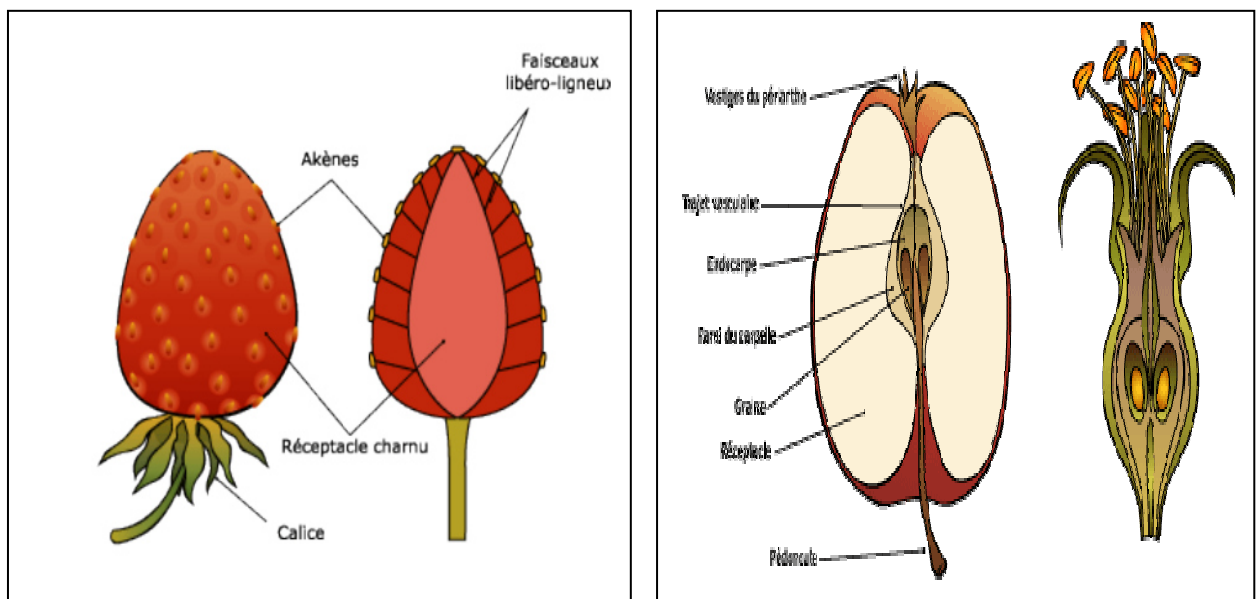


Figure 110 : Exemple de fruit charnu (drupe)

**5-2/ Faux fruit** : fruit complexe comprenant des structures autres que l’ovaire, souvent l’essentiel du faux fruit est constitué par le réceptacle floral (ex : fraise) ou du réceptacle d’inflorescence (ex : figue). Chez la fraise, le réceptacle floral se développe considérablement et produit la partie charnue principale du fruit, les akènes se sont transformés en akènes fixés sur ce volumineux réceptacle. Chez la pomme ou la poire, l’ovaire infère est soudé au réceptacle floral. Le fruit comprend un mésocarpe charnu provenant en partie du réceptacle hypertrophié et pour une autre part de la paroi externe des carpelles.



**Figure 111** : Exemples de faux-fruit (fraise et pomme)

### **5-3/ Fruit composé**

C’est un fruit issu de plusieurs fleurs d’une même inflorescence. Il est formé 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. Ex : l’ananas où toute l’inflorescence (axe, bractée et ovaire) est charnue, ces différentes parties sont soudés les unes aux autres. Pour la figue ; 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.

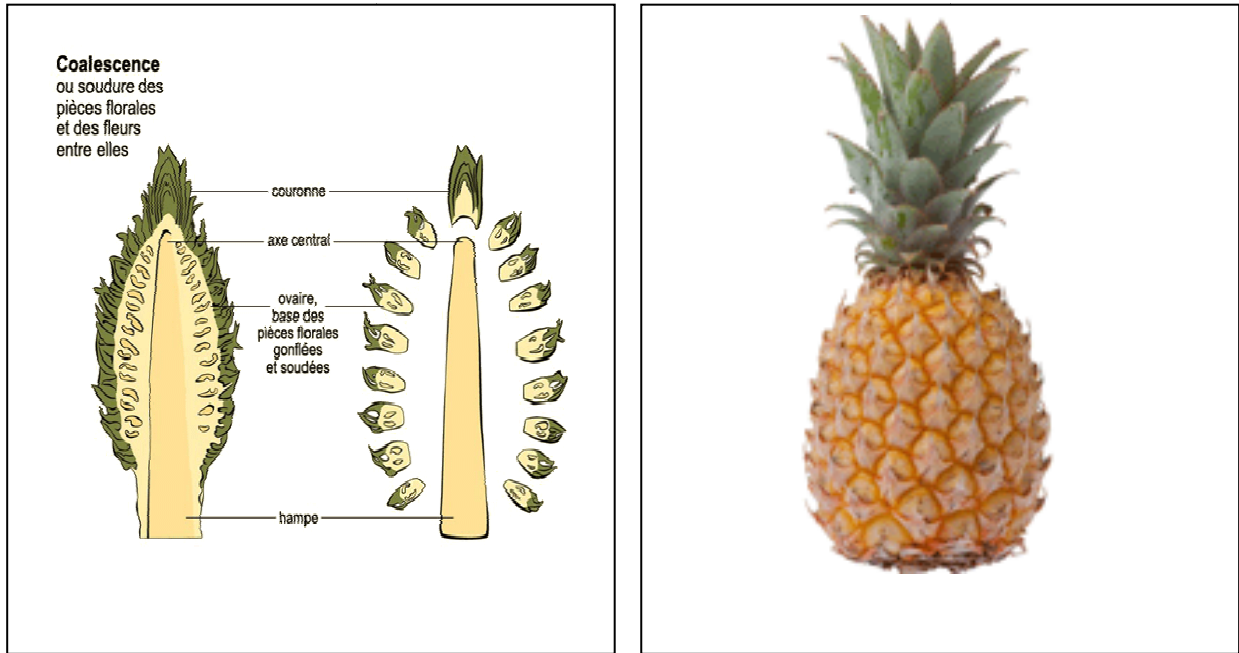


Figure 112 : Exemple d'un fruit composé (ananas)

