

Chapitre II : Les différents types des tissus végétaux

Différenciation cellulaire végétale

Chez les végétaux supérieurs (Cormophytes), dans le jeune embryon issu de l'œuf, les cellules ont une organisation voisine et toutes se divisent. Progressivement, les cloisonnements se restreignent à certaines cellules, les cellules méristématiques. Ces cellules gardent des caractères embryonnaires et constituent des foyers de prolifération active et coordonnée ou méristèmes. Le fonctionnement des méristèmes se maintient pendant toute la vie de la plante, lui conférant une sorte d'embryogenèse permanente. Les méristèmes primaires sont situés à l'extrémité des tiges et des racines où ils constituent les méristèmes apicaux. Par leur activité, ils initient la structure primaire de la plante et sont responsables de sa croissance en longueur. Ultérieurement, des méristèmes secondaires, ou zones génératrices, peuvent entrer en action et être à l'origine d'une nouvelle croissance (croissance en épaisseur) surtout importante chez les végétaux arborescents et ligneux.

Les populations cellulaires engendrées par les méristèmes subissent des orientations divergentes et progressives. On appelle détermination le processus par lequel les cellules sont orientées dans une séquence d'événements nouveaux au bout de laquelle elles acquièrent une spécialisation particulière. On qualifie de « point de détermination » la période transitoire d'orientation cellulaire. Puis elles acquièrent des différences structurales et fonctionnelles durables : elles se différencient.

La différenciation cellulaire, ou *cytodifférenciation*, correspond à une division du travail physiologique. Elle est inhérente à la construction d'un organisme pluricellulaire intégré. On la voit s'installer et se préciser progressivement au cours de l'évolution. Absente ou peu marquée dans les groupes primitifs (cas de certaines algues dont les individus sont des groupements lâches de cellules identiques dites « colonies isocellulaires »), elle se développe comme une conséquence directe du mode de vie communautaire et collectif des cellules composant un même organisme. Dans ce cadre, deux processus essentiels sont liés aux manifestations de la cytodifférenciation : *a*) l'établissement de phénomènes de *polarité* qui se manifestent de multiples façons – mitoses orientées, ségrégation des organites, gradients intercellulaires, axe de croissance, etc. ; *b*) la mise en jeu d'une *hiérarchisation intercellulaire*, avec développement de corrélations soit stimulatrices, soit inhibitrices de l'expression des caractères différentiels (par exemple phénomène de dominance apicale). Toute perturbation de l'environnement cellulaire qui provoque un changement des corrélations peut aboutir à une levée des stimulations et des inhibitions locales et induire un changement de programme de différenciation ; la cellule différenciée dans une direction acquiert alors de nouveaux caractères structuraux et

fonctionnels (phénomène de *reprogrammation* ou transdifférenciation) ou même régresse vers un état indifférencié (*dédifférenciation*). Cela indique que l'état de différenciation d'une cellule adulte n'est pas définitivement acquis. Il reste largement le résultat d'un équilibre dynamique plus ou moins stable, ce qui conduira à s'interroger sur les facteurs qui influencent la différenciation et sur l'évolution des potentialités cellulaires.

Critères de différenciation

La différenciation peut être abordée à plusieurs degrés d'organisation : populations cellulaires (tissus groupés en organes), cellule, compartiments sub-cellulaires et organites (par exemple évolution d'un proplaste et chloroplaste), niveau moléculaire (élaboration d'un équipement protéique et enzymatique spécifique). Pour chacun de ces degrés, les caractères observés ne font que traduire la différenciation de l'échelon sous-jacent, et c'est pourquoi l'analyse du processus de cytodifférenciation aboutit nécessairement à la recherche des bases moléculaires responsables des structurations et des fonctions acquises.

La différenciation a pour résultat une séparation dans le temps et dans l'espace d'activités physiologiques données. Ces fonctions définissent les principaux tissus végétaux : tissus protecteurs, tissus conducteurs, tissus de soutien, tissus sécréteurs et parenchymes. La possibilité pour la cellule d'assurer une fonction particulière, de se spécialiser, résulte de modifications de certains de ses organites. Chez les plantes, ce sont précisément les trois organites caractéristiques de ce règne qui sont mis [...]

Dédifférenciation cellulaire

La dédifférenciation cellulaire est un processus participant à l'embryogenèse somatique des végétaux, ainsi qu'une étape de régénération de certains organes d'animaux qui peut être induite par génie biomoléculaire¹.

Chez les végétaux[

Certaines cellules peuvent retourner à l'état méristématique et commencer à se diviser en engendrant un nouveau méristème dont l'activité pourra donner par la suite un nouvel organe, exemple le cas du bouturage ou de production d'autres formes de propagules qui permet de multiplier des individus sans passer par la reproduction ou encore celui de la formation des racines secondaires. Ce phénomène peut être activé par des virus ou parasites lors de la formation de galles par exemple

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^{ère} partie/ Les tissus primaires

1/ Les 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.

