

Tissus conducteurs primaires

1- Introduction :

Les tissus conducteurs sont des tissus spécialisés dans le transport des sèves au sein du végétal. On en distingue deux sortes :

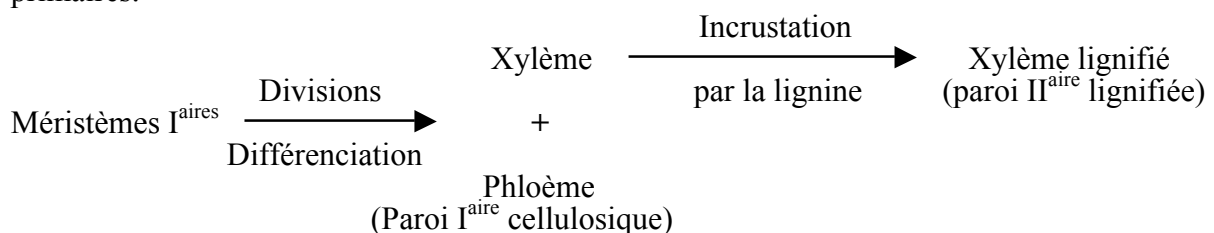
- **Xylème ou tissu ligneux** : assure la conduction de la sève brute (eau + sels minéraux) absorbée par les racines grâce à l'assise pilifère.
- **Phloème ou tissu criblé** : conduit la sève élaborée (substances organiques provenant de la photosynthèse) vers tous les organes de la plante.

Les végétaux possédant des tissus conducteurs sont dits vasculaires (trachéophytes).

C'est à partir des ptéridophytes qu'apparaissent des tissus conducteurs simplifiés, la différenciation s'accroît avec les Gymnospermes et les Angiospermes.

2- Origine :

Xylème et phloème sont des tissus conducteurs d'origine primaire, provenant de méristèmes primaires.



3- Localisation :

Xylème et phloème se mettent en place dans les organes jeunes (tiges, feuilles et racines). Ils sont situés en profondeur dans les organes au niveau du cylindre central ou moelle.

4- Organisation du xylème :

Le xylème est constitué d'éléments conducteurs associés à des éléments accessoires non conducteurs.

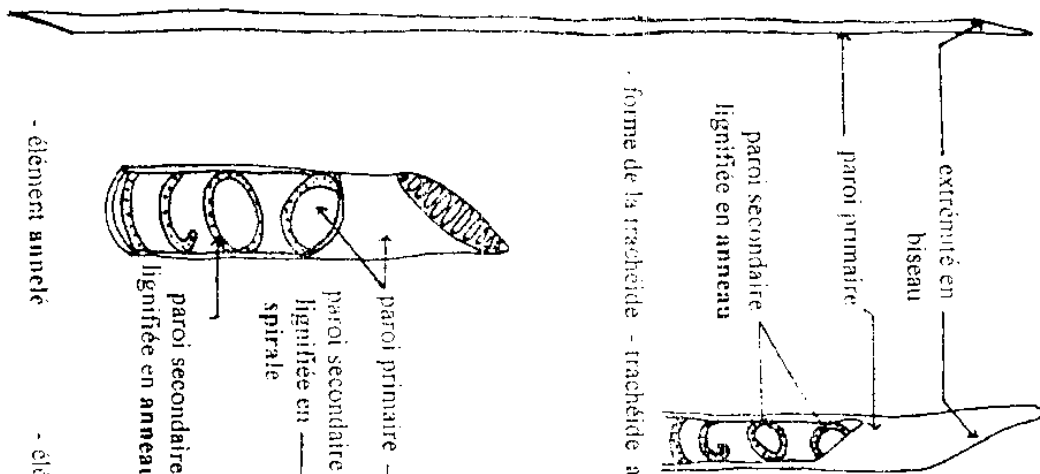
4-1- Eléments conducteurs :

Les éléments caractéristiques sont les trachéides et les vaisseaux. Ce sont des cellules lignifiées, mortes, qui deviennent fonctionnelles après la dégénérescence du cytoplasme.

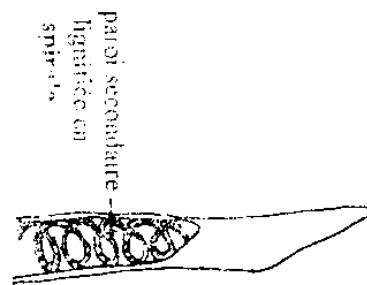
4-1-1- Trachéides (Planche 13 – Fig. 1)

Eléments primitifs peu différenciés, présents chez les végétaux vasculaires les moins évolués : Gymnospermes et Angiospermes archaïques. Ce sont des cellules allongées, fusiformes, à paroi secondaire épaisse, lignifiée et dépourvue de cytoplasme lorsqu'elles sont différenciées ; ce sont des cellules mortes. Elles communiquent entre elles (circulation de la sève) et avec les cellules parenchymateuses par les ponctuations.

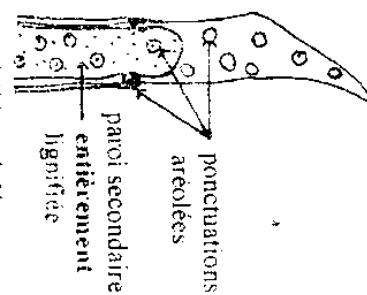
Planche 13 : Xylème



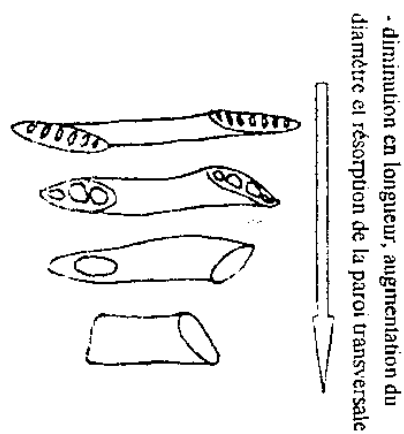
forme de la trachéide - trachéide annelé



trachéide spirale



trachéide aréolée



- diminution en longueur, augmentation du diamètre et résorption de la paroi transversale

Figure 1: trachéides.

