

Chapitre III

Anatomie des végétaux supérieurs

Introduction

L'anatomie est définie comme étant l'étude de la disposition des tissus au sein d'un organe (Racine, tige, feuille).

Les plantes possèdent deux structures : une structure primaire (méristème primaire) qui leur permet une croissance en longueur. Cette première structure est commune à toutes les plantes (ptéridophytes, et spermaphytes). Dans un deuxième temps et au sein de la première structure s'installe une structure secondaire qui permet la croissance en épaisseur de la plante.

Les méristèmes secondaires « le Cambium et le Phellogène » sont absents chez les monocotylédones.

Une plante possède une structure relativement simple :

- Les racines ancrent la plante au sol et permettent l'assimilation de l'eau et des nutriments nécessaire à son fonctionnement.
- Les tiges jouent le rôle de support des organes photosynthétiques.
- Les feuilles sont les usines à photosynthèse où se fait la transformation de l'énergie solaire en énergie chimique

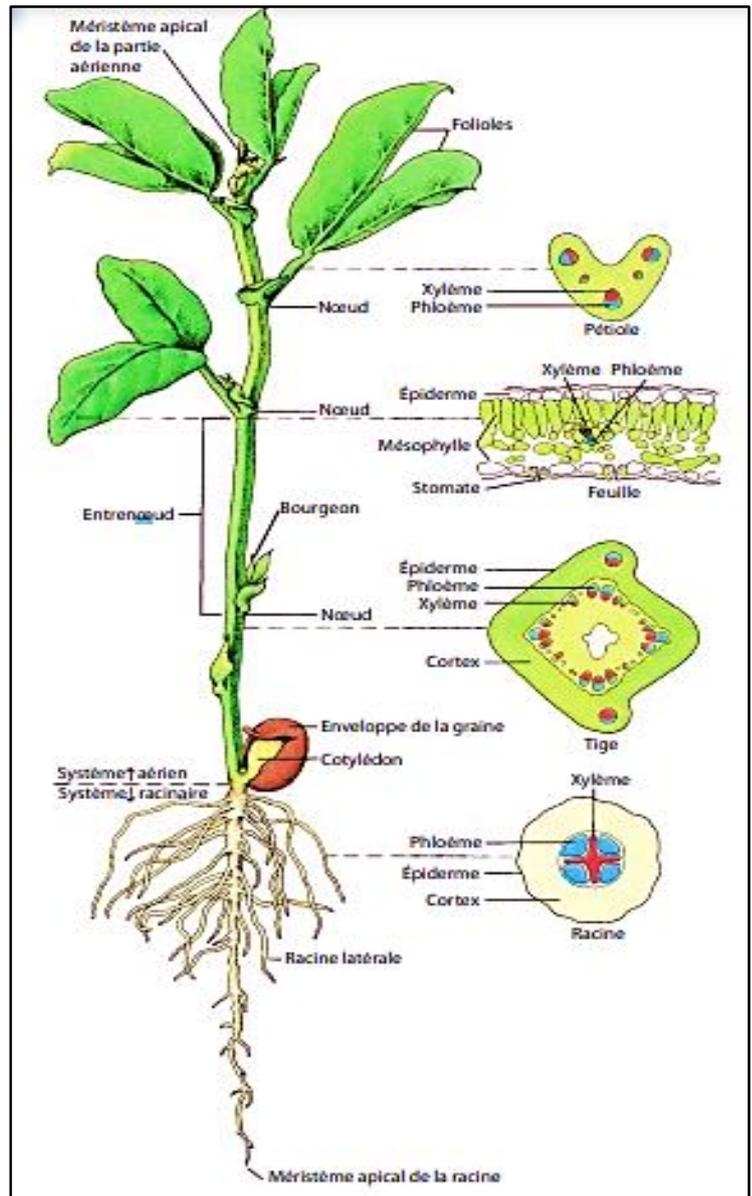


Figure 40 : Structure interne de la plante

La différence entre les plantes monocotylédones et dicotylédones

Les Angiospermes ou plantes à fleurs, les monocotylédones comprennent des végétaux dont la plantule typique ne présente qu'un seul cotylédon sur l'embryon. À cette particularité principale s'ajoutent les caractéristiques suivantes :

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

Feuilles : présentant généralement des nervures parallèles.

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

En général, les dicotylédones présentent une plantule à deux cotylédons, et on observe, au niveau des tiges et racines, la présence de cambium permettant la formation de bois et de liber, les grains de pollen ont 3 ouvertures (zones de faiblesse permettant le passage du tube pollinique), les monocotylédones ont une seule ouverture.

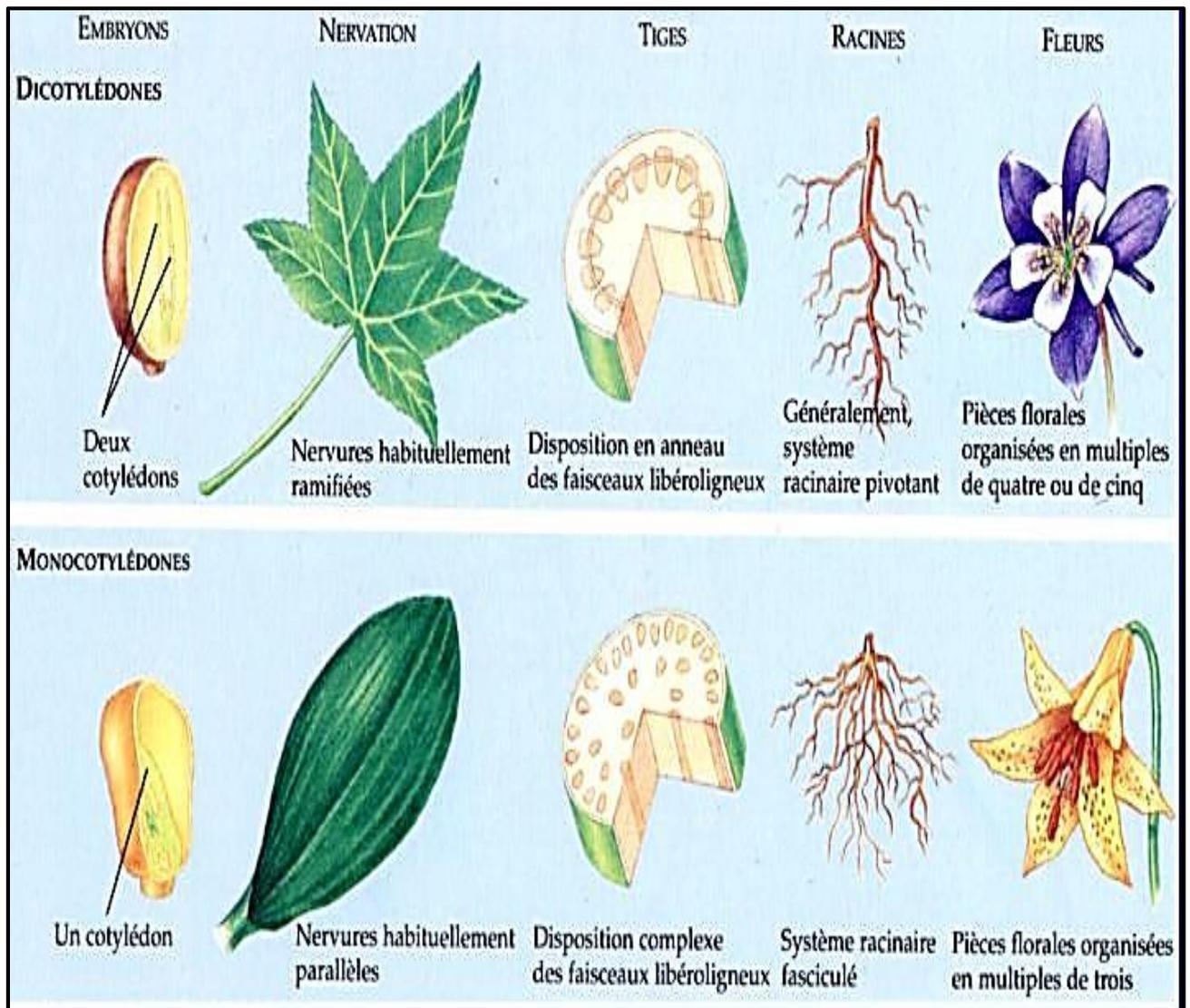


Figure 41 : Comparaison morphologique entre les monocotylédones et les dicotylédones

1- Anatomie de la racine

La racine est l'organe souterrain d'une plante servant à la fixer au sol et à y puiser l'eau et les éléments nutritifs nécessaires à son développement, la racine peut aussi jouer le rôle d'organe de réserve (Tableau 2).

1- 1 La structure anatomique d'une racine

La racine présente une symétrie axiale et une structure bien définie ; une coupe transversale d'une racine jeune présente une symétrie axiale et nous permet de distinguer deux zones essentielles : **Ecorce** (Composé de rhizoderme (rh) et parenchyme cortical (Pc)) et **cylindre central** (composé de l'endoderme (En), péricycle (Pe), tissus conducteur (Xy, Ph) et parenchyme médullaire (Pm)).

Sur des coupes effectuées dans la racine, on distingue de l'extérieur vers l'intérieur plusieurs structures :

- **Les poils absorbants** qui se trouvent sur le rhizoderme, sont les prolongements des cellules du rhizoderme. Ils permettent l'absorption de l'eau et des sels minéraux. Ils ont un diamètre de 12 à 15 micromètres et de 1 à plusieurs millimètres de long.
- **Le parenchyme cortical** est formé de cellules jointives à la forme d'un parallélépipède, (prisme à six faces parallèles deux à deux), allongées dans le sens de l'axe de la racine.
- **L'endoderme** est une couche de cellules qui se trouve entre l'écorce (le cortex) et la stèle (cylindre central), il constitue un anneau unistratifié (composé d'une seule assise de cellules), joue le rôle de barrière sélective qui règle le passage des substances provenant du sol vers les tissus conducteurs de la stèle. Les cellules sont en forme de parallélépipède dont les parois possèdent un épaissement formant **les bandes de Caspary**.
- **Le péricycle** formé d'une seule assise de cellules responsable de l'apparition des racines secondaires
- **Le cylindre central (la stèle)** situé dans le centre de la racine protégé par l'endoderme. Il est limité par le péricycle. Plus au centre, des vaisseaux du xylème, facilement reconnaissables par leur épaisse paroi. Ils alternent régulièrement et sur un seul cercle, avec les tubes criblés du phloème. Les uns et les autres représentent les tissus conducteurs de la racine. Les cellules du 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 dans la racine. Même si ceci est moins visible, il en est de même pour le phloème (Différenciation centrifuge).

