

LE BOIS ET SON ANATOMIE (II)

par
Marc HERMAN & Tomas AVELLA

Les feuillus

I. QU'EST-CE QUE LE BOIS ?

Question au demeurant simple mais qui ne manque pas de prendre réellement une tout autre ampleur dès le moment où vous la soumettez à un technologue ou à un anatomiste du bois : « Qu'est-ce que le bois ? »

Ce matériau qui, depuis des millénaires, est omniprésent dans la vie de l'homme de quelque culture ou civilisation qu'il soit; qui encore aujourd'hui est utilisé comme source d'énergie vitale par plus de deux tiers de l'humanité; qui soutient le toit de nos maisons; qui décore somptueusement l'intérieur de nos habitations; qui, transformé en papier, devient le support scriptural de notre pensée, de quoi est-il constitué ?

Dans un article paru dans un précédent numéro de cette même revue, nous avons tenté de détailler quelque peu le labyrinthe de la structure cellulaire du matériau bois. Après avoir passé en revue quelques termes essentiels de cette branche particulière de la technologie du bois que constitue son étude anatomique, cet article traitait essentiellement des espèces résineuses communes de nos forêts et visait d'une part à décrire les principaux éléments de leur anatomie et, d'autre part, à donner quelques pistes de l'identification du bois de ces espèces.

Aujourd'hui, faisant suite à ce premier article, notre propos s'intéressera plus particulièrement à l'étude des essences feuillues de nos forêts ainsi qu'à la reconnaissance et l'identification anatomique de leur bois.

II. NOTIONS DE BASE

● Lorsque l'on aborde l'étude des caractéristiques structurales du bois, il faut distinguer les trois plans selon lesquels les observations sont effectuées :

- ◆ le **PLAN TRANSVERSAL**, perpendiculaire à l'axe de la tige
- ◆ le **PLAN RADIAL**, plan allant de la moelle à l'écorce de la tige
- ◆ le **PLAN TANGENTIEL**, plan parallèle à l'écorce et perpendiculaire aux rayons du bois.

● Le bois est un matériau cellulaire produit par un tissu se trouvant juste sous l'écorce : le **CAMBIIUM**. Celui-ci se divise vers l'intérieur du tronc pour former le bois proprement dit (le **xylème**) et vers l'extérieur pour constituer le liber (le **phloème**).

● Au cours du temps, les cernes les plus anciens subissent des transformations physiologiques et chimiques qui, outre un changement de coloration, confèrent au bois une résistance accrue contre les insectes et les micro-organismes. Le **DURAMEN** est donc cette partie centrale du tronc qui renferme des cernes uniquement composés de cellules mortes, non fonctionnelles, mais riches en tanins. A l'opposé, les cernes plus jeunes n'ayant pas subi cette transformation forment l'**AUBIER**.

● L'examen détaillé d'un cerne d'accroissement d'un arbre de région à climat tempéré montre habituellement deux zones typiques : le **BOIS INITIAL** et le **BOIS FINAL**. Le premier est produit dès la reprise d'activité du cambium; il est principalement composé de tissus conducteurs, souvent très poreux, aux cellules à grandes dimensions et aux parois minces (cellules très déformables). Ce bois initial possède une masse volumique relativement faible.

Le second tire son nom du fait qu'il est synthétisé par le cambium lors des dernières semaines de la période de végétation. Le bois final est formé de cellules à petite section et aux parois épaisses, par conséquent moins déformables. Sa masse volumique est plus élevée que celle du bois initial.

La transition « bois initial / bois final » peut-être graduelle ou abrupte tandis que la proportion de chacun de ces types de bois au sein d'un cerne dépend des flux hormonaux au sein de l'arbre et est étroitement liée aux variations hydriques du climat.

● L'unité élémentaire de base du bois est la cellule. Quelques centimètres cubes du tronc en contiennent plusieurs millions. Chaque cellule comporte une paroi cellulosique qui délimite en son centre une cavité : le

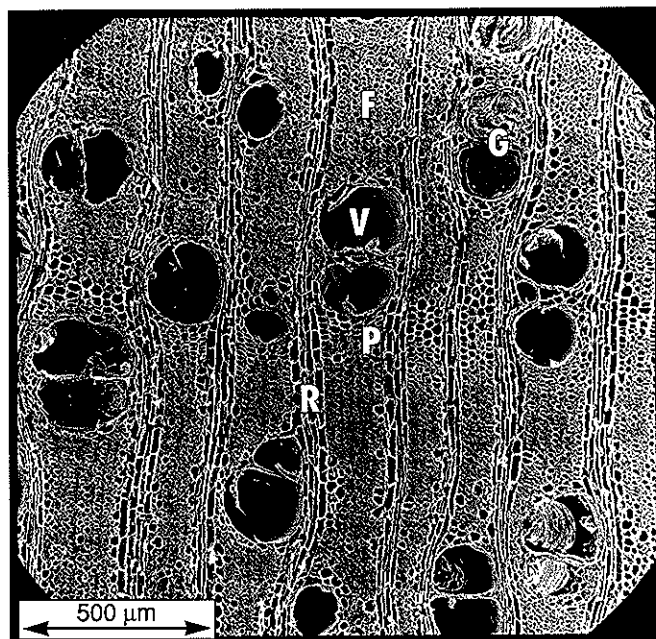


FIGURE N° 1: *Swietenia macrophylla* King - ACAJOU D'AMÉRIQUE : PLAN TRANSVERSAL observé au M.E.B. (microscopie électronique à balayage). V: Vaisseau; F: Fibres libriformes; R: Rayon (avec des cellules rectangulaires); P: Parenchyme paratrachéal en bande tangentielle; G: Vaisseau rempli de gomme.

LUMEN. D'après leur fonction, on peut trouver trois types de cellules dans le bois :

- ◆ les **ÉLÉMENTS CONDUCTEURS** (*trachéides et vaisseaux*) qui assurent le transport de la sève minérale et organique
- ◆ les **FIBRES** dont la fonction de soutien de la structure du bois est primordiale
- ◆ les cellules de **PARENCHYME** qui demeurent vivantes dans l'aubier et de ce fait, constituent un tissu de réserve riche en amidon et sucres.

Les échanges de liquides et de gaz entre les cellules s'effectuent de proche en proche grâce à de multiples communications aménagées dans la paroi : les **PONCTUATIONS**. Selon qu'elles appartiennent à une cellule de parenchyme, à une fibre ou à un élément conducteur, ces ponctuations revêtent plusieurs formes; cette caractéristique est souvent recherchée pour l'identification anatomique d'un bois.

Pour plus d'informations concernant ces quelques rappels des notions d'anatomie du bois, le lecteur aura soin de se référer à l'article paru dans le n° 14 de Forêt Wallonne, p. 10 à 15.

III. L'ANATOMIE DES ANGIOSPERMES

Les Angiospermes Dicotylédones sont apparues sur la terre pendant la période Jurassique, il y a environ cent soixante millions d'années. Contrairement aux Gymnospermes qui aujourd'hui, ne sont plus représentées que par quatre ordres et quelque six cent espèces, les Angiospermes fleurissent abondamment sur tout le globe terrestre et de nombreuses espèces ligneuses font l'objet d'une sylviculture, d'une exploitation ou d'un usage particulier.

