

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

Université Ahmed ZABANA RELIZANE

Faculté des Sciences et de la Technologie



DEARTEMENT DE BIOLOGIE

POLYCOPIE

Cours de Biologie Végétale

1ère Année LMD

Préparé Par

Dr. AZZOUZ Fatima

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	2
1. PARTICULARITE DE LA CELLULE VEGETALE	2
2. LES DIFFERENTS TYPES DES TISSUS VEGETAUX	6
2.1. Les tissus primaires	6
2.1.1. Les Méristèmes Primaires.....	6
2.1.2. Tissus protecteurs.....	8
2.1.3. Tissus parenchymateux.....	11
2.1.4. Les tissus de soutien	14
2.1.5. Tissus conducteurs.....	16
2.1.6. Tissus de sécrétion.....	20
2.2. Les tissus secondaires	23
2.2.1. Les méristèmes secondaires.....	23
2.2.2. Les tissus conducteurs secondaires	24
2.2.3. Les tissus protecteurs secondaires	24
3. ANATOMIE DES ORGANES VEGETAUX	26
3.1. La structure de la racine.....	26
3.2. La structure de la tige.....	27
3.3. La structure de la feuille.....	31
4. MORPHOLOGIE DES VEGETAUX SUPERIEURS ET ADAPTATION	34
4.1. Morphologie de la racine.....	34
4.1.1. Les différents types de racines	35
4.1.2. Adaptations particulières (modifications des racines)	36
4.2. Morphologie de la tige	36
4.2.1. Les tiges aériennes.....	37
4.2.2. Les tiges souterraines.....	38
4.2.3. Les tiges aquatiques.....	39
4.2.4. Plantes acaules	40
4.3. Morphologie de la feuille	40

INTRODUCTION

Les végétaux sont des organismes qui ont une place importante dans le monde vivant, ils sont d'une importance capitale pour la vie sur terre puisque les végétaux sont à la base de la chaîne alimentaire et des écosystèmes.

La science qui étudie les végétaux est la biologie végétale, c'est une discipline qui permet d'acquérir des connaissances concernant les organites composantes de la cellule végétale et sa particularité par rapport à la cellule animale, les différents types des tissus végétaux, l'anatomie des organes constituant de la plante (racine, tige et feuilles), leur morphologie et ainsi la reproduction.

Ce polycopie est un recueil de cours de biologie végétale destiné aux étudiants de 1ère année du tronc commun des sciences de la nature et de vie.

1. PARTICULARITE DE LA CELLULE VEGETALE

Les cellules végétales sont les unités élémentaires, très nombreuses, constituant les organismes végétaux. Elles comprennent généralement un noyau cellulaire entouré d'un cytoplasme.

Divers organites constituent la cellule végétale, elle s'entoure d'une membrane plasmique et contient des mitochondries, du réticulum endoplasmique, un appareil de Golgi, des lysosomes, des ribosomes, des peroxysomes, un cytosquelette...

La cellule végétale (figure 1) possède des éléments supplémentaires à ceux de la cellule animale qui sont la paroi cellulaire, les vacuoles, les vacuomes et les plastes.

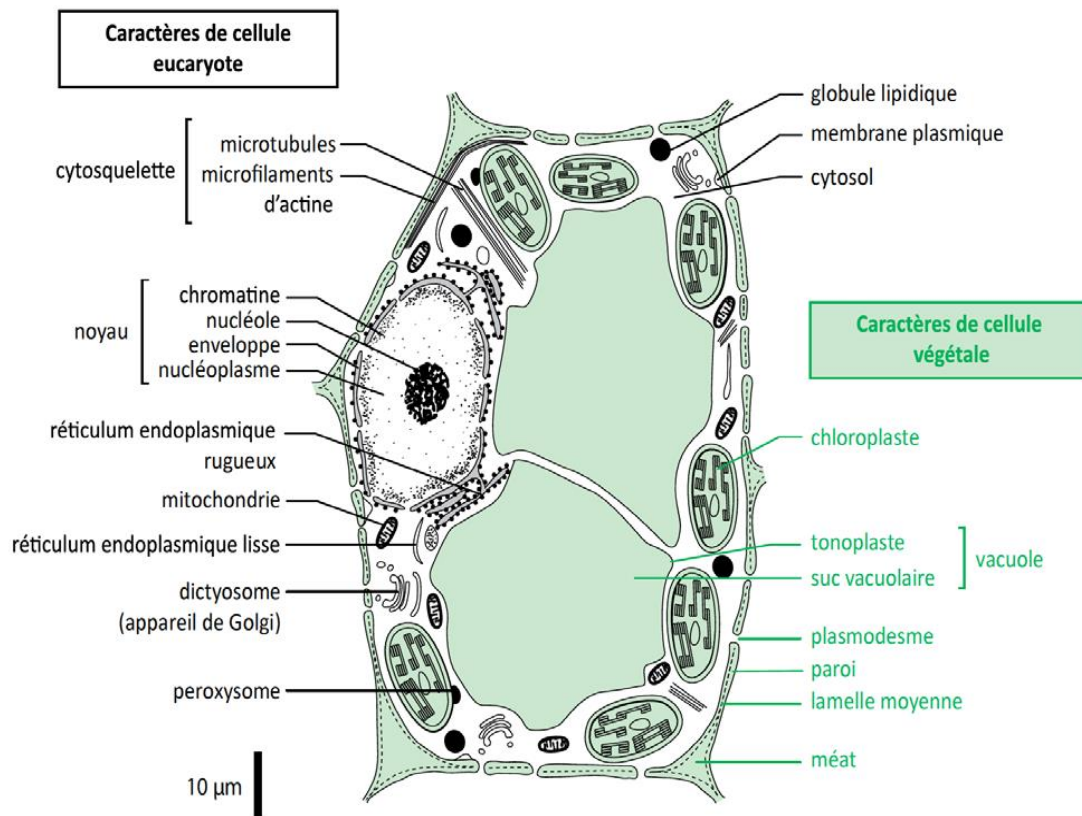


Figure 01 : Représentation schématique d'une cellule végétale eucaryote

1.1. Un cadre cellulosique (la paroi cellulaire)

Au-dessus de la membrane cytoplasmique, plus ou moins rigide selon la quantité de lignine associée ; on parle de paroi cellulaire. Cette dernière est constituée de 4 couches différentes (de l'extérieur vers l'intérieur de la cellule) : la lamelle moyenne qui est la membrane primitive riche en pectine, la paroi primaire qui entoure la lamelle moyenne, la paroi secondaire qui entoure la paroi primaire et la membrane cytoplasmique (double couche phospholipidique). Cette paroi possède des ponctuations correspondant à des plages de plasmodesmes, elles-mêmes correspondant à de petits orifices permettant la communication entre les cellules.

- **La lamelle moyenne** : (mitoyenne) : elle est la partie **la plus externe** de la paroi cellulaire, elle est de nature pectique et produite pendant la division cellulaire, elle constitue le ciment assurant la jonction entre les cellules.
- **La paroi primaire** : Chez les cellules juvéniles et indifférenciées, on ne trouve que la

paroi primaire et la lamelle moyenne (pas de paroi secondaire). Elle est formée d'un réseau de microfibrilles de cellulose et hémicellulose, elle est **flexible et extensible** ce qui permet la croissance cellulaire. Elle se dépose entre la lamelle moyenne et la membrane plasmique.

- **La paroi secondaire** : Elle est formée lors de **la différenciation** de la cellule, plus épaisse que la paroi primaire, se dépose entre la paroi primaire et la membrane plasmique, constituée de cellulose et hémicellulose et riche en composés phénoliques comme la **lignine** (pour la rigidité), la **subérine** et la **cutine** (pour l'imperméabilité).

1. 2. Les membranes cellulaires

Les constituants les plus importants des membranes sont des lipides et des protéines. Une membrane est formée d'une bicouche de phosphoglycérolipides et de cholestérol. Deux membranes sont particulièrement importantes.

a. Le plasmalemme appelé aussi membrane plasmique, possède une épaisseur de 6 à 9 nm, délimite le cytoplasme de la périphérie de la cellule grâce à une perméabilité très sélective, il joue un double rôle de protection et de contrôle des échanges entre les milieux intracellulaire et extracellulaire. Ce plasmalemme n'isole pas complètement la cellule car il existe des ponts cytoplasmiques ou des canaux qu'on appelle : **plasmodesmes**

b. Le tonoplaste qui entoure la vacuole du cytoplasme.

1.3. Les plastes

Ce sont des organites intracellulaires ovoïdes ou sphériques de quelques microns de long, délimités par **une double membrane**, dérivent des **proplastes**. Certains plastes synthétisent de nouvelles molécules, alors que d'autres les emmagasinent.

a. Les chloroplastes

Le chloroplaste est limité par une double membrane. L'externe est continue, tandis que l'interne présente parfois des repliements dans le stroma. Les chloroplastes contiennent de la chlorophylle indispensable pour la **photosynthèse**. En coupe longitudinale on observe d'abord une organisation avec des granas comprenant chacun des disques granaires qu'on appelle aussi saccules, ou thylacoïdes. Ces grana, qui peuvent être constitués de 2 à 100 disques, sont reliés les uns aux autres par des lamelles stromatiques dont l'ensemble forme un réseau continu. Le stroma contient aussi des ribosomes ainsi que de l'ADN circulaire.

b. Les chromoplastes

Certains plastes contiennent d'autres pigments que la chlorophylle comme des **carotènes**

(pigments jaunes et orangés) ou de **la xanthophylle**, (pigment jaune pâle). Ils se trouvent dans les cellules de plusieurs fruits colorés, comme les tomates ou des fleurs, comme les roses rouges.

c. Les amyloplast

Dans les cellules des organes de réserves, les dépôts d'amidon s'effectuent dans les amyloplast. Ce sont des plastes contenant très peu de membranes internes mais de nombreux grains d'amidon. Ex : la pomme de terre, *Solanum tuberosum* L.

1.4. Un vacuome

Qui est un ensemble de vacuoles qui occupent quasiment toute la cellule. Elles sont également le lieu de stockage du calcium précipité et des métaux lourds, et exercent une pression sur la paroi cellulaire, permettant d'assurer la rigidité et la forme de la cellule.

2. LES DIFFERENTS TYPES DES TISSUS VEGETAUX

Selon qu'un tissu est composé d'un ou de plusieurs types cellulaires, les tissus sont classés en 2 types :

- **tissus simples** : Un tissu simple ne comporte qu'un seul type de cellules ; ce sont en particulier les sclérenchymes, collenchyme, parenchymes chlorophylliens (palissadique, lacuneux).
- **tissus complexes** : Un tissu complexe contient plusieurs types cellulaires en mélange intime ; citons en particulier les tissus conducteurs (avec cellules conductrices + "nouricières" + parfois soutien ou réserve + parfois indifférenciées) décrits comme complexes par SANIO (1863), appelés "faisceaux" par VAN TIEGHEM. C'est également le cas de l'épiderme (avec les cellules épidermiques banales et les cellules stomatiques).

On peut aussi classer les tissus végétatifs en fonction de leur origine méristématique (**tissus primaires** ou **secondaires**, selon qu'ils dérivent d'un méristème primaire ou secondaire) ou de leur rôle biologique. Les tissus secondaires n'existent que chez les « dicotylédones »

2.1. Les tissus primaires

Les tissus primaires sont nombreux. Il est possible cependant de les regrouper en cinq catégories :

- les parenchymes ;
- les tissus de revêtement ;
- les tissus conducteurs ;
- les tissus de soutien ;
- les tissus sécréteurs.

L'origine de ces tissus est le méristème primaire (figure 2)

2.1.1. Les Méristèmes Primaires

L'embryon d'une Angiosperme comporte déjà les ébauches des futurs méristèmes (du grec *meris* = partie et *stêma* = filament) caulinaires (des tiges) et racinaires. Ces méristèmes primaires, qui sont à l'origine des tissus de la plante, sont situés chez les Spermaphytes, au niveau de la gemmule et de la radicule.

De la germination jusqu'à la mort de la plante les méristèmes assurent la croissance en longueur des tiges et des racines. Même si cette croissance se ralentit parfois, il est possible de parler de croissance indéfinie. Les cellules méristématiques sont facilement reconnaissables dans la plante.

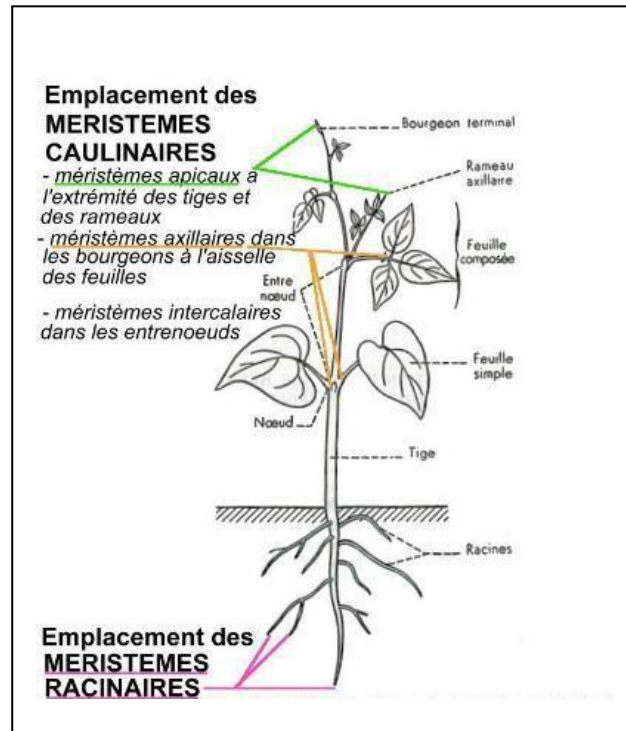


Figure 02 : Emplacement des méristèmes

Leurs cellules (figure 3) sont caractérisées par :

- Une petite taille,
- rapport nucléocytoplasmique élevé (taille du noyau importante),
- Nucléoles de grande taille,
- organites peu structurés, *plastés indifférenciés* (proplastés),
- Vacuoles de petite taille et nombreuses,
- densité en ribosomes élevée,
- parois minces (parois primaires).