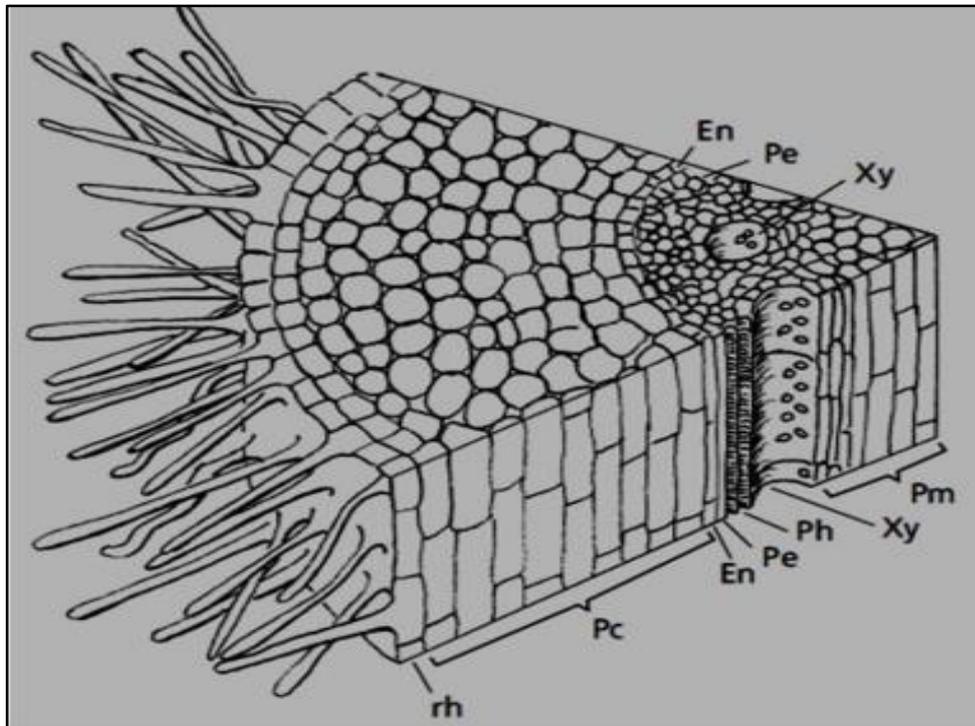


Figure 42 : Structure d'une racine jeune

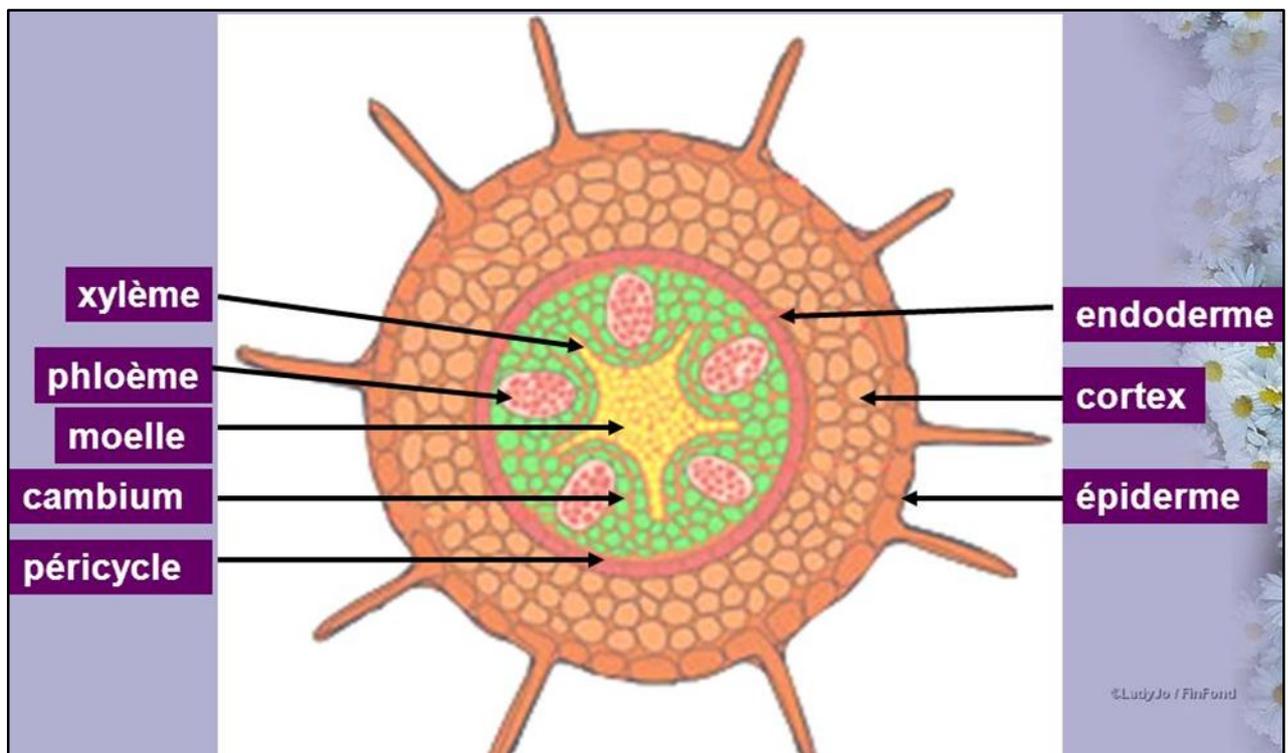


Figure 43 : Schéma d'une structure anatomique d'une racine

Tableau 2 : Les fonctions majeures des différents tissus chez une racine jeune

Tissu	Fonction majeure	
Rhizoderme ou assise pilifère	<ul style="list-style-type: none"> - Absorption racinaire - Protection - Ancrage 	Extérieur  Intérieur
Parenchyme corticale	<ul style="list-style-type: none"> - Absorption - Conduction radiale via plasmodesmes (symplasme) et paroi (apoplasme) 	
Endoderme	<ul style="list-style-type: none"> - Sélectivité à conduction radiale - Passage obligé par le symplasme 	
Péricycle	<ul style="list-style-type: none"> - Conduction symplasmique 	Cylindre central
Phloème I et Xylème I	<ul style="list-style-type: none"> - Conduction verticale des sèves 	
Moelle (parenchyme)		

1-2 La structure anatomique d'une racine dicotylédone

➤ **Structure primaire :**

- Une **petite stèle**.
- Le **parenchyme cortical sclérifié**, seules les parois radiales de l'endoderme sont subérifiées (bande de Caspary) souvent moins visible que chez les monocotylédones.
- L'endoderme présente une **subérolignification en forme de cadre**.
- **Les faisceaux** criblovasculaires sont au **nombre de 5 ou 6**.
- La **moelle** est composée **de xylème**.

- L'apparition des **formations secondaire** ; Présence fréquente d'un cambium qui apparaît toujours entre Xylème primaire et Phloème primaire qui donnera les tissus conducteurs secondaires.

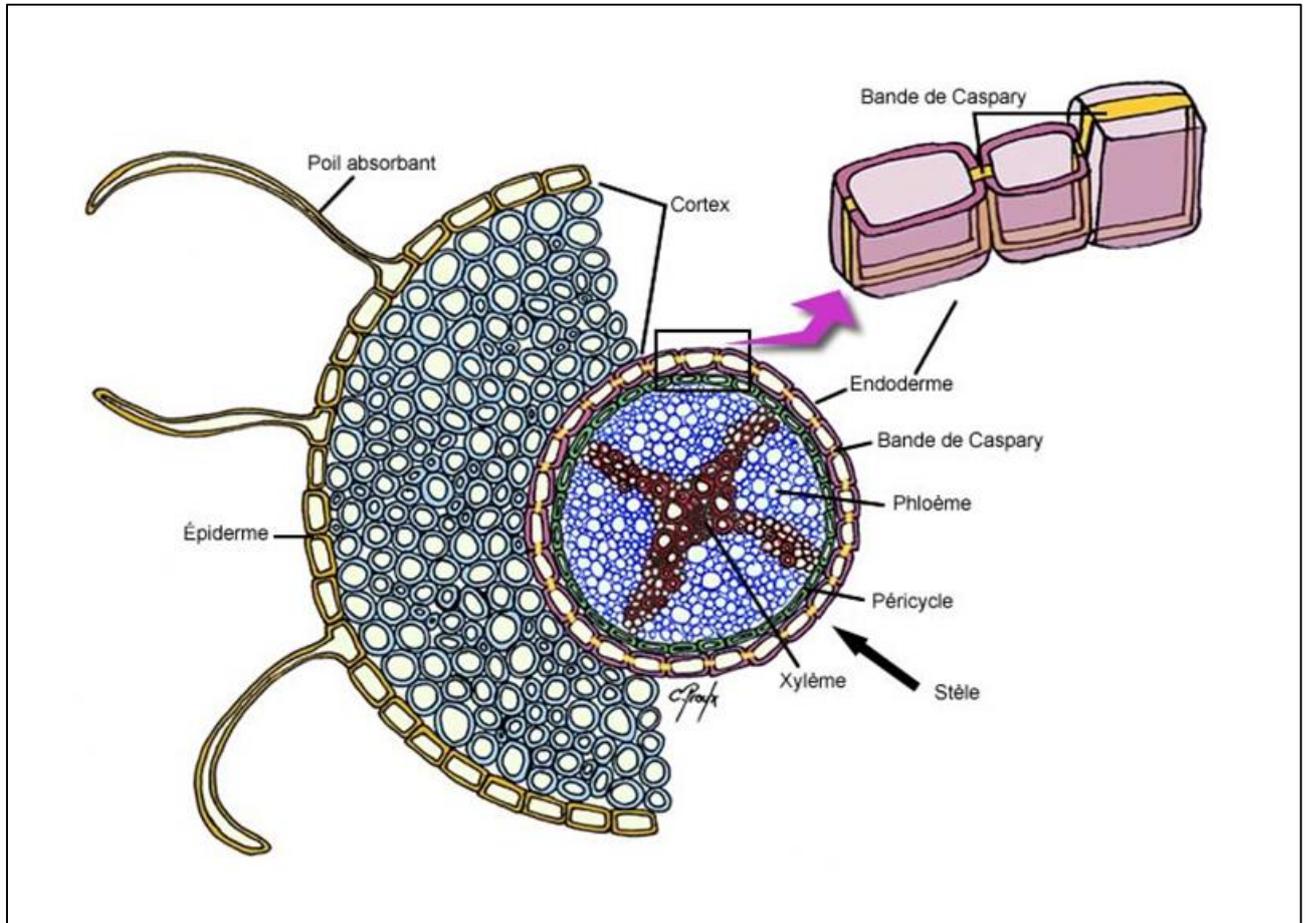


Figure 44 : Structure anatomique d'une racine dicotylédone

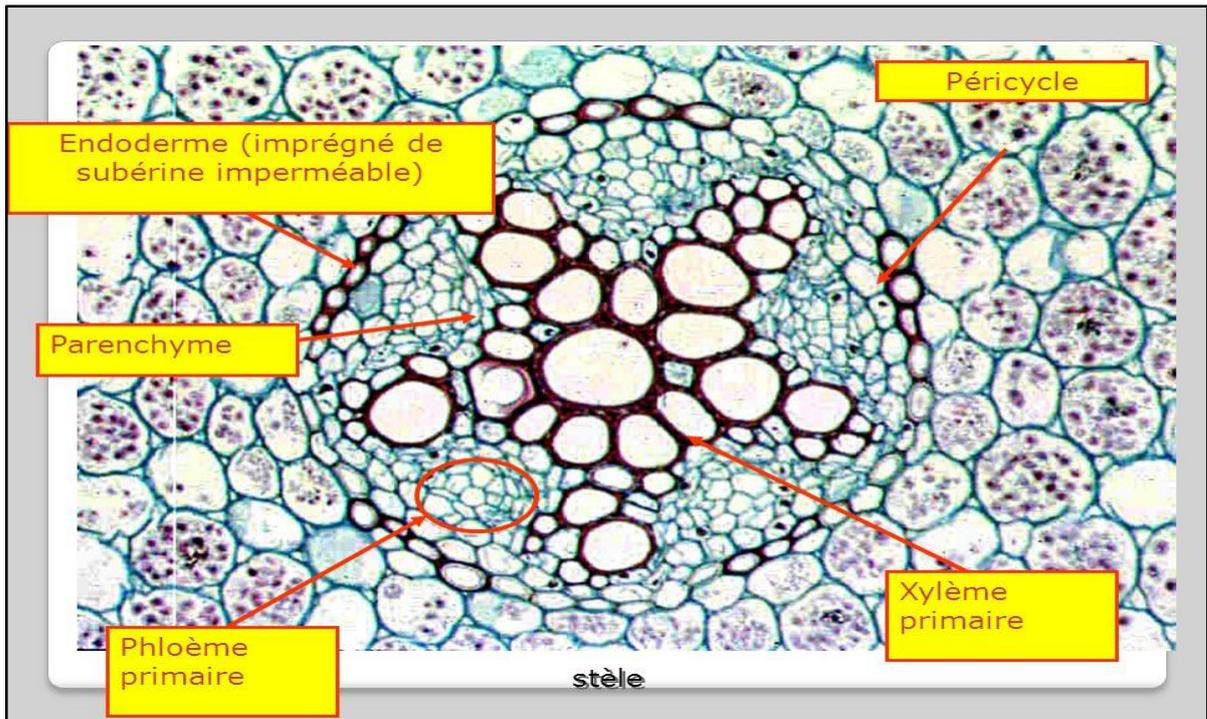


Figure 45 : Stèle d'une racine dicotylédone

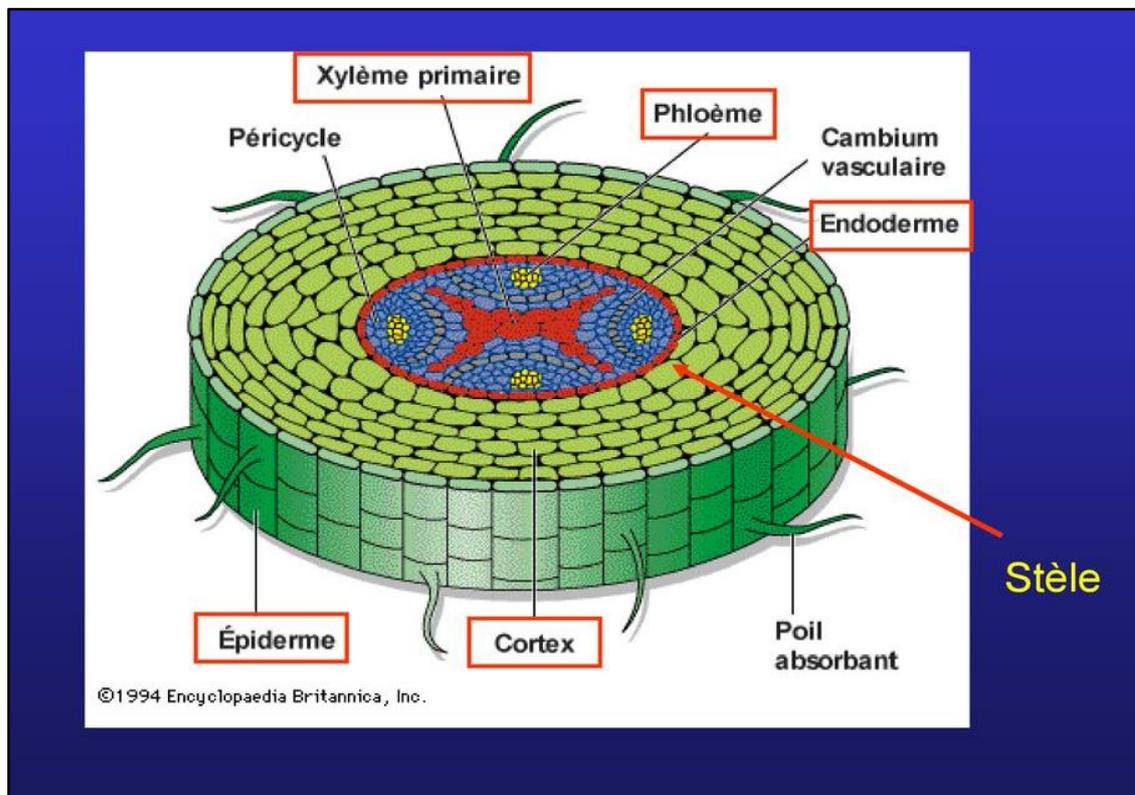


Figure 46 : Coupe transversale montre la structure primaire d'une racine dicotylédone

➤ **Structure secondaire**

Cette structure caractérise les organes âgés des Angiospermes Dicotylédones, elle est totalement absente chez les plantes monocotylédones.