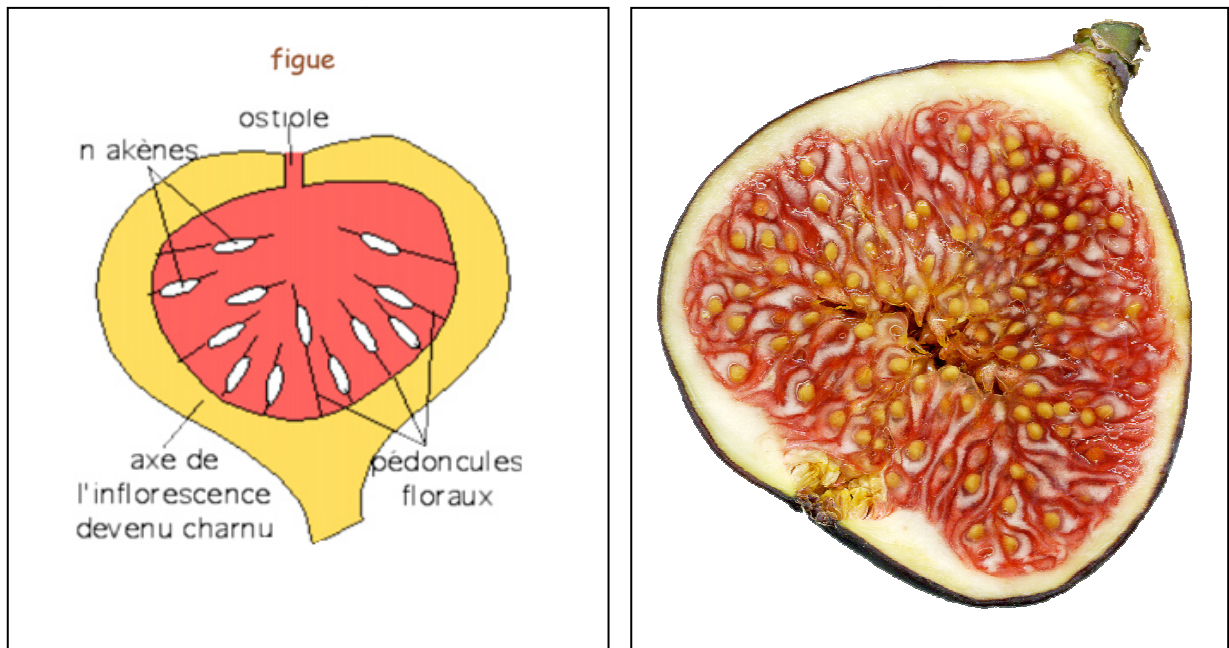


Figure 113 : Exemple d'un fruit composé (figue)

## 6/ Graine

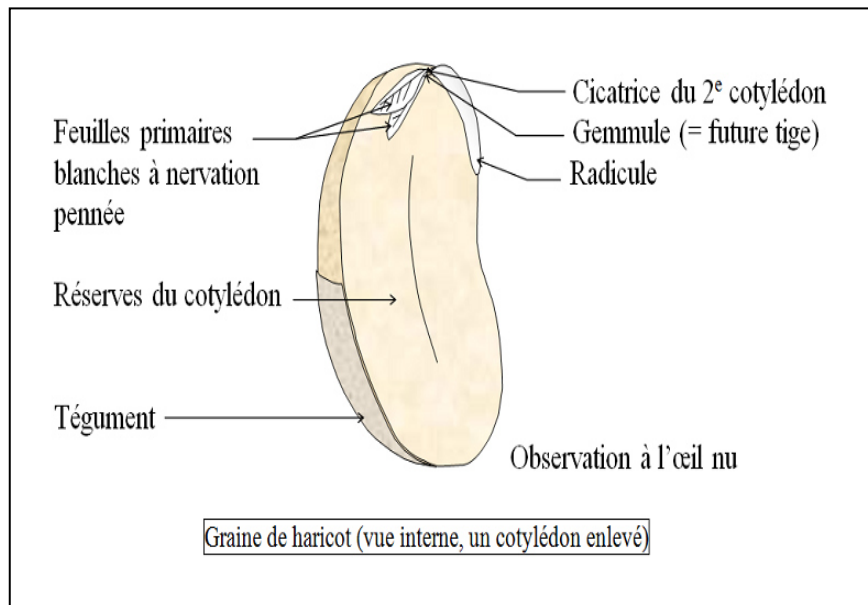
De manière générale, dès la reproduction sexuée chez les Angiospermes, l'ovaire subit de profondes modifications morphologiques qui aboutissent à la formation du fruit, tandis que les ovules deviennent des graines.

Les graines conservant la forme générale de l'ovule, mais leurs dimensions sont tout autres. Elles sont beaucoup plus grosses et contiennent :

1/ **Embryon** qui est une plantule pluricellulaire, différenciée en une racicule (première racine), **une gemmule** (bourgeon apical), **une tigelle** (première tige) et le ou les cotylédon (s) (premières feuilles assurant la nutrition de la plante).

2/ **Téguments** plus ou moins durs et coriaces qui résultent de la transformation des téguments de l'ovule. A leur surface, il est possible de reconnaître l'emplacement du hile (lieu de fixation de l'ovule dans le carpelle) et **le micropyle** (espace entre les téguments ovulaires permettant le passage du tube pollinique lors de la fécondation).

3/ **Albumen** est un tissu de réserve entourant l'embryon chez les Angiospermes et servant à nourrir l'embryon au début de son développement. Ce tissu provient de la fusion d'un des deux gamètes mâles avec deux noyaux centraux.