Figure 2: éléments de vaisseaux.

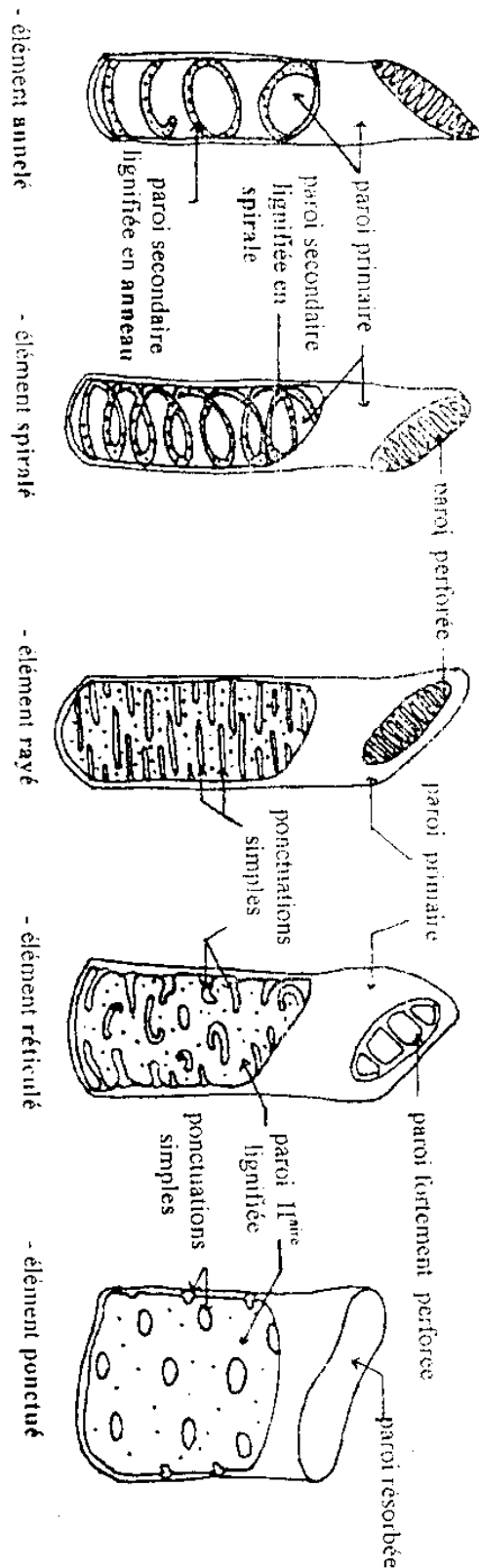


Figure 3: différents types d'éléments de vaisseaux.

Suivant l'organisation du dépôt de lignine ou suivant la forme des ponctuations, on distingue :

- **Trachéides annelées et spiralées** : (Ptéridophytes – Gymnospermes et Angiospermes primitives), ce sont des éléments de petit calibre qui apparaissent les premiers dans tous les organes jeunes. Les parois secondaires latérales portent des épaississements de lignine en anneaux ou en spirales (**Planche 13 – Fig. 1**).
- **Trachéides aréolées** : (Gymnospermes) présentant des ponctuations aréolées et paroi secondaire entièrement lignifiée (**Planche 13 – Fig. 1**).

Les trachéides ont un double rôle de soutien et de conduction :

- La paroi épaisse et lignifiée confère une rigidité
- La grande lumière des trachéides permet une circulation rapide de la sève brute

Remarques :

- Les trachéides sont également appelées vaisseaux imparfaits car elles possèdent des parois transversales.
- Ces trachéides primitives sont le plus souvent étirés et écrasés pendant la croissance de l'organe et peuvent donc disparaître.

4-1-2- Vaisseaux (Planche 13 – Fig. 2 et 3)

Se trouvent uniquement chez les végétaux vasculaires les plus évolués c'est à dire les Angiospermes. Ce sont de longs tubes partant de l'extrémité de la racine et se prolongeant dans les tiges et feuilles. La paroi secondaire épaisse est lignifiée de différentes façons :

- En anneau : vaisseaux annelés
- En spirale : vaisseaux spiralés
- En bandes transversales : vaisseaux rayés – vaisseaux réticulés
- Revêtement de lignine continu sauf au niveau des ponctuations où la paroi secondaire est interrompue : vaisseaux ponctués

Remarques :

- Les vaisseaux annelés et spiralés ont un petit calibre (**Planche 13 bis – Fig. 1 et 2**).
- Les vaisseaux rayés, réticulés et ponctués sont plus larges (**Planche 13 bis – Fig. 1 et 2**).
- Les vaisseaux sont dépourvus de paroi transversale : longs tubes.

4-2- Eléments non conducteurs :

4-2-1- Parenchymes

Ce sont des cellules vivantes à paroi cellulosique. Ces cellules accompagnent les éléments conducteurs du xylème et ils jouent un rôle de réserve et de contrôle du pH. Des cellules parenchymateuses peuvent être légèrement lignifiées et associées au xylème, on parle de xylenchyme ou d'un parenchyme ligneux lignifié (**Planche 13 bis – Fig. 1 et 2**).

4-2-2- Fibres

Ce sont des cellules allongées, fusiformes, à parois épaisses, lignifiées et donc mortes, elles jouent un rôle de soutien. Elles peuvent être isolées ou en amas.

