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 °°

Complément BIO4

Histologie végétale

Introduction aux grands types de tissus des Angiospermes
[*hors tissus reproducteurs*]

Objectifs et introduction

*Tout au long du programme, nous allons devoir parler des types de **tissus** rencontrés chez les **'plantes'**. En nous basant sur la **typologie** communément admise de tissus, nous offrons ici une présentation rapide et sommaire des **principaux types de tissus végétaux**. Attention, **peu de lames sont proposées dans ce complément** : les différentes notions seront illustrées par des **observations concrètes** (clichés, observations directes) **au fur et à mesure de l'année**, notamment dans la partie **travaux pratiques** (particulièrement le **TP 2.5**, ainsi que le **TP 5.3**). Il s'agit donc ici simplement de conceptualiser.*

Quels sont les types cellulaires et tissulaires qui permettent l'organisation et le fonctionnement des Plantes terrestres ?

[Introduction limitée aux Angiospermes]

Les types de tissus sont néanmoins assez semblables dans l'ensemble des Plantes terrestres (= Embryophytes).

I. Panorama des tissus végétaux les plus fréquents

- On appelle **tissu** un ***ensemble de cellules de même type, ayant la même structure générale et la même fonction.***

A. Préambule technique : coupes et colorations en histologie végétale

1. Coupes végétales

- On distingue classiquement les **coupes transversales** (***section perpendiculaire à l'organe***), les **coupes tangentielles** (***section parallèle à l'axe de l'organe ne passant pas par son axe central***) et les **coupes radiales** (***section parallèle à l'organe passant par son axe central***) (figure 1).
- Les **coupes du commerce** ou en **laboratoire** sont réalisées avec un **microtome**. Des coupes en TP peuvent toutefois être réalisées à l'aide de **moelle de sureau** (ou moelle de **polystyrène**) et une **lame de rasoir**.

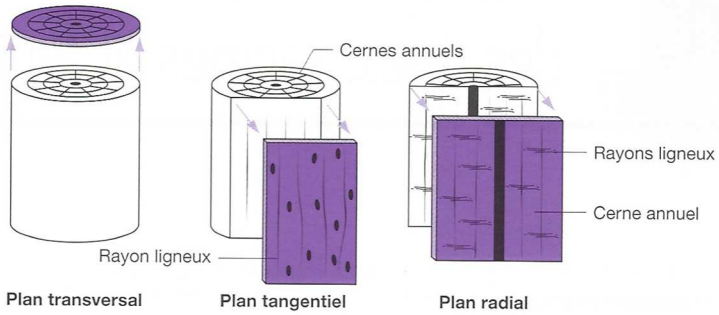


FIGURE 1. Plans de coupe dans un organe végétal. D'après BREUIL (2007).

2. Colorations

- On peut utiliser la **plupart des colorants** vus dans la fiche sur la microscopie. Beaucoup de coupes sont colorées au **carmino-vert** (après digestion et décoloration par l'eau de Javel) (tableau I). Cette coloration colore en **rose** les **parois pecto-cellulosiques** (*carmin aluné*) et en **vert** les **parois présentant en outre de la lignine** ou en **jaune** les **tissus subérifiés** (*vert d'iode*). Les colorants peuvent être séparés ou déjà combinés.

TABLEAU I. Coloration au carmino-vert. D'après PEYCRU *et al.* (2010a) et BREUIL (2007).

Étapes	Bain	Rôle	Temps de séjour
1	Eau de Javel	Vidage des cellules	15 à 20 minutes
2	Eau du robinet	Rinçage	Quelques minutes
3	Eau acétique à 1 %	Préparation à la coloration	5 à 10 minutes
4	Carmin aluné	Coloration	5 minutes
5	Vert d'iode	Coloration	15 secondes
6	Eau du robinet	Rinçage	Quelques minutes

Protocole de coloration par le carmin-vert d'iode

Cette coloration nécessite :
- de l'eau de Javel ;
- de l'acide acétique dilué ;
- du carmin ;
- du vert d'iode.

- Dès que les coupes sont réalisées, les placer 15 à 20 minutes dans l'eau de Javel pour détruire tout le contenu cellulaire.
- Rinçage à l'eau du robinet pendant 5 minutes (2-3 bains).
- Trempage 5 minutes dans l'acide acétique qui facilite la fixation des colorants, ne pas rincer.
- Bain dans le carmin (colorant rouge) environ 10 minutes, tous les tissus cellulosiques sont colorés en rose.
- Bain dans le vert d'iode (colorant vert), environ 10-15 secondes, tous les tissus lignifiés sont colorés en vert, tous les tissus subérifiés sont colorés en jaune.
- Rinçage à l'eau distillée pour éliminer l'excès de colorant, 5-10 minutes.

B. Des tissus végétatifs, méristématiques et reproducteurs

- Sans que cette classification ternaire soit officielle ou unanime, on peut reconnaître – dans une première approximation – **trois types de tissus chez les Angiospermes** :
  - Les **tissus végétatifs** qui, comme leur nom l'indique, ***remplissent des fonctions végétatives (fonctions de relation et de nutrition au sens large)***, c'est-à-dire **excluant le développement et la reproduction**.
  - Les **tissus méristématiques** ou **méristèmes** (du gr. *meristos*, divisé) qui sont des ***tissus composés de cellules indifférenciées (cellules méristématiques) où l'on observe de nombreuses divisions cellulaires***.
  - Les **tissus reproducteurs** peuvent désigner :
    - Soit ***l'ensemble des tissus qui composent les organes reproducteurs (fleurs) et les semences qui en dérivent (graines et fruits)***.
    - Soit les ***tissus spécifiques des organes reproducteurs, particulièrement les tissus à l'origine des gamétophytes***.

*Quoi qu'il en soit, **l'organisation tissulaire des fleurs, graines et fruits est très particulière et même les tissus « classiques » (épiderme, parenchyme…) qu'on y trouve sont fortement modifiés**, c'est pourquoi **nous ne traiterons pas ces tissus ici.** Nous renvoyons aux **TP et cours portant sur les semences et sur les fleurs**.*

C. Les méristèmes primaires ou secondaires

- On distingue classiquement **deux types de méristèmes**.

1. Les méristèmes primaires

- Ce sont des ***méristèmes situés dans les parties terminales des organes*** (**méristèmes apicaux racinaires** ou **caulinaires**) ***ou parfois latéralement*** (exemple des feuilles : **méristème axillaire**). Ils permettent typiquement la ***croissance en longueur*** des plantes et les tissus qui en dérivent subissent un ***faible épaississement en l'absence de méristèmes secondaires***.
- Leurs **cellules** (figure 2) sont caractérisées par :
  - Une **petite taille**,
  - **rapport nucléocytoplasmique élevé** (taille du noyau importante),
  - **nucléoles de grande taille**,
  - **organites peu structurés**, ***plastes indifférenciés*** (**proplastes**),
  - **vacuoles de petite taille** et **nombreuses**,
  - densité en **ribosomes** élevée,
  - **parois minces** (**parois primaires**).

2. Les méristèmes secondaires

- Ce sont des ***méristèmes permettant l'épaississement des organes particulièrement importants chez les espèces ligneuses.*** Leurs **cellules** (figure 19) sont généralement **rectangulaires**, avec une **vacuole importante** et des divisons **périclines** (= ***parois dont sont issues les cellules parallèles entre elles***).

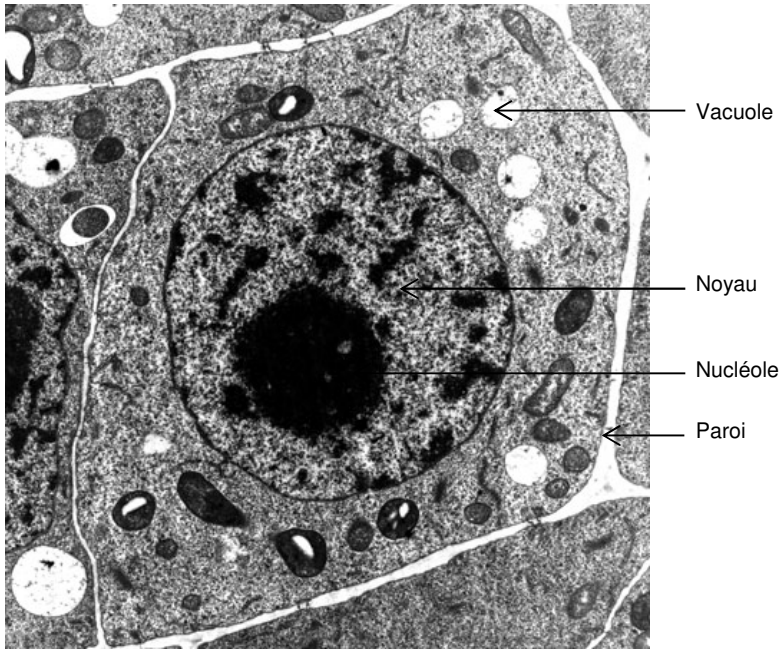


FIGURE 2. Cellule méristématique (méristème primaire) au MET.
http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/protoplastes/3-protoplaste-paroi.htm (novembre 2015).

D. Classification sommaire des tissus méristématiques et végétatifs

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

TABLEAU II. Principaux types de tissus : un classement fonctionnelsommaire.
D'après GODINOT *et al.* (2010).
Notez que les **parenchymes** peuvent aussi avoir un **rôle de réserve** (parenchyme aquifère…) ; on dit que ce sont des **tissus de remplissage**.

Fonction	Tissus primaires	Tissus secondaires (Dicotylédones)
Mérèse	Méristèmes primaires	Méristèmes secondaires (cambiums)
Métabolisme	Parenchymes	Rayons du xylème secondaire (bois)
Soutien	Collenchyme, sclérenchyme	Fibres du xylème secondaire (bois) et du phloème secondaire (liber)
Conduction	Xylème primaire, phloème primaire	Vaisseaux du xylème primaire (bois), phloème secondaire (liber)
Protection et échanges	Épiderme, rhizoderme	Suber (liège)

E. Identification des principaux types de tissus et organes d'Angiospermes

- Les tableaux III-IV résument les **principales caractéristiques des tissus végétatifs** que vous rencontrerez cette année.
- La figure 3 propose une **clef de détermination des principaux types d'organes des Angiospermes adaptée à votre programme** en gommant les tissus hors programme. Cette identification est **à maîtriser parfaitement** en fin d'année.

  Attention à être bien **descriptif** et bien **prendre du temps** pour **montrer les structures** au jury lors de l'oral.
- Le tableau V permet également d'**identifier le type d'organe en présence**, ce qu'il faudra **savoir faire parfaitement** à la fin de l'année.

  Attention à être bien **descriptif** et bien **prendre du temps** pour **montrer les structures** au jury lors de l'oral.

  Ne pas oublier les **relations structure-fonction**.
- Le tableau VI permet de **distinguer les Monocotylédones et les « dicotylédones »** (qui seront surtout des **Eudicotylédones**).
- Les figures 4-5 proposent une **comparaison de l'organisation en figurés conventionnels des principaux types de structure chez les Mono- et les 'dicotylédones'**.
- La figure 6 (2 pages : pages 7-8) comprend un **descriptif des principaux types de tissus** accompagné de clichés microscopiques (issu de BOUTIN *et al.*, 2010).

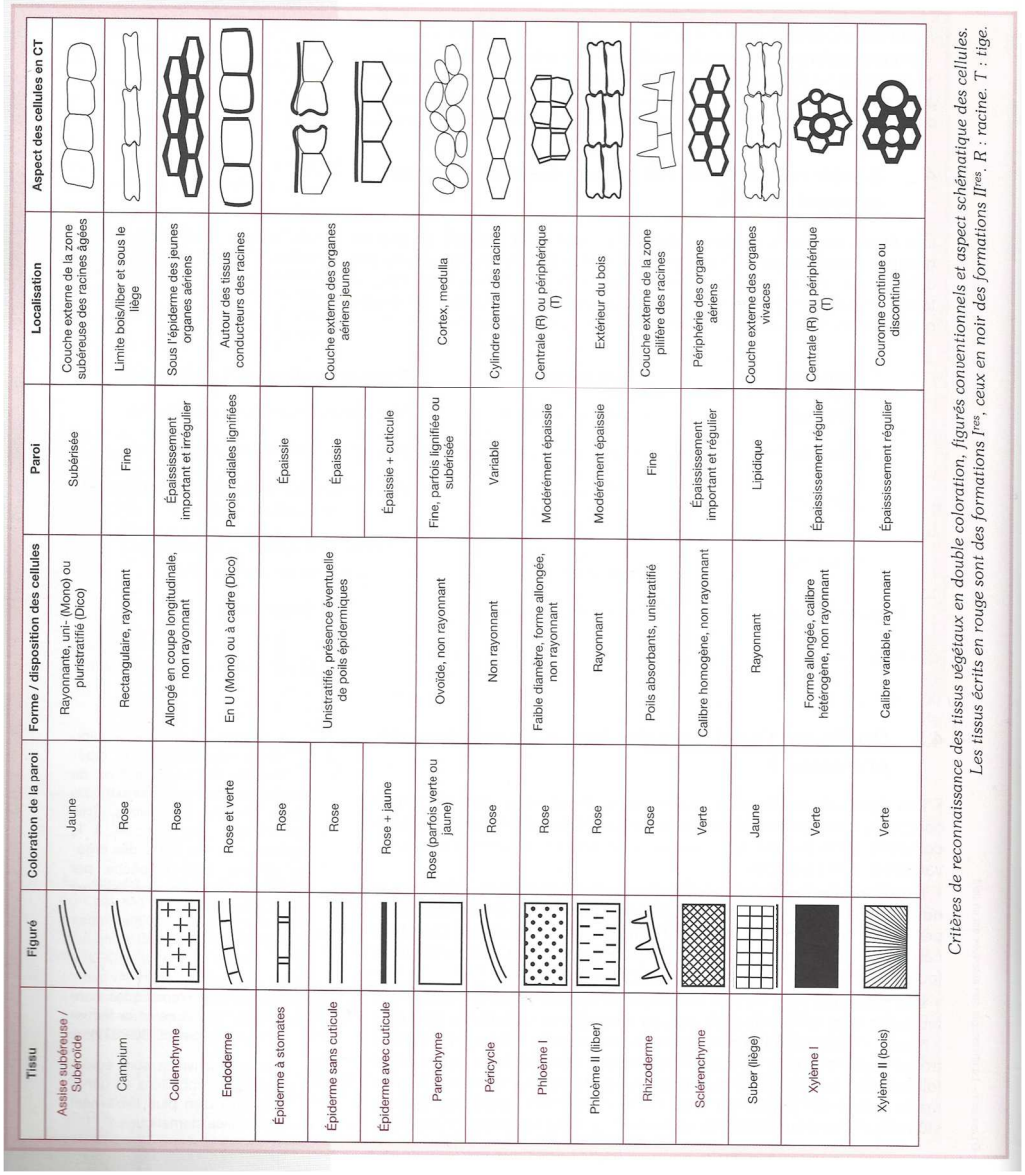
Nombre de ces documents font double emploi : à vous de choisir et d'utiliser les supports qui vous semblent les plus clairs et vous aident le mieux à comprendre et mémoriser.

TABLEAU III. Principaux types de tissus. D'après PEYCRU *et al.* (2010a).

CARACTÉRISTIQUES FONCTIONNELLES DES TISSUS. EN NOIR, LES TISSUS PRIMAIRES ; EN BLEU, LES TISSUS ET LES MÉRISTÈMES SECONDAIRES.

