

**MANUEL D'IDENTIFICATION  
DES  
BOIS COMMERCIAUX**

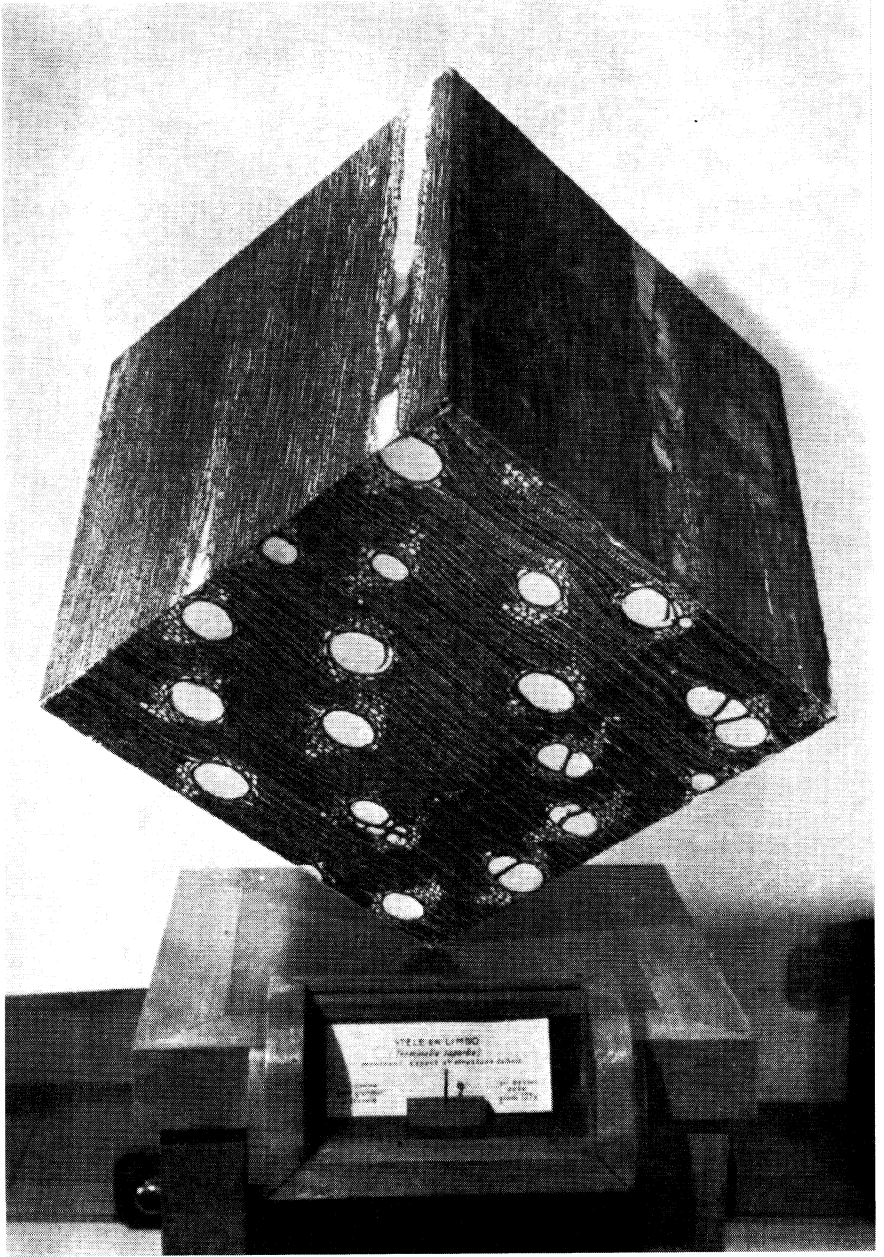
**par D. NORMAND**

**Tome 1**

**Généralités**

**1<sup>re</sup> édition 1972 – 2<sup>e</sup> édition 1998**

**CIRAD-Forêt  
Département forestier du CIRAD  
Campus international de Baillarguet  
B.P. 5035  
34032 MONTPELLIER CEDEX 1 FRANCE  
Tél. : 67 61 58 00 – Télécopie : 67 61 37 55**



# Sommaire

<i>Préface</i> .....	5
<i>Introduction. — Aspect et structure du bois</i> .....	7
<i>Chapitre 1. — Vocabulaire illustré d'Anatomie du bois</i> .....	11
1.1 Glossaire alphabétique .....	11
1.2 Liste des définitions avec planches .....	20
<i>Chapitre 2. — Anatomie descriptive des bois commerciaux.</i> .....	62
2.1 Constitution anatomique des Feuillus .....	62
2.2 Constitution anatomique des Résineux .....	76
2.3 Fixité du plan ligneux et variabilité des caractéris- tiques anatomiques .....	83
2.4 Notions d'évolution en anatomie du bois .....	88
<i>Chapitre 3. — Les techniques d'analyse anatomique.</i> .....	93
3.1 Analyse macroscopique sur bois .....	94
3.2 Analyse microscopique sur bois, sur coupes et sur dissociations .....	97
3.3 Les mesures en anatomie du bois .....	115
3.4 Analyses accessoires utiles pour les identifications ...	129
<i>Chapitre 4. — Pratique de l'identification des bois</i> .....	135
4.1 A l'échelon du Forestier .....	137
4.2 A l'échelon du Réceptionnaire .....	139
4.3 A l'échelon du Laboratoire .....	140
4.4 Les clés d'identification et le système des cartes perforées .....	141
<i>Annexe 1. — Schéma d'identification pour cartes perforées</i> .....	151
A. Feuillus .....	151
B. Résineux .....	162
<i>Annexe 2. — Echantillonnage du bois pour études anatomiques</i> ..	169



# Préface

*L'identification des bois est en réalité l'identification des arbres qui produisent ces bois. Par conséquent la nomenclature de l'essence à laquelle appartient le bois, qu'elle soit vulgaire, commerciale ou scientifique, est la dénomination normale de son bois. Cette nomenclature résume un ensemble de particularités d'aspect ou de structure expérimentalement sélectionnées et caractéristiques du végétal.*

*Le **Manuel de Botanique** de R. Letouzey, publié dans la même collection, comporte un chapitre sur la dénomination des plantes, chapitre auquel le lecteur voudra bien se reporter éventuellement. Quand le houppier a été séparé du tronc et quand le fût a été tronçonné en billes transportées loin du lieu d'abattage de l'arbre, la dénomination du bois doit faire appel à des caractères différents de ceux utilisables botaniquement pour nommer l'arbre producteur.*

*Le but du présent Manuel, dans ce premier tome, est de vulgariser les techniques d'identification des bois, dans les autres tomes, on s'efforcera de mettre à la portée des Forestiers, Exploitants et Réceptionnaires les moyens de vérifier l'identité des bois commerciaux d'abord de la forêt dense guinéo-congolaise, ensuite de la Guyane française et peut-être de Madagascar.*

*Manuel d'identification des bois utiles, l'ouvrage n'est pas un traité d'Anatomie végétale, même limité aux formations secondaires des Phanérogames, encore moins un traité de microscopie ou un manuel de techniques botaniques. Il se propose simplement de mettre à la disposition des technologues de langue française les connaissances de base et les procédés pratiques pour identifier les bois. Dans les recherches que font les spécialistes de l'anatomie du bois, il s'agit là d'un secteur très limité ; il n'est fait appel à aucune des techniques qui utilisent les zones du spectre autres que*

*celle de la lumière ordinaire ; on a passé volontairement sous silence l'emploi du microscope polarisant, du microscope à contraste de phase, et, à plus forte raison, des microscopes électroniques.*

*En fonction du matériel rudimentaire préconisé et des moyens mis en œuvre, il faut savoir comment s'y prendre pour observer un bois et ce qu'il est utile d'examiner. C'est pourquoi un chapitre essentiel du Manuel (ch. 3) traite des différentes techniques courantes d'analyse anatomique et du matériel requis. Mais, là aussi, quelques méthodes éprouvées et efficaces ont été sélectionnées parmi de très nombreuses autres, dans l'optique restreinte de l'identification avec une loupe à main, un stéréomicroscope ou un microscope photonique. La pratique de l'identification des bois (ch. 4) dépend avant tout du stade auquel se fait l'identification : au pied de l'arbre en forêt, sur un parc à billes ou dans un laboratoire.*

*Il était inconcevable de faire abstraction du vocabulaire spécial, indispensable en xylologie descriptive comme dans les autres domaines des sciences naturelles. C'est l'objet du premier chapitre abondamment illustré pour faciliter la transposition entre ce qu'on est appelé à voir et la terminologie convenable. Pour certains, ce seront des pages à feuilletter rapidement ; pour d'autres, chaque définition du glossaire demandera un effort de compréhension préalable s'ils veulent ensuite utiliser efficacement les autres tomes du Manuel.*

*On trouvera, en annexe, des schémas d'identification pour cartes perforées. Ces documents seront reproduits en introduction de chacun des autres tomes, puisque ceux-ci ont pour but de montrer l'application de la méthode des cartes perforées à l'identification des bois commerciaux ou commercialisables de divers territoires géographiques.*

*C'est un devoir pour l'auteur de ce premier tome du Manuel d'identification des Bois tropicaux commerciaux d'associer à son élaboration tout le personnel du Laboratoire d'Anatomie des Bois Tropicaux de Nogent-sur-Marne\*, en particulier M. Alain Mariaux, et de remercier de leur collaboration M. François-Xavier Bard, pour les planches du vocabulaire ; M. James Rassiatt†, pour les dessins et M. Jacques Chatelain, pour les photographies.*

D. NORMAND

\* Devenu Laboratoire d'Anatomie des Bois du CIRAD Forêt-Montpellier.

# Introduction

## ASPECT ET STRUCTURE DU BOIS

Tout le monde distingue ces deux catégories de végétaux que sont les herbes et les arbres. Cette distinction est basée sur une plus ou moins longue capacité de croissance des tiges : les tiges ligneuses des Feuillus et des Conifères et les tiges arborescentes des Palmiers sont dressées et capables d'une grande durée de végétation.

Comment cela se fait-il ? Comment une graine de Makoré donne-t-elle un jeune plant qui deviendra un arbre majestueux ? Pourquoi le tronc d'un Parasolier n'atteint-il jamais le diamètre d'un Makoré ? Comment fonctionnent les méristèmes apicaux qui contribuent à l'élongation de la plante ? Par quel mécanisme le bois est-il formé à partir d'un méristème secondaire dont les cellules ont subi une certaine différenciation par rapport aux cellules d'autres méristèmes primaires et organogènes ? Autant de questions qui ne sont pas au programme de ce Manuel d'identification ; elles relèvent des ouvrages de Botanique forestière et d'Anatomie végétale auxquels le lecteur voudra bien se reporter (1).

Nous prendrons le bois au stade d'un produit naturel élaboré par l'arbre pendant des dizaines et des dizaines d'années, mélange de tissus composés de cellules à parois lignifiées, matériau organisé et essentiellement hétérogène. Il y a des raisons pour lesquelles les bois présentent une gamme variée d'aspect et d'autres pour lesquelles le bois d'une même espèce apparaîtra quelquefois avec

---

(1) Pour plus de détails sur l'ontogenèse du bois, on consultera l'ouvrage en 3 tomes de Edouard Boureau intitulé : Anatomie Végétale, Coll. Euclide. *Les Presses Universitaires de France*, 1954-1957.

une couleur et un dessin inattendus. Cette diversité tient à des facteurs anatomiques, à des facteurs chimiques ou à des facteurs pathologiques : elle explique pourquoi une même essence peut donner des bois de sciage (bois de fil) et des bois de tranchage (bois figurés), des bois avec aubier développé et d'autres avec aubier restreint (Sipo), des bois bruns ou des bois blancs (Samba).

Nous voudrions, dans cette introduction, attirer d'abord l'attention sur la liaison intime qui existe entre l'aspect et la structure du bois, par suite de son organisation. La pratique de l'identification exige de comparer des choses comparables, et, dans le cas présent, des plans d'orientation des éléments ligneux identiques.

Regardons l'une des extrémités du tronc d'un arbre abattu, en dessous de l'écorce au sens vulgaire du mot ; nous distinguons une couronne d'aubier qui contient, outre le squelette des tissus de soutien et de conduction fonctionnels, un tissu encore vivant qui joue un rôle physiologique. Entouré par l'aubier, d'où l'expression vulgaire de « bois de cœur », nous avons ensuite un cylindre de bois parfait, dépourvu de cellules vivantes, inerte au point de vue chimique mais non pas sous le rapport physique. Entre l'aubier, de teinte souvent plus claire que le bois parfait coloré, il existe chez certaines essences, le Tiama en particulier, une zone de transformation de l'aubier en bois parfait ; le tissu vivant qui rayonne à partir du cœur y est en voie d'asphyxie ; il perd son rôle physiologique ainsi que le parenchyme axial.

Si maintenant nous scions le rondin par des traits parallèles, nous constatons que le bois n'a pas partout le même aspect, indépendamment de la différence de couleur de la face des sciages entre la portion externe (aubier) et la portion interne (bois parfait). La partie plane d'une dosse (dont le reste de la surface est constitué par la périphérie de la bille) ne présente pas le même dessin que la face du plateau passant par le milieu du rondin et enfermant le cœur.

L'explication de cette différence d'aspect tient à l'organisation même du bois dont les éléments sont orientés parallèlement ou perpendiculairement à un axe de symétrie, matérialisé par la moelle de la jeune tige. Nous avons ainsi trois directions de référence :

1° La direction axiale : celle de l'axe de symétrie. Une coupe dans un plan perpendiculaire à cette direction fournit une section



transversale. Elle correspond à la section de découpe d'un tronc, ou au bois vu en bout ; elle est perpendiculaire au fil du bois.

2° La direction radiale : celle orientée suivant les rayons dans la section transversale ; elle est aussi perpendiculaire aux traces des couches d'accroissement qui laissent des cernes visibles. Une coupe axiale dans un plan parallèle à cette direction donne une section longitudinale radiale. Elle correspond au débit sur maille ; elle suit plus ou moins le fil du bois.

3° La direction tangentielle : celle prise tangentiellement aux couches d'accroissement et perpendiculairement à la direction des rayons. Une coupe axiale dans un plan parallèle à cette direction permet d'obtenir une section longitudinale tangentielle. Elle correspond à la contredosse d'un débit en plot ; elle suit plus ou moins le fil du bois.

A l'aide de ces trois plans on reconstitue l'architecture d'un bois. Nous verrons que, quelles que soient les techniques d'analyse anatomique utilisées, pour comprendre la structure d'un bois, il est indispensable de s'efforcer à voir dans l'espace comment s'organisent les éléments, analysés séparément dans chaque plan. Seule cette gymnastique donnera une vue perspective du plan ligneux des différentes essences.

Puisque les éléments sont diversement orientés dans un même bois, toutes choses égales d'ailleurs, son aspect sera différent en bout, sur dosse et sur maille. Dans un débit qui consiste à scier une bille par des traits parallèles, comme le débit en plot, on pourra avoir tous les aspects sur la face d'un même plateau, depuis l'orientation véritablement tangentielle au centre jusqu'à l'orientation correctement radiale au bord.

Avec une alternance de zones concentriques de tissus différents, on obtiendra au déroulage des feuilles de placage ramageuses tandis que les veines du bois donneront des bandes parallèles en tranchage sur plein quartier, d'où l'aspect très différent d'un bois comme le Wengé suivant la façon dont il est débité. D'où la nécessité de s'assurer qu'on compare bien des plans identiques avant d'affirmer que deux planches ne proviennent pas de la même essence. Certaines figures de bois, telles que celles des Sapelli pommelés ou des Erables mouchetés « œil d'oiseau », sont essentiellement liées à une section tangentielle ; d'autres, comme

les bois rubanés, à une section radiale. Enfin, la coupe oblique d'un bois à coeur excentré permettra d'obtenir, dans des bois relativement homogènes et denses, des dessins de forme ellipsoïdale en « coquilles d'huître », qui ne sont plus liés véritablement à la structure du bois (1).

Les sections transversales sont très exceptionnellement un plan de débit industriel du bois, mais dans le cadre de ce manuel d'identification, on constatera qu'elles jouent un rôle primordial pour les renseignements histologiques qu'en tirent les anatomistes.

---

(1) Michel BAUMER — A propos des Figures du Bois. *Bois et Forêts des Tropiques*, n° 24, juillet-août 1952, p. 233-255.

## Vocabulaire illustré d'anatomie du bois

Le vocabulaire comprend deux parties : un glossaire alphabétique et une liste de définitions.

Le glossaire constitue un relevé des termes employés à propos des caractères de structure du bois par les auteurs de langue française. La terminologie renvoie tantôt à des dénominations considérées comme préférables, tantôt à un numéro d'ordre qui correspond au classement par catégorie des définitions.

La liste des définitions illustrées par des dessins, a été réalisée à partir de deux documents à l'élaboration desquels l'Auteur du Manuel a participé antérieurement. L'un, la version française du Multilingual Glossary of Terms used in Wood Anatomy, édité en 1964 par l'international Association of Wood Anatomists ; les dessins qui accompagnaient l'édition française illustrée de 1946 ont servi de base pour les planches du Manuel. L'autre, la norme française Bois-Vocabulaire (NF. B 50-002) homologuée en 1961. Il nous a semblé en effet que certains termes, couramment employés en technologie du bois et se rapportant à son organisation, avaient leur place dans le vocabulaire, bien qu'ils ne figurassent pas dans le lexique de l'IAWA.

### 1.1 GLOSSAIRE ALPHABÉTIQUE

Altération (du bois) .....	64
Alvéole à laticifère .....	213
Angle des fibrilles .....	116
Anneau, faux → Faux cerne annuel	
Anneau ligneux → Cerne	

Anneau de croissance → Cerne	
Anomalie (du bois) . . . . .	58
Aréole d'une ponctuation . . . . .	81
Aubier . . . . .	19
Aubier inclus → Bois luné	
Aubier interne → Bois luné	
Assise génératrice interne → Cambium	
<b>Barbilles → Epaisissements callitrisoïdes</b>	
Bois . . . . .	9
Bois de cœur → Bois parfait	
Bois de compression . . . . .	61
Bois d'été → Bois final	
Bois final . . . . .	33
Bois homogène . . . . .	34
Bois hétérogène . . . . .	35
Bois initial . . . . .	32
Bois intermédiaire . . . . .	21
Bois luné . . . . .	59
Bois madré . . . . .	57
Bois parfait . . . . .	20
Bois à pores diffus . . . . .	43
Bois à pores épars → Bois à pores diffus	
Bois de printemps → Bois initial	
Bois de réaction . . . . .	60
Bois de tension . . . . .	62
Bois avec vaisseaux . . . . .	40
Bois sans vaisseaux . . . . .	39
Bois à zone semi-poreuse. . . . .	42
Bois à zone poreuse . . . . .	41
Bourrelet circulaire → Bourrelet (de la perforation)	
Bourrelet (de la perforation) . . . . .	142
Brachysclérite → Cellule pierreuse	
Brachyscléride → Brachysclérite	
<b>Cambium . . . . .</b>	<b>11</b>
Cambium étagé . . . . .	14
Canal à gommés . . . . .	208
Canal intercellulaire . . . . .	202

Canal intercellulaire radial . . . . .	203
Canal intercellulaire traumatique . . . . .	207
Canal d'une ponctuation . . . . .	82
Canal résinifère . . . . .	209
Canal sécréteur → Canal intercellulaire	
Cavité d'une cellule → Lumière	
Cavité intercellulaire . . . . .	210
Cavité sécrétrice → Cavité intercellulaire	
Cavité d'une ponctuation . . . . .	78
Cellule . . . . .	4
Cellule bordante (de rayon) . . . . .	195
Cellule carrée (de rayon) . . . . .	194
Cellule cloisonnée de parenchyme . . . . .	176
Cellule cloisonnée cristallifère . . . . .	119
Cellule couchée (de rayon) . . . . .	192
Cellule cristallifère . . . . .	118
Cellule dressée (de rayon) . . . . .	193
Cellule épithéliale . . . . .	205
Cellule fusiforme (de parenchyme . . . . .	174
Cellule à huile . . . . .	216
Cellule mère du bois . . . . .	18
Cellule à mucilage . . . . .	217
Cellule palissadique (de rayon) . . . . .	196
Cellule pierreuse . . . . .	150
Cellule scléreuse → Sclérite	
Cerne . . . . .	25
Cerne annuel . . . . .	26
Cerne discontinu . . . . .	29
Cerne double (ou multiple) . . . . .	28
Cerne de gelée → Cerne traumatique	
Cerne de sécheresse → Cerne traumatique	
Cerne traumatique . . . . .	30
Chambre d'une ponctuation . . . . .	80
Champ de croisement . . . . .	105
Champ de ponctuation . . . . .	76
Cloison perforée . . . . .	140
Cloison perforée éphédroïde → Perforation foraminée	
Cloison perforée scalariforme → Perforation en grille	
Contrefil . . . . .	54