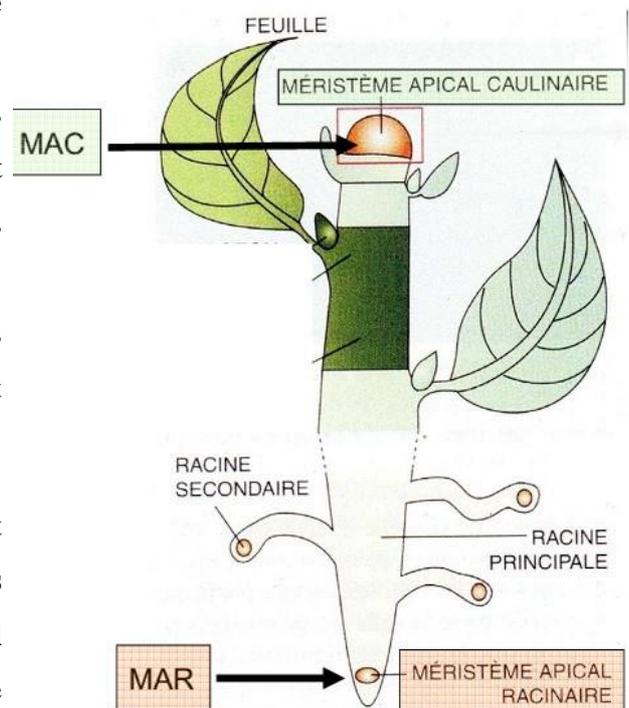


Figure 1 : Emplacement des méristèmes

Tableau I : Caractéristiques des méristèmes primaires.

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

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.