**Figure 114** : Eléments d'une graine

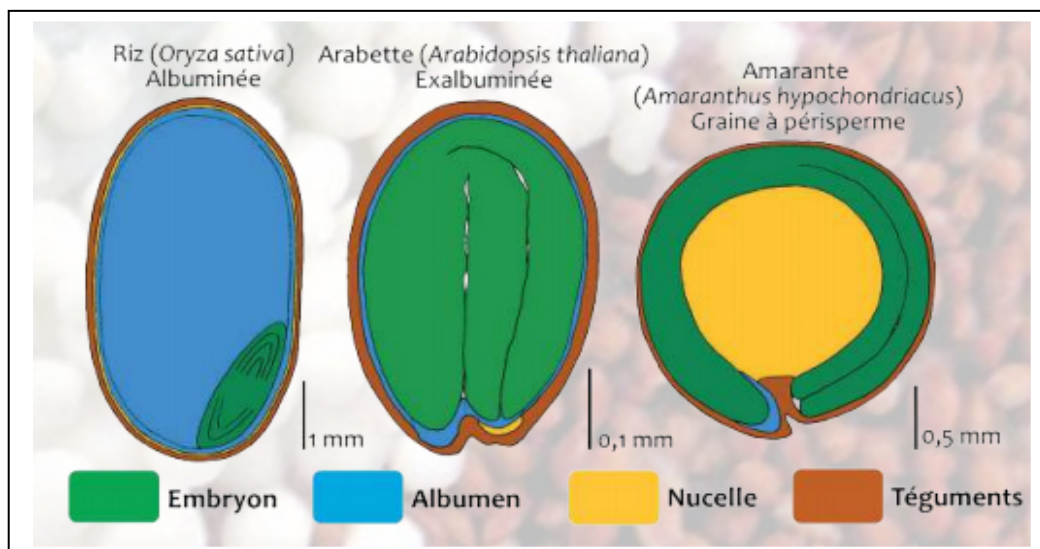


En fonction des différents tissus de réserve on peut distinguer :

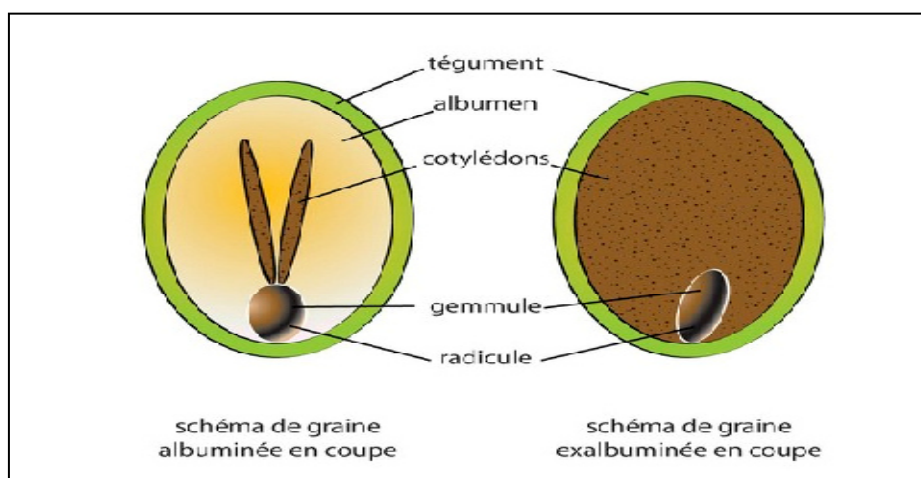
\***Graines à périsperme** : chez lesquelles le nucelle (un tissu végétal diploïde formant l'intérieur de l'ovule, et qui entoure le gamétophyte femelle) s'enrichit en totalité ou en partie de réserve.

\***Graines albuminées** : où l'albumen constitue le tissu de réserve. Dans ce cas les plantules sont minces et fines car noyées latéralement dans l'albumen qui s'est substitué au nucelle pendant le grossissement de la graine.

\***Graines exalbuminées** : où l'albumen a été digéré. Les glucides ont migré vers les cotylédons pour former de l'amidon. Les cotylédons occupent tout l'espace entre les téguments. Ex : graines de pois, haricot sont des graines exalbuminées.



**Figure 115** : Schémas de graines matures stockant les réserves de manières différentes



**Figure 16** : Schémas des graines albuminées et exalbuminées

*Chapitre V*  
*Reproduction chez les*  
*Angiospermes*

## **Chapitre V : Reproduction chez les Angiospermes**

Chez les Angiospermes, l'appareil végétatif est constitué de racines, tige et feuilles. Ces organes assurent la nutrition et la croissance de la plante. Cependant, l'appareil reproducteur est constitué de fleurs qui se transforment en fruits. Le fruit contient les graines qui assurent la dissémination de l'espèce et la résistance lors de la mauvaise saison.

### **1/ Gamétogénèse**

La gamétogénèse est un ensemble des processus contribuant à la formation des gamètes mâle et femelle à partir d'une cellule originelle dite cellule mère.

#### **1-1/ Les organes reproducteurs mâles (étamines)**

Elles sont formées d'un filet et **une anthère** (partie fertile de l'étamine et le siège de formation des grains de pollen) avec **quatre sacs polliniques**. Les grains de pollens se forment dans les étamines. La différenciation commence à partir d'un méristème (cellules à caractère embryonnaire) limité par une couche de cellules appelées « épiderme », l'anthère présente alors quatre bosses correspondant aux quatre futurs sacs polliniques. Dans chaque bosse, quelques cellules sous épidermiques à caractère embryonnaires se différencient en **archéspores**. Chaque **archéspore** se divise tangentiellement et donne : une cellule externe ou pariétale destinée à former les diverses couches cellulaires de la paroi du sac, et une cellule interne ou cellule mère (**sporogène**) dont la multiplication donne quatre **microspores diploïdes** entourées de cellules nourricières. Par **la méiose** ces microspores évoluent en **tétra-spores haploïdes** qui vont continuer à se diviser, au moins une fois, par une simple mitose asymétrique pour donner **une cellule végétative** (grosse cellule) possède une paroi rigide et épaisse à double couche **exine** (externe et fortement ornementée) et **intine** (interne), et elle englobe la plus petite dite **une cellule génératrice** qui est dotée d'une paroi très mince. A la différence de la cellule génératrice, la cellule végétative est riche en organites. Quand les fleurs sont fonctionnelles pour les organes reproducteurs mâle et femelle, les grains de pollens seront libérés dans l'atmosphère par déchirure des sacs polliniques.