Fonction	Coloration de la paroi	Caractéristiques structurales	Nom	Localisation
Revêtement, protection (La nature de ces tissus permet souvent de caractériser un organe)	Carmin aluné (parois cellulosiques)	Une seule assise cellulaire. Paroi externe épaissie en une cuticule ; des stomates.	ÉPIDERME	Exclusivement dans les organes aériens
	Carmin aluné (parois cellulosiques)	Une seule assise de cellules, dont des poils absorbants. Ni cuticule, ni stomate	ASSISE PILIFÈRE	Racines
	Vert d'iode (parois subérifiées)	Plusieurs assises de cellules, non alignées (tissu primaire)	COUCHE SUBÉREUSE	
	Carmin aluné (parois cellulosiques)	Quelques assises de cellules alignées.	**PHELLODERME**	Racines ou tiges
	Vert d'iode (parois subérifiées)	Plusieurs assises de cellules alignées.	**LIÈGE**	
Soutien	Carmin aluné (parois cellulosiques)	Parois épaissies, sans espaces (méats) entre les cellules. Position sous – épidermique.	COLLENCHYME	Tiges herbacées et pétioles, préférentiellement
	Vert d'iode (parois lignifiées)	Parois très épaisses par rapport à l'intérieur de la cellule. En position interne, souvent proche des tissus conducteurs.	SCLÉRENCHYME	
Conduction des sèves (La disposition des tissus conducteurs primaires permet de distinguer racines et tiges)	Carmin aluné (parois cellulosiques)	Chaque cellule conductrice (tube criblé) associée à une cellule compagne, plus petite.	PHLOÈME	Tous les organes
	Carmin aluné (parois cellulosiques)	Mêmes caractéristiques que le phloème avec des cellules alignées.	**LIBER**	Organes âgés de Dicotylédones
	Vert d'iode (parois lignifiées)	Cellules conductrices (trachéides et éléments de vaisseaux) à paroi épaisse et grande lumière, accompagnées de fibres (mortes) et de cellules parenchymateuses.	XYLÈME	Tous les organes
	Vert d'iode (parois lignifiées)	Mêmes caractéristiques que le xylème avec des cellules alignées.	**BOIS**	Organes âgés de Dicotylédones
Fonctions diverses	Carmin aluné (parois cellulosiques)	Cellules isodiamétriques, souvent arrondies dans les angles. Paroi mince, méats entre les cellules.	PARENCHYME	Tous les organes
	Vert d'iode (parois lignifiées)	Mêmes caractéristiques que le parenchyme. L'épaisseur réduite des parois permet de le distinguer du sclérenchyme	PARENCHYME LIGNIFIÉ	
Méristèmes secondaires	Carmin aluné (parois cellulosiques)	Petites cellules recloisonnées parallèlement à la périphérie de l'organe. À la périphérie de l'organe, génère les tissus protecteurs secondaires.	**PHELLOGÈNE**	Organes âgés des Dicotylédones.
	Carmin aluné (parois cellulosiques)	Petites cellules recloisonnées parallèlement à la périphérie de l'organe. À l'intérieur de l'organe, génère les tissus conducteurs secondaires	**CAMBIUM**	

TABLEAU IV. Principaux types de tissus. D'après GODINOT *et al.* (2010), corrigé.



Tissu	Figuré	Coloration de la paroi	Forme / disposition des cellules	Paroi	Localisation	Aspect des cellules en CT
Assise subéreuse / Subéroïde		Jaune	Rayonnante, uni- (Mono) ou pluristratifié (Dico)	Subérisée	Couche externe de la zone subéreuse des racines âgées	
Cambium		Rose	Rectangulaire, rayonnant	Fine	Limite bois/liber et sous le liège	
Collenchyme		Rose	Allongé en coupe longitudinale, non rayonnant	Épaississement important et irrégulier	Sous l'épiderme des jeunes organes aériens	
Endoderme		Rose et verte	En U (Mono) ou à cadre (Dico)	Parois radiales lignifiées	Autour des tissus conducteurs des racines	
Épiderme à stomates		Rose	Unistratifié, présence éventuelle de poils épidermiques	Épaissie	Couche externe des organes aériens jeunes	
Épiderme sans cuticule		Rose		Épaissie		
Épiderme avec cuticule		Rose + jaune		Épaissie + cuticule		
Parenchyme		Rose (parfois verte ou jaune)	Ovoïde, non rayonnant	Fine, parfois lignifiée ou subérisée	Cortex, medulla	
Péricycle		Rose	Non rayonnant	Variable	Cylindre central des racines	
Phloème I		Rose	Faible diamètre, forme allongée, non rayonnant	Modérément épaissie	Centrale (R) ou périphérique (T)	
Phloème II (liber)		Rose	Rayonnant	Modérément épaissie	Extérieur du bois	
Rhizoderme		Rose	Poils absorbants, unistratifié	Fine	Couche externe de la zone pilifère des racines	
Sclérenchyme		Verte	Calibre homogène, non rayonnant	Épaississement important et régulier	Périphérie des organes aériens	
Suber (liège)		Jaune	Rayonnant	Lipidique	Couche externe des organes vivaces	
Xylème I		Verte	Forme allongée, calibre hétérogène, non rayonnant	Épaississement régulier	Centrale (R) ou périphérique (T)	
Xylème II (bois)		Verte	Calibre variable, rayonnant	Épaississement régulier	Couronne continue ou discontinue	

Critères de reconnaissance des tissus végétaux en double coloration, figurés conventionnels et aspect schématique des cellules. Les tissus écrits en rouge sont des formations Ires, ceux en noir des formations IIres. R : racine. T : tige.

Conduire une identification raisonnée de la nature de l'organe et de son origine

Cette identification fait intervenir un ensemble de critères anatomiques et histologiques. Cette analyse amène à reconnaître :

- le type d'organe végétatif observé : racine, tige ou feuille (pétiole ou limbe) ;
- le type de structure mise en place : structure primaire ou structure secondaire ;
- le type de taxon étudié : Pinophyte, Angiosperme Monocotylédone ou Dicotylédone.

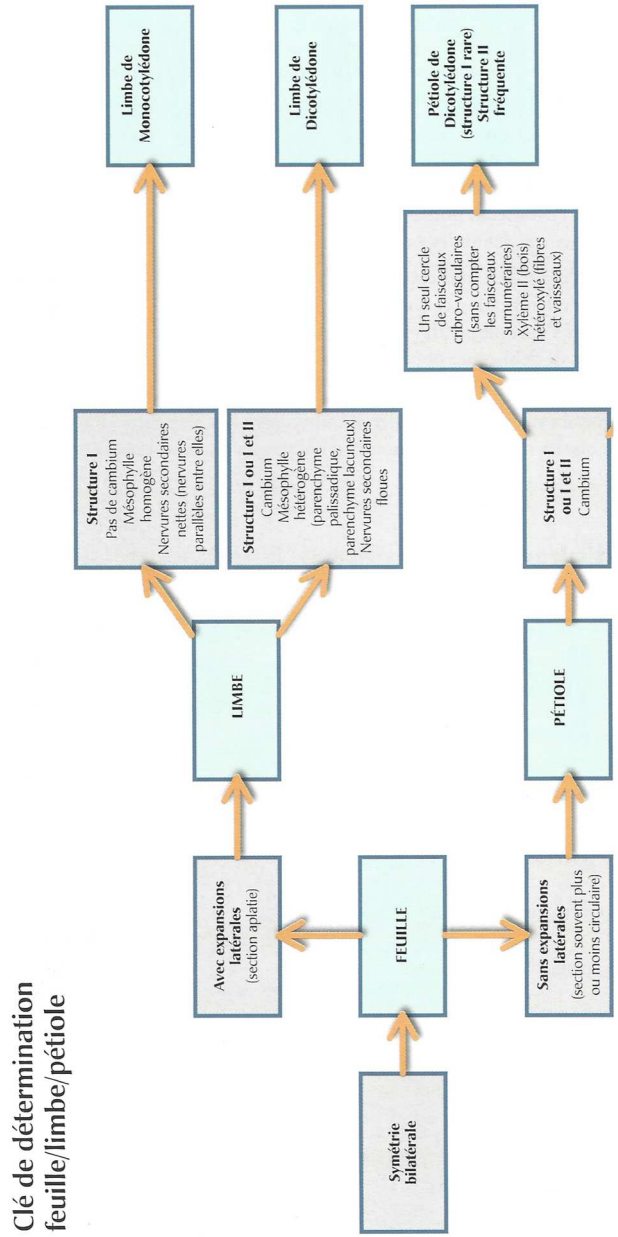


FIGURE 3. Clef des organes végétaux en histologie. 1/2 : organes à symétrie bilatérale.
D'après BOUTIN *et al.* (2010). [Pinophytes enlevées]

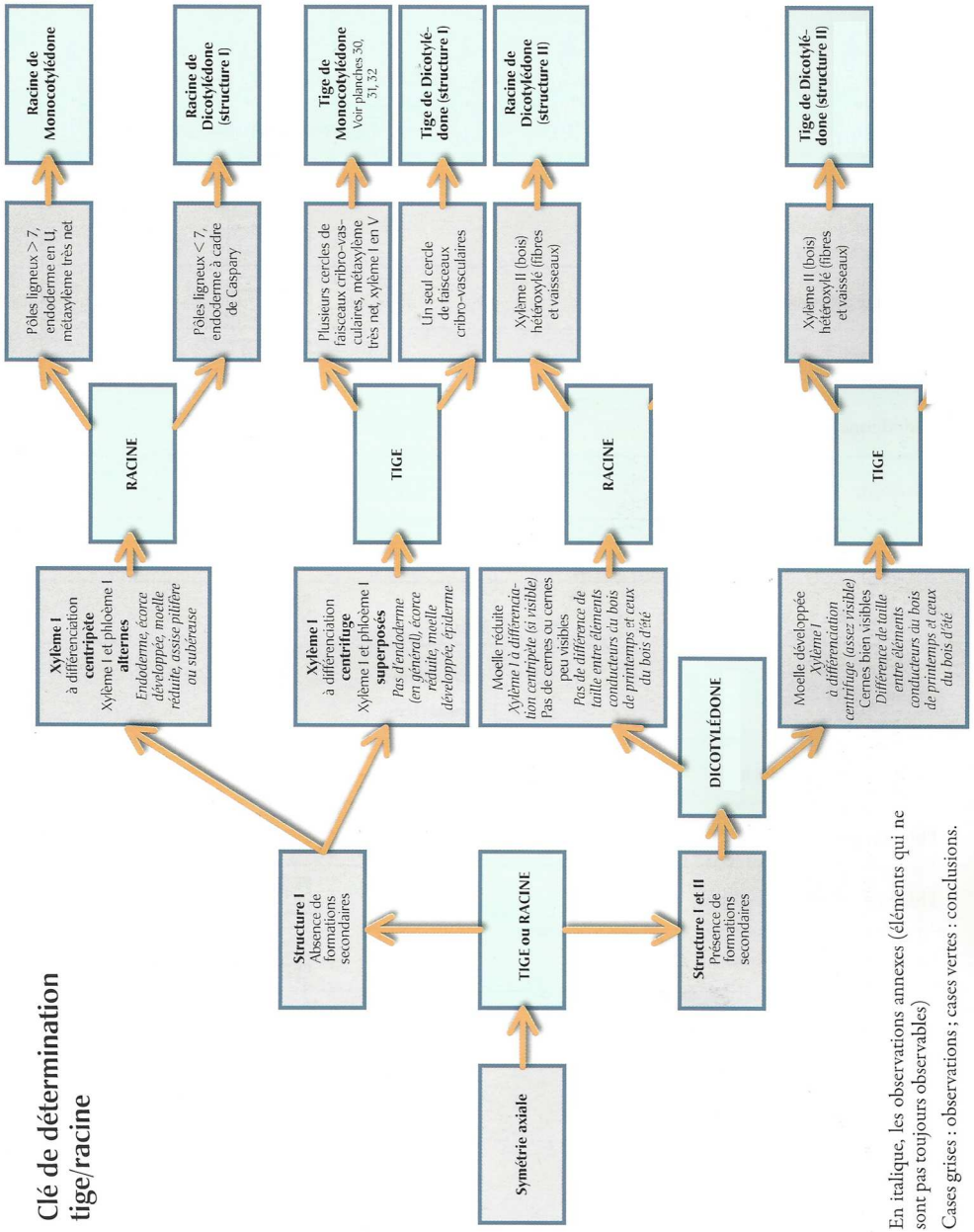


FIGURE 3. Clef des organes végétaux en histologie. 2/2 : organes à symétrie axiale.
D'après BOUTIN *et al.* (2010). [Pinophytes enlevées]

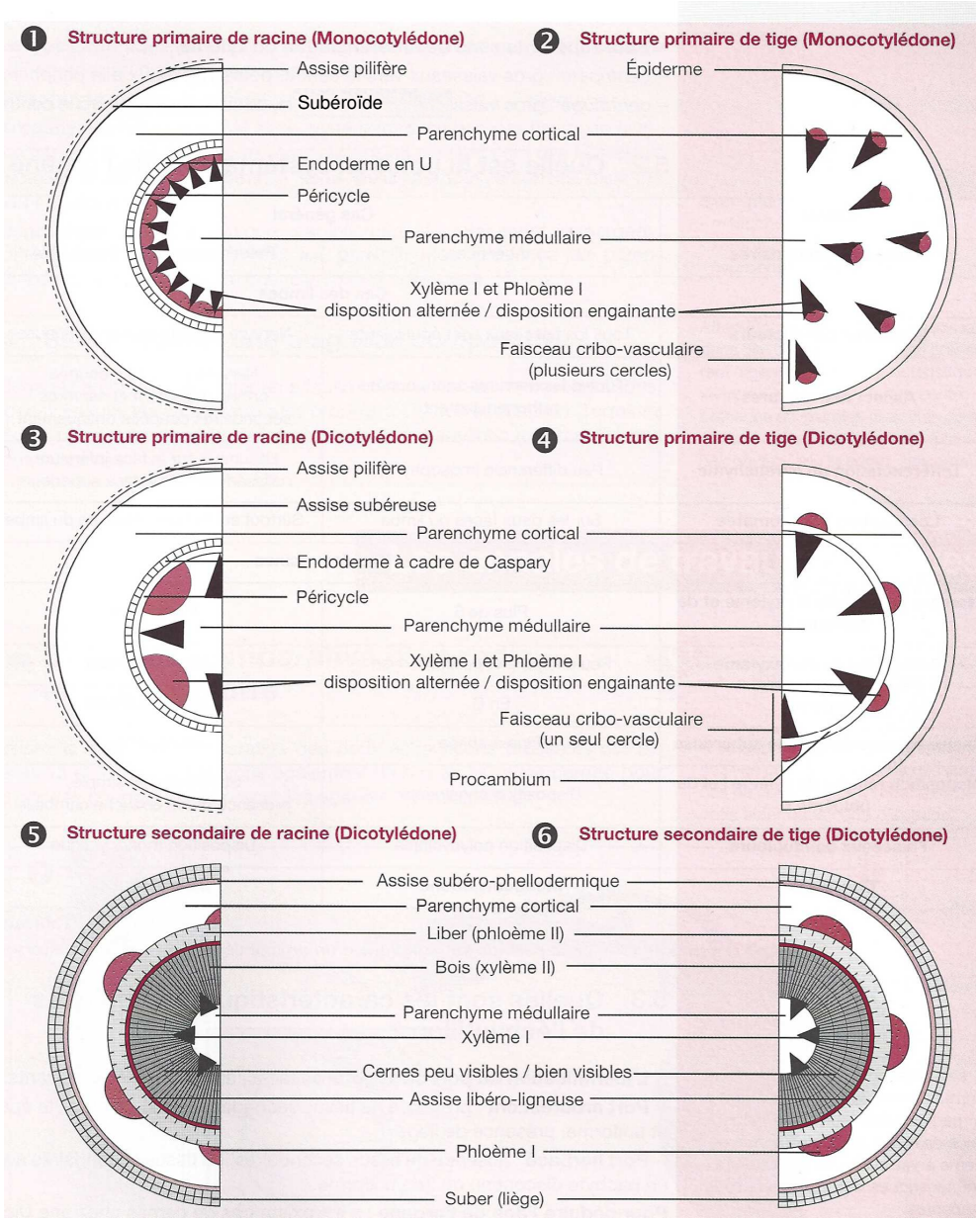
⮟ TABLEAU V. Principaux types d'organes d'Angiospermes en histologie.
D'après GODINOT *et al.* (2010).

