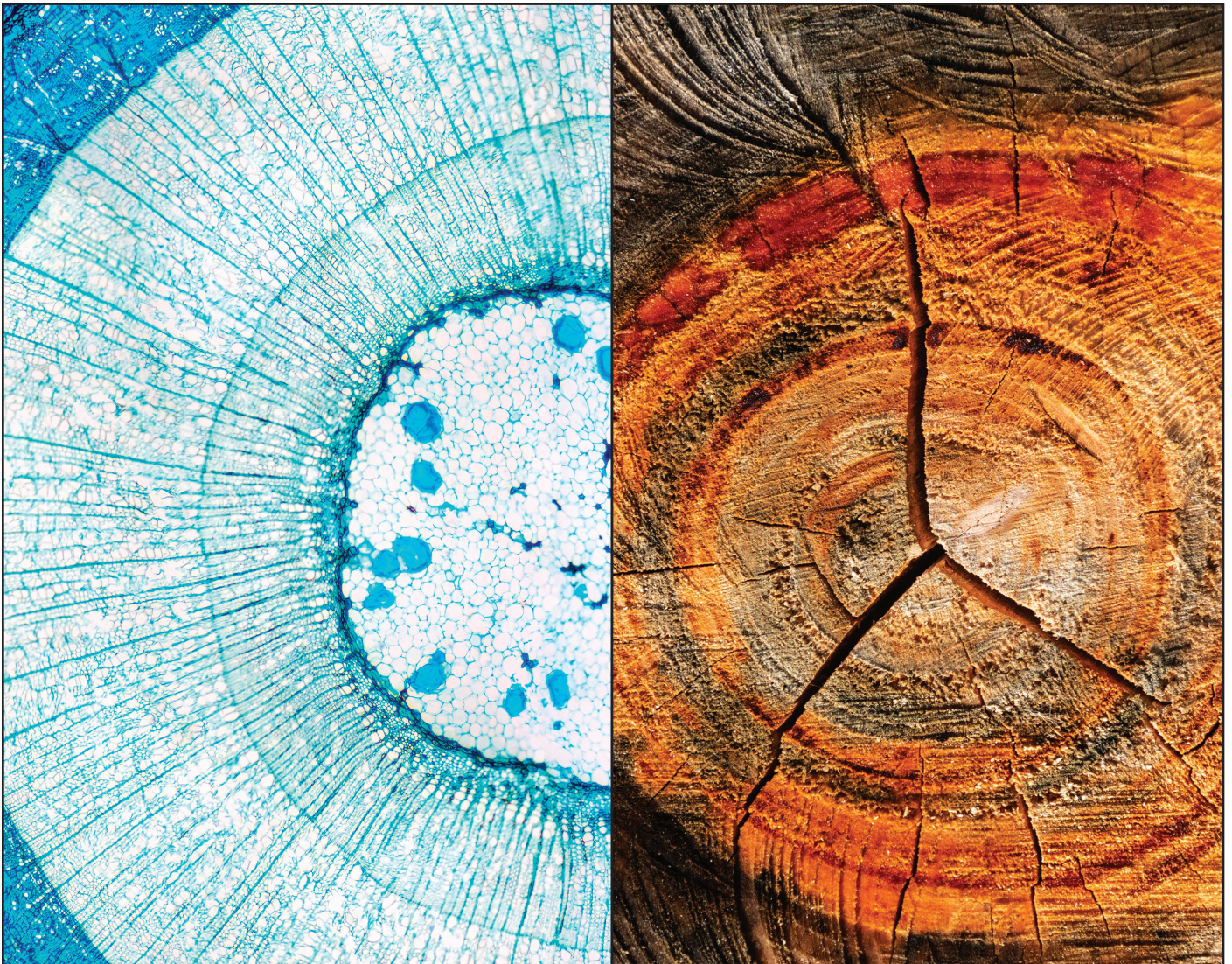




Centre technique forestier tropical
Département du Cirad

Cours illustré d'anatomie des bois

Pierre DETIENNE



45 bis, avenue de la Belle Gabrielle
94 736 Nogent-sur-Marne Cedex (France)



Centre Technique Forestier Tropical
Département du CIRAD

Cours illustré d'anatomie des bois

par
Pierre DETIENNE

SOMMAIRE

	Page
Présentation	2
Généralités	3
Développement historique et technique de l'anatomie des bois .	4
Le plan ligneux, les différents types	6
La paroi cellulaire et la formation du bois	8
Les bois des Résineux	11
Les bois des Feuillus	14
Les variations de structure	19
L'identification des bois	21
Bibliographie succincte	23
Planches photographiques	24

eISBN : 978-2-7592-3619-0

45 bis, avenue de la Belle Gabrielle - 94736 NOGENT-SUR-MARNE CEDEX (France)
- Tél. (1) 43 94 43 00 - Téléc : CETEFO 211085 F - Télécopie : (1) 48 73 07 97

PRÉSENTATION

L'anatomie du bois est une discipline, au premier abord, rébarbative mais qui est en fait très simple puisque de nombreux praticiens, à l'instar de Monsieur Jourdain, s'appuient sur certains caractères macroscopiques de la structure du bois pour reconnaître des essences.