Le caractère d'espèce botaniquement plus évoluée des feuillus s'illustre dans la structure du bois par une différenciation cellulaire plus poussée. Plus concrètement, cela signifie qu'il existe une diversité cellulaire plus

importante chez les Angiospermes, comparativement à la structure uniforme et régulière des résineux. En effet, chez ces derniers, les trachéides remplissent le double rôle de soutien et de conduction tandis que chez les feuillus, deux types de cellules se partagent ces fonctions. Ainsi, chez les Angiospermes, on trouve d'une part des **VAISSEAUX** qui sont spécialisés dans le transport de la sève et, d'autre part, des **FIBRES LIBRIFORMES** qui assurent la fonction de soutien de la structure et confèrent au bois toute sa résistance mécanique (**Figure n°1**).

Tout comme chez les Gymnospermes, la conduction et l'accumulation de substances nutritives incombe aux cellules de parenchyme organisées tant radialement (rayons du bois) que longitudinalement.

La combinaison et la disposition de ces trois types de cellules aboutissent à la formation de multiples plans ligneux caractéristiques de très nombreuses espèces de régions tempérées et tropicales.

■ LES VAISSEAUX

Véritables canalisations composées d'un nombre incalculable de cellules mises bout à bout, ces structures segmentées propres aux feuillus assurent le transport de l'eau depuis les racines jusque dans les feuilles. Cette file de cellules peut avoir quelques centimètres de long ou atteindre plusieurs mètres selon les espèces (**Figure n° 2**).

Chaque élément de vaisseau est en réalité une cellule qui après sa croissance, a perdu son contenu cellulaire. Les parois sont lignifiées et ornées de petites ouvertures qui permettent la communication et les échanges avec les cellules voisines. Ainsi, au départ des canalisations principales, l'eau, les sèves minérales et organiques diffusent de proche en proche, à travers la structure du bois jusqu'à atteindre les sites d'accumulation (*parenchyme*) ou de métabolisation (*feuilles, etc.*).

En section transversale, les vaisseaux (appelés **PORES**) présentent des contours de forme variable selon les espèces (circulaire, elliptique ou polygonale). Le diamètre des vaisseaux oscille entre 20 et 500 micromètres

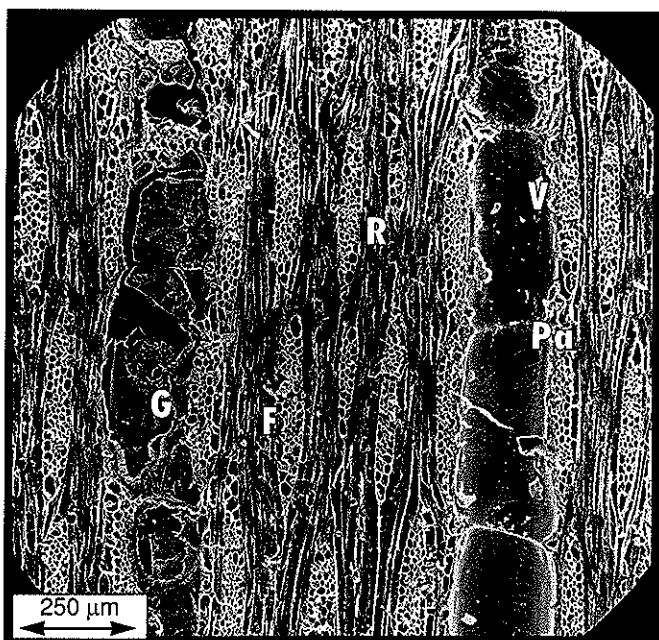


FIGURE N° 2: *Swietenia macrophylla* King -ACAJOU d'AMÉRIQUE: PLAN TANGENTIEL observé au M.E.B. — V: Élément de vaisseau; Pa: Paroi limite de l'élément de vaisseau; R: Rayons plurisériés (fusiforme) en disposition étagée; F: Fibres libriformes; G: Vaisseau rempli de gomme.

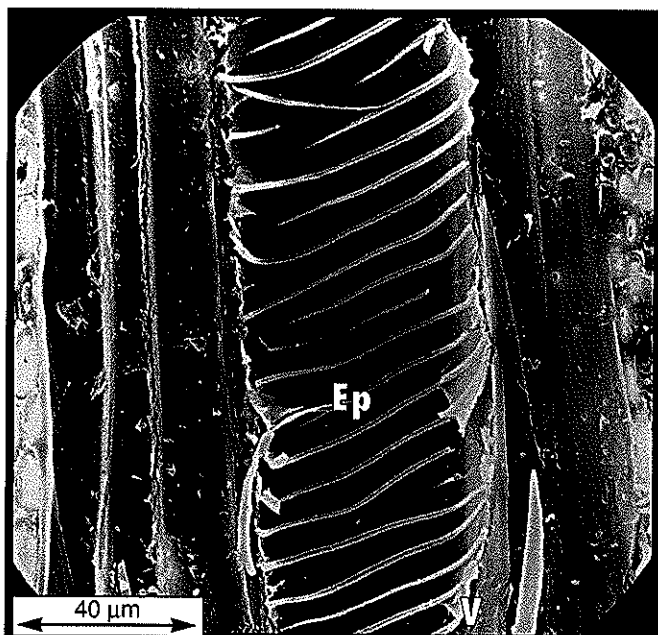


FIGURE N° 3: *Tilia platyphyllos* Scop. -TILLEUL À GRANDES FEUILLES : DÉTAIL DE LA COUPE TANGENTIELLE observée au M.E.B. V: Vaisseau avec épaississements spiralés de la paroi; Ep: Épaississement.



(1 mm = 1000 micromètres); la longueur d'un élément peut varier de 150 micromètres à 2000 micromètres.

Bien plus fréquemment que celle des feuillus tropicaux ou des résineux, la paroi interne des vaisseaux des feuillus tempérés est renforcée par une série d'épaississements spirales (Figure n° 3). Cette structure est ainsi mieux apte à résister aux importantes tensions capillaires qui règnent dans les vaisseaux.

A chaque extrémité d'un élément de vaisseau existe une ouverture appelée *PERFORATION*. Celle-ci est le vestige de la membrane cellulaire initiale qui, lors de l'aboutement, a disparu, soit complètement (chêne, frêne, orme, peuplier), soit incomplètement (hêtre, aulne, bouleau, platane). Dans le premier cas, on parlera de *PERFORATION UNIQUE*. Dans le second, il subsiste des fragments de paroi donnant l'apparence d'une sorte de crible ou des barreaux d'une échelle, ce qui vaut le nom de *PERFORATION SCALARIFORME* (Figure n°4) à cette particularité anatomique.

Il ne faut pas confondre cette structure avec un autre type de liaison de cellule à cellule : la *PONCTUATION*. En effet, ce terme désigne d'une façon générale toute ouverture ménagée dans les parois radiales (ou tangentielles) d'une cellule permettant des échanges liquides ou gazeux avec les voisines. Les parois des vaisseaux sont abondamment pourvues de ponctuations dont la disposition est souvent typique de l'espèce ligneuse (Figure n°5). De plus, elles jouent un rôle prépondérant dans les processus de pénétration de substances de protection ou dans celui du retrait de l'eau lors du séchage du bois.