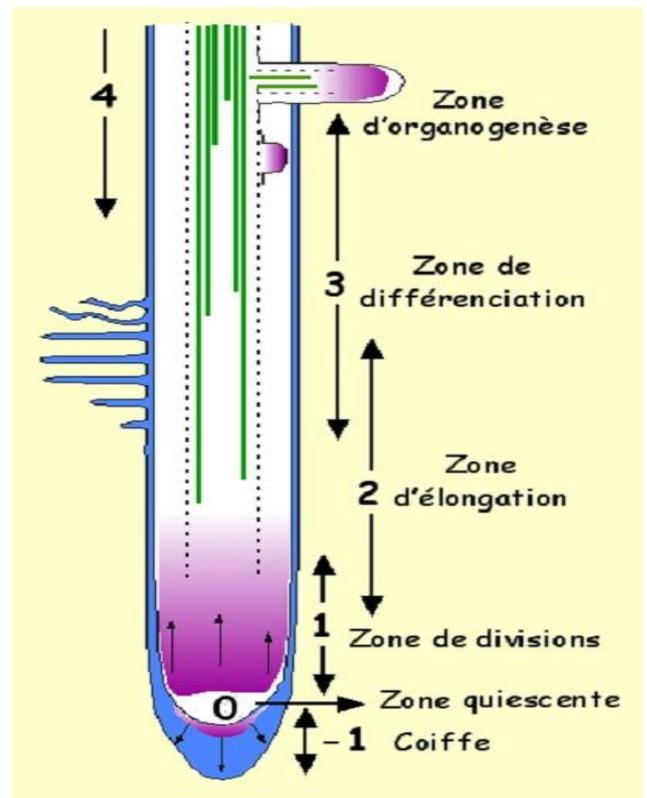


Figure 2 : Différentes zone à l'extrémité d'une racine

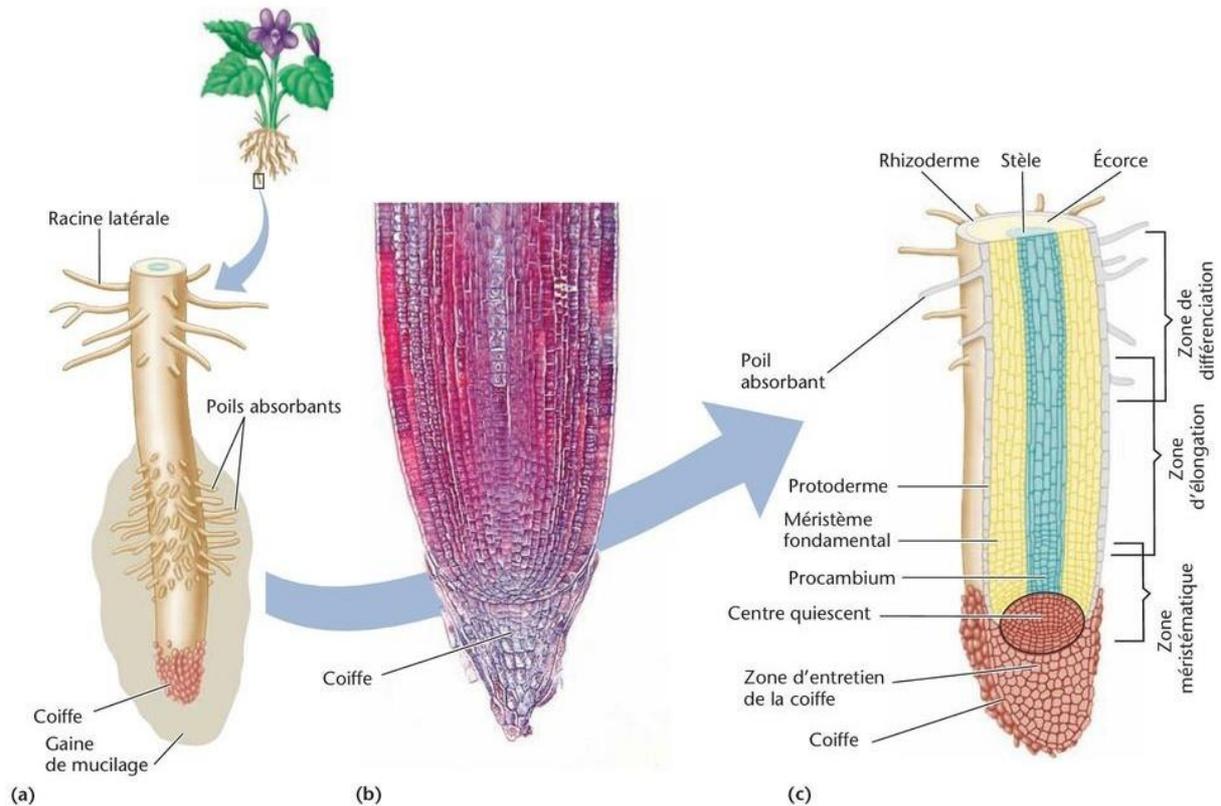


Figure 3 : Méristème apical racinaire (a) extrémité d'une racine, (b) coupe longitudinale de l'extrémité d'une racine observée au microscope optique (c) le méristème apical racinaire avec les principales zones.

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.

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.

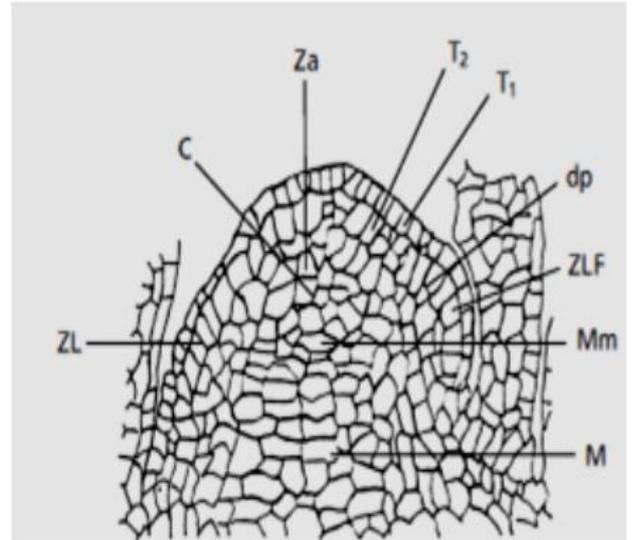


Figure 4 : Différentes zone du méristème caulinaire

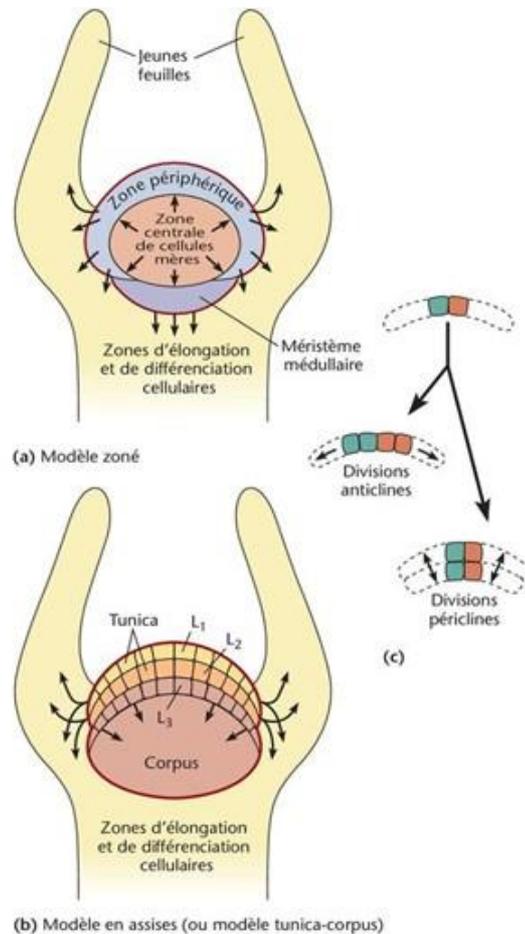
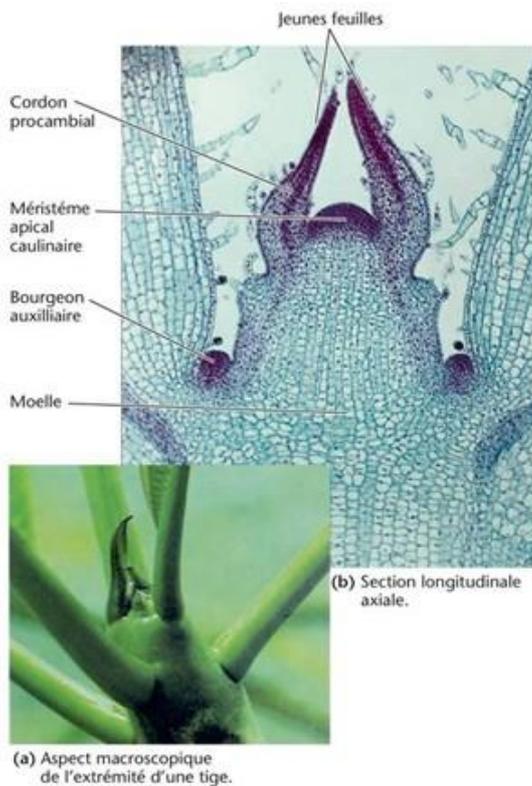


Figure 5 : Méristème apical caulinaire

1/ 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**/ 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**.