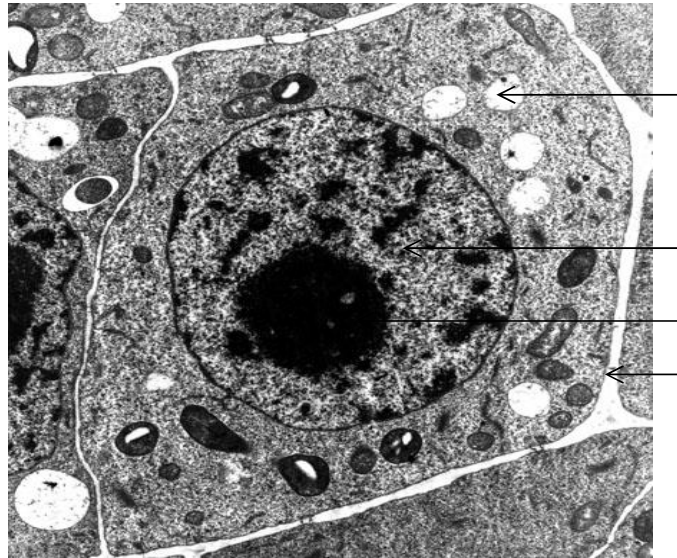


Figure 03 : Cellule méristématique (méristème primaire)

2.1.2. Tissus protecteurs

➤ **L'épiderme**

- L'épiderme est une assise continue de cellules qui recouvre les rameaux feuillés (tiges et feuilles) et fournit une protection contre la dessiccation et les agressions extérieures de toutes sortes (parasites...) tout en permettant et en réglant les échanges gazeux avec l'atmosphère. Il comporte des cellules de revêtement et les cellules stomatiques (figure 4, 5). Suivant les espèces, ces dernières sont parfois entourées de cellules annexes formant transition avec les cellules épidermiques. Fréquemment il existe, en plus, des émergences uni ou pluricellulaires formant des poils soit protecteurs, soit sécréteurs. Le nombre, la forme, la disposition relative de ces éléments sont variables avec les conditions d'environnement et présentent un caractère spécifique. La densité des stomates est habituellement maximale dans l'épiderme situé sous la face inférieure des feuilles où elle peut atteindre 200 à 300 par mm².
- Les cellules de l'épiderme sont couvertes par un revêtement « cuticule » contenant des dérivés lipidiques très hydrophobes, des cires en particulier, qui forment une multitude de projections cristallines rendant la surface non mouillable à l'eau.

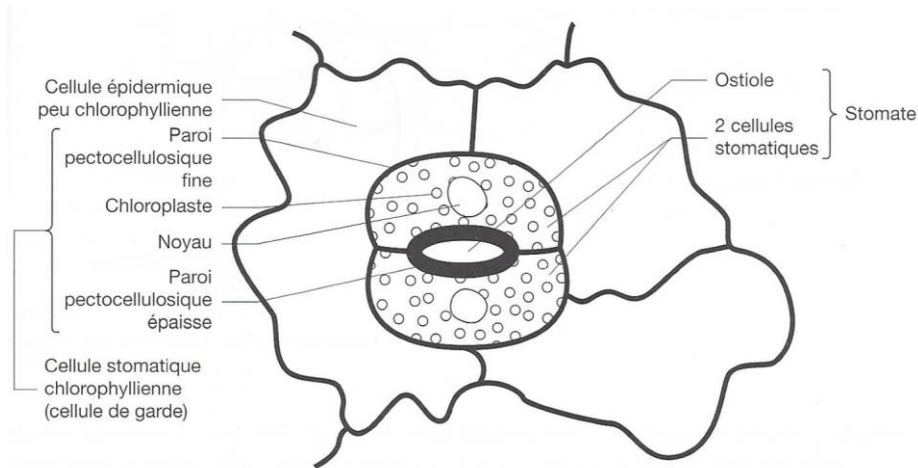


Figure 04 : Épiderme avec un stomate (face inférieure).

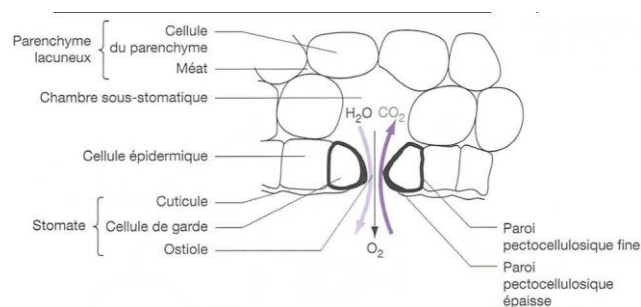


Figure 05 : Coupe transversale au travers d'un stomate.

➤ **Le rhizoderme (L'assise pilifère) et les couches subérifiées qui en dérivent**

On trouve un rhizoderme (parfois simplement appelé épiderme racinaire) à la périphérie des organes racinaires. Il présente localement des cellules différenciées en poils absorbants (dont l'ensemble forme l'assise pilifère) qui augmentent la surface d'échanges avec le milieu souterrain.

Au-dessus de la zone pilifère, le rhizoderme est remplacé par la couche sous-jacente de cellules parenchymateuses qui se subérifie (figure 6) (donc se rigidifie et s'imperméabilise, devenant incapable d'absorption) qui se différencie en assise subéreuse (chez les 'dicotylédones', monocouche) ou subéroïde (chez les Monocotylédones, plusieurs couches). Ces structures limitent la déshydratation et assurent une protection mécanique en milieu souterrain.

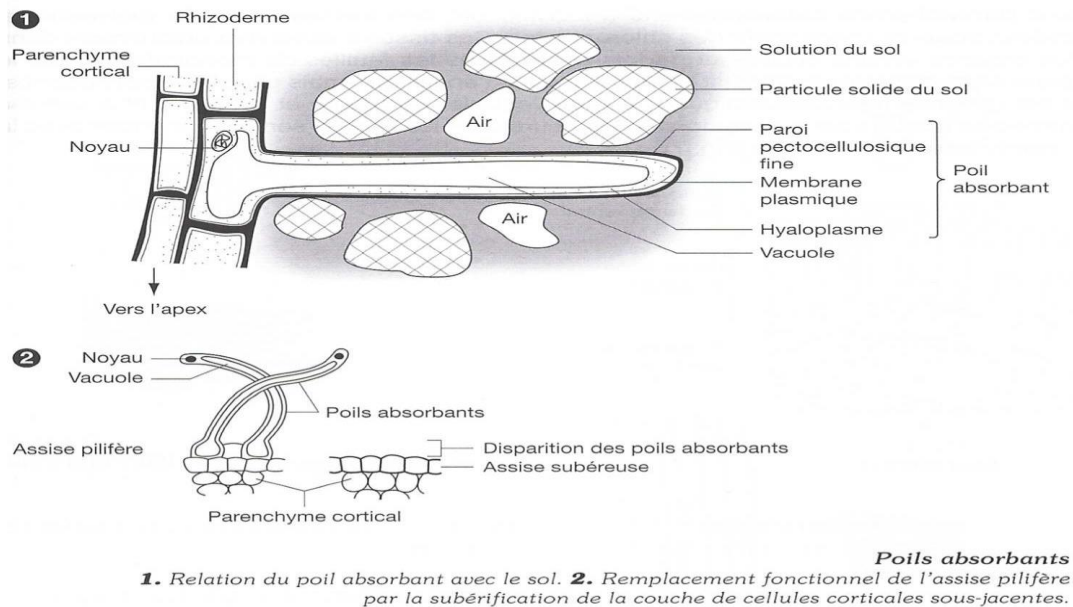


Figure 06 : Le rhizoderme et sa subérification.

➤ **L'endoderme, assise la plus profonde de l'écorce des racines**

On appelle endoderme (figure 7) l'assise la plus profonde du cortex des racines : cette monocouche de cellules comprend un revêtement de subérine (et parfois de lignine) forçant l'eau et les sels minéraux à emprunter la voie symplasmique quand ils atteignent la stèle.

Chez les 'dicotylédones', la subérification est un cadre entourant transversalement les cellules qu'on nomme cadre de Caspary (figure 8).

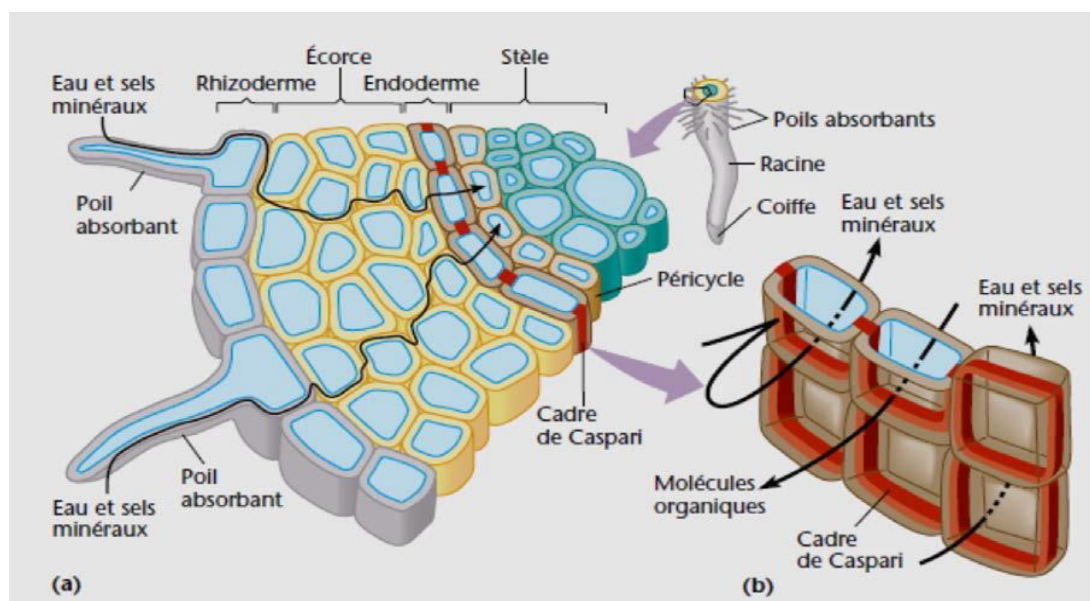


Figure 7 : l'endoderme

(a) L'eau et les sels minéraux peuvent progresser entre les cellules du rhizoderme et de l'écorce mais ils doivent passer à l'intérieur des cellules de l'endoderme à cause de la présence du cadre de Caspari. (b) Le cadre de Caspari oblige l'eau et les minéraux dissous provenant du sol à progresser dans les cellules de l'endoderme au lieu de passer entre elles.

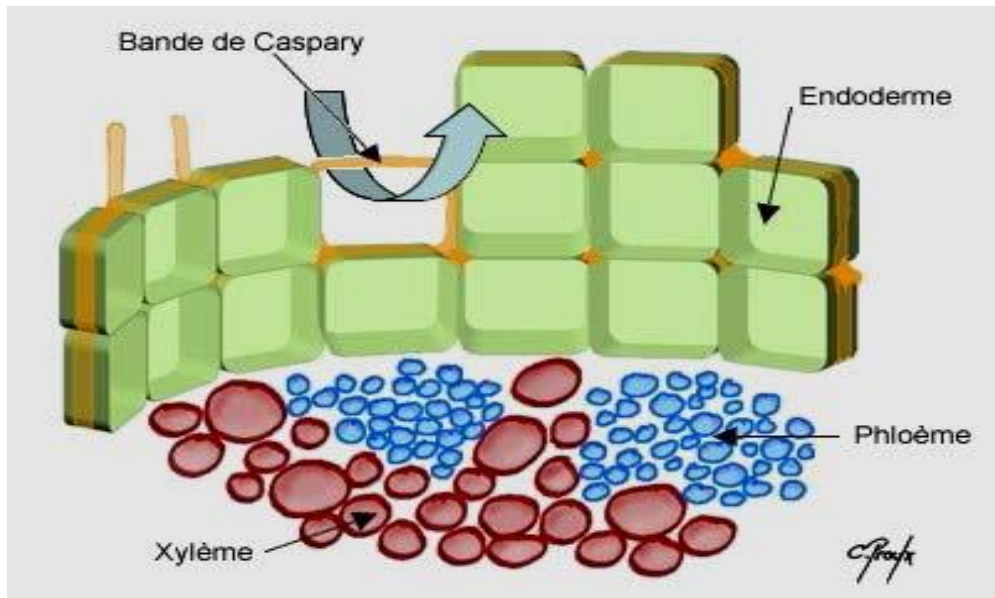


Figure 08 : La bande de Caspari dans l'endoderme

2.1.3. Tissus parenchymateux (tissus de remplissage)

Parenchymes Relativement peu structurés et simples du point de vue cytotologique, ils n'en assurent pas moins des fonctions essentielles à la vie de la plante telles que la photosynthèse et le stockage des réserves. Les cellules parenchymateuses ont une organisation qui est souvent proposée comme exemple « typique », « moyen » de cellule végétale. Chacune est pourvue d'une vacuole qui dépasse 80 % du volume cellulaire. Le noyau et les organites cytoplasmiques habituels (dictyosome, réticulum endoplasmique, etc.) sont présents mais sans caractères particuliers. Des gouttelettes lipidiques et des cristaux protéiques ne sont pas rares dans le hyaloplasme. La densité des ribosomes et des polysomes décroît tandis que le cytoplasme s'hydrate avec l'âge. Les parois des parenchymes sont minces et traversées par de nombreux plasmodesmes. Les échanges gazeux y sont intenses et assurés par un réseau de méats très développé (parenchyme lacuneux ou aerenchyme). Les mitochondries sont nombreuses et pourvues de crêtes abondantes. La spécialisation porte essentiellement sur l'évolution des plastides.