RÉPARTITION DES VAISSEAUX DANS LE CERNE

L'organisation des pores du bois et leur dispersion dans la section transversale sont des critères très importants pour l'identification ou la classification d'un bois et même, pour l'appréciation de sa qualité technologique.

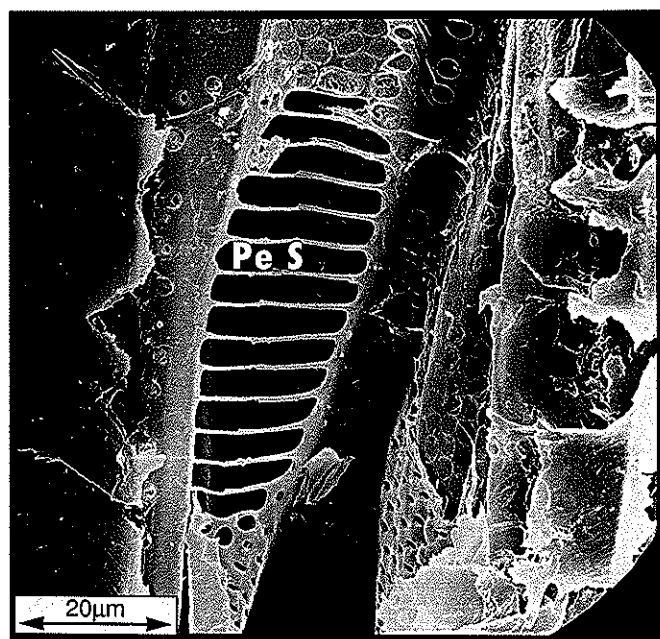


FIGURE N° 4: *Aulus incana* (L.) Moench - AULNE BLANC : DÉTAIL DE LA COUPE TANGENTIELLE observée au M.E.B.
Pe S : Perforation en forme d'échelle marquant l'extrémité d'un élément de vaisseau.

D'une façon générale, les vaisseaux se rencontrent à l'état isolé ou groupés (par 2, 3 ou plus) en files radiales, obliques ou tangentielles. Ils peuvent être répartis régulièrement dans tout le cerne ou concentrés dans une certaine zone. Quant à leur diamètre, il peut être constant dans tout l'accroissement ou bien subir une légère évolution entre le bois initial et le bois final.

L'examen attentif de ces caractéristiques conduit l'anatomiste du bois à classer la section transversale des plans ligneux selon trois catégories:

◆ Les feuillus à ZONE POREUSE.

Les bois dits «à zone poreuse» montrent une différence très nette dans la dimension des pores du bois initial du cerne comparativement à ceux du bois final. Ordinairement, plusieurs bandes tangentielles de larges pores apparaissent en début du cerne; viennent ensuite les vaisseaux de plus petit diamètre appartenant au bois final. A la loupe, cette organisation du plan transversal se remarque aisément et donne réellement l'impression de l'existence de deux zones bien contrastées (Figure n° 6). Les principales espèces tempérées classées dans cette catégorie sont le chêne, le frêne, le châtaignier, l'orme et le robinier.

L'abondance des gros vaisseaux et des petits vaisseaux par rapport aux autres éléments est un critère important dans l'estimation de la qualité technologique d'un bois. En effet, un feuillu à zone poreuse dont l'accroissement annuel en rayon est faible (par exemple : 1 à 1,5 mm/an) produira des cerne qui contiendront une grande proportion de bois initial, celui-là même qui renferme les pores les plus grands. L'arbre produit donc un bois tendre qui est très recherché par certains marchands spécialisés dans le tranchage. Par contre, si ce feuillu pousse rapidement (2 à 5 mm/an), c'est le bois final qui va surtout se développer. Par conséquent, la proportion intracerne de ce type de tissus (sans gros vaisseaux) sera plus importante et la masse volumique du bois sera plus élevée. Enfin, les bois à zone initiale poreuse ont un

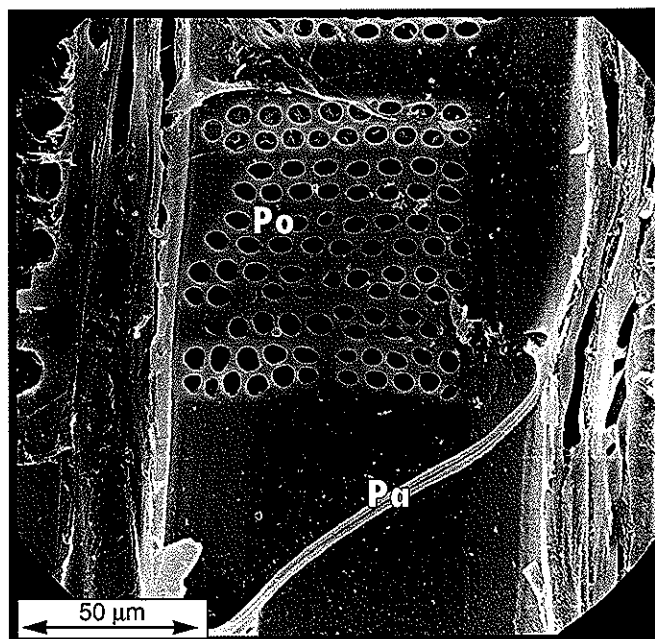


FIGURE N° 5: *Populus trichocarpa* Hook - PEUPLIER BAUMIER : DÉTAIL DE LA COUPE RADIALE observée au M.E.B.
Po : Ponctuations de la paroi d'un vaisseau permettant la communication avec une cellule de rayon; Pa : Paroi limite de l'élément de vaisseau.

grain⁽¹⁾ d'autant plus grossier que le diamètre des vaisseaux est important.

◆ Les feuillus à ZONE DIFFUSE.

Ces espèces font montre de vaisseaux à peu près de même diamètre dans tout l'accroissement annuel et répartis uniformément dans la masse du bois (Figure n°7). Ils peuvent être disposés de façon isolée ou groupés en petites files. De nombreuses espèces tempérées appartiennent à cette catégorie : peuplier, bouleau, saule, aulne, hêtre, érable; la plupart des essences tropicales présentent également cette caractéristique.

Etant donné cette disposition interne du plan ligneux, la largeur du cerne n'exerce pratiquement pas d'influence sur la qualité technologique du bois. Bien plus, dans certains usages, le bois d'une essence à zone diffuse sera souvent préféré à celui d'une essence à zone poreuse en raison de la moindre variabilité des propriétés mécaniques découlant de sa grande homogénéité de structure.

◆ Les feuillus à ZONE SEMI-POREUSE.

Cette troisième catégorie s'inscrit entre les deux précédentes. Les arbres montrent des vaisseaux qui ont tous à peu près le même diamètre. Cependant, ils sont un peu plus abondants dans le bois initial où ils constituent une ou plusieurs lignes de pores tangentiels.

Le noyer (Figure n° 8) illustre assez bien cette définition et certains feuillus tels que le peuplier et le merisier peuvent tendre vers cet arrangement des vaisseaux.