Couche d'accroissement . . . . .	23
Couche annuelle → Cerne annuel	
Couche annuelle double (ou multiple) → Cerne double (ou multiple)	
Couche intercellulaire . . . . .	65
Couche de cellules sécrétrices → Epithélium	
Couche saisonnière . . . . .	23
Couple de ponctuations . . . . .	100
Couple de ponctuations aréolées . . . . .	102
Couple de ponctuations bloquées . . . . .	104
Couple de ponctuations semi-aréolées . . . . .	103
Couple de ponctuations simples . . . . .	101
Crassule . . . . .	75
Crista . . . . .	120
Cystolithe → Cristal	
<b>Défaut (du bois) . . . . .</b>	<b>63</b>
Druse = Mâcle → Cristal	
Duramen → Bois parfait	
<b>Élément . . . . .</b>	<b>48</b>
Éléments axiaux . . . . .	49
Éléments conducteurs . . . . .	10
Éléments congénères . . . . .	50
Éléments étagés . . . . .	51
Élément d'une file de trachéides . . . . .	125
Élément de vaisseau . . . . .	139
Élément de vaisseau imparfait → Trachéide vasculaire	
Éléments verticaux → Éléments axiaux	
Épaississements callitrisoïdes . . . . .	73
Épaississements spiralés . . . . .	72
Epithélium . . . . .	204
Espace intercellulaire . . . . .	198
Essence . . . . .	2
Etagé . . . . .	52
<b>Faux cerne annuel . . . . .</b>	<b>27</b>
Faux rayon . . . . .	197
Fente de la paroi (d'une cellule) . . . . .	71

Feuillu . . . . .	7
Fibre . . . . .	123
Fibre cambiforme → Cellule fusiforme (de parenchyme)	
Fibre gélatineuse . . . . .	137
Fibre intermédiaire → Cellule fusiforme (de parenchyme)	
Fibre ligneuse . . . . .	134
Fibre ligneuse cloisonnée . . . . .	135
Fibre ligneuse septée → Fibre ligneuse cloisonnée	
Fibre ligneuse libriforme → Fibre ligneuse simpliciponctuée	
Fibre ligneuse simpliciponctuée . . . . .	136
Fibre-trachéide . . . . .	131
Fibre-trachéide cloisonnée . . . . .	132
Fibre-trachéide ouverte . . . . .	133
Fibrille . . . . .	115
Fil du bois . . . . .	47
Fil ondulé . . . . .	55
Fil tors . . . . .	56
File de cellules de parenchyme . . . . .	175
File de pores . . . . .	152
<b>Grain . . . . .</b>	<b>44</b>
Grain fin . . . . .	45
Grain grossier . . . . .	46
Groupe de pores → Pores accolés	
<b>Identification (du bois) . . . . .</b>	<b>1</b>
Idioblaste . . . . .	117
Indenture . . . . .	74
Initiale du cambium . . . . .	15
Initiale fusiforme (du cambium) . . . . .	16
Initiale de rayon . . . . .	17
<b>Lamelle mitoyenne → Couche intercellulaire</b>	
Lamelle moyenne . . . . .	66
Largeur d'accroissement . . . . .	24
Laticifère . . . . .	212
Laticifère radial → Tube à latex	
Liber inclus . . . . .	180
Liber interxylémien → Liber inclus	

Lignes d'étagement . . . . .	53
Limite de cerne . . . . .	31
Lumière . . . . .	68
Lunure → Bois luné	
Lysigène . . . . .	199
<b>Mâcle</b> → Cristal	
Maille . . . . .	183
Maillure . . . . .	184
Méat . . . . .	211
Membrane d'une cellule . . . . .	67
Membrane d'une ponctuation . . . . .	79
Méristème . . . . .	12
<b>Orifice de ponctuation</b> . . . . .	83
Orifices confluents . . . . .	89
Orifice distendu . . . . .	87
Orifice elliptique . . . . .	88
Orifice externe . . . . .	84
Orifice interne . . . . .	85
Orifice rétréci . . . . .	86
Oursin, cristal en → Cristal (Mâcle)	
<b>Parenchyme</b> . . . . .	155
Parenchyme abaxial → Parenchyme coiffant un côté des pores	
Parenchyme adaxial → Parenchyme coiffant un côté des pores	
Parenchyme aliforme . . . . .	170
Parenchyme anastomosé . . . . .	171
Parenchyme apotrachéal . . . . .	159
Parenchyme axial . . . . .	157
Parenchyme de blessure → Parenchyme cicatriciel	
Parenchyme cicatriciel . . . . .	177
Parenchyme circummédullaire → Parenchyme en couches	
Parenchyme circumvasculaire . . . . .	169
Parenchyme coiffant un côté des pores . . . . .	168
Parenchyme concentrique → Parenchyme en couches	
Parenchyme confluent → Parenchyme anastomosé	
Parenchyme en couches . . . . .	172
Parenchyme disjoint . . . . .	173



Parenchyme dispersé . . . . .	160
Parenchyme (dispersé) en chaînettes . . . . .	161
Parenchyme en échelle . . . . .	162
Parenchyme horizontal → Parenchyme de rayon	
Parenchyme initial . . . . .	164
Parenchyme juxtavasculaire . . . . .	167
Parenchyme ligneux . . . . .	156
Parenchyme longitudinal → Parenchyme axial	
Parenchyme en manchon → Parenchyme circumvasculaire	
Parenchyme métatrachéal → Parenchyme en couches	
Parenchyme paratrachéal → . . . . .	166
Parenchyme de rayon . . . . .	158
Parenchyme de remplissage . . . . .	179
Parenchyme en réseau . . . . .	163
Parenchyme terminal . . . . .	165
Parenchyme traumatique → Parenchyme cicatriciel	
Parenchyme vertical → Parenchyme axial	
Paroi cellulaire → Membrane (d'une cellule)	
Paroi terminale . . . . .	69
Paroi terminale noduleuse . . . . .	70
Perforation . . . . .	141
Perforation foraminée . . . . .	146
Perforation en grille . . . . .	145
Perforation multiple . . . . .	144
Perforation en réseau . . . . .	147
Perforation réticulée → Perforation en réseau	
Perforation scalariforme → Perforation en grille	
Perforation unique . . . . .	143
Plan ligneux . . . . .	3
Poche de résine . . . . .	218
Poche sécrétrice → Cavité intercellulaire	
Ponctuation . . . . .	77
Ponctuation aréolée . . . . .	93
Ponctuation borgne . . . . .	90
Ponctuation cupressoïde . . . . .	96
Ponctuation en fenêtre → Ponctuation pinoïde	
Ponctuation linéaire . . . . .	95
Ponctuation ornée . . . . .	94
Ponctuation picéoïde . . . . .	97

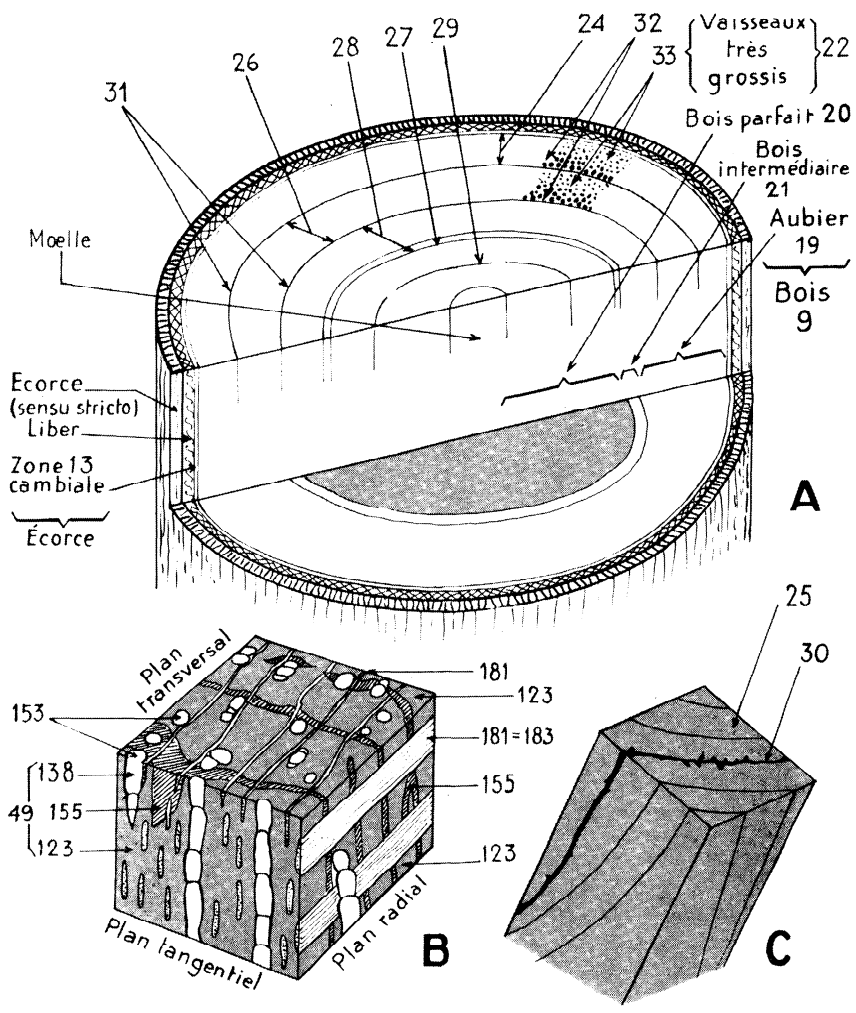
Ponctuation pinoïde . . . . .	98
Ponctuations ramifiées . . . . .	92
Ponctuations semi-aréolées → Couple de ponctuations semi-aréolées	
Ponctuation simple . . . . .	91
Ponctuation taxodioïde . . . . .	99
Ponctuations araucarioïdes → Ponctuations en quinconce	
Ponctuations par champ de croisement . . . . .	106
Ponctuations en disposition scalariforme . . . . .	111
Ponctuations en files obliques . . . . .	108
Ponctuations intervasculaires . . . . .	107
Ponctuations en quinconce . . . . .	109
Ponctuations en rangées horizontales . . . . .	110
Ponctuations rayon-vaisseau . . . . .	114
Ponctuations en tamis . . . . .	112
Ponctuations unilatéralement groupées . . . . .	113
Pore . . . . .	151
Pores accolés . . . . .	154
Pore isolé . . . . .	153
Prosenchyme . . . . .	121
Protoplasme . . . . .	5
<b>Raphides → Cristal</b>	
Rayon . . . . .	181
Rayon articulé . . . . .	197 <i>bis</i>
Rayon fractionné . . . . .	197 <i>ter</i>
Rayon fusiforme . . . . .	187
Rayon hétérogène → Tissu des rayons hétérogène	
Rayon homogène → Tissu des rayons homogène	
Rayon hétérocellulaire . . . . .	189
Rayon homocellulaire . . . . .	188
Rayon ligneux . . . . .	182
Rayon multisérié . . . . .	186
Rayon secondaire → Rayon ligneux	
Rayon unisérié . . . . .	185
Résineux . . . . .	8
<b>Sable cristallin → Cristal</b>	
Schizogène . . . . .	200

Schizo-lysigène .....	201
Sclérenchyme → Prosenchyme	
Sclérite .....	122
Structure (du bois) .....	6
Styloïde → Cristal	
<b>Tache médullaire</b> .....	<b>178</b>
Tare → Défaut (= vice)	
Texture .....	36
Texture faible .....	37
Texture forte .....	38
Thylle .....	148
Thylle scléreux .....	149
Thylloïde .....	206
Tissu conjonctif → Parenchyme de remplissage	
Tissu fibreux → Prosenchyme	
Tissu parenchymateux → Parenchyme	
Tissu de réserve → Parenchyme	
Tissu des rayons homogène .....	190
Tissu des rayons hétérogène .....	191
Torus → Membrane d'une ponctuation	
Torus lobé → Membrane d'une ponctuation	
Trabécule .....	130
Trace de laticifère horizontal → Alvéole à laticifère	
Trachéide .....	124
Trachéide disjointe .....	129
Trachéide juxtavasculaire .....	127
Trachéide de rayon → Trachéide transversale	
Trachéide transversale .....	126
Trachéide vasculaire .....	128
Tube à latex .....	214
Tube à tannins ou tube tannifère .....	215
<b>Vaisseau</b> .....	<b>138</b>
Veine rouge → Bois de compression	
Vice → Défaut	
<b>Xylème secondaire</b> → Bois	
<b>Zone cambiale</b> .....	<b>13</b>
	19

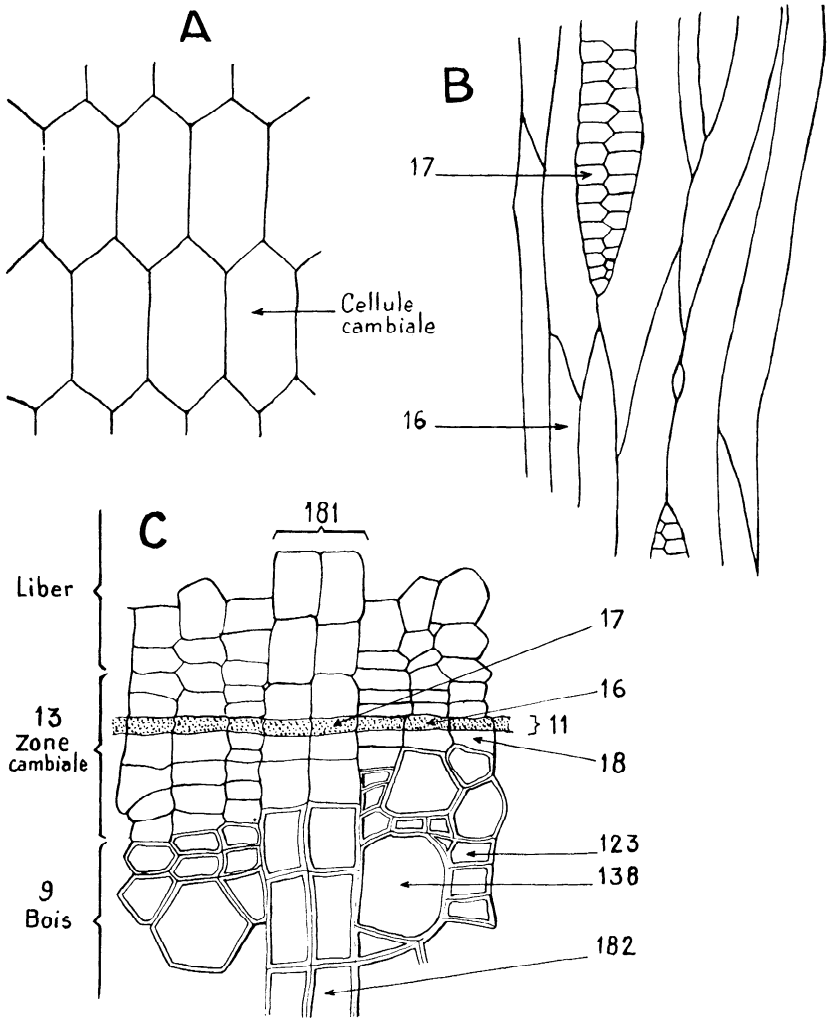
## 1.2 LISTE DES DÉFINITIONS

### 1.2.1 Généralités

1. **Identification du bois.** Détermination de la dénomination normale de l'essence d'un bois d'après ses caractères de structure. La dénomination normale est le nom officiellement adopté dans les normes nationales ou internationales pour désigner l'essence à laquelle appartient le bois. En cas de contestation, on se référera au nom scientifique.
2. **Essence.** Ensemble des arbres ayant le même plan ligneux. Ils appartiennent normalement à une même espèce, quelquefois à plusieurs espèces voisines, ou à des variétés d'une même espèce.
3. **Plan ligneux.** Ensemble des caractères de structure du bois tenant à la nature, à la forme et au groupement des cellules constitutives. Ces caractères sont constants pour une essence déterminée.
4. **Cellule.** Alvéole contenant du protoplasme à une époque donnée ; les cellules constituent les unités structurales des tissus végétaux. — *Note.* Les parois de la cellule ont été élaborées par le protoplasme et subsistent seules dans beaucoup d'éléments du bois où la matière vivante n'a qu'une existence transitoire.
5. **Protoplasme.** Désigne l'ensemble de la matière vivante (noyau et cytoplasme) entouré de la membrane cellulaire. — *Syn.* Protoplast (= Protoplaste) utilisé dans les ouvrages de langue allemande ou anglaise.
6. **Structure (du bois).** Ensemble des particularités d'organisation du bois.
7. **Feuillu.** Nom couramment donné aux arbres du groupe des Dicotylédones en raison de leurs feuilles plates, à nervation ramifiée. Par extension, ce terme désigne également leur bois.
8. **Résineux.** Nom couramment donné aux arbres du groupe des



A. Coupe schématique d'un tronc. — B. Exemple de plan ligneux (3). — C. Vue perspective d'un morceau de bois avec cerne traumatique. 22, couche d'accroissement ; 24, largeur d'accroissement ; 25, cerne ; 26, cerne annuel ; 27, faux cerne annuel ; 28, cerne double ; 29, cerne discontinu ; 30, cerne traumatique ; 31, limite de cerne ; 32, bois initial ; 33, bois final ; 49, éléments axiaux ; 123, tissu fibreux ; 138, vaisseaux ; 153, pores isolés ; 155, parenchyme ; 181, rayon ; 183, maille.

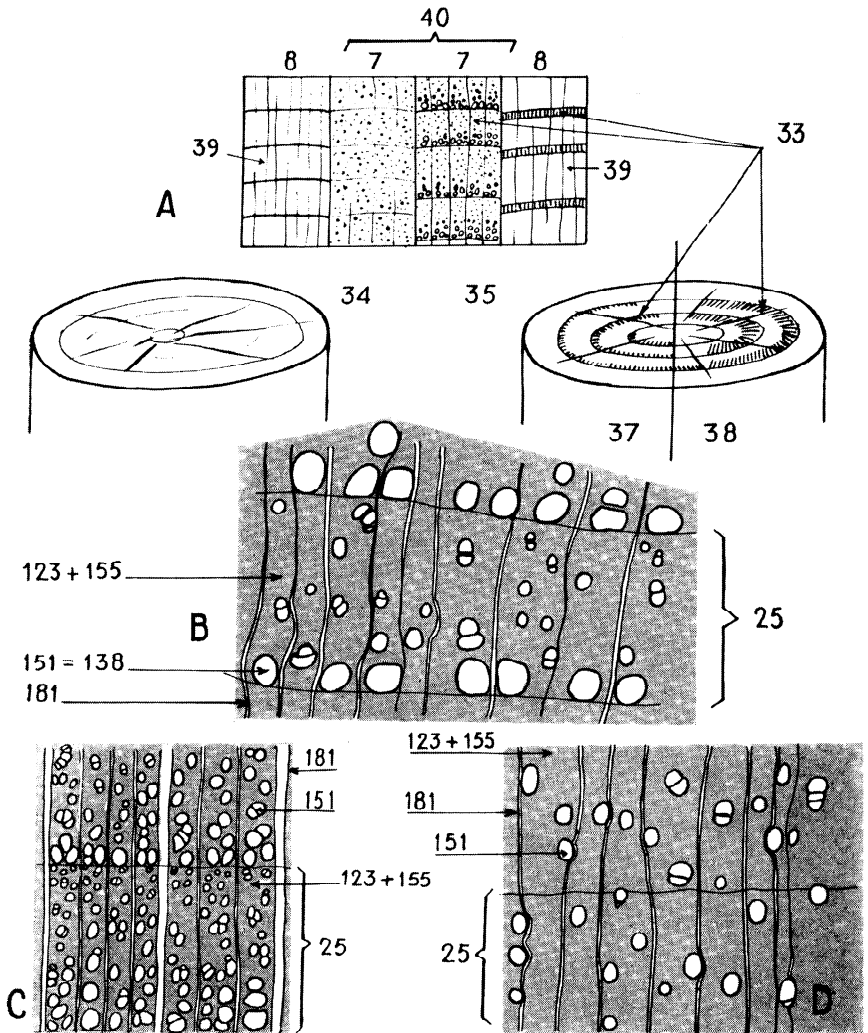


A. Schéma de cambium étagé (14) en coupe tangentielle. — B. Portion de cambium, en coupe tangentielle. — C. Coupe transversale de part et d'autre de la zone cambiale (13).

11, cambium ; 16, initiale fusiforme ; 17, initiale du rayon ; 18, cellule mère du bois ; 123, fibre ; 138, vaisseau ; 181, rayon ; 182, rayon ligneux.

Conifères, en raison de la présence chez un grand nombre d'entre eux, de cellules ou de canaux résinifères. Par extension, ce terme désigne également leur bois.

- 9. Bois.** Ensemble des tissus de soutien et de conduction de la sève brute dans les tiges et les racines ; caractérisé par la présence d'éléments conducteurs. — *Note.* Ne doit pas être considéré en français comme synonyme de « xylème ». Bois désigne la masse des tissus résistants issus du fonctionnement du cambium et c'est une déviation abusive de son sens correct que d'appliquer ce mot à la partie vasculaire des faisceaux conducteurs dans les tiges à structure primaire (xylème).
- 10. Éléments conducteurs.** Principaux éléments du xylème ou du bois qui transportent la sève brute ; comprennent essentiellement les éléments vasculaires et les trachéides. *Note.* Dans le xylème, les éléments conducteurs (trachées) ont seulement des épaississements annulaires, spiralés ou réticulés ; ils n'ont pas de ponctuations qui caractérisent les éléments conducteurs du bois.
- 11. Cambium.** Méristème qui est situé entre bois et liber et leur donne naissance.
- 12. Méristème.** Tissu capable d'actives divisions cellulaires qui ajoutent de nouvelles cellules au corps de la plante.
- 13. Zone cambiale.** Terme commode pour désigner la couche de largeur variable qui comprend les initiales du cambium et les cellules sur le point de se différencier qui en dérivent.
- 14. Cambium étagé.** Cambium caractérisé par une sériation horizontale des initiales.
- 15. Initiale du cambium.** Cellule individuelle du cambium.
- 16. Initiale fusiforme** (du cambium). Initiale du cambium qui donne naissance à un élément axial du bois ; apparaît fusiforme en section tangentielle.
- 17. Initiale de rayon.** Initiale du cambium donnant naissance à une cellule de rayon ; elle fait habituellement partie d'un groupe et apparaît souvent plus ou moins isodiamétrique sur une coupe tangentielle.