Planche 13 bis : Xylème

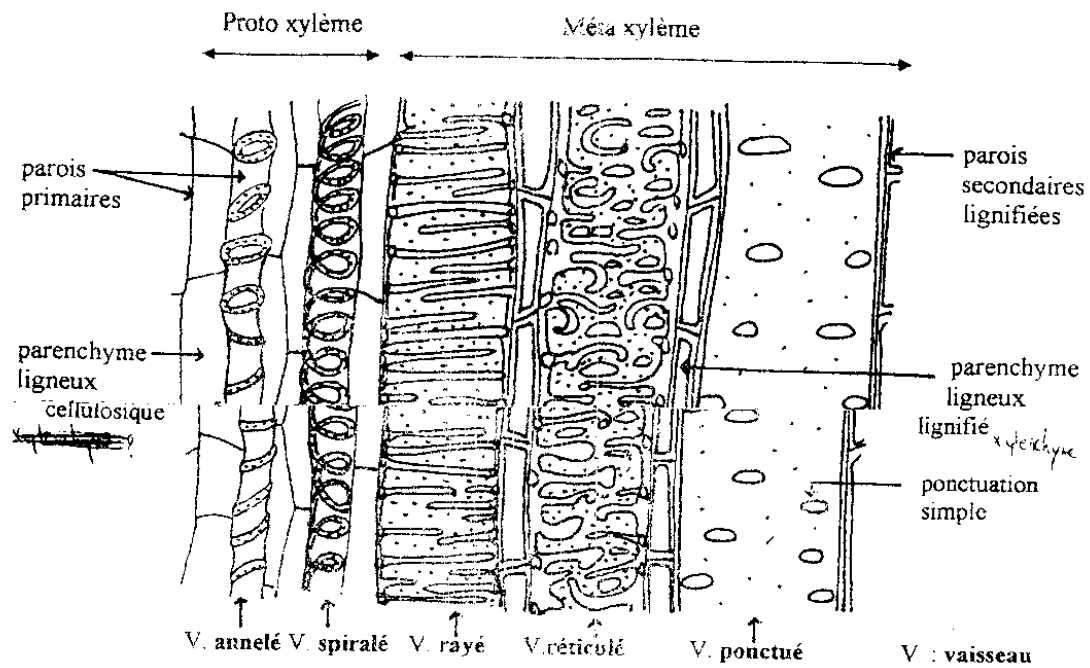


Figure 1: coupe longitudinale d'un faisceau vasculaire d'une Angiosperme

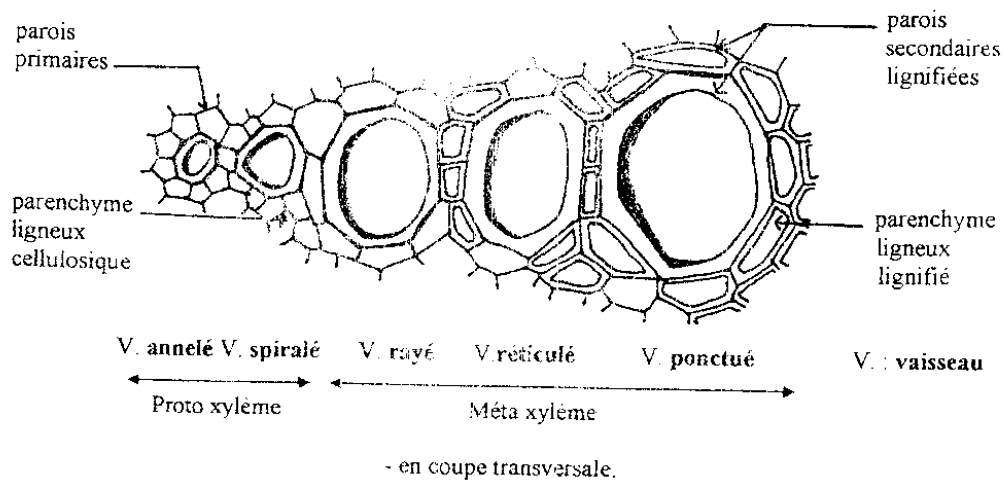


Figure 2: coupe transversale d'un faisceau vasculaire d'une Angiosperme

4-3- Structure du xylème :

Suivant le moment de la différenciation, on distingue deux catégories d'éléments conducteurs disposés en faisceaux de xylème ou faisceaux vasculaires :

- **Protoxylème (Planche 13 bis – Fig. 1 et 2) :** Ce sont les éléments qui apparaissent en premier dans les organes jeunes. Ces éléments conducteurs s'allongent pendant la croissance de l'organe. Ils peuvent être écrasés et disparaître dans les organes qui ont achevé leur croissance.
- **Métaxylème (Planche 13 bis – Fig. 1 et 2) :** Ils se différencient dans les organes à croissance achevée.

5- Organisation du phloème :

Le phloème est constitué d'éléments conducteurs de la sève élaborée et d'éléments non conducteurs.

5-1- Eléments conducteurs :

Un ensemble de cellules placées bout à bout en file longitudinale, à paroi cellulosique ± épaisse constituent un tube criblé chez les Angiospermes (on parle de cellules criblées chez les Gymnospermes). Les parois comportent des perforations ou pores au niveau desquels la lamelle moyenne et la paroi sont interrompues (plasmodesmes). Ces cloisons sont appelés cribles (**Planche 14 – Fig. 1**).

Le long de chaque cellule criblée se trouve une cellule allongée étroite à paroi cellulosique mince (cellule compagne) à noyau volumineux et peu différenciée (**Planche 14 – Fig. 1**).

Le fonctionnement d'un tube criblé est de courte durée :

- Végétaux annuels : tubes criblés vivent une année.
- Végétaux vivaces et pérennes : en hiver, il se forme des cals temporaires (dépôt de callose = polymère de glucose), lesquels sont dissous au printemps.

Remarque :

Les cribles peuvent être simples ou composés (**Planche 14 – Fig. 2**).

5-2- Eléments non conducteurs :

5-2-1- Parenchyme phloémien cellulosique

Rôle de réserve, cellules à paroi cellulosique mince.

5-2-2- Fibres

Moins abondantes, parfois absentes. Rôle de soutien.