QUELQUES PARTICULARITÉS DES VAISSEAUX

En moyenne, la proportion du plan ligneux occupée par les vaisseaux est de 10% à 20%, le reste étant comblé par les fibres libriformes et les cellules parenchymateuses.

A la suite d'un traumatisme, d'une blessure ou du processus normal de la duraminisation, certaines espèces de feuillus telles que le chêne, le robinier et de nombreuses

essences tropicales, développent des *THYLLES*. Cette structure membraneuse remplit l'intérieur du vaisseau et provoque son occlusion (Figure n°9). Cette entrave naturelle peut entraîner des difficultés lors de l'imprégnation, du collage ou du séchage de ces bois. A faible grossissement (loupe 10 x ou 12 x), la présence de thylles se manifeste par des reflets brillants dans les vaisseaux. D'autres dépôts peuvent se rencontrer dans les vaisseaux : amidon, tanins, résines, gommés et cristaux.

■ LES FIBRES LIBRIFORMES

Ces éléments sont des cellules allongées, de forme effilée et possédant deux extrémités fermées. Les parois sont plus ou moins épaisses, portant quelques ponctuations et le lumen est souvent peu important.

La longueur moyenne des fibres libriformes est de l'ordre de 1 mm et leur diamètre oscille entre 20 et 40 micromètres. De section beaucoup plus petite que les vaisseaux ou que les trachéides des résineux, les fibres libriformes occupent de 50% à 60% de la masse du bois. Elles assurent la fonction de soutien du plan ligneux dont les propriétés physiques et mécaniques telle que la masse volumique, sont étroitement liées à la proportion de fibres dans le bois ainsi qu'à l'épaisseur de leurs parois (de 1,5 micromètre chez le balsa dont la masse volumique = 160 kg/m³ à plus de 10 micromètres chez l'azobé dont la masse volumique = 1050 kg/m³).

Dans le cas d'une utilisation de bois de feuillus à des fins de production de pâte et de papier, ce sont ces éléments cellulaires qui sont principalement utilisés. Ils reçoivent communément l'appellation de «fibre».

■ LE PARENCHYME VERTICAL

Un troisième type de cellule est observable dans le plan transversal. Parfois abondant, parfois plus ténu, ce tissu de cellules aux parois minces est beaucoup plus développé chez les feuillus, particulièrement chez les espèces tropicales, que chez les résineux. Il reste vivant tant que le bois est fonctionnel et sert tant au transport

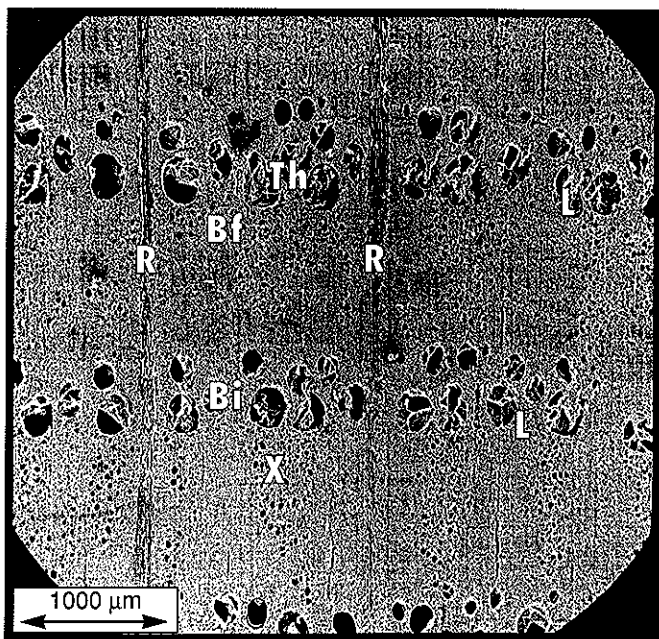


FIGURE N° 6: *Quercus petraea* Liebl. - CHENE BLANC : PLAN TRANSVERSAL observé au M.E.B. — BI: Bois initial (grands vaisseaux); BF: Bois final (petits vaisseaux); X: Ensemble de vaisseaux et de parenchyme disposés en "flamme" typique; R: Rayon plurisériel (larges et étroits); L: Limite d'un cerne; Th: Thylle dans un vaisseau.

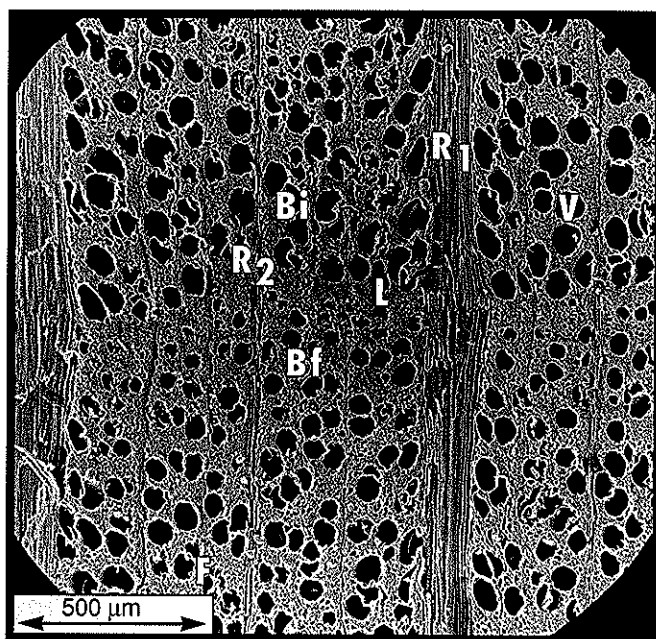


FIGURE N° 7: *Fagus sylvatica* L. - HETRE COMMUN : PLAN TRANSVERSAL observé au M.E.B. — BI: Bois initial (grands vaisseaux); BF: Bois final (petits vaisseaux); F: Fibres libriformes R₁: Rayon plurisériel élargi en "Fer de lance" à la limite du cerne; R₂: Rayon étroit; L: Limite d'un cerne.

des substances nutritives qu'à l'accumulation de réserves d'amidon, d'huiles, de tanins, de cristaux de calcium ou de silice.

La proportion de parenchyme est comprise entre 10% et 20% mais peut varier selon les espèces : 75 % de la masse du bois de balsa est composé de ce tissu.

La répartition du parenchyme dans le bois constitue un critère essentiel pour l'identification des essences. À l'aide d'une petite loupe, les principales dispositions de ce tissu sont aisément observables, à savoir :

● Parenchyme APOTRACHÉAL.

Ce type de parenchyme est disposé indépendamment des vaisseaux, de façon diffuse parmi les autres éléments, en petits agglomérats formant des petites bandelettes tangentielles, à la limite du cerne d'accroissement ou encore en dessinant des lignes tangentielles.

● Parenchyme PARATRACHÉAL.

Les cellules parenchymateuses sont assemblées en tissus étroitement associés aux vaisseaux qu'ils entourent partiellement ou complètement (cfr. Figure n°1). Selon les espèces, ce parenchyme peut dessiner tangentiellement des prolongements en forme d'ailes qui, dans certains cas, se rejoignent pour ne former qu'une seule large bande de parenchyme au centre de laquelle les vaisseaux sont observés.