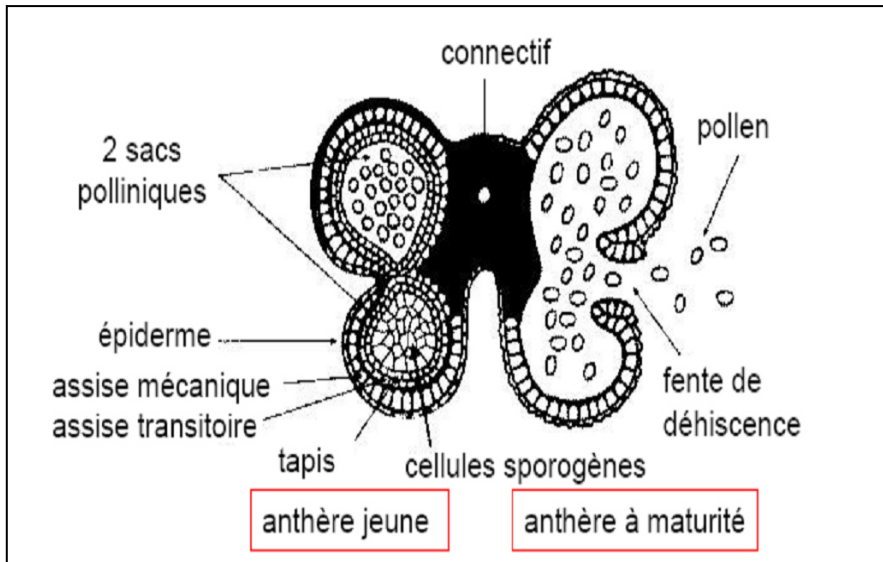


Figure 117 : Coupe transversale schématique d'une anthère

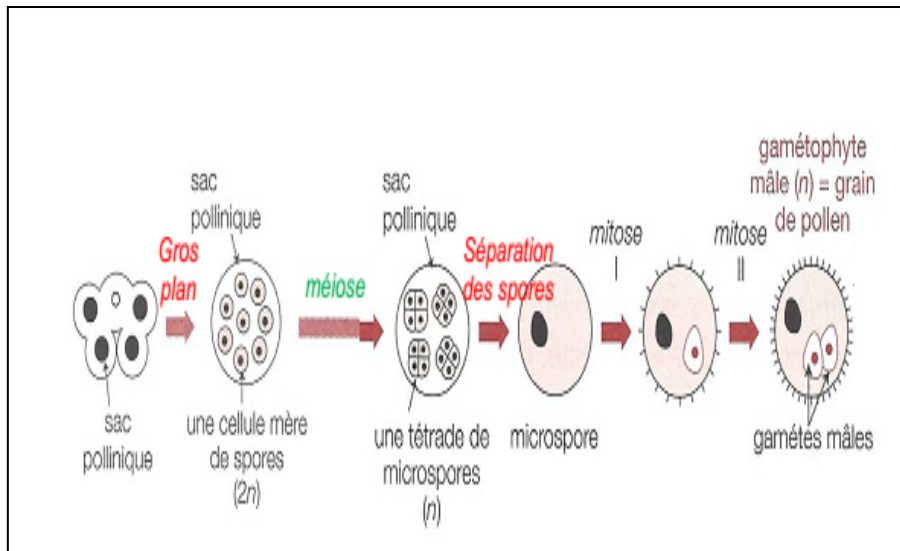


Figure 118 : Etapes de la formation d'un grain de pollen

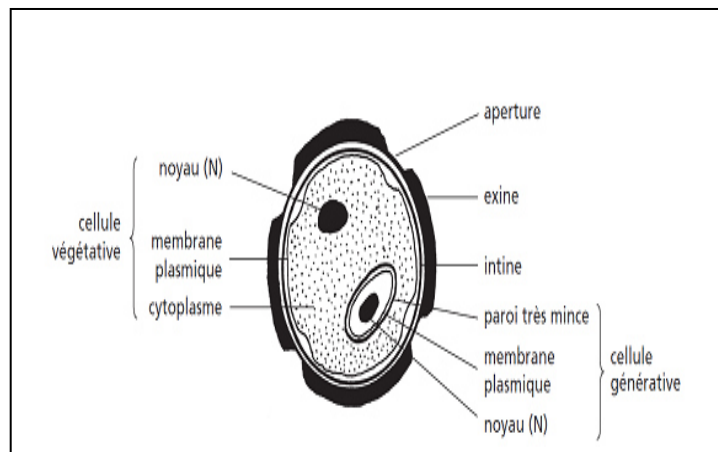


Figure 119 : Structure du grain de pollen

## **1-2/ Les organes reproducteurs femelles (carpelles ou gynécée)**

Chez les Angiospermes, le carpelle est constitué de deux parties : la basale creuse contient le ou les ovules et la sommitale forme le pistil constitué de style et des stigmates. L'ovule est de forme ovoïde, limité extérieurement par deux téguments (parfois un seul) interrompus par un micropyle. **L'ovule** contient le gamétophyte femelle haploïde ; **le sac embryonnaire (macrospore)**.

### **1-2-1/ Structure de l'ovule**

\***Placenta** : partie de l'ovaire à laquelle sont fixés les ovules, directement ou par l'intermédiaire d'un funicule.

\*L'ovule est fixé à la paroi de l'ovaire par **le funicule** (petit pédoncule)

\***Le hile** est l'extrémité du funicule (endroit où commence la partie ovoïde)

\*Par le funicule passe le faisceau conducteur qui alimente l'ovule

\*La bifurcation (ramification) du faisceau s'appelle **la chalaze**

\*L'ovule est entouré de **téguments**

\***Le micropyle** est l'endroit où passe le tube pollinique (ouverture dans les téguments de l'ovule)