Planche 14 : Phloème

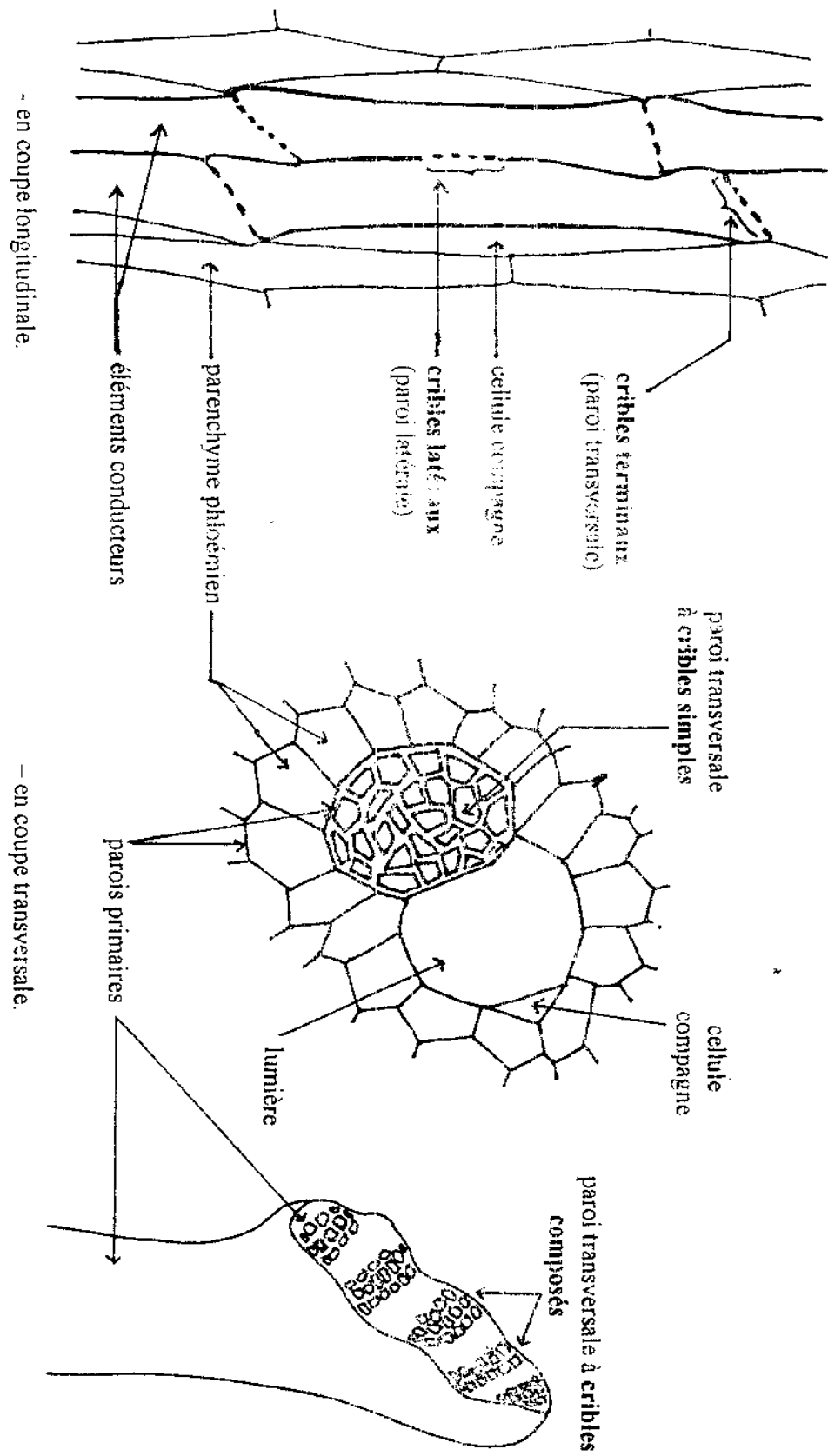


Figure 1: phloème (tissu criblé) d'une Angiosperme.

Figure 2 : Un élément conducteur à cribles composés.

5-3- Structure du phloème :

Suivant l'ordre d'apparition des éléments conducteurs du phloème, on distingue :

- **Protophloème** : Apparaît en premier dans les organes jeunes.
- **Métaphloème** : Au cours de la croissance de l'organe ou à croissance achevée.

Ils sont également disposés en amas, mais ils ne se distinguent pas comme le protoxylème (PTX) et le métaxylème (MTX). En effet, protophloème (PTP) et métaphloème (MTP) sont constitués de tubes criblés identiques.

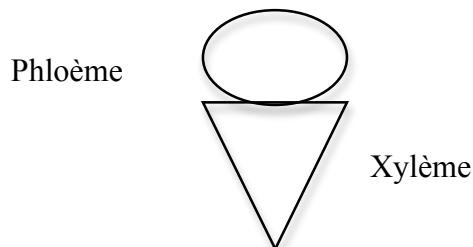


6- Organisation des faisceaux criblo-vasculaires

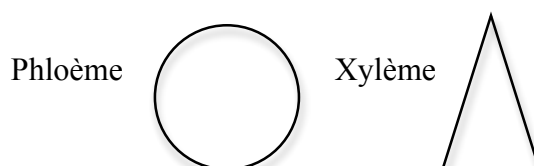
L'association des faisceaux du xylème et des amas du phloème constitue les faisceaux criblo-vasculaires, provenant de la différenciation de méristèmes primaires. Ils caractérisent la structure primaire des organes végétaux.

Xylème et phloème s'associent de deux manières :

- Un au dessus de l'autre ou superposés (tiges et feuilles)



- Côte à côte ou alternes (racine)



7- Conclusion :

Les tissus conducteurs primaires forment des complexes tissulaires constitués par des éléments conducteurs, du parenchyme et des fibres.

Tissus conducteurs secondaires

1- Introduction :

Ce sont des tissus conducteurs des sèves dans le corps du végétal. Ils proviennent du fonctionnement des méristèmes secondaires libéro-ligneux ou cambium, et donc présents dans les organes âgés des Gymnospermes et des Angiospermes Dicotylédones uniquement (tige, feuilles, racine).