Ce cours d'anatomie n'a pas la prétention de remplacer des ouvrages importants faits sur le sujet parmi lesquels nous citerons les trois volumes « Anatomie végétale » de E. BOURREAU, les deux volumes de « Anatomy of the Dicotyledons » de C. R. METCALFE et L. CHALK et « Anatomie des Holzes » de R. WAGENFUHR (voir bibliographie). Il a été rédigé d'une manière simple pour être accessible à des élèves n'ayant pas eu obligatoirement une formation biologique, élèves de l'Ecole Supérieure du Bois par exemple, mais aussi pour quiconque voulant comprendre la structure anatomique du bois.

L'ouvrage présenté ici a été illustré le plus abondamment possible avec des photographies prises au microscope optique, à des grossissements souvent faibles, afin que les lecteurs puissent comparer ces vues avec les images qu'ils peuvent obtenir avec une loupe à main ou un petit microscope. L'illustration par des schémas aurait certes permis une bonne compréhension des caractères mais il est parfois difficile à un débutant de faire le rapprochement entre le dessin théorique rigide d'un caractère et tous les aspects plus ou moins différents de ce caractère dans la réalité. Pour des raisons semblables, des images prises au microscope électronique ont été écartées car si elles sont de grande qualité (effet de relief de la microscopie à balayage électronique) elles ne seront jamais observées dans la pratique, à moins de posséder un matériel très coûteux.

Deux paragraphes ou chapitres débordant un peu le cadre de l'anatomie ont été ajoutés. Un paragraphe sur la figuration des bois traite des défauts du fil, c'est-à-dire des différents cas d'orientation des éléments constitutifs du bois par rapport à l'axe du tronc. Un chapitre consacré à l'identification présente, à la fin de ce cours, l'une des applications principales de l'anatomie.

GÉNÉRALITÉS

Quiconque peut facilement, à l'œil nu, différencier des morceaux de bois de Sapin, de Chêne et de Hêtre, bien que ces deux dernières essences appartiennent à la même famille botanique. Cette possibilité de reconnaissance des bois est due aux différences, facilement décelables, entre les plans ligneux, ceux-ci étant stables à l'intérieur de chaque espèce.

L'anatomie des bois, par l'étude de l'agencement des tissus, des cellules, de la forme, de la taille et de la nature des contenus des cellules permet d'abord le contrôle d'identité des bois ou même leur identification. Le but principal de ce cours est d'exposer et d'expliquer tous les caractères anatomiques dont les variations qualitatives et quantitatives permettent de différencier toutes les sortes de bois.

Le plan ligneux des bois, étant fixé génétiquement, ne varie pas à l'intérieur d'une espèce et apparaît généralement sous la même forme à l'intérieur d'une même famille botanique. C'est pourquoi l'anatomie des bois peut aussi apporter un grand nombre d'informations au botaniste systématicien dans son travail de classification des familles, genres et espèces.

D'autre part, si l'on considère le bois comme un matériau, l'anatomie permet de comprendre les propriétés physiques et mécaniques ainsi que la plupart des variations de qualité en se basant sur la connaissance de la structure et de ses légères variations.

L'anatomie du bois peut être divisée en trois branches :

□ **L'anatomie générale** étudie l'organisation du bois aux différents niveaux d'observation : étude des tissus (histologie) et de leur agencement, étude des cellules qui les constituent (cytologie) et étude des parois de ces cellules (sub-microscopie).

□ **L'anatomie systématique** est la description et l'analyse de la structure des bois de chaque espèce en liaison avec la classification botanique. Elle permet leur comparaison, leur identification et aussi de confirmer, ou parfois de rejeter, leur place dans certaines classifications phylogénétiques des végétaux.

□ **L'anatomie appliquée** tente de dégager des relations d'une part, entre la structure du bois et ses propriétés physiques et mécaniques et d'autre part, entre la physiologie et la structure (cernes d'accroissement, bois de réaction, etc.).