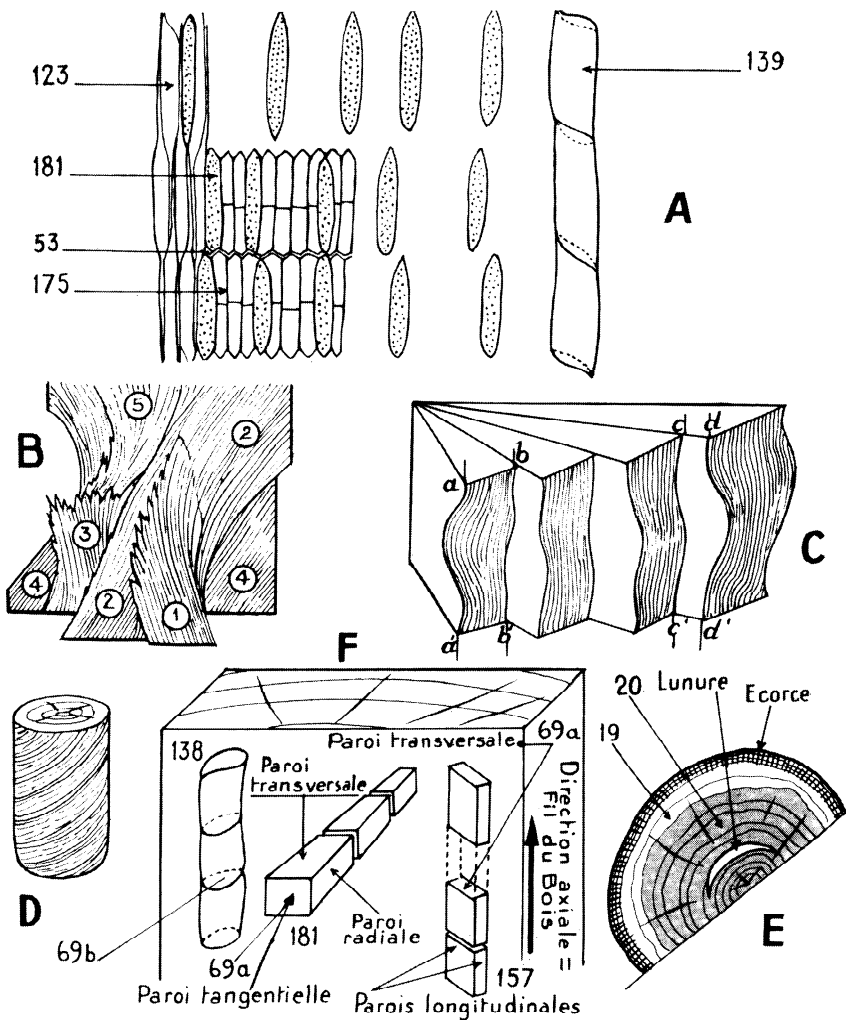
A. Section transversale dans différents types de bois. - B. Section transversale d'un bois à zone porusc. - C. Bois à zone semi-poreuse. - D. Bois à pores diffus.  
 7, feuillu ; 8, résineux ; 25, cerne ; 32, bois initial ; 33, bois final ; 34, bois homogène ; 35, bois hétérogène ; 37, texture faible ; 38, texture forte ;  
 39, bois sans vaisseau ; 40, bois avec vaisseaux ; 123, fibre ;  
 138, vaisseau = 151, pore ; 155, parenchyme ; 181, rayon.



18. **Cellule-mère du bois.** Cellule résultant d'une division d'une initiale fusiforme du cambium du côté interne ; elle se divise ensuite tangentiellement avant de se différencier en cellule du bois.
19. **Aubier.** Portion du bois qui renferme dans l'arbre vivant des cellules vivantes et des matières de réserve, par exemple de l'amidon.
20. **Bois parfait.** Dans l'arbre vivant, couches internes de bois qui ne contiennent plus de cellules vivantes et dans lesquelles les matières de réserve (par exemple l'amidon) ont disparu ou ont été transformées en substances du bois parfait. Généralement plus coloré que l'aubier, bien qu'il n'en soit pas toujours bien différencié. — *Note.* On fait quelquefois une distinction entre le bois parfait de teinte foncée et celui qui ne présente pas de différence de couleur appréciable avec l'aubier ; le terme « Duramen » est employé en français pour désigner le bois parfait des essences où sa coloration est plus marquée.
21. **Bois intermédiaire.** Couches les plus internes de l'aubier qui forment transition entre l'aubier et le bois parfait par la couleur et les propriétés.
22. **Couche d'accroissement.** Couche de bois produite apparemment pendant une période de végétation ; fréquemment divisible en bois initial et en bois final, notamment dans les bois des régions tempérées.
23. **Couche saisonnière.** Couche d'accroissement pour les bois des régions intratropicales.
24. **Largeur d'accroissement.** Largeur d'un cerne mesurée sur un rayon de la section transversale, traduisant l'activité de la végétation.
25. **Cerne.** En section transversale, couche d'accroissement dans le bois.
26. **Cerne annuel.** En section transversale, couche d'accroissement d'une année dans le bois.
27. **Faux-cerne annuel.** L'un des cernes d'un cerne double (ou multiple).

- 28. Cerne double** (ou multiple). Cerne annuel comprenant deux cernes (ou davantage).
- 29. Cerne discontinu.** Cerne qui n'est pas présent sur tout le pourtour de la tige.
- 30. Cerne traumatique.** Zone de tissu cicatriciel produit par un cambium qui a été endommagé. — *Note.* Les causes ordinaires sont le froid (habituellement les gelées tardives), la sécheresse et le feu. Les tissus ont tendance à inclure du parenchyme de blessure et à être colorés en sombre par la présence de gommés et de résines ; des canaux intercellulaires et des fentes de sécheresse existent quelquefois. On peut classer de tels cernes en cernes de gelée et cernes de sécheresse quand la cause est connue.
- 31. Limite de cerne.** Le bord externe de l'anneau ligneux.
- 32. Bois initial.** Partie d'un cerne dont le bois est le moins dense, à cellules plus grosses et le premier formé.
- 33. Bois final.** Partie d'un cerne dont le bois est le plus dense, à cellules plus petites et le dernier formé.
- 34. Bois homogène.** Bois dans lequel le bois de printemps est peu différent par sa structure, son aspect et ses propriétés, du bois d'été, et dont les couches d'accroissement sont peu distinctes.
- 35. Bois hétérogène.** Bois dans lequel le bois de printemps contraste fortement par sa structure, son aspect et ses propriétés, avec le bois d'été, ce qui rend très apparente la limite des couches d'accroissement.
- 36. Texture.** Dans les bois hétérogènes, rapport de la largeur de la zone de bois d'été, à la largeur totale de la couche d'accroissement.
- 37. Texture faible.** Se dit des bois hétérogènes où la proportion de bois d'été dans la couche annuelle est faible.
- 38. Texture forte.** Se dit des bois hétérogènes où la proportion de bois d'été dans la couche annuelle est grande.
- 39. Bois sans vaisseaux.** Bois dépourvu de pores ou vaisseaux ; caractéristique des Conifères.

- 40. Bois avec vaisseaux.** Bois avec des pores ou vaisseaux caractéristique des Dicotylédones ligneuses par opposition aux Conifères.
- 41. Bois à zone poreuse.** Bois dans lequel les pores du bois initial sont manifestement plus gros que ceux du bois final et forment une zone ou un anneau bien marqué.
- 42. Bois à zone semi-poreuse.** Bois dans lequel le bois initial est marqué par une zone : *a*) de vaisseaux accidentellement gros ou *b*) de nombreux petits vaisseaux.
- 43. Bois à pores diffus.** Bois dans lequel les cernes présentent des pores de taille et de répartition relativement uniformes ou avec des modifications progressives.
- 44. Grain.** Impression visuelle produite par la dimension des éléments du bois et spécialement des vaisseaux.
- 45. Grain fin.** Se dit des essences dont les éléments et spécialement les vaisseaux sont de faible largeur et pas ou peu distincts à l'œil nu.
- 46. Grain grossier.** Se dit des essences dont les éléments et spécialement les vaisseaux sont de diamètres assez forts et distincts à l'œil nu.
- 47. Fil du Bois.** Direction générale des éléments axiaux.
- 48. Élément.** Terme général, employé pour désigner une cellule individuelle. — *Note.* Spécialement employé en anatomie du bois pour distinguer les cellules individuelles qui composent les vaisseaux (éléments vasculaires).
- 49. Éléments axiaux.** Terme commode en anatomie du bois pour désigner toutes les cellules autres que celles des rayons.
- 50. Éléments congénères.** Cellules de même type anatomique.
- 51. Éléments étagés.** Cellules disposées en étages quand on les regarde sur une surface tangentielle.
- 52. Etagé.** Terme qui s'applique aux cellules axiales et aux rayons dans les bois où ils sont disposés horizontalement sur les faces tangentielles. — *Note.* Le terme s'applique à des tissus particuliers, par exemple « parenchyme étagé » ou bien il est employé dans un sens plus général comme dans l'expression « bois à structure étagée ». La présence

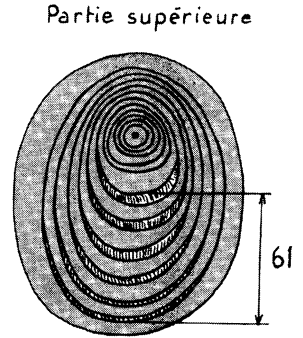
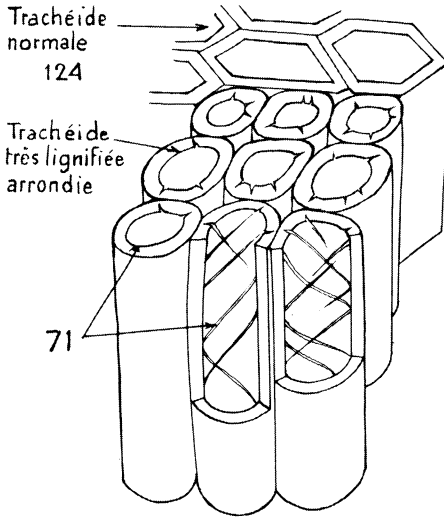


A. Coupe longitudinale tangentielle dans un bois à éléments étagés (51).  
 — B. Bois avec contrefil. — C. Ondulation du fil (*aa'* et *bb'*, *ce'* et *dd'* non parallèles) ; si l'ondulation du fil dans le plan radial (*cd*) est peu marquée : bois ondé (55) ; si elle est accusée : bois madré (57). — D. Fil tors sur un tronc (56). E. Bois luné (59). — F. Parois terminales suivant les différents éléments du bois.

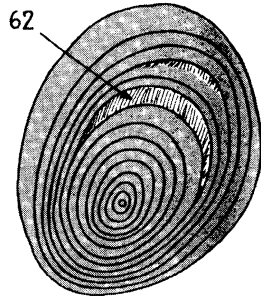
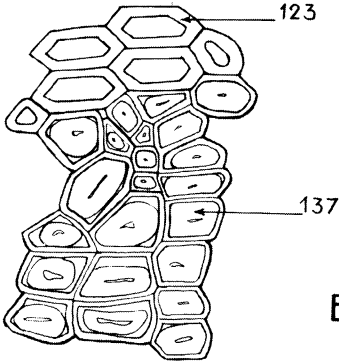
19, aubier ; 20, bois parfait ; 53, ligne d'étagement ; 69 a, paroi terminale de cellule de parenchyme ; 69 b, paroi terminale entre éléments de vaisseau ; 123, fibre ; 139, élément de vaisseau ; 157, parenchyme axial ; 175, file de cellules de parenchyme ; 181, rayon.

d'une structure étagée produit des lignes d'étagement souvent visibles à l'œil nu.

- 53. Lignes d'étagement.** Fines striations horizontales visibles sur les faces longitudinales tangentielles de certains bois, causées par la disposition étagée des rayons ou des éléments axiaux ou bien des deux à la fois.
- 54. Contre-fil.** Se dit du bois dont les éléments axiaux sont successivement inclinés en sens différents par rapport à l'axe de l'arbre.
- 55. Fil ondulé.** Se dit du bois dont les éléments axiaux ont une sinuosité légère tout en restant parallèles entre eux.
- 56. Fil tors.** Se dit du bois dont les éléments axiaux suivent un trajet torsadé par rapport à l'axe de l'arbre, en restant parallèles entre eux.
- 57. Bois madré.** Bois dont les éléments sont irrégulièrement sinueux et enchevêtrés ; ils sont souvent de couleur plus foncée. Se trouve particulièrement dans les loupes.
- 58. Anomalies (du bois).** Irrégularité dans la structure ou la composition chimique du bois, entraînant le plus souvent une modification des propriétés et des possibilités d'emploi.
- 59. Bois luné.** Bois inclus dans le bois parfait ou duramen et qui conserve l'apparence et les propriétés de l'aubier. Contrairement à l'aubier normal, il ne subsiste plus de cellules vivantes, mais il peut rester des matières de réserve. Le défaut s'appelle : lunure.
- 60. Bois de réaction.** Bois qui présente des caractères anatomiques plus ou moins distinctifs ; il se forme typiquement dans les portions de tiges penchées ou courbées et dans les branches ; le végétal s'efforce de reprendre une position normale en réagissant de la sorte. *Note.* Dans les Dicotylédones il en résulte du bois de tension et dans les Conifères du bois de compression.
- 61. Bois de compression.** Bois de réaction typiquement formé à la partie inférieure des branches et des tiges penchées ou recourbées des conifères. Il se caractérise anatomiquement par des trachéides fortement lignifiées qui appa-



A



B

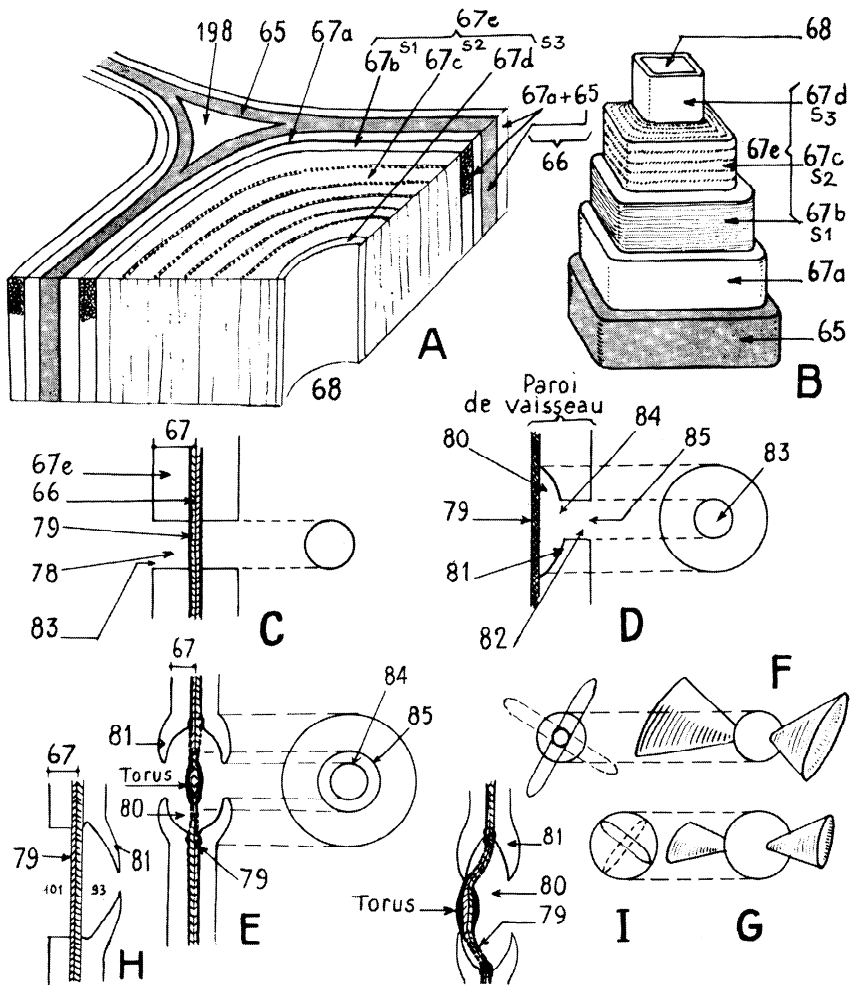
A. Bois de compression ; à gauche, vue perspective très grosse des trachéides ; à droite, aspect du bois en section transversale. — B. Bois de tension ; à gauche, fibres en coupe transversale, à droite, aspect du bois en section transversale. 61, bois de compression ; 62, bois de tension ; 71, fentes spiralées sur trachéides du bois de compression ; 123, fibre normale ; 124, trachéides ; 137, fibre gélatineuse.

raissent circulaires en section transversale et possèdent des fentes spiralées sur leur membrane cellulaire. Les zones de bois de compression sont typiquement plus denses et plus foncées que le bois normal.

- 62. Bois de tension.** Bois de réaction typiquement formé à la partie supérieure des branches et des tiges penchées ou recourbées des Dicotylédones. Il se caractérise anatomiquement par un défaut de lignification de la membrane cellulaire et souvent par la présence d'une couche interne gélatineuse dans les fibres.
- 63. Défaut (du bois).** Anomalie qui déprécie le bois. La notion de défaut dépend essentiellement de l'utilisation que l'on envisage pour la pièce de bois sur laquelle se trouve l'anomalie et elle n'a de sens en conséquence qu'à propos d'un classement pour un emploi prévu. Un défaut grave est un vice du bois.
- 64. Altération.** Modification dans la composition chimique du bois, due à un agent extérieur.

## 1.2.2 Membrane cellulaire et contenus

- 65. Couche intercellulaire.** Couche comprise entre des cellules adjacentes ; elle est isotrope et dépourvue de cellulose. — *Note.* Souvent la couche intercellulaire se confond progressivement avec les parois primaires des cellules et il faut des techniques spéciales pour la distinguer.
- 66. Lamelle moyenne.** En anatomie du bois, terme commode pour désigner la couche complexe comprise entre les parois secondaires de cellules adjacentes ; elle comprend deux parois primaires et une couche intercellulaire d'épaisseur variable. — *Note.* Le terme lamelle mitoyenne a souvent servi improprement pour désigner cette structure complexe appelée en français lamelle moyenne, plutôt que lamelle moyenne composée.
- 67. Membrane d'une cellule.** Les parois qui limitent une cellule. Quand la cellule est à maturité, de façon ontogénique elle



A. Schéma d'organisation de la membrane cellulaire et couche intercellulaire entre trois cellules. — B. Membrane cellulaire et couche intercellulaire. — C. Couple de punctuations simples (101). — D. Punctuation aréolée (93). — E. Couple de punctuations aréolées (conifères). — F. Punctuation à orifices distendus (87). — G. Punctuations à orifices rétrécis (86). — H. Couple de punctuations semi-aréolées (103). — I. Couple de punctuations bloquées.

65, couche intercellulaire ; 66, lamelle moyenne ; 67, membrane de la cellule ; 67 a, paroi primaire ; 67 b, couche externe de la paroi secondaire ; 67 c, couche centrale de la paroi secondaire ; 67 d, couche interne de la paroi secondaire ; 67 e, paroi secondaire ; 68, lumière ; 78, cavité de la punctuation ; 79, membrane de la punctuation ; 80, chambre de punctuation aréolée ; 81, aréole de punctuation ; 82, canal de punctuation ; 83, orifice de punctuation ; 84, orifice externe ; 85, orifice interne ; 198, méat.



se compose de plusieurs parois comme suit :  
Paroi primaire : Paroi de la cellule de méristème modifiée pendant la différenciation. (A ne pas confondre avec la partie de la paroi secondaire, formée en premier lieu, mince et nettement anisotrope.)

*Paroi secondaire* : Paroi formée à l'intérieur de la paroi primaire.

*Paroi tertiaire* : Couche la plus interne de la membrane cellulaire du côté de la cavité cellulaire ; souvent avec des verrues.

**68. Lumière.** Cavité de la cellule.

**69. Paroi terminale.** Terme commode en anatomie du bois pour désigner (*a*) la paroi à angle droit avec l'axe longitudinal d'une cellule de parenchyme, c'est-à-dire les parois tangentielles des cellules de rayon ou les parois transversales des cellules du parenchyme axial, et (*b*) la paroi oblique ou transversale entre deux éléments vasculaires.