Selon la fonction des parenchymes on distingue plusieurs types :

➤ **Les parenchymes chlorophylliens**

Se trouvent dans les organes aériens – surtout dans le limbe des feuilles. Ils sont pigmentés en vert par d'abondants et volumineux chloroplastes lenticulaires qui sont pourvus d'un système de thylakoïdes d'autant plus abondants que l'organe est bien éclairé. La lumière qui est nécessaire au déroulement de la photosynthèse, l'est aussi à la structuration même du plaste : à l'obscurité le système membranaire ne se forme pas ou disparaît. Dans les tissus vivants, il est aisé de voir que le cytoplasme est le siège d'un mouvement actif (cyclose) qui brasse les organites et les déplace dans tous les territoires cellulaires.

- Dans les feuilles de 'dicotylédones', il est généralement hétérogène : parenchyme palissadique (partie supérieure) + parenchyme lacuneux (partie inférieure, riche en lacunes aérifères) (figure 09)
- Dans les feuilles de Monocotylédones, il est homogène.

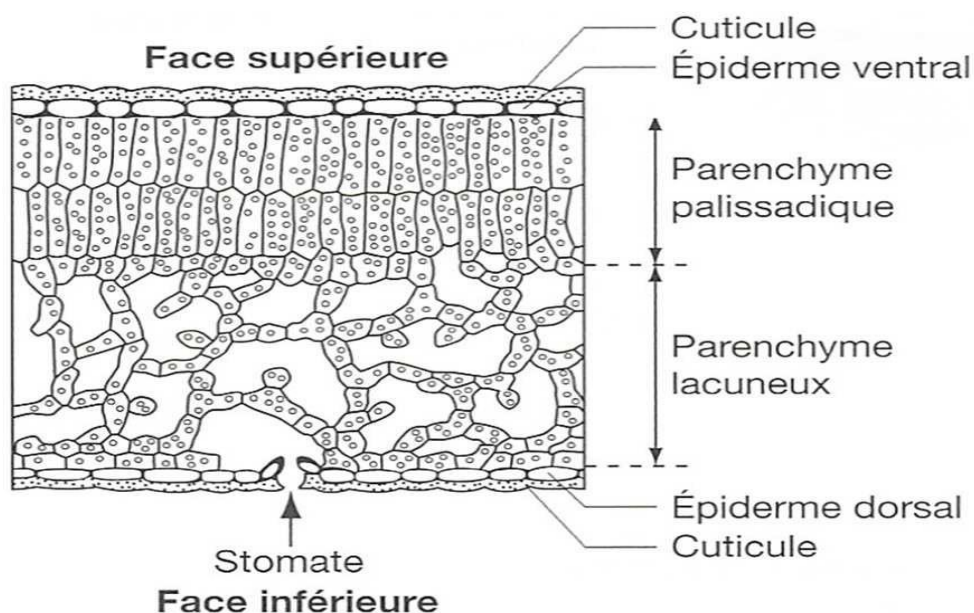


Figure 09 : Coupe de transversale de feuille montrant le parenchyme hétérogène.

➤ **Les parenchymes amylières ou parenchymes de réserves**

Sont abondants dans les organes souterrains (racine, rhizome). La moelle des tiges est en général constituée par un parenchyme amylière. Les plastes ne sont pas pigmentés et leur système membranaire est réduit. Ils élaborent de volumineux grains d'amidon dans leur stroma à partir des produits de la photosynthèse des organes aériens ; ils mobilisent et restituent ces réserves ultérieurement lors des reprises de la végétation. Dans les parenchymes de fruits et de fleurs, les plastes subissent souvent une évolution particulière et accumulent des pigments caroténoïdes (chromoplastes) qui colorent l'organe en jaune ou orange.

Enfin de nombreuses cellules de type parenchymateux sont associées aux tissus conducteurs (parenchymes vasculaires et parenchymes phloémiens). Relativement peu structurées, les cellules de parenchyme apparaissent encore proches de l'état méristématique. Sous l'influence de divers stimulus, ce sont les cellules du corps de la plante adulte qui peuvent le plus facilement modifier leur spécialisation initiale et se transformer en un autre type cellulaire ou entrer en division et revenir à un état indifférencié.

Les parenchymes de réserve permettent le stockage de substances variées dans tout type d'organe (racines, tiges, feuilles, hypocotyles...) :

- Sous forme d'**amyloplast**es (amidon) (figure 10), d'**oléoplast**es (lipides), de **protéoplast**es (protéines) ;
- Sous forme de **grains d'aleurone** (protéine) dans les vacuoles ;
- Sous forme de **gouttelettes lipidiques** en émulsion dans le cytosol ;
- Sous forme de **glucides solubles** (saccharose, inuline...) dans les vacuoles...

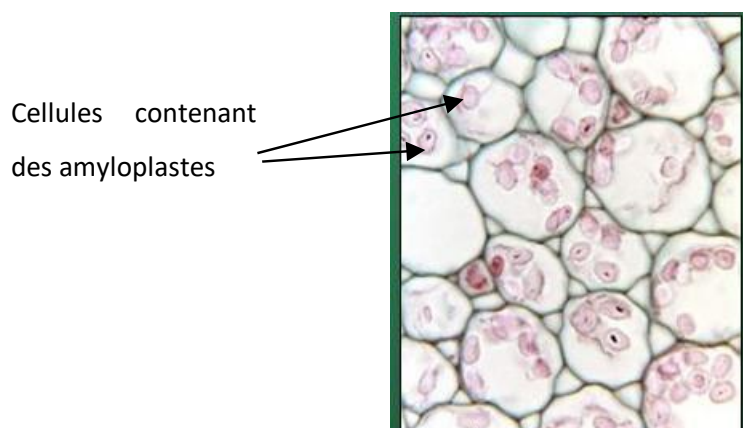


Figure 10 : parenchyme de réserves nutritives (amidon)

- **Les parenchymes aquifères ou aquenchymes** qui présentent des vacuoles riches en mucilages retenant l'eau (adaptation aux milieux arides chez les plantes grasses ou malacophytes) (figure11).
- **Les parenchymes aérifères ou aérénchymes** qui comprennent de larges espaces intercellulaires remplis d'air et qui assurent la flottaison – les échanges gazeux – chez les plantes aquatiques submergées (figure11).

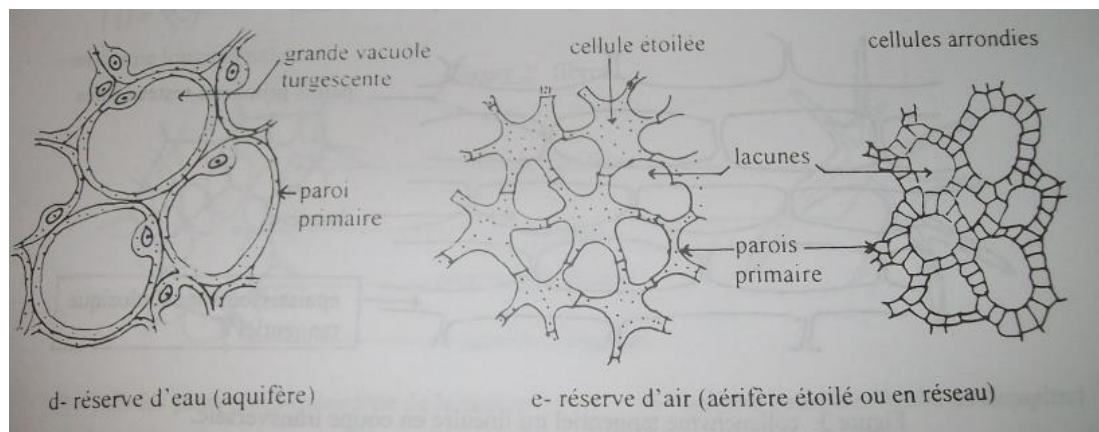


Figure 11: Parenchyme aérifère et aquifère

2.1.4. **Les tissus de soutien**

Les tissus de soutien assurent la consolidation des édifices tissulaires ; leurs parois sont fortement épaissies (figure 12). Ces tissus dérivent de parenchymes.

➤ **Le collenchyme**

Le collenchyme est un tissu de soutien formé de cellules vivantes à paroi pectocellulosique secondaire épaisse (plusieurs couches de cellulose) (figure 12). Les cellules du collenchyme sont souvent allongées et étroitement associées entre elles. Il existe des plasmodesmes.

On trouve souvent les collenchymes sous l'épiderme sous forme de massifs ou de couronnes. Certains collenchymes permettent une relative souplesse voire peuvent encore subir un peu d'élongation cellulaire si la paroi n'est pas trop épaissie.

On distingue différents types de collenchyme en fonction de l'épaississement de la paroi cellulaire:

a- le collenchyme annulaire, dont les dépôts de cellulose de la paroi sont uniformes.

b- le collenchyme angulaire, où l'épaississement cellulosique est concentré au niveau des angles de la paroi.

c- le collenchyme tangentiel ou lamellaire, où seules les parois tangentielles, c'est-à-dire parallèles à la surface externe, sont épaissies. Ce type de collenchyme se retrouve dans l'écorce des tiges.

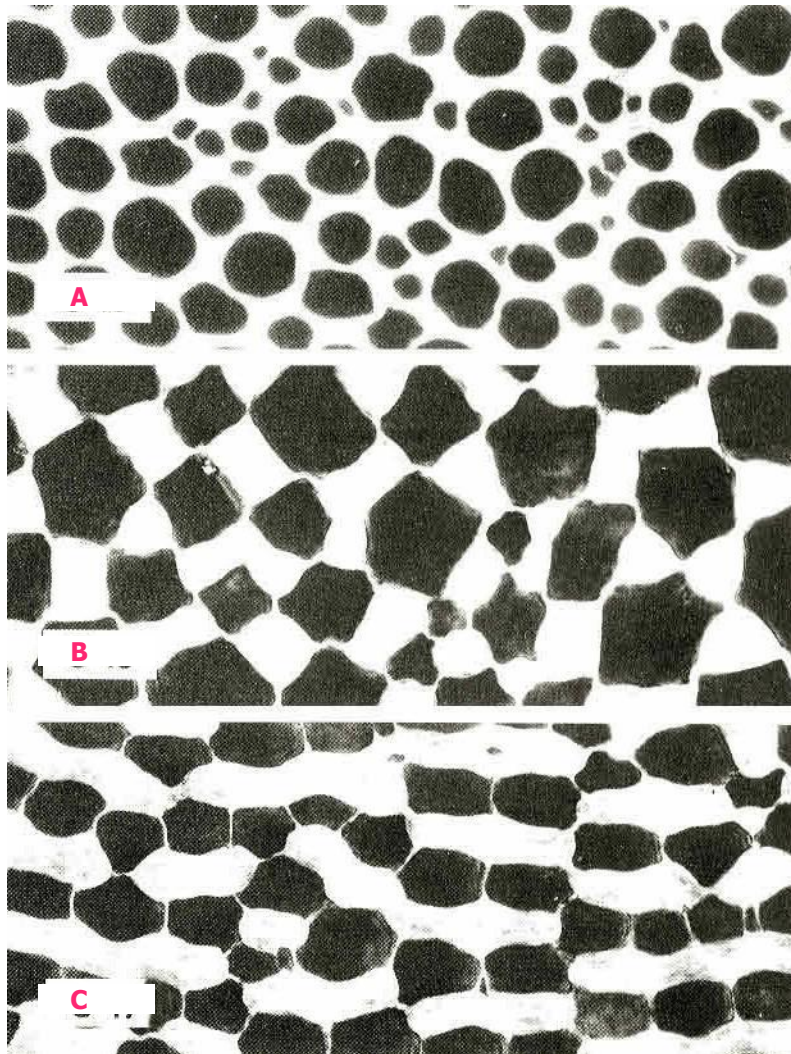


Figure 12 : Forme spécifique d'épaississement de la paroi : A :collenchyme annulaire ou rond ; B : collenchyme angulaire; C : collenchyme tangentiel.

➤ Le sclérenchyme

Le sclérenchyme est un tissu de soutien dont les parois sont imprégnées de lignine et dont les cellules sont mortes (formant des fibres plus ou moins allongées longitudinalement) (figure 13).

On trouve le sclérenchyme dans les parties de la plante ne subissant plus d'élongation.

