

Rappel du programme :

Les zones apicales comprennent des zones de division (mérèse) et de croissance cellulaire (auxèse). Elles contribuent à édifier l'axe racine-tige feuillée...

Les cellules issues de la zone méristématique subissent généralement une croissance importante : l'auxèse...

Les voies de différenciation cellulaire génèrent une diversité de tissus en affectant le contenu cytoplasmique et la structure pariétale des cellules...

L'axe aérien est ainsi formé par une succession de phytomères...

Les méristèmes secondaires se forment au sein des structures primaires. Le cambium produit des tissus secondaires (bois et liber) épaississant l'organe dans lequel ils se développent.

Gestes exigibles au concours :

- Réaliser une préparation de microscopie optique, y compris des coupes à main levée, avec ou sans coloration.
- Mettre en œuvre un protocole de coloration adaptée à la problématique biologique.
- Utiliser le colorant adapté pour mettre en évidence un tissu ou des molécules.
- Réaliser une observation en microscopie optique : objectifs et grossissement, intensité lumineuse, diaphragme, mise au point, utilisation de l'huile à immersion.
- Déterminer un ordre de grandeur ou la taille d'un objet à partir d'une échelle ou d'un grossissement.
- Identifier de manière argumentée un organe, un tissu ou un type cellulaire : épiderme, rhizoderme, xylème I et II (bois), phloème I et II (liber), parenchymes, collenchyme, sclérenchyme, méristèmes, suber, phelloderme.
- Réaliser un dessin d'observation avec les conventions usuelles : fidélité, sélection des structures pertinentes, légendes, titre, échelle, orientations.
- Réaliser un schéma avec figurés conventionnels (les figurés restant à la disposition des étudiants).

Objectifs :

- Identifier les zones de croissance apicales d'une Angiosperme à l'échelle de l'organisme, des organes et des tissus.
- Estimer sur un rameau le nombre d'unités de végétation.
- Réaliser des coupes transversales colorées de tiges et de racines avec des structures secondaires
- Identifier les différents tissus secondaires (bois, liber, suber, phelloderme).

Activités : voir déroulement du TP et protocoles.

1. Observation de zones de croissance apicales d'Angiospermes

- Identifier les zones de division = mérèse, les stades de mitose visibles, les zones d'élongation cellulaire = auxèse
pour la tige :
 - observations de préparations microscopiques : B 57 Méristème apical tilleul CL
 - **Figure 1**
pour la racine (voir TP mitoses BCPST1) : B 58 Mitose racine ail
 - localiser ces zones sur un schéma. **Figure 3**

De la germination 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.

La structure de la jeune plante résulte de la prolifération (**mérèse**), de l'élongation (**auxèse**) et de la différenciation des cellules issues des méristèmes apicaux = **méristèmes primaires**. Elle est qualifiée de **structure primaire**. **Figure 2** (Voir TP BCPST1). Elle accompagne le phénomène de croissance en longueur.

Cette structure primaire ne subsiste pas longtemps chez la majorité des Angiospermes sauf chez les Monocotylédones. Elle caractérise les organes jeunes chez les Gymnospermes et les Dicotylédones. Puis, elle est supplantée par des **formations secondaires** qui les écrasent et les disloquent.

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 penser en 3D et « voir » que toutes ces structures s'organisent dans l'espace au cours du développement. 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.

2. Morphologie et anatomie de tiges et racines d'Angiospermes en structure secondaire

a) Organisation d'un rameau ligneux (tige)

- à partir de l'observation du rameau proposé, identifier les unités de croissance (ou unités de végétation ou pousses) c'est à dire l'axe caulinaire qui résulte, **en une année**, du développement d'un bourgeon.

Figure 12

- Retrouver sur une unité de croissance ligneuse, les caractéristiques de l'axe caulinaire d'un plant herbacé voir 2b

- réaliser une coupe longitudinale de bourgeon et localiser le méristème apical. **Figure 13**

b) Réalisation de coupes transversales permettant de montrer l'organisation de tige et racine en structure secondaire

- réaliser un croquis légendé de la plantule proposée et montrer que l'axe aérien est formé par une succession de **phytomères**

- réaliser une dizaine de coupes sériées colorées dans la plantule proposée ainsi que dans la tige de d'oseille (ou de menthe) (gamme de coloration carmin-vert d'iode)

- identifier la structure primaire (BCPST1) et montrer l'apparition de la **structure secondaire**

- identifier les tissus secondaires (*bois et liber*)

c) Observation de préparations microscopiques de tiges et de racines en structure secondaire

Observations au microscope :

- B 21 CT racine de chêne
- B 30 CT tige de bryone
- B 31 CT tige aristoloche
- B 34 CT tige de sureau
- B 35 CT tige tilleul 3 ans
- B 36 CT tige mercuriale
- B 37 CT jeune tige de chêne

Figures 4 à 11

- Réaliser un schéma de tige et un de racine avec figurés conventionnels. **Figure 15**

d) Structure secondaire des tiges, des feuilles et des racines

Lorsque les méristèmes secondaires se mettent en place la plante développe des tissus secondaires organisés en structure secondaire radiale. Ceci permet une croissance en diamètre de la plante (**Figures 5 à 11**). Deux assises génératrices sont mises en jeu : le cambium et le phellogène (**Figure7**). Le fonctionnement des méristèmes secondaire est basé sur une très grande proportion de **divisions tangentielles**. Ceci conduit à la formation de longues files radiales de cellules, de part et d'autre de la zone génératrice. Ces files radiales sont particulièrement bien repérables sur les coupes transversales au niveau du cambium.

