Document téléchargeable sur le site
https://www.svt-tanguy-jean.com/

Lycée Valentine LABBÉ
41 rue Paul DOUMER – BP 20226
59563 LA MADELEINE CEDEX
CLASSE PRÉPARATOIRE TB
(Technologie & Biologie)

ENSEIGNEMENT DE SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE (SVT)
°° SCIENCES DE LA VIE °°

Partie 2. L'organisme, un système en interaction avec son environnement
>> Travaux pratiques <<

TP 2.5.

Morphologie, anatomie et histologie des Angiospermes

Objectifs : extraits du programme

Séance(s)	Connaissances clefs à construire, commentaires, capacités exigibles
Morpho-anatomie des Angiospermes (4 séances)	- élaborer le plan d'organisation d'un végétal angiosperme à partir d'observations morphologiques et anatomiques. - réaliser des coupes histologiques colorées. - mettre en évidence la diversité histologique de l'appareil végétatif (structures primaire et secondaire). On étudiera à cette occasion l'organisation des surfaces spécialisées dans les échanges (racines, feuilles) Seule l'organisation anatomique d'un végétal angiosperme dicotylédone est exigible.

Capacités exigibles	✓ **Élaborer** le plan d'organisation d'un végétal angiosperme à partir d'observations morphologiques et anatomiques. ✓ **Réaliser** des coupes histologiques colorées. ✓ **Mettre en évidence** la diversité histologique de l'appareil végétatif (structures primaire et secondaire). *On étudiera à cette occasion l'organisation des surfaces spécialisées dans les échanges (racines, feuilles).* *Seule l'organisation anatomique d'un végétal angiosperme dicotylédone est exigible.*

Introduction

Les **Angiospermes** [Magnoliophyta] forment le groupe actuellement **le plus diversifié** (**plus de 250 000 espèces connues**) d'organismes chlorophylliens. Elles appartiennent à la Lignée verte, au groupe des Chlorobiontes et plus précisément à l'ensemble des **Embryophytes** ou **Plantes terrestres** (caractérisées notamment par les caractères dérivés suivants : présence d'un **embryon pluricellulaire** se développant sur la plante-mère, présence d'une **cuticule** protégeant de la **déshydratation**, présence de **sporopollénine**…).

Voir les **TP sur la diversité des végétaux** :
- TP 5.3. Biodiversité et phylogénie des **organismes photosynthétiques**
- TP 5.4. Biodiversité des **Angiospermes**

Les **Angiospermes** (du gr. *angeion*, vase, et *sperma*, graine : ***plantes dont les graines sont enfermées dans un fruit***) sont notamment caractérisées par la **présence de fleurs vraies** et l'existence d'un **fruit entourant la graine** (par opposition aux **Gymnospermes** à **graine nue** du gr. *gymnos*, nu).

Voir :
- Le cours consacré à la **reproduction des Angiospermes** (chapitre 14)
- Le TP consacré à la **reproduction sexuée des Angiospermes** (TP 3.2.)

L'objectif de ce TP est de **comprendre l'organisation** des **Angiospermes**, notamment d'un point de vue **morphologique** par l'observation externe de **l'appareil végétatif** mais aussi d'un point de vue **anatomique** et **histologique** en réalisant et observant des **coupes d'organes végétaux**.

Voir :
- Le complément BIO4 consacré aux **tissus végétaux**
- Le complément BIO5 consacré à la **morphologie des Angiospermes**

*On ne traitera pas ici des **organes de réserve** (**graines**, organes impliqués dans le **passage de la mauvaise saison** et/ou la **reproduction asexuée**).*
Ceux-ci seront l'objet du TP 2.7. (Les organes de réserve chez les Angiospermes)

Ce TP et tous les autres consacrés aux Angiospermes viennent bien entendu en appui des cours qui leur sont consacré, notamment les chapitres 11 (Les Angiospermes, organismes autotrophes à vie fixée), 12 (Les Angiospermes et le passage de la mauvaise saison), 14 (La reproduction des Embryophytes : l'exemple des Angiospermes) et 18 (Le développement post-embryonnaire des Angiospermes).

Comment l'étude des Angiospermes nous permet-elle d'en comprendre l'organisation morpho-anatomique ?

I. Étude morphologique de l'appareil végétatif des Angiospermes

Textes et figures extraits de SEGARRA et al. (2014), sauf précision contraire

Activité 1. Organisation macroscopique des tiges, racines et feuilles

Comment s'organisent les tiges, racines et feuilles d'Angiospermes ?

Savoirs à construire	Organisation des tiges, racines, feuilles et bourgeons

Savoir-faire sollicités	Capacité ou attitude visée	Évaluation
	Maîtriser un outil, un geste technique, un logiciel ➢ Loupe binoculaire	

- **Observation macroscopique** d'organes végétaux variés : plants entiers, rameaux, bourgeons (Choux de Bruxelles à couper longitudinalement)…
- ***Vous devez utiliser et maîtriser le complément 5 sur la morphologie végétale.***

Pistes de réflexion et d'exploitation
***Complétez** les légendes des figures 1-17.*

A. Les racines (rôle d'ancrage et d'absorption)

La morphologie de l'appareil racinaire

Chez certaines plantes, comme le pissenlit (figure TP4.2a, B), on distingue une racine principale aussi appelée **pivot**, issue du développement de la radicule (racine embryonnaire). Ce pivot, toujours dominant, permet un ancrage en profondeur. La racine principale se ramifie latéralement en racines secondaires plus courtes, qui se ramifient elles aussi. C'est le **système pivotant**.

Pour d'autres, comme le blé (figure TP4.2a, A), les quelques racines issues de la radicule coexistent avec des racines formées sur la base de la tige et appelées racines **adventives**. Ces dernières deviennent toutes d'importance équivalente, et assurent un ancrage superficiel. C'est le **système fasciculé**. Ce système peut aussi dériver du développement important de racines secondaires (cas du haricot).

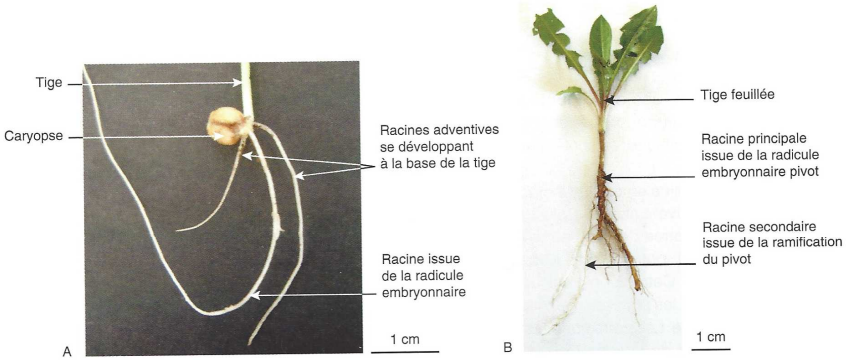


Figure TP4.2a
Les systèmes fasciculé et pivotant

A. Le plant de blé, observé une semaine après la germination, présente déjà des racines adventives dont le développement est équivalent à celui de la racine issue de la radicule.
B. L'appareil racinaire du plant de pissenlit est clairement organisé autour d'une racine principale.

FIGURE 1. Morphologie des racines. D'après SEGARRA *et al.* (2015).

Les surfaces d'absorption hydrominérale

L'observation à la loupe binoculaire de l'**apex** (extrémité) d'une jeune racine montre, de la pointe de la racine vers sa base :

- la **coiffe**, capuchon de cellules aux parois gélifiées, qui protège le méristème apical racinaire et facilite la pénétration dans le sol ;
- la **zone lisse**, claire, correspondant à la zone de croissance des cellules produites par le méristème ;
- la **zone pilifère**, garnie de poils absorbants permettant l'**absorption racinaire** ;
- la **zone subéreuse**, brune ou grise, recouverte d'une couche imperméable (cellules à parois subérifiées), siège de l'apparition de racines secondaires

L'observation d'une coupe transversale colorée de racine effectuée dans la zone pilifère montre que le tissu de surface, le rhizoderme, est constitué d'**une seule couche de cellules** à parois colorées en rose donc **pectocellulosiques**, dont beaucoup possèdent un prolongement cytoplasmique : ce sont les **poils absorbants** (figure TP4.2c).

Celui qui traverse verticalement la photographie montre qu'ils peuvent atteindre plusieurs centaines de micromètres de longueur (voire quelques millimètres), pour un diamètre qui reste très fin (20 µm). Cette zone particulière du rhizoderme portant les poils absorbants est appelée **assise pilifère**. Les **poils absorbants** sont formés au début de la zone pilifère, au niveau de la transition avec la zone lisse ; ils apparaissent flétris à l'autre extrémité de la zone pilifère, là où ils régressent. La zone pilifère garde la même longueur au fur et à mesure de la croissance de la racine et reste à une distance constante de l'apex.

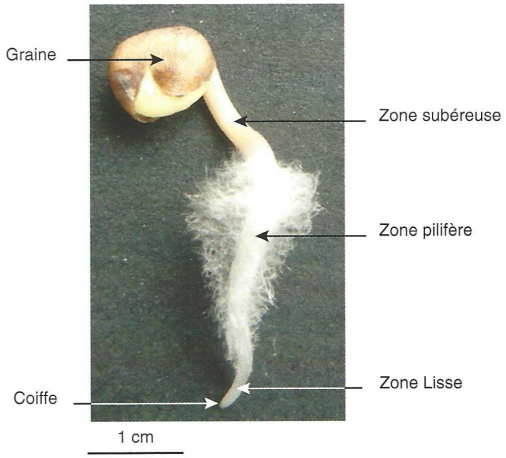


Figure TP4.2b
Apex racinaire d'un très jeune plant de radis

La racine principale est observée 4 jours après la germination.

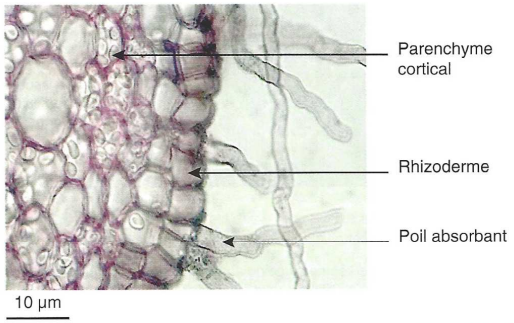


Figure TP4.2c
Détail d'une coupe transversale de racine de renoncule

La coupe est réalisée dans la zone pilifère et colorée au carmino-vert. Des grains d'amidon sont encore visibles dans certaines cellules du parenchyme cortical.

FIGURE 2. Racines et absorption racinaire. D'après SEGARRA *et al.* (2015).

Les racines s'associent à des champignons pour former des mycorhizes. Ces associations à bénéfices réciproques (symbiose) augmentent la capacité d'exploitation du sol.

Les ectomycorhizes sont caractérisées par un réseau externe de filaments mycéliens formant un manteau autour du cortex racinaire. Les filaments s'introduisent entre les cellules corticales qui constituent la zone d'échange entre les deux organismes.

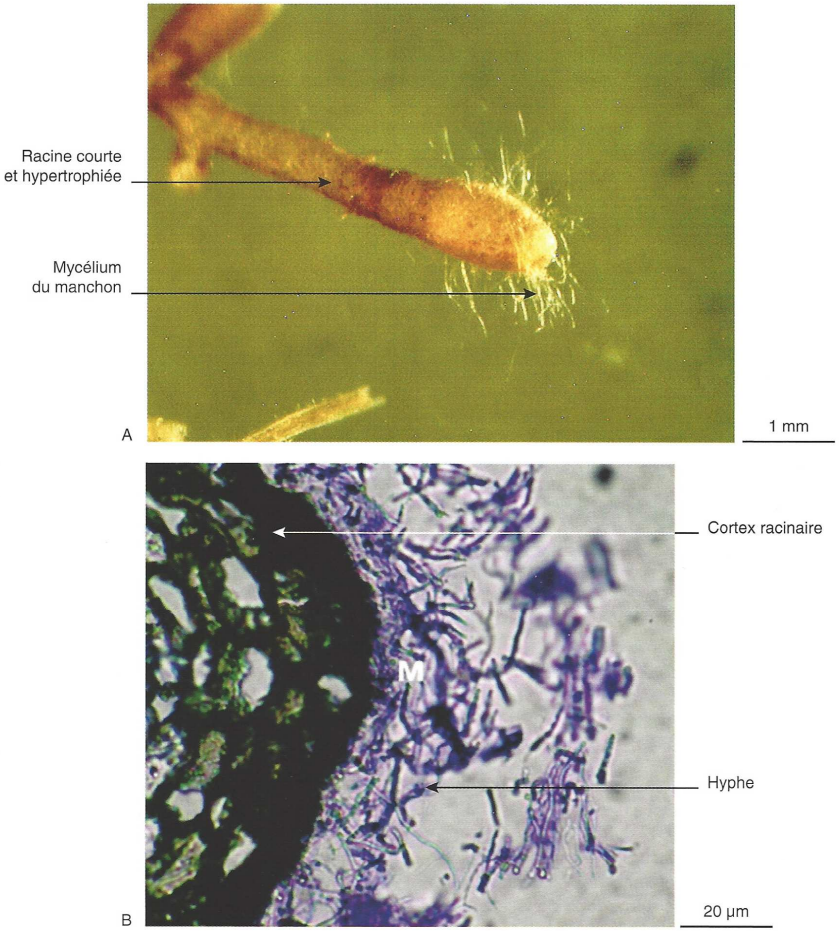


Figure TP 4.2d
Observation microscopique d'ectomycorhizes

A. L'observation à la loupe binoculaire montre l'association entre des racines courtes et hypertrophiées d'un chêne pubescent et le champignon mycorhizien *Tuber melanosporum* (cliché : F. Serre).
B. Une coupe de racine de pin parasol associé au champignon mycorhizien *Pisolithus arhizus*, colorée au bleu coton lactique, met en évidence le manteau (M) formé d'hyphes autour des tissus racinaires (d'après Ragonezi A. *et al.* (2013) Braz J Microbiol **44**, 657-664).