L'apparition d'un cambium continu, qui apparaît d'abord, en coupe, sous une forme étoilée, qui devient progressivement circulaire avec la croissance de la racine en épaisseur.

Le **cambium (assise libéro-ligneuse)** va créer les tissus de conduction secondaires, du **bois** (xylème secondaire) vers l'intérieur (**développement centripète**) et du **liber** (phloème secondaire) vers l'extérieur (**développement centrifuge**).

Le **Phellogène (assise subéro-phéllodermique)** est toujours beaucoup plus tardive par rapport au cambium. Situé vers la **périphérie de la racine**, créé quant à lui une couche externe de **suber** (ou liège) ainsi qu'une couche plus interne de **phelloderme**, toutes les deux assurant la protection de la racine.

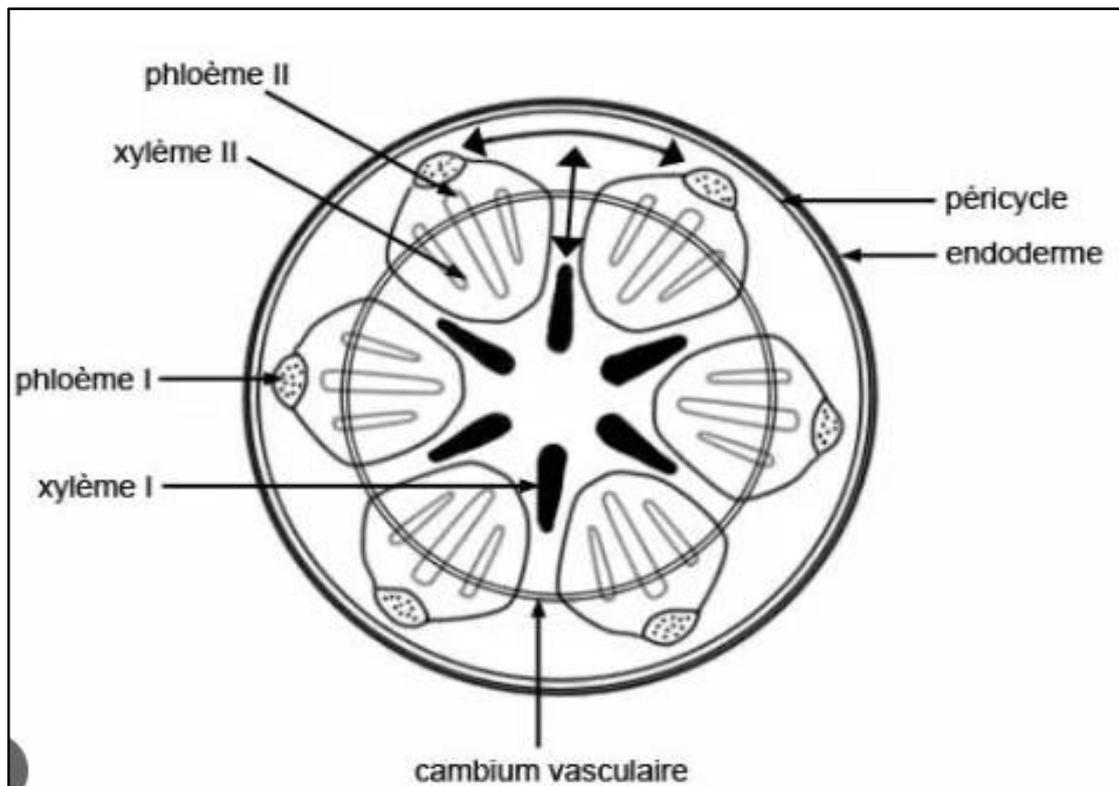


Figure 47 : L'assise libéro-ligneuse

1-3- La structure anatomique d'une racine monocotylédone

➤ **Structure primaire :**

- La stèle des racines monocotylédones est **bien plus développée** que chez les racines dicotylédones,
- Le **parenchyme cortical** présente de **grands méats** entre les cellules,
- L'**endoderme** présente une **subérolignification en forme de U**. (Les cellules à Les parois des cellules sont complètement subérifiées à l'exception de la paroi externe, en face du xylème,
- **Les faisceaux criblovasculaires** sont plus nombreux, **de 8 jusqu'à 20**, entourant un parenchyme,
- La **moelle** est composée par un **parenchyme médullaire**,
- **Absence de formation secondaire.**

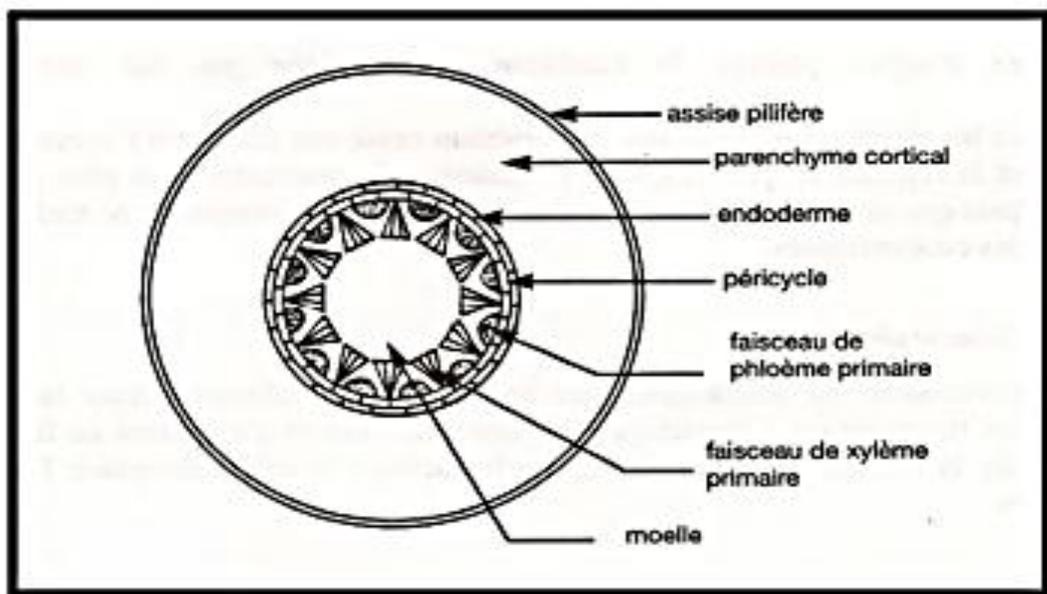


Figure 48 : Structure anatomique d'une racine monocotylédone

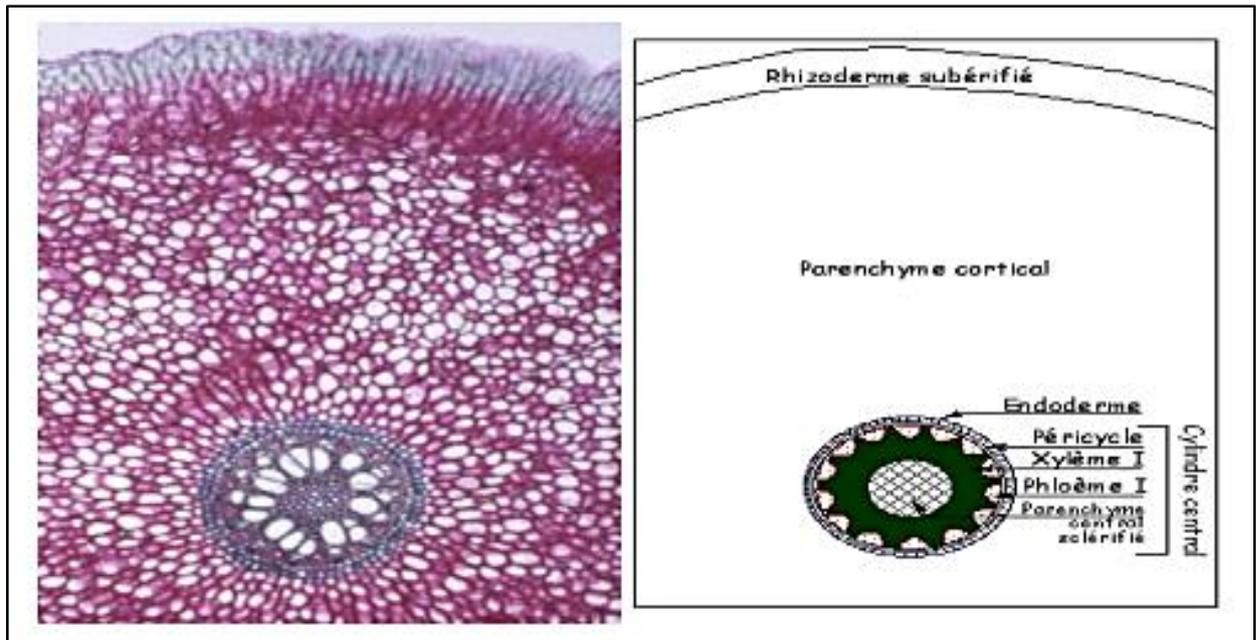


Figure 49 : Interprétation d'une coupe transversale partielle d'une racine de Monocotylédones primaire

- **Structure secondaire** : Chez les plantes Monocotylédones il n'existe pas de formation secondaire

1-4 Comparaison entre la structure anatomique d'une racine monocotylédone et dicotylédone

Les principaux caractères différentiels entre les racines de monocotylédones et les dicotylédones sont illustrés dans les figures précédentes et cités dans le tableau ci-dessous :

Tableau 3 : Différence anatomique entre les racines monocotylédones et dicotylédones

Tissus	Racine monocotylédone	Racine dicotylédone
Stèle	Importante	Réduite
Endoderme	Endoderme en fer de cheval (U)	Endoderme à cadre
Faisceaux cribro-vasculaire	Faisceaux de phloème et xylème nombreux	Faisceaux de phloème et xylème peu nombreux
Moelle	Abondante	Remplie par le Xylème
Tissus de protection secondaire	Pas de suber à la maturité	Présence de suber à la maturité
Tissus conducteurs secondaires	Pas de tissus conducteurs secondaires à la maturité	Présence de tissus conducteurs secondaires à la maturité

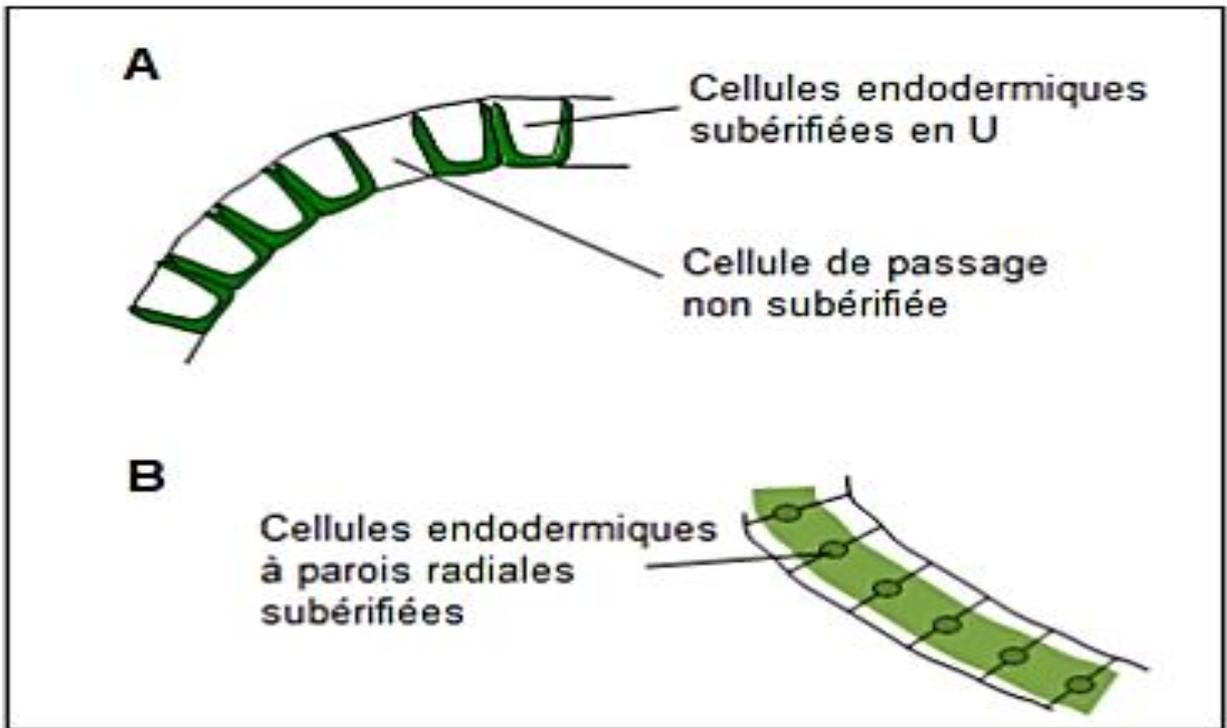


Figure 50 : Aspect des cellules endodermiques chez les monocotylédones (A) et les dicotylédones (B)