Critère	Observations et conclusions			
Symétrie	Bilatérale → feuille		Axiale → racine ou tige	
Plan(s) de symétrie	Un seul plan		Plusieurs plans	
Morphologie	Organe aplati	Organe cylindrique	Cylindrique	
Disposition relative du xylème I et du phloème I			Alterne	Superposée (faisceaux cribo-vasculaires)
Différenciation du xylème I			Centripète	Centrifuge
Moelle			Réduite	Importante
Autres tissus	Parenchyme chlorophyllien	Tissus de soutien abondants	Rhizoderme, endoderme	Épiderme, sclérenchyme, collenchyme
Conclusion	**Limbe**	**Pétiole**	**Racine**	**Tige**

⮟ TABLEAU VI. Monocotylédone ou 'dicotylédone' ?
D'après GODINOT *et al.* (2010), corrigé.

Critère	Cas général	
Structures secondaires	Absence	Présence (absence éventuelle)
Cas des limbes		
Faisceaux conducteurs	Tous les faisceaux sont équivalents	Nervure centrale plus volumineuse
Aspect des nervures	Toutes les nervures sont coupées orthogonalement	Nervure principale coupée orthogonalement et nervures secondaires coupées obliquement
Différenciation du parenchyme	Peu différencié (mésophylle)	Lacuneux sur la face inférieure, palissadique sur la face supérieure
Localisation des stomates	Sur les deux faces du limbe	Surtout sur la face inférieure du limbe
Cas des racines		
Nombre de massifs de xylème et de phloème I	Plus de 6	Moins de 6
Caractères du métaxylème	Peu différencié, calibre moyen	Calibre important
Endoderme	En U	À cadre, subérifié
Assise externe de la zone subéreuse	Pluristratifiée	Unistratifiée
Disposition relative du xylème I et du phloème I	Disposition engainante	Superposition simple, présence d'une ébauche cambiale
Faisceaux conducteurs	Disposition polycyclique	Disposition monocyclique
Conclusion	**Monocotylédone**	**Dicotylédone**

Tiges



⮝ FIGURE 4. Représentation en figurés conventionnels des principaux organes végétatifs à connaître en histologie végétale (coupes transversales).
D'après GODINOT *et al.* (2010), modifié.
*L'**assise pilifère** désigne le **rhizoderme** qui est généralement représenté autrement.*

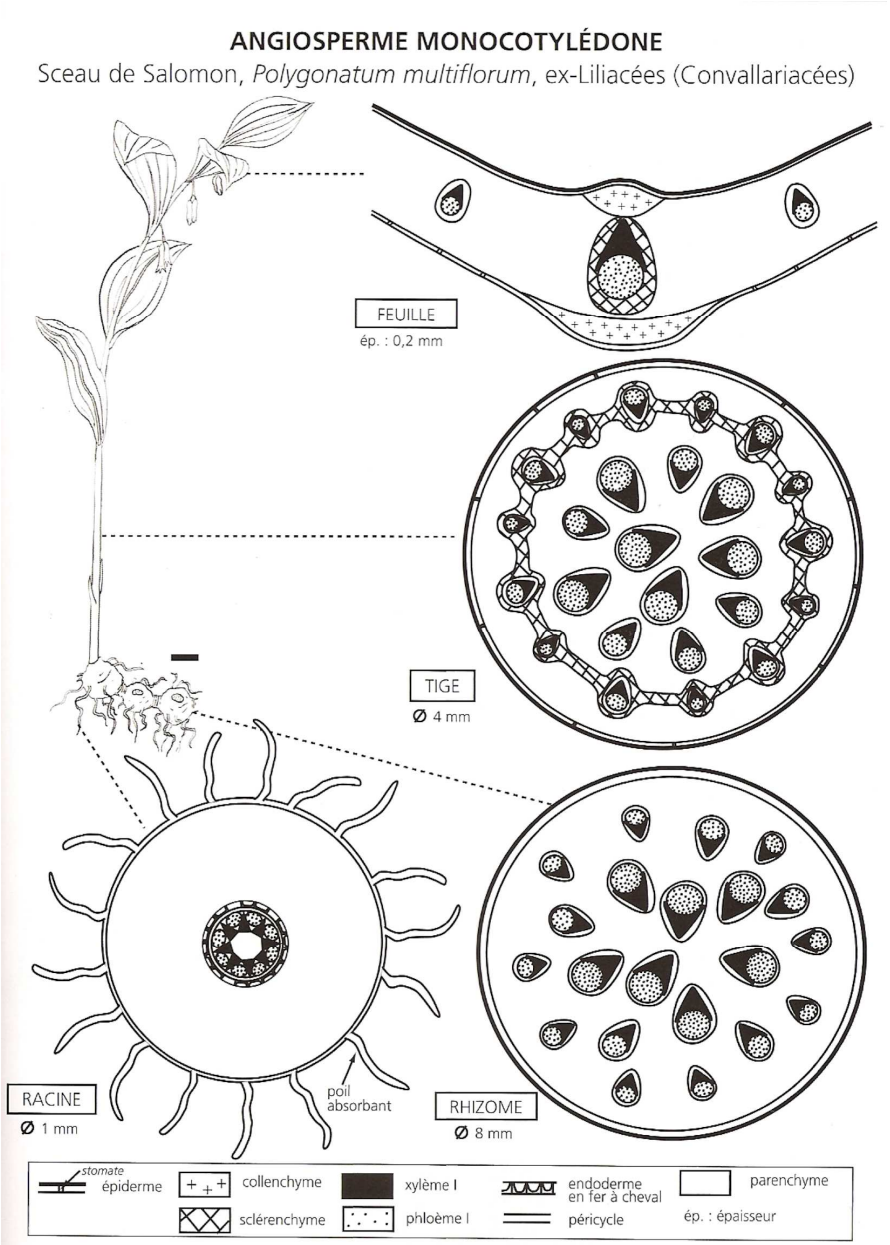


FIGURE 5. Représentation en figurés conventionnels des principaux organes végétatifs à connaître en histologie végétale (coupes transversales) : autre vision 1/2.
D'après MEYER *et al.* (2008).

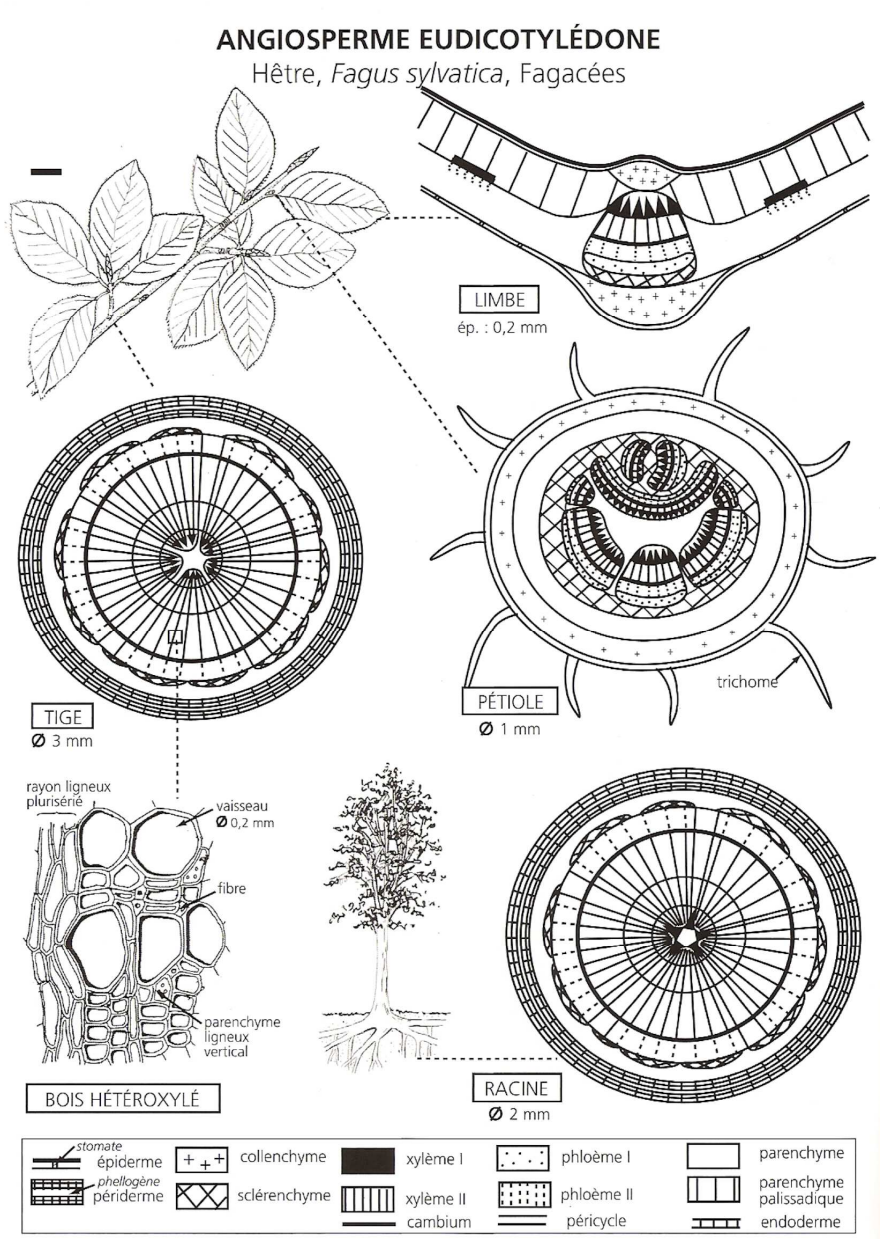


FIGURE 5. Représentation en figurés conventionnels des principaux organes végétatifs à connaître en histologie végétale (coupes transversales) : autre vision 2/2.
D'après MEYER *et al.* (2008).

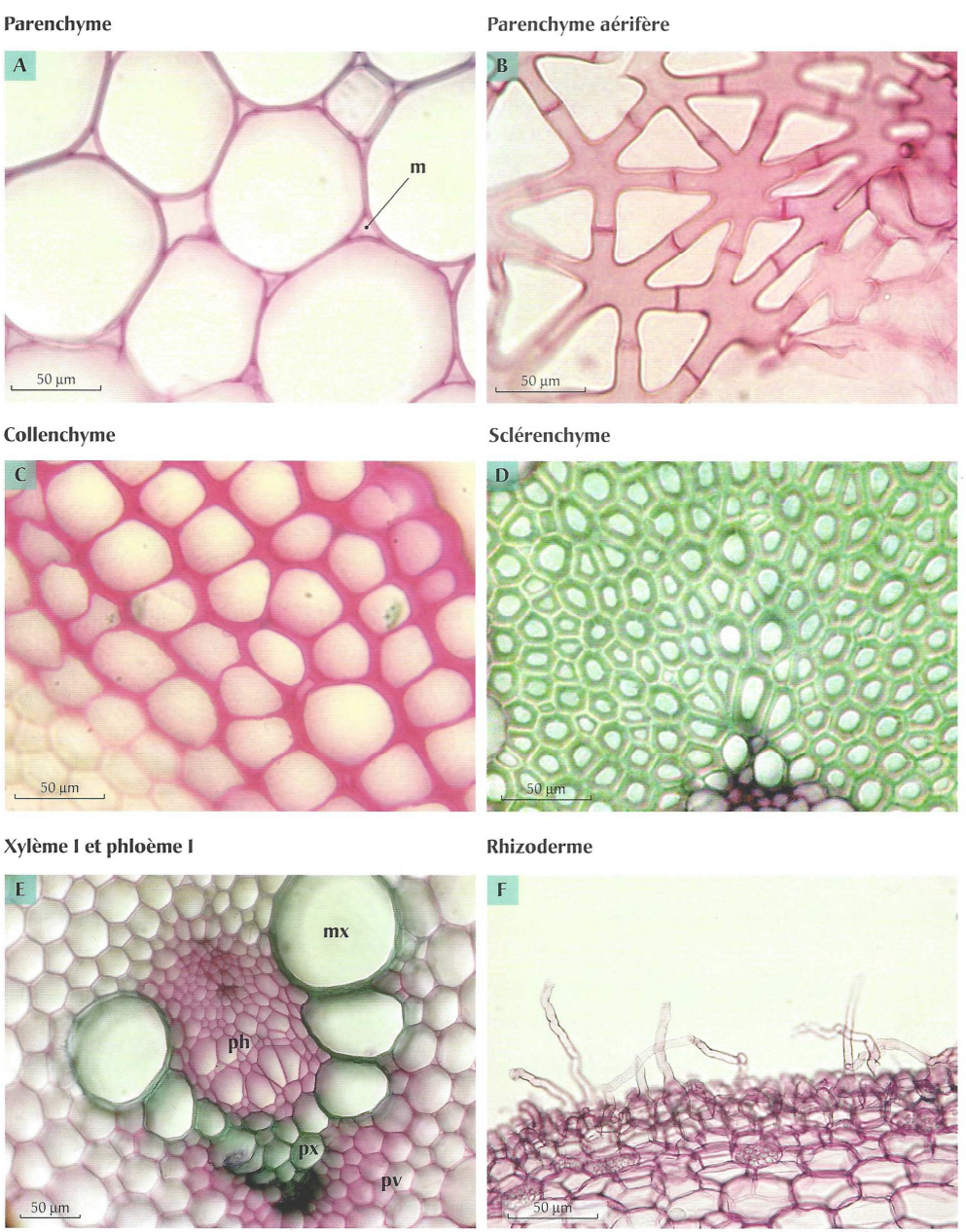


FIGURE 6. Une présentation générale des principaux tissus végétaux. 1/4.
D'après BOUTIN *et al.* (2010)

L'anatomie de l'appareil végétatif des Trachéophytes c'est-à-dire la distribution des tissus au sein des organes exprime un plan d'organisation précis, propre à chaque organe et à chaque taxon, et plus ou moins influencé par les caractères physicochimiques du milieu de vie. Son étude suppose de savoir identifier au préalable les tissus présents et ce, en fonction de la technique utilisée. La méthode de la double coloration a certes le désavantage de détruire le contenu cellulaire mais elle apporte néanmoins un complément d'information par la coloration spécifique des parois selon leur composition, strictement cellulosique (coloration en rose-rouge par le carmin aluné) ou lignifiée (coloration en vert par le vert d'iode). Ainsi, par l'observation précise de la **forme des cellules**, de leur **disposition rayonnante ou non**, de **l'épaisseur** et de la **nature des parois** est-il possible d'identifier tout tissu végétal adulte (les tissus jeunes, sièges de la mérèse et de l'auxèse, sont étudiés selon les techniques histologiques plus classiques). Rappelons enfin qu'il existe deux générations de tissus, les **tissus primaires** ou primordiaux, mis en place par les méristèmes primaires aux extrémités des organes (racines et tiges), de disposition non radiale, et les **tissus secondaires**, à disposition radiale, formés par développement de méristèmes secondaires lors de la croissance en épaisseur de ces mêmes organes.