FIGURE 3. Racines et ectomycorhizes. D'après SEGARRA *et al.* (2015).

B. L'appareil caulinaire (rôles photosynthétique et reproducteur)

1. Organisation d'une tige herbacée (axe dressé porteur des autres organes)

Organisation générale de l'appareil végétatif d'une angiosperme

Les angiospermes adultes sont des végétaux fixés. Leur immobilité impose de n'exploiter que les deux milieux de vie avec lesquels ils sont directement en contact : une **fraction du sol**, par l'appareil racinaire ; l'**atmosphère**, par l'appareil caulinaire. Il existe des exceptions : angiospermes aquatiques (exemple : l'élodée) ; angiospermes épiphytes (exemples : certaines orchidées) ou parasites (exemple : le gui), vivant sur une autre angiosperme et n'étant donc pas en contact avec le sol.

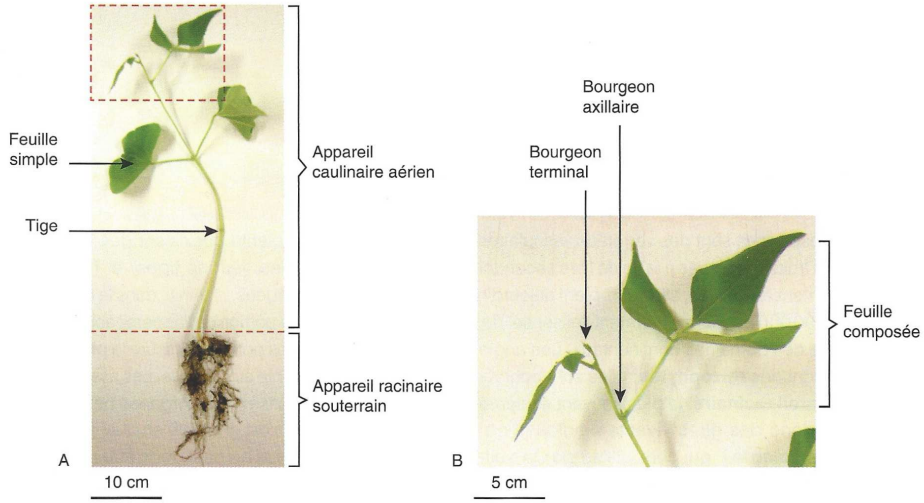


Figure TP 4.1a
Morphologie d'un plant de haricot

A. Vue générale. Le carré indique la localisation de l'agrandissement du cliché B.
B. Extrémité de l'appareil caulinaire.

L'appareil **racinaire** regroupe un ensemble de racines qui permettent l'ancrage dans le sol et l'absorption hydrominérale. La **rhizosphère** est la zone de contact entre l'appareil racinaire et le sol.
L'appareil **caulinaire** est constitué d'une tige allongée cylindrique, portant deux types d'organes :
- des **feuilles**, organes où se déroulent les réactions photosynthétiques et qui sont les principales zones d'échanges de gaz et d'eau avec l'atmosphère ;
- des **bourgeons**, responsables de la croissance en longueur et de la ramification de la tige, ainsi que de la formation des feuilles.

FIGURE 4. Angiospermes herbacée complète montrant la tige et les organes qu'elle porte.
D'après SEGARRA *et al.* (2015).

2.Organisation et croissance d'un rameau ligneux

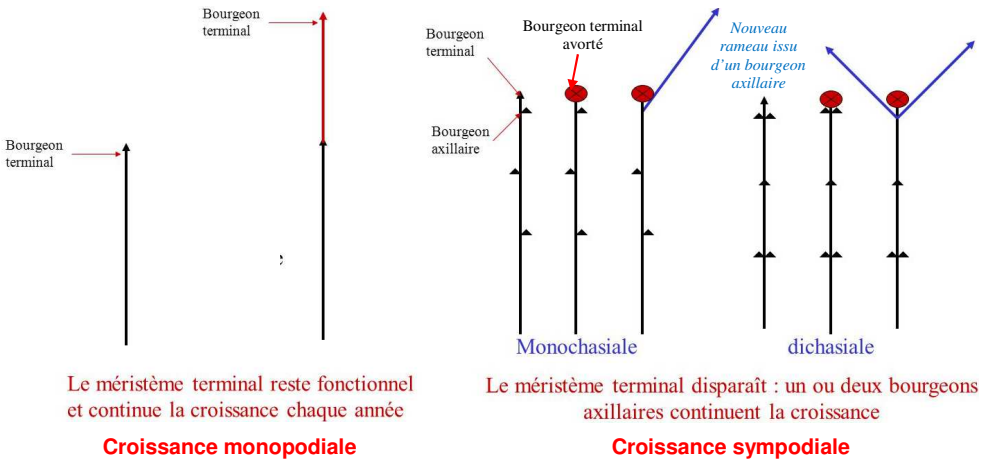


FIGURE 5. Croissances monopodiale vs. sympodiale d'un rameau.
http://slideplayer.fr/slide/3219764/ (consultation août 2017)

- On distingue **3 modes de croissance** :
  - **Tiges à croissance monopodiale** (ex : le Hêtre et le Chêne) [figures 6-7]. ***À la fin de l'hiver, le bourgeon terminal reprend son activité***. Les unités de végétation successives ont toutes été ***produites par le même bourgeon terminal***.
  - **Tiges à croissance sympodiale monochasiale** (ex : Tilleul, Châtaignier, Charme) [figures 6 et 8-9]. ***Le bourgeon terminal meurt après avoir fonctionné une saison***. Il est ***remplacé par le bourgeon axillaire situé juste en-dessous***. Celui-ci se redresse et se retrouve ainsi dans le prolongement de la tige. Il construit l'année suivante un ***nouveau rameau dans le prolongement de celui de l'année précédente***, puis il **avortera** à son tour.... Les unités de végétation successives ont donc été ***produites par des bourgeons différents***.
  - **Tiges à croissance sympodiale dichasiale** (ex. Lila, Marronnier) [figures 10-11]. Dans certains cas, ***les 2 bourgeons axillaires se développent symétriquement***. L'appareil végétatif est alors constitué d'un ***assemblage de fourches***.

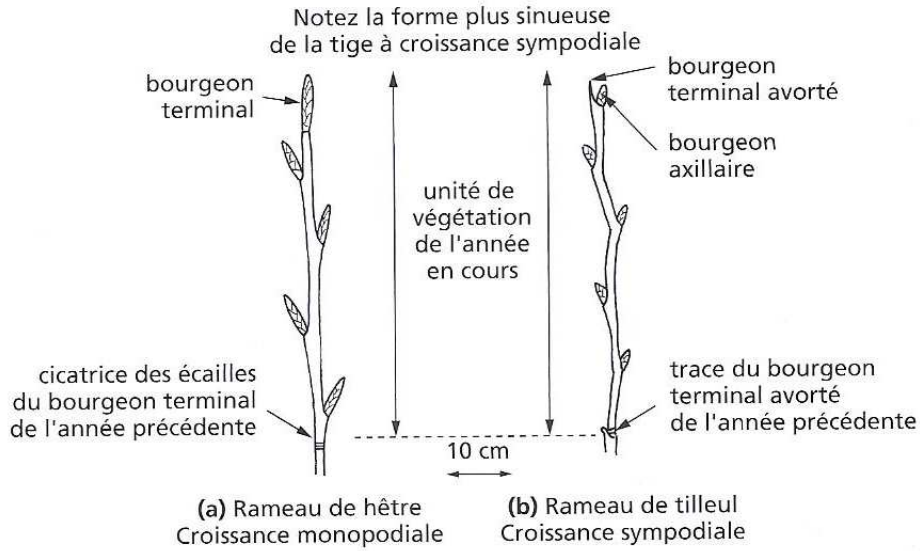


FIGURE 6. Croissance monopodiale vs. sympodiale monochasiale.
D'après PEYCRU *et al.* (2010a).

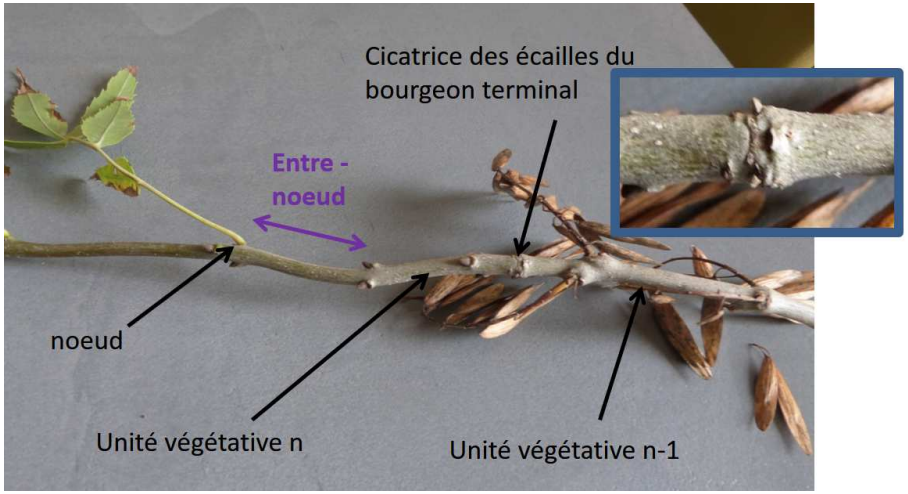


FIGURE 7. Croissance monopodiale : exemple du Frêne.
Cliché B. DUTRIEUX (Montpellier 34).

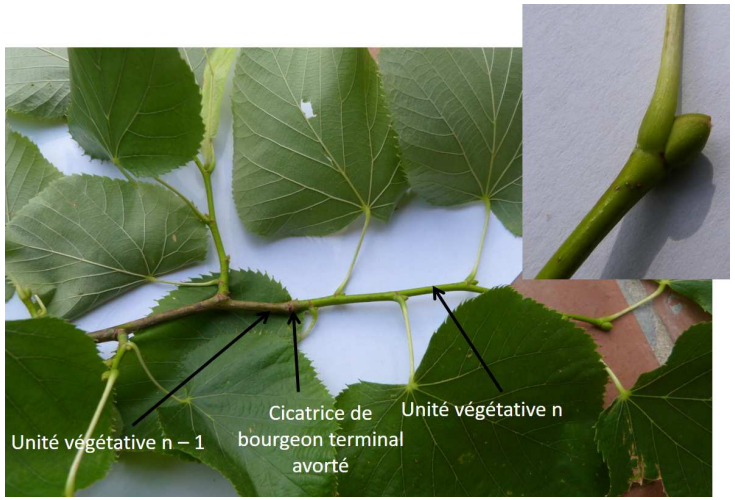


FIGURE 8. Croissance sympodiale monochasiale : exemple du Tilleul.
Cliché B. DUTRIEUX (ATS Bio, LEGTA de l'Hérault, Montpellier 34).

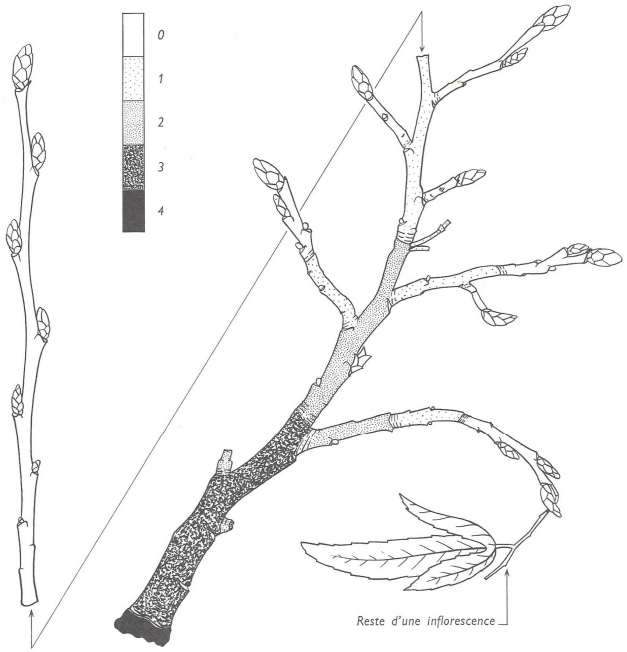


FIGURE 9. Rameau de Charme (croissance sympodiale monochasiale). D'après VINCENT (1964).