\***Le raphé** est la soudure entre le tégument et le funicule

\***Le nucelle** est le tissu nourricier

\***Sac embryonnaire** : gamétophyte femelle

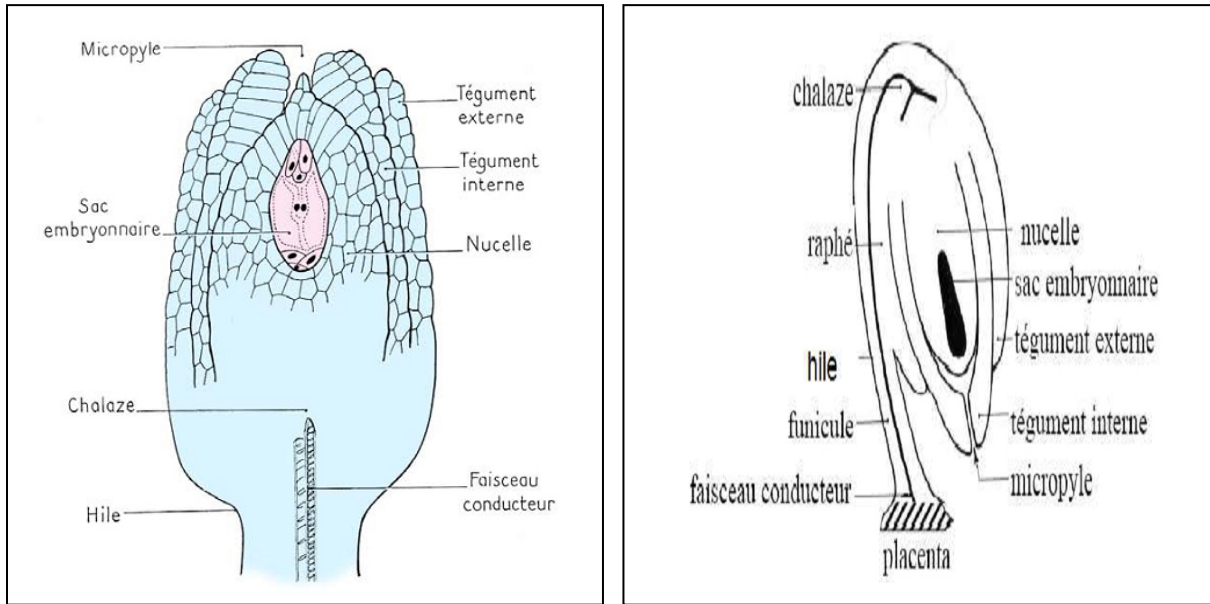


Figure 120 : Structure générale d'un ovule

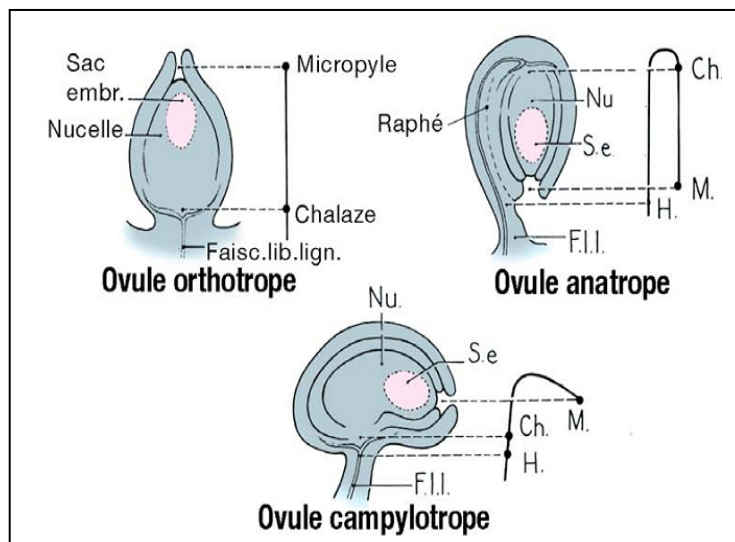


Figure 121 : Différents types des ovules ; ovule orthotrope (droit), ovule anatrophe (recourbé), ovule campylotrope (renversé).

**1-2-2/ Formation de la mégaspore (macrospore) :** une cellule sous épidermique située dans l'axe du nucelle sous le micopyle, appelé **l'archéspore**, subit deux divisions par une cloison transversale, la cellule inférieure (**sporogène** (cellule mère)), subit une méiose et donne quatre macrospores disposées en file, dans l'axe de l'ovule. La cellule inférieure donnera le sac embryonnaire, les autres dégènerent.

**1-2-3/ Formation du sac embryonnaire** : Les huit noyaux résultent de trois divisions successives par mitose d'une mégaspore (macrospore) se séparent par un cloisonnement. Ils se disposent par tétrade aux deux extrémités de la cellule ; un noyau de la tétrade supérieure se rapproche de d'un noyau de la tétrade inférieure et fusionnent pour donner le noyau secondaire du sac (cellules accessoires). Les trois noyaux des deux pôles qui restent vont s'individualiser formant des cellules. L'une des cellules (la centrale) du pôle micropylaire donne le gamète femelle ou **oosphère**, les deux autres, **les synergides** sont chargées de guider le tube pollinique en émettant une substance chimiotactique. Les trois cellules inférieures (du pôle chalazien) constituent **les antipodes**. L'ensemble des cellules formées constitue le gamétophyte femelle « **sac embryonnaire** ».