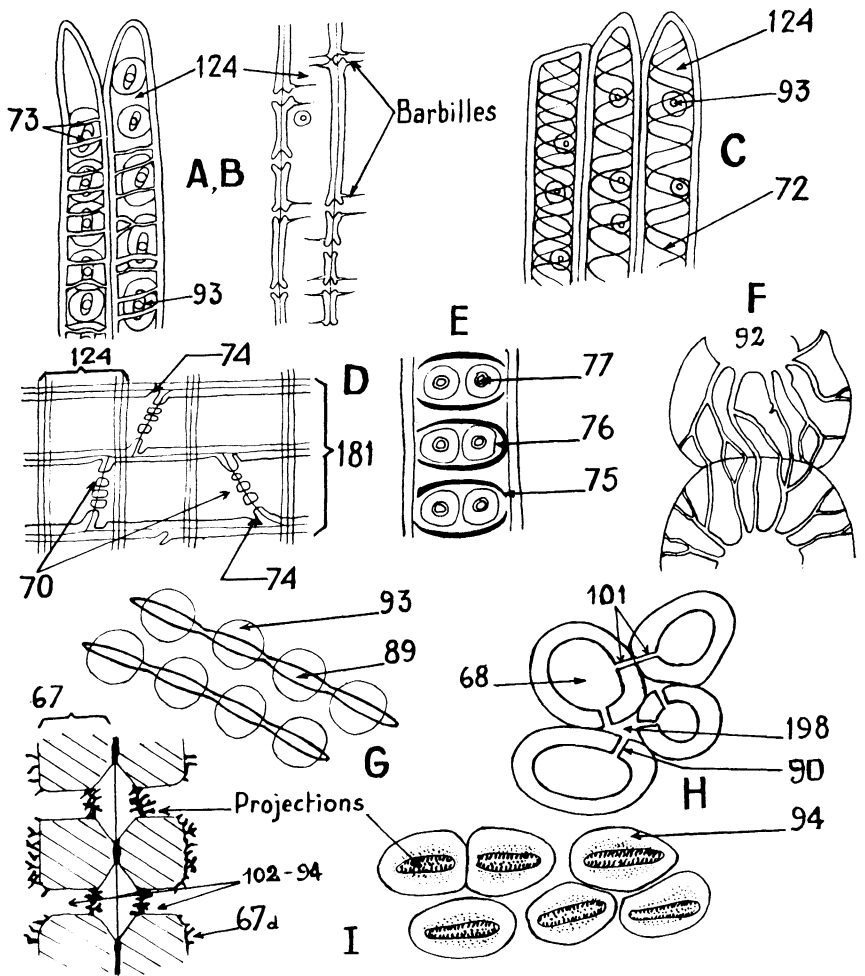
**70. Paroi terminale noduleuse.** Paroi terminale (d'une cellule de parenchyme) de section moniliforme.

**71. Fente de la paroi** (d'une cellule). Fissure dans la paroi secondaire d'une cellule comme on en trouve sur les trachéides du bois de compression.

**72. Épaississements spiralés.** Renforts hélicoïdaux à la face interne de la paroi secondaire ou sur une partie de celle-ci.

**73. Épaississements callitrisoïdes.** Paires de barres d'épaississement à travers une ponctuation aréolée comme chez *Callitris*. En section, apparaissent comme des crêtes saillantes ou « Barbilles ».

**74. Indenture.** Endroit aminci dans la paroi transversale (horizontale) d'une cellule de parenchyme d'un rayon au voisinage de l'arête de raccordement avec la paroi tangentielle (terminale). En section radiale une indenture apparaît comme une dépression dans la paroi transversale à l'endroit où s'insère la paroi tangentielle. — *Note.* Employé seulement pour les Conifères.

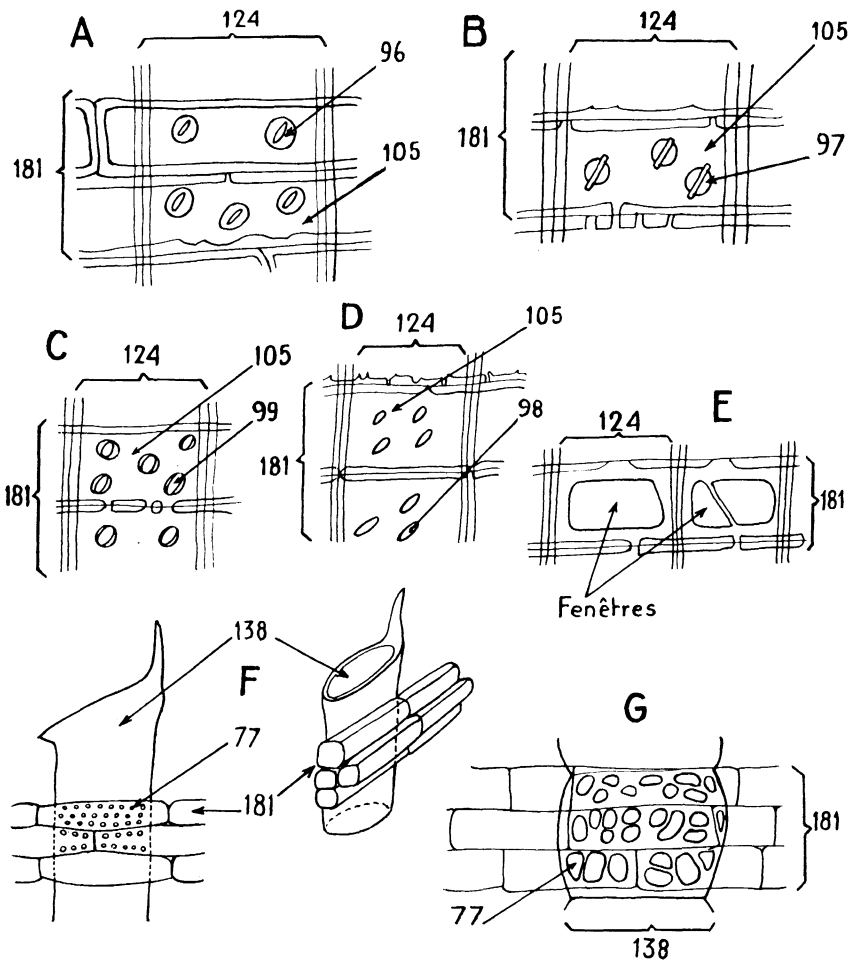


A, B. — Épaississements callitrisoïdes, coupe radiale (A), coupe tangentielle (B). — C. Épaississements spiralés. — D. Champs de croisement entre cellules de parenchyme d'un rayon et trachéides. — E. Coupe radiale de trachéide avec champs de ponctuation. — F. Coupe transversale de cellules pierreuses avec ponctuations ramifiées. — G. Ponctuations aréolées à orifices confluent. — H. Section transversale de quatre cellules. — I. Couples de ponctuations ornées, à gauche coupe longitudinale schématisée, à droite vue de face (d'après Bailey, 1933).

67, membrane cellulaire ; 67 d, paroi tertiaire ; 68, lumière ; 70, paroi terminale noduleuse ; 72, épaississements spiralés ; 73, épaississements callitrisoïdes ; 74, indenture ; 75, crassule ; 76, champ de ponctuations ; 77, ponctuation ; 89, orifices confluent ; 90, ponctuation borgne ; 93, ponctuation aréolée ; 101, couple de ponctuations simples ; 102-94, couple de ponctuations aréolées et ornées ; 124, trachéide ; 181, rayon ; 198, mét.

- 75. Crassule.** Zone épaissie de la couche intercellulaire et des parois primaires d'une cellule séparant les champs de ponctuation.
- 76. Champ de ponctuation.** Aire de la couche intercellulaire et de la paroi primaire de la membrane cellulaire restée mince et dans laquelle se développent habituellement un ou plusieurs couples de ponctuations.
- 77. Ponctuation.** Une dépression de la paroi secondaire d'une cellule avec sa membrane externe de fermeture ; ouverte intérieurement dans la lumière. — *Note.* Ses composants essentiels sont la cavité de la ponctuation et la membrane de la ponctuation.
- 78. Cavité d'une ponctuation.** Tout l'espace compris à l'intérieur de la ponctuation depuis sa membrane jusqu'à la lumière de la cellule.
- 79. Membrane d'une ponctuation.** La partie de la couche intercellulaire et de la paroi primaire de la membrane cellulaire qui ferme extérieurement la cavité de la ponctuation. Chez les Conifères, on appelle **Torus** la partie centrale, épaissie, de la membrane d'une ponctuation aréolée. — *Note.* Un torus avec bord crénelé ou lobé, comme dans *Cedrus*, se nomme : torus lobé.
- 80. Chambre d'une ponctuation.** L'espace compris entre la membrane de la ponctuation et l'aréole qui la surplombe.
- 81. Aréole d'une ponctuation.** La partie en surplomb de la paroi secondaire de la membrane cellulaire dans une ponctuation aréolée.
- 82. Canal d'une ponctuation.** Passage faisant communiquer la lumière de la cellule avec la chambre d'une ponctuation aréolée. — *Note.* Dans les parois épaisses, les ponctuations simples ont habituellement des cavités en forme de canal.
- 83. Orifice de ponctuation.** L'ouverture d'une ponctuation.
- 84. Orifice externe.** Ouverture du canal de la ponctuation aréolée dans la chambre de la ponctuation.
- 85. Orifice interne.** Ouverture du canal de la ponctuation aréolée dans la lumière de la cellule.

- 86. Orifice rétréci.** Orifice interne dont le contour, vu de face, reste inclus dans celui de l'aréole.
- 87. Orifice distendu.** Orifice interne dont le contour, vu de face, s'étend au-delà de celui de l'aréole.
- 88. Orifice elliptique.** Orifice en fente dont l'aspect, vu de face, est celui du profil d'une lentille double convexe.
- 89. Orifices confluents.** Orifices en fente, réunis en cannelures à la face interne de la paroi secondaire de la membrane cellulaire.
- 90. Ponctuation borgne.** Ponctuation sans ponctuation correspondante dans la cellule adjacente. — *Note.* Se rencontre communément en regard des espaces intercellulaires.
- 91. Ponctuation simple.** Ponctuation dans laquelle la cavité s'élargit d'abord pour demeurer ensuite de diamètre constant ou ne se rétrécit que progressivement tandis que s'épaissit la paroi secondaire, c'est-à-dire vers la lumière de la cellule.
- 92. Ponctuations ramifiées.** Ponctuations simples avec des cavités confluentes en forme de canal comme dans les cellules pierreuses.
- 93. Ponctuation aréolée.** Typiquement ponctuation dans laquelle la paroi secondaire de la cellule surplombe sa membrane. — *Note.* Chez les Conifères, cette membrane présente un épaississement lenticulaire central appelé **torus**.
- 94. Ponctuation ornée.** Ponctuation aréolée avec sa cavité entièrement ou partiellement tapissée de projections de la paroi tertiaire.
- 95. Ponctuation linéaire.** Ponctuation avec un orifice long, étroit et de largeur plus ou moins uniforme quand on le regarde de face.
- 96. Ponctuation cupressoïde.** Dans le bois initial des Conifères et par champ de croisement rayon-trachéide, ponctuation avec orifice rétréci, ovoïde, qui est relativement plus étroit que l'espace laissé de chaque côté entre l'orifice et l'aréole (comme chez *Cupressus*).
- 97. Ponctuation picéoïde.** Par champ de croisement rayon-tra-



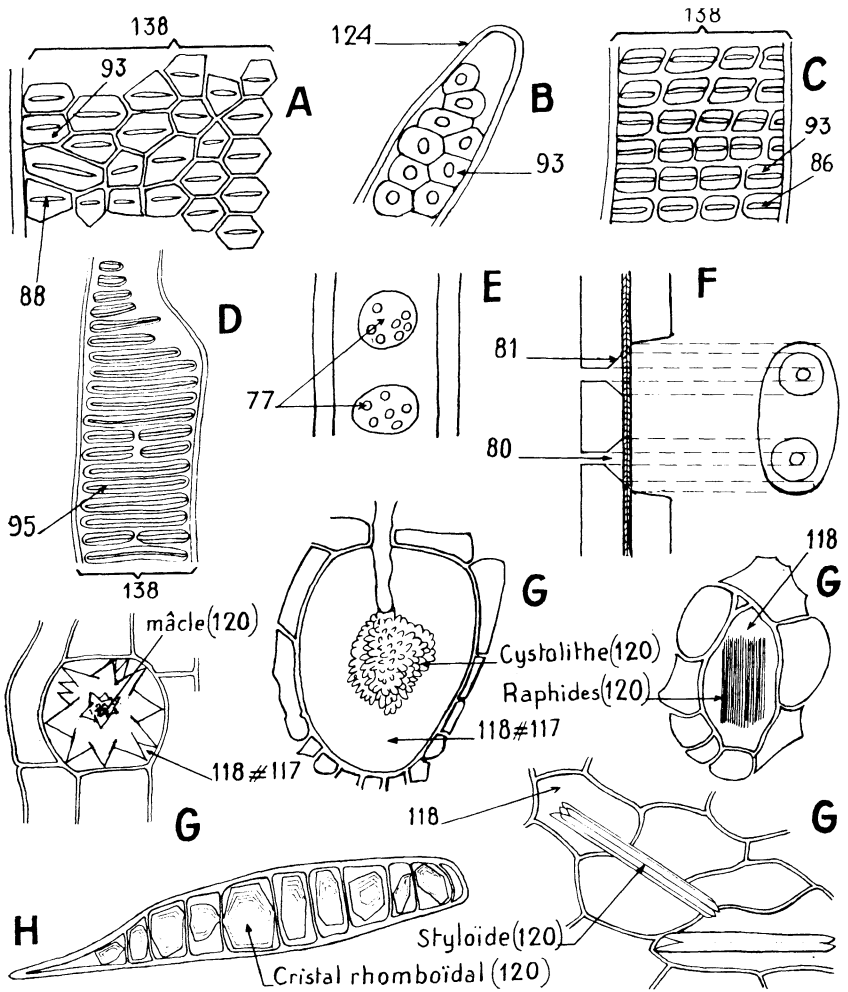
A, B, C, D, E. Ponctuations par champs de croisement trachéides-cellules de parenchyme des rayons chez divers conifères. — F. A droite, vue perspective d'un élément de vaisseau et des cellules de rayon ; à gauche, schéma en section radiale des champs de croisement vaisseau-cellule de rayon avec ponctuations semblables aux ponctuations intervasculaires. — G. Ponctuations vaisseau- rayon de type réniforme (114). 77, ponctuation ; 96, ponctuation cupressoïde ; 97, ponctuation picéoïde ; 98, ponctuation pinoïde ; 99, ponctuation taxodioïde ; 105, champ de croisement ; 124, trachéide ; 138, vaisseau ; 181, rayon.

chéide du bois initial, ponctuation avec un orifice étroit et souvent légèrement distendu comme chez *Picea*. — *Note*. S'emploie seulement pour les Conifères.

- 98. Ponctuation pinoïde.** Terme commode pour désigner les types les plus petits de ponctuations par champ de croisement rayon-trachéide dans le bois initial de diverses espèces de *Pinus*. Ce terme exclut les larges ponctuations dites « en fenêtre » trouvées chez *Pinus silvestris*, *Pinus strobus*, etc. Les ponctuations pinoïdes ont pour caractéristiques d'être simples ou d'avoir des aréoles étroites et de varier souvent par leur taille et par leur forme.
- 99. Ponctuation taxodioïde.** Par champ de croisement rayon-trachéide du bois initial, ponctuation avec un grand orifice rétréci, ovoïde à circulaire, qui est plus large que l'espace laissé de chaque côté entre l'orifice et l'aréole — *Note*. S'emploie seulement pour les Conifères.
- 100. Couple de ponctuations.** Les deux ponctuations complémentaires de cellules adjacentes.
- 101. Couple de ponctuations simples.** Deux ponctuations simples appariées entre cellules adjacentes.
- 102. Couple de ponctuations aréolées.** Deux ponctuations aréolées appariées entre cellules adjacentes.
- 103. Couple de ponctuations semi-aréolées.** Une ponctuation simple et une ponctuation aréolée appariées entre cellules adjacentes.
- 104. Couple de ponctuations bloquées.** Couple de ponctuations aréolées dans laquelle le torus est déplacé latéralement de telle sorte qu'un des orifices est obstrué.
- 105. Champ de croisement.** Terme commode pour désigner le rectangle formé par les parois communes d'une cellule de rayon et d'une trachéide axiale, tel qu'on le voit en section radiale. Surtout employé pour les Résineux.
- 106. Ponctuations par champ de croisement.** Arrangement des ponctuations à l'intérieur du rectangle formé sur une coupe radiale par les parois communes d'une cellule de

rayon et d'une trachéide axiale. — *Note.* Le terme est surtout employé pour les bois de Conifères.

- 107. Ponctuations intervasculaires.** Terme employé (*a*) dans un sens large pour désigner l'arrangement des ponctuations entre éléments conducteurs et (*b*) dans un sens plus restreint en anatomie du bois pour désigner les ponctuations entre les éléments de vaisseau.
- 108. Ponctuations en files obliques.** Arrangement des ponctuations sur plusieurs rangs en rangées diagonales. — *Note.* Lorsque les ponctuations sont serrées, le contour des aréoles tend à devenir hexagonal, vu de face.
- 109. Ponctuations en quinconce.** Chez certains Conifères, disposition dans laquelle les ponctuations de la paroi radiale des trachéides alternent régulièrement sur des files axiales consécutives.
- 110. Ponctuations en rangées horizontales.** Dispositions dans laquelle les ponctuations sont groupées horizontalement par deux ou en courtes rangées. — *Note.* Quand les ponctuations sont serrées, le contour des aréoles, vu de face, devient rectangulaire.
- 111. Ponctuations en disposition scalariforme.** Ponctuations allongées ou linéaires disposées en barreaux d'échelle.
- 112. Ponctuations en tamis.** Groupement de petites ponctuations ressemblant à un crible.
- 113. Ponctuations unilatéralement groupées.** Disposition suivant laquelle une ponctuation s'oppose à deux ou plusieurs ponctuations plus petites de la cellule adjacente.
- 114. Ponctuations rayon-vaisseau.** Aspect des ponctuations entre une cellule de rayon et un élément de vaisseau. — *Note.* On peut distinguer les types suivants : en balafre horizontale, en balafre verticale, réniformes, grandes et arrondies, semblables aux ponctuations intervasculaires.
- 115. Fibrille.** Élément structural filiforme des parois cellulaires visible au microscope optique ou photonique. — *Note.* Ce terme employé sans spécification est équivalent à : « macro-fibrille » et il s'oppose à « micro-fibrille » visible au microscope électronique.



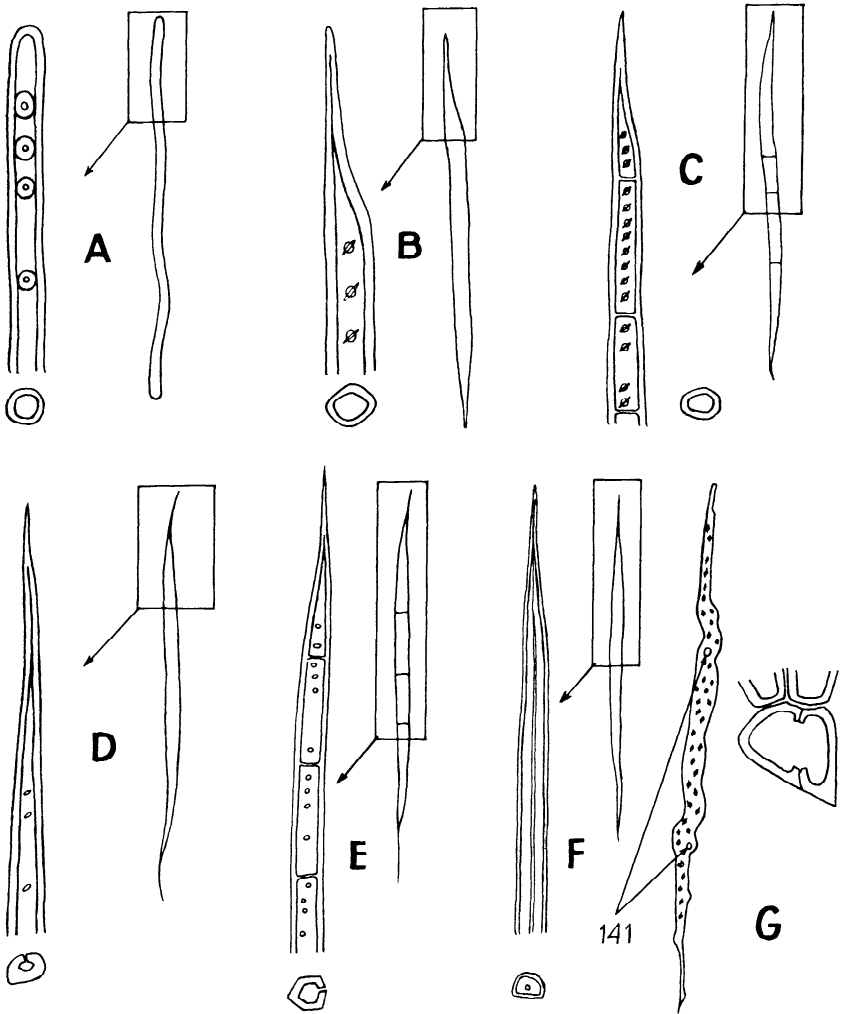
A. Ponctuations en files obliques (108). — B. Ponctuations en quinconce (109). — C. Ponctuations en rangées horizontales (101). — D. Ponctuations en disposition scalariforme (111). — E. Ponctuations en tamis (112). — F. Ponctuations unilatéralement groupées (113). — G. Cellules cristallifères (118). — H. Cellule cloisonnée de parenchyme cristallifère (119). 77, ponctuation ; 80, chambre de ponctuation ; 81, aréole ; 86, orifice rétréci ; 88, orifice elliptique ; 93, ponctuation aréolée ; 95, ponctuation linéaire ; 117, idioblaste ; 120, différents cristaux ; 124, trachéide ; 138, vaisseau.