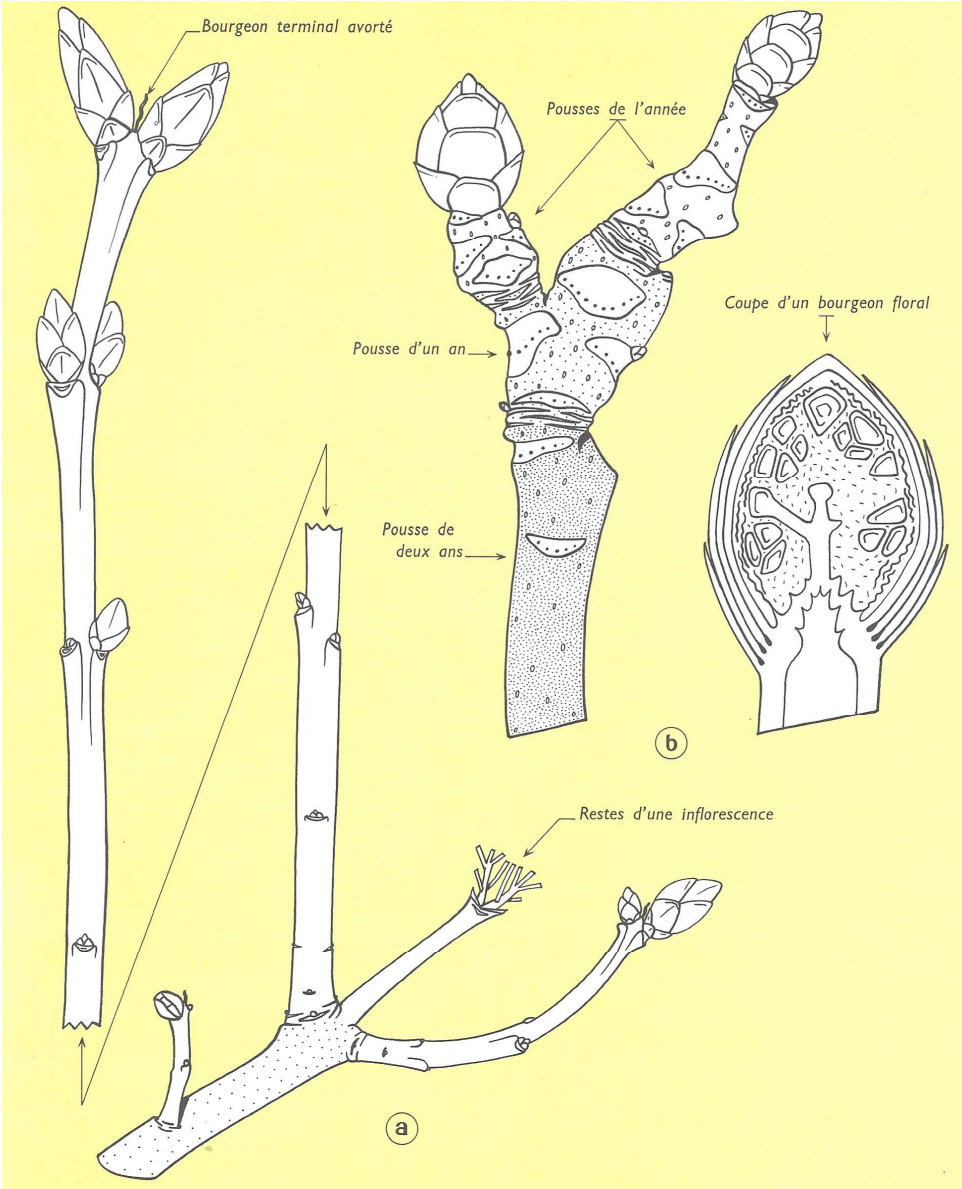
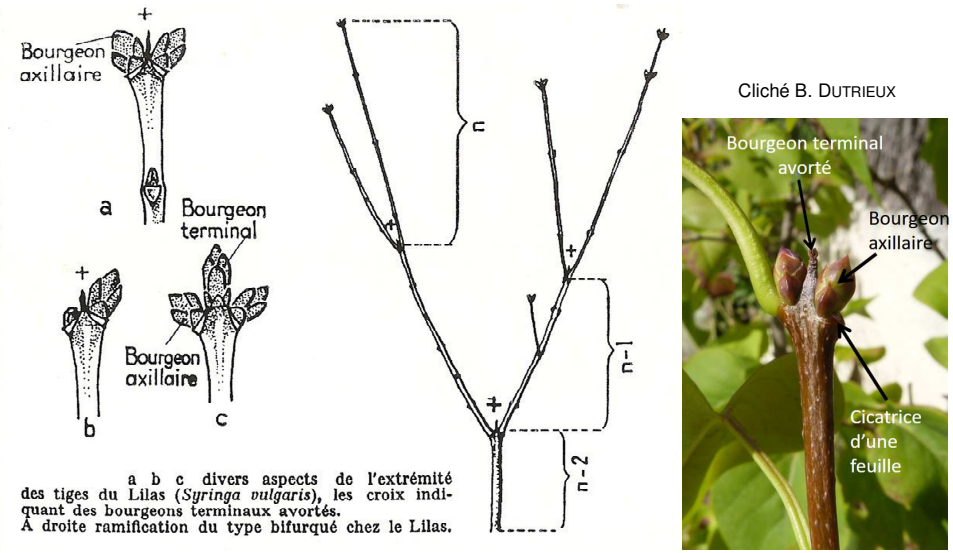


FIGURE 10. Rameau de Lila (a) et Maronnier (b). D'après VINCENT (1964).



a b c divers aspects de l'extrémité des tiges du Lilas (*Syringa vulgaris*), les croix indiquant des bourgeons terminaux avortés.
A droite ramification du type bifurqué chez le Lilas.

FIGURE 11. <u>Croissance sympodiale dichasiale</u> (ex. Lila). D'après CAMEFORT (1977).

3. Organisation des bourgeons (rôle de croissance en longueur)

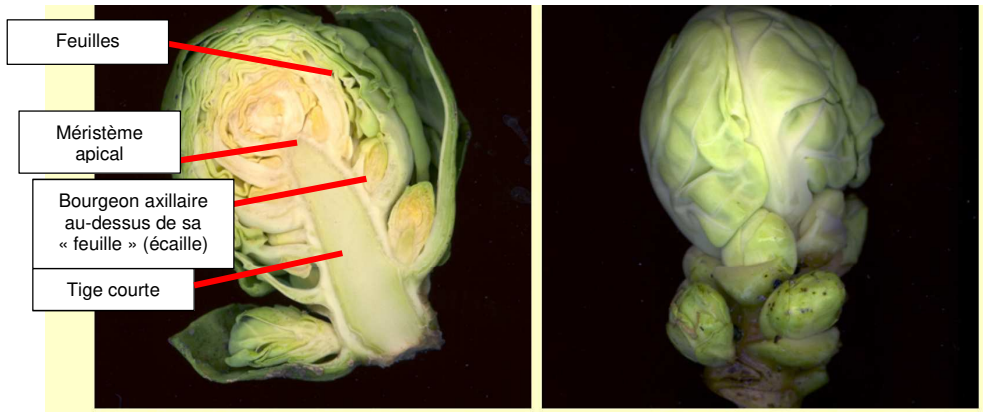
a. Étude d'un cas d'école de bourgeons herbacé : le bourgeon du Chou de Bruxelles

- Le Chou de Bruxelles est une variété (var. *gemnifera*) du Chou commun (*Brassica oleracea* L., Brassicacées). La sélection a permis dans ce cas le **développement exagéré des bourgeons axillaires** (figure 12). La tige produit ainsi de nombreux petits choux miniatures qui sont consommés avec **des bourgeons dans les bourgeons**… Cela traduit l'idée que chaque **bourgeon** est e***n puissance une tige miniature avec un méristème terminal*** (figure 13).

Tige de Chou de Bruxelles avec ses bourgeons.

Détail des bourgeons de Chou de Bruxelles à l'aisselle des feuilles.

FIGURE 12. D'où viennent les Choux de Bruxelles ?
http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/Marche/chouBruxelles.htm (consultation novembre 2015)



Chou de Bruxelles coupé longitudinalement.

Chou de Bruxelles effeuillé.

Alors que chez les Choux à feuilles, la tige reste courte avec une rosette de feuilles jusqu'à la montée de l'inflorescence, chez le chou de Bruxelles, la tige s'allonge et les feuilles se séparent. Les bourgeons axillaires de ces feuilles se développent alors de manière exagérée.

FIGURE 13. <u>Organisation d'un Chou de Bruxelles</u>.
http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/Marche/chouBruxelles.htm (consultation novembre 2015)

b. Organisation des bourgeons ligneux

- Dans les organismes lignifiés, on trouve des **bourgeons variés** dont certains sont aptes à passer la mauvaise saison (figure 14 qui illustre la **diversité possible de bourgeons**, y compris les bourgeons floraux). Les **écailles des bourgeons passant la mauvaise saison** sont souvent **sclérifiées** (riches en tanins, lignines…) et recouverte d'une ***substance cireuse imperméabilisante et protectrice***, la **propolis**. On peut en outre y trouver une ***sorte de coton filamenteux cellulosique qui protège contre le froid*** nommé **bourre** (figure 15). Notez qu'on appelle **débourrement** la ***germination d'un bourgeon à la belle saison*** (figure 16).

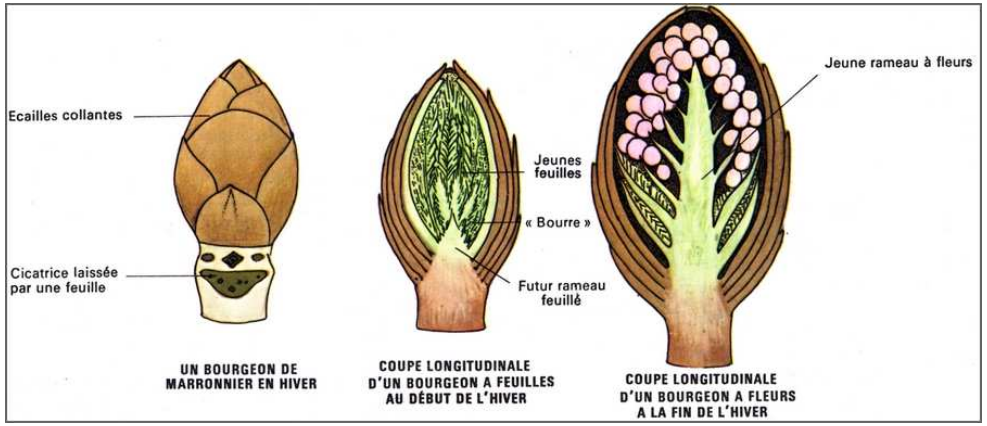


FIGURE 14. Bourgeons de Marronnier *Aesculus hippocastanum* (Hippocastanaceae).
http://eric.bessoudcavillot.free.fr/6eme/TH2/6th2_chap1_cours.htm (nov. 2015)

FIGURE 15. Bourgeon d'hiver de Marronnier coupé longitudinalement.
© Académie de Dijon

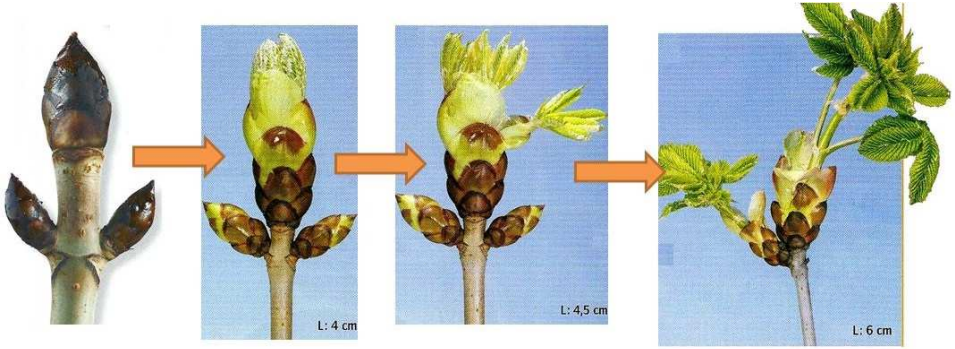


FIGURE 16. Débourrement et évolution précoce d'un bourgeon de Marronnier au printemps.
http://mrsedansvt.com/chapitre-1-occupation-du-milieu-au-cours-des-saisons/ (consultation août 2017)

4. Organisation des feuilles (rôle photosynthétique) et leur disposition sur la tige (= phyllotaxie)

Les feuilles des angiospermes sont des organes aplatis à **symétrie bilatérale**, intervenant dans l'assimilation chlorophyllienne et les échanges gazeux avec l'atmosphère. Leur durée de vie varie entre quelques mois et quelques années.

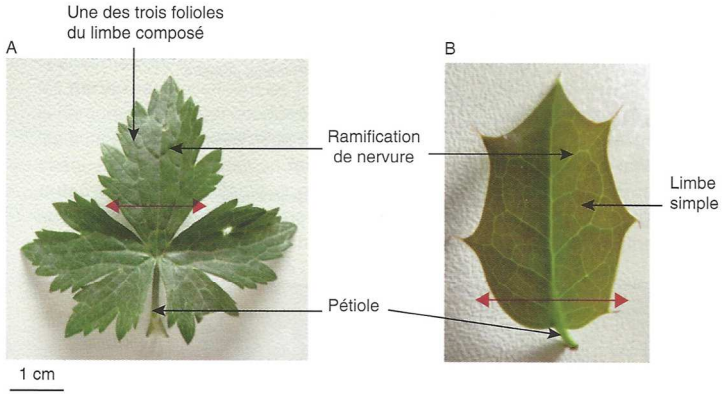


Figure a
A. Feuilles de renoncule
B. Feuilles de houx

Le limbe de la feuille de houx est simple, celui de la renoncule est composé de folioles grossièrement dentées.

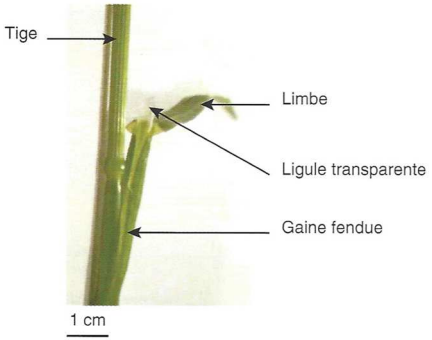


Figure TP b
Feuille de dactyle

La feuille a été tirée vers la droite de façon à dégager la gaine qui entoure normalement la tige.

Les feuilles (figure TP a) comportent un **limbe** relié à la tige par un **pétiole** portant parfois de part et d'autre de la tige deux **stipules** (petites lames foliacées). Les nervures sont très ramifiées et la **nervation** (disposition relative des nervures) est donc rarement parallèle. Le limbe peut être :

- **simple** (cas classique, avec ou sans stipules).
- **composé** (plusieurs limbes élémentaires appelés **folioles**, les stipules et le bourgeon axillaire se situant à la base de la feuille entière).

La feuille de dactyle est **sessile** (sans pétiole), possède un limbe rubané (en ruban) à nervation **parallèle** (figure TP b). Les gaines, très développées et souvent fendues, sont emboîtées les unes dans les autres et portent une **ligule** transparente.

FIGURE 17. Morphologie des feuilles. D'après SEGARRA *et al.* (2015).