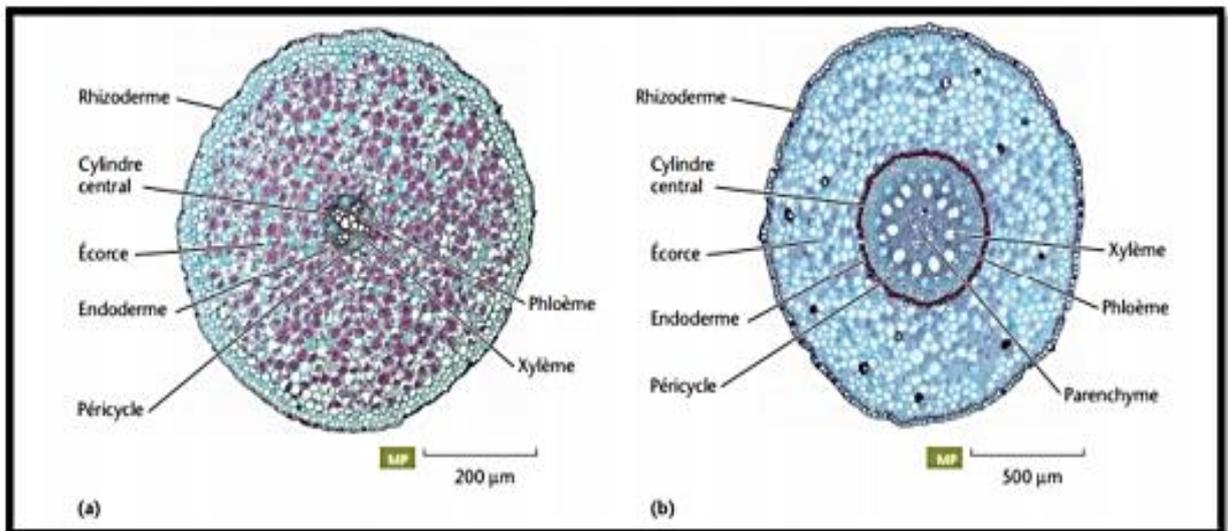


Figure 51 : Différence entre une racine dicotylédone (a) et monocotylédone (b)

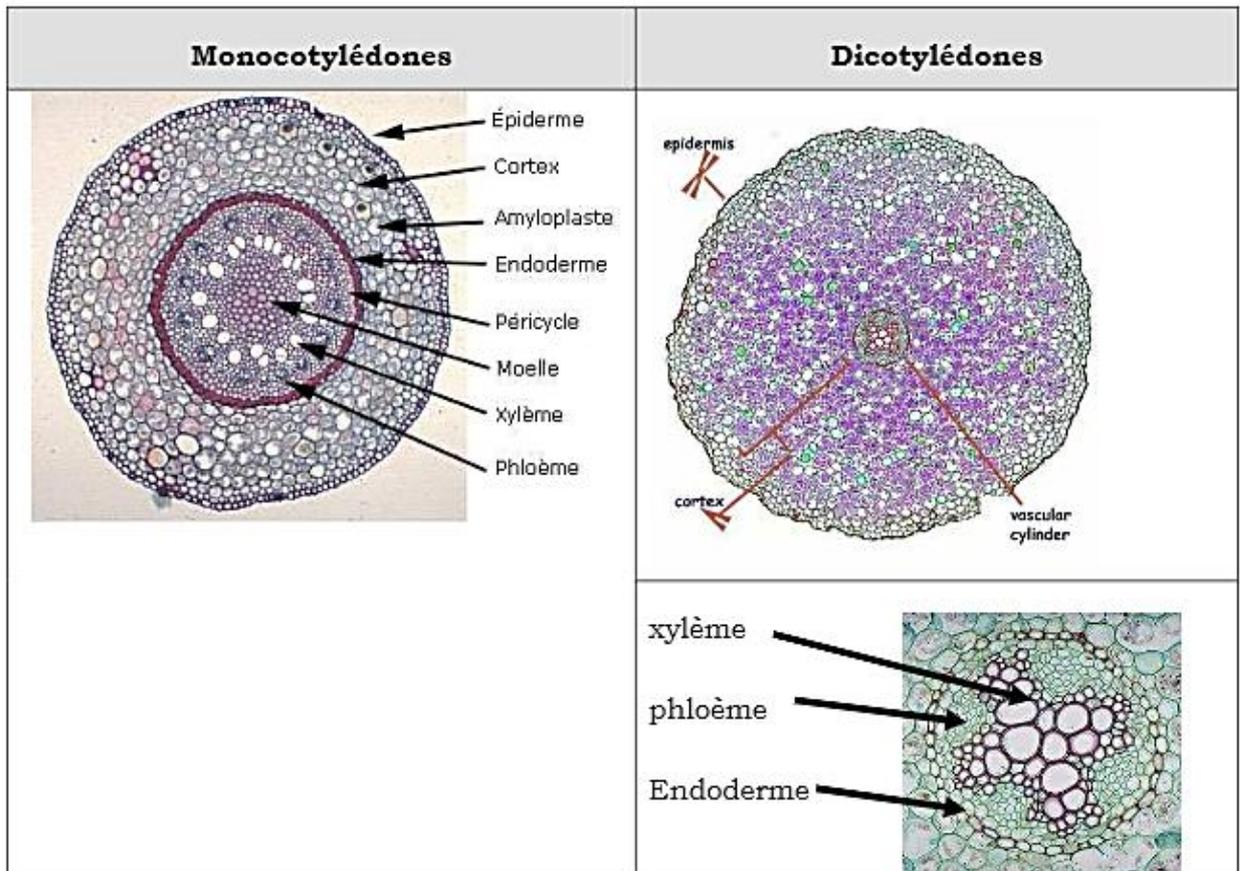


Figure 52 : Moelle chez une racine dicotylédone et monocotylédone

2- Anatomie de la tige

Introduction

La tige, représente généralement l'axe aérien de la plante, qui prolonge la racine et porte les bourgeons et les feuilles. La tige se ramifie généralement en branches et en rameaux (tiges secondaires) formant l'appareil caulinaire. Chez les arbres et les plantes ligneuses on distingue le tronc. La tige assure une fonction de soutien et une fonction de transport des éléments nutritifs entre les racines et les feuilles. Elle diffère de la racine par la présence de nœuds où s'insèrent les bourgeons axillaires et les feuilles ainsi que par sa structure anatomique. La transition entre racine et tige se fait dans le « collet ». La tige se compose d'une suite de nœuds et d'entre-nœuds. Elle possède généralement une forme cylindro-conique, quadrangulaire ou bien triangulaire. Son sommet est occupé par un bourgeon, qui est qualifié de terminal (apical) à cause de sa position. Sur les côtés de la tige, au niveau des nœuds, se remarquent d'autres bourgeons dits axillaires. Ces bourgeons sont destinés à assurer la ramification de la tige.

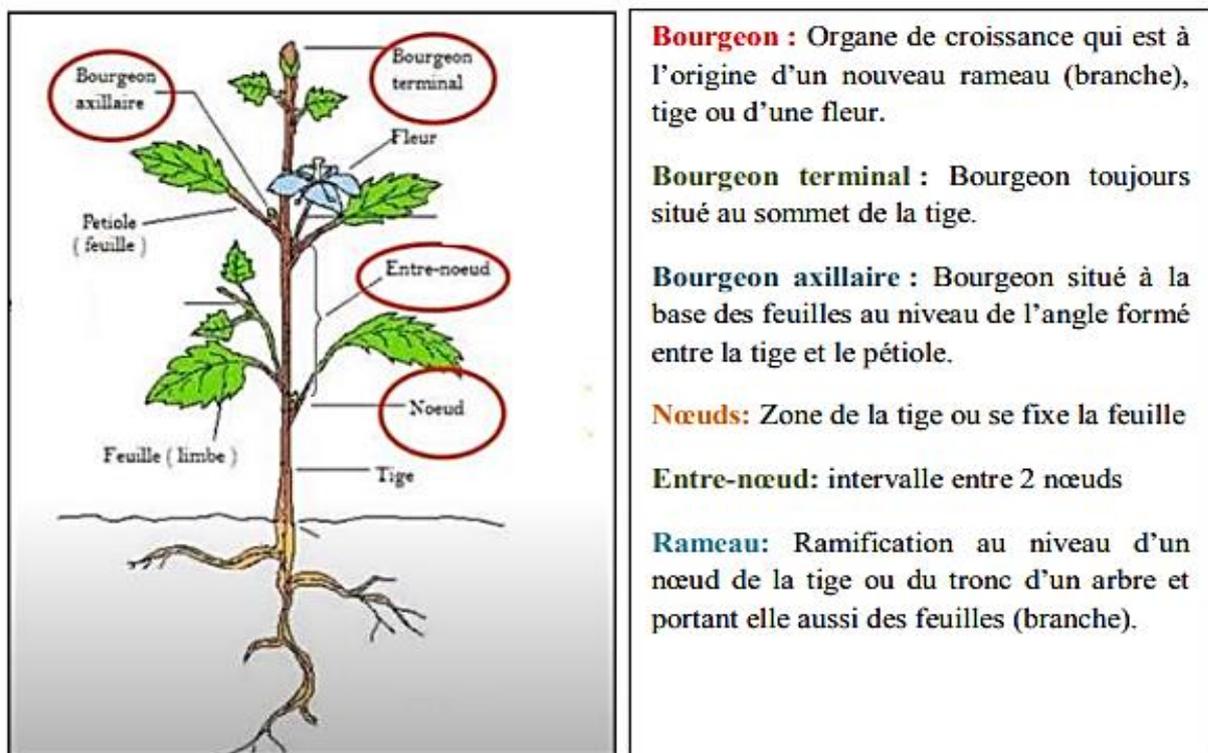


Figure 53 : Organisation de la tige

La croissance de la tige s'effectue dans le sens opposé à l'attraction terrestre (géotropisme négatif) et vers la lumière (phototropisme positif).

Fonctions de la 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. Ainsi on peut lui attribuer quatre fonctions principales qui sont :

- Le soutien et l'élévation des feuilles, des fleurs et des fruits. Les tiges gardent les feuilles exposées à la lumière et fournissent un lieu d'implantation de ses fleurs et fruits.
- Le transport de fluides entre les racines et les pousses dans le xylème et le phloème.
- Le stockage des éléments nutritifs (troncs, tiges souterraines).

2-1 Structure anatomique de la tige

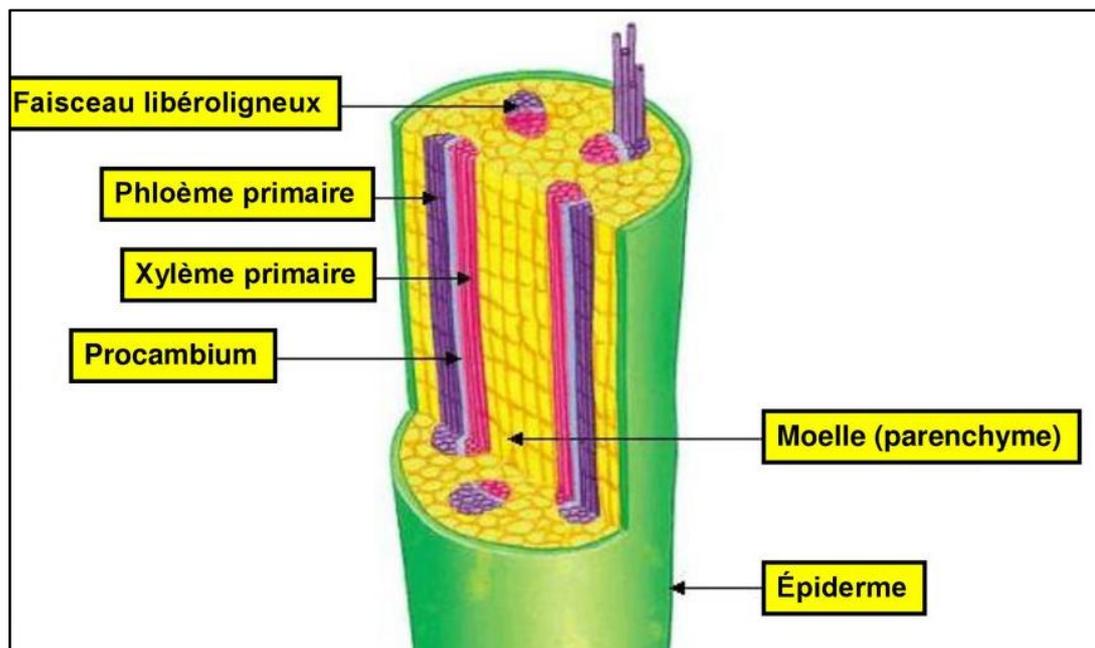


Figure 54 : Schéma d'une structure anatomique de la tige

Ce qui caractérise la tige de point de vue anatomique c'est la **disposition du xylème et phloème**, ils n'alternent plus (comme c'est le cas de la racine) mais ils sont **superposés**, le xylème est interne (qui tend vers le centre) montre une **différenciation centrifuge** (le protoxylème près du centre et le métaxylème près de la périphérie) le phloème est externe (qui va vers la périphérie) et on observe un **parenchyme médullaire important** ainsi qu'une présence de tissus de soutien.