Le **cambium** (provenant du procambium ou de la dédifférenciation de parenchyme) permet la mise en place des tissus conducteurs secondaires : bois (xylème secondaire) sur sa face interne et liber (phloème

secondaire) sur sa face externe dans les tiges et les racines. Le fonctionnement du cambium n'est pas symétrique : il se forme toujours plus de bois que de liber. C'est un tissu marqué par un rythme de division rapide mais saisonnier. Le cambium est une structure à fonctionnement non limité dans le temps (croissance indéfinie des arbres).

Il y a en fait deux types de cellules cambiales qui se distinguent par leur forme : les initiales fusiformes à l'origine du système vertical et les initiales radiales à l'origine du système horizontal. Les divisions à cloisonnement parallèle à la surface de l'organe (divisions périclinales) assurent la production de files de cellules permettant la croissance en épaisseur. Les divisions parallèles aux rayons (divisions anticlines) assurent l'augmentation de diamètre (**Figure11**).

Remarque : au niveau de la tige, on observe d'abord un développement de cambium fasciculaire : cellules procambiales qui ne s'étaient pas différenciées, situées entre un phloème I et xylème I. La dédifférenciation de cellules parenchymateuses permet ensuite la formation d'un cambium interfasciculaire qui relie les cambiums fasciculaires mis en place en premier.

Le **phellogène** (**Figure7**) se différencie à partir de cellules sous épidermiques chez la jeune tige ou jeune racine passant des structures primaires aux structures secondaires. Il forme du liège ou suber (tissu protecteur imperméable et isolant thermique des organes à structure secondaire) sur l'extérieur et un parenchyme souvent très discret, le phelloderme, sur sa face interne.

L'ensemble formé par le suber, le phellogène et le phelloderme forment «le périderme». Remarque : « l'écorce » est, elle, composée par l'ensemble « périderme + phloème secondaire ».

Le fonctionnement du phellogène est limité dans le temps. Régulièrement une nouvelle assise subéro-phellogodermique (= phellogène) se différencie en profondeur. L'accumulation des couches successives de liège forme des rhytidomes, c'est-à-dire des plaques plus ou moins crevassées qui desquament (ex. Platane ou Bouleau).

L'ensemble du **xylème II** forme le **bois**.

L'ensemble des tissus conducteurs secondaires formés par le fonctionnement du cambium est appelé pachyte. Remarque : on parle de pachyte continu si le bois et le liber sont présents sur toute la circonférence, et de pachyte discontinu si du parenchyme est présent entre des faisceaux de bois et de liber.

L'observation macroscopique d'une coupe transversale de branche ou de tronc d'arbre montre une série de couronnes concentriques, les **cernes**, dans le bois. (**Figure9**) Voir TP2

Remarque : Chez certaines espèces, on distingue le « bois de cœur » (= duramen) (**Figure10**) et un bois jeune (= **aubier**). L'aubier est de couleur claire et correspond à la partie conductrice actuellement fonctionnelle du bois. Le cœur est lui constitué de cellules toutes mortes et lignifiées, chargées de tanins (d'où une coloration plus foncée) et de résines ; ce bois n'a plus qu'un rôle de soutien, les vaisseaux sont bouchés et incapables de conduction.