Encadré A Les feuilles et la phyllotaxie : une vue d'ensemble

D'après GODINOT et al. (2010) [Numérotation originelle des figures conservée]

Quelles sont les caractéristiques générales des feuilles ?

Une feuille comporte typiquement un limbe, un pétiole, des stipules et un ou plusieurs bourgeons axillaires (*cf.* Fig. 6). Elle a une croissance définie dans le temps (ce n'est pas un organe pérenne). Le *limbe* est une lame chlorophyllienne aplatie de forme très variée et parcourue de nervures dont la disposition est également variable d'une plante à l'autre. Le *pétiole* est l'intermédiaire entre la tige et le *limbe. Les stipules* sont de petits appendices verts et membraneux présents à la base du pétiole (ex. pois), mais qui sont absents ou réduits chez de nombreuses espèces.

Quelles sont les caractéristiques des feuilles de Monocotylédones ?

Les feuilles de Monocotylédones (Fig. 4) présentent moins de diversité que celles des Dicotylédones. Elles présentent généralement un *limbe entier* (Fig. 7) à *nervation parallèle* et leur *base engainante* est insérée au niveau d'un nœud de la tige. Elles n'ont pas de pétiole (feuilles *sessiles*).

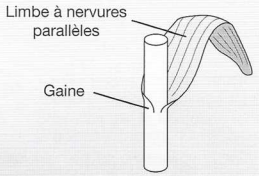


Figure 4
Feuille de Monocotylédone (ex. tulipe).

Savoir décrire les feuilles de Dicotylédones

Conseils méthodologiques

La morphologie des feuilles est l'un des critères retenus pour l'identification des espèces de Dicotylédones. Pour décrire une feuille de Dicotylédone, six critères sont à prendre en compte.

- **La disposition des feuilles sur la tige** (*phyllotaxie*, Fig. 5) : selon le nombre de feuilles par nœud, on distingue les *feuilles alternes* (une seule feuille par nœud, ex. orme), *opposées* (deux feuilles par nœud, ex. troène), *opposées décussées* (deux feuilles par nœud et angle de 90° d'un nœud à l'autre, ex. lilas) ou *verticillées* (au moins trois feuilles par nœud, ex. gaillet).

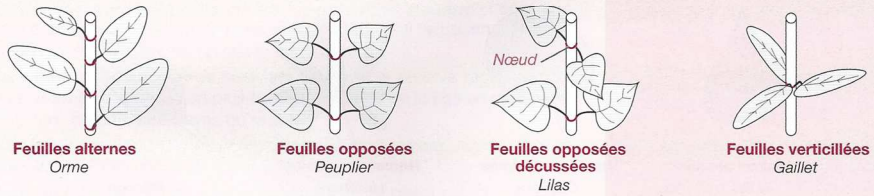


Figure 5
Arrangement des feuilles de Dicotylédones sur les tiges.

- **Le pétiole** : on distingue les feuilles *pétiolées* (présence d'un pétiole, ex. aulne) des feuilles *sessiles* (absence de pétiole, ex. chêne). Le pétiole peut éventuellement être engainant. Observez également la présence ou l'absence de *stipules*.
- **Une éventuelle subdivision du limbe** (Fig. 6) : on distingue les feuilles simples (limbe d'un seul tenant) des feuilles composées (limbe découpé en *folioles* autour d'une nervure principale, le *rachis*).

Ne confondez pas *feuille* et *foliole*. Pour les distinguer, repérez s'il y a ou non des bourgeons axillaires à la base des feuilles : seules les feuilles en possèdent.

Le pétiolule est le pétiole particulier de chaque foliole d'une feuille composée.

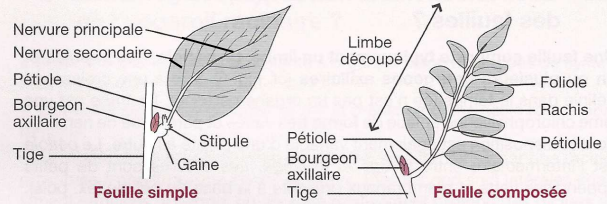
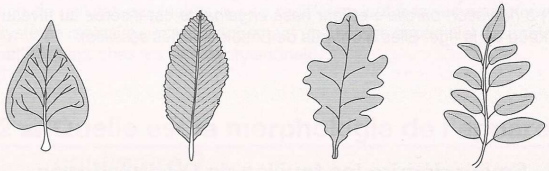


Figure 6

Morphologie d'une feuille simple et d'une feuille composée de Dicotylédones.

• **Les bords du limbe** (Fig. 7) : on distingue les limbes *entiers* (bords lisses), *dentés*, *lobés* ou *découpés*.



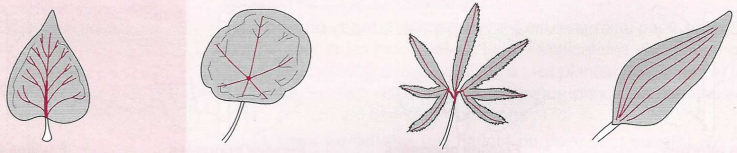
Entier *Lilas* — **Denté** *Chataignier* — **Lobé** *Chêne* — **Découpé** *Robinier*

Figure 7

Les différents types de limbe de Dicotylédones.

Attention, il existe également quelques Dicotylédones présentant une nervation parallèle, comme le plantain par exemple (Fig. 8).

• **La nervation** (disposition des nervures sur le limbe, Fig. 8) : on distingue les feuilles à nervation *pennée* (nervures secondaires disposées de part et d'autre de la nervure principale), *palmée* (toutes les nervures partent de l'extrémité du pétiole) ou *pédalée* (trois nervures partent de l'extrémité du pétiole et portent des nervures latérales orientées vers la base de la feuille).



Nervation pennée *Lilas* — **Nervation palmée** *Capucine* — **Nervation pédalée** *Hellébore* — **Nervation parallèle** *Plantain*

Figure 8

Les différents types de nervation des feuilles de Dicotylédones.

• **Les éventuelles particularités** : repérez également la présence de *poils*, d'une *couleur particulière*, d'*épaississements*, de *vrilles* (organes permettant l'accrochage des plantes grimpantes à leur support ; ex. pois)…

II. Étude histologique et anatomique de l'appareil végétatif des Angiospermes

A. Coupes transversales

Activité 2. Organisation histologique et anatomique des Angiospermes en coupes transversales

Comment s'organisent anatomiquement les tiges, racines et feuilles d'Angiospermes ?

Savoirs à construire	Organisation des tiges, racines et feuilles

	Capacité ou attitude visée	**Évaluation**
Savoir-faire sollicités	Maîtriser un outil, un geste technique, un logiciel ➢ Coupe végétale ➢ Coloration ➢ Microscope optique	
	Communiquer par un dessin, un schéma, un tableau, un graphe… ➢ Schéma en figurés conventionnels	
	Sélectionner des informations utiles dans un support ➢ Diagnose histologique botanique	

- **Observation microscopique** d'organes végétaux variés à disposition.
- **Réalisation** de coupes transversales d'organes variées à observer au MO.
- **Production** de schémas en figurés conventionnels.
- **Production** de diagnoses d'identification des principaux organes en coupe transversale.
- ***Vous devez utiliser et maîtriser le complément 4 sur l'histologie végétale.***

Pistes de réflexion et d'exploitation
***Complétez** l'annexe proposée pour les coupes transversales.*

1. Racines primaires (Mono- et Eudicotylédones)
2. Racines secondaires (Eudicotylédones)
3. Tiges primaires (Mono- et Eudicotylédones)
4. Tiges secondaires (Eudicotylédones)
5. Limbes de feuilles (Mono- et Eudicotylédones)
6. Pétioles de feuilles (Eudicotylédones)

Utilisation des clichés couleur en annexe + de l'annexe à compléter

B. Coupes longitudinales de zones de croissance apicale (méristèmes primaires)

Activité 3. Organisation des méristèmes primaires apicaux

Comment s'organisent anatomiquement les tiges, racines et feuilles d'Angiospermes ?

Savoirs à construire	Organisation des tiges, racines et feuilles

	Capacité ou attitude visée	Évaluation
Savoir-faire sollicités	Maîtriser un outil, un geste technique, un logiciel ➢ (Coupe végétale) ➢ (Coloration) ➢ Microscope optique	

- **Observation microscopique** de coupes longitudinales du commerce ou faites à la main (et colorées avec un colorant nucléaire) dans des apex de racines et tiges primaires.
- ***Vous devez utiliser et maîtriser le complément 4 sur l'histologie végétale.***

Pistes de réflexion et d'exploitation
***Complétez** des légendes des figures 18-19.*

1. Apex racinaire et MAR (méristème apical racinaire)

- Étude d'**apex racinaires** de Jacinthe ou d'Oignon en CL (figure 18 + encadré B). *Ceux-ci peuvent être préparés à la main et colorés avec un colorant nucléaire.*

Encadré B Organisation d'un méristème apical racinaire (MAR)

Structuration globale de la terminaison racinaire

Schématiquement, il apparaît qu'une **terminaison de racine typique** s'organise de cette manière (figure 18) :
° Au niveau le plus apical, une **coiffe** qui comprend des ***cellules se désquamant (et donc fréquemment renouvelées) assurant la protection du méristème et la pénétration de la racine en croissance dans le sol.*** Ses fonctions sont les suivantes :
°° Elle forme, lors de la **croissance dans le sol**, une **protection mécanique contre la désagrégation du méristème apical caulinaire** qui pourrait intervenir s'il était au contact direct des particules du sol.
°° Elle produit une ***substance mucilagineuse visqueuse (constituée de polysaccharides essentiellement)*** qu'on nomme **mucigel** et qui **facilite la pénétration de la racine** dans le sol et peut aussi **faciliter les associations symbiotiques racinaires** avec des 'champignons' ou des Bactéries.
°° Elle possède – dans sa ***zone centrale*** nommée **columelle** – des ***cellules capables de capter l'orientation de la racine par rapport au champ de pesanteur***, ce qui est à l'origine d'un **gravitropisme positif**.
° Au niveau apical, une **zone méristématique** que nous développons dans le paragraphe suivant.
° Au niveau subapical, une **zone d'élongation cellulaire** où ***les cellules s'allongent et commencent à se différencier légèrement (fusion des vacuoles, agrandissement de la vacuole…)***.
° Puis à mesure qu'on s'éloigne, une **zone de différenciation** claire des cellules en **tissus de racines** : **rhizoderme** (avec éventuellement des **poils absorbants** dans la zone pilifère, puis **subérification** à mesure qu'on s'éloigne de l'apex), **parenchyme cortical**, **endoderme** et **péricycle**, **tissus conducteurs**, **parenchyme médullaire**…

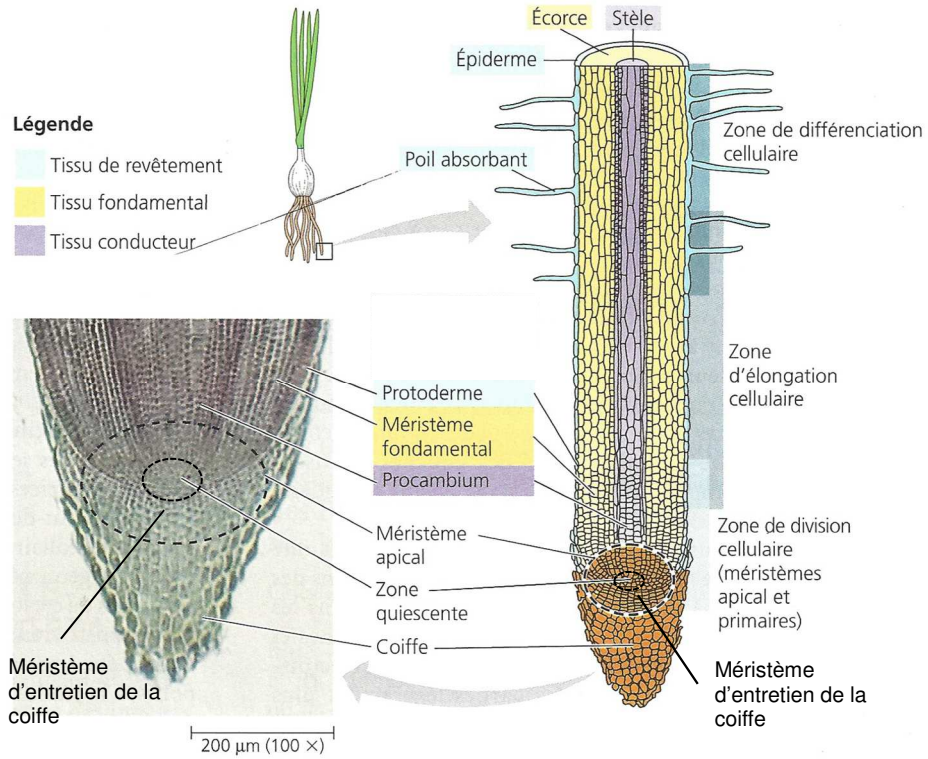


FIGURE 18. Organisation d'un apex racinaire. D'après CAMPBELL & REECE (2004).

Le méristème apical racinaire (MAR), méristème histogène qui assure la mise en place des tissus racinaires

Si l'on s'intéresse à la zone méristématique au sens large (MAR au sens large) de l'apex de racine (figure 26), on peut y trouver :
° Un **méristème d'entretien de la coiffe** qui assure un ***renouvellement très rapide des cellules de la coiffe***.
° Un **méristème apical racinaire (MAR)** au sens strict qui contient de ***nombreuses cellules en division ET un centre quiescent où l'on observe très peu de divisions*** ; ce **centre quiescent** est une ***réserve de cellules permettant la régénération du méristème en cas d'altération***.
° Un **méristème fondamental** (terme emprunté aux auteurs anglo-saxons) qui comprend des ***cellules qui conservent des caractères méristématiques et continuent de se diviser, mais commencent aussi à s'allonger et à acquérir des particularités structurales et fonctionnelles***.
° Le **protoderme**, ensemble de ***cellules méristématiques qui commencent à se différencier en rhizoderme***.
° Le **procambium**, ***précurseur des cellules conductrices***.