Ils sont peu développés dans les tiges herbacées des Dicotylédones, mais très développés dans les tiges ligneuses des Gymnospermes et des Angiospermes Dicotylédones formant le "bois". L'étude d'une coupe transversale de racine ou de tige âgée de ces deux sous embranchements montre que le cambium donne naissance à deux tissus conducteurs secondaires :

- Le liber dirigé vers l'extérieur.
- Le bois dirigé vers l'intérieur.

Lesquels sont situés en profondeur dans les organes c'est à dire dans le cylindre central comme les tissus conducteurs primaires.

- Le liber s'ajoute au phloème qui est repoussé vers la périphérie.
- Le bois s'ajoute au xylème qui est repoussé en profondeur.

Dans les tiges ligneuses (tronc, branches), le développement important du "bois" entraîne l'écrasement et même la disparition des tissus conducteurs primaires (phloème et xylème).

2- Plans d'études :

L'étude des tissus conducteurs secondaires des tiges et des racines peut se faire à partir de 3 plans de coupes :

- **Plan tangentiel** : Coupe longitudinale parallèle à l'axe de l'organe (**Planche 15 – Fig. 1**).
- **Plan radial** : Coupe longitudinale perpendiculaire au plan tangentiel qui passe par l'axe de l'organe (**Planche 15 – Fig. 2**).
- **Plan transversal** : Coupe transversale perpendiculaire à l'axe de l'organe (**Planche 15 – Fig. 3**).

3- Fonctionnement du cambium :

Le cambium est constitué de deux catégories de cellules :

- **Initiales fusiformes** : Cellules longues, donnant naissance aux constituants du bois et du liber allongées dans le sens de l'axe formant le système vertical (**Planche 5 – Fig. 2**).
- **Initiales radiales** : Cellules courtes, produisant les cellules du parenchyme horizontal ou rayons allongés dans le sens radial formant le système horizontal des tissus conducteurs (**Planche 5 – Fig. 2**).

Planche 15 : Différents plans de coupe dans tiges ou racines

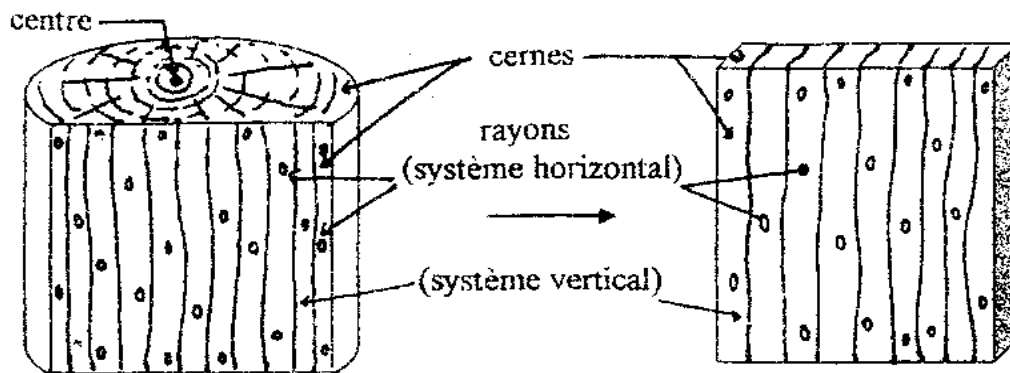


Figure 1 : Plan tangentiel et coupe longitudinale tangentielle.

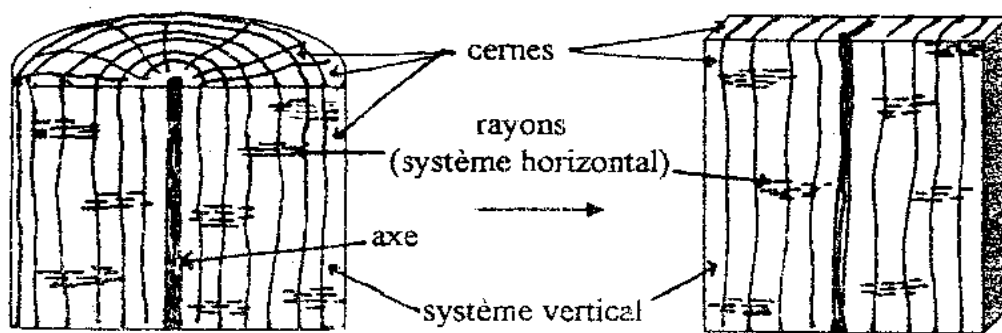


Figure 2 : Plan radial et coupe longitudinale radiale.

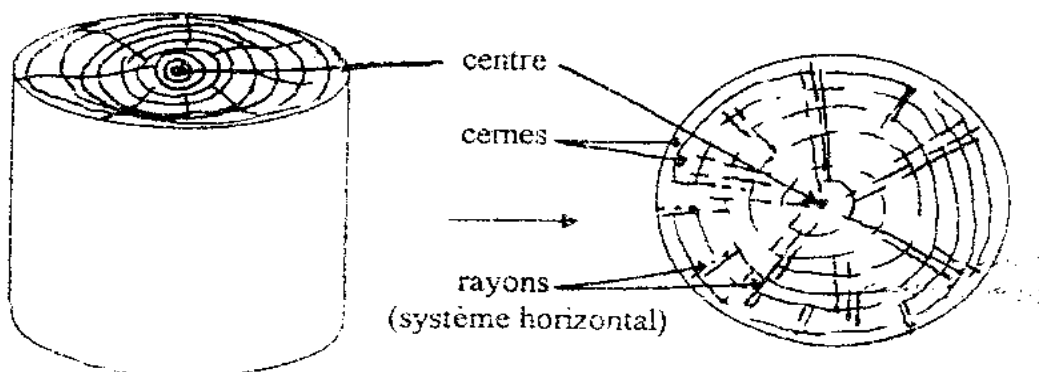


Figure 3 : Plan transversal et coupe transversale.