- 116. Angle des fibrilles.** Angle fait par l'axe longitudinal de la cellule avec la direction des fibrilles dans la paroi cellulaire.
- 117. Idioblaste.** Cellule qui diffère nettement par sa forme et ses contenus des autres constituants du même tissu. — *Note.* Par exemple dans le bois, certaines cellules cristallifères, des cellules à huile et des cellules à mucilage.
- 118. Cellule cristallifère.** Cellule contenant un ou plusieurs cristaux. — *Note.* Les cellules-de-parenchyme de rayon ou de parenchyme axial sont souvent cristallifères : les fibres le sont moins fréquemment.
- 119. Cellule cloisonnée cristallifère.** Filc de loges cristallifères qui est obtenue par recloisonnement de la cellule.
- 120. Cristal.** Parmi les types courants de cristaux à signaler :
- Cristal aciculaire* : Cristal mince en forme d'aiguille. — *Note.* A ne pas confondre avec « styloïde » qui est un cristal colonnaire.
- Sable cristallin* : Masse granuleuse de très fins cristaux.
- Cystolithe* : Amas globuleux de cristaux entourant un noyau organique attaché à la paroi cellulaire par un pédoncule cellulosique.
- Mâcle* : Agrégat de cristaux de forme étoilée, reposant librement dans la cellule ; « cristal en oursin », quand l'agrégat est hérissé de pointes.
- Raphides* : Cristaux aciculaires qui sont en principe rassemblés parallèlement en gerbes. *Styloïde* : Cristal allongé, normalement environ quatre fois aussi long que large, avec des extrémités pointues ou carrées. — *Note.* Les cristaux « en baguettes » ressemblent aux précédents par leur forme générale mais ils n'ont qu'une longueur double de leur largeur et habituellement des bouts carrés.

### 1.2.3 Trachéides et fibres

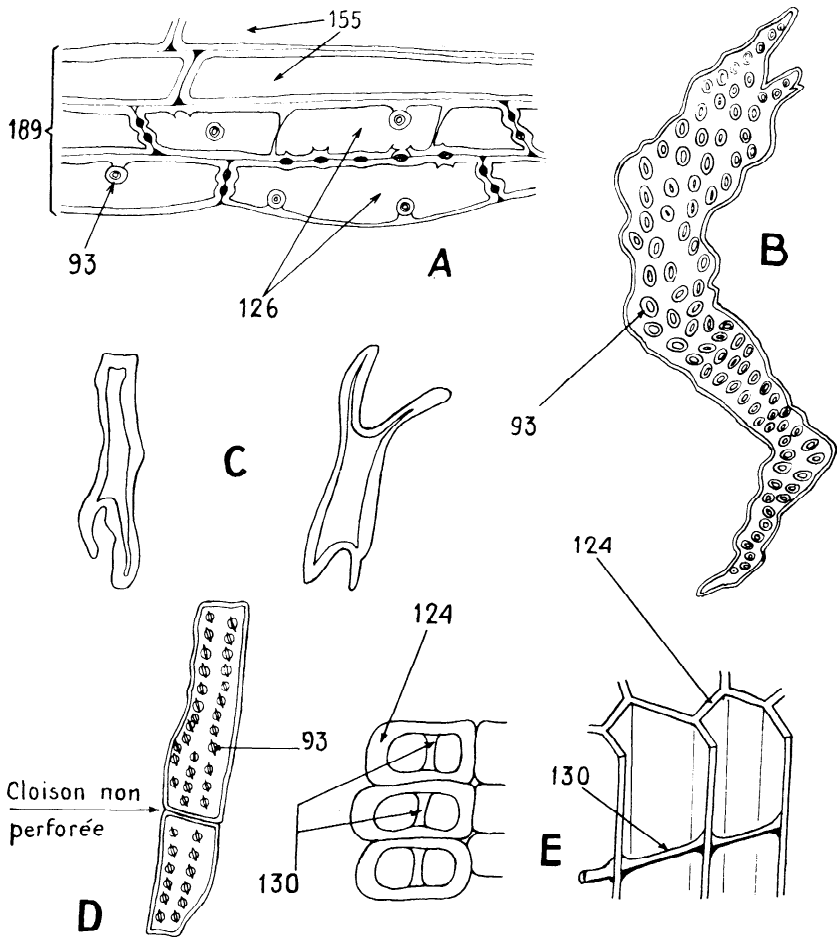
- 121. Prosenchyme.** Terme général pour désigner des cellules allongées avec extrémités effilées. — *Note.* Employé



Eléments dissociés de prosenchyme (121) : aspect de l'élément entier, à gauche : extrémité fortement grossie et en dessous, section transversale. — A. Schéma de trachéide (124). — B. Schéma de fibre-trachéide (131). — C. Schéma de fibre trachéide cloisonnée (132). — D. Schéma de fibre ligneuse (134) simpliciponctué (136). — E. Schéma de fibre ligneuse cloisonnée (135). — F. Schéma de fibre gélatineuse (137). — G. Schéma de fibre trachéide ouverte (133) avec perforations (141) et à gauche, coupe transversale au niveau de deux fibres trachéides ouvertes.

autrefois comme terme collectif pour désigner les fibres et les trachéides et quelquefois les éléments de vaisseaux en opposition au parenchyme. Les auteurs de langue française emploient souvent dans ce sens : « sclérenchyme » qui comprend des fibres et des sclérites de toutes formes.

- 122. Sclérite.** Élément de soutien qui n'est pas franchement du parenchyme, mais qui a des parois secondaires épaisses, souvent lignifiées et qui manque ordinairement de protoplasme quand il est à maturité. — *Note.* Les sclérites sont de forme variable, de polyédriques à relativement allongées, et elles sont souvent ramifiées. Dans le bois et l'écorce on trouve ordinairement des brachysclérites ou cellules pierreuses. De telles cellules sont souvent décrites comme scléreuses, par exemple les « cellules scléreuses de rayon ».
- 123. Fibre.** Terme général, commode en anatomie du bois, pour désigner une cellule du bois, longue et étroite, autre que vaisseau ou parenchyme. — *Note.* Souvent on désigne comme fibres du bois les trachéides des résineux, les fibres simpliciponctuées et les fibres-trachéides des feuillus. Employé aussi en technologie pour désigner les éléments du bois en général.
- 124. Trachéide.** Cellule du bois non perforée qui communique avec les éléments congénères par des punctuations aréolées.
- 125. Élément d'une file de trachéides.** Trachéide d'une série axiale (file) de trachéides (ou de cellules de parenchyme et de trachéides en mélange) ; chaque série provenant d'une même initiale du cambium, comme pour la file de cellules de parenchyme.
- 126. Trachéide transversale.** Trachéide faisant partie d'un rayon.
- 127. Trachéide juxtavasculaire.** Trachéide courte, de forme irrégulière, se trouvant à proximité immédiate d'un vaisseau et ne faisant pas partie d'une série axiale définie.
- 128. Trachéide vasculaire.** Cellule imperforée rappelant par sa forme et sa position un petit élément de vaisseau.
- 129. Trachéide disjointe.** Trachéide partiellement disjointe laté-



A. Section radiale dans un rayon hétérocellulaire avec trachéides transversales. B. Trachéide juxtavasculaire. — C. Sclérites (122). — D. Trachéide vasculaire (128). - E. Trabécules, en section transversale et vue perspective axiale. 93, ponctuation aréolée ; 124, trachéides ; 126, trachéides transversales ; 130 trabécules ; 155, cellules de parenchyme ; 189, rayon hétérocellulaire

ralement d'une autre au cours de la différenciation ; le contact est maintenu par des expansions tubulaires.

**130. Trabécule.** Portion de paroi cellulaire en forme de poutre ou de bobine qui s'étend radialement à travers la lumière d'une trachéide, d'une paroi tangentielle vers l'autre paroi tangentielle.

**131. Fibre-trachéide.** Trachéide analogue à une fibre ; habituellement à parois épaisses, avec une étroite lumière, des extrémités pointues et des ponctuations aréolées ayant des orifices lenticulaires ou en fente. Ce terme s'applique aux trachéides du bois final des Gymnospermes comme aux trachéides du tissu fibreux des Angiospermes.

**132. Fibre-trachéide cloisonnée.** Fibre-trachéide possédant de minces parois transversales à travers la lumière. — *Note.* Dans ces éléments le protoplasme se divise après formation de la paroi secondaire.

**133. Fibre-trachéide ouverte.** Élément de vaisseau de diamètre relativement petit qui ressemble à une fibre-trachéide.

**134. Fibre ligneuse.** Fibre du xylème ou du bois.

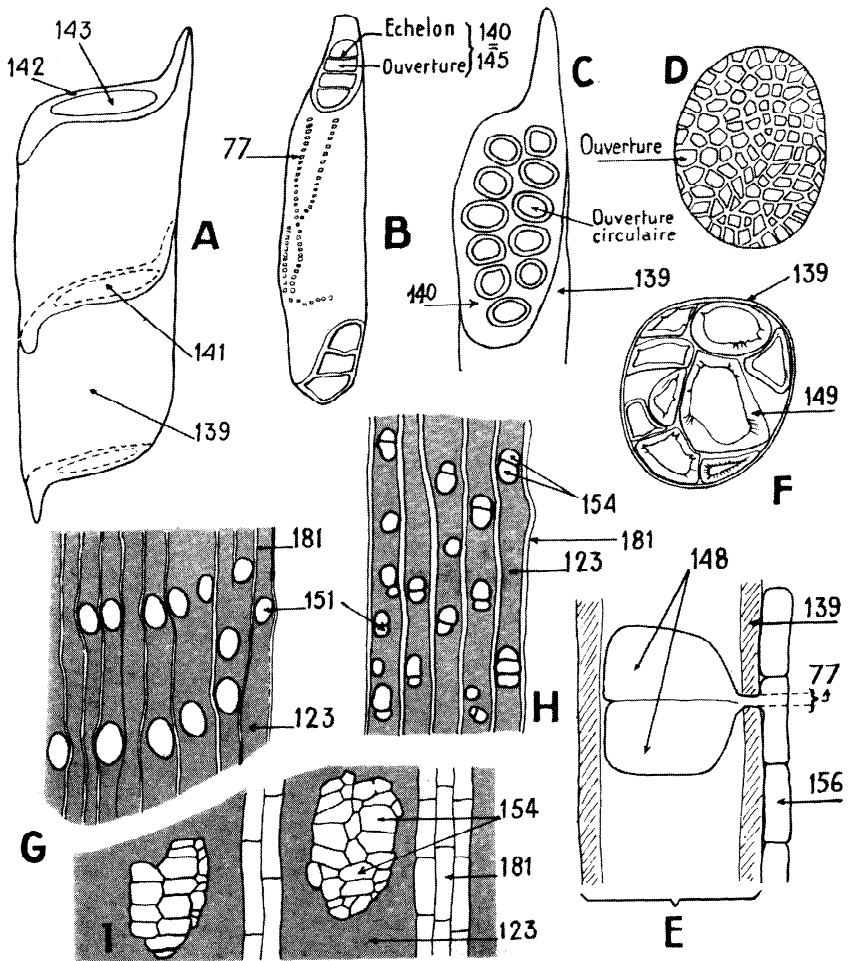
**135. Fibre ligneuse cloisonnée.** Fibre possédant de minces parois transversales à travers la lumière. — *Note.* Dans ces éléments le protoplasme se divise après formation de la paroi secondaire.

**136. Fibre ligneuse simpliciponctuée.** Cellule allongée, ordinairement à parois épaisses avec des ponctuations simples ; habituellement franchement plus longue que l'initiale du cambium à en juger d'après la longueur des éléments vasculaires et des files de cellules de parenchyme.

**137. Fibre gélatineuse.** Fibre dont la paroi interne n'est pas ou est peu lignifiée, d'aspect gélatineux (nacré).

#### 1.2.4 Vaisseaux

**138. Vaisseau.** File axiale de cellules qui sont unies pour former un ensemble tubulaire articulé, de longueur indéterminée ; les ponctuations entre éléments de même nature sont aréolées.



A. Portion de vaisseau (138) avec deux éléments, vue perspective. —  
 B. Élément de vaisseau dissocié avec perforation multiple (144). —  
 C. Perforation foraminifère (146). — D. Perforation en réseau (147). —  
 E. Thylle à l'intérieur d'un vaisseau, section tangentielle. — F. Section  
 transversale d'un vaisseau avec thylles scléreux. — G. File oblique de pores.  
 — H. Pores isolés et accolés radialement. — I. Groupe de pores fortement  
 grossi. 77, ponctuations ; 123, tissu fibreux schématisé ; 139, élément de  
 vaisseau ; 140, cloison perforée ; 141, perforation ; 142, bourrelet ;  
 143, perforation unique ; 145, perforation en grille ; 148, thylle ; 149, thylle  
 scléreux ; 151, pore ; 154, pores accolés ; 156, parenchyme ; 181, rayon.

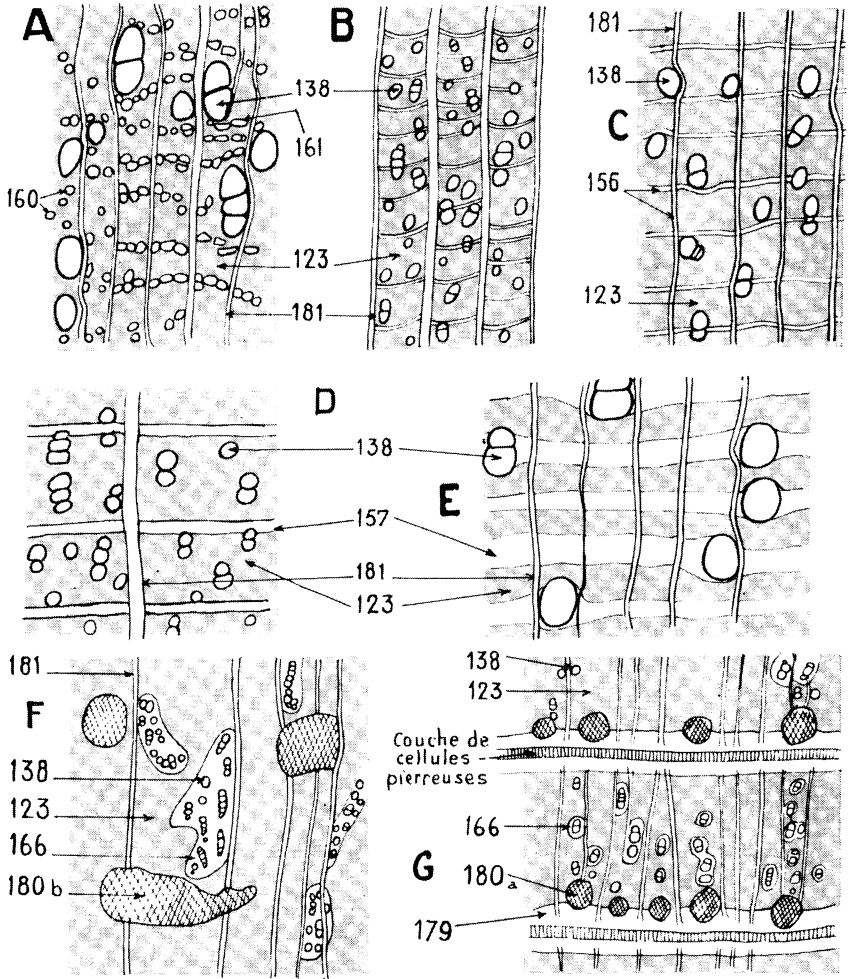
- 139. Élément de vaisseau.** L'un des composants cellulaires d'un vaisseau. S'il est de diamètre relativement petit et ressemble à une fibre-trachéide, il est dit : élément fibroforme de vaisseau.
- 140. Cloison perforée.** Terme commode pour désigner la surface de la paroi (à l'origine non perforée) selon laquelle s'aboutent deux éléments d'un vaisseau. — *Note.* En français, perforation s'emploie souvent avec le sens de cloison perforée.
- 141. Perforation.** Ouverture faisant communiquer deux éléments de vaisseau entre eux.
- 142. Bourrelet** (de la perforation). Résidu de la cloison perforée qui forme un anneau autour d'une perforation unique.
- 143. Perforation unique.** Ouverture simple, généralement grande et plus ou moins arrondie de la cloison perforée.
- 144. Perforation multiple.** Paroi terminale perforée d'un élément de vaisseau avec deux ou plusieurs ouvertures de la cloison perforée.
- 145. Perforation en grille.** Cloison perforée à ouvertures multiples, allongées et parallèles. Les résidus de cloison entre les ouvertures s'appellent des : Echelons ou Barreaux.
- 146. Perforation foraminée.** Cloison perforée présentant un petit groupe d'ouvertures circulaires (comme chez *Ephedra*).
- 147. Perforation en réseau.** Cloison perforée à ouvertures multiples ayant l'aspect d'un filet (comme chez certaines Bignoniacées).
- 148. Thylle.** Excroissance d'une cellule de rayon ou de parenchyme axial à travers la cavité d'une ponctuation d'un vaisseau adjacent ; la lumière du vaisseau s'en trouve partiellement ou complètement obstruée. — *Note.* Les thyilles peuvent être rares ou nombreux et serrés, à parois minces ou épaisses, ponctuées ou non ; contenir ou non de l'amidon, des cristaux, des résines, des gommes, etc.
- 149. Thylle scléreux.** Thylle avec une paroi exceptionnellement épaisse, lamellée et lignifiée et des ponctuations ramifiées ; sorte de cellule pierreuse.

- 150. Cellule pierreuse.** Cellule relativement isodiamétrique avec une paroi secondaire lignifiée très épaisse, qui est souvent visiblement lamellée et qui peut présenter des ponctuations ramifiées, par exemple cas des thylls scléreux.
- 151. Pore.** Terme commode pour désigner la section transversale d'un vaisseau ou d'une trachéide vasculaire.
- 152. File de pores.** Rangée ou alignement de pores isolés très proches.
- 153. Pore isolé.** Pore entièrement entouré d'éléments de nature différente.
- 154. Pores accolés.** Groupe de deux ou plusieurs pores serrés les uns contre les autres et aplatis selon leur ligne de contact de manière à apparaître comme les subdivisions d'un seul pore. — *Note.* Le type le plus commun est celui des « pores accolés radialement » dans lequel les pores sont en files radiales avec leurs parois tangentielles aplaties. Un autre type est celui appelé « groupe de pores » dans lequel le groupement est irrégulier.

### 1.2.5 Parenchyme

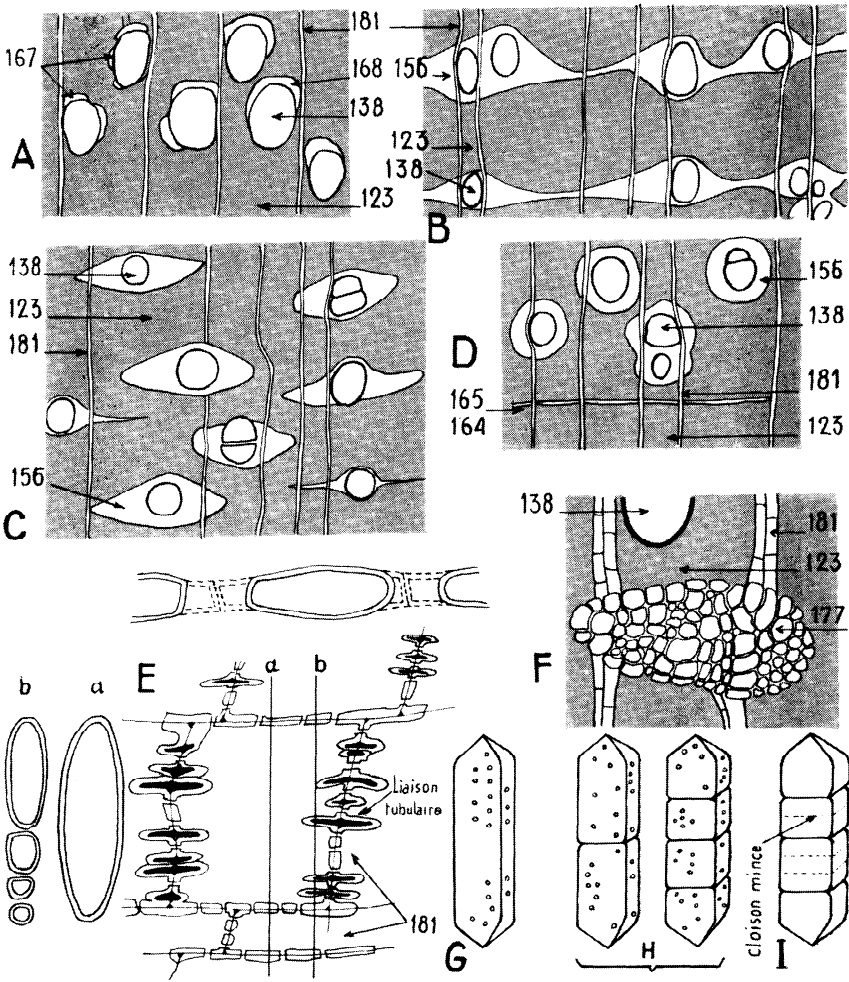
- 155. Parenchyme.** Tissu composé de cellules typiquement en forme de brique ou isodiamétriques avec des ponctuations simples ; formé dans le bois (*a*) à partir des initiales fusiformes par les divisions transversales ultérieures des cellules-filles (parenchyme axial) ; (*b*) à partir des initiales de rayon (parenchyme de rayon). — *Note.* Essentiellement différencié pour la mise en réserve et la distribution des matières nutritives. Nommé parenchyme ligneux ou parenchyme du xylème s'il se rencontre dans le bois ou dans le xylème.
- 156. Parenchyme ligneux.** Parenchyme qui se rencontre dans le bois. Habituellement sous deux formes : (*a*) axial et (*b*) radial.
- 157. Parenchyme axial.** Cellules de parenchyme engendrées par les initiales fusiformes du cambium.