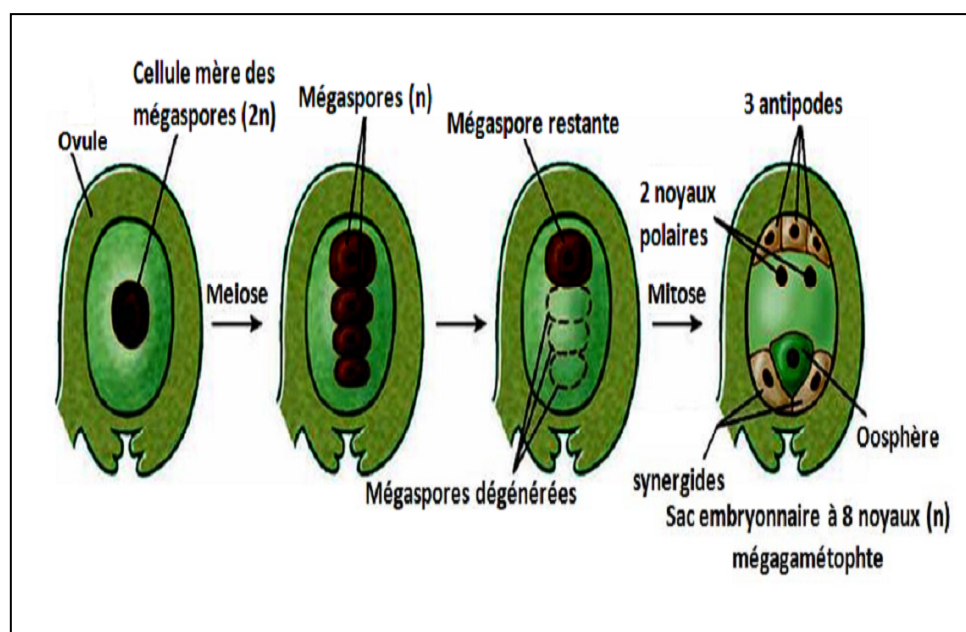


Figure 122 : Formation du sac embryonnaire

## 2/ Pollinisation

A maturité le sac pollinique s'ouvre par les fentes de déhiscence et libère les grains de pollen. La pollinisation est le processus de transport du pollen (gamétophyte mâle) de l'étamine jusqu'aux stigmates (élément récepteur femelle), permettant ainsi la fécondation de la fleur receveuse. La pollinisation peut se faire, par le vent (**anémophilie**), par l'eau (**hydrophilie**), par les animaux (**zoophilie**) ou par l'homme (**manuelle**). Dans le cas de **la zoophilie**, les animaux impliqués le plus souvent sont des insectes (**entomophilie**), parfois des oiseaux (**ornithophilie**).

On peut distinguer deux types de pollinisation :

**2-1/ Pollinisation autogame** : c'est-à-dire que les grains de pollen fécondent l'ovule de la même fleur. Ce cas est possible seulement si la fleur est **hermaphrodite**.

**2-2/ Pollinisation hétérogame** : le grain de pollen d'une fleur A féconde l'ovule d'une fleur B. Ce type de pollinisation est obligatoire chez les fleurs **unisexuées**, il est aussi fréquent chez les fleurs **bisexuées**.

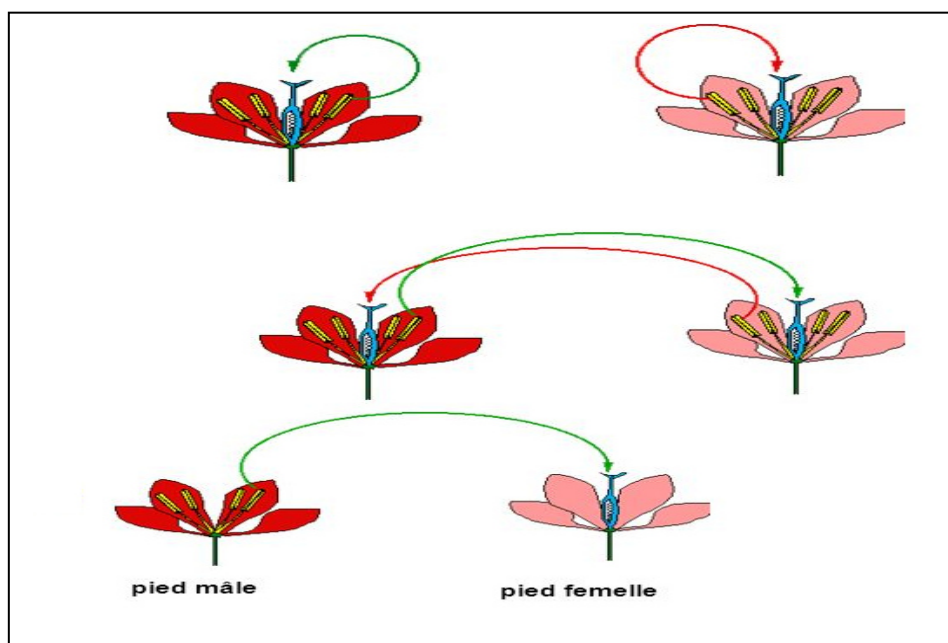


Figure 123 : Différents types de pollinisation (autogame et hétérogame)

### 3/ La double fécondation

Processus caractéristique des Angiospermes consistant en l'union simultanée des deux gamètes mâles (**cellules spermatiques**), véhiculé par le tube pollinique, à deux cellules du sac embryonnaire : l'un avec l'**oosphère** ou gamète femelle et l'autre avec la **cellule centrale**.

Avant la double fécondation il y a une phase marquée par la formation d'un tube pollinique qui s'enfonce dans le style jusqu'à l'ovaire. Ce tube pollinique constitue le vecteur des deux gamètes mâles issus de la division en deux noyaux reproducteurs que renfermait le grain de pollen ; par chimiotactisme il atteint un ovule, pénètre généralement par le micropyle et décharge son contenu dans une des deux synergides du sac embryonnaire.