2. Apex caulinaire et MAC (méristème apical caulinaire)

Encadré C Organisation d'un méristème apical caulinaire (MAc)

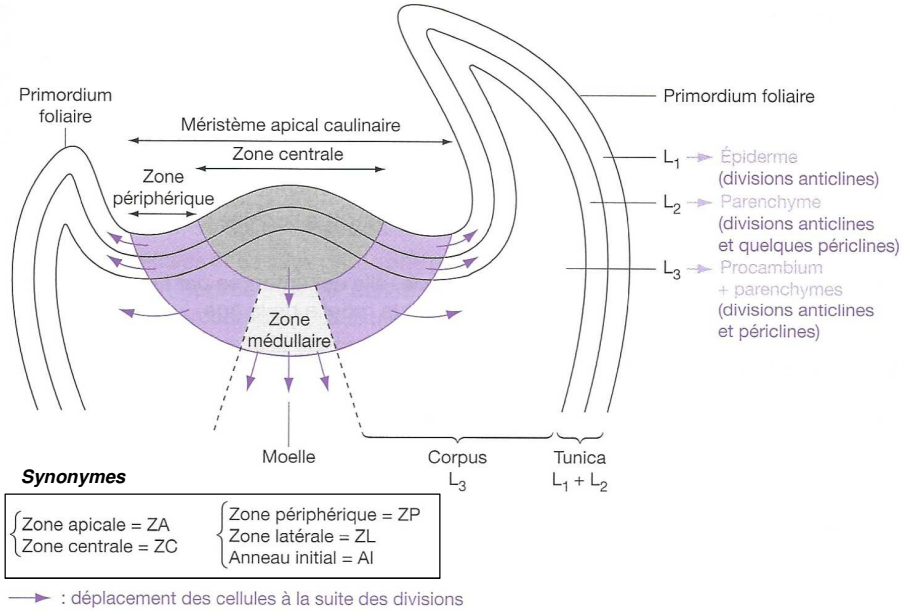


FIGURE a. La double zonation du MAC. D'après BREUIL (2007).

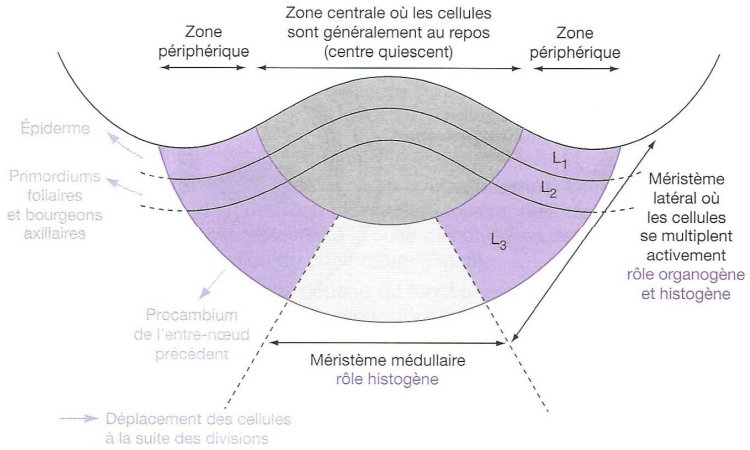


FIGURE 18. La double zonation du MAC : fonction et devenir des territoires méristématiques. D'après BREUIL (2007).

Les scientifiques ont proposé **deux zonations** du **méristème apical caulinaire** qui s'appuient sur des critères différents. Ces deux zonations **se superposent** et **se complètent** (figures a-b).

La zonation ZC/ZP/ZM

Cette première zonation est basée sur la ***fréquence des divisions*** et la ***forme des cellules***. On définit ainsi :

° La **zone centrale (ZC)** ou **zone apicale axiale (ZA)** qui comprend des ***cellules cubiques relativement vacuolisées, à faible rapport nucléocytoplasmique et à faible activité mitotique***. En raison de sa faible activité mitotique, il arrive que cette zone soit présentée comme un « **centre quiescent** ».

° La **zone périphérique (ZP)** ou **zone latérale (ZL)** qui constitue un ***anneau autour de la zone centrale*** (**anneau initial**) et comprend des ***cellules à fort rapport nucléocytoplasmique et qui se divisant activement***. Cette zone génère de l'**épiderme**, des **tissus de feuilles et de bourgeons** ainsi que du **procambium** responsable de la mise en place des **tissus conducteurs de l'entre-nœud précédent**. C'est une **zone à la fois histogène et organogène**, car elle met en place des **feuilles** et des **bourgeons**.

° La **zone médullaire (ZM)** est composée de ***files de cellules plus grandes qui produisent les parties internes de la tige, notamment le parenchyme médullaire*** : c'est une **zone histogène**.

La zonation corpus-tunica

Cette seconde zonation s'appuie un ***découpage en couches de cellules*** et l'***orientation des cloisonnements cellulaires***. On distingue :

° La ***tunica en surface dont les cloisonnements sont essentiellement anticlines***. Chez *A. thaliana*, la *tunica* comprend **deux couches de cellules** : L1 en surface, L2 juste en dessous (L = *layer*). La L1 produit **de l'épiderme** (ou plus exactement au départ, du **protoderme** = ***épiderme peu différencié***) ; la L2 produit les **tissus des primordia foliaires** et des **bourgeons axillaires**.
Les couches L1 et L2 comprennent chacune **une seule couche de cellules**.

° Le ***corpus*** (noté L3) où ***les cloisonnements ont une orientation irrégulière***. Cette couche produit notamment le **procambium** à l'origine de la **mise en place des tissus conducteurs de l'entrenœud précédent**.

La « couche » L3 comprend en réalité de multiples couches de cellules puisqu'elle englobe tout le reste du méristème.

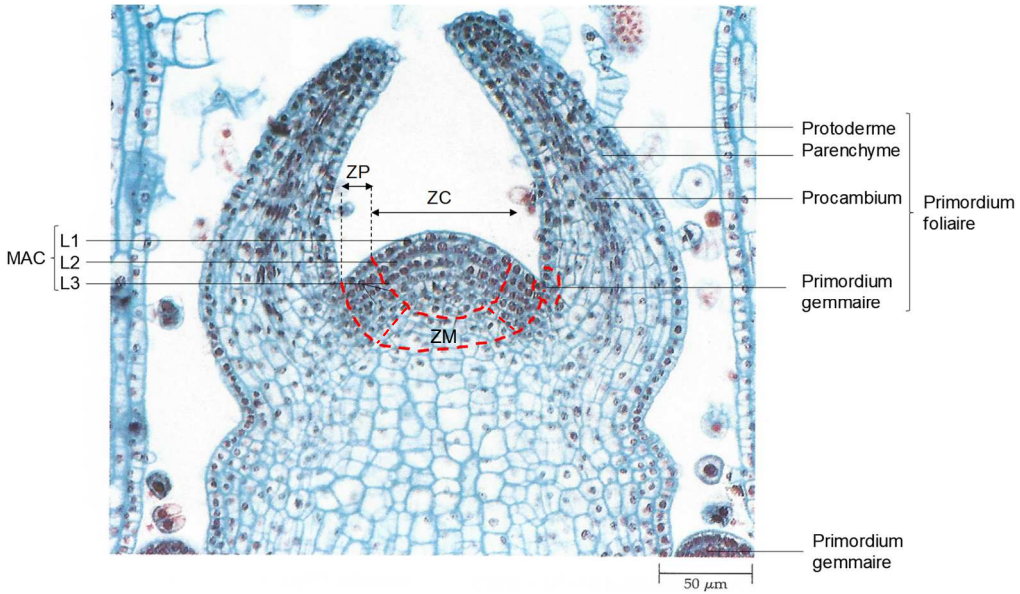


FIGURE 19. Le MAC de *Coleus* en CL (MO). D'après RAVEN *et al.* (2007b).

III. Étude histologique des tissus conducteurs (focus)

A. Préparation simple de tissus conducteurs à partir de Poireau

Activité 4. Les tissus conducteurs du Poireau

Comment l'étude microscopique d'un écrasé de feuille de Poireau met-elle en évidence les tissus conducteurs ?

Savoirs à construire	Organisation des tissus conducteurs en coupe longitudinale

	Capacité ou attitude visée	**Évaluation**
Savoir-faire sollicités	Maîtriser un outil, un geste technique, un logiciel… ➢ Préparation microscopique simple ➢ Microscope	
	Analyser, observer et raisonner	

Travail à effectuer

Écrasez entre lame et lamelle, dans une **goutte d'eau**, un petit fragment de **nervure** de **Poireau** [une Monocotylédone] **débarrassé** de ses **épidermes** supérieur et inférieur. **Observez** au microscope optique et **essayez** de **distinguer** les différents types de tissus.

*NB Quand on a le temps, on peut réaliser une **coloration au carmino-vert**.*

*Faire préalablement **bouillir les tissus** peut aussi **faciliter le prélèvement**, notamment le **décollement des épidermes** mais cela peut aussi **altérer les tissus**.*

Voir http://svt.ac-creteil.fr/archives/microsc/tiscond/acrobat/poireau_72dpi.pdf (consultation décembre 2015)

Pistes de réflexion et d'exploitation

- ***Complétez** la figure 20.*

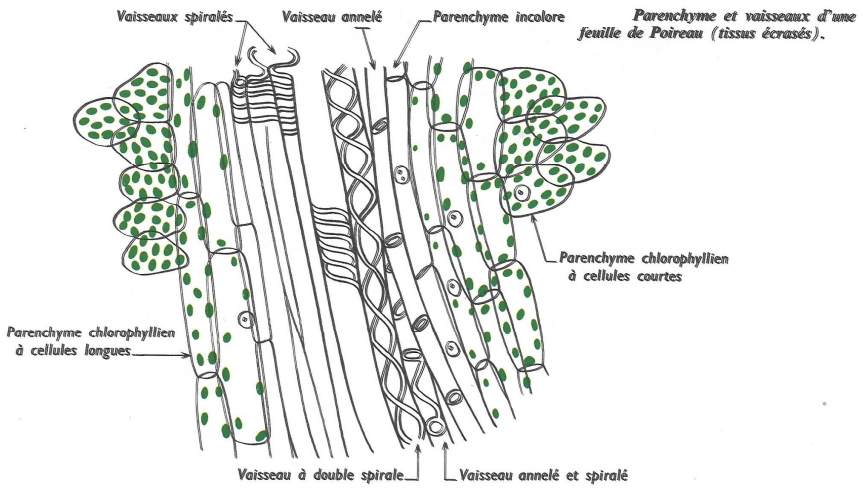


FIGURE 20. Parenchyme et cellules conductrices d'un écrasé de Poireau. D'après VINCENT (1964).

B. Étude du xylème, tissu conducteur de la sèvre brute

1. Quelques rappels théoriques synthétiques

- Il s'agit d'une reprise des aspects abordés dans le complément 4 présentés sous une autre forme. Les textes sont extraits de SEGARRA *et al.* (2015).

Le xylème : tissu conducteur de la sève brute

Le xylème primaire est constitué du **protoxylème** et du début du **métaxylème**. Le xylème secondaire ou **bois** constitue l'essentiel du métaxylème. Le xylème secondaire n'existe que dans les organes âgés de certaines angiospermes (chapitre 5 : TP 5.4).

Les éléments conducteurs

La différenciation des cellules du xylème consiste en une **mort cellulaire programmée**. Les parois transversales sont hydrolysées et il ne subsiste que les parois latérales lignifiées formant des structures pluricellulaires allongées responsables du transport de la sève brute.

Dans le protoxylème, les éléments conducteurs sont des **trachéides** : files longitudinales de cellules cloisonnées (diamètre 30 à 40 µm). Elles seront étirées et écrasées par les cellules vivantes voisines lors de la croissance en longueur et en épaisseur de l'organe. Dans le métaxylème, ce sont des **éléments de vaisseaux** : éléments sans paroi transversale (diamètre jusqu'à 300 µm) placées bout à bout. Dans le xylème primaire, on distingue des vaisseaux annelés, spiralés, rayés ou ponctués en fonction de la localisation des épaississements de lignine. Le xylème secondaire ne contient que des vaisseaux ponctués.

Les éléments non conducteurs

Ils sont caractéristiques du xylème secondaire.

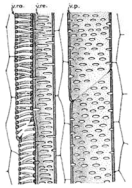
Celui-ci contient des **fibres** : cellules allongées à parois très épaisses et lignifiées. Ces fibres représentent 50 à 80 % du xylème secondaire et ont un rôle de soutien. Il contient également du **parenchyme ligneux** constitué de cellules à parois plus ou moins lignifiées. Il intervient dans le transport radial de la sève brute et le stockage d'amidon pendant l'hiver.

Organisation tridimensionnelle du bois

Le bois est un tissu hétérogène contenant plusieurs types cellulaires différents.

- Ma collègue Hélène CORDIER (LEGTA Théodore Monod, Rennes Le Rheu) propose une excellente **synthèse sous forme de tableau** (tableau I).