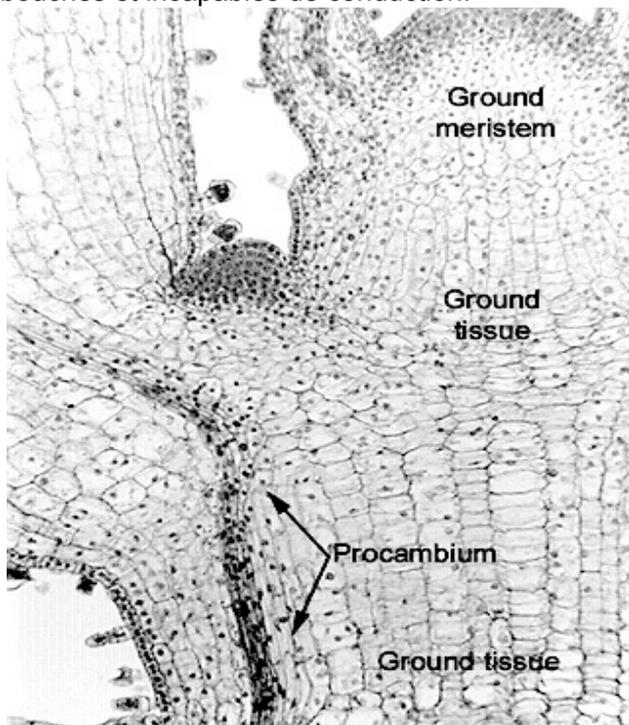


Figure 1 : CL d'apex caulinaire

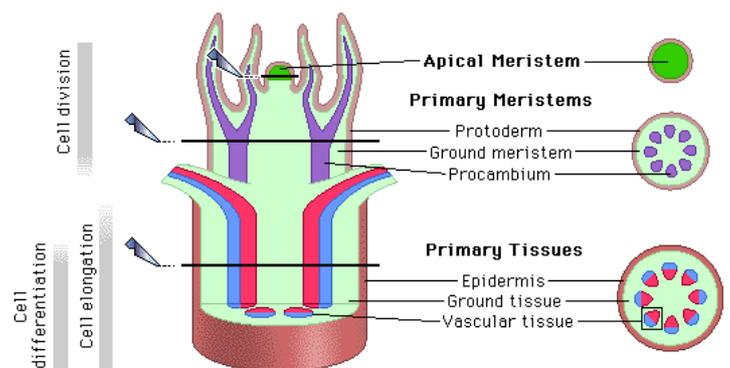


Figure 2 : Localisation du MAC et SI

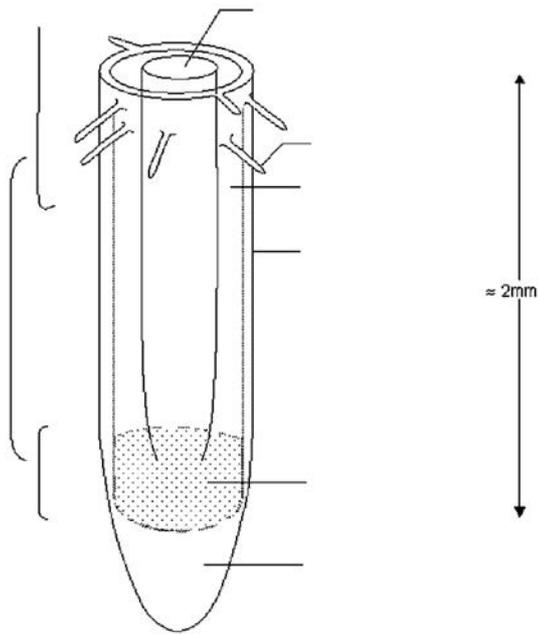


Figure 3 Localisation des zones de mères, d'auxèse et de différenciation dans la racine d'Angiosperme.

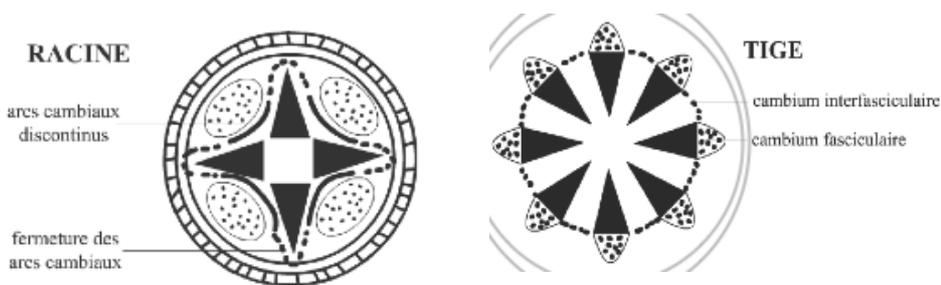
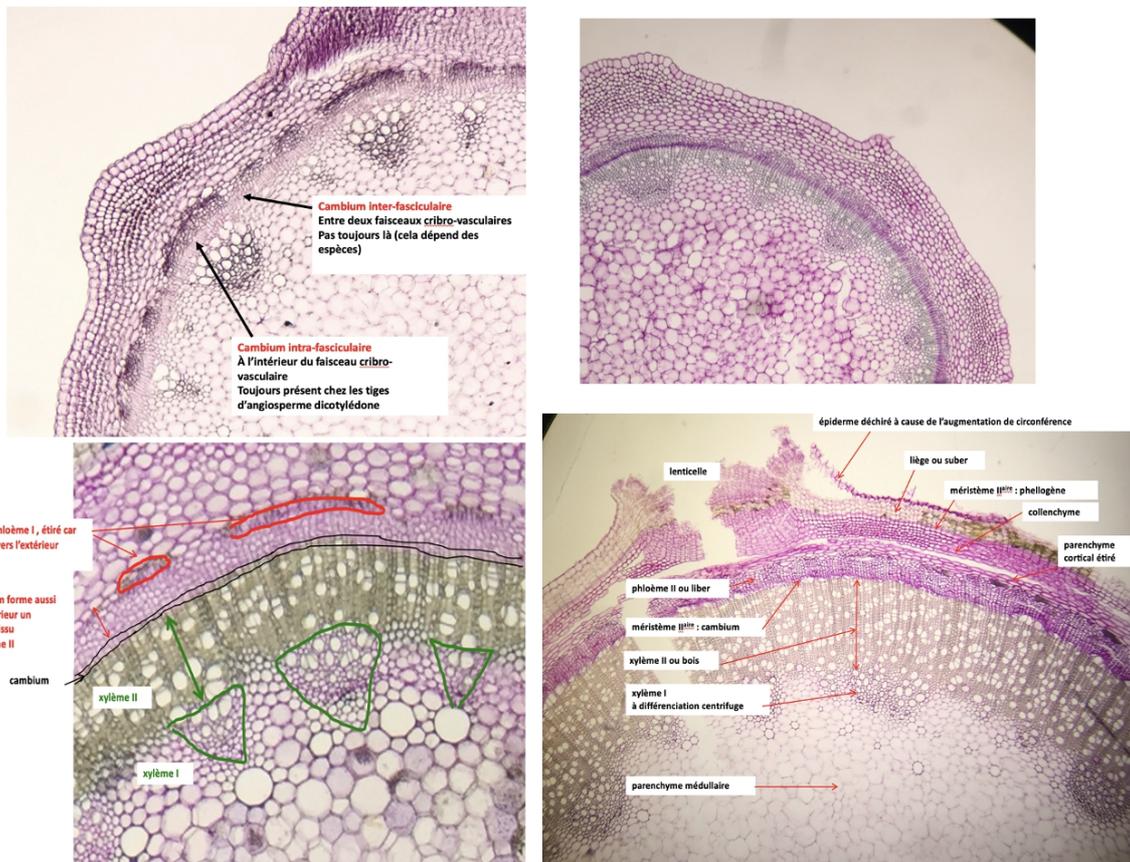