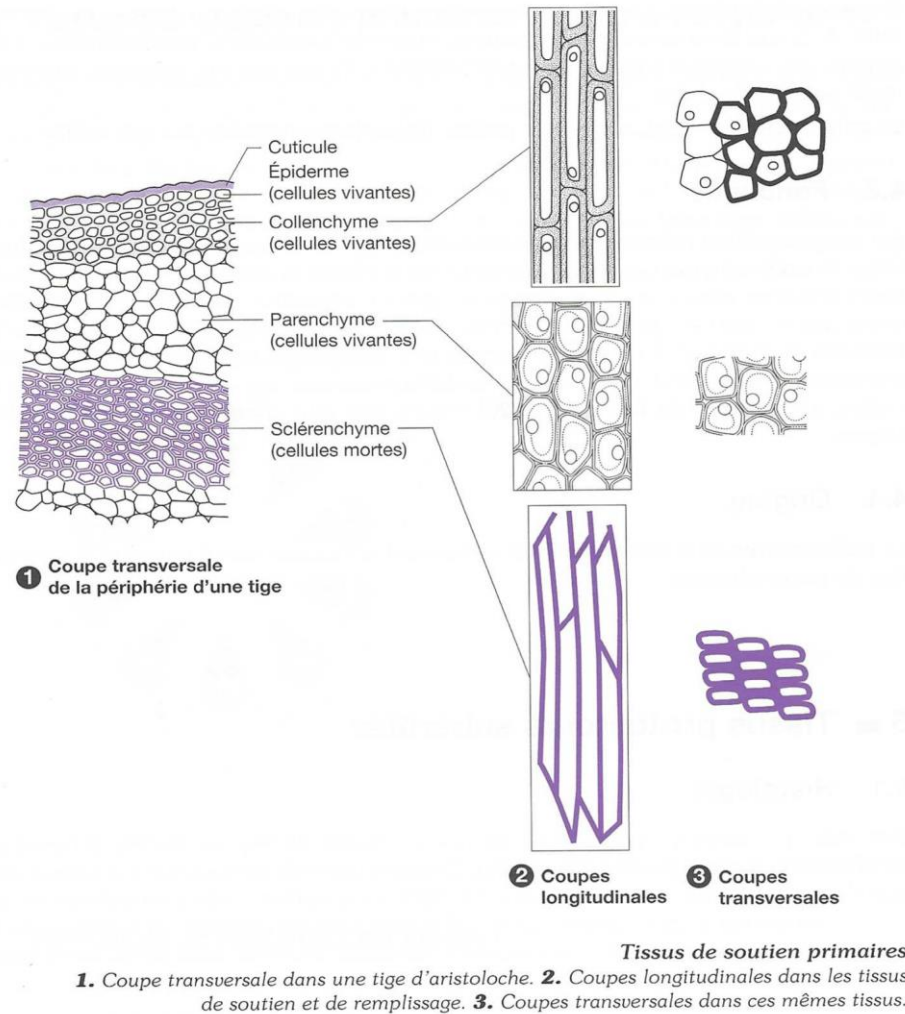


Figure 13. Collenchyme et sclérenchyme.

2.1.5. Tissus conducteurs

Le xylème et le phloème sont étroitement associés des points de vue ontogénique, anatomique et physiologique ; ils forment le système vasculaire qui assure les corrélations entre les différentes parties de la plante (figure 14).

Les tissus conducteurs assurent la conduction des sèves (sève brute pour le xylème et sève élaborée pour le phloème). Ils sont regroupés en unités structurales et fonctionnelles qu'on appelle faisceaux conducteurs ou faisceaux cribro-vasculaires.

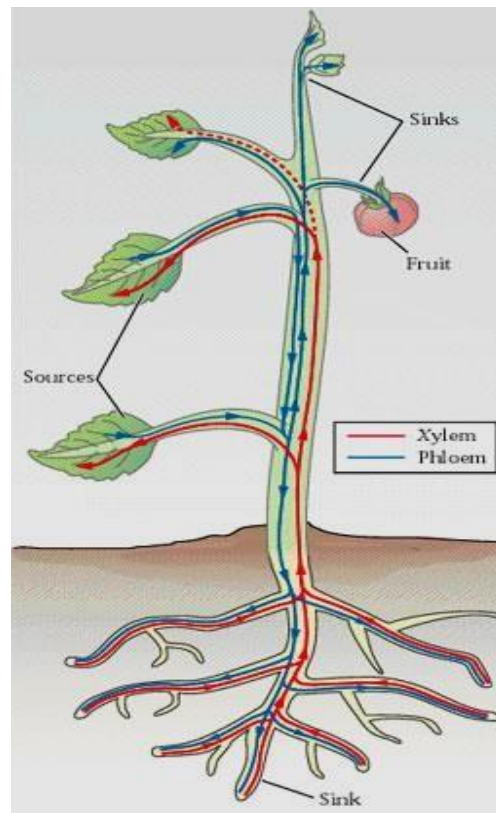


Figure 14 : le sens de la sève dans le xylème et le phloème

Xylème primaire

Cytologie du xylème primaire

Le xylème primaire comprend principalement deux types de cellules qui constituent les éléments conducteurs sont des cellules mortes, allongées, à paroi secondaire portant des épaisissements de lignine plus ou moins importants. On peut distinguer deux types d'éléments de vaisseaux (figure 15):

Les vaisseaux parfaits (= trachées = éléments de vaisseaux = vaisseaux tout court) qui présentent des zones sans lignine qu'on appelle ponctuations et ne présentent quasiment plus de parois transverses (présence de perforations), ce qui assure une continuité des cellules situées les unes au-dessus des autres, pour former une sorte de tube qui constitue un excellent canal conducteur permettant la circulation de la sève brute, pouvant avoir plusieurs mètres de longueur et au moins 30 mm de diamètre. Les parois des vaisseaux sont renforcées par des

épaississements souvent de forme spiralée

Les « vaisseaux » imparfaits ou trachéides Les trachéides ressemblent aux vaisseaux mais sont constituées par une cellule unique et dotée d'une paroi transversale. Elles sont beaucoup plus courtes que les trachées puisqu'elles ne dépassent pas 0,3 à 10 mm de long même si leur diamètre est identique. Une fois mises en place, trachées et trachéides perdent leur noyau et leur contenu cellulaire normal. Ce sont des cellules mortes, incapables d'évoluer ou de se transformer.

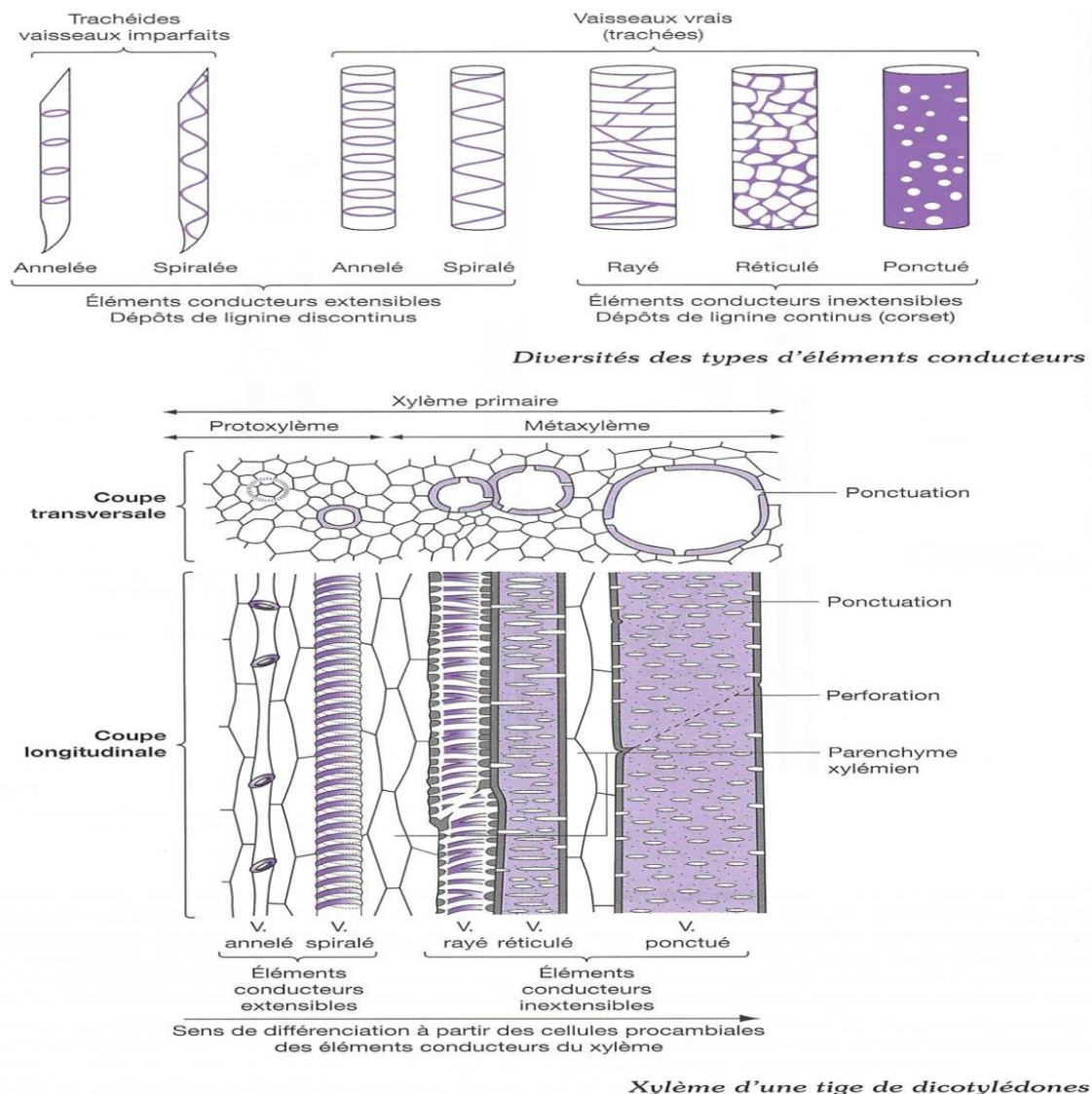


Figure 15. Diversité des vaisseaux vrais et trachéides.

Cytologie du phloème primaire

Le phloème primaire comprend principalement deux types de cellules (figure 16):

- Les cellules criblées : cellules dont l'enchaînement vertical forme les tubes criblés. Il s'agit de cellules vivantes, allongées, de petite taille (longueur jusqu'à 1 mm pour 0,01 mm de diamètre) et dont la paroi pectocellulosique est percée de petites perforations nommées ponctuations, rassemblées en cribles transversalement (notez que de la callose les obstrue à la mauvaise saison). Bien que vivantes, ces cellules n'ont pas de noyau ni de vacuole en fin de différenciation (mais on trouve quelques plastes et mitochondries modifiés, ainsi que du REL).
- Les cellules compagnes : cellules vivantes à noyau, à organites « classiques », fines et allongées associées à chaque cellule criblée qui participent à la fourniture d'énergie à la cellule criblée mais aussi (et surtout) à la charge ou la décharge du phloème.

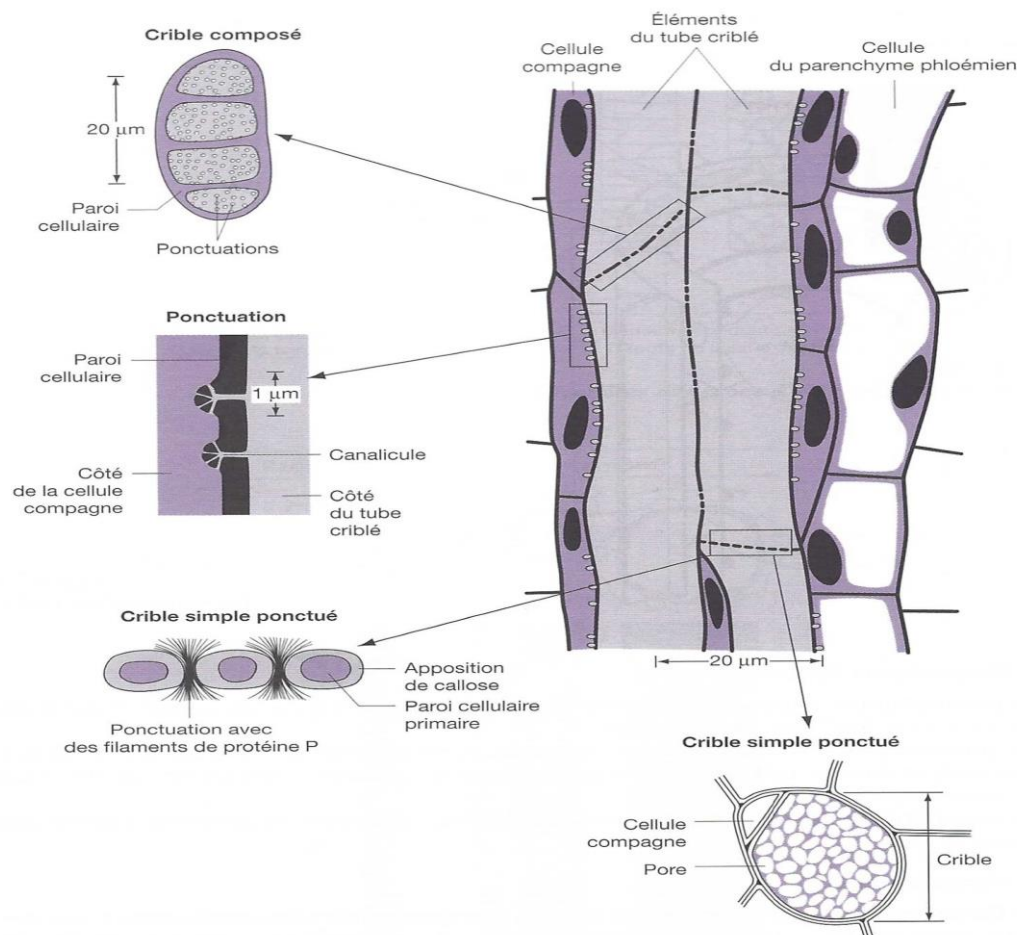


Figure 16 : les éléments du phloème

2.1.6. Tissus de sécrétion

Ils correspondent à des canaux ou poils sécréteurs, cellules sécrétrices qui se différencient à partir des protodermes (figure 17), poches ou parenchymes de stockage, ils sont très variés aussi bien dans la forme que dans le mode de libération et peuvent se localiser dans tous les tissus. Certaines cellules isolées dans le parenchyme ou groupées en poches ou en tubes synthétisent des substances. Elles peuvent soit stocker les produits, soit les sécréter dans des organes végétaux, comme les essences volatiles, qui produisent les parfums de certaines plantes (pétales de rose, thym, romarin, etc.)