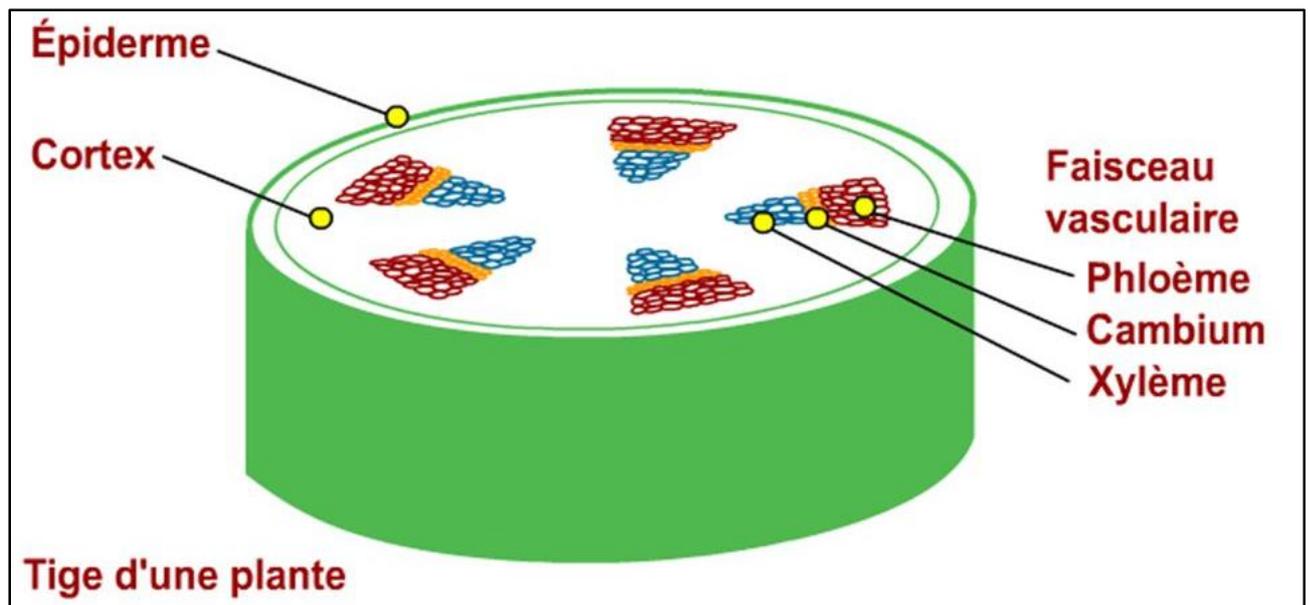


Figure 55 : Schéma d'une coupe transversale dans une tige

La coupe transversale d'une tige jeune présente plusieurs zones :

- **L'épiderme**, constitué d'une couche de cellules juxtaposées. Leur paroi est peu épaisse et elles ne contiennent **pas de chloroplaste**. On peut rencontrer des cellules de collenchyme avant le parenchyme cortical.
- **Le parenchyme cortical**, composé de grandes cellules polyédriques. Les cellules de la périphérie renferment des chloroplastes, mais leur nombre diminue au fur et à mesure qu'on s'enfonce vers l'intérieur.
- **Les tissus conducteurs** rassemblés xylème et de phloème superposés. Le xylème, vers le centre de la tige et le phloème vers l'extérieur. Ce sont les faisceaux criblovasculaires (parfois encore appelés faisceaux libéroligneux). Les diamètres des cellules de xylème ne sont pas identiques, ils diminuent au fur et à mesure que l'on se rapproche du centre (le protoxylème à petit diamètre près du centre et le métaxylème à grand diamètre près de la périphérie. La différenciation du xylème est centrifuge dans la tige.
- **Une moelle** remplie par **parenchyme** formé de cellules très large.

2-2 La structure anatomique d'une tige dicotylédone

➤ Structure primaire

On observe d'abord un **épiderme** puis on peut trouver quelques assises superficielles de **collenchyme**, un **parenchyme cortical très réduit** et un **anneau de sclérenchyme continu** existe dans la partie profonde de l'écorce, au-dessus **du xylème** se trouve **le phloème** et entre les deux on trouve des cellules du **cambium** qui seront à l'origine des structures secondaires.

Le cylindre central comporte de **nombreux faisceaux** disposés sur **un seul cercle** chez les dicotylédones.

Le **parenchyme médullaire plus important que le parenchyme cortical**, parfois il existe une **lacune** au centre de la tige.

Ces observations correspondent à une tige jeune de dicotylédone. Mais très rapidement des formations secondaires vont apparaître et compliquer ces structures.

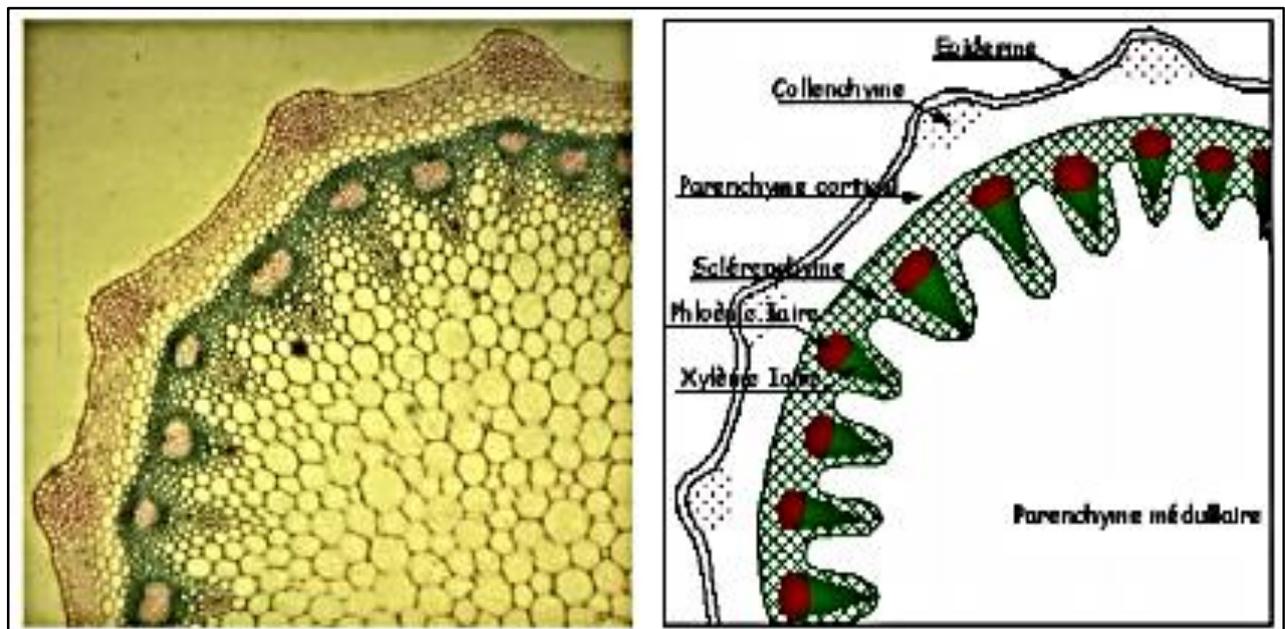


Figure 57 : Coupe transversale d'une tige dicotylédone et schéma de la coupe transversale