De très nombreuses essences de régions tempérées et tropicales, couramment utilisées en menuiserie, présentent ce type de parenchyme dans diverses proportions typiques de l'espèce: le châtaignier, le merisier, le noyer, le frêne, l'orme, les acajous, les mérantis, les afzelias, les eucalyptus, le teck, etc.

En particulier, dans certains plans ligneux apparaissent des petites zones brunâtres: les *TACHES MÉDULLAIRES*. Ce sont des amas de cellules de parenchyme cicatriciel produit en réaction à des piqûres d'insectes. Ces formations sont très caractéristiques des essences feuillues qui les présentent et peuvent par conséquent servir de critère d'identification (bouleau, aulne, saule).

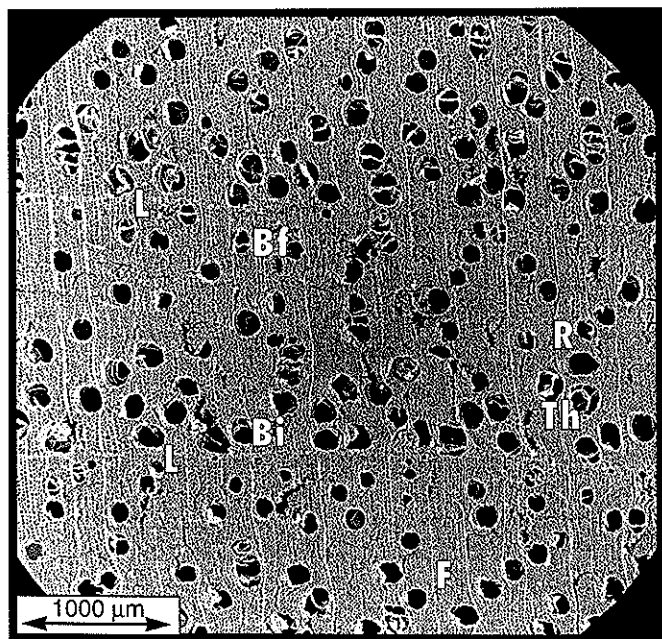


FIGURE N° 8: *Juglans nigra* L. - NOYER D'AMÉRIQUE : PLAN TRANSVERSAL observé au M.E.B. — BI : Bois initial (vaisseaux nombreux); BF : Bois final (vaisseaux moins nombreux); F : Fibres libriformes R : Rayon; L : Limite d'un cerne; Th : Thylle dans un vaisseau.

■ LES RAYONS

Cette structure est composée de cellules parenchymateuses organisées en bandes d'orientation radiale, perpendiculaire à l'axe longitudinal des vaisseaux et des fibres. Grâce à leurs nombreux liens intercellulaires, les rayons construisent ainsi avec les vaisseaux et les fibres une sorte de maille dont l'utilité n'est pas à négliger dans le comportement mécanique du bois dans le sens radial. Le rôle premier des rayons consiste cependant à assurer l'accumulation de substances de réserve (amidon, sucres, huiles, etc.) et à permettre la diffusion des éléments nutritifs dans le sens radial du bois. Les cellules qui les composent gardent très longtemps leur contenu cellulaire et demeurent ainsi vivantes bien plus longtemps que les éléments de vaisseaux et les fibres.

Pour une espèce donnée, la disposition des rayons dans le plan ligneux est constante et régulière mais les formes rencontrées sont beaucoup plus variées que chez les résineux; ce sont donc des critères d'identification très utiles.

La dimension tangentielle (largeur) des rayons chez les feuillus varie d'une file de cellules (rayon *UNISÉRIÉ*) à plusieurs rangées (rayon *PLURISÉRIÉ*) pouvant même parfois dépasser 50 cellules (cfr. Figure n°1 et 2). Dans certains bois, les rayons sont tellement fins qu'ils ne peuvent être aperçus à l'oeil nu (rayons < à 7 ou 8 rangées de cellules). Au contraire, d'autres espèces présentent des rayons de taille très contrastée : des fins rayons et de très larges rayons, sans apparente gradation progressive entre ces deux extrêmes (cfr Figure n° 6 et 7).

La découpe à travers les gros rayons laisse apparaître un dessin très esthétique et fort apprécié des utilisateurs du bois: la *MAILLURE*, bien connue chez le chêne notamment.

Quelques espèces présentent des rayons agrégés caractéristiques (ou *FAUX RAYONS*) constitués par des groupements de rayons de faible épaisseur qui ne sont séparés les uns des autres que par quelques rangées de

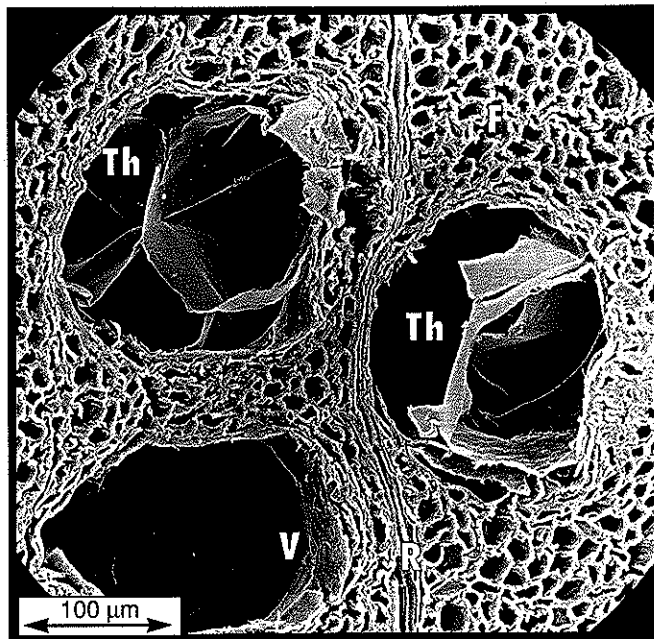


FIGURE N° 9: *Juglans nigra* L. - NOYER D'AMÉRIQUE : DÉTAIL DU PLAN TRANSVERSAL observé au M.E.B.
V : Vaisseau; F : Fibres libriformes;
R : Rayon; Th : Thylle dans un vaisseau.

fibres donnant ainsi l'impression de gros rayons (*ex : charme, aulne et noisetier*).

Les rayons qui traversent plusieurs cernes consécutivement peuvent montrer une tendance à s'élargir à l'endroit même de la limite d'accroissement. Dès lors, le rayon prend une forme quelque peu losangique à cet endroit (cfr Figure n°7) et cette particularité est souvent utilisée comme critère d'identification pour les feuillus tempérés.

Dans certaines espèces tropicales, lorsque le bois est observé en coupe tangentielle, l'anatomiste découvre que tous les amas fusiformes des rayons sont alignés les uns à côté des autres. Cette organisation se répète régulièrement à différents niveaux de la coupe et l'on dira alors que les rayons sont disposés en *STRUCTURE ÉTAGÉE* (cfr. Figure n°2). Sur le plan macroscopique, les bois à rayons étagés montrent un reflet bien particulier à la lumière ambiante.

À la disposition étagée des rayons peut correspondre une disposition analogue du parenchyme. Cette parfaite organisation interne du plan ligneux est vraisemblablement typique des espèces les plus spécialisées dans l'évolution des Angiospermes.