Dans cette zone cambiale, on distingue 3 modes de divisions :

- **Divisions périclinales ou tangentielles** : Représentant 90% des mitoses cambiales produisant les éléments du bois et du liber. Elles concernent les initiales fusiformes. Chez les arbres, la quantité de bois est toujours supérieure à celle du liber, du à un fonctionnement dissymétrique du cambium, mais aussi à un grand nombre de mitoses qui se produisent dans les dérivés ligneux.
- **Divisions anticlines ou radiales** : Peu fréquentes, concernent les deux types d'initiales favorisant l'augmentation de la circonférence cambiale par production du bois et du liber.
- **Divisions transversales** : Se rencontrent dans les deux types d'initiales, elles permettent l'apparition de nouveaux rayons formant le parenchyme horizontal.

4- Bois :

Comme le xylème, le bois est le tissu conducteur de la sève brute

4-1- Bois des Gymnospermes : (Planche 16 – Fig. 2)

- Eléments conducteurs = Trachéides aréolées
- Fibres absentes
- Parenchyme ligneux horizontal = Parenchyme ligneux cellulosique ou lignifié formant les rayons ligneux unisériés (une seule file de cellules)
- Parenchyme vertical rare réduit à quelques cellules parenchymateuses.

On parle d'un : bois homogène ou homoxylé (**Planche 16 – Fig. 2**) et (**Planche 16 bis – Fig. 4**).

4-2- Bois des Angiospermes Dicotylédones : (Planche 16 – Fig. 1)

- Eléments conducteurs = Vaisseaux rayés, réticulés et ponctués
- Fibres très abondantes
- Parenchyme ligneux horizontal = Rayons ligneux uni ou plurisériés (plusieurs files de cellules)
- Parenchyme ligneux vertical présent.

On parle d'un : bois hétérogène ou hétéroxylé (**Planche 16 – Fig. 1**) et (**Planche 16 bis – Fig. 3**).

4-3- Formation des cernes :

L'observation à l'œil nu d'une coupe transversale de tronc d'arbre ou bois des Gymnospermes et des Angiospermes Dicotylédones montre qu'il est constitué de couches concentriques ou cernes (**Planche 15 – Fig. 1, 2 et 3**). Chaque cerne est un anneau ligneux correspondant à une année de formation de bois. Une cerne est constituée par :

- Partie claire = bois initial = bois de printemps (**Planche 16 bis – Figure 3**)
- Partie sombre = bois final = bois d'automne (**Planche 16 bis – Figure 3**)

Donc 1 cerne = 1 année de bois

Le nombre de cernes = nombre d'années = âge de l'arbre

Planche 16 : Bois et liber

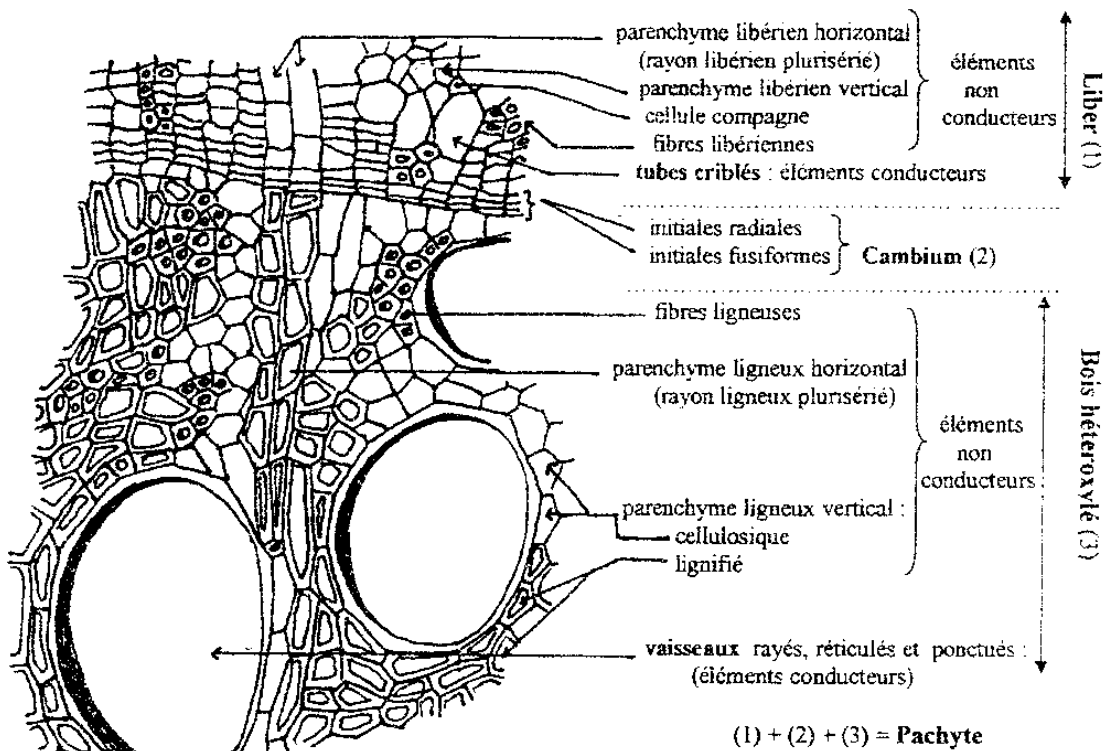


Figure 1: coupe transversale d'une tige âgée de mercuriale (Angiosperme Dicotylédone) montrant le bois hétéroxylé et le liber.