TABLEAU I. Les cellules xylémiennes et leurs caractéristiques. Document H. CORDIER (LEGTA Théodore Monod, Rennes Le Rheu). *Source des illustrations à préciser.*

Nom	Tissu	Description		Fonction
Trachéides : (« vaisseaux imparfaits » = « fermés »)	I	**Cellules mortes allongées et biseautées, pas de communication directe** entre cellules : elles sont **jointives**. Paroi **mince, cellulosique** (rose) avec des **épaississements lignifiés** (verts).	**Trachéides** : uniquement dans protoxylème : **trachéides avec épaississement de lignine annelé et spiralé**	**Conduction** de la sève brute et **soutien** (lignine)
Vaisseaux ligneux (parfaits = tube) **chez les Angiospermes**	I et II = bois	**Cellules mortes allongées** disposées **bout à bout** : les **cloisons intercellulaires transversales disparaissent**. Paroi **épaisse, lignifiée** (vert) et donc **rigide** avec des **épaississements lignifiés**.	**Vaisseaux « vrais »** : uniquement dans métaxylème : **Vaisseau** < « fusion » **d'une file de cellules** ornementée **d'épaississements de lignine** : épaississements **rayés, réticulés** et **ponctués**. **Terme surtout utilisé dans la description du xylème I** pour le xylème II, on parle simplement de vaisseau du bois. **Uniquement chez les Angiospermes** : on parle de **bois hétéroxylé** (car vaisseaux + fibres + parenchyme), contrairement aux Pinophytes et Filicophytes : **bois homoxylé** car que des trachéides. 	
Eléments accessoires du xylème	**Fibres ligneuses**	**Cellules en dégénérescence ou mortes, étroites, aux extrémités effilées**. Paroi **épaisse** (lumière très réduite) et **lignifiée**. Elles constituent **50 à 80 % du bois** des Angiospermes ce qui montre leur rôle important. Les parois peuvent présenter de très fines et peu nombreuses ponctuations.		**Soutien**
	Parenchyme ligneux	Cellules **restant vivantes** se regroupant dans le sens **vertical** ou **horizontal** et forment les **rayons ligneux**. Le parenchyme ligneux **accumule** des grains d'amidon dans des amyloplastes et des lipides. Leurs parois qui peuvent ou non se lignifier possèdent des ponctuations favorisant les **échanges** de substances (mise en réserve).		**Réserves**

2. Diversité des éléments conducteurs du xylème primaire

Comment l'étude microscopique d'une zone de xylème primaire en coupe longitudinale montre-t-elle l'organisation des éléments de vaisseaux ?

Activité 5. Les éléments conducteurs du xylème primaire

Savoirs à construire	Organisation et reconnaissance des éléments de xylème primaire

	Capacité ou attitude visée	Évaluation
Savoir-faire sollicités	Maîtriser un outil, un geste technique, un logiciel… ➢ Microscope	
	Analyser, observer et raisonner	

Travail à effectuer

1. Si possible : observation de **coupes longitudinales** de **tiges** et de **racines** d'**Eudicotylédones**.
2. Si non possible : travail sur **documents** seulement.

Pistes de réflexion et d'exploitation

- ***Complétez*** *la figure 21.*

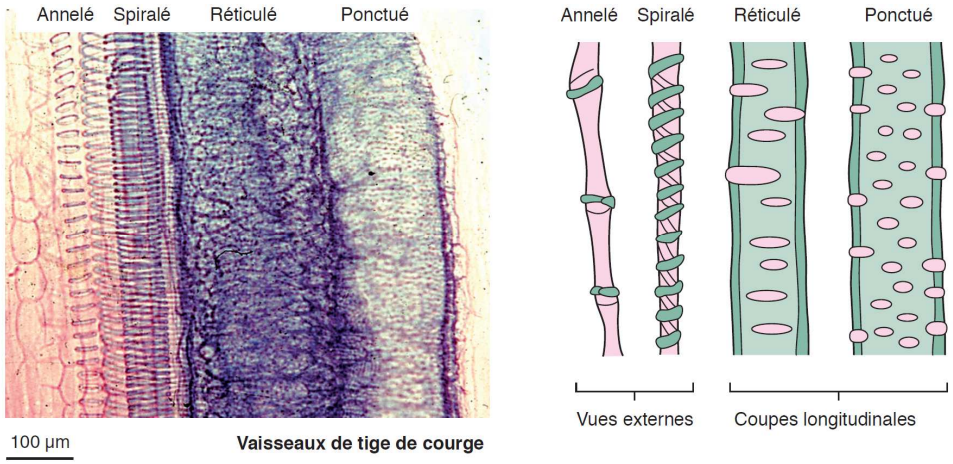


FIGURE 21. Typologie des éléments de vaisseaux. D'après SEGARRA *et al.* (2015).

3. Organisation du bois ou xylème secondaire

- On admet qu'il n'y a dans le bois que des **vaisseaux ponctués** (plus gros dans le **bois initial** que dans le **bois final**), des **fibres ligneuses** (dominantes en nombre) et du **parenchyme ligneux horizontal** et **vertical** (qui forme des **rayons ligneux**).

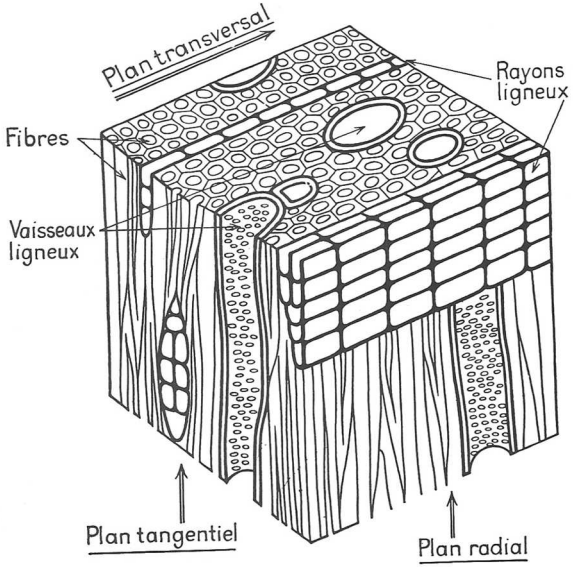


FIGURE 22. Bloc diagramme montrant l'organisation du bois d'Érable.
D'après CAMEFORT (1977).

Activité 3. Étude pratique du xylème secondaire

Comment l'étude microscopique de bois en coupes variées nous renseigne-t-elle sur son organisation ?

Savoirs à construire	Organisation et constitution du bois (xylème II)

	Capacité ou attitude visée	**Évaluation**
Savoir-faire sollicités	Maîtriser un outil, un geste technique, un logiciel… ➢ Microscope	
	Analyser, observer et raisonner	

Travail à effectuer

1. Si possible : observation de **coupes longitudinales** (**transversales**, **tangentielles** et **radiales**) dans du **bois**.
2. Si non possible : travail sur **documents** seulement.

Pistes de réflexion et d'exploitation

- ***Complétez*** *la figure 23.*

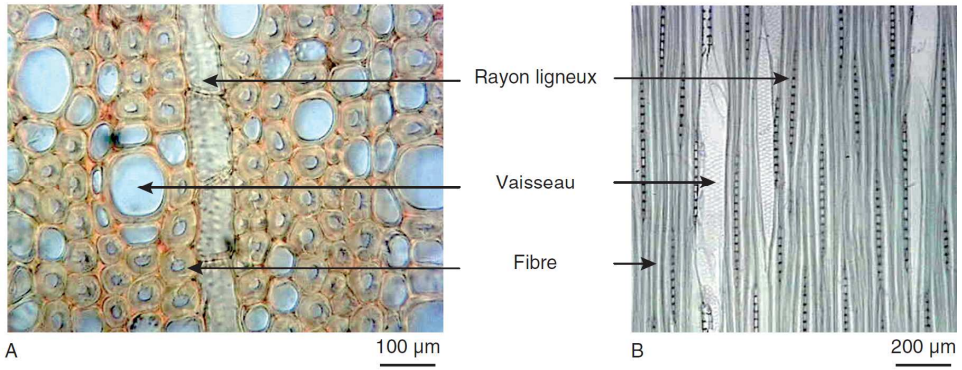


FIGURE 23. Bois de peuplier en coupe transversale (A) et longitudinale tangentielle (B).
D'après SEGARRA *et al.* (2015).

Sur la coupe transversale (A), les vaisseaux et fibres apparaissent coupés transversalement et les rayons de parenchyme secondaire coupés longitudinalement. Sur la coupe tangentielle (longitudinale ne passant pas par le centre de l'organe, B), ce sont cette fois les vaisseaux et fibres qui sont coupés longitudinalement. On observe les liaisons directes entre plusieurs éléments de vaisseaux ainsi que les ponctuations. Les fins rayons ligneux sont coupés transversalement.

C. Étude du phloème, tissu conducteur de la sève élaborée

a. Quelques rappels théoriques synthétiques

- Il s'agit d'une reprise des aspects abordés dans le complément BIO4 présentés sous une autre forme. Les textes et la figure (à compléter) sont extraits de SEGARRA *et al.* (2015).

Le phloème : tissu conducteur de la sève élaborée

Le phloème primaire est constitué du **protophloème** et du début du **métaphloème**. Le phloème secondaire ou liber constitue l'essentiel du métaphloème. Le phloème secondaire n'existe que dans les organes âgés de certaines angiospermes .

Les éléments conducteurs

Il s'agit de cellules vivantes à parois pectocellulosiques. Les parois transversales sont épaissies mais **perforées** (crible), permettant la circulation de la sève de cellule en cellule. Ces **cellules criblées** placées bout à bout forment un tube criblé.
La seule différence entre le proto- et le métaphloème est le diamètre des tubes criblés (plus important dans le deuxième). Les tubes criblés sont responsables de la conduction de la sève élaborée.

Les éléments non conducteurs

À chaque cellule criblée est associée latéralement une **cellule compagne**. Cette cellule peut se différencier en nouvelle cellule criblée.
Le phloème secondaire contient en général **peu de fibres** lignifiées. On y trouve un parenchyme libérien à rôle de réserve et de drainage radial des substances stockées.

L'organisation tridimensionnelle du liber

Le liber est un tissu hétérogène contenant plusieurs types cellulaires différents (figure TP).

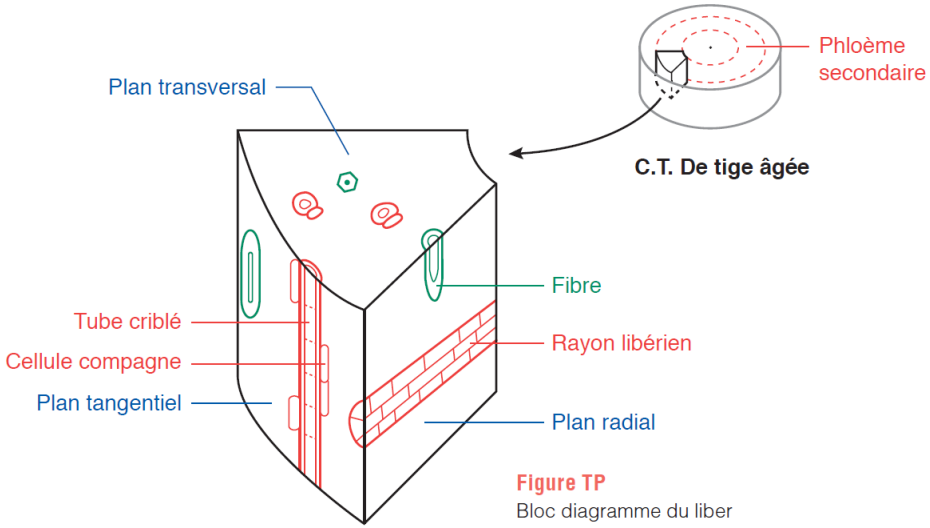
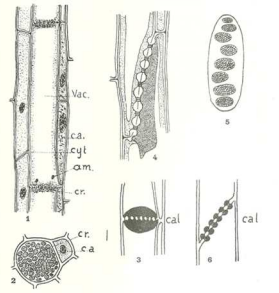


Figure TP
Bloc diagramme du liber

- Ma collègue Hélène CORDIER (LEGTA Théodore Monod, Rennes Le Rheu) propose une excellente **synthèse sous forme de tableau** (tableau II).

TABLEAU II. Les cellules phloémiennes et leurs caractéristiques. Document H. CORDIER (LEGTA Théodore Monod, Rennes Le Rheu). Source des illustrations à préciser.

Nom		Description	Fonction
Tubes criblés		Cellules **vivantes** (mais sans noyau), **allongées**, **en files longitudinales**, parois **bisautées**. Leurs parois sont complètement traversées par de nombreux **pores** interrompant la paroi : les **cribles**, d'où le nom de **cellules criblées**, ces cribles peuvent être regroupés en **plages criblées**. Les cellules criblées ont donc leurs cytoplasmes qui sont **en continuité**. **Paroi assez épaisse**, **cellulosique** (rose).  1, Tube criblé de Dicotylédone (*Cucurbita*) à un très fort grossissement ; *cr.* crible perforé, avec accumulation du cytoplasme ; *am.* grain d'amidon ; *cyt.* cytoplasme appliqué contre la paroi par la vacuole *vac.*, dont le contenu correspond à la sève élaborée ; *c. a.*, cellules annexes (d'après STRASBURGER, modifié) ; 2, le même tube criblé en coupe transversale au niveau des cribles ; 3, Crible de *Cucurbita* obturé par le cal. 4, Crible d'un tube criblé de Vigne. Le cytoplasme semble passer de la cellule supérieure vers la cellule inférieure ; 5, Crible de vigne montrant ses nombreuses plages criblées (d'après DE HARY). 6, Crible obturé par le cal dans un tube criblé de *Spinacia* (d'après CHAUVAUD).	**Conduction de la sève élaborée** (interrompue par bouchons de **callose** (cals) sur cribles en hiver)
Eléments accessoires du phloème	**Cellules compagnes Parenchyme libérien**	Cellules **vivantes**, **nucléées**, à cytoplasme dense, allongées le long des tubes criblés. **Paroi mince, cellulosique** (rose) Cellules **vivantes** contenant des **amyloplastes**. Regroupement vertical ou horizontal formant des **rayons libériens** dans le liber.	**Lien métabolique** avec les cellules des tubes criblées **Réserve**
	Fibres libériennes	Cellules en **dégénérescence**. **Peu abondantes** (contrairement au bois). **Paroi épaisse, lignifiée +/-, lumière étroite**.	**Soutien**

b. Étude des tubes criblés

Activité 4. Étude pratique des tubes criblés

Comment l'étude microscopique de tubes criblés nous renseigne-t-elle sur leur organisation ?