Le praticien de l'anatomie du bois aura souvent recours à l'observation au microscope électronique à balayage (M.E.B.) des caractéristiques cellulaires des rayons pour arriver à l'identification de l'espèce en présence.

Sans entrer dans trop de détails, il faut savoir que trois types de cellules composent les rayons :

- ◆ des cellules *COUCHÉES* : leur plus grande dimension suit un axe radial du bois.
- ◆ des cellules *DRESSÉES* : allongées selon un axe longitudinal du bois
- ◆ des cellules *CARRÉES* : intermédiaires entre les deux précédentes.

La plupart des rayons observés dans une coupe radiale du bois sont composés uniquement de cellules appartenant à un seul et même type; le plus souvent, il s'agit de cellules couchées. Dans ce cas, l'anatomiste parle de rayon «*HOMOGÈNE*». Par contre, si plusieurs formes de cellules apparaissent, les rayons seront dits «*HÉTÉROGENES*». La figure typique de cette organisation consiste en quelques rangées de cellules couchées rectangulaires (donnant l'apparence d'un mur de briques) serties de part et d'autre par 2 à 3 rangées de cellules dressées (Figure n°10).

Enfin, la hauteur des rayons est également très variable selon les espèces (de quelques micromètres à plusieurs mil-limètres).

La détermination de la structure exacte des rayons d'un bois est effectuée grâce à l'examen des coupes radiales et tangentielles; cette démarche permet notamment l'établissement d'une classification utilisée pour l'identification de nombreux feuillus tempérés ou tropicaux. À titre d'exemple, le bois de peuplier dont les rayons sont constitués de cellules couchées se distingue au microscope de celui du saule dont les rayons sont hétérogènes.

Comme dans toute cellule du bois, les parois des cellules qui composent les rayons sont abondamment pourvues de ponctuations permettant les échanges de liquides et de gaz. Les formes et la disposition des ponctuations entre les vaisseaux et les rayons sont souvent distinctives de chaque espèce mais ces critères d'identification n'ont pas souvent été utilisés pour la reconnaissance des bois commerciaux.

(1) - page 11 : ● **Bois à grain grossier** : bois dont l'épaisseur des cernes et la dimension des vaisseaux sont nettement marquées tant au toucher qu'à l'œil (*chêne, frêne*)

● **Bois à grain fin** : bois présentant un aspect uniforme (*buis, poirier*).

(2) - page 15 : Sens contraire de la direction des fibres du bois, caractéristique de certaines espèces.

— Nous tenons à remercier M. L. GERLACHE et M. O. BOUCHEZ pour leur aide précieuse dans la réalisation des illustrations photographiques.

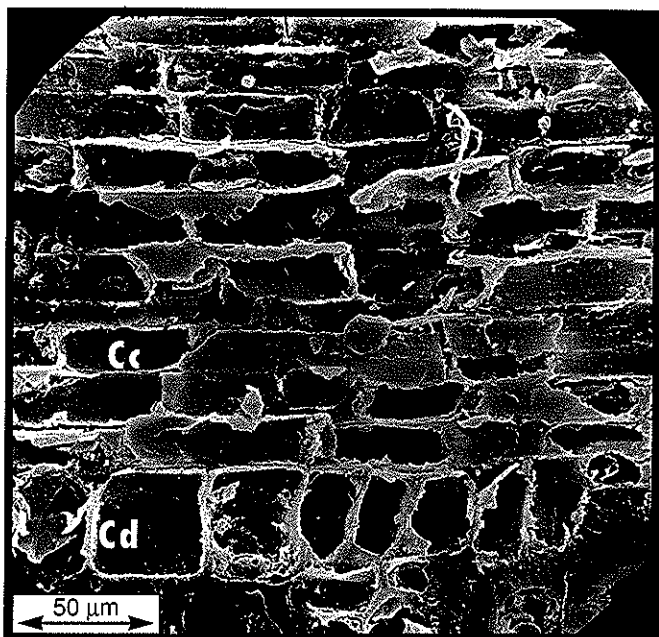


FIGURE N° 10: *Swietenia macrophylla* King - ACAJOU D'AMÉRIQUE : DÉTAIL DE LA COUPE RADIALE observée au M.E.B. — Rayon hétérogène avec les cellules rectangulaires couchées (Cc) et les cellules dressées (Cd). N.B.: Un rayon homogène est composé uniquement d'un seul type de cellule (couchée ou dressée)

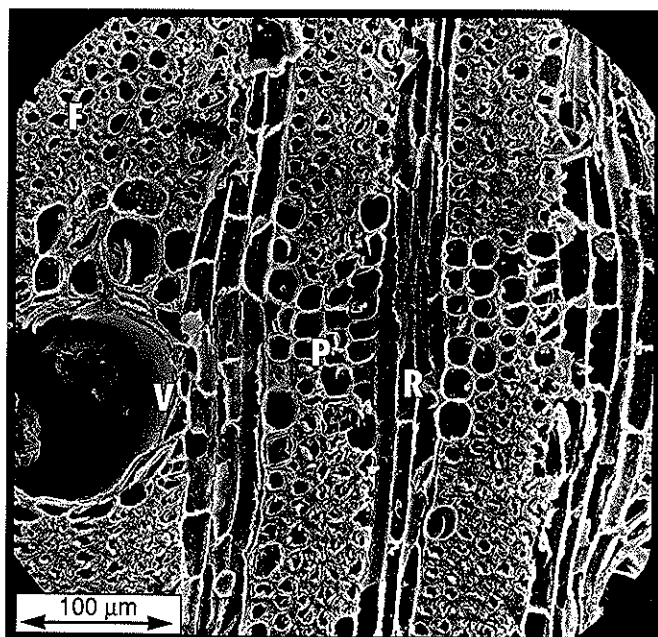


FIGURE N° 11: *Swietenia macrophylla* King - ACAJOU D'AMÉRIQUE : DÉTAIL DE LA COUPE TRANSVERSALE observée au M.E.B. — V : Vaisseau; F : Fibres libriformes; P : Parenchyme paratrachéal en bande tangentielle; R : Rayon avec les cellules rectangulaires (cellules couchées).