Figure 4 Localisation du cambium dans la SI des tiges et racines



Croissance en épaisseur d'une tige de Sureau en coupe transversale observée au microscope optique (G x 100)

Figure 5

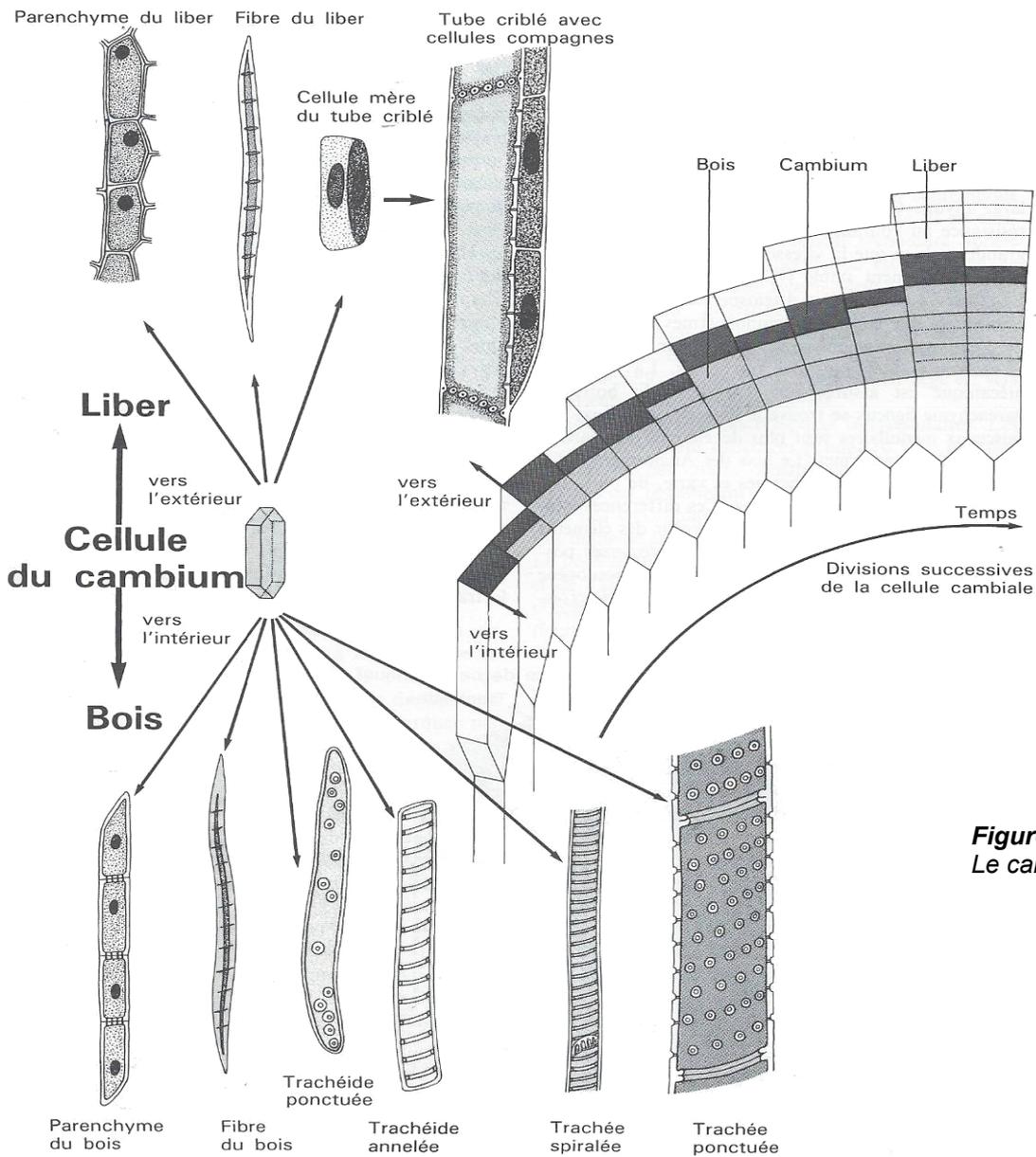


Figure 6
Le cambium et ses dérivés