Sections transversales schématisées de parenchyme apotrachéal (159) :  
 A. Parenchyme dispersé (160) et en chaînettes (161). — B. Parenchyme en échelle (152). — C. Parenchyme en réseau (163). — D. Parenchyme terminal (165). — E. Parenchyme en couches (172). — Sections transversales schématisées de bois à liber inclus (180) : F. Liber inclus foraminé. — G. Liber inclus concentrique. 123, tissu fibreux schématisé ; 138, vaisseau ; 156, parenchyme ; 157, parenchyme axial ; 166, parenchyme paratrachéal ; 179, parenchyme de remplissage ; 180 a, liber inclus concentrique, 180 b, liber inclus foraminé ; 181, rayon.

- 158. Parenchyme de rayon.** Parenchyme constituant les rayons soit en totalité, soit en partie.
- 159. Parenchyme apotrachéal.** Parenchyme axial typiquement indépendant des pores ou vaisseaux. — *Note.* Cette catégorie comprend : Parenchyme terminal, Parenchyme dispersé et Parenchyme en couches.
- 160. Parenchyme dispersé.** En section transversale, cellules isolées ou files de cellules de parenchyme apotrachéal réparties irrégulièrement parmi les fibres.
- 161. Parenchyme (dispersé) en chaînettes.** En section transversale, type de parenchyme disposé de telle sorte que les cellules de parenchyme apotrachéal ont tendance à former de courtes lignes tangentielles entre les rayons. — *Note.* Ce parenchyme est souvent aussi du type en réseau.
- 162. Parenchyme en échelle.** Terme descriptif qui s'applique à une disposition schématiquement en échelle (scaleriforme) du parenchyme par suite d'un espacement régulier, en section transversale, des rayons et des bandes ou lignes de parenchyme axial à condition que ces dernières soient manifestement plus étroites que les rayons.
- 163. Parenchyme en réseau.** Terme descriptif employé pour désigner la disposition du parenchyme axial imitant les mailles d'un filet, réseau formé en section transversale par les rayons et des bandes ou lignes de parenchyme régulièrement espacées ; il faut que les bandes ou lignes et les rayons soient sensiblement de même largeur.
- 164. Parenchyme initial.** Cellules de parenchyme apotrachéal qui se rencontrent soit à l'état isolé, soit en couche plus ou moins continue et de largeur variable au commencement d'un accroissement saisonnier.
- 165. Parenchyme terminal.** Cellules de parenchyme apotrachéal qui se rencontrent à l'état isolé ou en couche plus ou moins continue de largeur variable à la fin d'un accroissement saisonnier. — *Note.* Avant qu'on fasse une distinction entre parenchyme « terminal » et parenchyme « initial », le terme a été employé dans un sens large pour



Sections transversales schématisées de parenchyme paratrachéal (166) :  
 A. Parenchyme juxtavasculaire (167) et coiffant un côté des pores (168). —  
 B. Parenchyme anastomosé (171). — C. Parenchyme aliforme (170). —  
 D. Parenchyme circumvasculaire (169). — E. Différents aspects de  
 parenchyme de rayon (158) en partie disjoint (173). — F. Tache médullaire  
 en section transversale (178). — G. Cellule fusiforme de parenchyme (174).  
 — H. Files de cellules de parenchyme (175). — I. Cellule cloisonnée de  
 parenchyme (176). — 123, tissu fibreux schématisé ; 138, vaisseau ;  
 156, parenchyme ; 164, parenchyme initial ou 165, parenchyme terminal ;  
 177, parenchyme cicatriciel ; 181, rayon.

inclure les deux formes et il en est encore ainsi pour des raisons de commodité.

- 166. Parenchyme paratrachéal.** Parenchyme axial associé aux vaisseaux ou aux trachéïdes vasculaires. — *Note* : Il comprend : Parenchyme juxtavasculaire, Parenchyme circumvasculaire, Parenchyme aliforme et Parenchyme anastomosé.
- 167. Parenchyme juxtavasculaire.** Parenchyme n'entourant pas complètement les vaisseaux ou cellules de parenchyme dispersées contre les vaisseaux.
- 168. Parenchyme coiffant un côté des pores.** Parenchyme paratrachéal limité aux faces externes ou internes des vaisseaux, c'est-à-dire du côté centrifuge (**abaxial**) ou du côté centripète (**adaxial**). — *Note*. Un tel type de parenchyme peut comprendre des formes de Parenchyme juxtavasculaire, Parenchyme aliforme et Parenchyme anastomosé.
- 169. Parenchyme circumvasculaire.** En section transversale, type de parenchyme paratrachéal entourant complètement le vaisseau d'une gaine de largeur variable, circulaire, légèrement ovale ou en losange.
- 170. Parenchyme aliforme.** En section transversale type de parenchyme circumvasculaire avec prolongements en forme d'aile.
- 171. Parenchyme anastomosé.** En section transversale, type de parenchyme aliforme confluent qui se présente sous forme de couches irrégulières tangentielles ou obliques.
- 172. Parenchyme en couches.** En section transversale, type de parenchyme axial qui se présente sous forme de lignes ou couches concentriques. — *Note*. « Parenchyme apotrachéal en couches » désignera un parenchyme avec des couches typiquement indépendantes des vaisseaux. « Parenchyme paratrachéal en couches » désignera un parenchyme avec des couches associées aux vaisseaux ; sorte de parenchyme aliforme fortement anastomosé.
- 173. Parenchyme disjoint.** Cellules de parenchyme axial ou radial en partie disjointes au cours de la différenciation ;

le contact est maintenu entre cellules par des liaisons tubulaires.

- 174. Cellule fusiforme** (de parenchyme). Cellule de parenchyme axial dérivée d'une initiale fusiforme sans subdivision. — *Note.* Rattachée par erreur à des formes très courtes de fibres.
- 175. File de cellules de parenchyme.** Série axiale de deux ou plusieurs cellules de parenchyme provenant d'une même initiale fusiforme.
- 176. Cellule cloisonnée de parenchyme.** Cellule de parenchyme axial ou radial avec une ou plusieurs minces cloisons transversales à travers la lumière. — *Note.* Dans ces éléments le protoplasme se divise après formation de la paroi secondaire.
- 177. Parenchyme cicatriciel.** Cellules de parenchyme de taille, forme et répartition irrégulières, consécutives à une blessure du cambium.
- 178. Tache médullaire.** Ilot irrégulier de tissu parenchymateux anormal (souvent cicatriciel) noyé dans le bois et qui apparaît comme une strie sur face longitudinale. Les taches médullaires sont ordinairement causées par des larves mineuses vivant dans le cambium.
- 179. Parenchyme de remplissage.** Type particulier de parenchyme associé au liber inclus. — *Note.* Peut former des bandes concentriques anastomosées, comme chez *Avicennia*, ou entourer les cordons libériens, comme chez *Strychnos*.
- 180. Liber inclus.** Cordons libériens ou couches libériennes inclus dans le bois de certaines Dicotylédones. On distingue deux types :
- *Liber inclus concentrique.* La durée de fonctionnement du cambium est courte ; il est remplacé par un nouveau méristème qui, placé dans le péricycle ou dans l'écorce, reproduit la structure de la jeune tige. La tige est alors formée d'une alternance de zones de bois et de liber (type *Avicennia*).
- *Liber inclus foraminé.* Un cambium unique fonctionne pendant toute la vie du végétal ; le bois est nor-

mal si ce n'est la présence d'îlots libériens qui s'y trouvent inclus (type *Strychnos*).

*Note.* À signaler aussi l'existence de liber inclus d'origine pathologique (attaques d'insectes ou de champignons).

### 1.2.6. Rayons

**181. Rayon.** Agrégat de cellules qui s'étend radialement comme un ruban à travers bois et liber. — *Note.* Le terme rayon médullaire doit être limité au parenchyme du xylème qui réunit l'écorce primaire à la moëlle.

**182. Rayon ligneux.** Partie d'un rayon qui est interne au cambium. — *Note.* Ordinairement on désigne ainsi en français les rayons du bois, tandis que les rayons du xylème portent le nom de rayons médullaires.

**183. Maille.** Plage miroitante produite par un rayon sectionné selon un plan longitudinal radial.

**184. Maillure.** Ensemble des mailles apparentes sur la face d'un bois débité sur plein quartier.

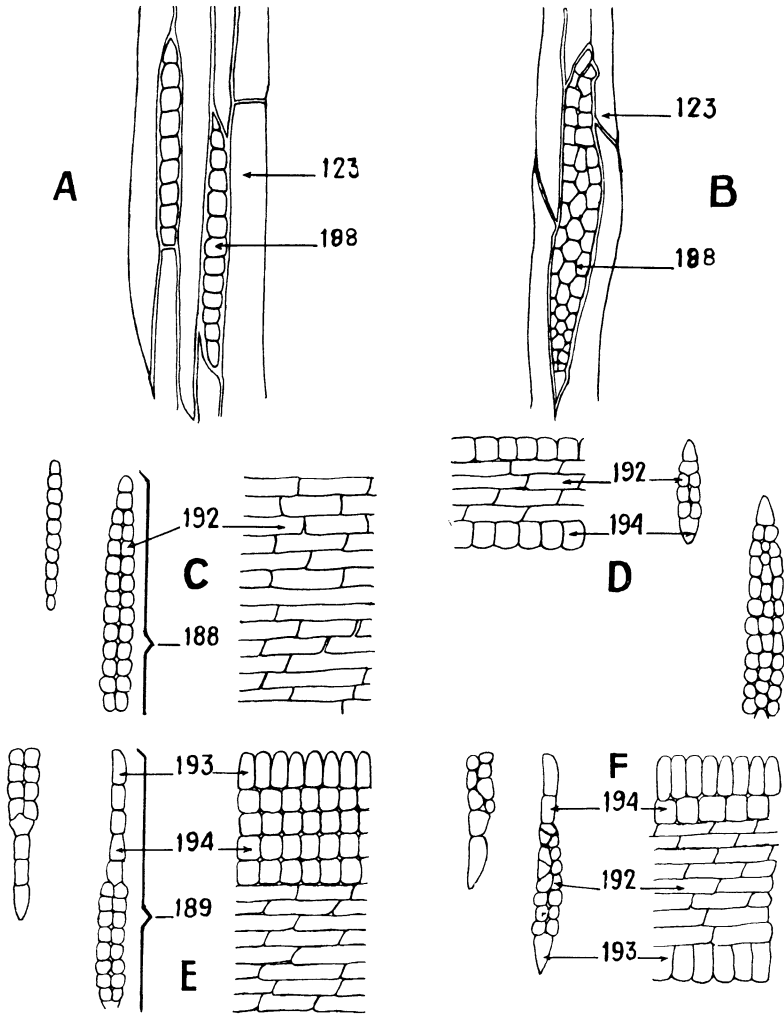
**185. Rayon unisérié.** En section tangentielle, rayon large d'une seule cellule.

**186. Rayon multisérié.** En section tangentielle, rayon large de deux cellules ou plus.

**187. Rayon fusiforme.** Littéralement rayon dont la section tangentielle a l'aspect d'un fuseau. Employé spécialement chez les Conifères pour les rayons qui renferment des canaux résinifères.

**188. Rayon homocellulaire.** Considéré individuellement, rayon ligneux composé de cellules d'un même type morphologique. Dans le cas des Dicotylédones, rayon dont toutes les cellules sont : soit couchées, soit carrées ou dressées. Dans le cas des Conifères, rayon composé en totalité de cellules de parenchyme.

**189. Rayon hétérocellulaire.** Considéré individuellement, rayon ligneux composé de cellules de différents types morpho-

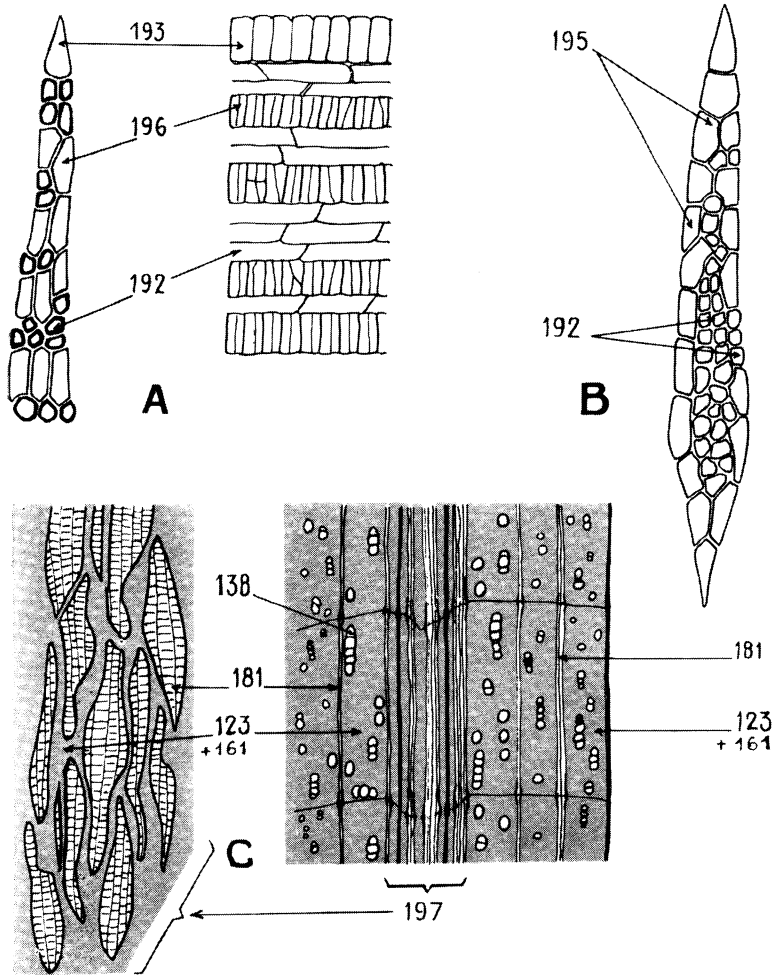


Sections tangentielles : A. Rayons unisériés (185). — B. Rayon multisérié (186). — Sections tangentielles et radiales : C. Tissu des rayons homogène (190). — D. Tissu des rayons multisériés subhomogène (= Kribs type 3). Tissu des rayons hétérogène (191) : E. Kribs type 1. — F. Kribs type 2. 123, fibre ; 188, rayon homocellulaire ; 189, rayon hétérocellulaire ; 192, cellules couchées ; 193, cellules dressées ; 194, cellules carrées.

logiques. Dans le cas des Dicotylédones, rayon dont les cellules sont à la fois couchées et carrées ou dressées. Dans le cas des Conifères, rayon composé de cellules de parenchyme et de trachéides.

- 190. Tissu des rayons homogènes.** Considérés dans leur ensemble, les rayons sont tous homocellulaires (Rayons homogènes). — *Note.* Ne s'applique pas aux Conifères.
- 191. Tissu des rayons hétérogènes.** Considérés dans leur ensemble, les rayons sont composés de différents types morphologiques de cellules (Rayons hétérogènes). — *Note.* Ne s'applique pas aux Conifères.
- 192. Cellule couchée** (de rayon). Cellule d'un rayon ayant son plus grand axe dans le sens radial.
- 193. Cellule dressée** (de rayon). Cellule d'un rayon ayant son plus grand axe dans le sens axial. — *Note.* Ces cellules composent certains rayons unisériés et des parties de rayons multisériés, typiquement les extrémités.
- 194. Cellule carrée** (de rayon). Sur coupe radiale, cellule d'un rayon approximativement carrée. — *Note.* Ces cellules composent certains rayons unisériés et des parties de rayons multisériés, typiquement les extrémités.
- 195. Cellule bordante** (de rayon). Sur les bords d'un rayon multi-sérié avec des cellules couchées, cellule d'une série de cellules dressées qui ont tendance à former une gaine autour des cellules couchées quand le rayon est vu en section tangentielle.
- 196. Cellule palissadique** (de rayon). Type particulier de cellules dressées d'un rayon, apparemment vides, approximativement de même hauteur que les cellules couchées de rayon et constituant des files horizontales, de longueur indéterminée, habituellement entremêlées aux cellules couchées. — *Note.* Type commun dans certains bois de Tiliales et de Malvales.
- 197. Faux rayon.** Groupe de petits rayons ligneux étroits apparaissant à l'œil nu ou sous faible grossissement comme un large rayon unique.





A. Sections tangentielle et radiale d'une portion de rayon hétérocellulaire avec cellules palissadiques (196). — B. Section longitudinale tangentielle d'un rayon hétérocellulaire avec cellules bordantes (195). — C. Faux rayon (197), à gauche schéma en coupe tangentielle d'une portion de faux rayon à fort grossissement, à droite schéma en coupe transversale d'un faux rayon et de rayons normalement espacés. 123, tissu fibreux ; 138, vaisseau ; 161, parenchyme dispersé ; 181, rayon ; 192, cellule couchée ; 193, cellule dressée ; 195, cellule bordante ; 196, cellule palissadique.

**197 bis. Rayon articulé.** Rayon constitué par la fusion axiale de deux ou plusieurs rayons superposés.

**197 ter. Rayon fractionné.** Rayon multisériel qui est interrompu dans sa hauteur par une lame de tissu d'autre origine (parenchyme axial ou fibre).

### 1.2.7 Espaces intercellulaires

**198. Espace intercellulaire.** Espace entre cellules. On peut distinguer deux types :

— Espaces intercellulaires **sécréteurs** comprenant les canaux intercellulaires et les cavités intercellulaires qui peuvent être d'origine schizogène, lysigène ou schizoly-sigène.

— Espaces intercellulaires **non-sécréteurs**, c'est-à-dire les méats.

**199. Lysigène.** Terme qui s'applique aux cavités formées à la suite d'une désorganisation ou d'une dissolution des cellules.

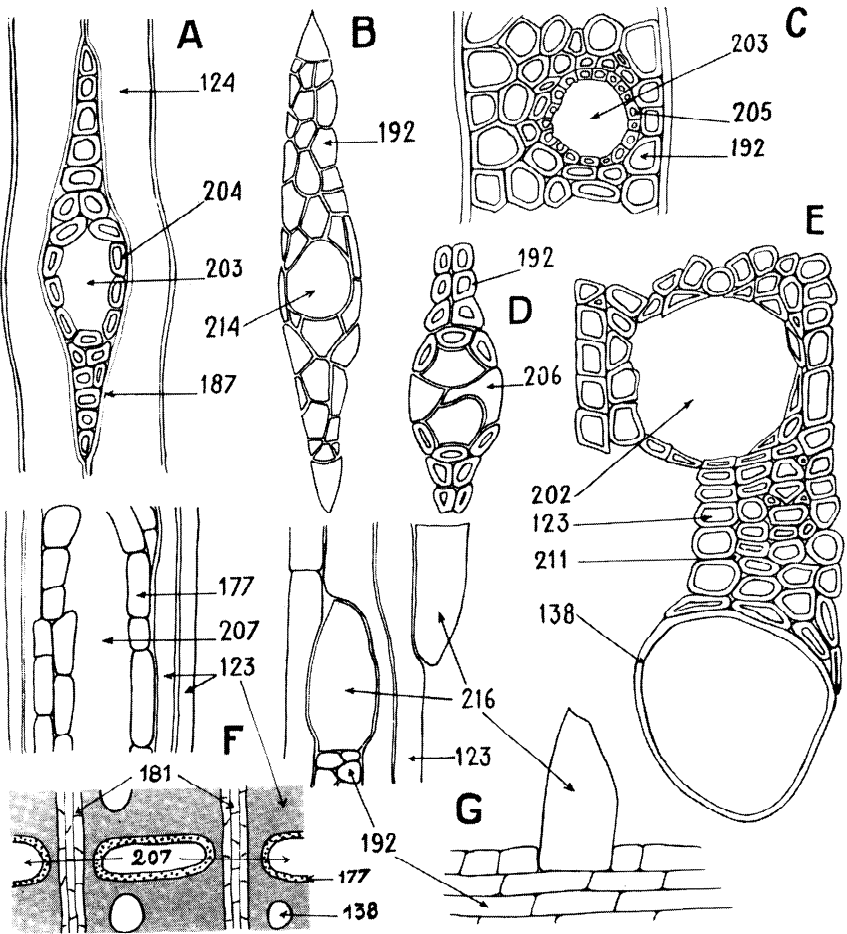
**200. Schizogène.** Terme qui s'applique aux cavités formées par la séparation des éléments d'un tissu à la suite du décollement de la paroi commune entre cellules adjacentes.

**201. Schizo-lysigène.** Terme qui s'applique aux cavités formées par décollement de la membrane cellulaire et qui se développent par destruction des tissus environnants.