LES FEUILLUS

À ZONE POREUSE

À ZONE DIFFUSE

SEMI-POREUSE

Genre et espèce	Couleur	Porosité	Densité des pores	Rayons	Parenchyme	Perforations	Autres caractéristiques
<i>Quercus petraea</i> Chêne sessile Chêne pédonculé	Bois brun-clair	Zone poreuse très marquée	Pores du bois initial nombreux pores du bois final disposés en plages radiales ø 20 à 500 µm	Homogènes; unisériés ET plurisériés (15 cellules)	Parenchyme abondant, paratrachéal et apotrachéal, dessinant une "flamme" autour des groupes de vaisseaux.	Uniques	Thylles abondants dans le duramen. Maillure en coup radiale.
<i>Quercus rubra</i> Chêne rouge d'Amérique	Bois rouge/rosé	Zone poreuse très marquée	Nombreux; pores du bois final disposés en plages radiales ø 20 à 500 µm	Homogènes unisériés ET plurisériés (15 cellules)	Parenchyme abondant, paratrachéal et apotrachéal.	Uniques	Vaisseaux bien alignés. Thylles absents dans dans le duramen Maillure en coupe radiale
<i>Castanea sativa</i> Châtaignier	Bois brun-clair	Zone poreuse très marquée	Vaisseaux du bois initial groupés sur 2 à 6 rangs; section circulaire ou elliptique ø 30 à 500 µm	Homogènes; rayons fins, unisériés, et très nombreux	Parenchyme abondant apotrachéal et dispersé en chaînettes	Uniques	Pas d'alternance de larges et de fins rayons. Ressemble au chêne mais sans maillure. Thylles tou- jours présents dans le duramen mais peu nombreux.
<i>Fraxinus excelsior</i> Frêne	Bois blanc avec des reflets verdâtres	Zone poreuse très marquée	Pores du bois initial isolés ou accolés; groupés sur 1 à 4 rangs; section circulaire ou elliptique; ø 50 à 350 µm	Homogènes; rayons de 1 à 5 cellules très nombreux	Parenchyme abondant paratrachéal et de limite de cerne	Uniques	Pas de duramen visible
<i>Ulmus campestris</i> Orme	Bois brun/rosé	Zone poreuse bien visible	Pores du bois initial isolés; ac- colés; disposés sur 2 à 4 rangs. Pores très nombreux; section elliptique ou polygonale. ø 50 à 250 µm	Homogènes; rayons assez fins (4 à 5 cellules) inégaux et très nombreux	Parenchyme abondant apotrachéal	Uniques	Vaisseaux de la zone poreuse disposés en bandes tangentielles sinueuses; vaisseaux avec épaississements spiralés. Thylles parfois abondants
<i>Robinia pseudoacacia</i> Robinier faux-acacia	Bois à duramen brun foncé; aubier blanc jaunâtre.	Zone poreuse bien visible	Pores du bois initial groupés sur 2 à 3 rangs; section cir- culaire à elliptique; section poly- gonale dans le bois final. ø 50 à 300 µm	Homogènes; rayon de taille moyenne (3 à 5 cellules), assez peu nombreux.	Parenchyme très abondant, étagé, paratrachéal et de limite de cerne	Uniques	Duramen bien visible (fluo- rescent); thylles très abon- dants. Vaisseaux à épaïs- sissements spiralés.

<i>Fagus sylvatica</i> Hêtre	Bois brun-clair avec peti- tes taches brunes	Homogène Zone diffuse	Très nombreux, accolés par 2 à 6, section elliptique ou polygonale ø 50 à 75 µm	Homogènes; rayons de largeurs dif- férentes (1 à 25 cell.) nombreux, élargis à la limite des cernes.	Parenchyme abondant paratrachéal et apotrachéal dispersé.	Uniques ou Scalariformes	Petite maillure dans le plan radial
<i>Populus spp.</i> Peuplier	Bois blanc	Homogène Zone diffuse	Très nombreux, isolés ou acco- lés radialement par 2 à 3, section circulaire à polygonale irrégulière ø 50 à 100 µm	Homogènes; rayons fins, unisériés, nom- breux, sinueux entre les vaisseaux, élargis à la limite des cernes.	Parenchyme peu abondant, terminal	Uniques	
<i>Salix alba</i> Saule blanc	Bois blanc	Homogène Zone diffuse	Très nombreux, dispersés régu- lièrement, isolés ou accolés par 2 à 5, section elliptique à polygonale irrégulière. ø 50 à 100 µm	Hétérogènes; rayons très fins, unisériés, nombreux; très sinueux entre les vaisseaux.	Parenchyme peu abondant, terminal	Uniques	
<i>Betula verrucosa</i> Bouleau verruqueux	Bois blanc	Homogène Zone diffuse	Nombreux à très nombreux, isolés ou en groupes de 4 à 8. Vaisseaux petits. ø 50 à 100 µm	Homogènes. Rayons fins (1 à 4 cellules), uni- formes, assez nombreux	Parenchyme abondant, dispersé	Scalariformes	Taches médullaires fréquentes
<i>Acer spp.</i> Erable	Bois blanc jaunâtre	Homogène Zone diffuse	Très nombreux, isolés ou acco- lés radialement par 2 à 4, section circulaire ø 50 à 100 µm	Homogènes. Rayons inégaux (1 à 5 cellules) peu nombreux	Parenchyme rare	Uniques	Vaisseaux avec épaississe- ments spiralés fins.
<i>Tilia spp.</i> Tilleul	Bois blanc rosé	Homogène Zone diffuse	Très nombreux, isolés ou réunis par 2 à 6 en groupes ou lignes radiales, section hexagonale anguleuse ø 40 à 75 µm	Hétérogènes; rayons assez fins (1 à 6 cellules) irréguliers, assez nombreux	Parenchyme assez abondant en couches tangentielles unisériées, sinueuses et irrégulières	Uniques	Vaisseaux avec épaississe- ments spiralés fins et serrés.
<i>Alnus incana</i> Aulne blanc	Bois blanc jaunâtre	Homogène Zone diffuse	Très nombreux, isolés ou acco- lés radialement par 2 à 6, sec- tion elliptique à polygonale, petits - ø < 100 µm	Homogènes; rayons unisériés, nombreux, parfois englobés dans de faux rayons	Parenchyme assez abondant dispersé ou terminal	Scalariformes	Duramen absent. Taches médullaires fréquentes
<i>Carpinus betulus</i> Charme	Bois blanc jaunâtre	Homogène Zone diffuse	Très nombreux, souvent accolés par 2-10 en files radiales, section circulaire ou elliptique ø 20 à 60 µm	Homogènes Rayons fins (1 à 3 cellules), très nombreux, faux rayons présents	Parenchyme assez abondant paratrachéal et apotrachéal en chaînettes.	Uniques	Duramen absent. Cernes flexueux, sinueux. Vaisseaux avec épaississements spiralés fins et serrés
<i>Buxus sempervirens</i> Buis	Bois brun clair	Homogène Zone diffuse	Extrêmement nombreux (245/mm²), isolés, section ovale, très petit diamètre ø 14 à 31 µm	Hétérogènes. Rayons fins, uni- sériés ou bisériés, peu nombreux	Parenchyme abondant, paratrachéal et apotrachéal dispersé	Scalariformes	

<i>Prunus spp.</i> Merisier	Bois brun rosé	Homogène Zone semi-poreuse peu marquée	Très nombreux, isolés ou groupés en lignes radiales ou obliques, section circulaire à polygonale, très petits. ø 20 à 50 µm	Hétérogènes; rayons taille moyenne (3 à 6 cellules), assez nom- breux, élargis à la limite des cernes.	Parenchyme peu abondant	Uniques	Vaisseaux avec épaississe- ments spiralés fins et serrés. Gommages fréquents dans les vaisseaux
<i>Juglans nigra</i> Noyer noir	Bois brun veiné de noir	Homogène Zone semi-poreuse	Assez nombreux, section elliptique et de diamètre moyen. ø 100 à 200 µm	Homogènes. Rayons de taille moyenne (3 à 5 cellules), peu nombreux.	Parenchyme assez abondant paratrachéal ou apotrachéal en chaînettes	Uniques	Présence de thylles.