Développement historique et technique de l'anatomie des bois

1. Historique

L'étude anatomique des végétaux se serait pratiquée déjà dans la Grèce antique mais ce n'est qu'à la fin du XVII^e siècle, grâce à la construction des premiers microscopes, que de réelles observations ont pu être faites. Parmi les précurseurs il faut citer Marcello Malpighi, Nehemiah Grew et Antoni van Leeuwenhoek qui ont observé et décrit tous les types cellulaires en essayant même d'expliquer leur fonction physiologique. Leurs observations étaient assez poussées pour leur permettre de décrire, par exemple, des épaississements spirales et des ponctuations à l'intérieur des vaisseaux. Van Leeuwenhoek expliqua aussi la différence de durabilité entre le bois de cœur et l'aubier et la cause des différents comportements technologiques entre le bois des Chênes à croissance rapide et celui des Chênes à croissance lente. Par la suite, surtout à partir du XIX^e siècle, l'examen de la structure des plantes a progressé au fur et à mesure du perfectionnement des instruments d'optique pour arriver actuellement à l'étude ultra-microscopique des parois grâce aux microscopes électroniques.

2. Étude macroscopique

1. **L'œil** permet une appréciation globale (grossissement 1 ×) de l'aspect général du bois et de la disposition des tissus les plus apparents. L'observation de la section transversale est toujours conditionnée par un tranchage correct de la surface avec une lame bien aiguisée ou mieux, une lame de rasoir.

2. **La loupe à main** ou « compte-fil » grossit de 6 à 15 fois et permet de voir plus finement la disposition des tissus.

3. **La loupe binoculaire** (de 10 × 50 ×) fait découvrir de nombreux détails et permet la quantification de certains éléments (nombre de pores et de rayons).

4. **Le stéréomicroscope** n'est pas un vrai microscope mais une version très améliorée de la loupe binoculaire. Cet appareil grossissant de 20 à 100 fois fait le pont entre la macro et la microscopie. Il permet de bien distinguer les cellules et de les compter (sériation des

rayons) et, dans certains cas, de déceler des contenus cellulaires minéraux (cristaux ou gros corpuscules de silice).

3. Étude microscopique

Le microscope optique présente de nombreuses variations avec des performances et des avantages divers :

1. **Le microscope en lumière normale transmise** (100 × à 1 800 ×) est le plus ancien et encore le plus courant. Il nécessite la préparation de lames minces (15 à 25 μm d'épaisseur), mais donne des images faciles à analyser.

2. **Le microscope à contraste de phase** sépare la lumière diffractée, par un objet, de la lumière directement transmise, ce qui n'améliore pas le pouvoir séparateur (grossissement), mais accentue par différence de phase le contraste d'ombre et de lumière, rendant visibles des détails de relief.

3. **Le microscope à rayons ultra-violet** (800 × à 2 000 ×) nécessite une optique en quartz mais abaisse la résolution à 0,1 μm.

4. **Le microscope polarisant** est un microscope optique équipé de lames de polarisation. Par la mesure de l'angle de rotation nécessaire pour obtenir l'extinction de la lumière entre Nicols croisés, on pourra reconnaître une structure cristalline définie.

5. **Le microscope épiscopique** (100 × à 700 ×) permet l'étude en lumière normale réfléchie d'un objet opaque. Il n'atteint pas les grossissements obtenus en lumière transmise mais il est extrêmement intéressant par les images qu'il donne à des grossissements moyens et surtout par la simplification des préparations (cube de bois décoloré ou non). La lumière est envoyée sur l'objet soit par des fibres optiques, soit en faisceau conique à travers l'objectif, et donne un effet d'ombre réglable sur les détails de structure.

4. Étude ultramicroscopique

L'utilisation des rayons X à très courte longueur d'onde a permis d'abaisser le pouvoir séparateur à

moins de 100 Å et d'augmenter le grossissement à plus de 50 000 ×, l'optique traditionnelle étant remplacée par des dispositifs électroniques et des champs magnétiques.

1. Le microscope électronique à transmission est comparable en principe au microscope optique à lumière transmise mais nécessite la préparation de lames ultra-minces. C'est une technique difficile, réservée à des laboratoires hautement spécialisés.

2. Le microscope électronique à balayage, plus récent, permet l'observation de la surface d'objets massifs, simplement métallisés en surface s'ils ne sont pas assez conducteurs (cas du bois). Ses avantages sont un champ très étendu de grossissement (10 × à 30 000 ×) et de belles images avec effet de relief.

5. Les mesures

En macroscopie, une méthode simple consiste à superposer à la surface du bois observé un film transpa-

rent, sur lequel est imprimé, par photographie, un jeu de traits et de surfaces unitaires (appréciation de longueurs, diamètres et nombre d'éléments par unité de longueur ou de surface).