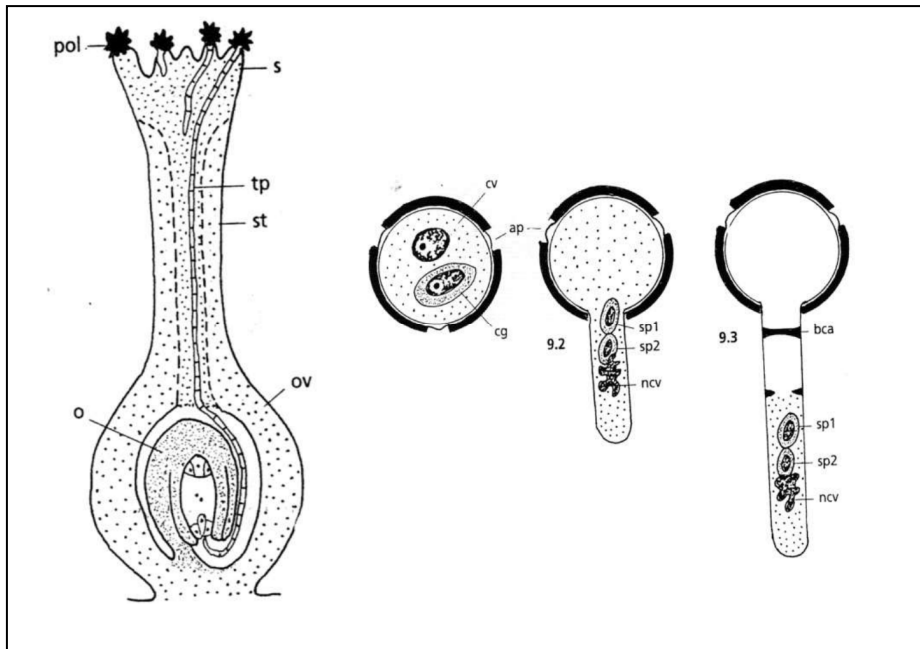


Figure 124 : Germination du tube pollinique et rapprochement des gamètes

La double fécondation proprement dite consiste alors en la fusion d'une **cellule spermatique** avec l'**oosphère** et de la **seconde cellule spermatique** avec la **cellule centrale**. La fécondation de l'oosphère aboutit à la formation d'un **zygote diploïde** qui évoluera en un **embryon (2n)**. Celle de la cellule centrale donne le **zygote-albumen (3n)** (ou **zygote accessoire**), ce dernier est à l'origine de l'**albumen**, tissu nourricier gorgé de réserve.

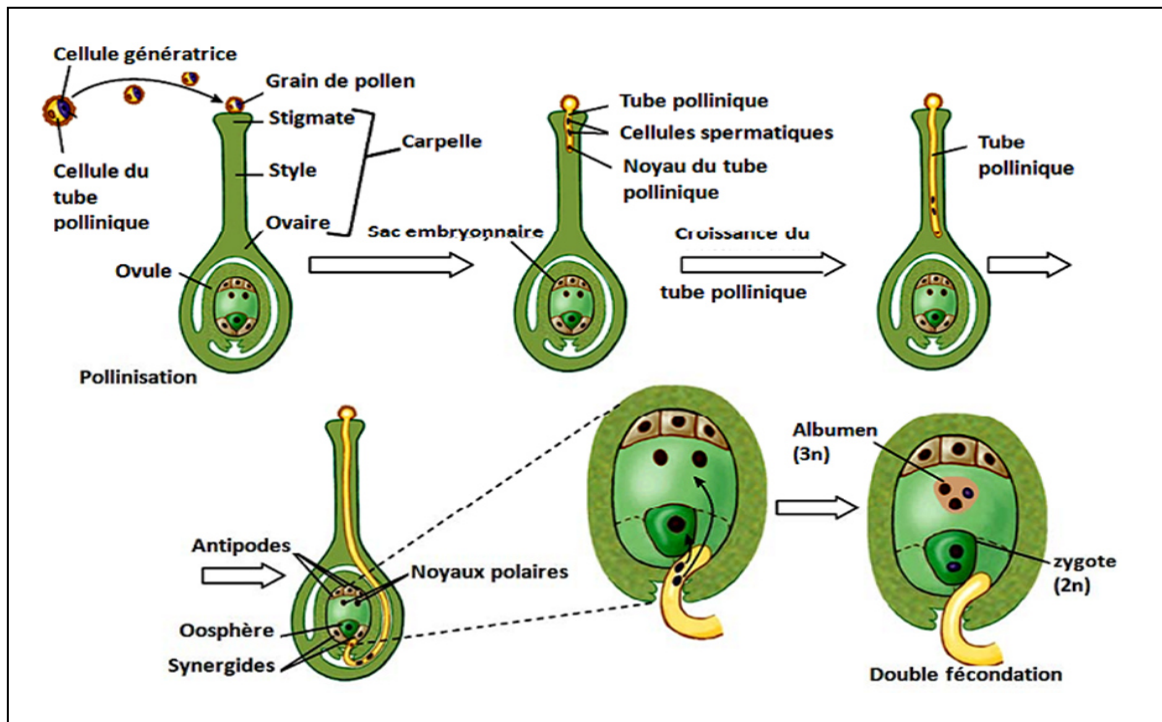


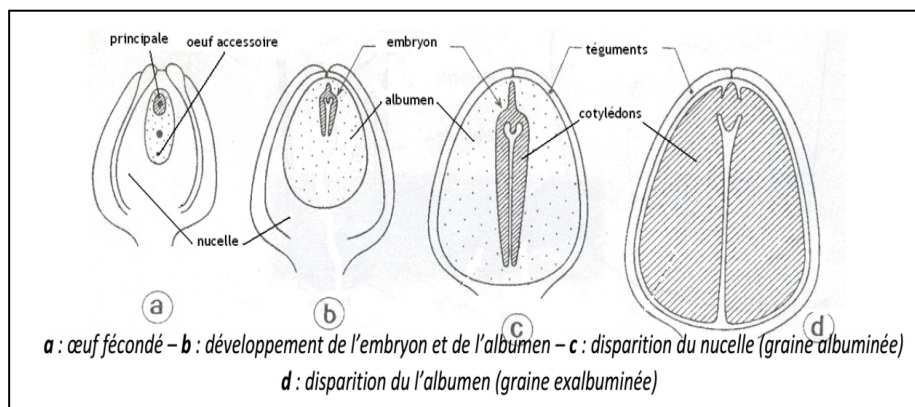
Figure 125 : Processus de la double fécondation

La présence d'un albumen fonctionnel est indispensable au bon développement de l'embryon. Cet albumen peut être résorbé (graine exalbuminée) ou être très visible dans la graine (embryon et ses cotylédons n'occupant qu'une partie du volume de la graine). Après la fécondation les synergides et les antipodes dégèrent. L'ovaire se transforme en fruit, l'ovule se transforme en graine. L'œuf principal se développe par mitose, pour donner l'embryon qui est constitué d'une radicule, d'une tigelle, de deux cotylédons et d'un bourgeon terminal (gemmule). L'œuf secondaire se développe par mitose pour donner l'albumen.

Le sac embryonnaire cède la place à l'embryon et l'albumen. Le nucelle régresse. Les téguments de l'ovule deviennent les téguments de la graine. L'essentiel du volume de la graine est occupé par les deux cotylédons pour certaines espèces, ou par l'albumen pour d'autres. L'albumen et les cotylédons sont des tissus riches en réserves nutritives. Ils assurent la nutrition de l'embryon au moment de la germination de la graine.