Critères de reconnaissance des tissus primaires

- **Les parenchymes :** leurs cellules sont en général circulaires et à parois cellulosiques fines (photo A). La disposition non rayonnante conduit à la présence de méats (**m**) au sein des parois, dans les zones de contact entre trois cellules. La forme des cellules est très particulière dans certains cas ; ce sont les parenchymes palissadiques à cellules rectangulaires de certains limbes et les parenchymes aérifères des plantes aquatiques qui développent des lacunes d'aspects variés entre cellules (photo B). Parfois les parenchymes présentent des parois épaissies et lignifiées mais le maintien de méats les distingue du sclérenchyme. Ils sont présents dans tous les organes.
- **Le collenchyme :** ce tissu de soutien en position périphérique dans les organes aériens se reconnaît à ses parois cellulosiques épaissies de manière inégale, selon les cas, aux angles ou sur les parois tangentielles (photo C).
- **Le sclérenchyme :** il s'agit d'un tissu de soutien de localisation semblable à celle du collenchyme (un peu plus interne toutefois), aux parois régulièrement épaissies et lignifiées, dont le calibre des cellules est relativement constant à la différence du xylème (photo D). Il arrive que la lumière des cellules soit fort réduite par suite de l'épaississement considérable des parois.
- **Le xylème primaire :** ce tissu conducteur de sève brute présente toujours des cellules à parois régulièrement épaissies et lignifiées. Leur diamètre n'est jamais constant ; il s'accroît du protoxylème (**px**), région où la différenciation a été précoce, au métaxylème (**mx**), région à différenciation plus tardive (l'élargissement des cellules s'est poursuivi entre-temps) (photo E). La position interne ou externe de protoxylème et du métaxylème dépend du type d'organe et de sa position systématique. En fait les coupes longitudinales révèlent que le dépôt de paroi secondaire n'est pas continu.
- **Le phloème primaire :** on le reconnaît à ses petites cellules aux parois cellulosiques peu épaissies et à la dualité de leur calibre. À chaque cellule de diamètre moyen est accolée en principe une petite cellule ou cellule-compagne (photo E, **ph**). Un autre critère est sa proximité avec le xylème primaire, du moins tant qu'il n'y a pas de tissus secondaires. Dans ce cas, il ne doit pas être confondu avec le parenchyme de transfert ou parenchyme vasculaire (**pv**) qui jouxte le xylème primaire (pas de cellules compagnes pour ce dernier).
- **L'assise pilifère ou rhizoderme :** tissu de revêtement unistratifié de la zone pilifère des racines, il possède des cellules très allongées à fine paroi cellulosique, les poils absorbants (photo F).

FIGURE 6. Une présentation générale des principaux tissus végétaux. 2/4.
D'après BOUTIN *et al.* (2010)

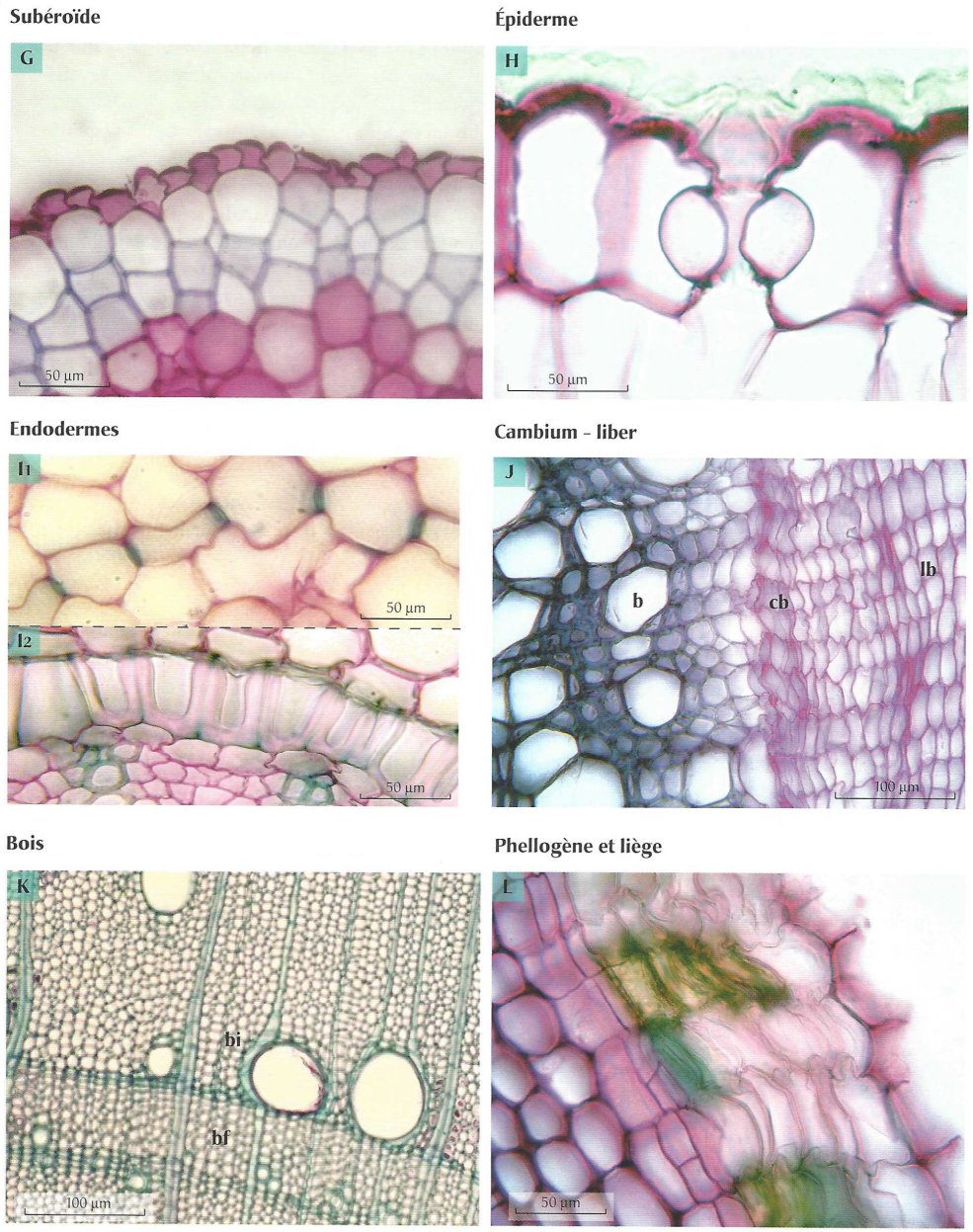


FIGURE 6. Une présentation générale des principaux tissus végétaux. 3/4.
D'après BOUTIN *et al.* (2010)

- **Le subéroïde** : revêtement de la zone subéreuse des racines, il est constitué de plusieurs couches de cellules aux parois épaissies par de la subérine (lipide) et de couleur crème voire verte (lignification de la subérine) (photo G). Son aspect non rayonnant permet de le distinguer du liège.
- **L'épiderme** : c'est l'assise de revêtement des portions aériennes. Il comporte une seule couche de cellules dont la paroi cellulosique externe est souvent épaissie voire lignifiée et est recouverte d'une pellicule lipidique (cutine et cires) plus ou moins nette, la cuticule. Localement des couples de cellules ovoïdes ou stomates constituent les lieux d'échanges avec le milieu extérieur (photo H).
- **L'endoderme** : cette assise monostratifiée en général présente une lignification partielle selon deux motifs, un cadre de lignosubérine sur les parois radiales et transversales, ou un épaississement en U sur les parois internes et radiales (photo I). Sa présence au sein des organes est assez variable et n'est pas strictement racinaire.

Critères de reconnaissance des tissus secondaires

Tous ces tissus s'identifient à la disposition radiale de leurs cellules qui se traduit par la juxtaposition de quatre cellules à chaque angle.

- **Le cambium ou assise génératrice libéroligneuse** : il est constitué de petites cellules rectangulaires « aplaties », en files radiales, aux parois cellulosiques très fines (photo J, **cb**). Sa situation est tout à fait spécifique, entre bois et liber.
- **Le phloème secondaire ou liber** : il s'apparente au phloème primaire si ce n'est la disposition radiale des cellules (photo J, **lb**). Parfois des cellules à parois épaissies et lignifiées s'y intercalent. Il se situe sur la face externe du cambium.
- **Le xylème secondaire ou bois** : lorsqu'il est présent, ce tissu est en général abondant. Il se localise sur la face interne du cambium (photo J, **b**) et comporte des cellules aux parois régulièrement épaissies et lignifiées de deux orientations. Les cellules des rayons (elles ne sont pas systématiquement lignifiées) sont allongées horizontalement ce que l'on observe en coupe transversale. Quant aux cellules allongées verticalement et donc sectionnées transversalement, elles sont de diamètres semblables (trachéides des Pinophytes – voir planche 18) ou distincts lorsqu'il y a différenciation entre fibres (faible diamètre) et vaisseaux (diamètres importants). La distinction entre bois initial riche en vaisseaux (**bi**) et bois final (**bf**) riche en fibres et l'observation des unités annuelles ou cernes complètent l'analyse du bois des plantes arbustives et arborescentes (photo K).
- **Le phellogène et le liège** : en périphérie des tiges et racines ligneuses se développe une nouvelle assise génératrice, le phellogène, constituée de 2-3 couches de cellules apparentées aux cellules cambiales (en forme de rectangle aplati, à paroi cellulosique très fine). Elle produit sur sa face externe un tissu de revêtement nommé liège ou suber en raison du revêtement de subérine (couleur jaune à marron) de ses parois (photo L). La présence d'un autre tissu, cellulosique dans ce cas, sur sa face interne, le phelloderme, est assez rare.

FIGURE 6. Une présentation générale des principaux tissus végétaux. 4/4.
D'après BOUTIN *et al.* (2010)

F. Représentation des tissus en figurés conventionnels

- En **histologie végétale**, il est d'usage de **schématiser** les **coupes végétales** en utilisant des **figurés conventionnels** qu'il faut **connaître** aussi bien pour les **reconnaître** que pour les **utiliser** (tableau VII). Ces schémas se réalisent classiquement en **noir et blanc** (encre de Chine ou crayon à papier traditionnellement) mais de plus en plus d'ouvrages les représentent avec de la **couleur**.
- Le tableau IV et les figures 4-5 situés plus haut utilisaient déjà ces figurés.

Notez que le **tableau IV** est un super **tableau de synthèse** !

TABLEAU VII. Figurés conventionnels en histologie végétale.
D'après BOUTIN *et al.* (2010).

Représenter les observations par un schéma en figurés conventionnels

Ces représentations font intervenir des figurés conventionnels. Ceux-ci sont indiqués ci-dessous.

Tissus	Figurés correspondants
Parenchymes	Pas de figuré conventionnel
Cambium, phellogène, péricycle, épiderme sans stomates et sans cuticule apparente	
Epiderme à stomates et à cuticule apparente	
Rhizoderme ou assise pilifère	
Endoderme, assise subéreuse	
Subéroïde	
Collenchyme	
Sclérenchyme	
Xylème primaire	métaxylème protoxylème
Xylème secondaire ou bois	
Phloème primaire	
Phloème secondaire ou liber	
Liège ou suber	

II. Caractérisation et types cellulaires des principaux tissus primaires

- On dira qu'un **tissu** est **primaire** s'il ***dérive d'un méristème primaire*** ; on dira qu'un **tissu** est **secondaire** s'il ***dérive d'un méristème secondaire***.

Un **organe de structure primaire** ne comprend ***que des tissus primaires***.
Un **organe de structure secondaire** comprend ***des tissus primaires et secondaires***.

A. Épidermes et rhizoderme, des tissus de revêtement

- Les **tissus de revêtement** sont en général ***constitués d'une seule couche de cellules vivantes à paroi cellulosique épaissie extérieurement par une cuticule (cutine + cirres) à fonction imperméabilisante***.

1. Les épidermes

- On trouve un **épiderme** (figure 7) à la ***périphérie des organes aériens (tiges et feuilles)***. On y trouve souvent des **stomates** (figure 8), ***ouvertures par lesquelles s'effectuent les échanges gazeux avec l'extérieur***. Un stomate comprend un ***orifice refermable, l'ostiole, et deux cellules stomatiques ou cellules de garde*** ; ce sont souvent les **seules cellules chlorophylliennes de l'épiderme**.

Certaines cellules épidermiques peuvent présenter des **différenciations autres** : cellules sécrétrices, poils épidermiques…

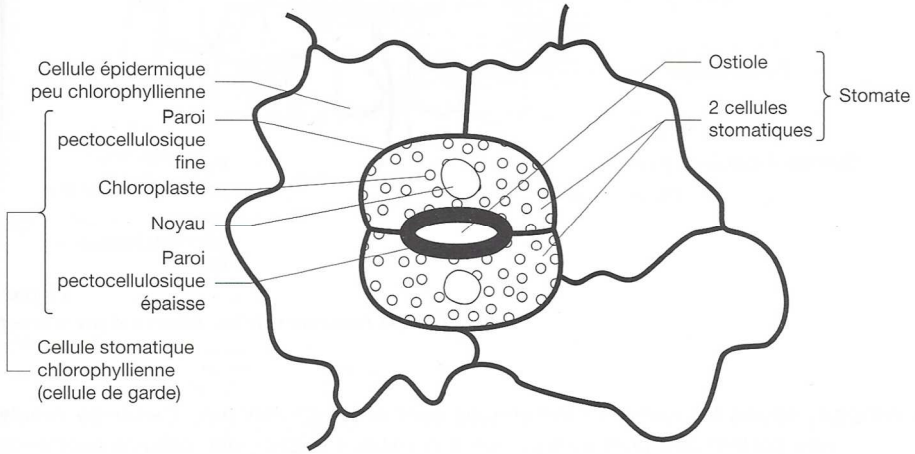


FIGURE 7. Épiderme avec un stomate (face inférieure). D'après BREUIL (2007).

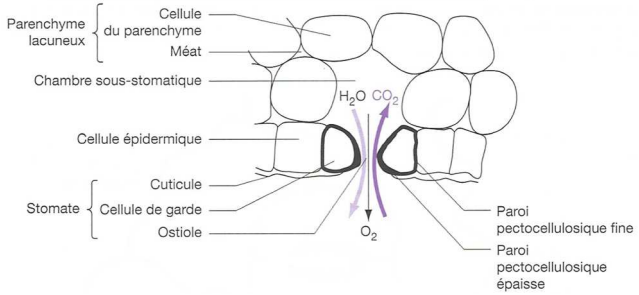


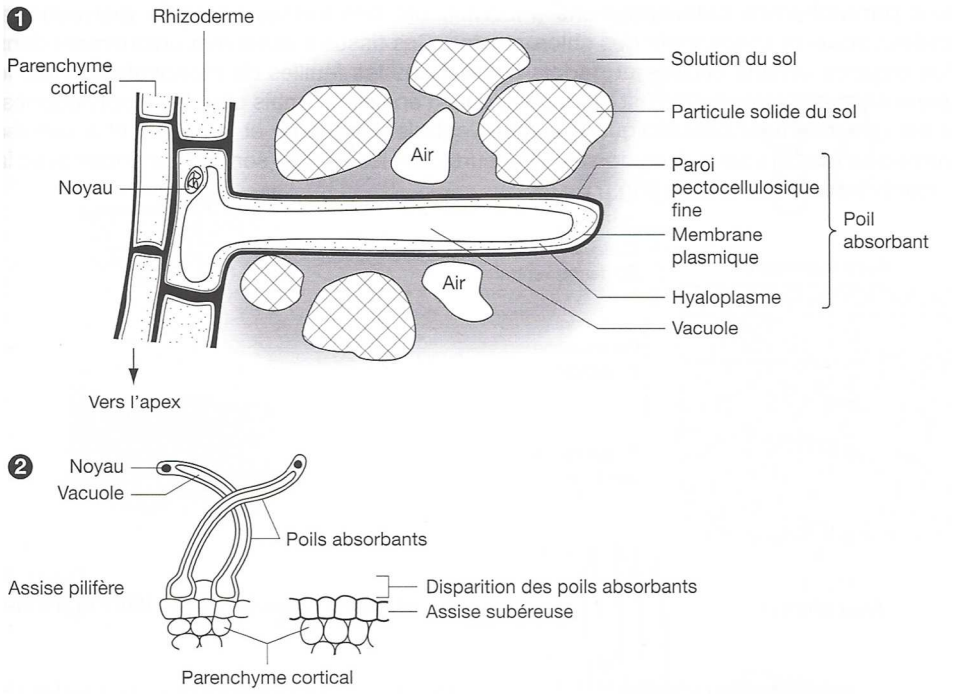
FIGURE 8. Coupe transversale au travers d'un stomate. D'après BREUIL (2007).