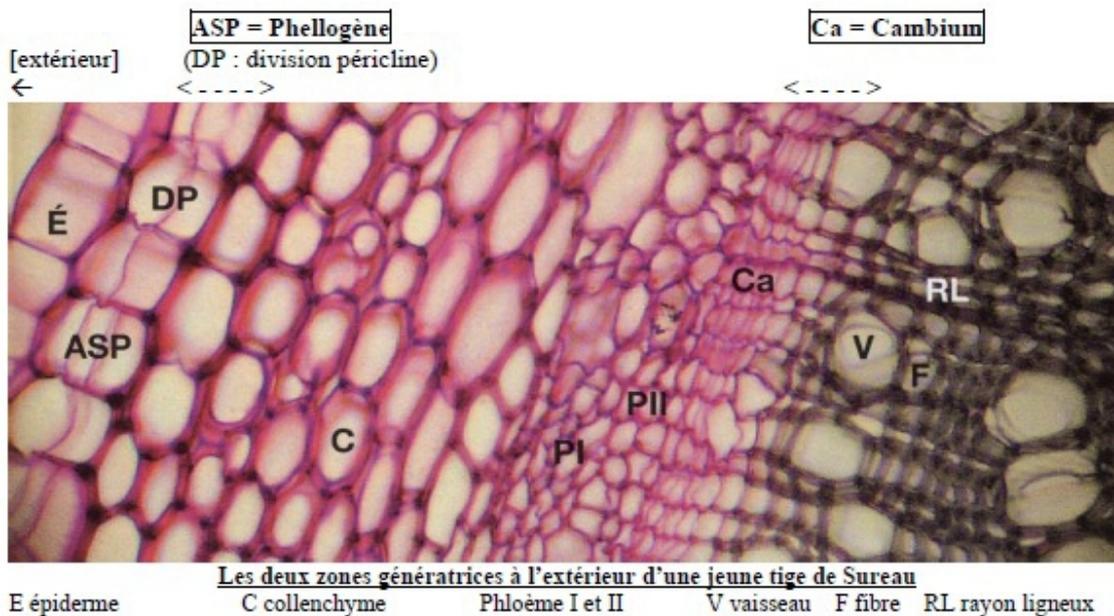


Figure 7 CT tige sureau
Localisation des méristèmes secondaires

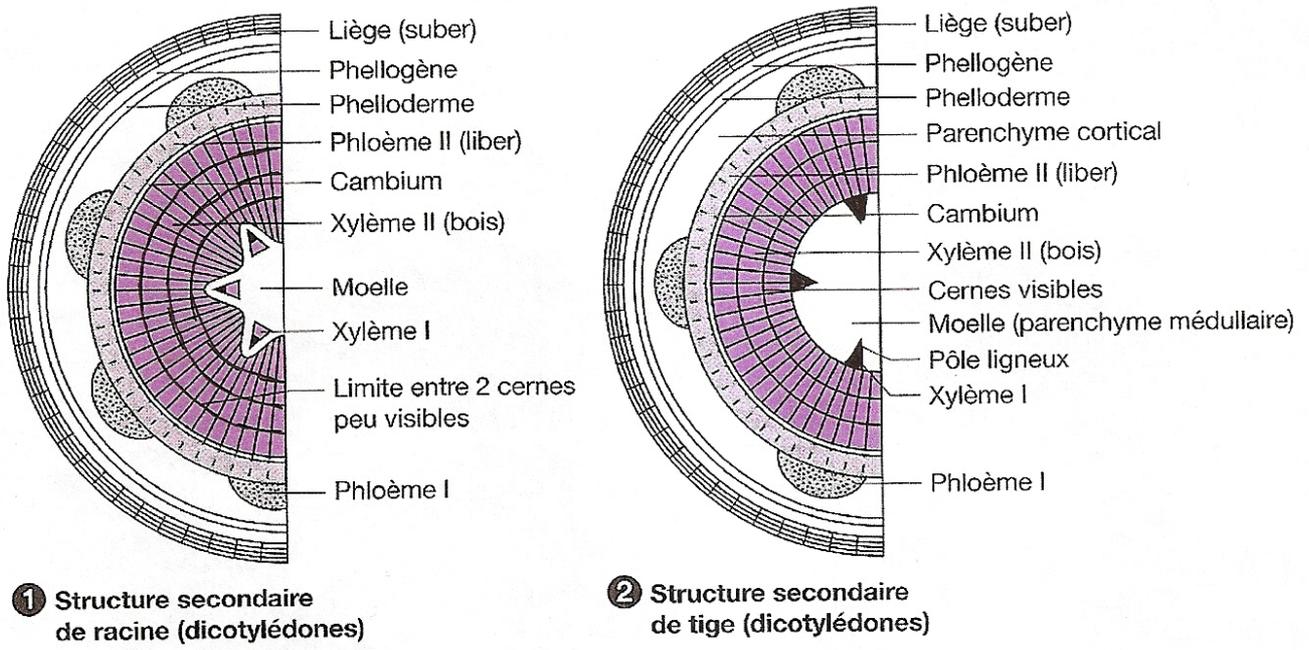


Figure 8 CT de tige et de racine de Dicotylédone âgée : mise en place de la SII
Breuil, BCPST 1^{ère} année ED. Tec et Doc Lavoisier 2008