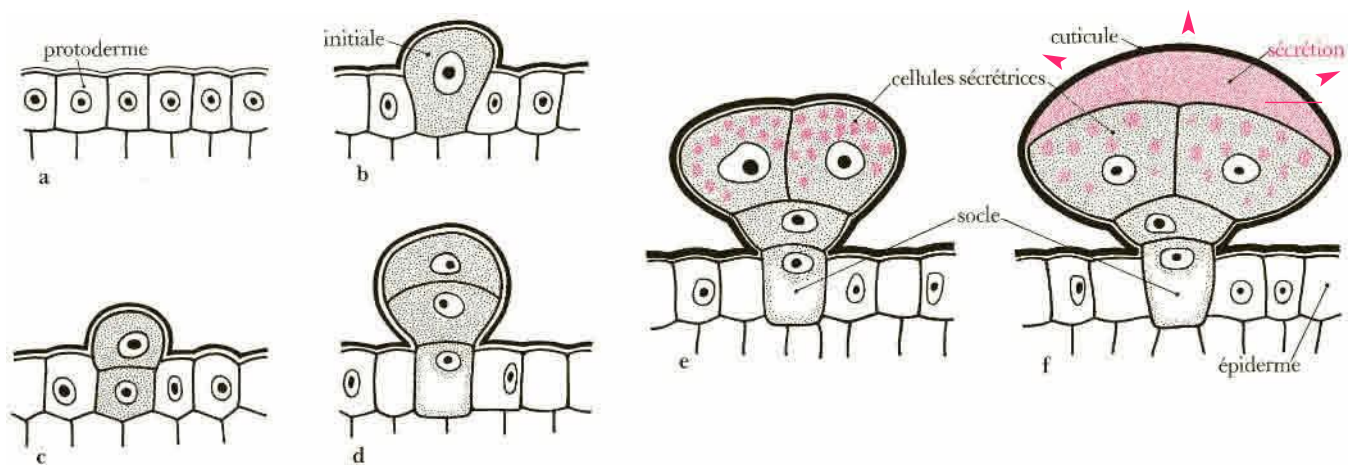


Figure 17 : Différenciation de poils glandulaires à la surface d'un épiderme.

Feuille de lamier.

Tableau 5.2 - Les différents types de tissus primaires .

Tissus	Types de cellules	Forme des cellules	Paroi	Localisation
PARENCHYMES <i>Ce sont les tissus fondamentaux. Ils sont le siège de toutes les fonctions de synthèse.</i>				
Chlorenchyme	Cellules vivantes	Cellules isodiamétriques ou allongées	Paroi peu différenciée nombreux méats	Intérieur des feuilles
Parenchyme de réserve				Racines, tubercules...
Parenchyme aquifère				Plantes succulentes
TISSUS DE REVÊTEMENT <i>Ils isolent les parenchymes du milieu extérieur.</i>				
Épiderme	Vivantes, peu différenciées	Une seule assise	Paroi externe épaissie	Sur les organes aériens
Rhizoderme		Poils absorbants	Paroi mince	Assise pilifère de la racine
TISSUS CONDUCTEURS				
Le xylème <i>assure la circulation de la sève brute.</i>				
Trachées (vaisseaux)	Mortes en fin de différenciation	Un vaisseau est constitué de cellules assez courtes disposées bout à bout et parallèles entre elles	Paroi primaire rigide. La secondaire est constituée d'anneaux spiralés. Perforations sur les cotés	Localisation profonde
Trachéides		Chaque trachéide est constituée de cellules allongées et parallèles. Les extrémités sont en biseau	Paroi rigide mais peu épaisse. Paroi secondaire constituée d'anneaux et de spires, ponctuations sur les parois	

Tableau 5.2 - Les différents types de tissus primaires (suite).

Tissus	Types de cellules	Forme des cellules	Paroi	Localisation
TISSUS CONDUCTEURS (SUITE)				
Le phloème <i>assure la circulation de la sève élaborée.</i>				
Tubes criblés	Vivantes, sans noyau quand différenciées	Cellules allongées, dans le sens longitudinal. Aux parois obliques. Placées bout à bout	Parois épaisses pectocellulosiques. Les parois transversales sont criblées de pores	Localisation profonde
Cellules compagnes	Vivantes	Une cellule étroite allongée le long du tube criblé	Parois cellulosiques, non criblées	
TISSUS DE SOUTIEN				
Collenchyme	Vivantes, plastes peu différenciés	Cellules, recloisonnées pourvues d'un noyau	Paroi primaire épaissie, cellulosique	À la périphérie des parties aériennes
Fibres libériennes	Mortes	Cellules très allongées	Paroi épaisse, ponctuations	À côté des tubes criblés
Fibres ligneuses	Mortes	Cellules très allongées	Paroi épaisse, ponctuations peu nombreuses	À côté des vaisseaux
Fibres cellulosiques	Vivantes	Jusqu'à 50 cm de longueur	Se distinguent du collenchyme par la présence d'une paroi secondaire	Fibres à côté du phloème
Sclérenchyme	Mortes	Grand allongement parallèle à l'axe de l'organe. Plusieurs cm de longueur	Paroi lignifiée, épaisse	Se développent dans les organes dont l'allongement est terminé
TISSUS DE SÉCRÉTION				
Cellules isolées	Vivantes, accumulent dans les vacuoles les produits élaborés	Isodiamétriques	Paroi pecto-cellulosique	Parenchymes corticaux de tiges, parenchymes foliaires
Canaux excréteurs	Vivantes, excrètent les produits élaborés dans des poches et des canaux		Paroi cellulosique	

2.2. Les tissus secondaires

Les tissus secondaires se trouvent dans les racines ou tiges de 'dicotylédones' présentant une lignification mais se rencontrent aussi dans leurs feuilles. Ces structures assurent notamment la croissance en épaisseur des organes

2.2.1. Les Méristèmes secondaires

Ce sont des méristèmes permettant l'épaississement des organes particulièrement importants chez les espèces ligneuses. Leurs cellules sont généralement rectangulaires, avec une vacuole importante.

Dans les plantes on trouve deux méristèmes secondaires qui se différencient tardivement.

- La zone génératrice libéro-ligneuse, ou cambium, responsable de la formation du xylème secondaire (le bois) et du phloème secondaire (le liber).

Ce méristème se met en place initialement entre le xylème primaire et le phloème primaire: il est vraiment actif lorsqu'il produit du xylème secondaire ou bois centripète (vers l'intérieur) et du phloème secondaire ou liber centrifuge (vers l'extérieur). On le repère alors entre ces deux tissus grâce à ses cellules basiquement rectangulaires alignées en files régulières (souvent plusieurs couches) à paroi cellulosique fine. Ce sont des cellules vivantes évidemment non différenciées

- Le phellogène ou assise subéro-phellodermique, assise générant les tissus protecteurs secondaires (périderme)

Le phellogène ou assise subéro-phellodermique se forme grâce à la dédifférenciation (= retour des cellules à un état indifférencié) de cellules du parenchyme cortical ou de collenchyme. C'est une assise de cellules à paroi cellulosique fine de forme proche des cellules cambiales libéro-ligneuses (cellules basiquement rectangulaires alignées en files régulières) situé en position corticale de l'organe.

Le phellogène permet de produire des enveloppes protectrices externes aux tiges ou racines s'épaississant : le phellogène produit du liège (= suber) vers l'extérieur et du phelloderme vers l'intérieur. L'ensemble du phellogène et des deux tissus qui en dérivent forme le périderme.

Tableau 02 – Les caractéristiques des méristèmes secondaires.

Localisation	Dans les parties âgées des tiges et des racines
Rôles	Assurent la croissance en épaisseur
Cellules	Grandes, allongées et aplaties radialement
Noyau	Fusifforme, petit, appliqué contre la paroi
Cytoplasme	Peu important
Vacuoles	Une ou deux grandes vacuoles
Paroi	Paroi pecto-cellulosique
Plastes	Plastes non différenciés, proplastes
Inclusions lipidiques	Peu nombreuses

2.2.2. Les tissus conducteurs secondaires

Chez les plantes ligneuses, entre le xylème primaire et le phloème primaire, se met en place une zone de cellules peu différenciées à divisions actives. Cette zone génératrice appelée cambium libéroligneux produit des cellules qui se différencient pour donner les tissus conducteurs secondaires qui sont le xylème secondaire (le bois, d'où le qualificatif ligneux) et le phloème secondaire (ou liber). Ces tissus secondaires vont se développer et permettre la croissance en épaisseur du végétal. Ils prennent beaucoup d'importance. Ils remplacent petit à petit le xylème et le phloème primaires, ils vont assurer le transport de la sève et auront un rôle de soutien du végétal (le tronc de l'arbre)

- **Le xylème secondaire (bois)** Il se développe vers l'intérieur. Il a une croissance rythmique centripète, synchronisée avec les saisons. Il forme donc des couches annuelles.
- **Le phloème secondaire (liber)** Il est disposé vers l'extérieur. Sa formation, centrifuge, est rythmique et donne des couches concentriques minces de cellules aplaties. Elles ressemblent à des feuilles d'un livre, d'où le nom de liber (= livre).

2.2.3. Les tissus protecteurs secondaires

Ils proviennent du phellogène (=assise subérophellodermique), il produit le liège (suber) vers l'extérieur et le phelloderme vers l'intérieur. 3.1. Le suber Le suber (ou liège) est le deuxième tissu de remplacement des cellules épidermiques ; il peut également remplacer l'assise pilifère. En effet le suber n'est jamais présent dès le départ, mais apparaît au niveau d'organe

subissant une croissance en épaisseur ; sur les tiges et les racines. La formation du suber nécessite la subérification des cellules qui le constitue, (la cellulose s'imprègne de subérine ceci induisant leur mort). 3.2. Le périoderme L'épiderme disparaît quand les tissus secondaires apparaissent. Il y a donc un nouveau tissu de surface = le périoderme. Le périoderme se compose de 3 parties (le phelloderme + le phellogène + le liège) Tout d'abord, le phellogène apparaît. C'est le lieu de naissance des tissus secondaires qui remplaceront les tissus épidermiques de la croissance primaire. Le phellogène se développe vers les deux sens : vers l'extérieur pour donner le liège et vers l'intérieur pour donner le phelloderme.

3. ANATOMIE DES ORGANES VEGETAUX

3.1. La structure de la racine

La racine présente une symétrie axiale et une structure bien définie qu'il est facile de reconnaître.

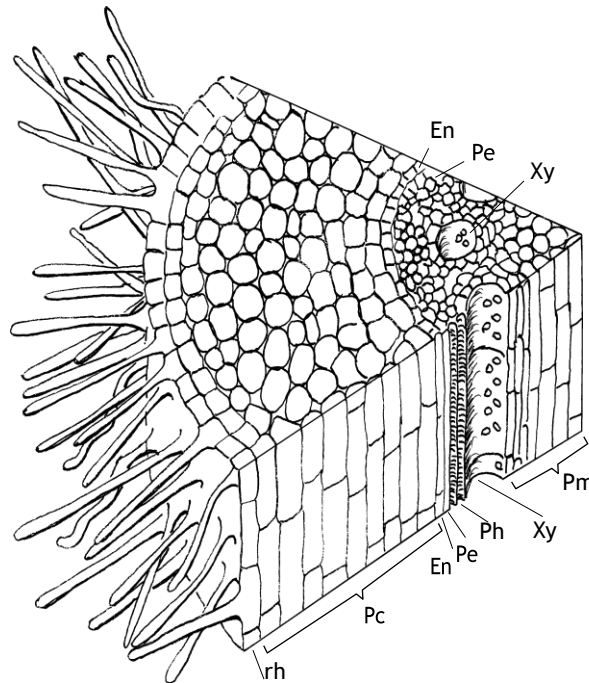


Figure 18 : structure de la racine

rh, rhizoderme ; Pc, parenchyme cortical ; En, endoderme ; Pe, péricycle ; Xy, xylème ; Ph, phloème ; Pm, parenchyme médullaire.

- Les poils absorbants sont les prolongements des cellules du rhizoderme. Chaque poil absorbant (on dit aussi trichoblaste, ou simplement poil racinaire) est constitué d'une seule cellule très allongée à grande vacuole, dont les parois permettent l'absorption de l'eau et des sels minéraux. La présence de ces nombreux poils permet d'augmenter considérablement la surface d'absorption de la racine. Ces poils absorbants ont une vie transitoire correspondant à la croissance de la racine et meurent très vite. Ils sont remplacés par d'autres au fur et à mesure de la croissance de la racine, ce qui fait que la zone pilifère est globalement toujours de la même taille. Ils ont un diamètre de 12 à 15 micromètres de diamètre et de 1 à plusieurs

millimètres de long. Il peut y avoir jusqu'à 2 000 poils par cm² de surface racinaire. Cependant ces poils ne se trouvent pas chez toutes les plantes ; par exemple, chez le cocotier, *Cocos nucifera* de la famille des Palmaceae, les radicelles sont dépourvues de poils absorbants.