En microscopie (mais aussi à partir de la loupe bino-culaire) on utilise un oculaire gradué dont l'étalonnage a été effectué, pour chaque grossissement d'objectif, à l'aide d'un micromètre-objectif gradué en 1/100 mm, observé à la place d'une préparation. Pour certaines mesures ne pouvant être effectuées sur bois massif ou sur coupes microscopiques (cas des longueurs des fibres par exemple), les éléments du bois sont dissociés, montés entre lame et lamelle, puis observés et mesurés comme une coupe microscopique.

Actuellement, grâce aux progrès de l'informatique, des appareils de mesures, avec caméras ou cellules photo-électriques ou tables à réseau magnétique, couplés à un micro-ordinateur peuvent fournir très rapidement des données complexes ou fastidieuses à obtenir par les méthodes traditionnelles.

Le plan ligneux, les différents types

Le bois est un ensemble de tissus de consistance plus ou moins dure formant la masse principale du tronc des arbres. C'est un matériau organisé et hétérogène dont la formation s'est étendue sur de nombreuses années.

Botaniquement, c'est un agrégat anisotrope de tissus d'origine secondaire résultant du fonctionnement d'un méristème : le cambium.

1. Orientation des éléments du bois

Les éléments du bois sont orientés parallèlement et perpendiculairement à un axe de symétrie matérialisé par la moelle centrale. Il y a ainsi 3 plans de références :

1. Le plan transversal, perpendiculaire à l'axe de symétrie, donc au fil du bois. Il correspond à la section de découpe du tronc, c'est-à-dire au bois « debout ».

2. Le plan radial, orienté de la moelle à l'écorce, suivant les rayons. Il suit, plus ou moins, le fil du bois et se trouve perpendiculaire aux traces des couches d'accroissement. Il correspond au débit sur quartier (appelé aussi débit sur maille).

3. Le plan tangentiel, perpendiculaire au précédent, suit plus ou moins le fil du bois et se trouve tangentiel aux couches d'accroissement. Il correspond au débit sur dosse.

A l'aide de ces trois plans on reconstitue l'architecture d'un bois et, pour en comprendre la structure, il est indispensable de s'efforcer à voir dans l'espace comment s'organisent les éléments analysés séparément dans chaque plan (Fig. 1).

C'est à ce moment que l'on peut comprendre l'influence de l'axe de débit sur l'aspect du bois : puisque tous les éléments sont diversement orientés dans le bois, l'aspect de celui-ci sera différent en bout, sur dosse et sur quartier.

Les sections transversales ne sont qu'exceptionnellement un plan de débit industriel mais elles apportent beaucoup de renseignements à l'échelle macroscopique pour l'identification des bois. Les sections longitudinales sont celles normalement utilisées par l'industrie. Les sciages sur dosse, ou les déroulages, apparaîtront selon les essences soit d'aspect et de couleur uniformes, soit avec des ramages dus à des alternances de couches concentriques de tissus différents ou dus à la présence de veines colorées, plus ou moins concentriques. Ce dernier cas est indépendant de la structure du bois. Les

alternances de couches de tissus différents, comme les veines colorées, apparaîtront en section radiale en bandes parallèles. De plus, sur cette section on distinguera les rayons, plus ou moins nettement selon leur hauteur, sous forme de minces bandes ne réfléchissant pas la lumière de la même façon que le fond du bois. L'image de ces rayons, appelée maille ou maillure, est particulièrement bien visible chez le Chêne. Enfin il faut signaler que, pratiquement, les débits ne sont jamais parfaitement orientés dans ces deux plans longitudinaux sur une grande largeur et l'aspect du bois débité donne toute une gamme de variations.

2. Les différents types de plans ligneux

A. Plan ligneux des Conifères

La structure du bois des Conifères (Gymnospermes), plus communément appelé bois de Résineux, est relativement simple et uniforme. Elle est remarquable par le fait que ses éléments restent le plus souvent alignés dans le sens radial comme dans le sens tangentiel. Ces éléments sont peu nombreux et on les distingue en :

Eléments fondamentaux.

- Les trachéïdes formant la masse principale du bois.
- Les rayons (parenchyme horizontal).

Eléments accessoires, parce que présents chez certaines essences seulement.

- Les trachéïdes transversales.
- Les cellules de parenchyme axial.
- Les canaux sécréteurs, axiaux et radiaux.

B. Plan ligneux des Feuillus

La structure du bois des Feuillus (Angiospermes Dicotylédones) est beaucoup plus complexe : le nombre des éléments constitutifs est plus grand et leur agencement plus variable. Ce sont :

Eléments fondamentaux.

- Les vaisseaux.
- Les fibres.
- Le parenchyme axial.
- Les rayons (parenchyme horizontal).

Eléments accessoires.

- Les trachéïdes juxtavasculaires.
- Les canaux axiaux et radiaux à oléorésine.
- Les cellules sécrétrices à huile ou à mucilage.