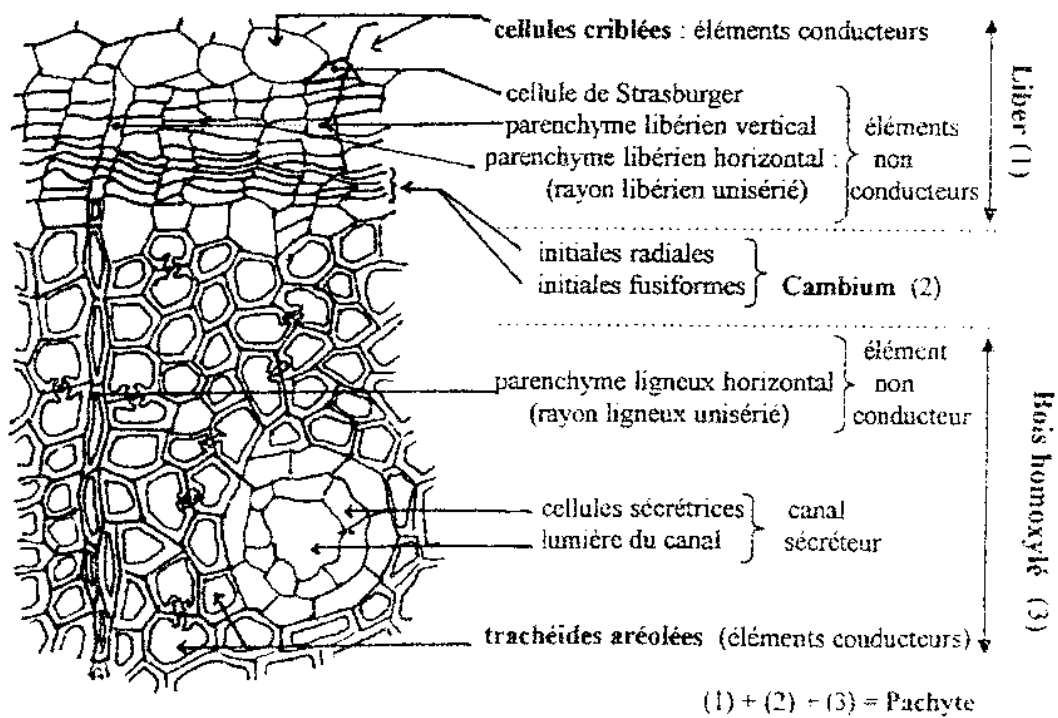


Figure 2: coupe transversale d'une tige âgée de Pin (Gymnosperme) montrant le bois homoxylé et le liber.

Remarques :

- Bois de printemps = clair : vaisseaux à grande lumière où circule une sève abondante.
- Bois d'automne = sombre : vaisseaux à petite lumière et paroi lignifiée très épaisse, sève peu abondante.

5- Liber :

Le liber conduit la sève élaborée, il s'ajoute au phloème.

5-1- Liber des Gymnospermes : (Planche 16 – Fig. 2)

- Eléments conducteurs = Cellules criblées
- Pas de cellules compagnes, mais des cellules de Strasburger (réserves albuminées)
- Plus ou moins de fibres
- Parenchyme libérien vertical
- Parenchyme libérien horizontal = rayons libériens unisériés qui se prolongent avec les rayons ligneux.

5-1- Liber des Angiospermes Dicotylédones : (Planche 16 – Fig. 1)

- Eléments conducteurs = Tubes criblés
- Présence de cellules compagnes
- Plus ou moins de fibres
- Parenchyme libérien vertical
- Parenchyme libérien horizontal = rayons libériens uni ou plurisériés qui se prolongent avec les rayons ligneux.

Remarques :

- Le parenchyme horizontal formant les rayons ligneux et libériens assure le transport de l'eau, des sels minéraux et des substances organiques à travers la zone cambiale indispensable à la survie des initiales.
- Le liber, cambium et bois constituent le pachyte.