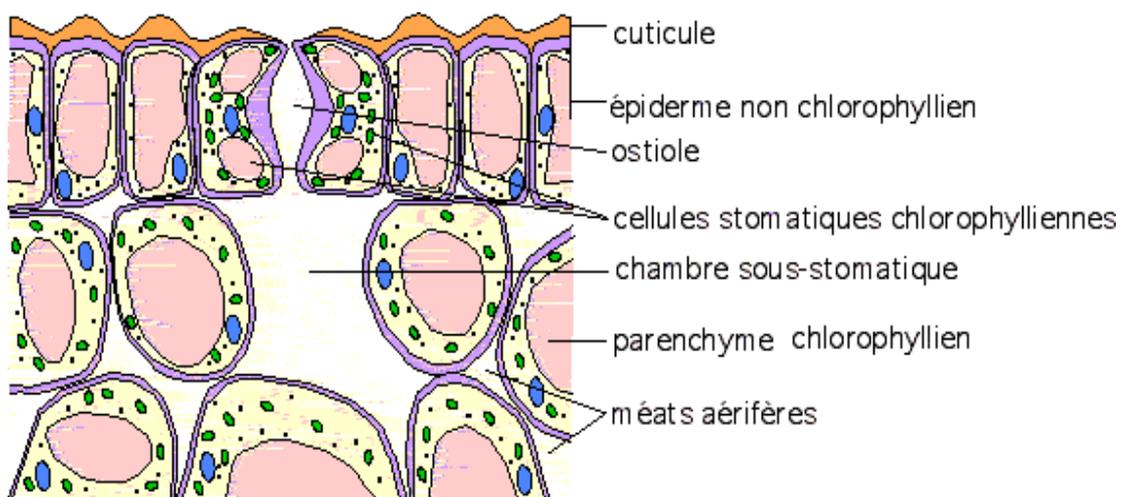


Figure 6 : Cellules épidermiques

/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.

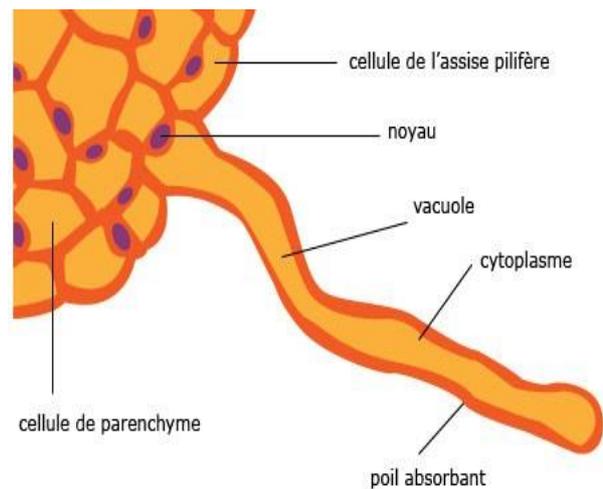
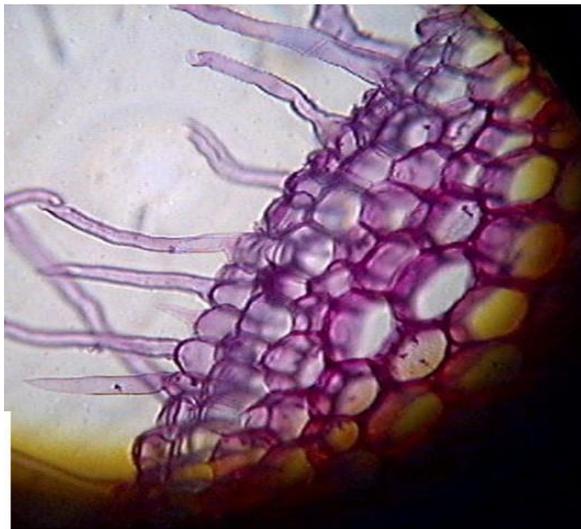


Figure 13 : Poils absorbants chez le rhizoderme

/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**.