- Le parenchyme cortical est formé de cellules laissant entre elles d'importants méats. Il est constitué de cellules jointives parallélépipédiques, allongées dans le sens de l'axe de la racine. À la paroi cellulosique s'ajoute un cadre subérifié, sur quatre des six faces du parallélépipède. 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. La région la plus interne du cylindre cortical est l'endoderme, qui constitue un anneau unistratifié. Les cellules sont en forme de parallélépipède dont les parois axiales sont minces mais dont les parois radiales possèdent un épaissement formant les bandes de Caspary constituées de ligno- subérine, imperméable à l'eau.

- Le cylindre central est limité par une couche mince de parenchyme, aux cellules jointives et aux parois minces, le péricycle. Plus au centre, des vaisseaux de 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 le tissu conducteur de la racine. C'est dans ce tissu que circulent la sève brute (dans le xylème) et la sève élaborée (dans le phloème). La partie centrale est un parenchyme médullaire en partie remplacé par des cellules mortes de sclérenchyme. Les cellules du xylème ont des tailles différentes selon leur emplacement dans le cylindre central. Près du péricycle, elles sont jeunes et petites. Vers le centre, elles sont grandes et âgées. La différenciation du xylème est centripète. Les cellules formées le plus tôt sont repoussées vers l'intérieur de la racine. Même si ceci est moins visible, il en est de même pour le phloème.

3.2. La structure de la tige

La tige représente l'armature de la partie aérienne de la plante. Chez la renoncule âcre (*Ranunculus acris* L., *Ranunculaceae*) (figure 19) la coupe transversale d'une tige jeune présente plusieurs zones.

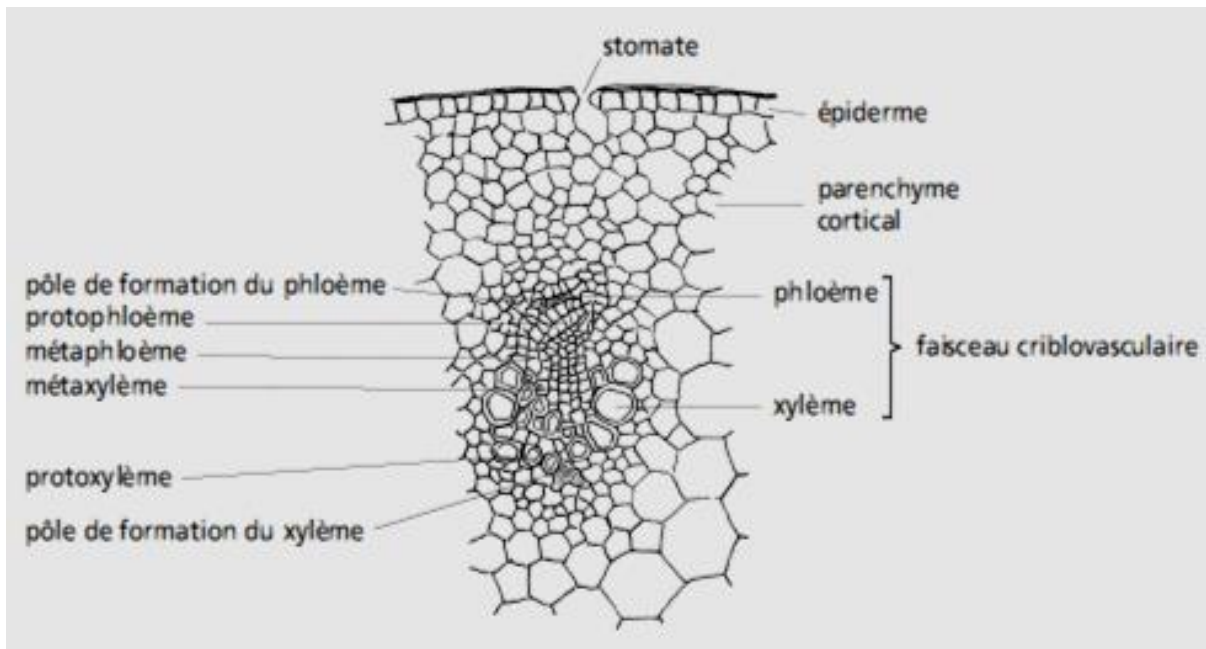


Figure 19 : schéma d'une partie d'une coupe transversale dans une tige.

- L'**épiderme**, constitué d'une couche de cellules juxtaposées. Leur paroi est peu épaisse et elles ne contiennent pas de chloroplaste.
- 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 en amas superposés de xylème et de phloème. Le xylème, vers le centre de la tige, est coiffé, vers l'extérieur, par le phloème. Ce sont les faisceaux criblovasculaires (parfois encore appelés faisceaux libéro- ligneux).

Les diamètres des cellules de xylème ne sont pas identiques. Ils diminuent au fur et à mesure que l'on se rapproche du centre. Les plus anciens, constituant le protoxylème (de *protos* = premier), sont repoussés vers l'extérieur du faisceau. Leur différenciation est centrifuge. Les vaisseaux plus récents du xylème, formant le métaxylème (le préfixe méta indique une succession), sont vers le centre. Les caractères de ces deux cellules de xylème sont différents.

Tableau 03 – Caractères du protoxylème et du métaxylème.

Protoxylème	Métaxylème
Apparaît quand la tige est en croissance	Apparaît quand la croissance de la tige est terminée
Premier formé	Succède au protoxylème
Trachéides annelées et spiralées	Éléments réticulés
Éléments souvent écrasés	Éléments persistants

Le phloème lui non plus n'est pas homogène, même si les différences entre les cellules sont moins marquées. Il est possible de distinguer du protophloème et du métaphloème. La différenciation du phloème est centripète ; le protophloème apparaît sur la face externe du faisceau et ses tubes criblés, comme ceux du métaphloème, se différencient régulièrement de la périphérie vers le centre. Cependant les premiers mis en place précocement sont étirés, écrasés et finalement résorbés. À l'inverse les seconds apparus plus tardivement persistent beaucoup plus longtemps.

Ces observations correspondent à une tige jeune de Dicotylédone (figure 20,4). Mais très rapidement des formations secondaires vont apparaître et compliquer ces structures (figure 20,6). Chez les Monocotylédones, où il n'y a pas de formations secondaires ces structures sont définitives (figure 20,2). On retrouve donc de l'extérieur vers l'intérieur : l'épiderme, un parenchyme où il est impossible de séparer le cylindre central du parenchyme cortical, plusieurs cercles concentriques de faisceaux criblovasculaires, un anneau de sclérenchyme qui entoure le cercle externe des faisceaux ; une zone centrale souvent lignifiée.

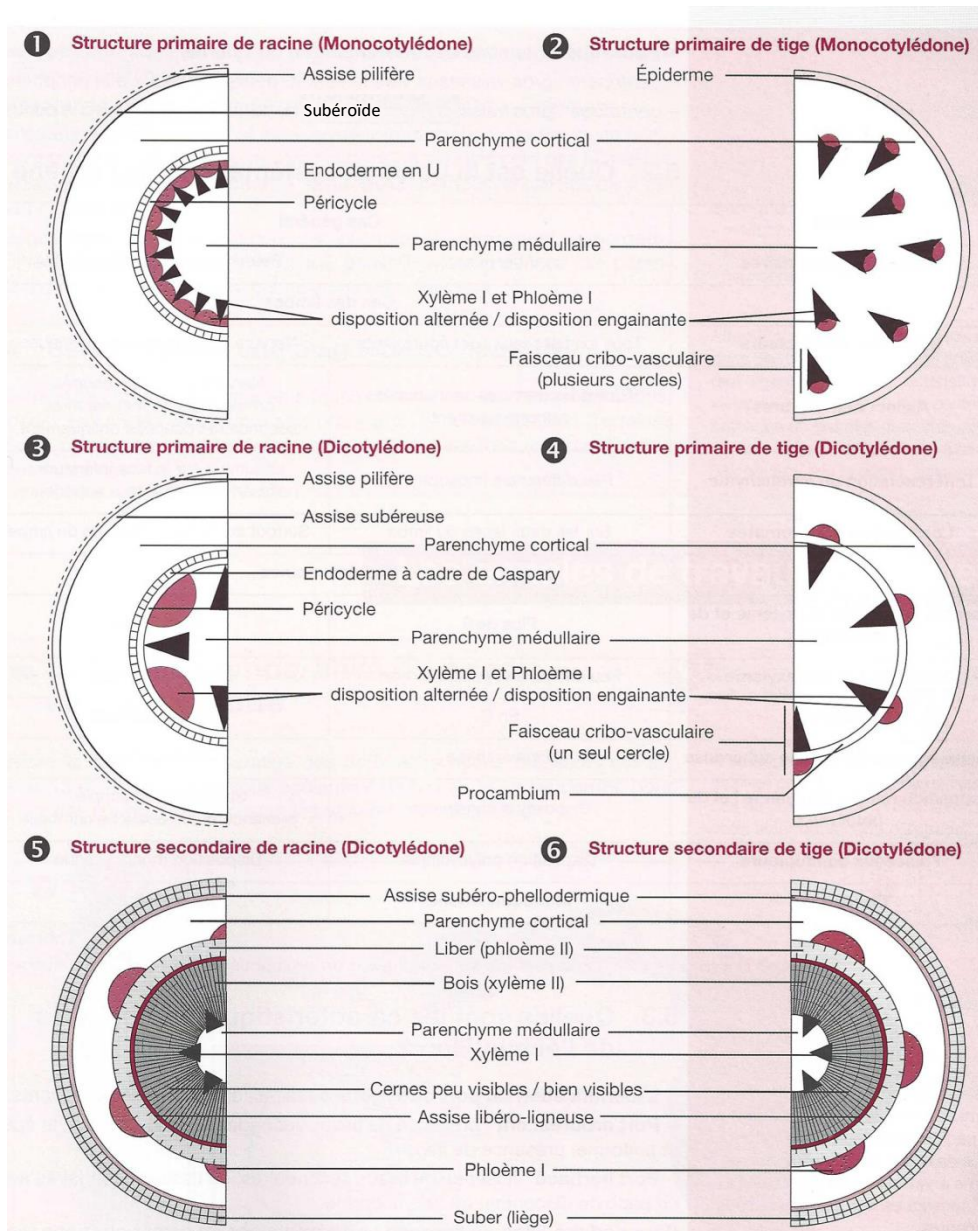


Figure 20 : Représentation en figuré des différences structurales entre la racine et la tige des monocotylédones et des dicotylédones.

3.3. La structure de la feuille

Une étude de la structure d'un limbe foliaire de houx (*Ilex aquifolium* L. *Aquifoliaceae*) montre tout d'abord un parenchyme chlorophyllien très important. C'est là en effet que se déroule la photosynthèse.

De la face supérieure à la face inférieure (figure 21), on distingue plusieurs couches.

- Un épiderme supérieur fait de cellules, sans chloroplaste, régulièrement disposées les unes à côté des autres. L'épiderme est doublé extérieurement d'une fine cuticule.
- Une couche d'une ou plusieurs rangées de hautes cellules, abondamment remplies de chloroplastes. Les anatomistes, lui ont donné le nom de **parenchyme palissadique**.
- Une couche de **parenchyme lacuneux**, constitué de cellules moins régulières, peu jointives et laissant entre elles d'importantes lacunes. Ces cellules sont plus pauvres en chloroplastes, surtout vers le centre de la feuille.
- Des 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. Des formations secondaires apparaîtront rapidement.

Par rapport aux Dicotylédones, les Monocotylédones comme les *Poaceae* (le blé, le maïs...), les *Liliaceae* (le lis...), les *Plantaginaceae* (le plantain...) présentent des différences de structures qu'il faut noter.

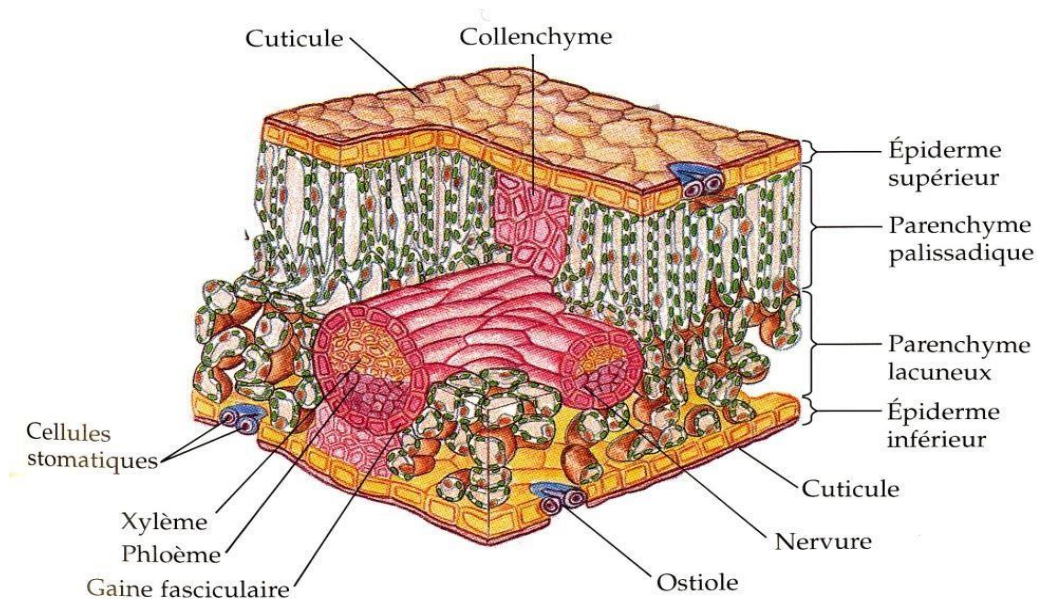


Figure 21 : la structure de la feuille

Les structures décrites pour la racine, la tige et la feuille ne sont pas immuables. Quand on observe une coupe, on voit des structures qui correspondent à des zones précises et à un âge donné de la plante. Il faut imaginer que toutes ces structures s'organisent dans l'espace au cours du développement.