**202. Canal intercellulaire.** Espace intercellulaire tubulaire, de longueur indéterminée, dans lequel s'accumulent généralement des résines, gommés et autres produits sécrétés par un épithélium. — *Note.* Peut être (*a*) axial ou (*b*) radial (à l'intérieur d'un rayon). Comprend : canal résini-fère, canal à gomme.

**203. Canal intercellulaire radial.** Canal qui se prolonge perpendiculairement au fil du bois dans une direction radiale, inclus dans un rayon fusiforme.

**204. Epithélium.** Couche de cellules de parenchyme, sécrétrice, qui entoure un canal intercellulaire ou une cavité intercellulaire.



A. Canal intercellulaire radial dans un bois de Résineux (203). — B. Tube à latex dans un rayon (214). — C. Canal intercellulaire radial dans un bois de Feuillu (203). — D. Thylloïde dans un canal résinifère radial (206). (A, B, C, D, sections longitudinales tangentielles). — E. Canal intercellulaire lysigène axial (202). (Section transversale). — F. Section longitudinale d'un canal traumatique (207) et section transversale schématisée en dessous. — G. Sections longitudinales de cellules à huile à l'extrémité d'un rayon (216), en haut section tangentielle, en bas section radiale. 123, fibre ; 124, trachéide ; 138, vaisseau ; 177, parenchyme cicatriciel ; 181, rayon ; 187, rayon fusiforme ; 192, cellule couchée ; 204, épithélium ; 205, cellule épithéliale ; 211, méat.

- 205. Cellule épithéliale.** Cellule d'épithélium. Cellule bordante d'un canal sécréteur.
- 206. Thyloïde.** Prolifération d'une cellule épithéliale à parois minces à l'intérieur d'un canal intercellulaire. — *Note.* Le thyloïde diffère du thylle en ce qu'il ne traverse pas la cavité d'une ponctuation.
- 207. Canal intercellulaire traumatique.** Canal formé à la suite d'une blessure de l'arbre vivant. — *Note.* Souvent de taille anormale ; peut être axial ou radial.
- 208. Canal à gommés.** Canal intercellulaire contenant des gommés.
- 209. Canal résinifère.** Canal intercellulaire contenant des résines.
- 210. Cavité intercellulaire.** Espace intercellulaire de longueur limitée, dans lequel s'accumulent généralement des résines, gommés et autres produits ; peut être formé à la suite de blessures sur l'arbre vivant.
- 211. Méat.** Interstice non sécréteur entre des cellules.
- 212. Laticifère.** Terme général pour désigner les cellules qui contiennent du latex. — *Note.* Peut être une cellule unique ou une série de cellules tubulaires.
- 213. Alvéole à laticifère.** Terme employé pour décrire les couloirs en fente, de section tangentielle fusiforme (visibles comme tels sur le bois sec) qui courent radialement dans le bois de certains arbres à latex (en particulier les Apocynacées : *Alstonia spp.* et *Dyera spp.*). Les alvéoles à laticifère indiquent la présence de laticifères radiaux en liaison avec les traces foliaires et les bourgeons axiaux.
- 214. Tube à latex.** Laticifère inclus dans un rayon. — *Note.* Les tubes à latex sont des cellules ou des files de cellules modifiées et non pas des canaux intercellulaires.
- 215. Tube à tannins.** Tube sécréteur de même type morphologique que les tubes à latex mais contenant des substances colorables par les réactifs des tannins.
- 216. Cellule à huile.** Cellule spécialisée de rayon ou de parenchyme axial qui renferme de l'huile, typiquement à contour arrondi. — *Note.* Dans les bois de Dicotylédones

seulement, et semblable à une cellule à mucilage, excepté pour le contenu.

**217. Cellule à mucilage.** Cellule spécialisée de rayon ou de parenchyme axial qui renferme du mucilage ; typiquement à contour arrondi. - *Note.* Dans les bois de Dicotylédones seulement, et semblable à une cellule à huile excepté pour le contenu.

**218. Poche de résine.** Cavité allongée renfermant de la résine. On distingue les petites poches de résine dont la longueur n'excède pas 50 mm et les grosses poches de résine dont la longueur dépasse 50 mm.

# Anatomie descriptive des bois commerciaux

## 2.1 BOIS DES FEUILLUS

### 2.1.1 Éléments fondamentaux

Ce sont les vaisseaux, les fibres, le parenchyme et les rayons du bois. Entre chacun de ces éléments il n'y a pas de cloison étanche. Si notre esprit donne aux vaisseaux un rôle de conduction et aux fibres un rôle de soutien, c'est par suite d'un souci de classification physiologique, mais les fibres, par exemple, ont, elles aussi, un rôle de conduction plus ou moins marqué et même un rôle de tissu de réserve. Entre chaque élément type, existent des termes de passage que révèle l'examen microscopique.

**2.1.1.1 Les vaisseaux.** Le type du tissu de conduction de la sève brute ce sont les vaisseaux qui apparaissent dans la tigelle dès que la plantule quitte sa graine et parfois même avant. Il s'agit alors de vaisseaux du « xylème ». Dans le bois, les vaisseaux sont constitués par des files de cellules plus ou moins allongées suivant l'axe de l'arbre, ne dépassant guère 1 mm de long. Il y a disparition du protoplasme immédiatement après l'apparition d'ouvertures à leurs extrémités supérieure et inférieure. Les éléments vasculaires ont sensiblement la même longueur que les initiales du cambium ; mais on note un accroissement en diamètre sensible. Dans une même file, les parois en contact des éléments vasculaires se résorbent plus ou moins. Elles présentent toujours des ouvertures qui font axialement communiquer les éléments d'une même file. On dit alors que les « cloisons perforées » présentent soit une « perfo-

ration unique » avec un « bourrelet circulaire » plus ou moins marqué, soit des « perforations multiples ».

Le cas de vaisseaux à cloisons perforées avec perforation unique est le cas habituel, celui avec perforations multiples est plus intéressant à noter. Si la cloison est perforée « en grille », on note une série d'ouvertures élargies et parallèles entre lesquelles les résidus de cloison constituent des échelons. Si elle est perforée « en réseau », les parties restantes simulent les mailles d'un filet. Il existe un troisième type, très spécial, de perforations multiples : celui des « perforations foraminées » qu'on rencontre dans les vaisseaux du bois d'*Ephedra*.

Dans la pratique, les choses sont souvent plus compliquées, car la cloison perforée se compose, en réalité, des extrémités accolées des deux éléments vasculaires placés bout à bout. Or les perforations peuvent être, ou non, de même type aux extrémités de chaque cellule et le type de perforation d'un élément ne correspond pas forcément au type de perforation de l'élément complémentaire. Ainsi, chez les Bignoniacées, rencontre-t-on sporadiquement des cloisons en grille associées à des cloisons réticulées.

Il faut, en effet, faire bien attention que, sur une coupe de bois, les éléments cellulaires ne sont pas dissociés mais sectionnés suivant un plan donné. Or, si minces que soient les préparations microscopiques, les cellules adjacentes demeurent liées entre elles par la lamelle moyenne, cette couche complexe, comprise entre les parois secondaires de la membrane. Le cas des perforations est normalement le seul où la lamelle moyenne a disparu. Elle s'est résorbée par gélification au niveau de ponctuations complémentaires ; les substances pectiques gélifiées se sont liquéfiées, puis dispersées aisément. Grâce à cela, axialement, la circulation de l'eau et des matières dissoutes peut se faire par capillarité dans les vaisseaux. Partout ailleurs, la sève doit diffuser de cellule en cellule ; horizontalement, les liquides passeront par osmose au niveau des ponctuations.

L'importance des ponctuations dans l'étude microscopique du bois sera ultérieurement mise en lumière (cf. p. 145).

Dans certains bois, on trouve des épaississements spiralés à l'intérieur des vaisseaux, surtout dans les bois des régions tempérées et principalement dans les vaisseaux de faible diamètre.

Si les bois d'Angiospermes Dicotylédones (Feuillus) sont plus

faciles à identifier avec le secours d'une simple loupe à main que les bois de Gymnospermes (Résineux), c'est grâce à la présence des vaisseaux chez les Feuillus. La disposition et le groupement, l'abondance et la largeur des vaisseaux constituent des caractères auxquels on peut avoir recours, avant de s'attacher à des caractères microscopiques tels que la nature, la disposition, la forme et la taille des ponctuations qui ornent les parois des éléments de vaisseaux.

**2.1.1.2 Les fibres.** Qu'appelle-t-on fibres ? Ce sont des éléments diversement ponctués, aux extrémités effilées et plus ou moins sinueuses. Pendant la différenciation des tissus, ces cellules s'allongent très sensiblement, suivant le sens axial, par glissement entre les autres éléments ; ce qui est possible avec l'hypothèse d'une phase semi-liquide de la couche intercellulaire. Les fibres se différencieraient plus tard que les vaisseaux : de 3 à 43 jours après que la plantule a quitté la graine. Elles atteignent couramment en longueur 50 fois leur largeur. Leur dimension maximale reste cependant inférieure à celle des trachéides, et les fibres ne dépassent guère 3 millimètres. Au cours de cet allongement, il est tout naturel qu'elles rencontrent les éléments d'autres tissus, par exemple, un rayon du bois, ce qui explique leur sinuosité et, parfois, l'existence de « fibres fourchues ». Comme les trachéides, les fibres perdent leur protoplasme dès formation de la paroi secondaire ; on doit faire exception cependant pour certains éléments que nous citerons tout à l'heure et qui forment transition avec le tissu parenchymateux. Leur contact est généralement intime avec les autres éléments du bois, mais il arrive parfois qu'il est maintenu seulement par des « expansions tubulaires ». D'ailleurs, les trachéides vasculaires et les cellules des rayons peuvent être aussi disjointes latéralement au cours de la différenciation.

Les fibres sont les éléments typiques du tissu de soutien ; elles ont des parois fréquemment épaissies par les dépôts successifs de lignine et d'autres substances (matières minérales et surajoutées : tannins, matières colorantes). De l'épaisseur définitive de la paroi des fibres résultera souvent la dureté plus ou moins grande d'un bois et, par suite, sa densité plus ou moins élevée. Des bois, comme l'Azobé ou le Balata, sont très durs et très lourds, en grande partie parce que leur tissu fibreux se compose d'éléments à



parois très épaissies. Il ne reste au centre des fibres qu'une cavité réduite à un fin canalicule. Par contre, dans le bois de Parasolier ou de Balsa, par exemple, la « lumière » de la fibre est grande, les parois sont minces, le bois est très tendre et très léger.

A côté de leur rôle essentiel de soutien, les fibres présentent un rôle de conduction plus ou moins marqué. Très faible chez les « fibres ligneuses », munies de ponctuations simples sur leurs parois (ce qui est le cas habituel), le rôle de diffusion des solutions est plus marqué avec les « fibres trachéides » munies de ponctuations aréolées. Il est très marqué bien entendu dans le cas exceptionnel des fibres trachéides perforées. Fibres ligneuses, comme fibres trachéides, peuvent présenter de minces cloisons transversales à travers leur lumière ; on dit alors qu'elles sont « cloisonnées » (par exemple les fibres de certains Acajous).

De fausses cloisons existent aussi parfois dans les fibres du bois parfait ; ces fausses cloisons constituées par des dépôts de matières complexes : résines et tannins, gommes, se distinguent assez facilement des autres puisqu'il suffit de nettoyer les préparations microscopiques pour les supprimer. Elles résultent d'infiltrations, plus ou moins généralisées, qui se sont glissées dans la cavité des fibres en passant par les petites ouvertures en fentes ou lenticulaires des ponctuations.

Les fibres cloisonnées gardent encore une activité protoplasmique après la formation de la paroi secondaire et leur cloisonnement résulte de la division du protoplasme. Dans certains cas, elles présentent un caractère accessoire de tissu de réserve et forment physiologiquement transition avec le tissu parenchymateux.

**2.1.1.3 Parenchyme ligneux et rayons.** Si nous excluons un type spécial de parenchyme, appelé « parenchyme de remplissage », et qui accompagne le liber inclus chez les bois offrant cette particularité, nous rencontrons seulement deux catégories de parenchyme, différant à la fois par l'origine et par l'orientation suivant l'axe de l'arbre ; un parenchyme axial dont les éléments sont plus ou moins allongés verticalement, c'est le véritable parenchyme, et un parenchyme radial, horizontalement orienté, ce sont les rayons. En gros, le parenchyme dérive des initiales fusiformes du cambium ; les rayons, d'initiales spéciales appelées « cellules-mères des rayons ».

Physiologiquement, tout tissu parenchymateux se compose de cellules vivantes qui gardent leur protoplasme aussi longtemps qu'elles restent actives. C'est un tissu différencié essentiellement en vue de la mise en réserve et de la distribution des hydrates de carbone, aussi les parois de ses éléments cellulaires sont-elles abondamment ponctuées et toujours moins lignifiées que les membranes des fibres environnantes. Il ne faut pas oublier qu'une assez grande quantité de lignine réduit d'autant la perméabilité de la membrane glucidique et entrave notablement l'entrée et la sortie des gaz, de l'eau et des substances dissoutes.

Rayons et parenchyme forment un réseau à travers le bois et le « lardent » en tout sens d'un tissu appelé à diffuser les corps transportés par les vaisseaux ligneux et les tubes libériens à la suite de l'appel provoqué par les phénomènes métaboliques. Mais ceci ne doit pas masquer la diffusion possible des substances à travers les parois membranaires, colloïdes plus perméables que le protoplasme. On a montré que, par le jeu des forces d'imbibition, d'adsorption et d'osmose, ces parois alimentent les contenus cellulaires en substances utilisables pour leurs réactions anaboliques, comme elles peuvent accumuler l'eau et les substances solubles rejetées par la matière vivante et par ses enclaves. D'ailleurs pour qu'on puisse admettre dans un arbre une continuité de la matière vivante sur toute son étendue, il faut donner à la membrane glucidique plus qu'un rôle de squelette.

a) *Le Parenchyme ligneux* : On rencontre dans le bois des Angiospermes, des éléments sans allongement marqué, pas plus longs que les files de cellules de parenchyme, mais ayant perdu leur activité. Ce sont les « cellules fibreuses » de LECOMTE (Ersatzfasern des auteurs allemands), type assez fréquent dans les bois très tendres possédant un étage des éléments. Le Samba (*Triplochiton scleroxylon*) en présente à côté du parenchyme, qui est disposé par files de deux cellules, et en alternance avec de véritables fibres, quatre fois plus longues que ces « cellules fusiformes ». Les cellules fusiformes appartiennent topographiquement au tissu parenchymateux. Indépendamment de sa disposition dans l'épaisseur des couches d'accroissement et de l'étagement ou non de ses éléments, le parenchyme forme habituellement des files verticales de deux ou plusieurs cellules provenant de la même initiale cambiale. Dans le parenchyme cristallifère, avec loges à cris-

taux d'oxalate de calcium, l'allongement axial des éléments est réduit à l'extrême ; il y a même formation d'une membrane autour de chaque cristal, pour mieux l'isoler du reste de la cellule. A la différence de l'amidon, matière de réserve née du glucose de la sève élaborée, nous sommes là en présence d'un produit mis à certaines périodes en dehors de l'économie du végétal, produit né du calcium et de l'acide oxalique, tous deux toxiques pour la plante.

*b) Les Rayons ligneux :* Rayonnant à partir de la moëlle et se poursuivant au-delà du bois dans le liber, les rayons ne sont « médullaires » que dans une tige très jeune. Normalement les « rayons ligneux », qui donnent au bois sa « maillure » si caractéristique chez certaines essences (Chêne), sont des lames de parenchyme, de longueur indéfinie, perpendiculaires aux couches d'accroissement. Par division des initiales fusiformes du cambium, il se forme de nouvelles séries de cellules-mères qui donnent naissance à des rayons unisériés dans le cas d'un cloisonnement seulement horizontal et à des rayons multisériés dans le cas d'un cloisonnement à la fois horizontal et vertical.

L'accroissement en nombre et en taille des rayons au cours de l'accroissement en diamètre et la nature des cellules entrant dans la composition des rayons, méritent de retenir l'attention, car l'étude de ce parenchyme radial présente à notre avis un intérêt primordial dans l'examen des tissus lignifiés en vue de l'identification microscopique des bois.

Dans les bois de Feuillus on appelle *rayon homocellulaire* un rayon ligneux composé de cellules d'un même type morphologique : soit toutes couchées, soit toutes carrées ou dressées ; tandis que chez les Conifères un rayon homogène est un rayon composé en totalité de cellules de parenchyme. Dans un rayon à cellules couchées, cependant, la rangée de cellules des extrémités inférieure et supérieure est toujours moins allongée radialement que ne le sont les autres rangées.

Le *rayon hétérocellulaire* sera un rayon ligneux composé de cellules de différents types morphologiques à la fois de cellules couchées et dressées en ce qui concerne les Feuillus ; dans le cas des Conifères, ce sera un rayon avec des cellules de parenchyme et des trachéides transversales. Les rayons « acrohétérogènes » de certains auteurs sont ceux qui présentent des extrémités unisériées avec cellules dressées (dont le grand axe est dans le sens axial) et

une partie centrale multisériée avec cellules couchées (dont le grand axe est dans le sens horizontal) par exemple chez les bois de Rubiacées, ou de Sapotacées. Souvent ces cellules dressées n'ont pas le même type de ponctuations par champ de croisement avec les éléments de vaisseau que les cellules couchées. Elles jouent un rôle de conduction plutôt qu'une fonction de tissu de réserve, au même titre que les trachéides transversales dans les rayons de conifères.

On trouve aussi chez un petit nombre de familles à rayons hétérocellulaires (Tiliacées, Bombacacées, Sterculiacées) des « cellules palissadiques », type particulier de cellules dressées, approximativement de même hauteur que les cellules couchées, mais beaucoup plus étroites qu'elles radialement. Elles se rencontrent plus ou moins entremêlées avec les autres cellules ; parfois, sur une même rangée horizontale, les deux sortes sont visibles. Au voisinage immédiat du cambium seulement, elles contiennent du protoplasme et un noyau, mais elles perdent leur contenu, une fois que les cellules couchées ont atteint leur taille définitive, à une certaine distance du cambium. Leur position dans le rayon et l'absence du contenu cellulaire sombre, probablement de nature tannique, particulier aux cellules couchées, caractériseraient les cellules palissadiques. Il existe enfin une dernière catégorie de cellules entrant dans la composition des rayons hétérocellulaires, ce sont les « cellules bordantes » type dressé ou carré, tendant à former une gaine autour des cellules couchées plus petites d'un rayon, multisérié en totalité ou en partie. Elles résultent d'initiales plus larges que celles du reste du rayon par absorption d'initiales fusiformes adjacentes, qui se subdivisent ultérieurement.

L'origine des cellules bordantes révèle un des procédés d'accroissement en largeur des rayons ; mais leur accroissement en taille se produit aussi graduellement par gonflement et subdivision d'initiales situées à l'extrémité ou à la périphérie du rayon. Ces nouvelles cellules se glissent alors entre les autres éléments. Quant à l'augmentation dans le nombre des rayons, ce qui permet, à travers la masse des tissus secondaires, une répartition du parenchyme radial assez uniforme selon chaque espèce, elle se fait par cloisonnement dans le plan horizontal des initiales (origine des rayons unisériés), et aussi par division des grands rayons. Cela est dû au retour des initiales du rayon à la condition d'initiales fusi-

formes qui engendreront du parenchyme vertical ou des fibres. Les cas de rétrécissement d'un rayon, jusqu'à sa disparition même, sont très rares et sur une coupe transversale bien perpendiculaire à l'axe de l'arbre, on en suit toujours le trajet.

## 2.1.2 Eléments accessoires

Ce sont : Faux-rayons, taches médullaires, thyllés et tissu sécréteur sous ses différentes formes ; trachéides juxtavasculaires ; liber inclus.

**2.1.2.1 Faux-rayons, taches médullaires et thyllés.** Il arrive que des petits rayons ligneux très rapprochés mais séparés en réalité par d'autres éléments lignifiés, à l'exception de vaisseaux, apparaissent à l'œil nu, ou sous faible grossissement, comme un large rayon unique. Ces groupes de rayons portent le nom de « faux-rayons », terme que THIL jugeait déjà impropre dans les années vingt et auquel serait préférable celui de « rayons groupés ». Le cas est bien connu chez certaines Cupulifères des régions tempérées : Aune, Charme par exemple, mais il existe aussi chez certains bois tropicaux.

Autre disposition particulière du tissu parenchymateux : ce sont les « taches médullaires ». C'est un tissu de cicatrisation, homologue au parenchyme se formant après une blessure ; à un endroit les éléments ne présentent plus l'arrangement en séries radiales habituel, ils sont de couleur plus foncée, riches en tannins, et forment un petit îlot noyé dans la masse des autres tissus. On explique ces taches médullaires par la présence à certains niveaux du cambium de larves d'insectes dont les galeries sont comblées presque aussitôt creusées, étant donné l'activité du méristème cambial. Le parasite semble assez fréquent chez certains bois à grain fin des régions tempérées : Bouleau, Aune, Pommier, etc... mais sa fréquence est sans doute liée plus à des causes locales ou individuelles qu'à l'espèce. Dans le même arbre, toutefois, les taches médullaires seraient plus abondantes en se rapprochant du cœur. Comme pour les rayons groupés, le cas n'est pas très commun dans les bois tropicaux ; il est à noter chez un *Erythroxylum* (Landa) du Cameroun et quelques Mimosacées.