Planche 16 bis : Bloc diagramme du bois des Gymnospermes

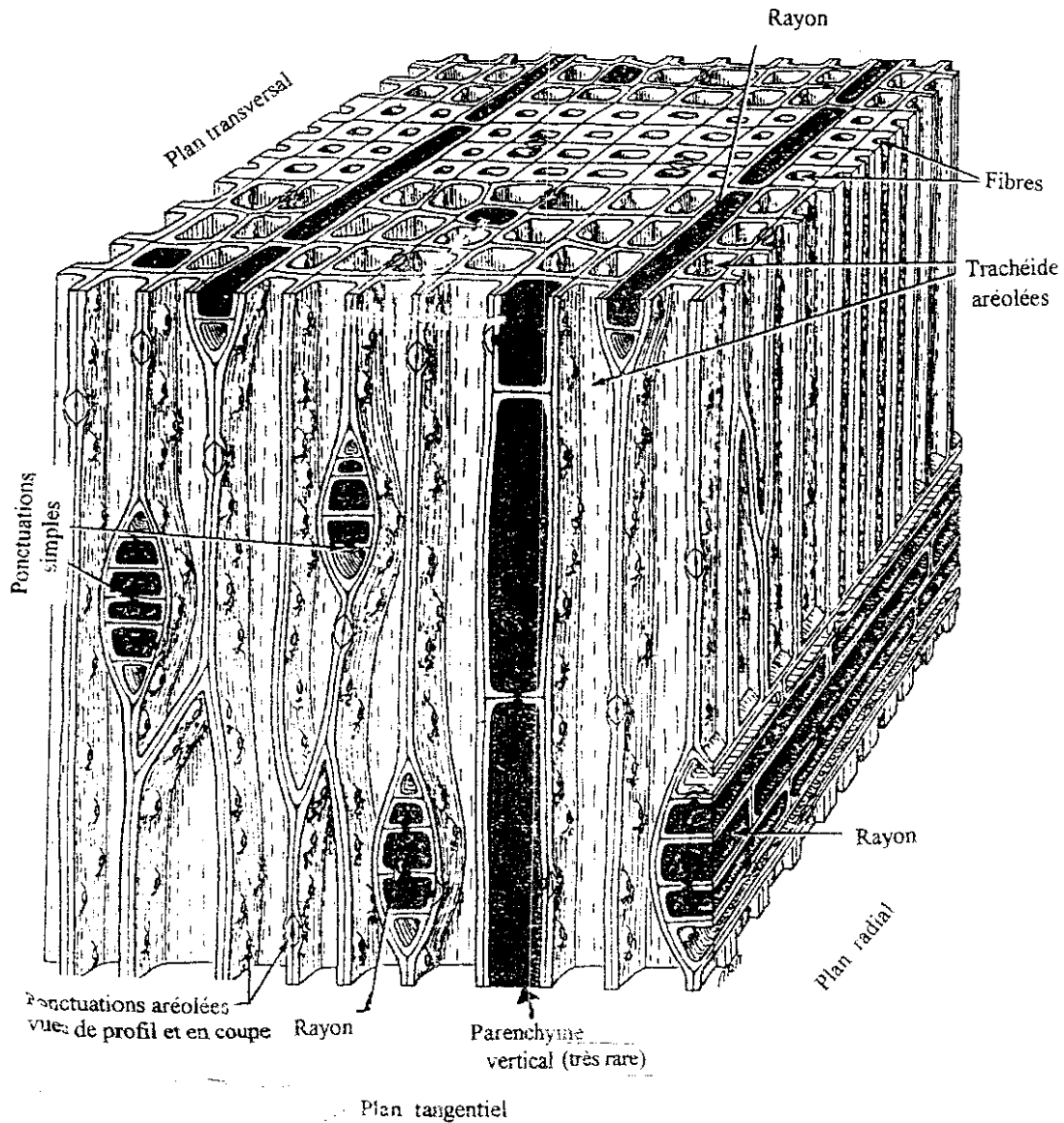


Figure 4 : Bloc diagramme montrant les systèmes vertical et horizontal en plans transversal, radial et tangentiel d'une portion de **bois homoxylé** d'une Gymnosperme (*Sequoia sempervirens*).

Planche 16 bis : Bloc diagramme du bois des Angiospermes

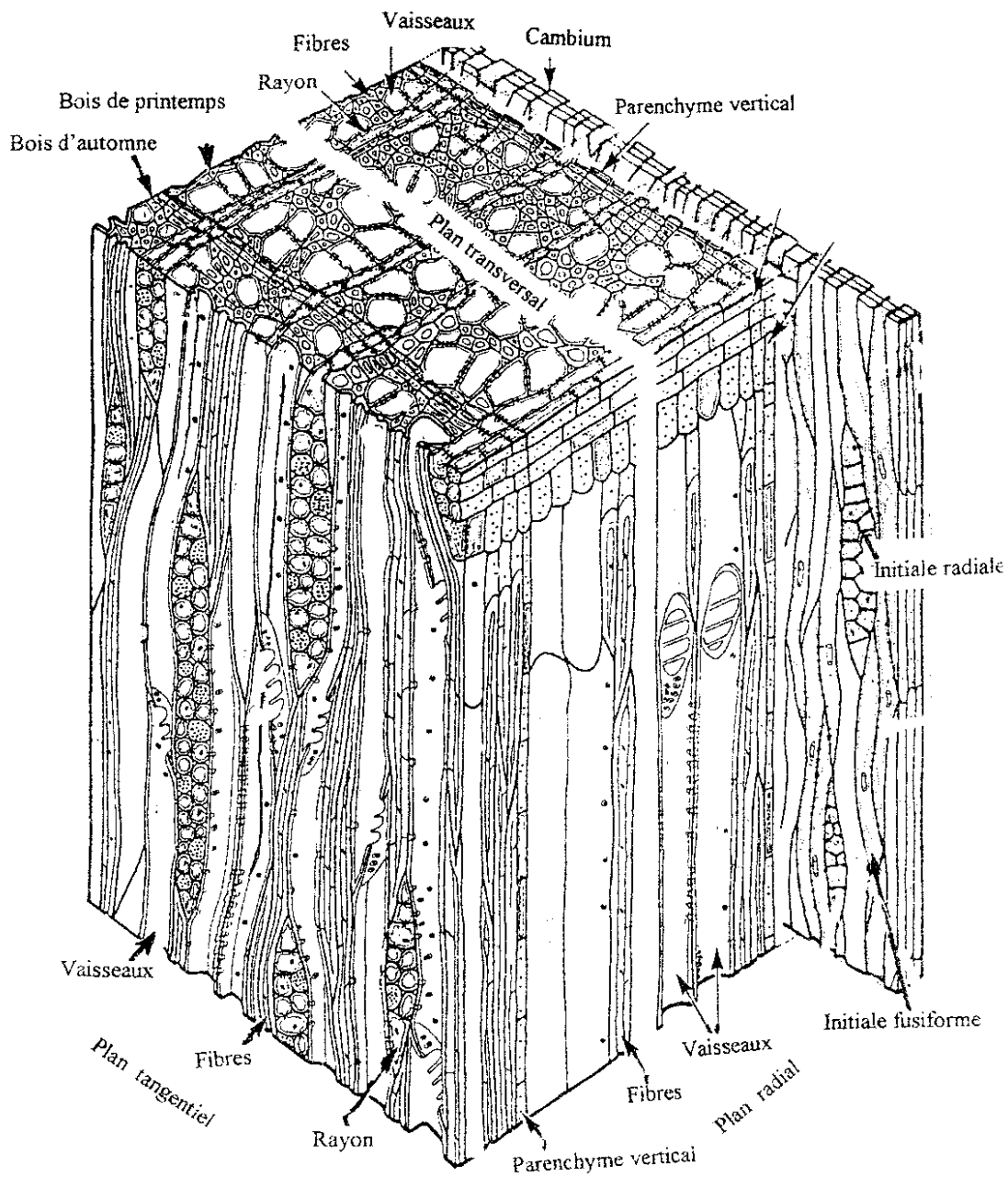


Figure 3 : Bloc diagramme montrant les systèmes vertical et horizontal en plans transversal, radial et tangentiel d'une portion de **bois hétérozygote** d'une **Angiosperme Dicotylédone** (*Liriodendron tulipifera*). (Esau, 1965)