On ne peut opposer, la disposition alterne de la tige et la disposition superposée de la feuille. L'organisation fondamentale de ces organes est la même mais la disposition spatiale de leurs vaisseaux conducteurs évolue différemment selon l'emplacement dans la plante, surtout qu'il n'y a pas continuité, mais juxtaposition, des vaisseaux des racines vers les tiges et les feuilles.

Tableau 04 – Différences structurales entre les feuilles de Monocotylédones et de Dicotylédones.

Monocotylédones	Dicotylédones
LIMBE À SYMÉTRIE BILATÉRALE	
ÉPIDERME	
Peu ou pas de stomates sur la face inférieure	Stomates répartis généralement sur les 2 faces
PARENCHYME CHLOROPHYLLIEN Cellules isodiamétriques, peu chlorophylliennes, sans méats. Présence fréquente de collenchyme et de sclérenchyme	
homogène	hétérogène – parenchyme palissadique – parenchyme lacuneux
TISSUS CONDUCTEURS Un ou plusieurs faisceaux criblovasculaires	
Faisceaux criblovasculaires Xylème et phloème superposés Xylème vers la face ventrale de la feuille Phloème vers la face dorsale de la feuille	
Nervures parallèles constituées d'un faisceau unique, très souvent uni à l'épiderme dorsal par les bandes des fibres sclérifiées.	Nervures ramifiées constituées d'un ou plusieurs faisceaux de xylème interne et de phloème externe, entourés de tissus de soutien
PÉTIOLE À SYMÉTRIE BILATÉRALE	
ÉPIDERME Cutinisé, stomatifère	

4. MORPHOLOGIE DES VEGETAUX SUPERIEURS ET ADAPTATION

Les végétaux supérieurs se ramènent à l'organisation générale présentée sur la figure 22

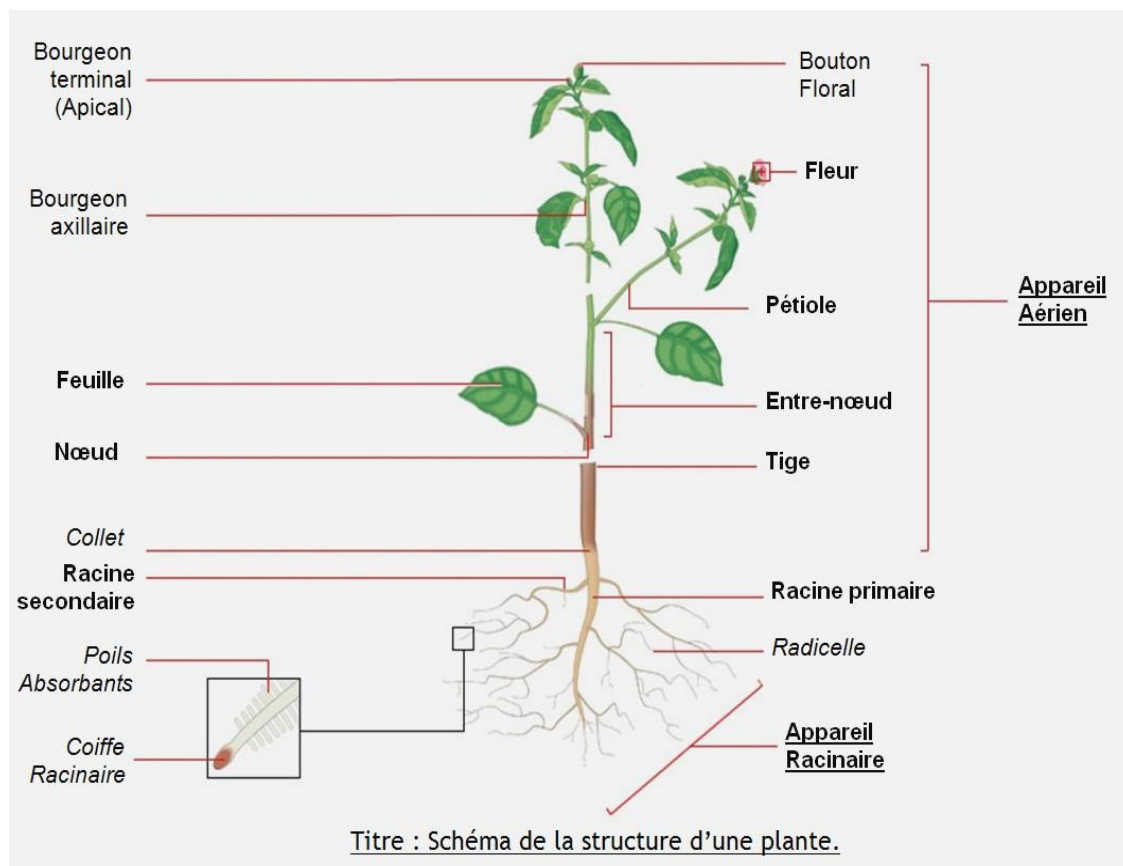


Figure 22 : structure de la plante

4.1. Morphologie de la racine

La racine se présente généralement comme la prolongation sous-terrainne de la partie basale de la tige, elle joue plusieurs rôles ; Le rôle de fixation dans le sol (encrage), un rôle d'absorption de l'eau et des sels minéraux (poils absorbants) ces derniers sont à l'origine de la sève brute ou sève minérale ou sève ascendante. Un rôle de stockage de réserves nutritives et un rôle de conduction (transport) vers la partie aérienne.

Elles croissent généralement vers le bas (géotropisme positif) et fuient la lumière (lucifuges).

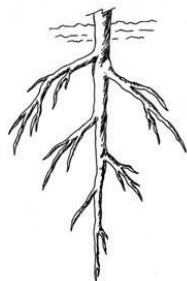
On peut distinguer :

- Une racine principale appelée pivot : elle s'enfonce droit dans le sol et ses proportions sont différentes selon l'espèce et le milieu.
- Les racinelles : les ramifications les plus fines qui se développent à partir des racines secondaires.

4.1.1. Les différents types de racines

➤ Les racines pivotantes

La racine principale est beaucoup plus importante que les racines secondaires. Ce système racinaire caractérise les dicotylédones.



Racine Pivotante classique



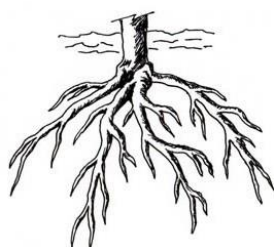
Racine pivotante tubérisée

Figure 23 : Racine pivotante classique

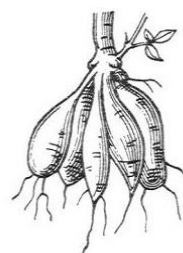
Figure 24 : Racine pivotante tubérisée

➤ Les racines fasciculées

Ce système racinaire est formé d'un fin chevelu de racines entre lesquelles il est impossible de distinguer la racine principale des racines secondaires. Les plantes qui possèdent ce système racinaire sont des monocotylédones ex : les graminées



Racine Fasciculée classique



Racine fasciculée tubérisée

Figure 25 : Racine fasciculée classique

figure 26 : Racine fasciculée tubérisée

➤ Les racines adventives

Elles peuvent se former ailleurs qu'à la base de la tige, par exemple sur les entre-nœuds des tiges rampantes. Exemple : Stolon de fraisier, parfois sur les tiges souterraines : Iris, chiendent, ou sur les tiges grimpantes, par exemple le lierre.

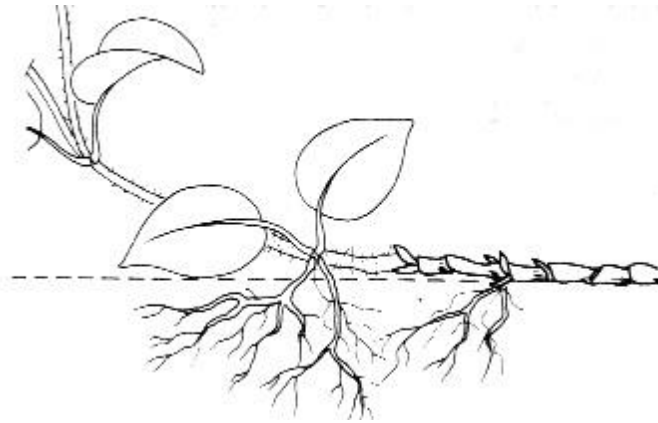


Figure 27 : Racines adventives

4.1.2. Adaptations particulières (modifications des racines)

➤ **Racines suçoirs**

Ou racines endophytes parasites, elles sont présentes chez les plantes parasites comme la cuscute. Chez ces plantes, il y a transformation des racines en suçoirs qui vont s'infiltrer à l'intérieur de la plante qui est parasitée et passent jusqu'aux vaisseaux conducteurs. radis, navet...

➤ **Les racines respiratoires : les pneumatophores**

Ce sont des racines secondaires, à géotropisme négatifs poussant verticalement en milieu inondé et permettant de s'approvisionner en oxygène, ils sont caractéristiques des arbres de marais.

➤ **Racines aquatiques (hydrophytes)**

Elles sont dépourvues de poils absorbants et de coiffes exemple : lentille d'eau

4.2. Morphologie de la tige

La tige est la partie généralement aérienne de la plante qui porte les feuilles et les fleurs ; organes reproducteurs, elle permet la circulation de la sève et la recherche de la lumière.

Les rôles majeurs de la tige sont : Le soutien, le stockage et la conduction. Sa croissance s'effectue dans le sens opposé à l'attraction terrestre (géotropisme négatif) et vers la lumière (phototropisme positif).

Tige herbacée : est une tige de plante généralement annuelle, caractérisée par une faible épaisseur, par sa couleur verte et sa souplesse.

Tige ligneuse : la tige est constituée d'un tronc et des branches, elle est épaisse et très dure et constituée de tissus ligneux ou bois, généralement de couleur brune

4.2.1. Les tiges aériennes

➤ Les tiges dressées

Ce sont celles qui s'élèvent verticalement, cas d'arbres, arbustes...

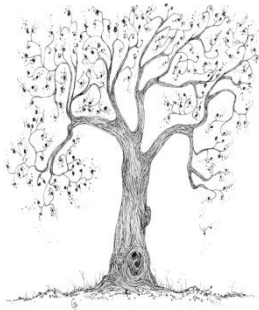


Figure 27: Tige dressée ligneuse



Figure 28: Tige dressée herbacée

➤ Les tiges rampantes

On appelle ainsi la tige qui, au lieu de s'élever verticalement, elle court à la surface du sol où elle enfonce son extrémité pour donner un nouveau pied (nouvelle plante) qui ensuite, se sépare de la plante-mère par rupture du stolon. Ex : Fraisier.

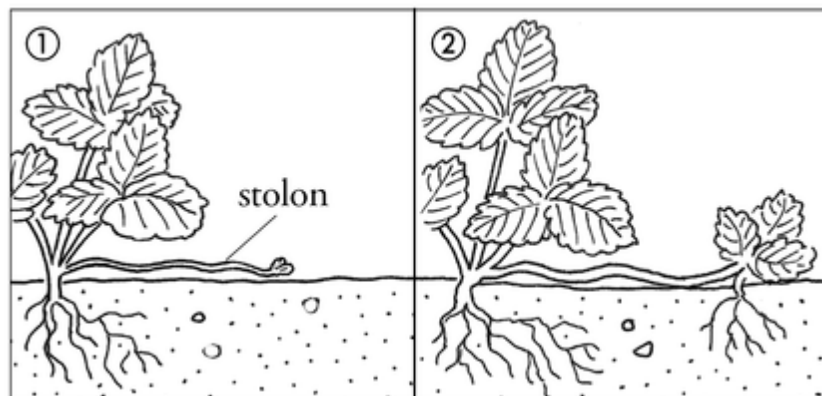


Figure 29 : tige rampante

➤ Les tiges grimpantes

Ce sont des tiges qui s'élèvent au-dessus du sol en s'aidant d'un support et ne restent dressées que si elles restent accrochées à ce support; elles s'attachent à ce support par plusieurs manières :

-Par des crampons, ex : le lierre

- Par des vrilles, ex : la vigne, rameaux-vrilles.
- Par de petites aiguilles ou des crochets, ou encore des épines, ex : le framboisier.
- Il y a des plantes volubiles : la plante s'enroule autour du support, ex : le liseron, les lianes.