2. Le rhizoderme et les couches subérifiées qui en dérivent

- On trouve un **rhizoderme** (parfois simplement appelé **épiderme racinaire**) à la ***périphérie des organes racinaires***. Il présente localement des cellules différenciées en **poils absorbants** (dont l'ensemble forme l'**assise pilifère**) qui ***augmentent la surface d'échanges avec le milieu souterrain***.
- **Au-dessus de la zone pilifère**, le rhizoderme est remplacé par la ***couche sous-jacente de cellules parenchymateuses qui se subérifie*** (donc **se rigidifie** et **s'imperméabilise**, devenant incapable d'absorption) qui se **différencie** en **assise subéreuse** (chez les 'dicotylédones', monocouche) ou **subéroïde** (chez les Monocotylédones, plusieurs couches). Ces structurent **limitent la déshydratation** et assurent une **protection mécanique** en milieu souterrain.

  Ne pas confondre ces tissus avec le **suber**, un **tissu secondaire**.
- *Notons que les racines s'associent souvent avec des **champignons mycorhiziens** ou peuvent encore s'associer avec des **bactéries de type « Rhizobium »**. Leur morphologie s'en trouve fortement modifiée.*

  Voir la **mycorhization** et les **nodosités** (chapitre 11 sur la vie fixée des Angiospermes + chapitre 20 sur les écosystèmes)



Poils absorbants

1. *Relation du poil absorbant avec le sol.* ***2.*** *Remplacement fonctionnel de l'assise pilifère par la subérification de la couche de cellules corticales sous-jacentes.*

FIGURE 9. Le rhizoderme et sa subérification. D'après BREUIL (2007).

B. Les parenchymes, des tissus de remplissage

1. Définition et caractéristiques cytologiques

- On appelle **parenchyme** ou **tissu de remplissage** un ***tissu composé de cellules vivantes souvent en relativement grand nombre qui présentent un niveau de différenciation variable. La vacuole est souvent unique et importante. Des plasmodesmes permettent une circulation symplasmique***.

  Voir chapitre 1 (Les cellules eucaryotes)

2. Localisations principales dans les organes de structure I

- Les **principales localisations** des parenchymes sont :
  - Au niveau des **tiges** (**modérément à peu chlorophyllien**) et des **racines** (**non chlorophyllien**) :
    - En ***position centrale*** = **parenchyme médullaire**
    - En ***position périphérique*** = **parenchyme cortical**
  - Au niveau des **feuilles** (souvent **très chlorophyllien** ; on l'appelle **mésophylle**) :
    - Dans les feuilles de **'dicotylédones'**, il est généralement **hétérogène** : **parenchyme palissadique** (partie **supérieure**) + **parenchyme lacuneux** (partie **inférieure**, riche en **lacunes aérifères**) (figure 10)
    - Dans les feuilles de **Monocotylédones**, il est **homogène**.

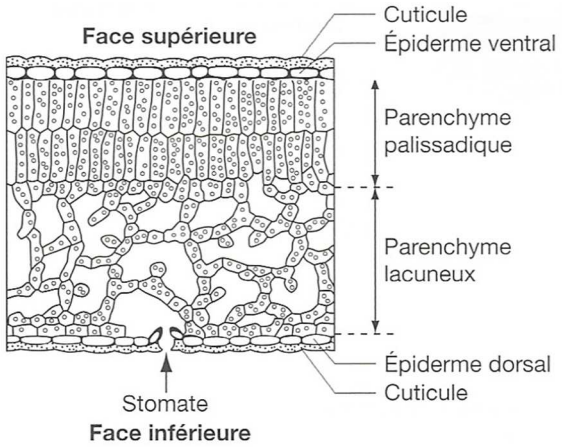


FIGURE 10. Coupe de transversale de feuille montrant le parenchyme hétérogène. D'après BREUIL (2007).

3. Principaux types fonctionnels

- Les parenchymes ont principalement pour principaux **types fonctionnels** :
  - Les **parenchymes chlorophylliens** ou **chlorenchymes** dans lesquels on trouve des ***chloroplastes*** et qu'on n'observe ***que dans les organes aériens***.
  - Les **parenchymes de réserve** qui permettent le ***stockage de substances variées*** dans tout type d'organe (racines, tiges, feuilles, hypocotyles…) :
    - Sous forme d'**amyloplastes** (amidon), d'**oléoplastes** (lipides), de **protéoplastes** (protéines) ;
    - Sous forme de **grains d'aleurone** (protéine) dans les **vacuoles** ;

- Sous forme de **gouttelettes lipidiques** en émulsion dans le **cytosol** ;
- Sous forme de **glucides solubles** (saccharose, inuline…) dans les **vacuoles**…

- Les **parenchymes aquifères** ou **aquenchymes** qui présentent ***des vacuoles riches en mucilages retenant l'eau*** (adaptation aux milieux arides chez les **plantes grasses** ou **malacophytes**).
- Les **parenchymes aérifères** ou **aérenchymes** qui ***comprennent de larges espaces intercellulaires remplies d'air et qui assurent la flottaison – les échanges gazeux – chez les plantes aquatiques submergées*** (page 7 : figure 6.B).

C. Collenchyme et sclérenchyme, des tissus de soutien

- Les **tissus de soutien** assurent la ***consolidation des édifices tissulaires*** ; ***leurs parois sont fortement épaissies*** (figure 11). Ces tissus ***dérivent de parenchymes***.

1. Le collenchyme

- Le **collenchyme** est un ***tissu de soutien formé de cellules vivantes à paroi pectocellulosique secondaire épaisse (plusieurs couches de cellulose)*** (figure 11). ***Les cellules du collenchyme sont souvent allongées*** et étroitement ***associées entre elles***. Il existe des **plasmodesmes**.
- On trouve souvent les collenchymes ***sous l'épiderme*** sous forme de **massifs** ou de **couronnes**. Certains collenchymes permettent une **relative souplesse** voire peuvent encore subir **un peu d'élongation cellulaire** si la paroi n'est pas trop épaissie.

2. Le sclérenchyme

- Le **sclérenchyme** est un ***tissu de soutien dont les parois sont imprégnées de lignine et dont les cellules sont mortes (formant des fibres plus ou moins allongées longitudinalement)*** (figure 11).
- On trouve le sclérenchyme dans les ***parties de la plante ne subissant plus d'élongation***.

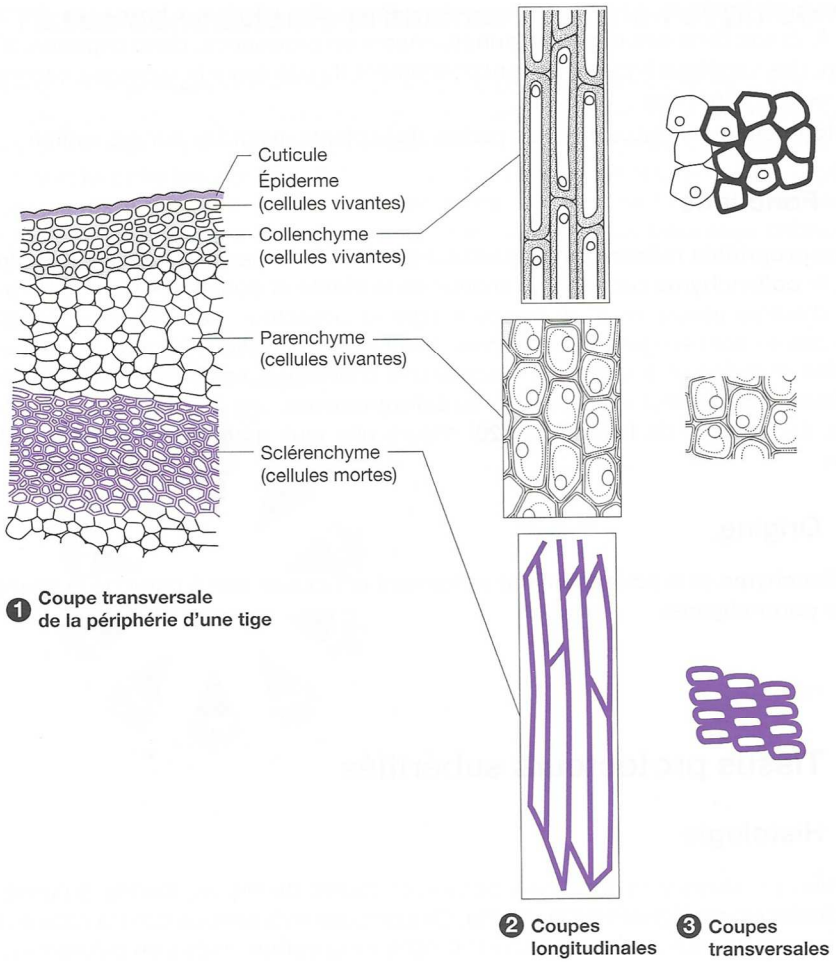
D. Xylème I et phloème I, des tissus conducteurs primaires

- Les **tissus conducteurs** assurent la ***conduction des sèves (sève brute pour le xylème et sève élaborée pour le phloème)***. Ils sont regroupés en ***unités structurales et fonctionnelles*** qu'on appelle **faisceaux conducteurs** ou **faisceaux cribro-vasculaires** (figure 16).

1. Cytologie du xylème primaire

- Le **xylème primaire** comprend principalement **deux types de cellules** qui constituent les **éléments conducteurs** sont des ***cellules mortes, allongées, à paroi secondaire portant des épaississements de lignine plus ou moins importants***. On peut distinguer deux types d'éléments de vaisseaux :
  - Les **vaisseaux parfaits** (= **trachées** = **éléments de vaisseaux** = **vaisseaux** tout court) qui ***présentent des zones sans lignine qu'on appelle ponctuations et ne présentent quasiment plus de parois transverses (présence de perforations), ce qui assure une continuité des cellules situées les unes au-dessus des autres, permettant la circulation de la sève brute*** (figure 12). On les trouve surtout dans le **métaxylème** (***partie nettement différenciée du xylème***) [*on les retrouvera aussi dans le xylème secondaire*].

En fonction du **type d'ornementation latérale dû aux lignines**, on distinguera les **vaisseaux rayés**, **réticulés** et **ponctués** (figure 14).



Tissus de soutien primaires

1. *Coupe transversale dans une tige d'aristoloche.* ***2.*** *Coupes longitudinales dans les tissus de soutien et de remplissage.* ***3.*** *Coupes transversales dans ces mêmes tissus.*

FIGURE 11. Collenchyme et sclérenchyme. D'après BREUIL (2007).

- Les **« vaisseaux » imparfaits** ou **trachéides** qui ***présentent uniquement des ponctuations (interruptions de la lignification pariétale) assurant le passage de la sève brute*** (figure 13).

En fonction de la **disposition des épaississements ligneux**, on distinguera les **trachéides annelées**, **spiralées** et **rayées** (figure 14).

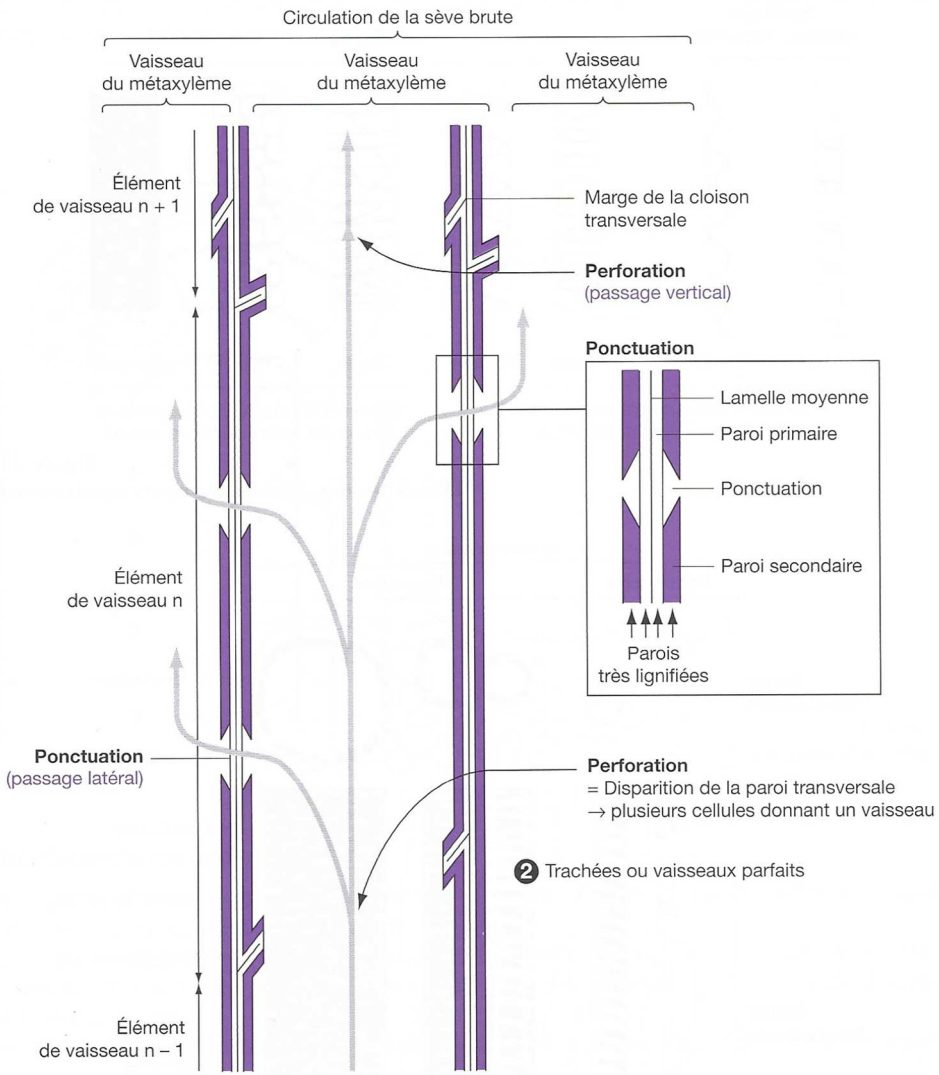


FIGURE 12. Trachées (vaisseaux parfaits). D'après BREUIL (2007).

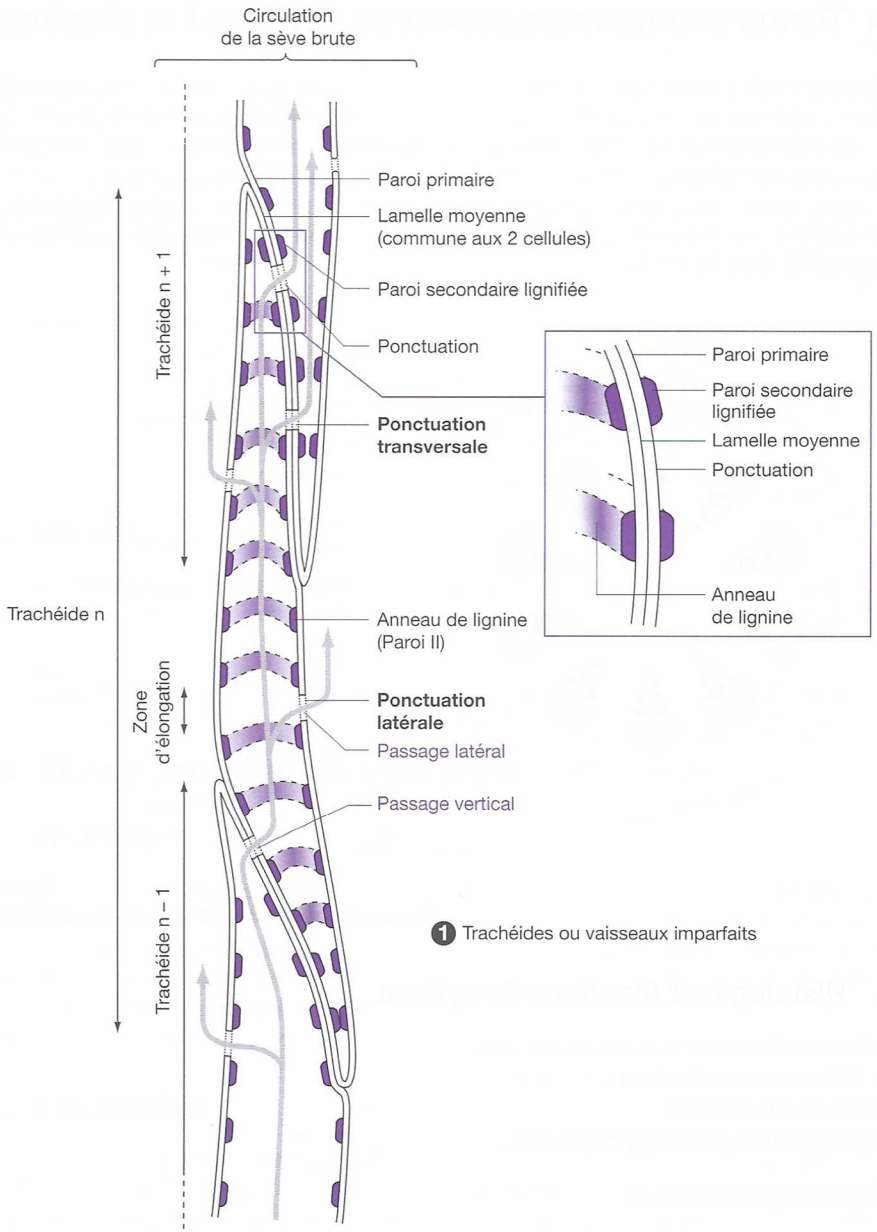


FIGURE 13. Trachéides (« vaisseaux » imparfaits). D'après BREUIL (2007).