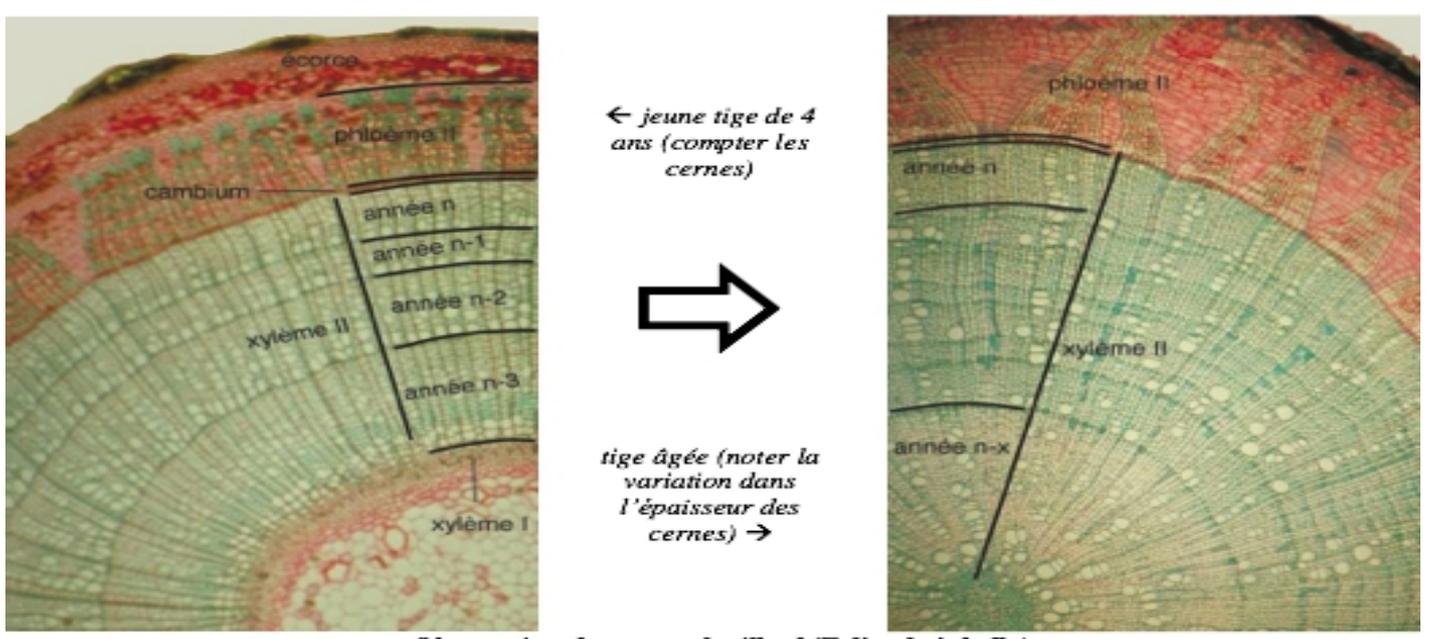


Figure 9 Observation de coupes de tilleul (*Tilia platiphylla*)