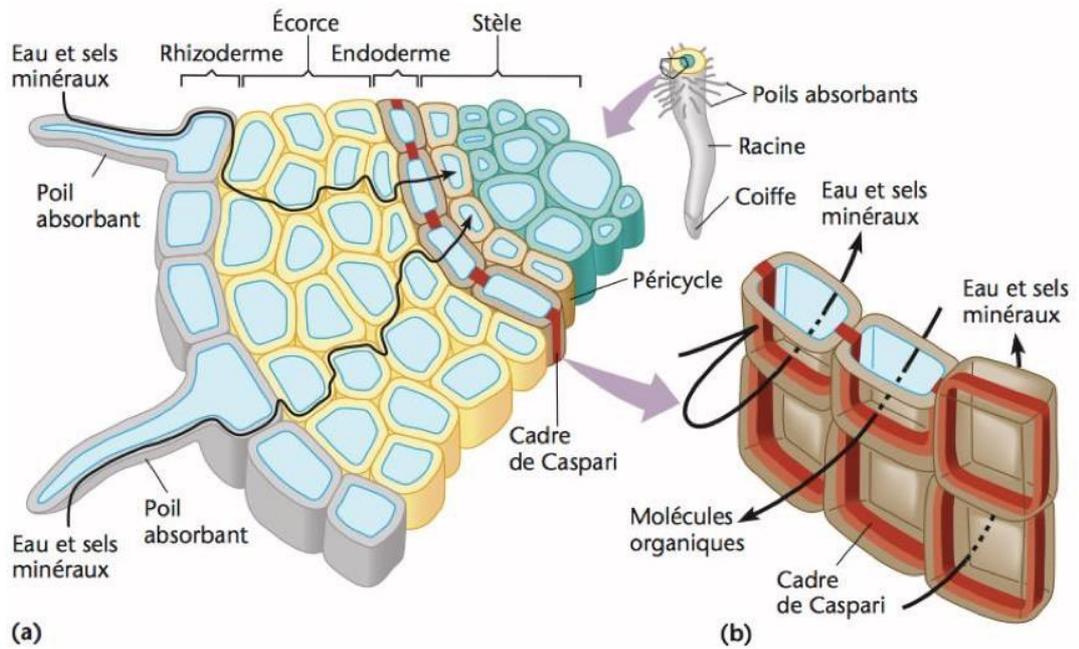


Figure 7 : Endoderme et le cadre de Caspari

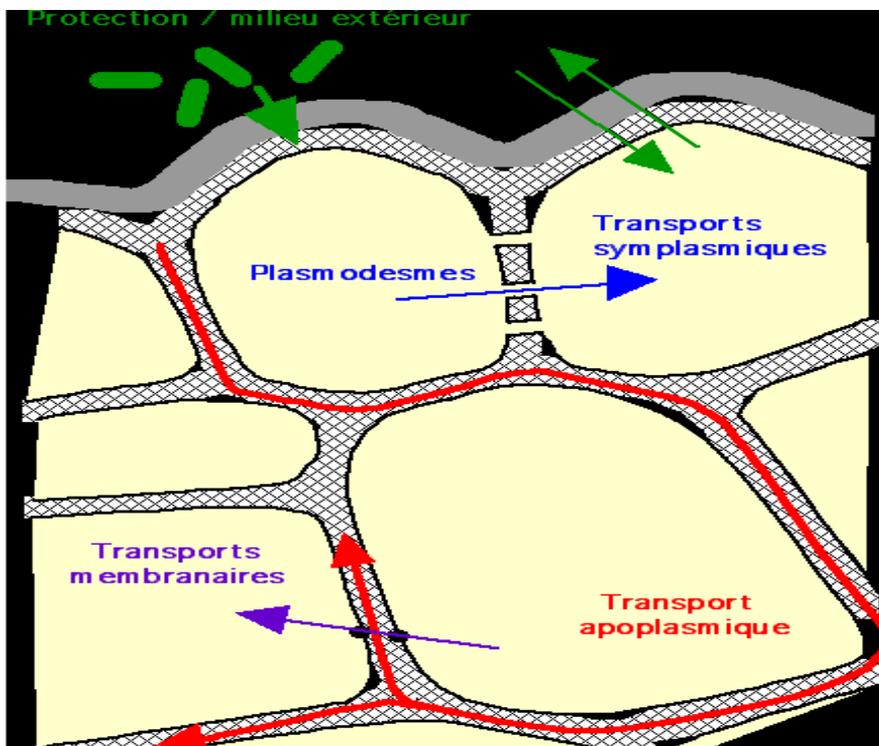


Figure 8 : Voies de transport symplasmique at apoplasmique

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.

/ 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 :

/ 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**.

/ 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.