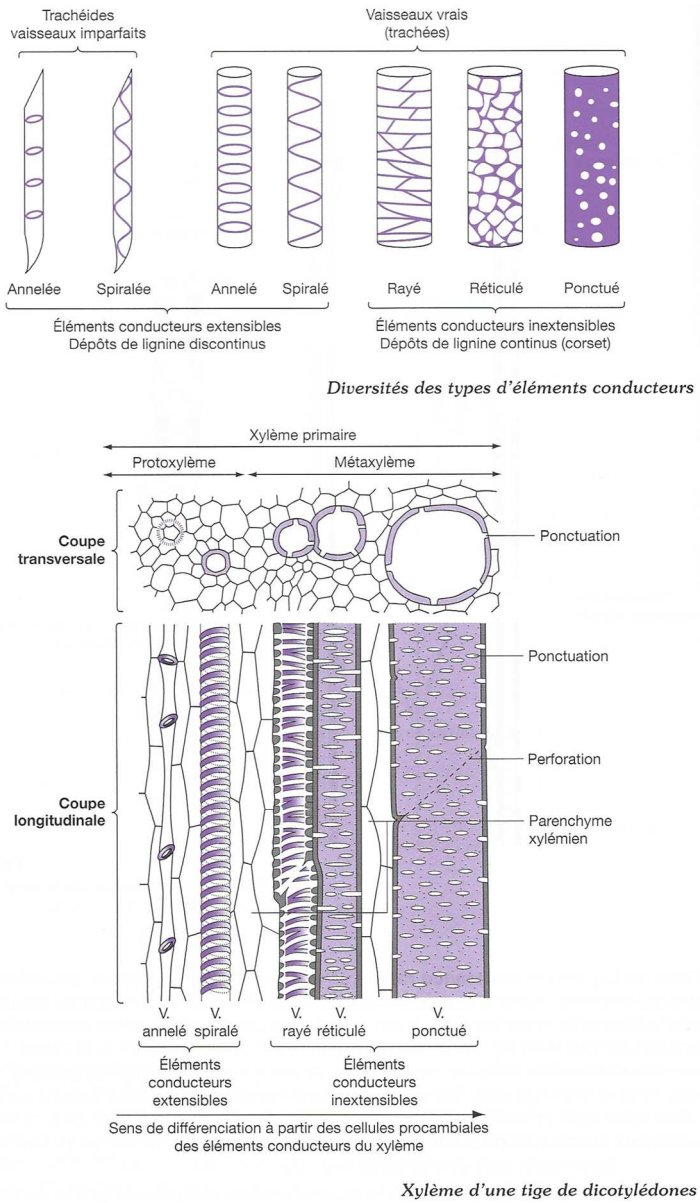


FIGURE 14. Diversité des vaisseaux vrais et trachéides. D'après BREUIL (2007).

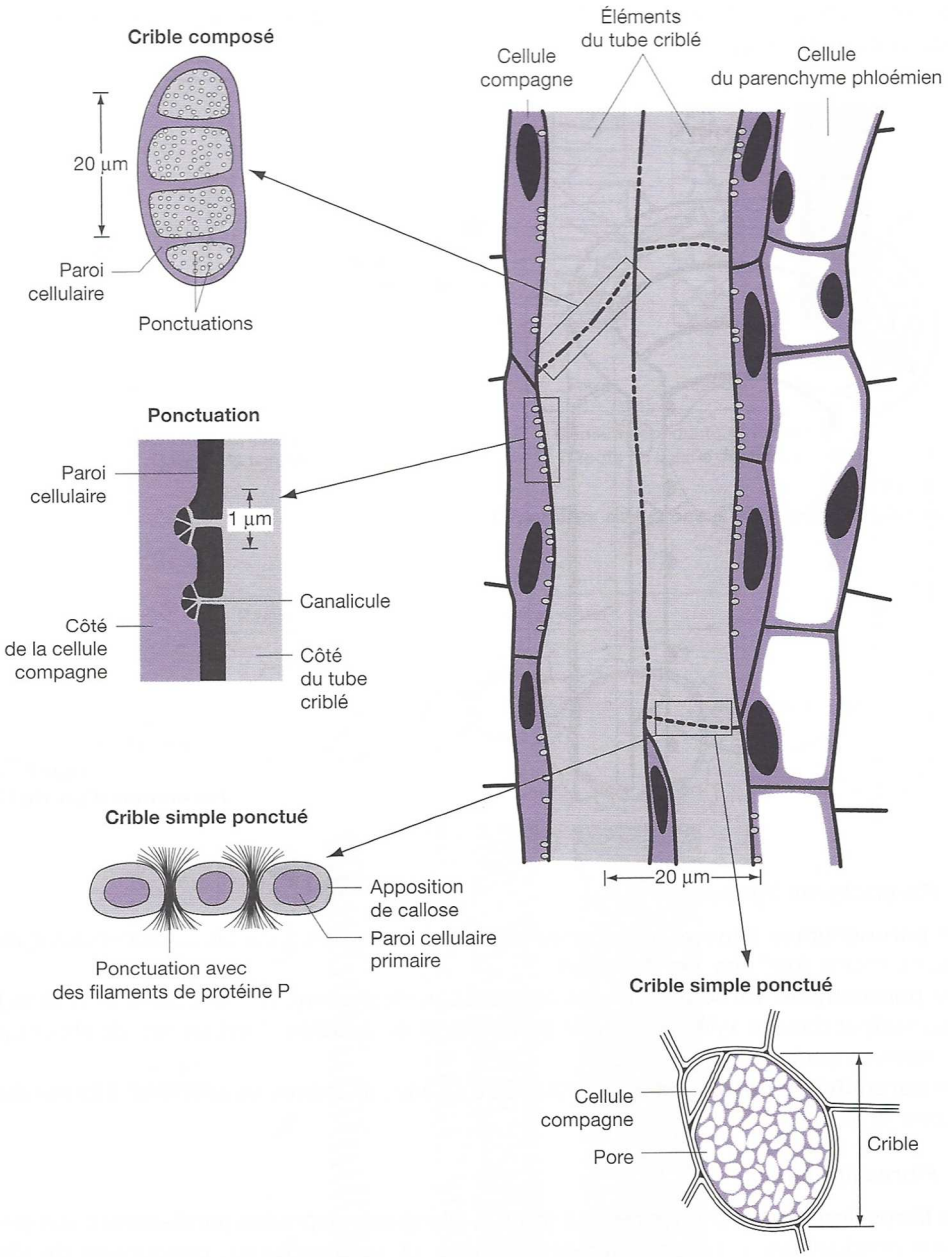


FIGURE 15. Organisation du phloème I. D'après BREUIL (2007).

2. Cytologie du phloème primaire

- Le **phloème primaire** (figures 15-16) comprend principalement **deux types de cellules** :
  - Les **cellules criblées** : ***cellules dont l'enchaînement vertical forme les tubes criblés***. Il s'agit de ***cellules vivantes, allongées, de petite taille (longueur jusqu'à 1 mm pour 0,01 mm de diamètre) et dont la paroi pectocellulosique est percée de petites perforations nommées ponctuations, rassemblées en cribles transversalement*** (notez que de la **callose** les obstrue à la mauvaise saison). Bien que vivantes, ces cellules n'ont **pas de noyau ni de vacuole** en fin de différenciation (mais on trouve quelques plastes et mitochondries modifiés, ainsi que du REL).
  - Les **cellules compagnes** : ***cellules vivantes à noyau, à organites « classiques », fines et allongées associées à chaque cellule criblée qui participent à la fourniture d'énergie à la cellule criblée mais aussi (et surtout) à la charge ou la décharge du phloème***.

3. Organisation et mise en place des tissus conducteurs

a. Origine des tissus conducteurs primaires

- Le **xylème primaire** et le **phloème primaire** proviennent de la ***différenciation de cellules issues des méristèmes primaires apicaux racinaire et caulinaire***. Ces cellules indifférenciées s'éloignent de leur méristème d'origine et forment le **procambium** ***dont les cellules génèrent les tissus conducteurs***. Le procambium peut, dans les **parties âgées** des tiges ou racines, devenir un **cambium**.

b. Différenciation des tissus conducteurs primaires

- Au sein du **xylème primaire**, on peut distinguer le **protoxylème** ***en pointe*** et le **métaxylème** ***aux cellules plus volumineuses***. Dans les **racines**, ***la différenciation du xylème I est centripète*** (elle va vers le centre). Dans les **tiges**, ***la différenciation du xylème est centrifuge***.
- ***La différenciation du phloème I est toujours centripète***, ce qui aboutit à une ***disposition superposée de xylème et du phloème dans les tiges (ou encore les feuilles) – formant alors des faisceaux cribrovasculaires*** (figure 16) **–** alors que ces tissus sont ***alternés dans les racines*** (figure 17).

E. Endoderme et péricycle, tissus d'interface interne

1. L'endoderme, assise la plus profonde de l'écorce des racines

- On appelle **endoderme** (figure 6) ***l'assise la plus profonde du cortex (= écorce au sens botanique, non au sens commun) des racines*** : cette ***monocouche de cellules comprend un revêtement de subérine (et parfois de lignine) forçant l'eau et les sels minéraux à emprunter la voie symplasmique quand ils atteignent la stèle***.
- Chez les **'dicotylédones'**, la subérification est un ***cadre entourant transversalement les cellules*** qu'on nomme **cadre de Caspary**. Chez les **Monocotylédones**, l'endoderme a une **forme « en U »** ou encore dite **« en fer à cheval »**.

2. Le péricycle, première assise du cylindre central (ou stèle) des racines

- Le **péricycle** est la ***première couche de cellules la plus externe de la stèle des racines*** ; la paroi des cellules est **primaire** dans les **jeunes tissus** puis **secondaire** quand ils **vieillissent**. Ce sont des ***cellules vivantes de type parenchymateux***. Ce tissu ***participe à la formation des racines secondaires*** par **dédifférenciation** (mise en place d'un méristème secondaire) (figure 6).

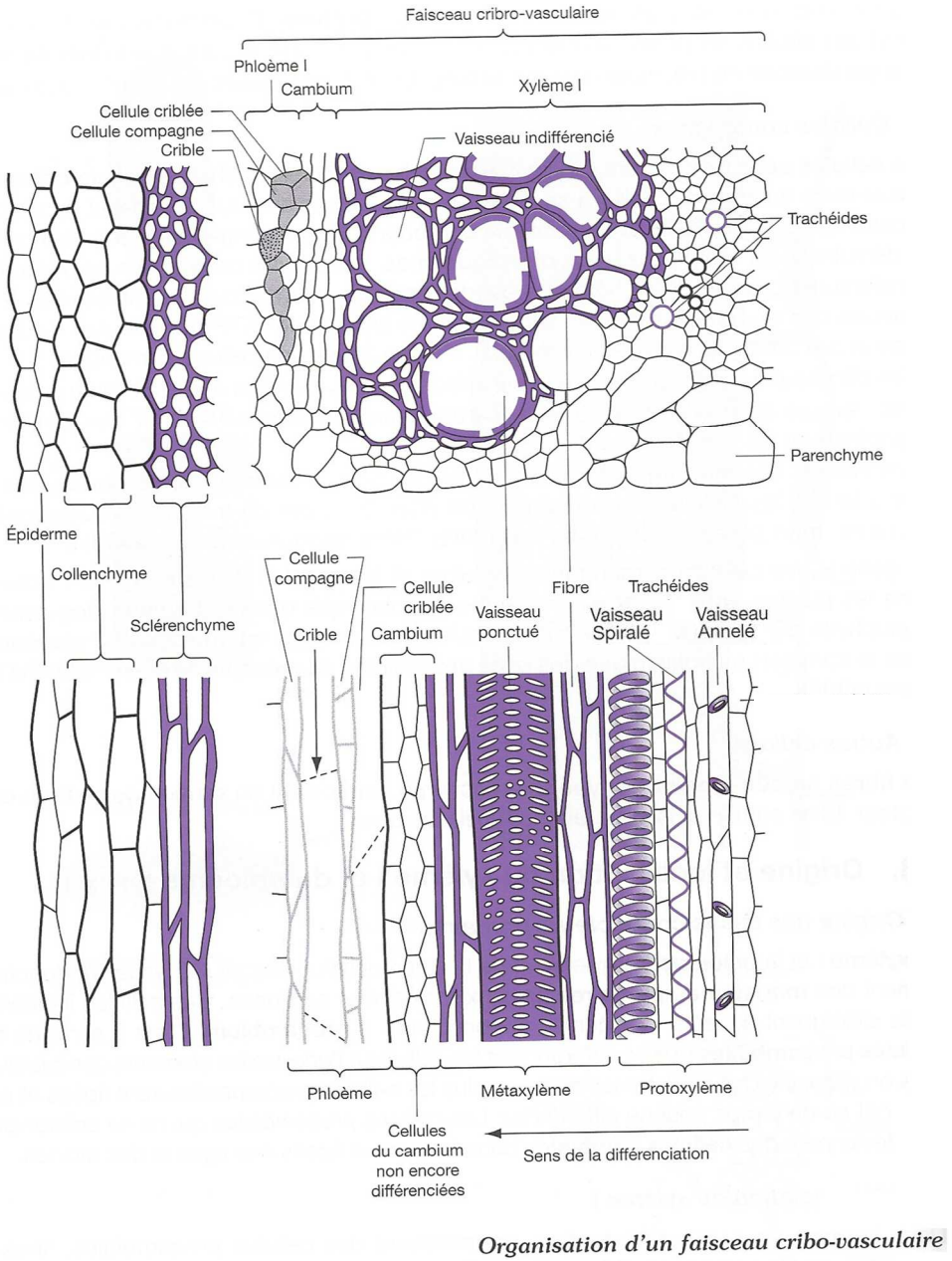
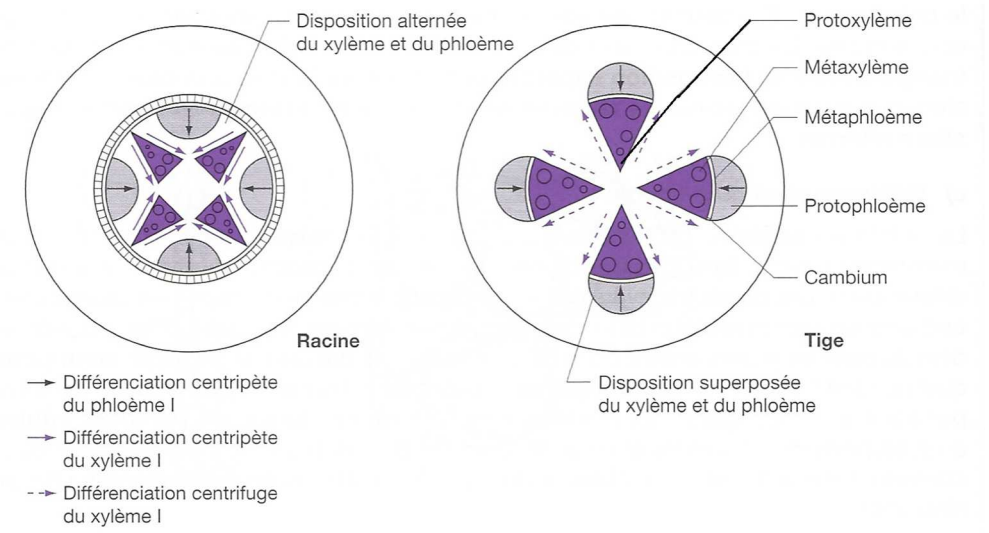


FIGURE 16. Organisation d'un FCV. D'après BREUIL (2007), modifié.