Savoirs à construire	Organisation des tubes criblés

	Capacité ou attitude visée	Évaluation
Savoir-faire sollicités	Maîtriser un outil, un geste technique, un logiciel… ➢ Microscope	
	Analyser, observer et raisonner	

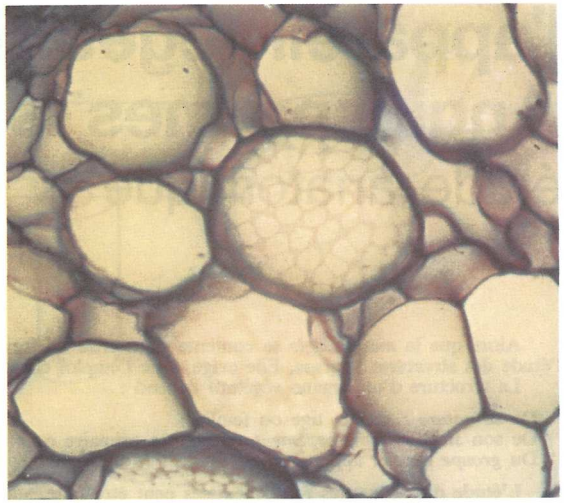
Travail à effectuer

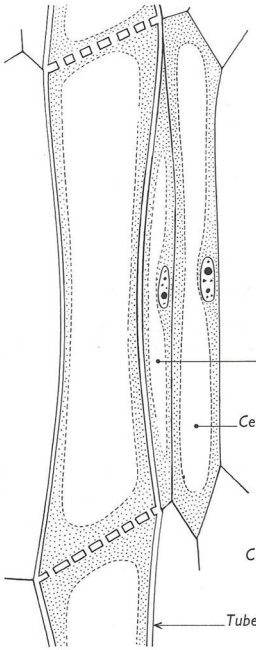
1. Si possible : observation de **coupes longitudinales et transversales** de **tiges** et de **racines** d'**Eudicotylédones**.
2. Si non possible : travail sur **documents** seulement.

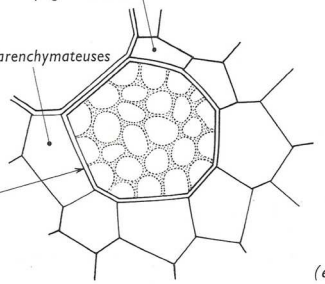
Pistes de réflexion et d'exploitation

- ***Complétez*** *les figures 24-25.*

Tige de Cucurbitacée (fin) : étude du tissu criblé ; coupes longitudinale et transversale montrant des cribles.







Tissu criblé de Vigne avec cals (en bleu).

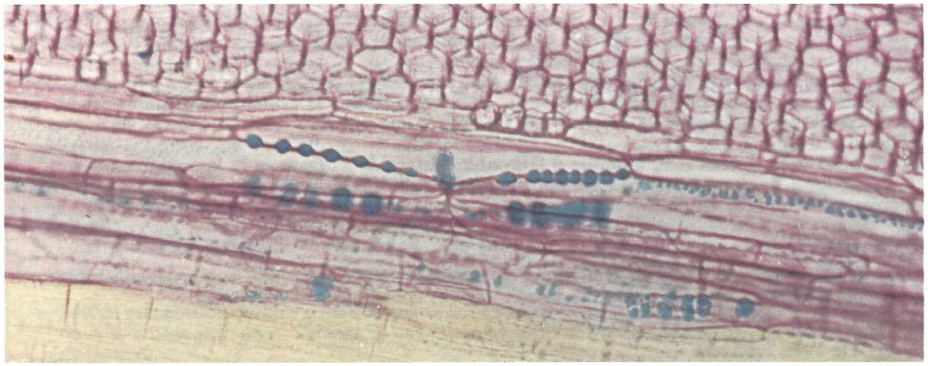
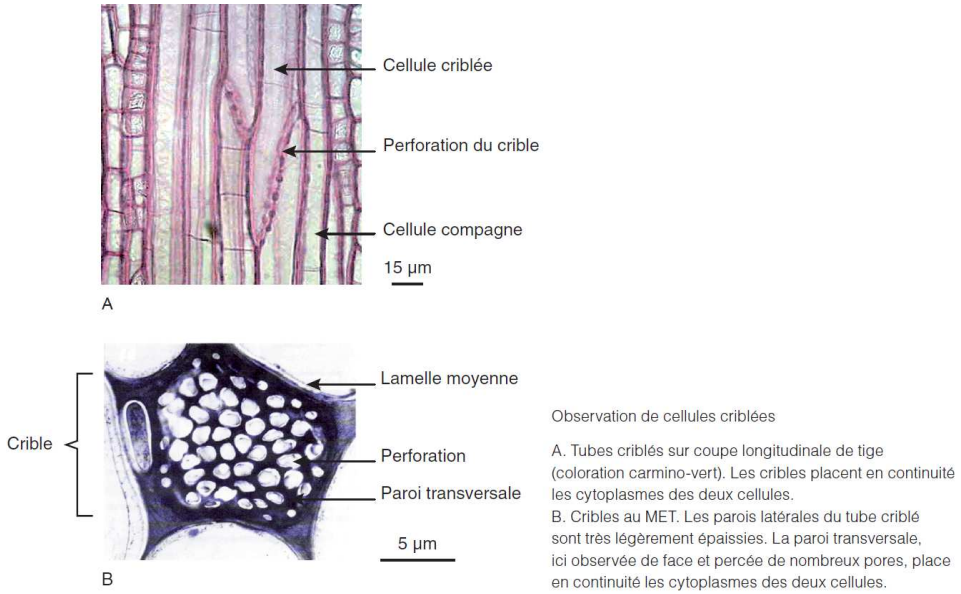


FIGURE 5. Phloème en coupe transversale et longitudinale.
D'après VINCENT (1964).



Observation de cellules criblées

A. Tubes criblés sur coupe longitudinale de tige (coloration carmino-vert). Les cribles placent en continuité les cytoplasmes des deux cellules.
B. Cribles au MET. Les parois latérales du tube criblé sont très légèrement épaissies. La paroi transversale, ici observée de face et percée de nombreux pores, place en continuité les cytoplasmes des deux cellules.

FIGURE 6. Tubes criblés. D'après SEGARRA *et al.* (2015).

c. La présence de faisceaux cribrovasculaires (FCV) dans les tiges primaires

- Attention, cela ne concerne **pas les racines primaires** où **phloème** et **xylème** sont **alternes**.
- De même, il n'est pas non plus ici question des **organes à structure secondaire**.

Revoir le **TP A3-A4-A5 sur l'organisation végétale** et le **complément 4 sur les tissus végétaux**

- *La vascularisation des feuilles sera vue avec le TP B3 qui leur est consacré.*

Texte et figures extraites de SEGARRA et al. (2015)

La notion de faisceau cribrovasculaire pour les tissus conducteurs primaires

Les organes de l'appareil caulinaire (tiges et feuilles) possèdent une disposition particulière des tissus conducteurs primaires. Ils sont regroupés en plusieurs **faisceaux cribrovasculaires** (FCV). Chaque FCV est constitué de la superposition de :

- un massif de xylème primaire à **différenciation centrifuge dans la tige et ventrodorsale dans la feuille** ;
- un massif de phloème primaire à **différenciation centripète dans la tige et dorsoventrale dans la feuille**.

Le sens de différenciation est défini par l'ordre chronologique de différenciation des cellules des massifs, le point de départ étant toujours le pôle ligneux ou phloémien (figure TP).
Le xylème primaire est parfois **englobant**, c'est-à-dire qu'il fait quasiment le tour du phloème primaire.
Entre les deux tissus conducteurs est coincée une fine lame de cellules rectangulaires à fines parois cellulosiques. C'est le **cambium** qui est à l'origine des tissus conducteurs secondaires chez certaines angiospermes âgées.

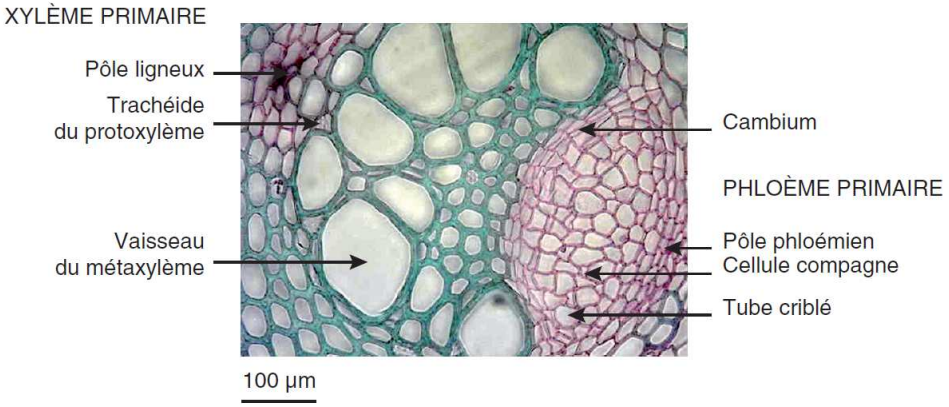


Figure TP
Structure d'un faisceau cribrovasculaire

Le faisceau est observé sur une coupe transversale de tige de clématite colorée au carmino-vert.

D. Bilan : rappels sur les tissus secondaires en coupe transversale (notamment les tissus conducteurs secondaires)

Textes et figures extraites de SEGARRA et al. (2015).
À compléter par l'étudiant

Il n'y a pas de structure secondaire chez toutes les angiospermes, tout ce qui suit concerne donc uniquement certaines espèces, dont l'appareil végétatif subsiste souvent plusieurs années.

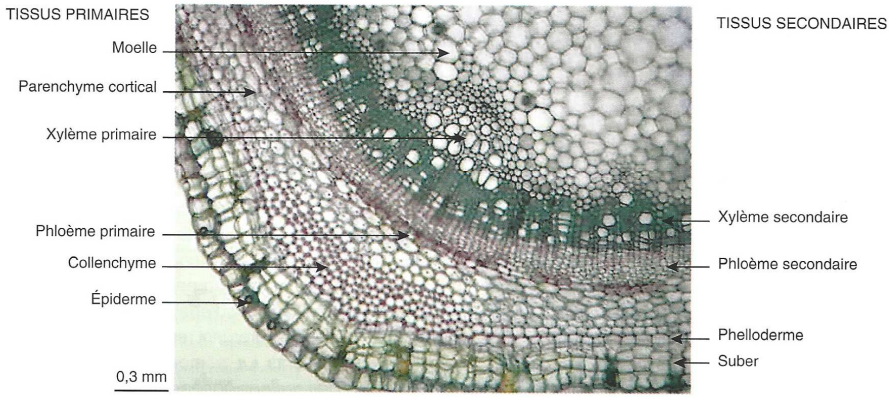


Figure TP 5.4a
Coupe transversale de tige de sureau âgée d'un an

Seule une portion de la coupe colorée au carmino-vert est présentée.

Tissus conducteurs secondaires

Dans la tige âgée, le **cambium intrafasciculaire** (à l'intérieur des FCV et déjà présent dans la structure primaire) et le cambium **interfasciculaire** (entre les FCV) forment un **méristème secondaire** en forme de manchon continu. Il est à l'origine de **nouveaux tissus** qui se développent radialement : le xylème secondaire (ou bois) et le phloème secondaire (ou liber).
Le bois a un rôle de **conduction de la sève brute** mais aussi de **soutien** (grâce aux fibres qu'il contient).
Le liber est spécialisé dans la **conduction de la sève élaborée**. Il participe parfois aussi au soutien, car il peut contenir des îlots fibreux.
Le bois, interne, est beaucoup plus développé que le liber, plus externe. Les deux participent à la **croissance en épaisseur** de la tige, indispensable en milieu aérien lorsque les organes qu'elle porte (rameaux, feuilles et bourgeons) deviennent nombreux et donc lourds.
Ces tissus conducteurs assument rapidement le rôle initialement dévolu aux tissus conducteurs et aux tissus de soutien de la structure primaire.
Les tissus conducteurs secondaires de la racine sont les mêmes que dans la tige, même si leur origine diffère : le fonctionnement du cambium, qui apparaît beaucoup plus profondément, provoque la **chute de toute la région corticale**. Une racine âgée a donc une structure très différente d'une racine jeune, mais peu différente d'une tige âgée.

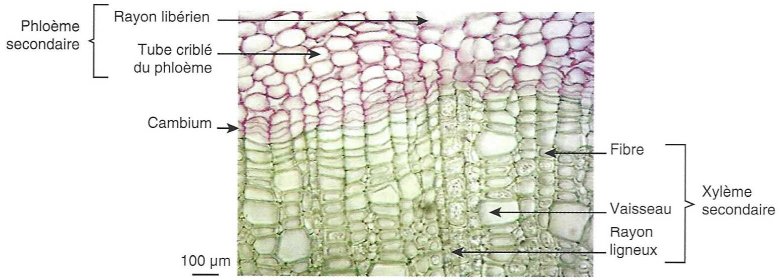


Figure TP5.4b
Tissus conducteurs secondaires d'une tige de sureau

La coupe colorée au carmino-vert est orientée avec la surface de la tige vers le haut.

Tissus protecteurs

Un deuxième méristème secondaire, le **phellogène**, se met en place de façon très superficielle. Il donne :
- vers l'intérieur, un tissu formé en général d'une seule couche de cellules : c'est un parenchyme secondaire sans rôle particulier, appelé **phelloderme**.
- vers l'extérieur, un tissu dont les parois apparaissent normalement brunes (mais parfois jaunes ou verdâtres) donc subérifié : c'est du **suber** ou **liège**. Dans le cas d'une tige, cette couche protectrice isole l'épiderme et provoque sa chute. Le suber forme l' « écorce » des arbres : d'épaisseur variable, cette couche morte régulièrement renouvelée protège les tissus sous-jacents. Le même tissu est rencontré à la surface des racines âgées.