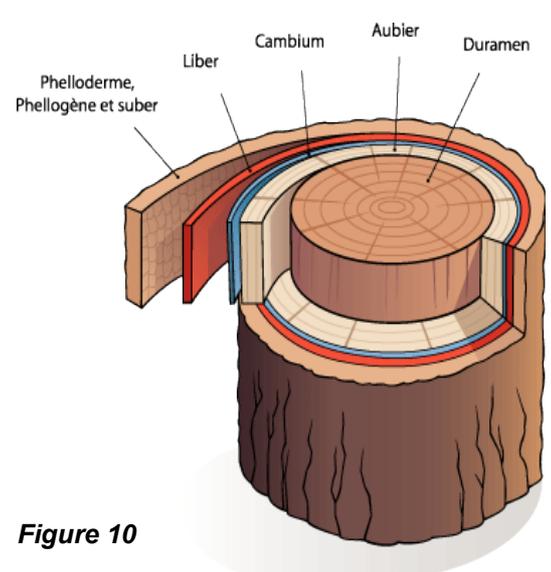


Figure 10

Coupe transversale de tronc de Chêne

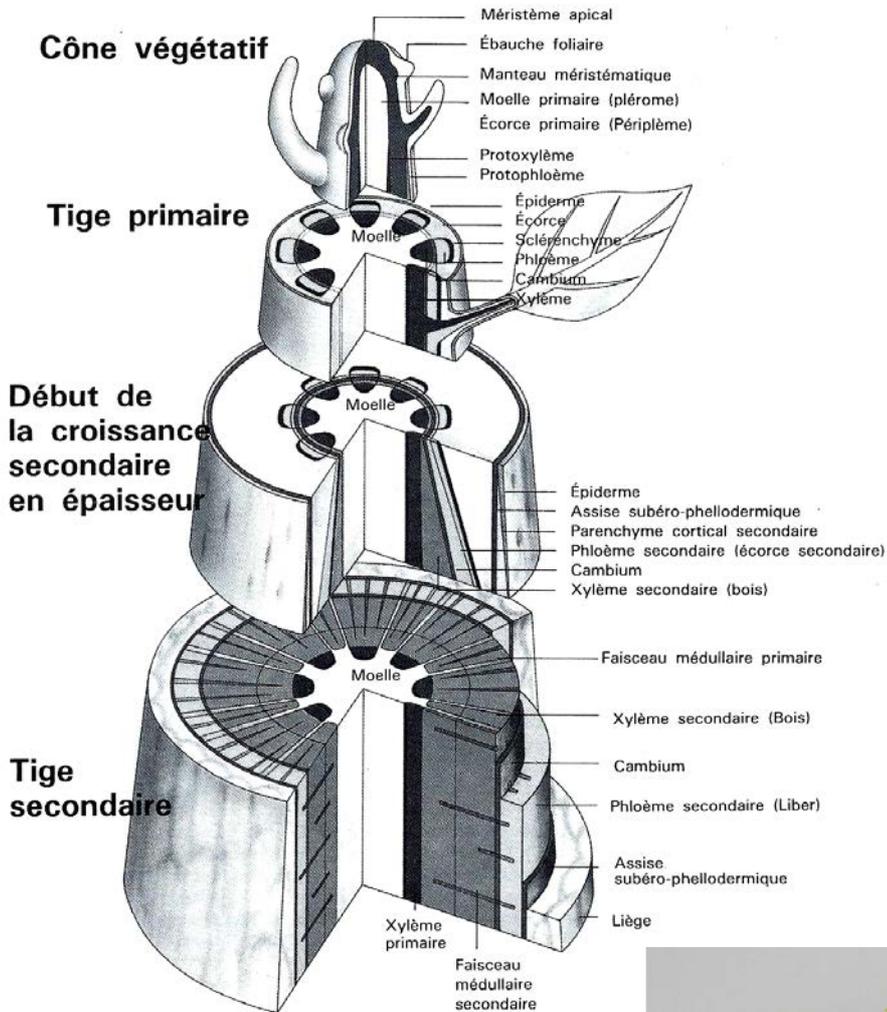


Figure 11
 Source : Lüttge, Botanique, Tec&Doc Lavoisier, 1996

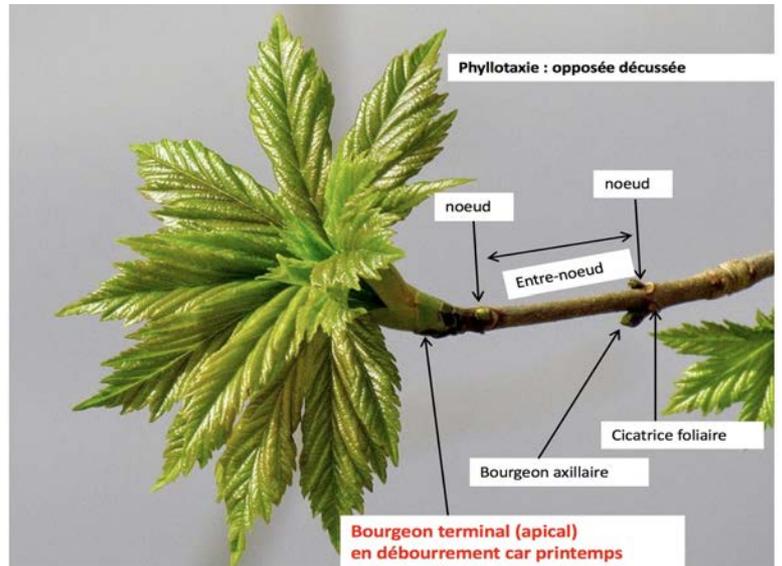
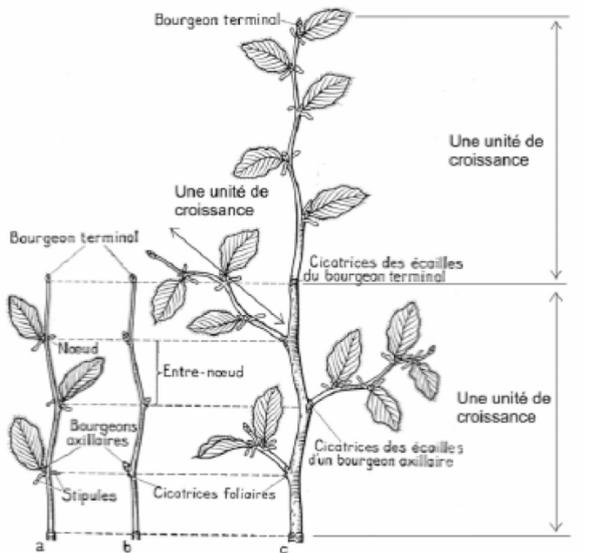
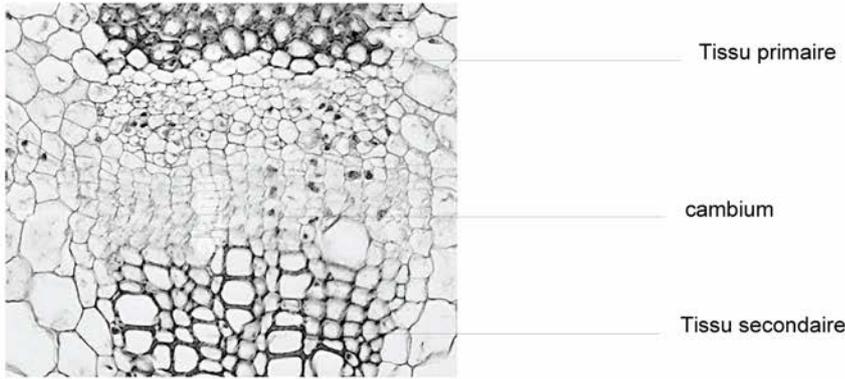