Comparaison des sens de différenciation du xylème I et du phloème I dans la racine et dans la tige

Ces tissus se forment à partir du procambium. La différenciation du cambium est d'autant plus poussée que l'on se place dans les parties les plus âgées de la tige et de la racine et que l'on se situe vers l'intérieur pour la racine (différenciation centripète) et vers l'extérieur pour la tige (différenciation centrifuge).

FIGURE 17. Comparaison et formation des tissus conducteurs primaires. D'après BREUIL (2007).

III. Quelques données sur les tissus secondaires

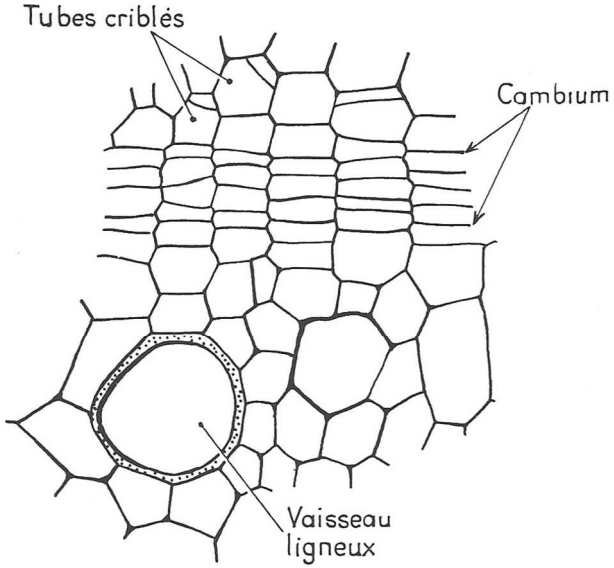
- Les **tissus secondaires** ***se trouvent dans les racines ou tiges de 'dicotylédones' présentant une lignification mais se rencontrent aussi dans leurs feuilles***. Ces structures assurent notamment la ***croissance en épaisseur des organes***.

A. Cambium libéro-ligneux et phellogène, des méristèmes secondaires (= assises génératrices)

- Les **méristèmes secondaires** peuvent aussi s'appeler **cambiums (= cambia)** au sens large ou **assises génératrices**. On peut les détecter grâce à **l'alignement de leurs cellules souvent rectangulaires** (*caractère non exclusif de ces cellules néanmoins*).

1. Le cambium libéro-ligneux, assise générant les tissus conducteurs secondaires

- Le **cambium libéro-ligneux (= assise génératrice libéro-ligneuse)** se met en place ***initialement entre le xylème primaire et le phloème primaire*** (figures 17-18) : il est vraiment actif lorsqu'il ***produit du xylème secondaire ou bois (vers l'intérieur) et du phloème secondaire ou liber (vers l'extérieur)***. On le repère alors ***entre ces deux tissus grâce à ses cellules basiquement rectangulaires alignées en files régulières*** (souvent **plusieurs couches**) ***à paroi cellulosique fine*** (figure 6, figure 18). Ce sont des **cellules vivantes** évidemment non différenciées (***paroi fine, gros noyau mais vacuome moins fragmenté que dans les méristèmes primaires*** : figure 19).



Cambium dans un faisceau cribro-vasculaire d'Aristoloche (*Aristolochia clematitis*).
La coupe a été traitée par l'hypochlorite de sodium.

FIGURE 18. Localisation et allure histologique du cambium libéro-ligneux (entre xylème et phloème). D'après CAMEFORT (1977).

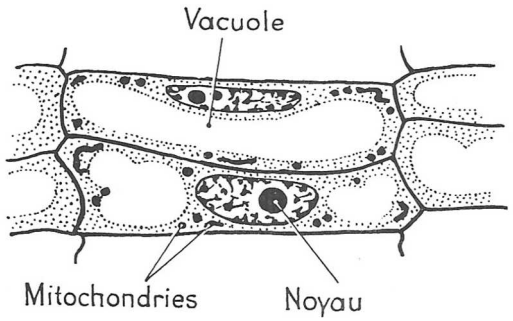


FIGURE 19. Cytologie des cellules cambiales (= cellules méristématiques secondaires). D'après CAMEFORT (1977).

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

- Le **phellogène** ou **assise subéro-phellodermique** se forme grâce à la ***dédifférenciation*** ***(= retour des cellules à un état indifférencié) de cellules du parenchyme cortical ou de collenchyme***. C'est une assise de cellules ***à paroi cellulosique fine*** de forme proche des cellules cambiales libéro-ligneuses (***cellules basiquement rectangulaires alignées en files régulières***) (figure 6) situé en **position corticale** de l'organe.
- Le phellogène ***permet de produire des enveloppes protectrices externes aux tiges ou racines s'épaississant*** : le phellogène ***produit du liège (= suber) vers l'extérieur et du phelloderme vers l'intérieur. L'ensemble du phellogène et des deux tissus qui en dérivent*** forme le **périderme**.

B. Xylème II et phloème II, des tissus conducteurs secondaires

1. Le xylème secondaire ou bois, un ensemble

a. Constitution cellulaire

- Le **xylème secondaire** ou **bois** est un ***tissu constitué d'éléments de vaisseaux, de parenchyme ligneux*** (à fonction de réserve) ***et de fibres ligneuses*** (à fonction de soutien).
- Les **trachéides** sont généralement **absentes** dans les bois des **Angiospermes** (il semblerait toutefois qu'il y en ait en faible quantité chez certaines espèces).

Contrairement aux **Gymnospermes** qui n'ont que des **trachéides** dans leur **xylème secondaire** (**bois homoxylé**), on dit que le **bois des Angiospermes** est **hétéroxylé** en référence à la ***combinaison de fibres et de vaisseaux***.

Attention aux trachéides : ***certains ouvrages (notamment d'origine anglosaxonne) confondent les fibres du bois (à rôle non conducteur) avec les « trachéides » (à rôle conducteur, mais normalement le plus souvent absente du bois des Angiospermes)***. *Il semblerait donc que le terme « trachéide » puisse avoir* ***plusieurs acceptions****, soyez donc vigilants…*

- Les **types cellulaires principaux** du bois sont donc au nombre de **trois** :
  - Les **vaisseaux**, avec les ***mêmes caractéristiques que dans le xylème primaire***. Notons que **leur diamètre varie** en fonction de la **saison** à laquelle ils se mettent en place (voir b).
  - Le **parenchyme ligneux** (= **parenchyme xylémien**), ***cellules vivantes parenchymateuses à paroi pectocellulosique plus ou moins lignifiée*** (figure 14). Son rôle est essentiellement un **rôle de réserve** (tissu riche en **amidon**) voire de **défense contre les xylophages** (tissu riche en **tanins**). On peut distinguer :
    - Le **parenchyme vertical** à ***cellules allongées verticalement***.
    - Le **parenchyme horizontal** à ***cellules allongées radialement et formant des rayons ligneux***.
  - Les ***fibres ligneuses*** sont des ***cellules mortes, allongées, disposées parallèlement aux éléments conducteurs et à paroi fortement lignifiée qui assurent un rôle de soutien***. Elles **ne participent** normalement **pas** à la **conduction** de la **sève**. Elles sont **alignées** et forment **50 à 80 % du bois**.

Remarque : on peut parfois trouver quelques fibres ou un peu de parenchyme ligneux dans le xylème primaire.

b. Une organisation en anneaux concentriques laissant apparaître un bois initial et un bois final

- Le **xylème secondaire** **bien développé** présente, ***en coupe transversale, une structure en anneaux concentriques*** ; on parle d'**anneau ligneux** ou de **cerne** (figures 20-21-22).
- Chaque **cerne** correspond à une **formation annuelle** :
  - La ***partie claire et large*** correspond au **bois initial** ou **bois de printemps** mis en place lors de la **reprise de la vie active**. Cytologiquement, les **vaisseaux** y ont un **diamètre important** (figure 22).
  - La ***partie sombre et fine*** correspond au **bois final** ou **bois d'automne** mis en place **avant l'arrivée de la mauvaise saison**. Cytologiquement, les **vaisseaux** y ont un **diamètre faible** (figure 22).

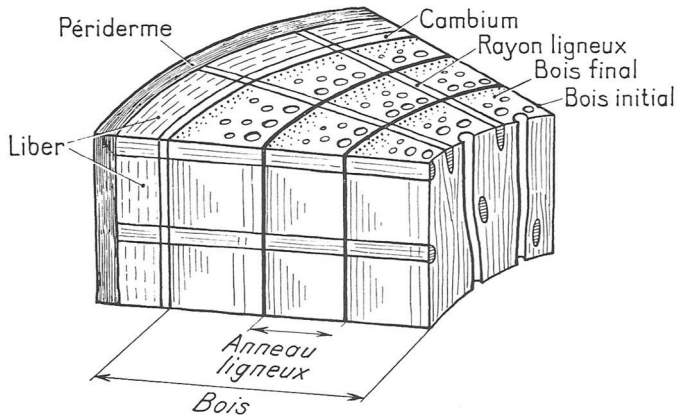
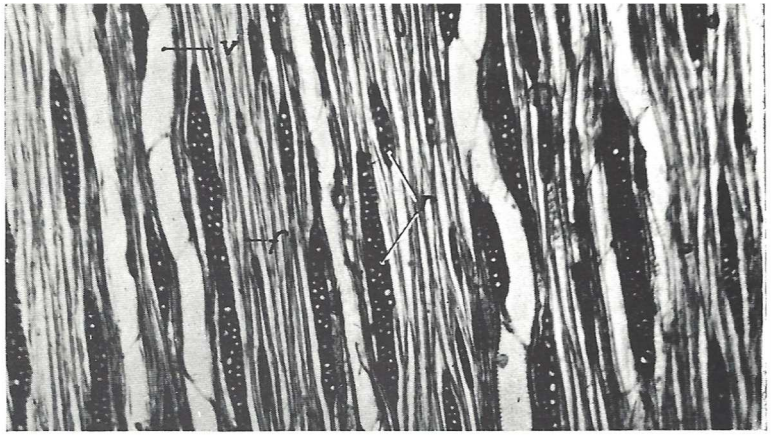
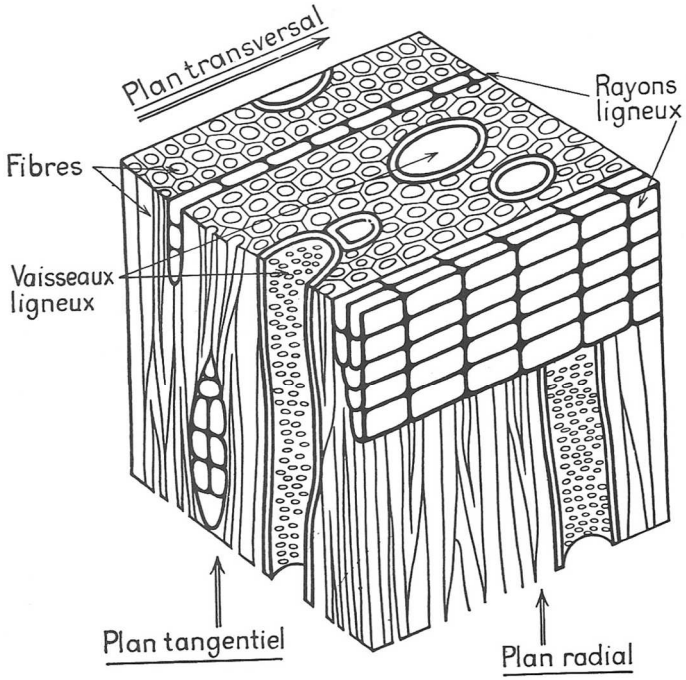


FIGURE 20. Bloc diagramme montrant l'organisation du bois. D'après CAMEFORT (1977).



Cliché H. Camefort.



En haut : coupe longitudinale tangentielle dans un bois d'Érable (Gr : × 120).
f, fibres ; *r*, rayon ligneux ; *v*, vaisseau.
En bas : bloc diagramme présentant la structure du bois d'Érable.

Figure 21. Autre bloc diagramme montrant l'organisation du bois. D'après Camefort (1977).

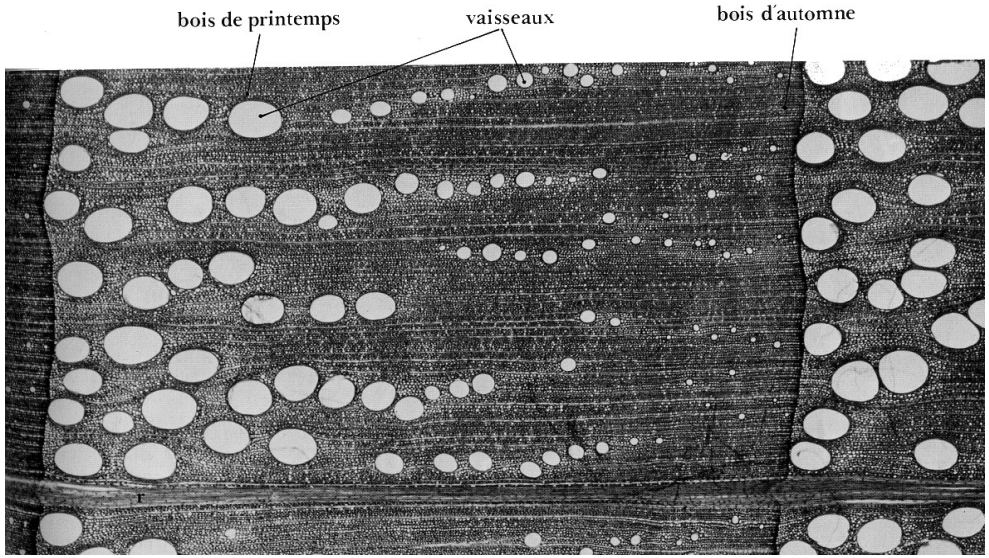


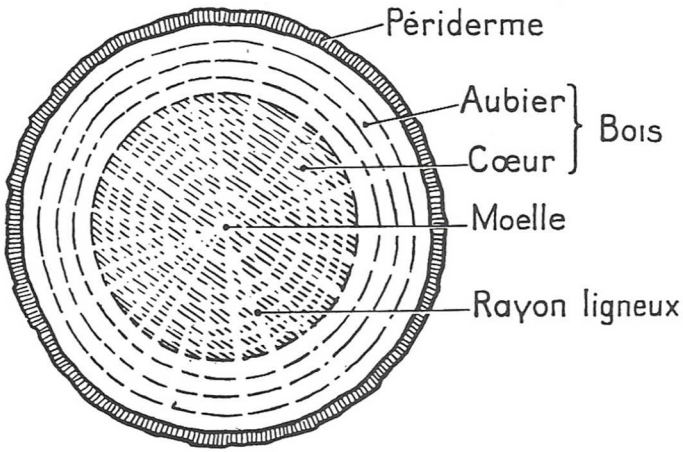
Figure 22. Gros plan sur un cerne. (r = rayon ligneux). D'après Roland *et al.* (2008)

c. La présence de rayons ligneux

- Dans le **sens radial**, on note la présence de **rayons ligneux (= rayons xylémiens)** qui sont des ***formations plus claires constituées essentiellement de parenchyme ligneux à fonction de réserve*** (figures 20-21).

d. Un bois de cœur ancien (duramen) et un bois tendre fonctionnel (aubier) dans les troncs ou racines secondaires âgés

- Dans les **troncs** ou les **racines âgées**, on note la présence de **deux parties dans le bois** (figure 23) :
  - Le **bois de cœur** ou **duramen** correspond à du ***bois « mort » qui n'est plus fonctionnel*** : ***la sève brute n'y circule plus***. Cette partie est plus sombre et **plus dure** que l'aubier. Les ***cellules du parenchyme ligneux y meurent*** et ***les vaisseaux sont souvent obstrués par des thylles*** (qui sont des ***excroissances de cellules parenchymateuses, formées à l'époque où celles-ci étaient vivantes, et qui accumulent – avant la mort de la cellule – des tanins, des résines… qui rigidifient la structure.*** Voir figure 24).
  - L'**aubier** est constitué du ***bois encore fonctionnel où circule la sèvre brute*** ; il est situé en **périphérie**. Des **thylles** s'y forment généralement en **automne** mais ils sont **résorbés au printemps** et les **cellules parenchymateuses** qui les forment **ne meurent pas**.