◆ Pores peu nombreux : < à 25 / mm² ◆ Pores nombreux : 25 à 50 / mm² ◆ Pores très nombreux : 50 à 100 / mm² ◆ Pores excessivement nombreux : > à 100 / mm²
◆ Rayons peu nombreux : 3 à 5 / mm tang. ◆ Rayons assez nombreux : 6 à 9 / mm tang. ◆ Rayons nombreux : 10 à 12 / mm tang. ◆ Rayons très nombreux : 12 à 18 / mm tang.



IV. IDENTIFICATION DE QUELQUES FEUILLUS TEMPÉRÉS

Bien souvent, la reconnaissance et l'identification d'une espèce au départ d'un petit fragment de bois relève d'une série d'étapes où l'on recherche la présence, ou l'absence, de différents éléments dont il a été question ci-avant.

Concrètement, la démarche à suivre se résume comme suit :

1 — **Repérage des trois plans du bois** : transversal, radial et tangentiel.

2 — **Observation macroscopique**, à l'oeil nu, permettant de relever la **couleur**, la **finesse de grain**, la **présence de contrefil**⁽²⁾ qui se manifeste par des reflets du bois sous certains angles lumineux. Bien que ces caractéristiques ne soient pas discriminantes, elles permettent néanmoins d'orienter les recherches.

3 — **Observation macroscopique**, à la loupe, de la **section transversale**. Il est recommandé de rafraîchir la coupe à l'aide d'un petit couteau et d'humecter légèrement l'échantillon afin de mieux faire ressortir les éléments anatomiques du bois. Cette opération permet déjà de relever un certain nombre de critères tels que :

- ◆ La distribution des vaisseaux dans le bois (zone poreuse, semi-poreuse ou diffuse).
- ◆ L'arrangement des vaisseaux (isolés, groupés par 2, 3 ou plus, en îlots ou en petites bandes).
- ◆ La forme du contour des vaisseaux (circulaire, polygonale).
- ◆ La présence de fins rayons uniquement, de gros et de fins rayons simultanément ou encore, si ceux-ci manifestent un élargissement à la limite des cernes.
- ◆ La présence et l'arrangement du parenchyme vertical (apotrachéal, paratrachéal, de limite, etc.).
- ◆ La présence ou l'absence de thylls, de gommages ou de canaux sécréteurs (chez certains feuillus tropicaux).
- ◆ La présence de rayons étagés (plan tangentiel).

4 — **Observation de coupes au microscope optique** afin de :

- ◆ Confirmer et préciser les observations macroscopiques
- ◆ Détailler la disposition et l'arrangement du parenchyme vertical
- ◆ Examiner la nature des rayons (hétérogènes ou homogènes), leur dimension et proportions
- ◆ Mettre en évidence des rayons agrégés
- ◆ Caractériser le type de perforation entre deux éléments de vaisseau (perforation unique ou scalariforme).
- ◆ Étudier quelques particularités anatomiques des cellules telles que les ponctuations des champs de croisement entre les vaisseaux et les rayons, les épaississements spirales des vaisseaux, la présence de canaux sécréteurs, etc.

Chaque plan d'observation, chaque coupe apporte son lot d'informations permettant ensuite, à l'aide de clés d'identification combinées au jeu des comparaisons avec d'autres échantillons, d'arriver par déductions successives, au genre puis à l'espèce que nous étudions.

Dans le but d'une certaine simplification de cette dé-

marche, nous proposons ci après d'examiner les grandes caractéristiques anatomiques de nos feuillus tempérés et de présenter, sous le forme de tableaux synoptiques, les éléments qu'il convient de rechercher pour pouvoir les reconnaître déjà à l'aide d'une bonne loupe (grossissement 10x-12 x).

La classification ayant permis l'obtention du tableau de la page 14 repose sur la dispersion des vaisseaux dans la section transversale. La distinction est donc faite entre les bois à **zone poreuse**, à **zone diffuse** ou à **zone semi-poreuse**.

V. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

À côté de l'intérêt, parfois uniquement scientifique, de l'identification précise du genre et de l'espèce de bois dont il est question, il existe plusieurs domaines d'application de cette discipline. En effet, tous les métiers liés au négoce du bois, de l'importateur-exploitant à l'architecte ou au menuisier, les historiens ou archéologues, etc. sont journellement confrontés à la problématique de l'identification du bois qui leur est fourni.

Par ailleurs, l'étude des caractéristiques anatomiques du bois constitue une charnière indispensable entre le sylviculteur et l'utilisateur du bois : par les soins sylvicoles prodigués aux peuplements, le forestier agit directement sur la physiologie de la croissance de l'arbre et partant, sur les propriétés technologiques du bois produit. L'anatomie du bois et la quantification d'un certain nombre de paramètres cellulaires telles que la longueur des fibres, l'épaisseur des parois cellulaires, le rapport bois initial/bois final, etc., permettent à la fois d'éclairer le sylviculteur dans le choix d'une conduite à suivre pour le peuplement et l'utilisateur dans la sélection du bois le plus approprié. ■

MARC HERMAN, TOMAS AVELLA

Unité des Eaux et Forêts - Place Croix du Sud, 2 - bte 9
Louvain-la-Neuve.

REFERENCES & BIBLIOGRAPHIE

- A.R.BO.LOR.; 1983; Le matériau bois: propriétés, technologie, mise en oeuvre; Recueil des cours dispensés durant l'Ecole d'Hiver sur le Bois à ALBE (68) du 24 au 29 janvier 1983.
- CORE H. A., COTE W. A., DAY A.C.; 1979; Wood Structure and Identification; Second Edition; Syracuse University Press; 182 pages.
- DECHAMPS R.; 1983; Clé d'identification à la Loupe des Bois des Régions Tempérées et Tropicales Disponibles en Belgique, Vol.5; Musée Royal de l'Afrique Centrale, Tervuren-Belgique; 23 pages.
- GIORDANO G.; 1976; Tecnologia del legno, Volume terzo: Le prove ed i legnami di più frequente impiego; Unione Tipografica - Editrice Torinese; 1354 pages.
- HERMAN M., AVELLA T.; 1992; Le bois et son anatomie; Forêt Wallonne N° 14, Hiver-Printemps; p 10 à 15.
- JACQUIOT C., TRENARD Y., DIROL D.; 1973; Atlas d'Anatomie des Bois des Angiospermes (Essences feuillues) Tome I - Texte; Centre Technique du Bois, Paris; 175 pages.
- JACQUIOT C., TRENARD Y., DIROL D.; 1973; Atlas d'Anatomie des Bois des Angiospermes (Essences feuillues) Tome II - Planches; Centre Technique du Bois, Paris; 175 pages.
- JANE F. W.; 1970; The structure of wood, Second Edition; Adam & Charles Black, London; 478 pages.
- MOIRANT; Dictionnaire du bois, ses dérivés; Maison du dictionnaire; Editions malgrétout, 356 pages.
- PANSHIN A. J., de ZEEUW C.; 1970; Textbook of wood technology, Third Edition; American Forestry Series, Mc Graw-Hill Book Company, 705 pages.
- SCHWEINGRUBER F.H.; 1978; Mikroskopische Holzanatomie; Zürcher AG; 226 pages.
- VENET J.; 1974; Identification et Classement des Bois Français; E.N.G.R.E.F. - NANCY; 311 pages.