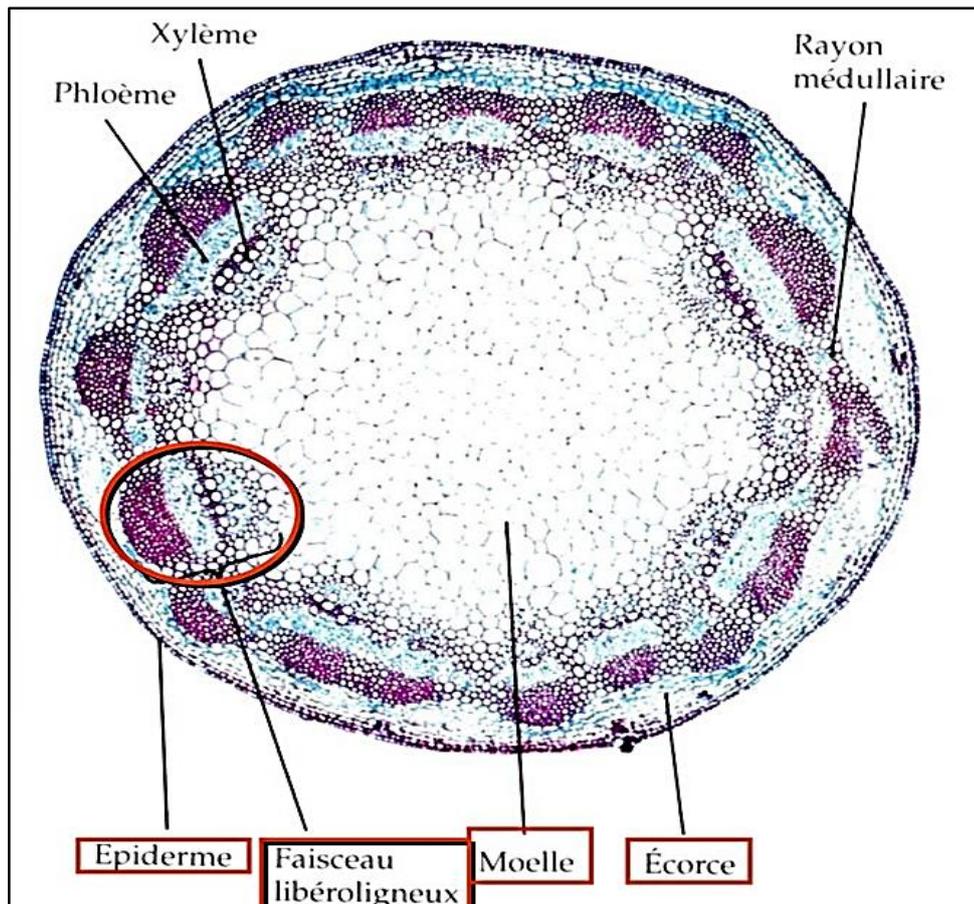


Figure 58 : coupe d'une tige dicotylédone primaire

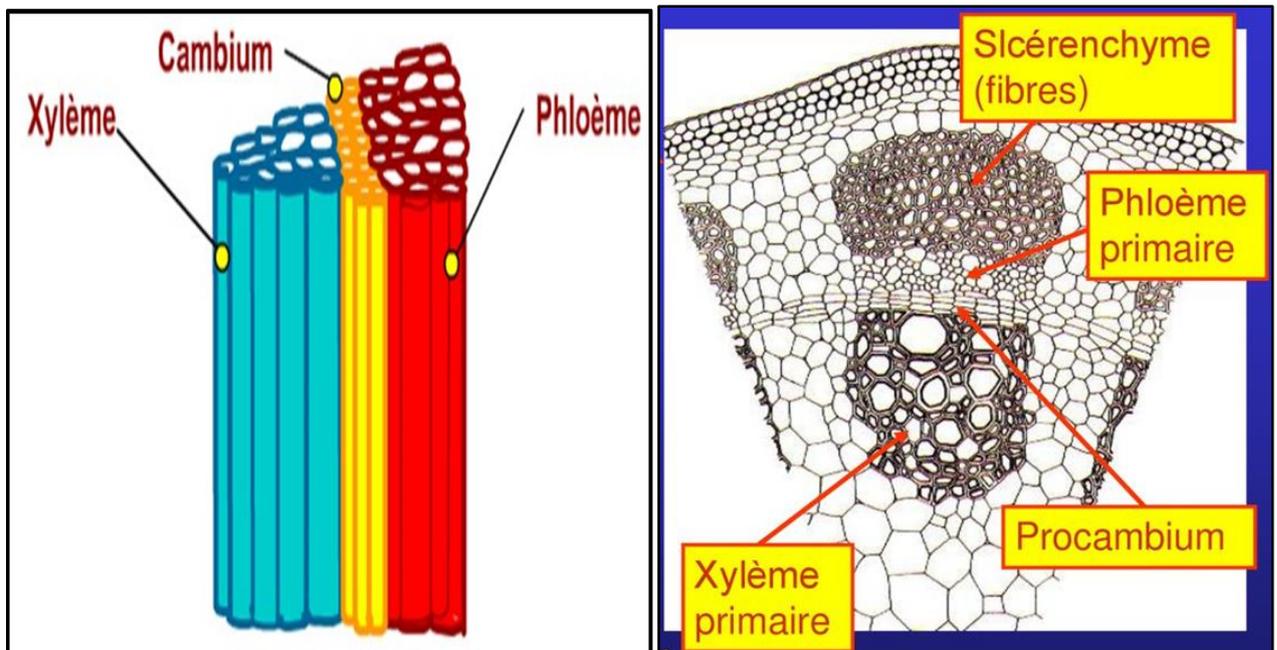


Figure 59 : schéma d'un faisceau libéro-ligneux

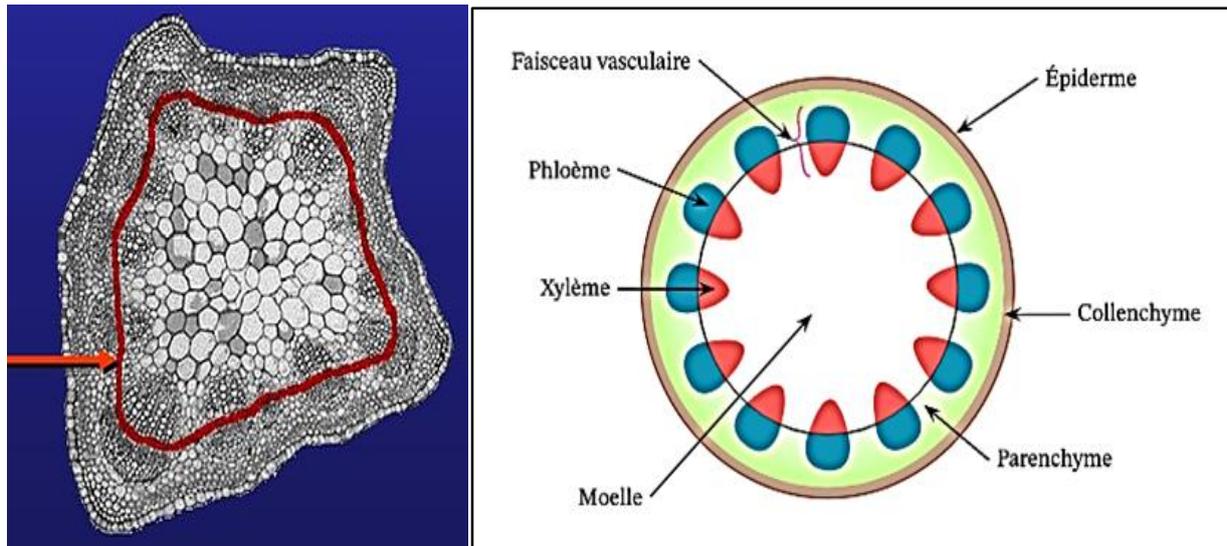


Figure 60 : l'anneau de cambium

Figure 61 : Schéma d'une tige dicotylédone primaire

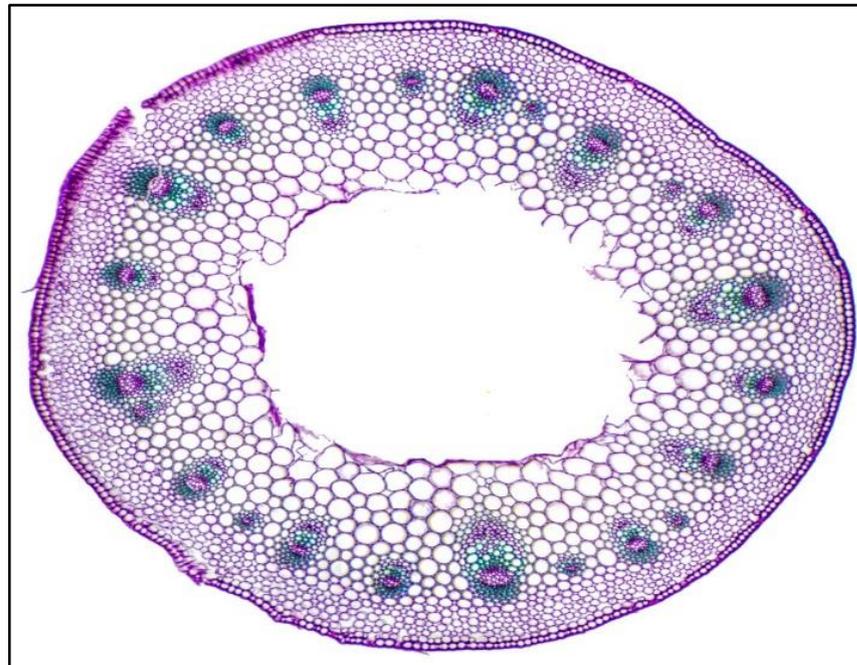


Figure 62 : La structure anatomique d'une tige dicotylédone avec lacune

➤ Structure secondaire

Entre le phloème primaire et le xylème primaire **un cambium** se forme et fonctionne en donnant **vers l'intérieur du xylème secondaire et vers l'extérieur du phloème secondaire**, et dans l'écorce apparaît le **phellogène** qui va donner le **suber vers l'extérieur et le phelloderme vers l'intérieur**

On observe donc de l'extérieur de la tige, vers l'intérieur :

Un périderme, collenchyme, parenchyme cortical, phloème primaire, phloème secondaire, cambium, xylème secondaire, puis xylème primaire et la moelle.

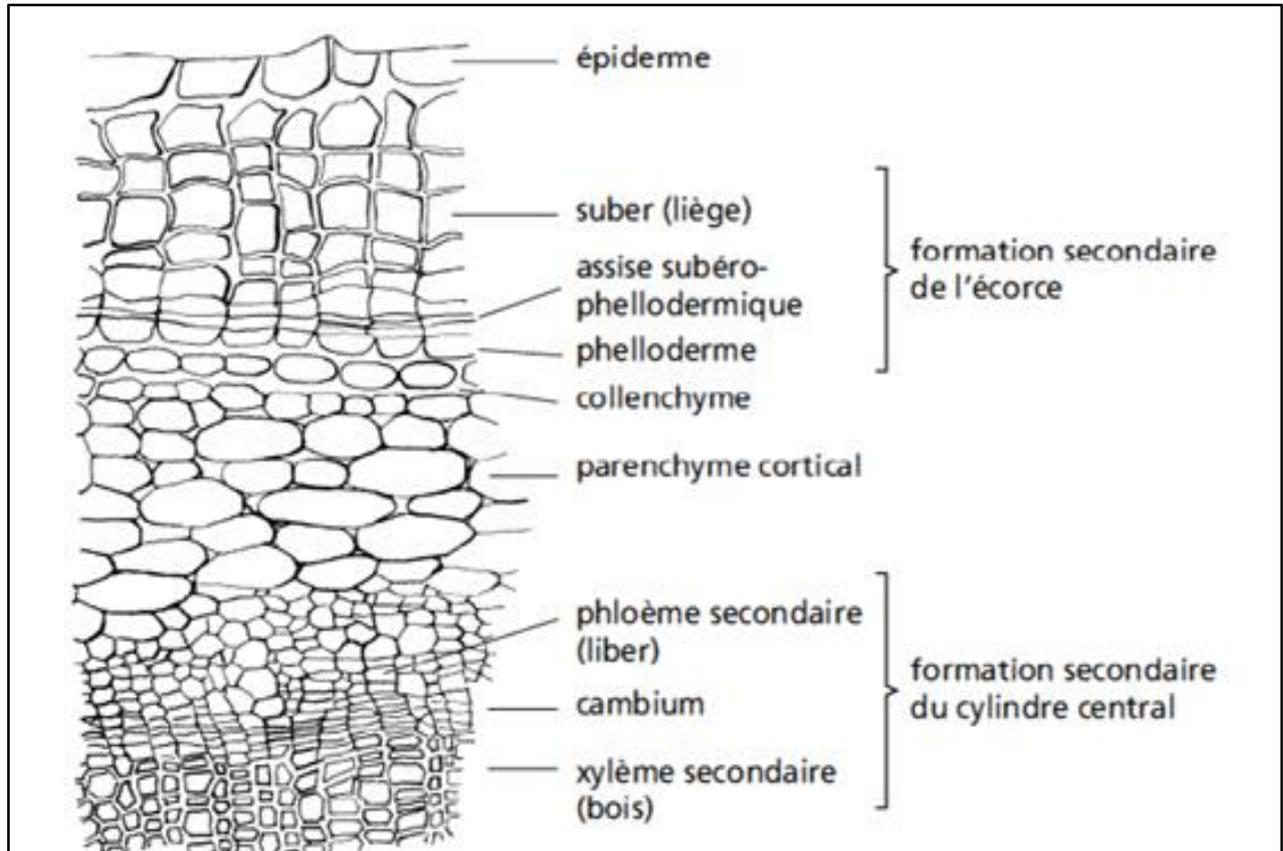


Figure 63 : Les structures secondaires chez une tige dicotylédone

2-3 La structure anatomique d'une tige monocotylédone

➤ Structure primaire

Chez les Monocotylédones, il n'y a pas de formations secondaires. On retrouve donc de l'extérieur vers l'intérieur :

- Un épiderme, un parenchyme cortical très réduit et la moelle est très développée et souvent lignifiée.
- **Plusieurs cercles concentriques** de faisceaux cribrovasculaires.
- Un anneau de sclérenchyme qui entoure le cercle externe des faisceaux.
- Le diamètre des faisceaux cribrovasculaires diminue en allant du centre vers la périphérie de la tige, les plus anciens sont repoussés vers le centre.

La croissance en épaisseur chez les monocotylédones se fait par la multiplication du nombre de faisceaux conducteurs. Le centre de la tige peut être creux.

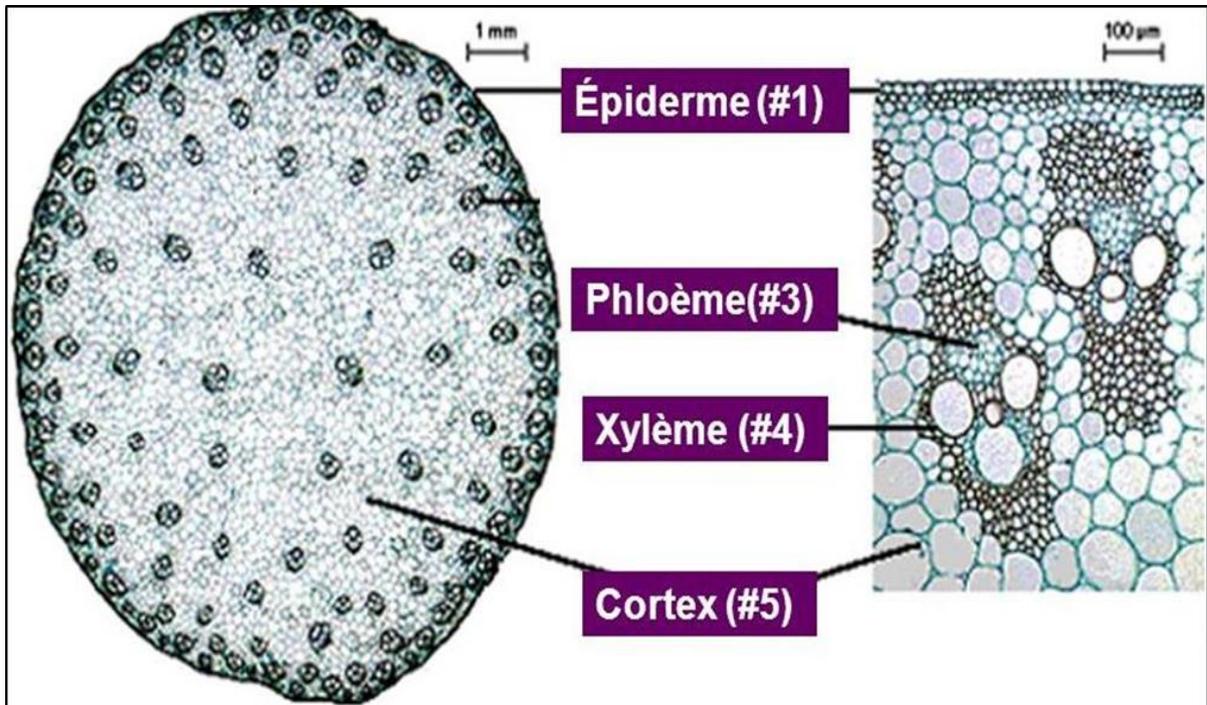


Figure 64 : Structure primaire d'une tige monocotylédone

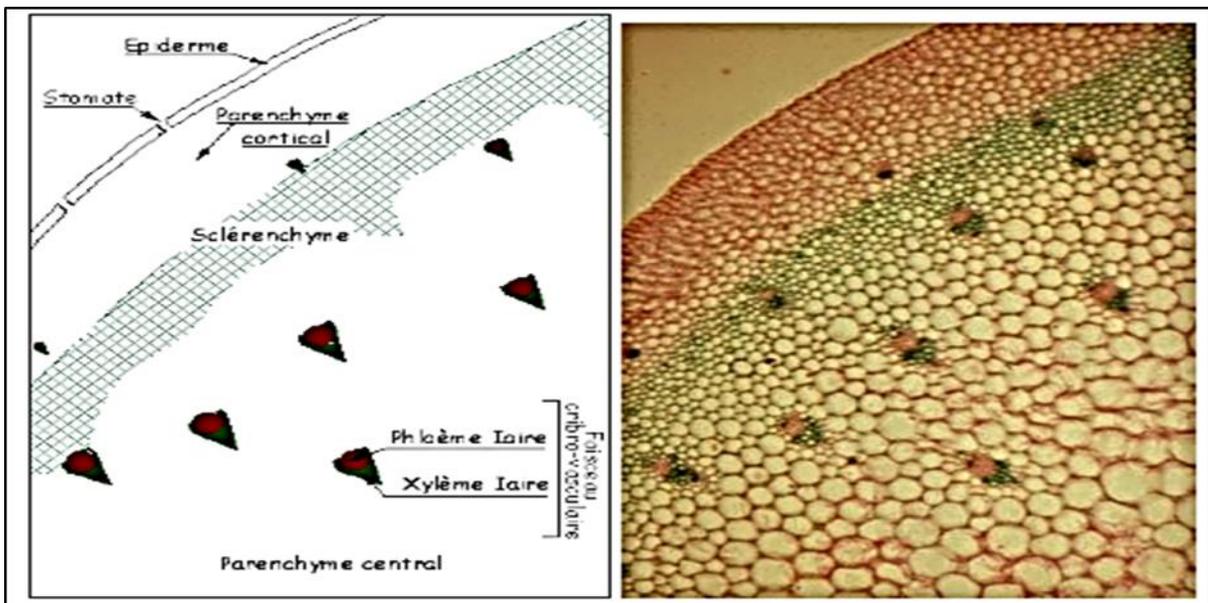


Figure 65 : Schéma et observation d'une coupe transversale réalisée dans une tige de monocotylédone