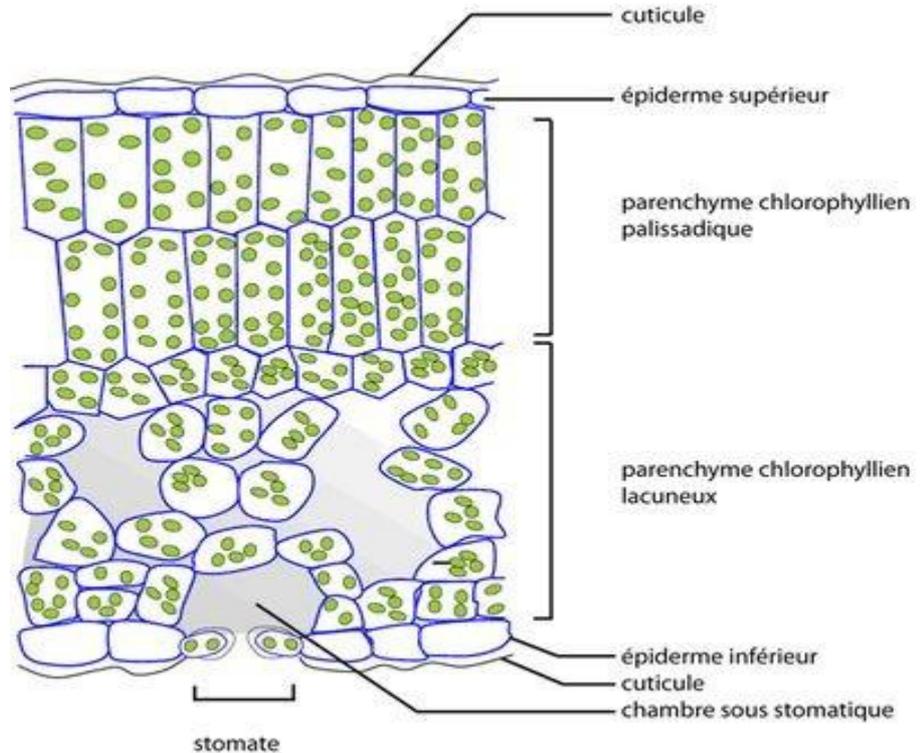


Figure 9 : Parenchyme chlorophyllien et lacuneux dans une feuille

/ 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),

/ 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.

¶ Parenchyme aquifère

Fréquent chez les plantes aquatiques, se sont des parenchymes lacuneux, où les grandes lacunes emmagasinent de l'air : CO₂ et O₂ pour les échanges gazeux.

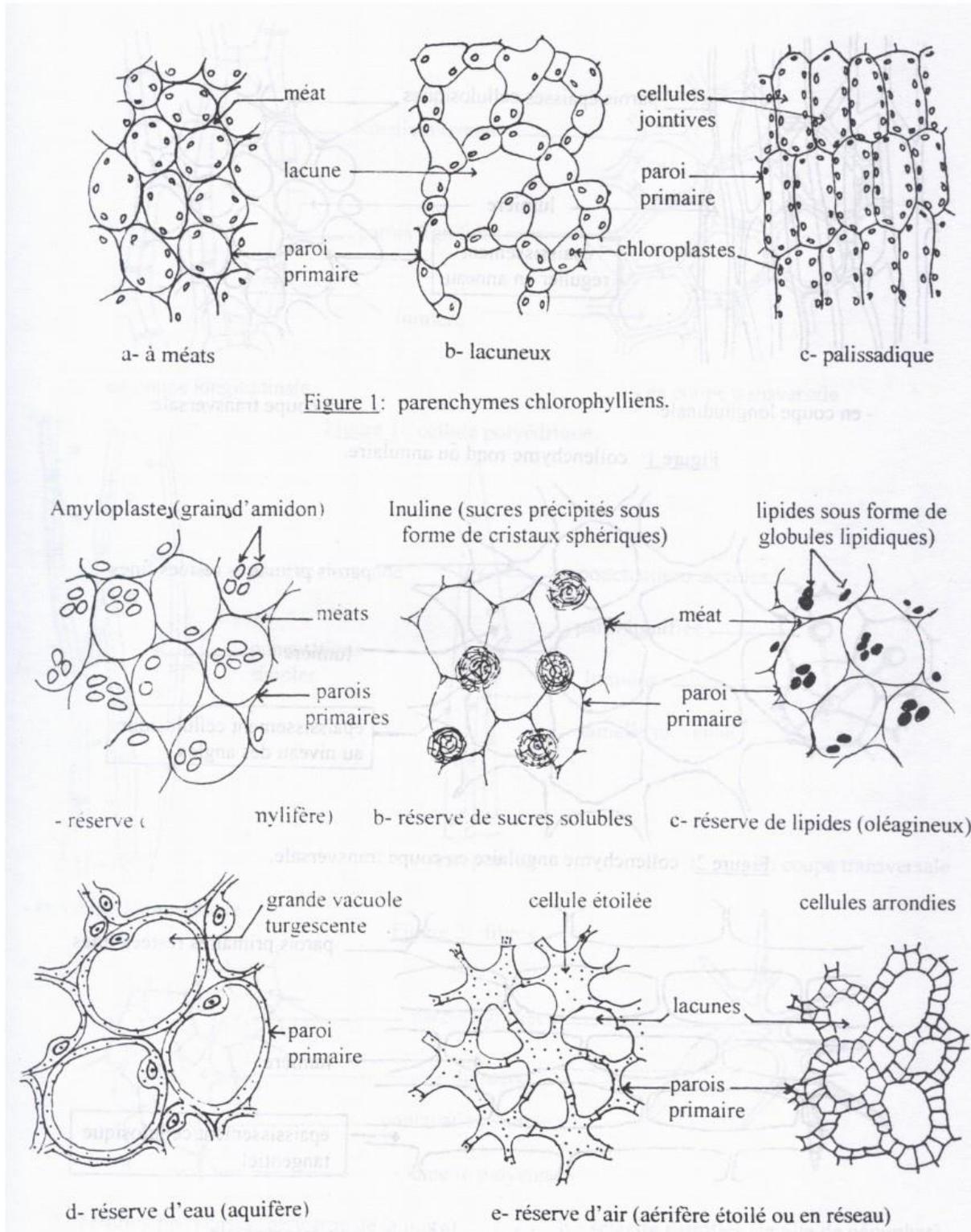


Figure 1: parenchymes chlorophylliens.