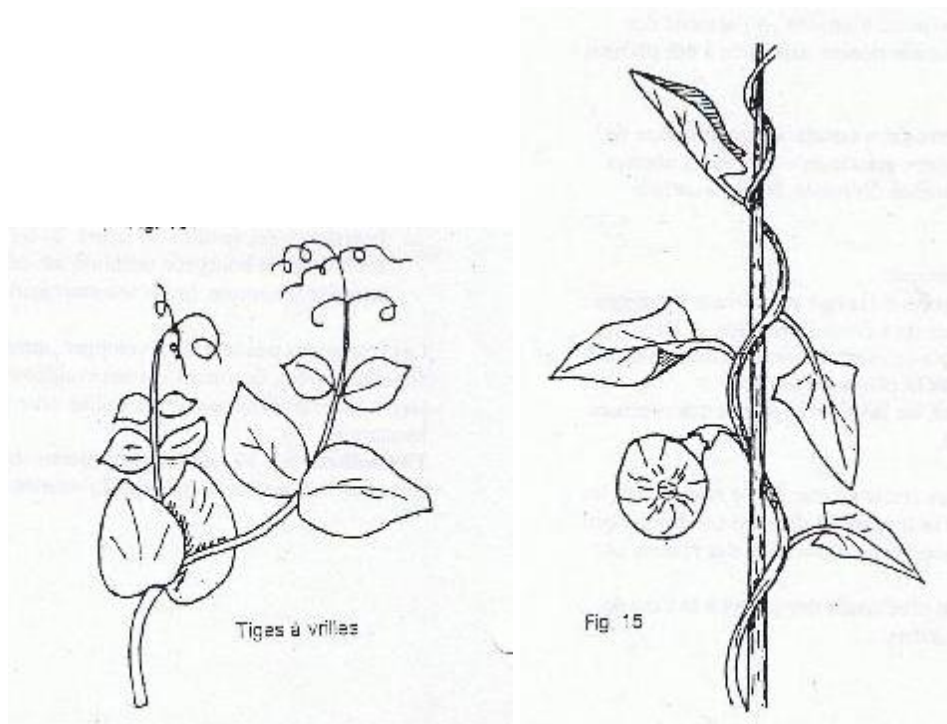


Figure 30 : tige grimpante

➤ **Les tiges succulentes**

Ce sont des tiges charnues et gorgées d'eau chez les plantes adaptées à la sécheresse ; ex : les cactacées, La tige de ces plantes contient un tissu aquifère (contenant beaucoup d'eau), un épiderme dépourvu de stomates et possédant une cuticule très épaisse ; les feuilles sont absentes ou très petites (écailles), ou encore réduites à des épines, et cela pour empêcher l'évaporation de l'eau.

4.2.2. Les tiges souterraines

➤ **Le rhizome**

Le rhizome est une tige souterraine allongée horizontalement et plus ou moins volumineuse car elle accumule des réserves. Ex : rhizome d'alfa, de Sparte, d'Iris, de chiendent.

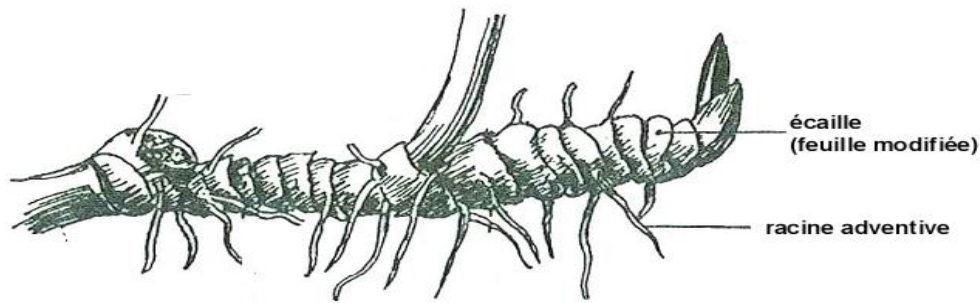


Figure 31 : rhizome

➤ **Le tubercule**

Ou tige tubérisée, c'est une tige souterraine qui se gonfle par accumulation de réserves et dont les entre-noeuds sont plus rapprochés que ceux du rhizome. Ex : la pomme de terre (*Solanum tuberosum*).

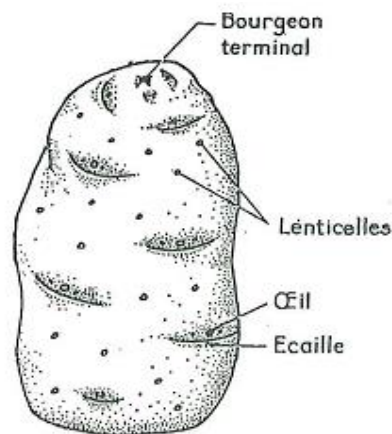


Figure 32 : tubercule

➤ **Le bulbe**

C'est une tige souterraine courte et charnue, elle présente des écailles imbriquées qui sont des organes de réserve. Ex : Oignon.

4.2.3. Les tiges aquatiques

Les plantes aquatiques, ou hydrophytes sont des plantes vasculaires hygrophytes dont la totalité du cycle biologique se réalise dans l'eau ou à sa surface et ne supportent pas l'exondation. On rencontre dans ces différents groupes des plantes totalement immergées, d'autres, les plus nombreuses, partiellement émergées ou à feuilles flottantes.

4.2.4. Plantes acaules

Ce sont des plantes qui ne possèdent pas de tige ou alors la tige est très réduite (presque absente). La racine est surmontée d'une rosette de feuilles et de fleurs.

Ex : les plantes à rosette comme la laitue.

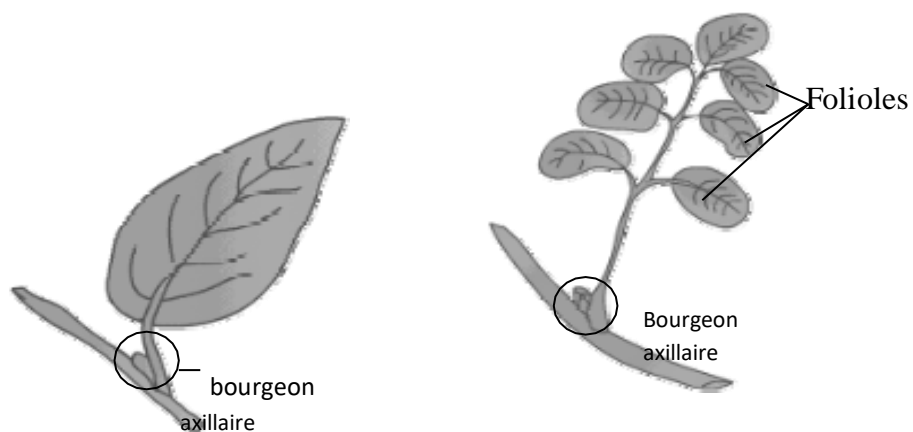
4.3. Morphologie de la feuille

Les critères morphologiques caractérisant la feuille sont les suivants :

- a. Type de feuille ;
- b. Disposition des feuilles ;
- c. Forme;
- d. Marge (bord ou contour du limbe) ;
- e. Type de nervation
- f. Surface du pétiole ou du limbe.

a. Type des feuilles

On reconnaît 2 grands types de feuilles, soit la feuille simple et la feuille composée. Une feuille simple est constituée d'un seul limbe à la base duquel se trouve un pétiole et/ou un bourgeon axillaire. Une feuille composée a plusieurs folioles ; il n'y a pas de bourgeons à la base des folioles, le bourgeon axillaire se trouvant plutôt à la base du pétiole.

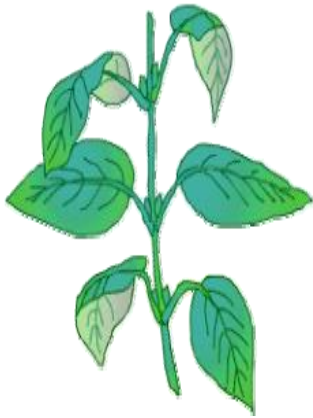


Feuille simple

Feuille composée

b. Disposition des feuilles (Phyllotaxie)

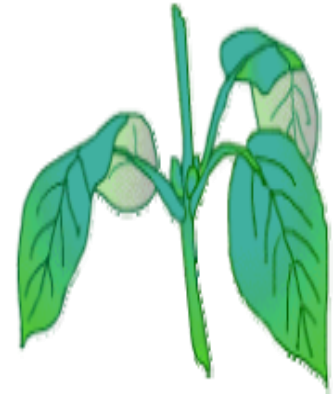
Deux feuilles situées sur un même nœud et disposées à 180° sont dites opposées. Des feuilles sont dites alternes lorsqu'une seule feuille apparaît à chaque nœud et qu'elles s'orientent différemment en alternance. Lorsque trois feuilles ou plus s'attachent à un nœud, on qualifie cette disposition de verticillée.



Feuilles opposées



Feuilles alternes



Feuilles verticillées

c. Forme de la feuille ou de la foliole

Il existe plusieurs formes des feuilles selon lesquelles on distingue les classifications suivantes :



Ronde



Ovale



Lancéolée



Spatulé



triangulaire



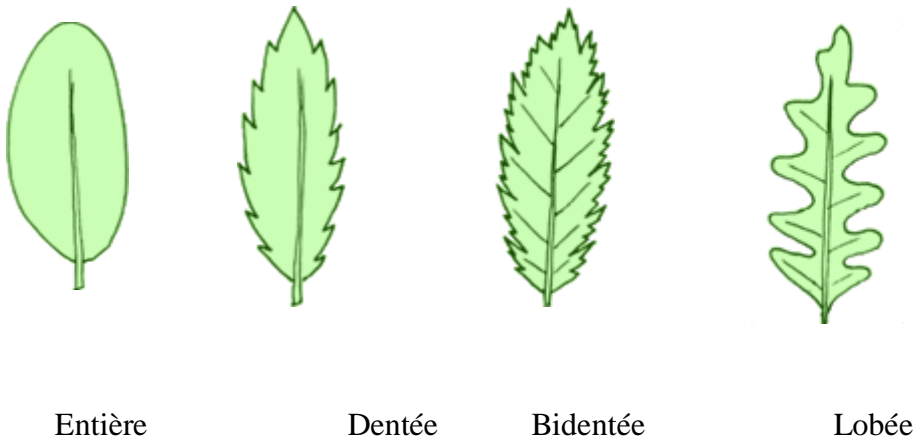
Cordée



sagitée

d. Marge (ou contour) du limbe

La marge foliaire qualifie les bords, marges ou bordures, du limbe d'une feuille (ou foliole) de plante. Il présente une caractéristique de la forme foliaire en anatomie végétale et morphologie des plantes.

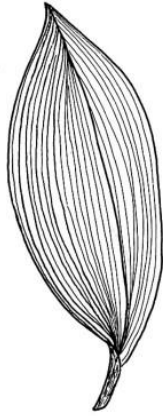


e. Type de nervation

Les nervures d'une feuille sont les prolongements du pétiole dans le limbe foliaire. Elles se remarquent par leur relief bombé. On distingue la nervure principale et les nervures secondaires qui partent de la nervure principale. C'est au niveau des nervures, que se situent l'essentiel des tissus conducteurs de sève (xylème et phloème), organisés en faisceaux, les faisceaux libéroligneux.

La disposition des nervures (ou nervation) varie selon les espèces ou les familles. On peut distinguer trois grands types de nervation :

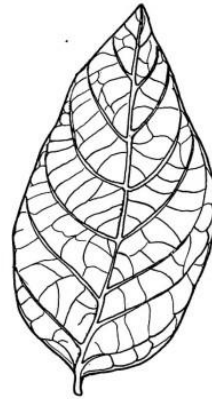
- **Nervation pennée** dans laquelle une nervure principale, prolongeant le pétiole, divise le limbe en deux parties sensiblement identiques selon l'axe de symétrie et à partir de laquelle les nervures secondaires se détachent selon une disposition alterne ou opposée (ex.: Feuille de bouleau, de hêtre).
- **Nervation palmée** où plusieurs nervures, en nombre impair, se détachent du pétiole au point de contact avec le limbe (ex.: Feuille de chêne, d'érable).
- **Nervation parallèle** où les nervures sont disposées de façon parallèle (ex.: les Monocotylédones comme les Iris, le Maïs et les Tulipes).
- Les feuilles qui ne possèdent qu'une seule nervure sont qualifiées d'**uninerve**



Nervation parallèle



Nervation palmée



Nervation pennée

f. Surface du pétiole ou du limbe

La surface du pétiole, de la feuille ou de la foliole peut être **pubescente** (poilue) ou **glabre** (sans poils).



Plante acaule

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BOUTIN, V., J.-F. FOGELGESANG, J.-F. BEAUX & F. RIBOLA (2010). Atlas de Biologie végétale BCPST 1^{re} et 2^e années. Dunod, Paris.
- BOUZID S. cours de biologie végétale. Université les Frères Mentouri Constantine 1
- BREUIL, M. (2007). Biologie 1^{re} année BCPST-véto. Tec & Doc, Lavoisier, Paris.
- GROUZIS, M.. 1982. Elément de morphologie végétale. O. R. S.T. O. M. Fonds Documentaire.
- LABERCHE J.C. Biologie végétale. 2001. Edition Dunod. France.
- ROLAND J.C., Roland F., El Maarouf-Bouteau H. et Bouteau H. Atlas biologie végétale (2. Organisation des plantes à fleurs). 2009. Edition Dunod France.

Webographie

<http://svt-tanguy-jean.com>

<https://www.cours-pharmacie.com/biologie-vegetale/architecture-vegetale.html>