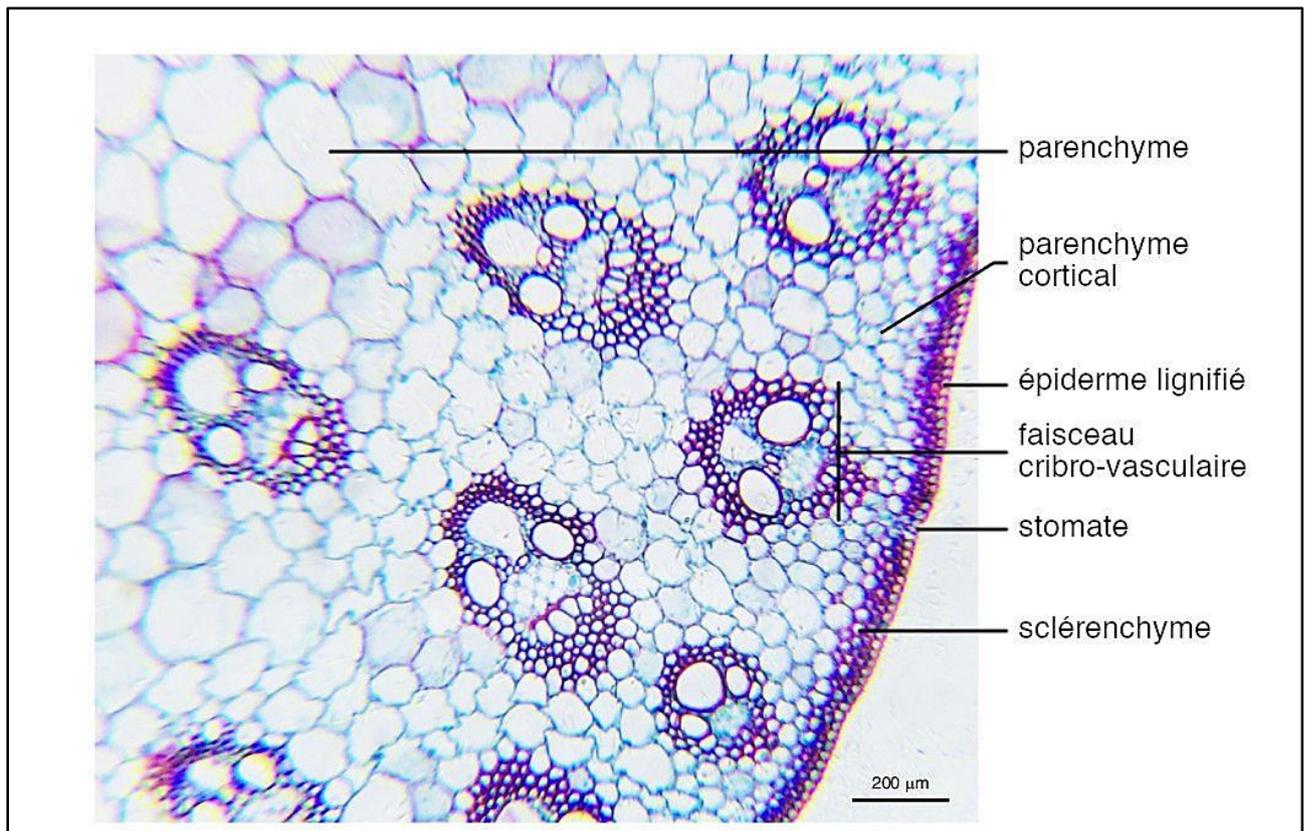


Figure 66 : Structure anatomique d'une tige monocotylédone

- **Structure secondaire** : Absence totale de structure secondaire chez les plantes monocotylédone

2-4 Comparaison entre la structure anatomique d'une tige monocotylédone et dicotylédone

Les principaux caractères différentiels entre les tiges de monocotylédones et les dicotylédones sont cités dans le tableau ci-dessous :

Tableau 5 : Différence anatomique entre les tiges monocotylédones et dicotylédones

Tissus	Tige monocotylédone	Tige dicotylédone
Sclérenchyme	Entoure le cercle externe des faisceaux	Anneau de sclérenchyme continu
Faisceaux cribrovasculaire	Plusieurs cercles concentriques	Un seul cercle
Tissus conducteurs secondaires	Absence	Présence du bois et liber

3- Anatomie de la feuille

Les feuilles sont le centre de la photosynthèse. Les vaisseaux conducteurs de xylème (dans les nervures de la feuille) apportent l'eau et les sels minéraux nécessaires à la photosynthèse. Les stomates permettent l'entrée des gaz et donc l'apport du CO₂. La photosynthèse permet la synthèse de matières organiques qui seront redistribuées aux autres organes par le phloème.

3-1 La structure anatomique de la feuille

La feuille est un appendice latéral de la tige (prolongement) 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.

La feuille 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 cellules du parenchyme.

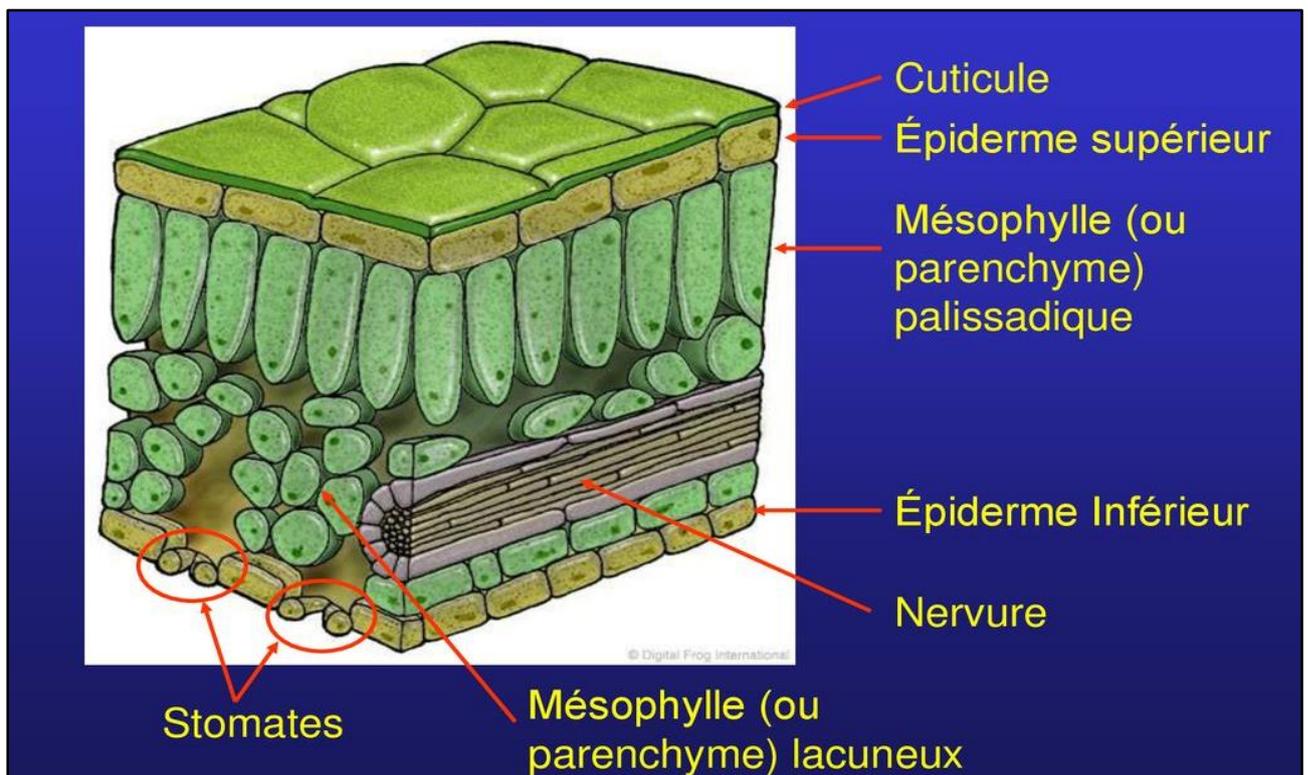


Figure 67 : La structure des feuilles

Selon la figure 67, la feuille est composée de :

- **L'épiderme supérieur** : constitue toute la face supérieure (ventrale) du limbe. Il est formé de cellules serrées les unes contre les autres et recouvertes d'une cuticule qui protège la feuille.
- **Le parenchyme palissadique** : est logé sous l'épiderme supérieur. Il se compose de cellules remplies de chloroplastes.
- **Le parenchyme lacuneux** : constitué d'une couche de cellules moins régulières, peu jointives et laissant entre elles d'importantes lacunes. Ces cellules sont pauvres en chloroplastes.
- **Les faisceaux criblovasculaires** : ce sont les tissus conducteurs superposés, les faisceaux criblovasculaires, sont identiques à ceux observés dans la tige. Ils sont en réalité, la suite de ceux de la tige et du pétiole et correspondent aux nervures du limbe.
- **L'épiderme inférieur** est aussi formé de cellules serrées les unes contre les autres et recouvertes d'une couche cireuse. Il est perforé de cellules stomatiques qui permettent à l'air de passer dans la feuille ou d'en sortir. **L'ostiole** est l'ouverture au centre du stomate.