Figure 10: Différents types de tissus de réserve

4/ Tissus de soutien

/ 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** : épaississement des parois tangentielles (uniquement les parois parallèles à la surface externe)

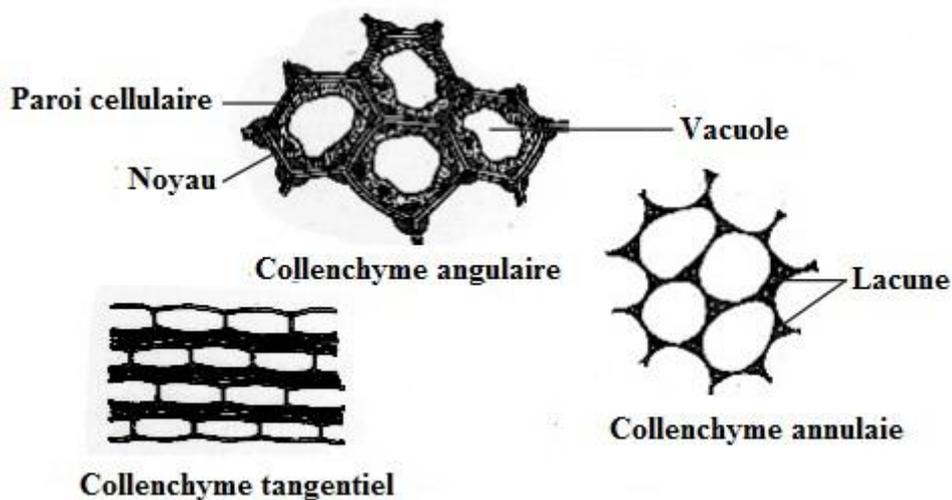


Figure 11 : Différents types de collenchyme

/ 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.

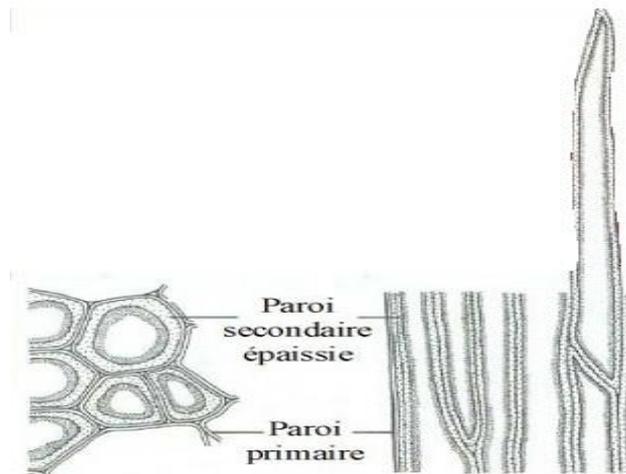


Figure 12 : Différents types de sclérenchyme

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.

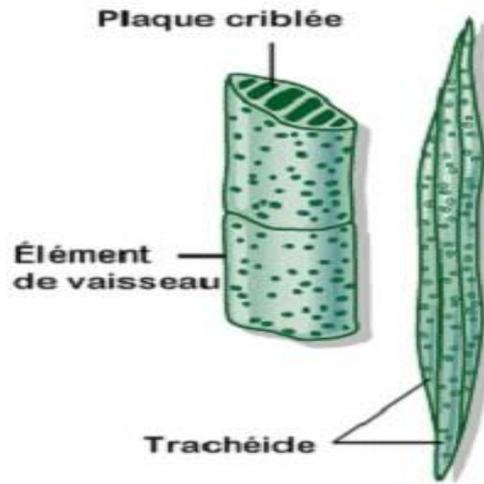


Figure 13 : Eléments de xylème

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.

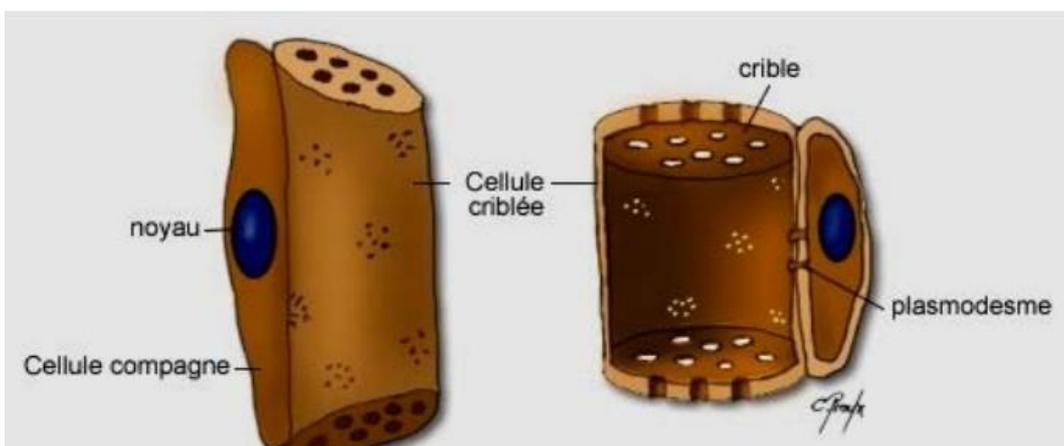


Figure 14 : Eléments de phloème

6/ Tissus sécréteurs

Ce sont des tissus spécialisé 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