Figure 12 : Morphologie d'un rameau ligneux

Figure 13 : À gauche : bourgeon de lilas (macro). À droite bourgeon de lilas. © MO

Tous les tissus secondaires s'identifient grâce à la disposition radiale, alignée des cellules.



| Tissus | Figurés | Cellules | Caractéristiques | Localisation | Fonction | Microscopie carmin vert d'iode |
|--------------------------------------|---------|---|---|--|--------------------------|--------------------------------|
| Méristèmes II Cambium | | Cellules méristématiques | Non Isodiamétriques mais rectangulaires « aplaties » paroi pectocellulosique fine 2-3 assises | Entre XII et PII | prolifération cellulaire | |
| Tissus conducteurs | | - cellules des rayons | Alignées horizontalement alignement radial | Face interne du cambium (vers centre organe) | réserve | |
| | | - fibres C morte | Allongées verticalement petit diamètre lignifiées alignement radial | | soutien | |
| | | - élément conducteur (V. ponctué) C morte | Allongées verticalement alignement radial lumière large paroi lignifiée (impermeable) | | Conduction sève brute | |
| Tissus conducteurs | | Cellules identiques à PI (C criblée +CC) | paroi pectocellulosique fine alignement radial | Face externe du cambium (vers périphérie organe) | conduction sève élaborée | |
| Méristèmes II Phellogène | | Cellules méristématiques | 2-3 assises ressemblent C cambiales | En périphérie des organes âgés | prolifération cellulaire | |
| Tissu de revêtement Suber = liège | | Cellules mortes remplies d'air | paroi imprégnée de subérine (impermeable) | En périphérie des organes âgés | protection | |

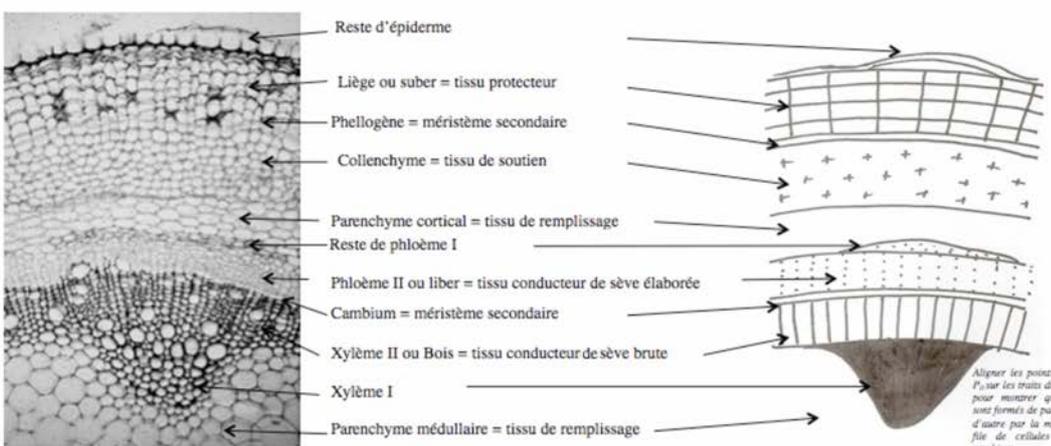


Figure 14 : tissus secondaires

| Figurés conventionnels des tissus végétaux | | | |
|--|--|------------|--|
| Épiderme | | Phloème I | |
| Péricycle | | Phloème II | |
| Cambium | | Xylème I | |
| Parenchyme | | Xylème II | |
| Sclérenchyme | | Suber | |
| Collenchyme | | | |
| Endoderme | | | |

Figure 15 : figurés conventionnels