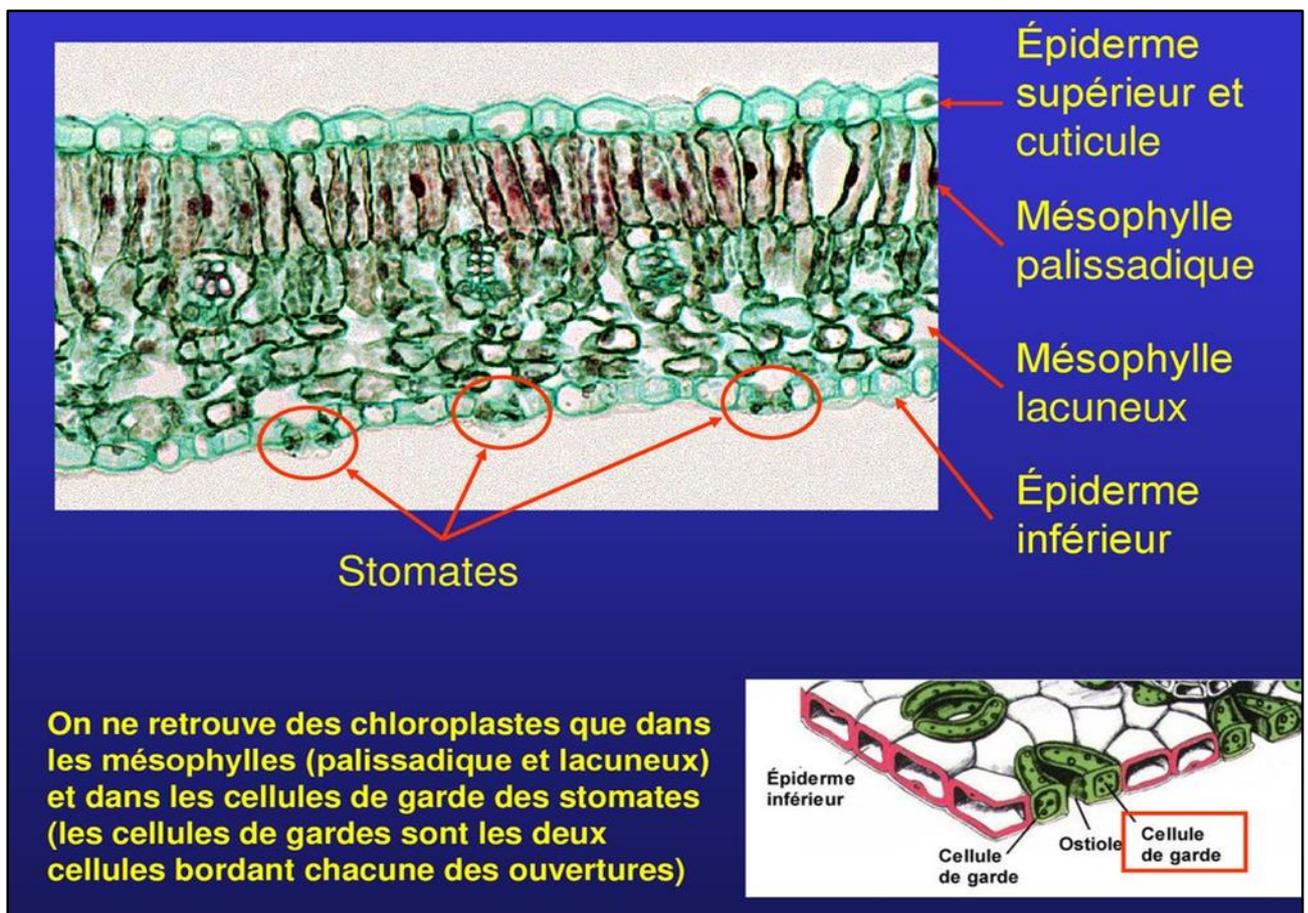


Figure 68 : Le Mésophylle

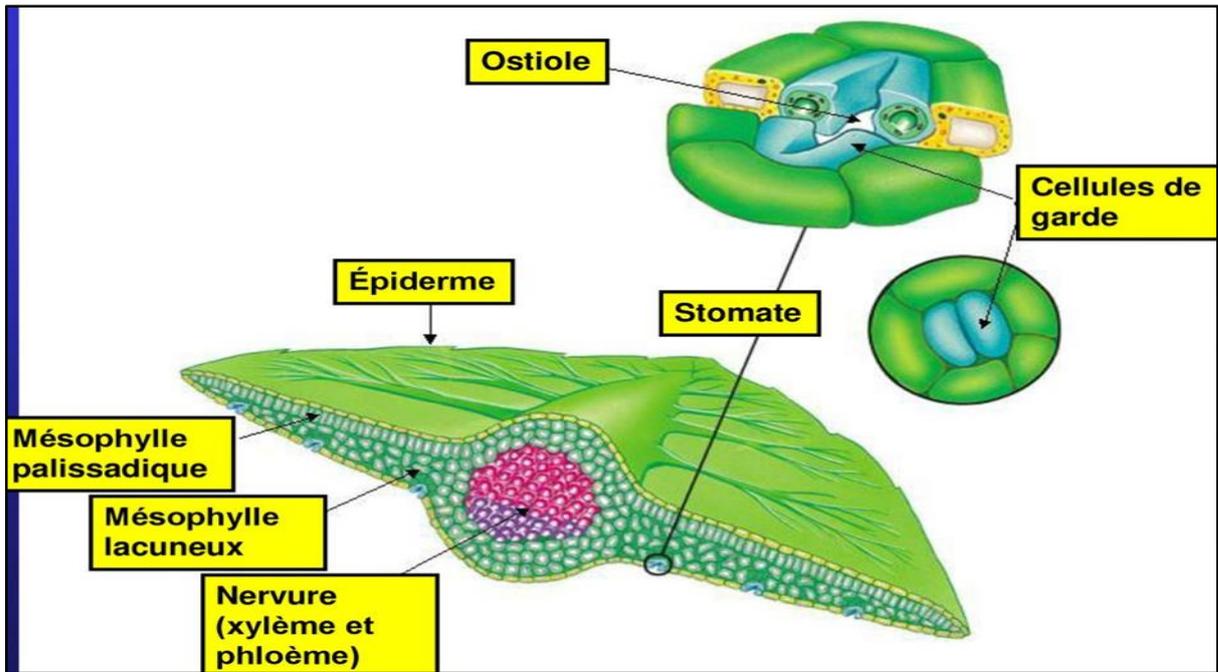


Figure 69 : Structure de Stomate

3-2 La structure anatomique d'une feuille dicotylédone

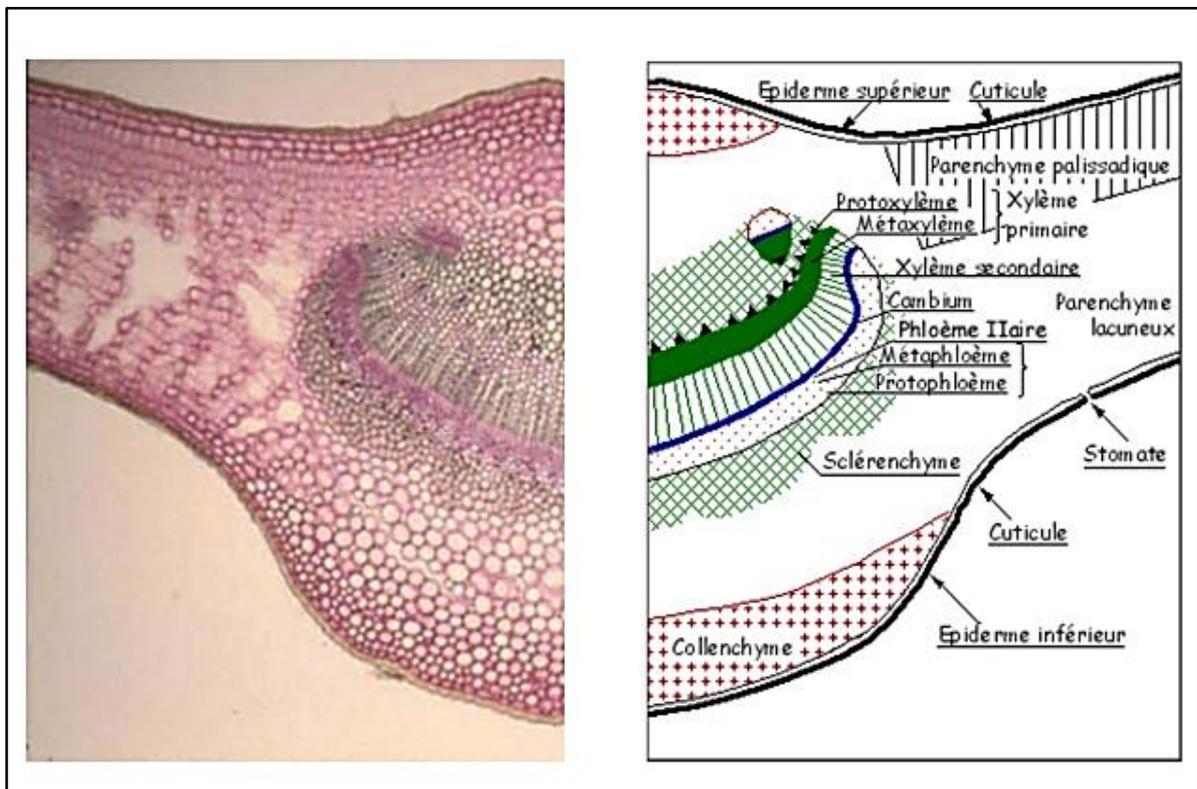


Figure 70 : Coupe transversale d'une feuille dicotylédone

Sur cette coupe, on observe de l'extérieur vers l'intérieur :

- **Deux épidermes, l'épiderme supérieur** sur la face ventrale, bordés d'une **épaisse cuticule** où il y a moins de stomates et **l'épiderme inférieur** sur la face dorsale pourvu d'une cuticule mince et **riche en stomates**.
- **Un parenchyme dit mésophylle, non homogène**, c'est le parenchyme de la feuille, c'est un parenchyme chlorophyllien le plus souvent **bifacial asymétrique**.

Il comprend **un parenchyme palissadique** se trouvant sur la face ventrale, riche en chloroplastes, il est situé sous l'épiderme supérieur et **le parenchyme lacuneux**, se trouvant sur la face dorsale, moins riche en chloroplastes, il contrôle les échanges gazeux entre la feuille et l'atmosphère.

- **Un système vasculaire** composé de phloème I et II et de xylème I et II de part et d'autre et du cambium. La nervure principale présente des tissus de soutien, du collenchyme, près de l'épiderme, et du sclérenchyme près des vaisseaux

Les **feuilles des dicotylédones** sont caractérisées par une **nervation pennée** (une grosse nervure centrale et des nervures secondaires qui partent obliquement)

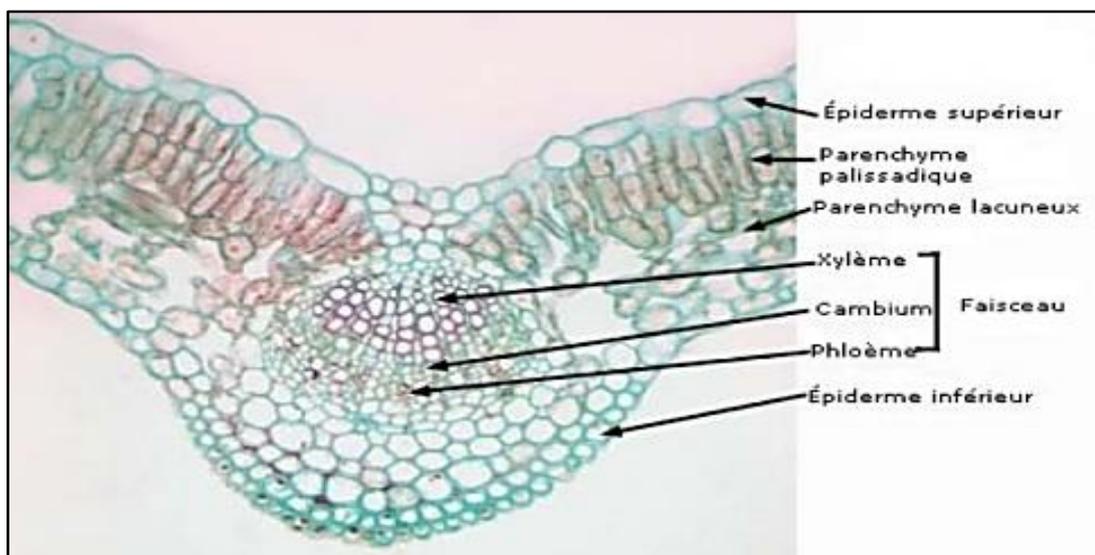


Figure 71 : Coupe transversale de la nervure principale d'une feuille dicotylédone

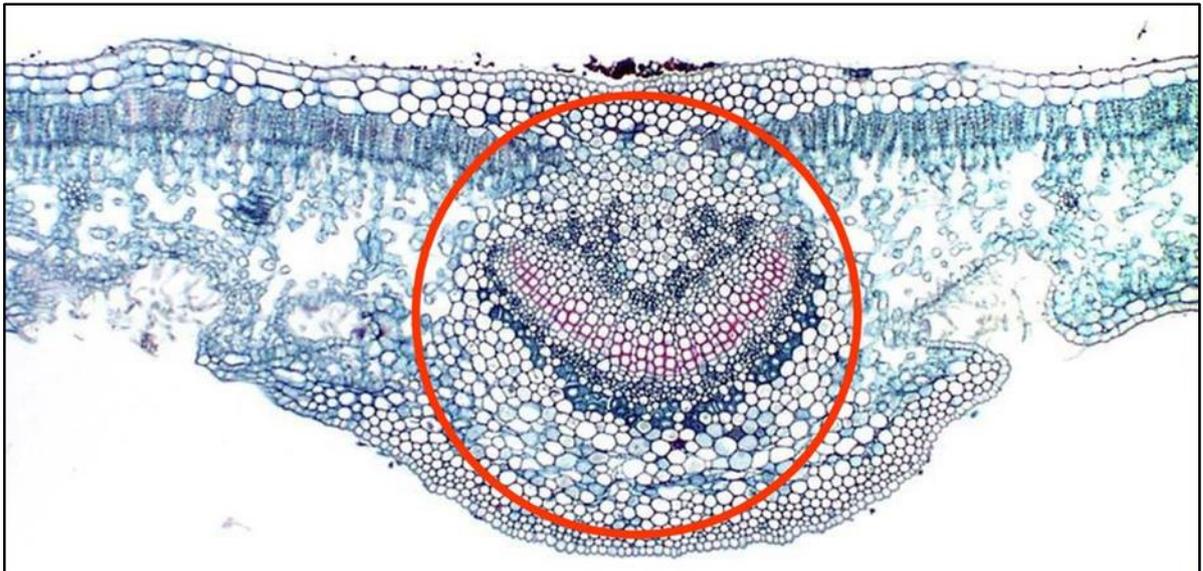


Figure 72 : Tissu conducteur de la feuille

3-3 La structure d'une feuille monocotylédone

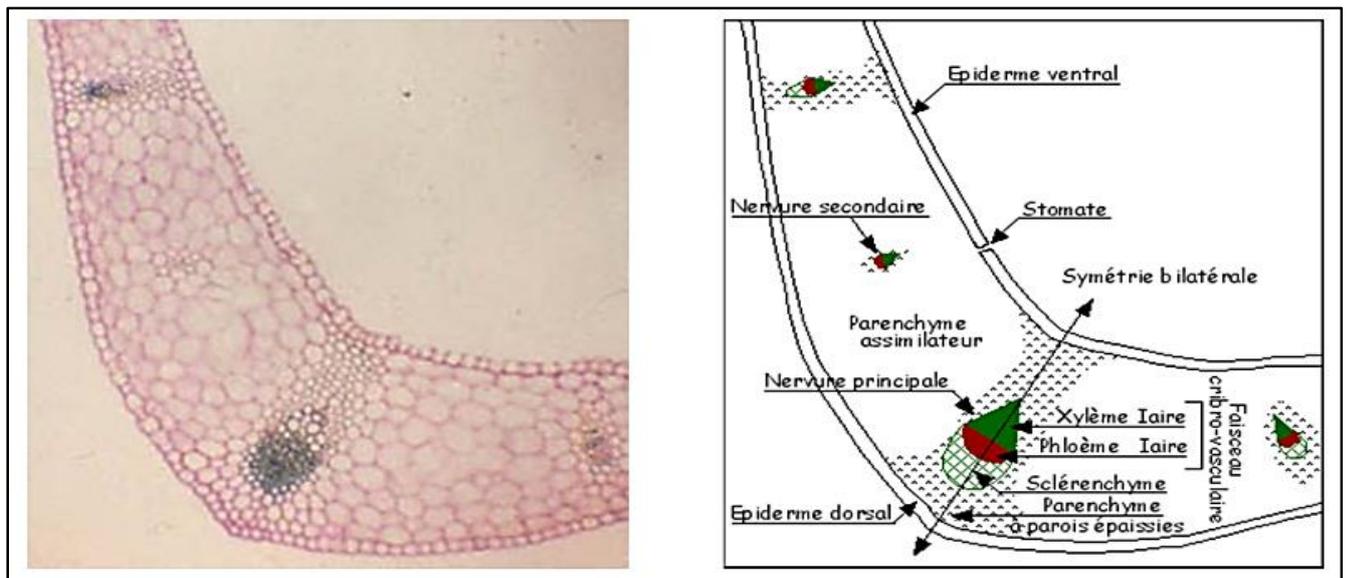


Figure 73 : Coupe transversale d'une feuille monocotylédone

Sur cette coupe, on observe de l'extérieur vers l'intérieur :

- Un **épiderme** à la surface de l'organe (les jeunes feuilles possèdent une cuticule plus ou moins épaisse non visible sur cette coupe),
- Les **stomates** sont répartis de façon égale sur l'épiderme de la face ventrale et dorsale,
- Un **parenchyme** dit **mésophile et homogène**,
- Un **système vasculaire**, qui correspond aux nervures, composé de **xylème primaire** ventral et de **phloème primaire** dorsal,

- Un **sclérenchyme** protégeant les tissus conducteurs,

Les **nervures** des feuilles sont **parallèles**, et reliées entre elles par des fines nervures transversales.

3-4 Comparaison entre la structure anatomique d'une feuille monocotylédone et dicotylédone

Les principaux caractères différentiels entre les feuilles de monocotylédones et les dicotylédones sont cités dans le tableau ci-dessous :

Tableau 6 : Différence anatomique entre les feuilles monocotylédones et dicotylédones

Tissus	Feuille monocotylédone	Feuille dicotylédone
Epiderme	Les stomates sont répartis d'une façon égale	Le nombre de stomates élevé dans la face dorsale
Mésophylle	Homogène	Hétérogène (non homogène : Parenchyme palissadique et lacuneux)
Nervures	Parallèles	pennés
Structures secondaires	Absences	Présence des Tissus conducteurs secondaires