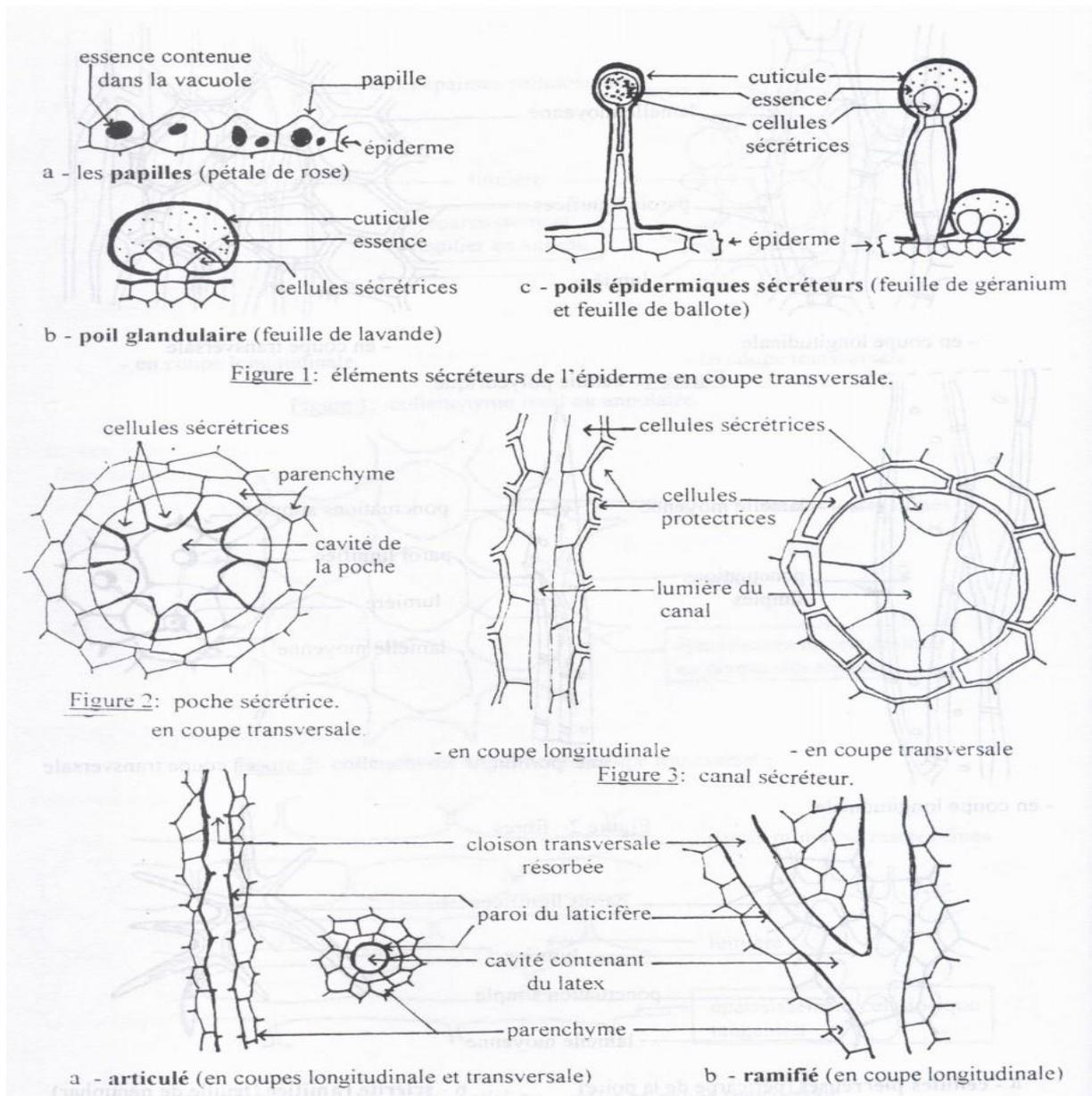


Figure 15 : Différents types de tissus sécréteurs

2^{ème} 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 tangentielles

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 tangentielles, **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 secondaire 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.

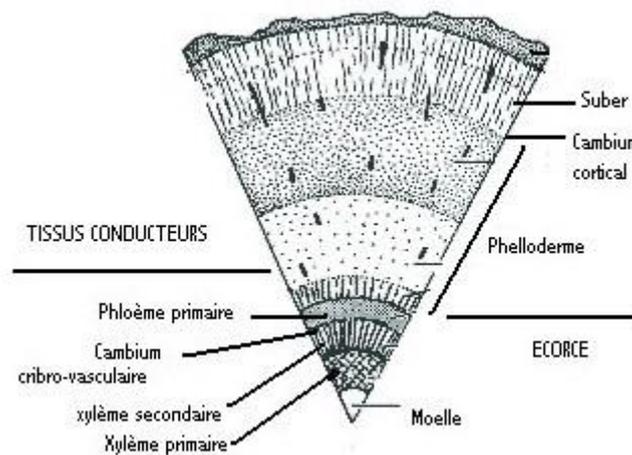


Figure 16 : Exemple de localisation des tissus secondaires