Après l'accumulation des réserves, la graine subit une dessiccation et rentre dans une vie ralentie. Ainsi la graine est une forme de dissémination et de résistance. Durant la vie ralentie, les rythmes de la nutrition et de la respiration sont très faibles (faible niveau d'absorption d'oxygène et faible niveau du rejet de  $\text{CO}_2$ ).

Lorsque les conditions sont favorables, la graine germe, elle passe de la vie ralentie à la vie active. L'embryon se nourrit durant les premiers jours de la germination des réserves de la graine. La croissance de l'embryon donne lieu à une plantule constituée de racines, tige, cotylédons, feuilles et bourgeon terminal. Les réserves s'épuisent au fur et à mesure de la croissance de la plantule. Après le développement des racines et des feuilles, la plantule devient autonome sur le plant de nutrition. Ainsi, l'absorption de l'eau et des sels minéraux se fait au niveau des racines, la photosynthèse a lieu au niveau des feuilles.



**Figure 126** : Formation de la graine

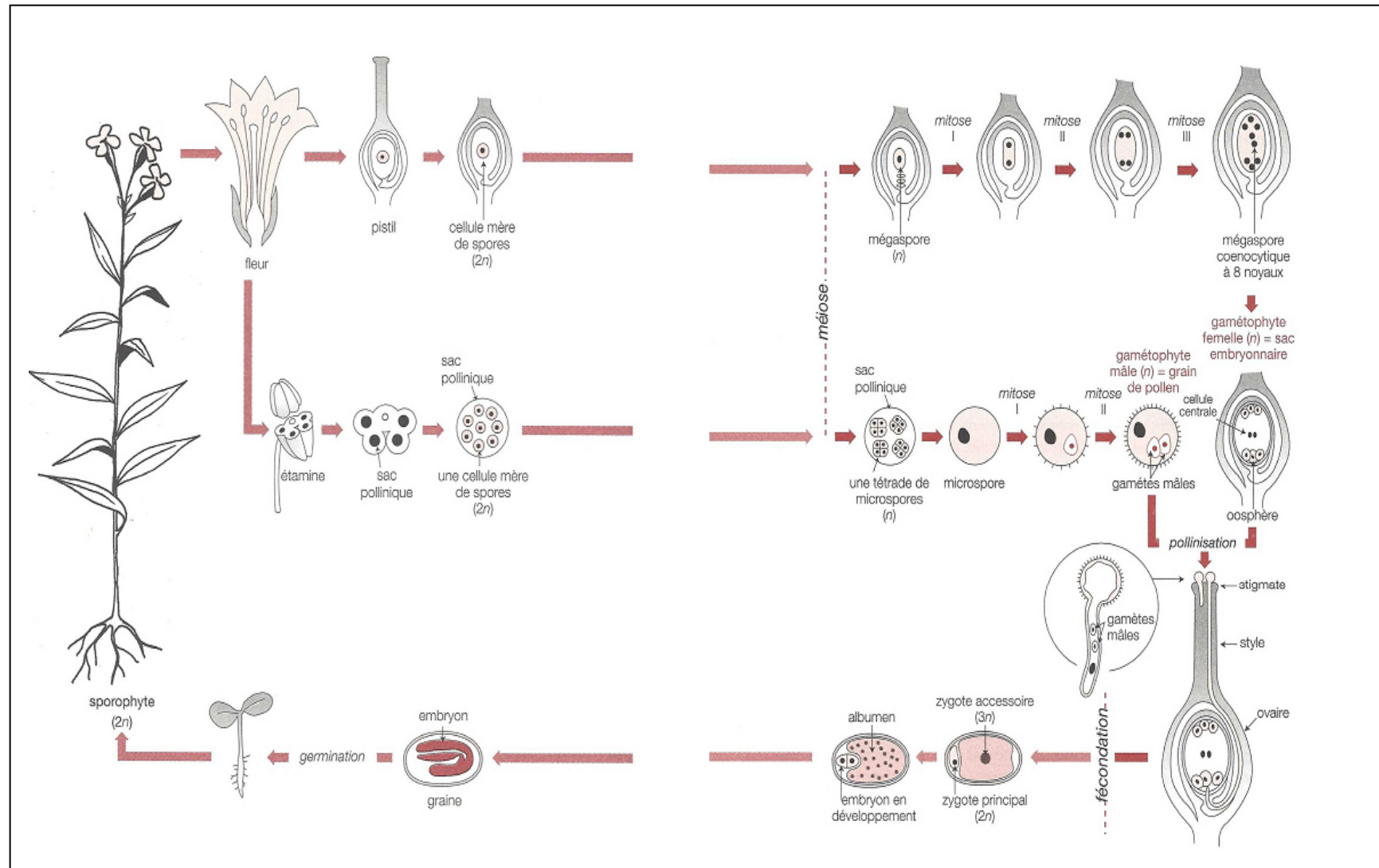


Figure 127 : Cycle de développement des Angiospermes

*Références  
bibliographiques*

- Boncompagni E.** 2017. Le développement et les plans d'organisation des végétaux.
- Bruno S.** 2014. Les racines des plantes (Anatomie et fonctionnement). Mémoire N3.
- Chassany V., Potage M et Ricou M.** 2014. Mini manuel de biologie végétale (2<sup>ème</sup> édition). Dunod édition. Paris.
- Chelli A.** 2013. Cours de biologie cellulaire. Université Mira-Bejaia.
- Khouni I.** Biologie et physiologie végétale (particularités de la cellule végétale). Université virtuelle de Tunisie.
- Labreche JC.** 2004. Biologie végétale 2<sup>ème</sup> édition. Dunod édition. Paris.
- Lehman L.G.** 2015. Cours de biologie cellulaire. Institut universitaire de technologie. Université de Douala.
- Marouf A and Reynaud J.** 2007. La botanique. Dunod édition. Paris.
- Roland JC., Roland F., El Maarouf-Bouteau H et Bouteau.** 2008. Atlas de Biologie végétale (organisation des plantes à fleurs) (9<sup>ème</sup> édition). Dunod édition. Paris.
- Savoie J.M.** 2007. Cours de botanique (l'appareil végétatif des végétaux supérieurs).