Cœur et aubier dans le bois d'un tronc de Chêne coupé transversalement.

FIGURE 22. Coupe transversale d'un tronc montrant le bois de cœur (duramen) et l'aubier. Liber non représenté. D'après CAMEFORT (1977).

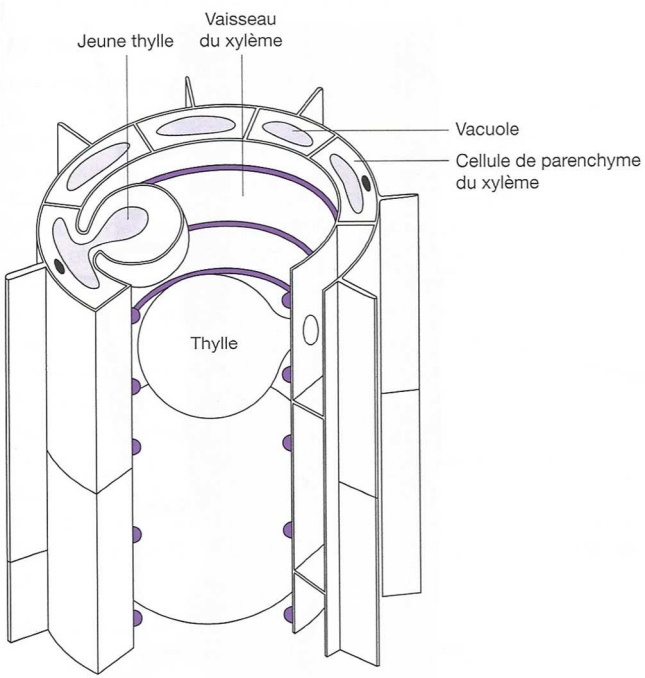


FIGURE 23. Formation d'une thylle. D'après BREUIL (2007).

2. Le phloème secondaire ou liber

- On appelle **phloème secondaire** ou **liber** comprend :
  - Des **cellules criblées** et **cellules compagnes** : ***cellules semblables à celles du phloème primaire, la différence fondamentale résidant dans leur nombre plus important et surtout leur organisation en couches de cellules alignées*** (figure 6). Notons que le **liber** est beaucoup **moins épais** que le **bois** et **se met en place** beaucoup plus **lentement**.
  - Le **parenchyme phloémien** : ***cellules vivantes parenchymateuses à fonction de réserve***. Elles **prolongent les rayons ligneux** et forment les **rayons libériens** ou **rayons phloémiens**.
  - Des **fibres de soutien** : ***cellules mortes à rôle de soutien pouvant être un peu lignifiées***.

3. La notion de pachyte continu ou discontinu

- On appelle **pachyte** (du gr. *pakhutês*, épaisseur) (tableau VIII) ***l'ensemble formé par le cambium libéro-ligneux et les deux tissus qui en dérivent : xylème II et phloème II (= liber)***. **Initialement**, le pachyte est constitué de ***faisceaux cribro-vasculaires qui acquièrent des tissus conducteurs secondaires*** (formant un **pachyte discontinu**) puis ***ces tissus conducteurs secondaires finissent par se rejoindre et former un continuum*** (**pachyte continu**) (figure 24).

TABLEAU VIII. Organisation spatiale d'un pachyte. D'après PEYCRU *et al.* (2010a).

Bois	Cambium libéro-ligneux	Liber
Trachéides Éléments de vaisseaux Parenchyme vertical Fibres	Initiales fusiformes, longues, à l'origine du **système vertical**.	Tubes criblés Cellules compagnes Parenchyme vertical Fibres
Rayons ligneux	Initiales radiales, courtes, à l'origine du **système horizontal**.	Rayons libériens

Intérieur de l'organe ⟷ Extérieur de l'organe

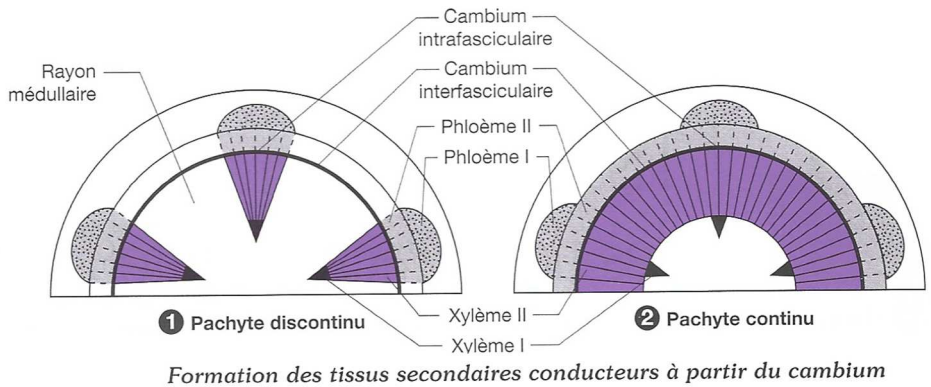


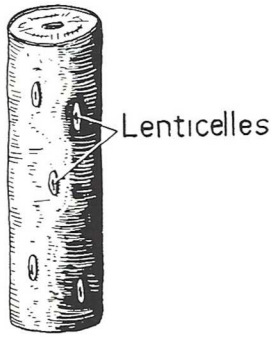
FIGURE 24. Du pachyte discontinu au pachyte continu. D'après BREUIL (2007).

C. Phelloderme et suber (= liège), des tissus secondaires de revêtement formant le périderme

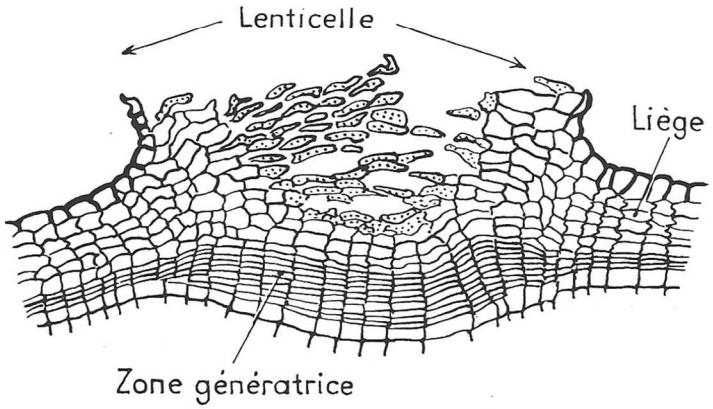
- Une **assise subéro-phellodermique** produit :
  - **Vers l'extérieur** : du **suber** ou **liège** ***constitué de plusieurs couches de cellules alignées dont la paroi est riche en subérine*** (figures 6 et 25-26). *Dans les tiges ou racines âgées, il n'y a plus d'épiderme et le liège est le tissu le plus externe.*

Attention, le suber n'est pas le seul tissu dont les parois contiennent de la subérine !

  - **Vers l'intérieur** : du **phelloderme** (figure 6) constitué de ***quelques couches de cellules quadrangulaires alignées, à paroi cellulosique***. Ce tissu est souvent **assez réduit**.



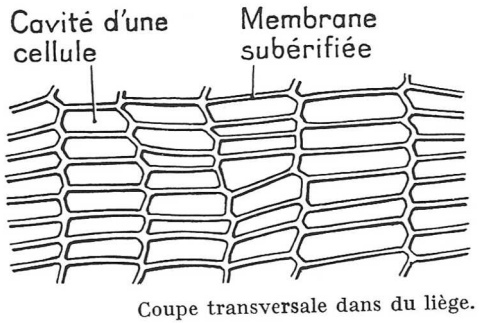
Lenticelles sur la surface d'une tige de Hêtre (*Fagus silvatica*).



Coupe transversale d'une lenticelle de tige de Sureau noir (*Sambucus nigra*) (G : × 40).

FIGURE 25. Liège (= suber) et lenticelles. D'après CAMEFORT (2007).

- ***L'ensemble du phelloderme, du liège et de l'assise subéro-phellodermique*** s'appelle le **périderme** ; il correspond « **l'écorce** » **des arbres au sens courant** mais, pour le botaniste, ***écorce est synonyme de cortex*** (dans les troncs, ***tout ce qui est à l'extérieur du cambium constitue donc l'écorce ou cortex***). La ***partie externe du périderme qui se desquame et se fissure*** porte le nom de **rhytidome**. Localement, le périderme présente généralement des ***zones ovoïdes où le liège est plus fin, les cellules moins jointives et qui permettent les échanges gazeux*** : ce sont les **lenticelles** (figure 25).



Coupe transversale dans du liège.

FIGURE 26. Liège (= suber). D'après CAMEFORT (2007).

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).

BOUTIN, V., J.-F. FOGELGESANG, J.-F. BEAUX & F. RIBOLA (2010). *Atlas de Biologie végétale BCPST 1re et 2e années.* Dunod, Paris.

BOUTIN, V., L. GERAY, Y. KRAUSS & C. VILBERT (2015). *Atlas de biologie BCPST 1re et 2e années.* 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.

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

CAMEFORT, H. & H. BOUÉ (1980). *Reproduction et biologie des végétaux supérieurs. Brophytes. Ptéridophytes. Spermaphytes.* Doin, Paris.

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

[CAMPBELL, N. A.], J. B. REECE, L. A. URY, M. L. CAIN, S. A. WASSERAMN, P. V. MINORSKY, R. B. JACKSON (2012). *Campbell Biologie.* Adaptation française J. FAUCHER & R. LACHAÎNE. Pearson, Paris (4e edition).

CHASSANY, V., M. POTAGE & M. RICOU (2012). *Mini manuel de Biologie végétale.* Dunod, Paris.

CLESSE, B. (2006). *Glossaire botanique illustré.* Entente nationale pour la Protection de la Nature, Bruxelles (B).

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.

DUCREUX, G. (2002). *Introduction à la botanique.* Belin, Paris.

GALIANA, D., C. LE ROUX & I. MONCHÂTRE (coord. T.-M. BOTREAU) (2015). *Biologie-Écologie Module M72. Bac technologique STAV. La gestion du vivant et des ressources.* Éducagri, Dijon.

GUIGNARD, J.-L. & F. DUPONT (2004). *Botanique. Systématique moléculaire.* Masson, Issy-les-Moulineaux (92), 13e édition (1e édition 1974).

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

KLEIMAN, C. (2001). *La reproduction des Angiospermes.* Belin, Paris.

LABERCHE, J.-C. (2004). *Biologie végétale.* Dunod, Paris, 2e édition (1e édition 1999).

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

LIZEAUX, C., D. BAUDE (dir.), A. ANDRÉ, C. BRUNET, J.-Y. DUPONT, B. FORESTIER, E. FRANÇOIS, Y. JUSSERAND, G. LÉVÊQUE, P. PILLOT, S. RABOUIN & A. VAREILLE (2012). *Sciences de la Vie et de la Terre Terminale S. Enseignement spécifique.* Bordas, 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*a*). *Biologie.* De Boeck, Bruxelles.

RAVEN, P. H., R. F. EVERT & S. E. EICHHORN (2007*b*). *Biologie végétale.* De Boeck, Bruxelles. Traduction de la 7e édition américaine par J. Bouharmont, révision C. Evrard.

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).

ROBERT, D. & J.-C. ROLAND (1998*a*). *Biologie végétale. Caractéristiques et stratégie évolutive des plantes. **1**. Organisation cellulaire.* Doin, Paris, 2e édition (1e édition 1989).

ROBERT, D., C. DUMAS & C. BAJON (1998*b*). *Biologie végétale. Caractéristiques et stratégie évolutive des plantes. **3**. La reproduction.* Doin, Paris, 2e édition (1e édition 1994).

ROBERT, D. & A.-M. CATESSON (2000). *Biologie végétale. Caractéristiques et stratégie évolutive des plantes. **2**. Organisation végétative.* Doin, Paris, 2e édition (1e édition 1990).

ROLAND, J-C., F. ROLAND, H. EL MAAROUF-BOUTEAU & F. BOUTEAU (2008). *Atlas. Biologie végétale. **2**. Organisation des plantes à fleurs.* Dunod, Paris, 9e édition (1e édition 1977).

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

Plan du chapitre

Objectifs et introduction **1**

I. Panorama des tissus végétaux les plus fréquents **1**
A. Préambule technique : coupes et colorations en histologie végétale **1**
1. Coupes végétales 1
2. Colorations 1
B. Des tissus végétatifs, méristématiques et reproducteurs **2**
C. Les méristèmes primaires ou secondaires **2**
1. Les méristèmes primaires 2
2. Les méristèmes secondaires 2
D. Classification sommaire des tissus méristématiques et végétatifs **2**
E. Identification des principaux types de tissus et organes d'Angiospermes **3**
F. Représentation des tissus en figurés conventionnels **9**

II. Caractérisation et types cellulaires des principaux tissus primaires **9**
A. Épidermes et rhizoderme, des tissus de revêtement **9**
1. Les épidermes 9
2. Le rhizoderme et les couches subérifiées qui en dérivent 10
B. Les parenchymes, des tissus de remplissage **10**
1. Définition et caractéristiques cytologiques 10
2. Localisations principales dans les organes de structure I 10
3. Principaux types fonctionnels 10
C. Collenchyme et sclérenchyme, des tissus de soutien **11**
1. Le collenchyme 11
2. Le sclérenchyme 11
D. Xylème I et phloème I, des tissus conducteurs primaires **11**
1. Cytologie du xylème primaire 11
2. Cytologie du phloème primaire 14
3. Organisation et mise en place des tissus conducteurs 14
a. Origine des tissus conducteurs primaires 14
b. Différenciation des tissus conducteurs primaires 14
E. Endoderme et péricycle, tissus d'interface interne **14**
1. L'endoderme, assise la plus profonde de l'écorce des racines 14
2. Le péricycle, première assise du cylindre central (ou stèle) des racines 14

III. Quelques données sur les tissus secondaires **15**
A. Cambium libéro-ligneux et phellogène, des méristèmes secondaires (= assises génératrices) **15**
1. Le cambium libéro-ligneux, assise générant les tissus conducteurs secondaires 15
2. Le phellogène ou assise subéro-phellodermique, assise générant les tissus protecteurs secondaires (périderme) 16
B. Xylème II et phloème II, des tissus conducteurs secondaires **16**
1. Le xylème secondaire ou bois, un ensemble 16
a. Constitution cellulaire 16
b. Une organisation en anneaux concentriques laissant apparaître un bois initial et un bois final 16
c. La présence de rayons ligneux 17
d. Un bois de cœur ancien (duramen) et un bois tendre fonctionnel (aubier) dans les troncs ou racines secondaires âgés 17
2. Le phloème secondaire ou liber 18
3. La notion de pachyte continu ou discontinu 18
C. Phelloderme et suber (= liège), des tissus secondaires de revêtement formant le périderme **19**

Références **20**
Plan du chapitre **21**

© 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 sept. 2015 (en ATS Bio) • Dernière actualisation : janvier 2020
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.