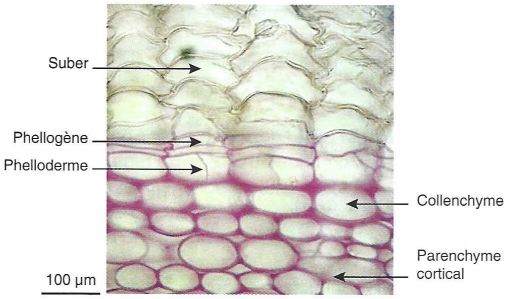


Figure TP5.4c
Tissus protecteurs secondaires d'une tige de sureau

La coupe colorée au carmino-vert est orientée avec la surface de la tige vers le haut.

Cernes et saisonnalité

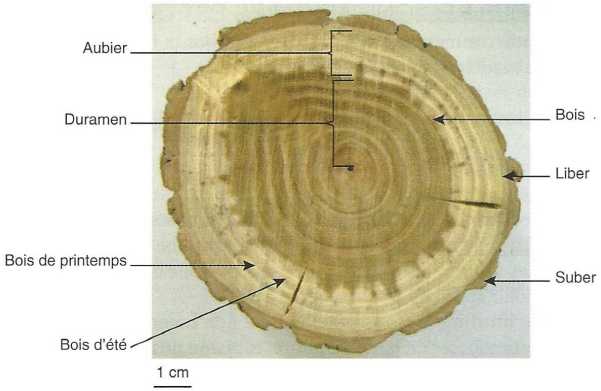


Figure TP5.4d
Coupe transversale de branche de hêtre

Dans une tige ligneuse âgée, le bois est disposé en couches concentriques appelées **cernes**. Chacun de ces cernes correspond à l'épaisseur du bois produit par le cambium pendant une année. On peut donc connaître l'âge d'une tige ligneuse en comptant les cernes. Le bord interne d'un cerne, apparaissant clair à l'œil nu, est du **bois de printemps** contenant de nombreux et larges vaisseaux et peu de fibres. Le bord externe, plus foncé à l'œil nu, est du **bois d'été** et d'automne contenant des vaisseaux moins nombreux et étroits et beaucoup de fibres. L'hiver est marqué par un arrêt de développement.

L'**aubier** est la portion « vivante » du bois, dans laquelle circule la sève brute. Le **duramen** correspond au bois mort.

Les cernes sont en général beaucoup moins nets dans le liber. En effet, les cernes les plus anciens sont écrasés et périodiquement éliminés avec une partie du liège. Globalement, tous les tissus plus externes que le cambium sont susceptibles de tomber, du fait de l'augmentation importante du diamètre du bois.

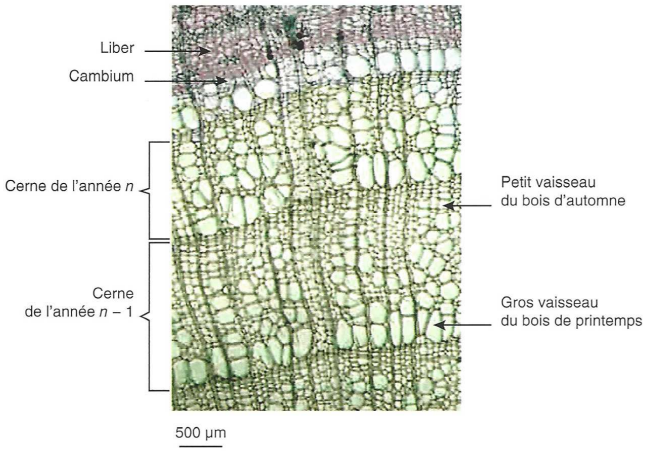


Figure TP5.4e
Coupe transversale de bois de peuplier

Références

ALBERTS, B., A. JOHNSON, J. LEWIS, M. RAFF, K. ROBERTS & P. WALTER (2004). *Biologie moléculaire de la cellule. Quatrième édition.* Traduction de la quatrième édition américaine (2002) par F. LE SUEUR-ALMOSNI. Flammarion, Paris. Première édition américaine 1983 (1986 1e édition française).

BERTHET, J. (2006). *Dictionnaire de Biologie.* De Boeck Université, Bruxelles (Belgique).

BOUJARD, D. (dir). B. ANSELME, C. CULLIN & CÉLINE RAGUÉNÈS-NICOL (2015). *Biologie cellulaire et moléculaire. Tout le cours en fiches. Licence. PACES. CAPES.* 2e édition (1e édition 2012), Dunod, Paris.

BREUIL, M. (2007). *Biologie 1re année BCPST-véto.* Tec & Doc, Lavoisier, Paris.

BREUIL, M. (2009). *Biologie 2e année BCPST-véto.* Tec & Doc, Lavoisier, Paris.

CALLEN, J.-C. (2005). *Biologie cellulaire. Des molécules aux organismes.* Dunod, Paris, 2e édition (1e édition 1999).

CAMEFORT, H. (1977). *Morphologie des végétaux vasculaires. Cytologie. Anatomie. Adaptations.* Doin, Paris, 2e édition (1e édition 1962).

CAMPBELL, N. A. & J. B. REECE (2004). *Biologie.* De Boeck Université, Bruxelles, 2e édition (1e édition 1995).

DAUTEL, O. (dir.), A. PROUST, M. ALGRAIN, C. BORDI, A. HELME-GUIZON, F. SAINTPIERRE, M. VABRE & C. BOGGIO (2017). *Biologie Géologie BCPST 1re année.* Vuibert, Paris.

DENŒUD, J., T. FERROIR, O. GUIPPONI, H. MOREAU, M. PAULHIAC-PISON, M.-L. PONS & F. TEJEDOR (2011). *Biologie-Géologie BCPST-véto 2e année.* Tec & Doc, Lavoisier, Paris.

DENŒUD, J., C. GODINOT, O. GUIPPONI, H. MOREAU, M. PAULHIAC-PISON & F. TEJEDOR (2013). *Biologie-Géologie BCPST-véto 1e année.* Tec & Doc, Lavoisier, Paris.

DENŒUD, J., C. GODINOT, O. GUIPPONI, H. MOREAU, M. PAULHIAC-PISON, M.-L. PONS & F. TEJEDOR (2014). *Biologie-Géologie BCPST-véto 2e année.* Tec & Doc, Lavoisier, Paris.

GODINOT, C., H. MOREAU, M. PAULHIAC-PISON & F. TEJEDOR (2010). *Biologie-Géologie 1re année BCPST-véto.* Tec & Doc, Lavoisier, Paris.

LAFON, C. (2003). *La biologie autrement. 100 questions de synthèse.* Ellipses, Paris.

LATRUFFE, N. (dir.), F. BLEICHER-BARDETTI, B. DUCLOS & J. VAMECQ (2014). *Biochimie. Tout le cours en fiches. Licence. PACES-UE1. CAPES.* Dunod, Paris.

MEYER, S., C. REEB & R. BOSDEVEIX (2008). *Botanique. Biologie et physiologie végétales.* Maloine, Paris, 2e édition (1e édition 2004).

MORÈRE, J.-L., R. PUJOL (coord.), J.-C. CALLEN, L. CHESNOY, J.-P. DUPONT, A.-M. GIBERT-TANGAPREGASSOM, G. RICOU, N. TOUZET (dir.) et colloborateurs (2003). *Dictionnaire raisonné de Biologie.* Frison-Roche, Paris.

PEYCRU, P. (dir.), J.-F. FOGELGESANG, D. GRANDPERRIN, B. AUGÈRE, J.-C. BAEHR, C. PERRIER, J.-M. DUPIN & C. VAN DER REST (2010*a*). *Biologie tout-en-un BCPST 1re année.* Dunod, Paris, 2e édition (2009), réimpression corrigée (2010) (1e édition 2006).

PEYCRU, P. (dir.), J.-C. BAEHR, F. CARIOU, D. GRANDPERRIN, C. PERRIER, J.-F. FOGELGESANG & J.-M. DUPIN (2010*b*). *Biologie tout-en-un BCPST 2e année.* Dunod, Paris, 2e édition (1e édition 2007).

PEYCRU, P., D. GRANDPERRIN, C. PERRIER (dir.), B. AUGÈRE, T. DARRIBÈRE, J.-M. DUPIN, C. ESCUYER J.-F. FOGELGESANG, & C. VAN DER REST (2013). *Biologie tout-en-un BCPST 1re année.* Dunod, Paris, 3e édition (1e édition 2006).

PEYCRU, P., D. GRANDPERRIN, C. PERRIER (dir.), B. AUGÈRE, J.-F. BEAUX, F. CARIOU, P. CARRÈRE, T. DARRIBÈRE, J.-M. DUPIN, C. ESCUYER, J.-F. FOGELGESANG, S. MAURY, É. QUÉINNEC, E. SALGUEIRO & C. VAN DER REST (2014). *Biologie tout-en-un BCPST 2e année.* Dunod, Paris, 3e édition (1e édition 2007).

RAVEN, P. H., G. B. JOHNSON, J. B. LOSOS, S. S. SINGER (2007). *Biologie.* De Boeck, Bruxelles.

RICHARD, D. (dir.), P. CHEVALET, S. FOURNEL, N. GIRAUD, F. GROS, P. LAURENTI, F. PRADÈRE & T. SOUBAYA (2012). *Biologie. Tout le cours en fiches. Licence. CAPES. Prépas.* Dunod, Paris, 2e édition (1e édition 2010).

SAINTPIERRE, F., C. BORDI (dir.), M. ALGRAIN, Y. KRAUSS, I. MOLLIÈRE & H. CLAUCE (2017). *Mémento Biologie BCPST 1re et 2e années.* Vuibert, Paris.

SEGARRA, J. (dir.), É. CHAUVET, C. COLSON-PROCH, M. HUILLE, M. LABROUSSE, F. LOUET, F. METZ & E. PIÈTRE (2014). *Biologie BCPST 1re année.* Ellipses, Paris.

SEGARRA, J., E. PIÈTRE (dir.), G. BAILLY, O. CHASSAING, D. FAVRE, T. JEAN, F. METZ & C. MEUNIER (2015). *Biologie BCPST 2e année.* Ellipses, Paris.

VIGNAIS, P. (2001). *La Biologie des origines à nos jours. Une Histoire des idées et des hommes.* « Grenoble Sciences », EDP Sciences, Les Ulis.

VIGNAIS, P. (2006). *Science expérimentale et connaissance du Vivant. La Méthode et les concepts.* « Grenoble Sciences », EDP Sciences, Les Ulis.

VINCENT, P. (1962). *Sciences naturelles. Classe de 1reM'.* Vuibert, Paris.

VINCENT, P. (1964). *Sciences naturelles. Classe de 2eM'.* Vuibert, Paris. [Labo]

VINCENT, P. (1968). *Sciences naturelles. Classe de 1eD.* Vuibert, Paris.

VINCENT, P. (1974). *Sciences naturelles. Classe de Terminale D.* Vuibert, Paris.

Plan du TP

Objectifs : extraits du programme **1**
Introduction **1**

I. Étude morphologique de l'appareil végétatif des Angiospermes **2**
A. Les racines (rôle d'ancrage et d'absorption) **2**
B. L'appareil caulinaire (rôles photosynthétique et reproducteur) **3**
1. Organisation d'une tige herbacée (axe dressé porteur des autres organes) 3
2. Organisation et croissance d'un rameau ligneux 4
3. Organisation des bourgeons (rôle de croissance en longueur) 6
a. Étude d'un cas d'école de bourgeons herbacé : le bourgeon du Chou de Bruxelles 6
b. Organisation des bourgeons ligneux 7
4. Organisation des feuilles (rôle photosynthétique) et leur disposition sur la tige (= phyllotaxie) 8

II. Étude histologique et anatomique de l'appareil végétatif des Angiospermes **9**
A. Coupes transversales **9**
1. Racines primaires (Mono- et Eudicotylédones) 9
2. Racines secondaires (Eudicotylédones) 9
3. Tiges primaires (Mono- et Eudicotylédones) 9
4. Tiges secondaires (Eudicotylédones) 9
5. Limbes de feuilles (Mono- et Eudicotylédones) 9
6. Pétioles de feuilles (Eudicotylédones) 9
***B.* Coupes longitudinales de zones de croissance apicale (méristèmes primaires)** **10**
1. Apex racinaire et MAR (méristème apical racinaire) 10
2. Apex caulinaire et MAC (méristème apical caulinaire) 11

III. Étude histologique des tissus conducteurs (focus) **12**
A. Préparation simple de tissus conducteurs à partir de Poireau **12**
B. Étude du xylème, tissu conducteur de la sève brute **13**
1. Quelques rappels théoriques synthétiques 13
2. Diversité des éléments conducteurs du xylème primaire 13
3. Organisation du bois ou xylème secondaire 14
C. Étude du phloème, tissu conducteur de la sève élaborée **15**
a. Quelques rappels théoriques synthétiques 15
b. Étude des tubes criblés 15
c. La présence de faisceaux cribrovasculaires (FCV) dans les tiges primaires 17
D. Bilan : rappels sur les tissus secondaires en coupe transversale (notamment les tissus conducteurs secondaires) **17**

Références **19**
Plan du TP **19**

© Tanguy JEAN. Les textes et les figures originales sont la propriété de l'auteur. Les figures extraites d'autres sources restent évidemment la propriété des auteurs ou éditeurs originaux.

Document produit en décembre 2017 • Dernière actualisation : janvier 2019.

Contact : Tanguy.Jean4@gmail.com

Adresse de téléchargement : https://www.svt-tanguy-jean.com/

Ces données sont placées sous licence *Creative Commons Attribution – Pas d'Utilisation commerciale 4.0 CC BY NC* qui autorise la reproduction et la diffusion du document, à condition d'en citer explicitement la source et de ne pas en faire d'utilisation commerciale.