Les thylles sont des proliférations d'une cellule de parenchyme adjacente à un vaisseau ou à une trachéide. Fréquemment, l'intérieur des vaisseaux du bois parfait ou des couches d'aubier ayant perdu leur activité physiologique, est encombré d'un tissu à parois cellulaires relativement minces et aux éléments enchevêtrés. A travers une couple de ponctuations, point de moindre résistance des membranes cellulaires, il y a expansion d'une cellule parenchymateuse, plus turgescence, au milieu du lumen d'un élément vasculaire. C'est cette rupture de la lamelle moyenne par la cellule en voie d'extension qui caractérise le thylle et le différencie du « thylloïde », prolifération d'une cellule sécrétrice à l'intérieur d'un canal sécréteur. Les thylles se comportent comme un véritable parenchyme de cicatrisation à l'intérieur des vaisseaux ; ils peuvent se recloisonner dans la cavité envahie, et présenter une lignification plus ou moins accentuée de leurs parois. On trouve aussi toute sorte de contenus dans les thylles : amidon, résine, gomme, cristaux, etc...

La présence de thylles dans le bois duraminisé est un caractère intéressant à noter aussi bien au point de vue anatomique que technologique puisqu'il pourra en résulter une gêne pour la diffusion des substances à travers les vaisseaux. Les arbres tropicaux de la famille des Moracées possèdent, par exemple, toute une gamme de thylles, depuis ceux à parois minces et celluloses du Parasolier (*Musanga*) jusqu'à ceux fortement épaissis de l'Amourette (*Brosimum*) ; l'Iroko (*Milicia*), les Ficus ont en abondance des thylles, ainsi que les Mûriers (*Morus*). Il paraît même remarquable de signaler la persistance du caractère : présence de thylles, chez l'espèce *M. mesozygia* des forêts tropicales de l'Afrique tropicale, bien différente par ailleurs au point de vue anatomique des autres Mûriers, arbres des régions tempérées ou subtropicales de l'Hémisphère Nord.

**2.1.2.2 Cellules à oléorésines, poches et canaux ; laticifères.** Il est d'usage de considérer comme sécrétions, les corps qui s'accumulent en dehors de la cavité cellulaire, soit dans l'épaisseur de la membrane, soit dans des espaces intercellulaires. Or, il semble désormais bien établi que les cellules, poches ou canaux, qui contiennent des essences et des résines ne constituent pas des « organes » sécréteurs. Les essences se forment dans le proto-

plasme des cellules et les résines naissent de l'activité métabolique cellulaire. « La résine acide peut être utilisée dans les phénomènes de nutrition et de croissance » ainsi qu'André BARGUES l'a précisé au cours de ses recherches sur les feuilles de Pin maritime. Pour notre part, nous préférons aux termes de cellules et poches sécrétrices et de canaux sécréteurs les termes de cellules à huiles essentielles, à résine ou à mucilage, de poches et canaux à oléorésines, à gomme ou à résine, pour désigner les espaces cellulaires ou intercellulaires dans lesquels s'accumulent ces substances de structure chimique différente.

La présence de tels éléments dans le bois est un caractère accessoire de première importance au point de vue de la reconnaissance, bien que cellules, poches, ou canaux ne fassent pas partie des éléments essentiels du plan ligneux.

Les cellules avec des contenus oléorésineux peuvent se distinguer plus ou moins facilement des autres cellules de parenchyme. Fréquentes dans ceux des bois de Gymnospermes qui ne possèdent pas de canaux à résine (Cyprès, Genévrier, Cèdre) on en trouve également dans les bois de certaines familles tropicales d'Angiospermes Dicotylédones. Chez les Annonacées on rencontre souvent dans les rayons des cellules à résine, topographiquement plus ou moins différenciées des autres. Par contre chez les Lauracées il existe communément des cellules à huile essentielle bien différenciées, allongées axialement, plus grosses que les cellules de parenchyme et disposées soit au voisinage des rayons, soit à l'extrémité de ceux-ci. On peut y noter aussi des cellules à mucilage.

Quand la cavité dans laquelle s'accumulent les corps présente une dimension notablement plus grande que les éléments cellulaires, nous sommes en présence d'une poche. Elle résulte généralement de la désorganisation de la paroi des cellules parenchymateuses, puis d'autres éléments ; elle peut prendre l'aspect d'un canal lysigène, avec faible allongement axial, ou bien avoir des proportions beaucoup plus importantes. Ces poches sont habituellement sous la dépendance de traumatisme ou de blessures à un niveau quelconque du bois et sont quelquefois en liaison avec de véritables canaux à gommés-résines.

Rappelons à cette occasion les poches de grande dimension trouvées parfois dans des billes d'Iroko (*Milicia excelsa*) ou de

Doussié (*Afzelia bipindensis*) ; elles renferment des concrétions dures comme de la pierre qui occasionnent des déboires au moment du sciage. Chez l'Iroko, il semble que ces concrétions, à base de carbonate de calcium, soient associées à des tissus anormaux et à un écoulement interne de latex qui durcit ultérieurement ; peut-être s'ajoute-t-il à cela l'action d'un parasite avant solidification de la masse.

La présence de canaux à oléorésine dans le bois est un caractère anatomique assez facilement discernable par les suintements qui en résultent sur les débits. Ce sont des espaces intercellulaires, de longueur indéterminée, dans lesquels s'accumulent des résines (ou des gommés) ; ils prennent naissance normalement dans la zone cambiale.

On distingue topographiquement plusieurs sortes de canaux suivant que les espaces intercellulaires au milieu desquels ils se forment sont orientés parallèlement à l'axe de l'arbre ou bien perpendiculairement à lui. On a ainsi les « canaux axiaux » et les canaux radiaux » communément inclus dans les rayons. Il peut arriver, comme chez les Pins, que les deux sortes de canaux s'anastomosent. Des canaux horizontaux normaux peuvent être en liaison avec des canaux verticaux traumatiques.

Au point de vue de leur origine, les canaux se forment, comme les poches, de deux façons différentes, mais au lieu d'avoir pour point de départ une cellule-mère c'est une file longitudinale de cellules-mères qui leur donnent naissance. Si les files de cellules-mères se multiplient et laissent entre elles un méat par gélification et disparition de la couche mitoyenne primitivement en contact, nous avons un canal de nature « schizogène ». Si, au contraire, le canal résulte de la destruction de cellules, il est de nature « lysisigène ». Bien souvent c'est le double mécanisme «schizolysisigène » qui se produit : il y a d'abord multiplication et écartement de cellules épithéliales puis élargissement par destruction des cellules de bordure. Quand une ou plusieurs couches de cellules parenchymateuses entourent le canal sécréteur, il est évident que nous sommes en présence d'un canal schizogène (Pins, Douglas), mais dans les bois tropicaux c'est la formation schizolysisigène ou lysisigène qui prédomine (Oboto, Copaliers, etc...). Les cellules épithéliales sont d'ailleurs de taille et de forme variables avec des parois plus ou moins épaisses.



Enfin les canaux intercellulaires peuvent être de « type normal », c'est-à-dire se rencontrer normalement dans le bois, comme c'est le cas pour les canaux verticaux des Diptérocarpacées ou de certains genres de Césalpiniacées, ou bien résulter d'une réaction locale de l'arbre. Il y a formation alors de canaux traumatiques, fréquents chez les Méliacées (*Khaya*, *Lovoa* par exemple), certaines Légumineuses (*Berlinia*, *Anthonotha*), Bombacacées, Sterculiacées, etc. Nous avons souvent suivi sur des débits des canaux, disposés en zones plus ou moins concentriques, et noté qu'ils étaient toujours développés de part et d'autre d'un nœud recouvert. Ces canaux traumatiques à gomme-résines s'élargissent parfois sensiblement au détriment des tissus voisins par gommose ; le cas est typique chez certains *Berlinia* ou *Vochysia*. Il s'agit là d'une formation pathologique de la gomme, sorte d'exagération d'un phénomène physiologique normal.

Les gommages sont des mélanges très complexes de divers produits de désintégration des constituants de la membrane cellulaire ; ils constituent souvent dans les vaisseaux des bouchons localisés au niveau des cloisons perforées. Or, il arrive que les tissus voisins de canaux à gomme subissent eux aussi une transformation gommeuse. La couche secondaire des membranes de parenchyme ligneux voisin des canaux est d'abord atteinte, elle gonfle jusqu'à obstruction de la cavité cellulaire, puis la gommose gagne le reste de la paroi. Les rayons du bois sont eux-mêmes partiellement détruits à ce niveau ; puis les fibres, en commençant par leur couche la plus interne. Les parois des vaisseaux résisteraient mieux à la gommification. On obtient ainsi des lacunes, évidentes et d'aspect particulier, remplies d'une gomme rouge plus ou moins sombre ; lacunes dans lesquelles une zone circumédullaire de bois présente des tissus lignifiés plus ou moins détruits.

Les canaux verticaux normaux peuvent être soit disséminés dans les couches d'accroissement (*Dipterocarpus*), soit disposés en zones concentriques (*Copaifera*) ; de même on peut rencontrer un ou plusieurs canaux horizontaux dans le même rayon. Suivant les essences, ces derniers canaux entraînent ou non un accroissement en largeur du rayon. Chez certaines Guttifères, comme *Mammea africana*, les rayons avec canaux sont sensiblement plus gros que les autres rayons multisériés ; par contre, dans le bois d'Anacardiées du type *Lannea*, les rayons restent de même largeur.

Les bois de certaines Apocynacées, Euphorbiacées ou Loganiacées, présentent des canaux intercellulaires d'un type assez particulier. La face tangentielle des débits montre souvent des groupes de cavités lenticulaires bien visibles, d'un à plusieurs centimètres, cavités fréquemment disposées en rangées horizontales assez espacées les unes des autres en hauteur et allongées radialement sur une grande longueur ; enfin ces cavités sont partiellement remplies par les restes desséchés d'un tissu non lignifié. Nous sommes en présence d'« alvéoles à laticifère » qui traversent le bois pour aller aux bourgeons axillaires des feuilles ou aux rameaux qui en dérivent.

Enfin, un dernier caractère accessoire des tissus lignifiés est fourni par les « tubes à tannin » rencontrés sporadiquement dans les rayons du bois des Myristicacées (*Pycnanthus* et *Cælocaryon*, par exemple). Ce ne sont pas des canaux intercellulaires, ni de véritables laticifères horizontaux, mais des files de cellules avec dépôts brun rougeâtre, qui ont sensiblement même hauteur que les files de cellules couchées du rayon, et forment une longue ligne radiale.

**2.1.2.3 Trachéides juxtavasculaires.** Ces éléments accessoires du plan ligneux des bois de Feuillus ne sont reconnaissables qu'à l'échelle microscopique.

Comme le nom l'indique, les trachéides juxtavasculaires se trouvent à proximité immédiate des vaisseaux ; elles sont plus courtes que les trachéides ordinaires, et de forme irrégulière, car habituellement comprimées lors de l'accroissement en diamètre des éléments vasculaires. Il existe aussi, dans le bois des Feuillus, des éléments vasculaires imparfaits ou dégénérés ; éléments de transition avec les vaisseaux, on les nomme « trachéides vasculaires » ; les cellules sont sans perforation tandis que les éléments de vaisseaux sont toujours perforés.

On peut rencontrer des éléments qui présentent à certains niveaux des perforations ; de telles cellules se placent alors au voisinage des éléments vasculaires, en ce qui concerne leur rôle conducteur.

Dans les rayons de certains bois appartenant au groupe des Célastrales, on a trouvé de ces cellules perforées ; de même existe le cas d'éléments vasculaires en forme de fibre chez les

Passifloracées. Pour les cellules perforées des rayons, la différenciation se fait de la façon suivante ; étant donné une cellule située au bord d'un rayon et entourée de vaisseaux de part et d'autre, il se produit une perforation des parois latérales qui met en communication les deux séries verticales d'éléments vasculaires. Dans les mêmes conditions, des fibres trachéides peuvent présenter, soit une, soit deux perforations, au quart inférieur de leur longueur ou bien, plus près des extrémités.

**2.1.2.4 Liber inclus.** En principe l'assise cambiale fonctionne d'une manière continue, indéfiniment et régulièrement. En cas contraire, il y a production de structures particulières qui présentent un intérêt systématique pour l'identification parce qu'est alors facilité le rattachement du bois à un groupe restreint.

Pratiquement, on se trouve en présence d'inclusion de liber dans le bois. En négligeant les anomalies de structure qui tiennent au caractère lianescent de certaines tiges : fissuration de la masse ligneuse ou fonctionnement irrégulier de l'assise cambiale, on peut retenir les cas principaux suivants pour les tiges ligneuses dressées.

a) La durée de fonctionnement du cambium est limitée au lieu d'être indéfinie ; on a une succession d'assises cambiales et un liber inclus concentrique (type *Avicennia*). Il en résulte des couches de liber incluses dans le bois ou une alternance d'îlots de liber enfermés dans des couches de parenchyme de remplissage anastomosées au milieu de la masse ligneuse.

b) Il y a présence de cordons libériens inclus dans le bois soit par arrêt de croissance d'arcs de cambium à certains niveaux (îlots à différenciation centripète du type *Strychnos*), soit par formation de liber du côté interne de l'assise cambiale (îlots à différenciation centrifuge du type *Endodesmia* ; certaines espèces de *Combretum*).

### 2.1.3 Modèle de fiche anatomique

NOM VULGAIRE :

PROVENANCE

NOM SCIENTIFIQUE : Genre, espèce, auteur (Famille).

Aspect du bois, grain, texture, nature du fil ; aspect de l'aubier ; caractères particuliers de l'échantillon ; densité et dureté.

#### EXAMEN MACROSCOPIQUE

**Section transversale.**— Cernes (particularités anatomiques). Vaisseaux : taille, disposition, groupement et nombre des pores. Parenchyme : disposition et abondance. Rayons : visibilité, nombre. Eléments accessoires (thylles, tâches médullaires, liber inclus, cavités intercellulaires).

#### Sections longitudinales :

a) *Tangentielle.* — Structure étagée ; aspect des rayons, leur taille. Présence de canaux sécréteurs ou de laticifères. Aspect des autres tissus.

b) *Radiale.* — Hauteur et structure des rayons. Aspect des divers tissus.

#### EXAMEN MICROSCOPIQUE

**Vaisseaux.** — Disposition et groupement des pores. Largeur. Abondance. Longueur des éléments. Contenus (thylles, dépôts). Nature des perforations. Ornementation des parois. Disposition, forme et taille des couples de punctuations. Caractères divers. Présence de trachéides vasculaires.

**Parenchyme.** — Disposition. Abondance. Nature des éléments cellulaires. Contenus. Eléments sécréteurs différenciés. Caractères divers.

**Rayons ligneux.** — Type. Disposition. Nombre. Hauteur. Largeur (en nombre de cellules et en microns). Nature des éléments cellulaires. Contenus. Eléments sécréteurs différenciés. Caractères divers.

**Tissu fibreux.** — Type de fibres. Longueur. Largeur. Epaisseur des parois. Caractères divers.

**Eléments accessoires.** — Canaux verticaux normaux. Canaux traumatiques. Liber inclus.

Date et nom du rédacteur.

## 2.2 BOIS DES RÉSINEUX

### 2.2.1 Éléments fondamentaux

Toujours présents, ils constituent la presque totalité de la masse du bois.

**2.2.1.1 Les trachéides.** Elles sont appelées vulgairement et improprement « fibres ». Éléments très allongés dans le sens de l'axe de l'arbre par rapport à leur diamètre. De plus, au cours de la différenciation, la paroi radiale d'une trachéide s'accroît 4 ou 8 fois plus qu'elle n'était au moment de la subdivision de l'initiale du cambium, tandis que la paroi tangentielle reste sensiblement de même largeur. Cette extension radiale influe sur les structures respectives ultérieures des parois tangentielles et radiales des trachéides. Elles sont caractérisées par la présence vers l'extrémité des parois radiales, de ponctuations dites aréolées ; typiquement, ce sont des ponctuations dans lesquelles la paroi secondaire de la cellule surplombe sa membrane qui présente un épaississement lenticulaire central appelé Torus.

La longueur des trachéides varie dans des limites plus grandes que celle des fibres des Feuillus ; en moyenne, on peut retenir les chiffres de 2 à 7 mm en longueur et pour la largeur de 20 à 60 microns. Les trachéides présentent de grandes variations dans l'épaisseur des parois. Les trachéides, et surtout les trachéides à parois minces sont fréquemment terminées en pointe émoussée quand on les regarde en coupe radiale et elles apparaissent plus ou moins effilées en coupe tangentielle. En fait, elles forment verticalement des files continues où chaque élément se raccorde en siflet au précédent.

Le diamètre tangentiel des trachéides est héréditaire ; il contribue à l'impression visuelle ressentie quand on regarde une section transversale de bois résineux. Le grain est fin quand les trachéides sont de faible diamètre. Dans les trachéides à parois épaisses, quel que soit leur diamètre, la lumière (ou cavité de la trachéide), peut se trouver réduite à un fin canal ; les ponctuations aréolées sont alors nécessairement de petite dimension et l'ouverture du canal de la ponctuation est souvent en fente (orifice elliptique).

Les trachéides axiales jouent un double rôle d'élément conducteur et d'élément de soutien. Les communications entre trachéides sont assurées par les ponctuations aréolées et dans les champs de croisement entre les trachéides et les cellules de parenchyme des rayons, par des ponctuations simples de type variable.

Chez la grande majorité des Conifères, la limite entre le bois final et le bois initial de l'année suivante est très tranchée et les zones d'accroissement successives sont très distinctes les unes des

autres, même à l'œil nu. Ce fait résulte du contraste marqué entre les trachéides formées au début de la saison de végétation (bois initial) ou trachéides de printemps, à forte section, à parois minces et à large lumen et les trachéides formées à la fin de la saison (bois final) ou trachéides d'été, aplaties radialement et à lumen très réduit, ces dernières formant un bois plus dense, plus dur et plus coloré que le bois initial. La dernière assise de cellules formées est toujours très aplatie radialement.

Les trachéides du bois final jouent surtout le rôle d'éléments de soutien ; elles se forment au moment où la circulation de la sève se ralentit et lorsque l'assimilation chlorophyllienne est la plus active (par suite de l'influence de l'éclairement et de la température).

**2.2.1.2 Les rayons.** Lames de tissu lignifié dirigées radialement dans la masse du bois. On définit le rayon comme un agrégat de cellules formées par le cambium à partir des îlots de cellules-mères des rayons, sorte de ruban qui s'étend à travers bois et liber. Il s'agit ici de la portion dite « rayon-ligneux ». Il faut absolument rejeter le terme de « rayon médullaire », c'est seulement dans des jeunes tiges qu'on peut trouver des rayons de formation primaire qui se prolongent par accroissement cambial ; dans le bois, les rayons ne se prolongent pas vers l'intérieur jusqu'à la moëlle.

Les rayons ligneux paraissent jouer un double rôle : d'une part ils servent de voie de communication entre les parties internes du bois et le liber, d'autre part ils servent de tissu de réserve pendant la période de repos (accumulation d'amidon en hiver).

Dans un bois adulte, le nombre des rayons est sensiblement constant pour une espèce donnée par unité de volume (ou par unité de surface d'après une coupe tangentielle et, dans une certaine mesure, par unité de longueur sur une coupe transversale). La hauteur et la largeur des rayons sont aussi caractéristiques d'une espèce ou d'un groupe d'espèces. Par contre, dès qu'un rayon ligneux a pris naissance, il persiste à travers les accroissements successifs, de telle sorte qu'il ne faut pas tenir compte de la longueur des rayons ligneux, pratiquement indéterminée. L'analyse anatomique des rayons de Conifères est de nature strictement microscopique et essentielle pour la reconnaissance des principaux bois résineux dont la détermination précise est pratiquement impossible à l'œil nu.

L'épaisseur des rayons en section tangentielle, ce qui indique leur largeur, est ordinairement d'une seule cellule (rayons unisériés) quelquefois de deux cellules (rayons bisériés) ; leur hauteur peut varier de 1 à 40 cellules, parfois davantage. S'ils sont exclusivement formés de cellules de parenchyme, les rayons sont dits homogènes. Chez certaines essences, les rayons peuvent comporter, outre les cellules de parenchyme, d'autres éléments (trachéides transversales ou canaux résinifères), ils sont dits hétérogènes.

Les cellules de parenchyme des rayons ligneux sont des cellules à parois minces ou épaisses et ornées de ponctuations simples, qui les font communiquer soit entre elles, soit avec les trachéides. Pour l'identification des bois, leurs différentes parois feront l'objet d'un examen minutieux sur coupe longitudinale radiale ; les parois tangentielles (= parois terminales pour les cellules dissociées) y sont vues en coupe comme les parois transversales (parois situées transversalement avant dissociation = parois longitudinales dans le cas de cellules dissociées). Elles se singularisent par l'épaisseur des parois et l'abondance relative des ponctuations sur ces parois. Mais les parois radiales (parois situées radialement avant dissociation = parois longitudinales pour les cellules dissociées) y sont vues en plan, et non en coupe, et superposées aux trachéides sous-jacentes. Les champs de croisement entre ces parois des cellules de parenchyme d'un rayon ligneux et les trachéides du bois initial, ont une grande valeur diagnostique pour la reconnaissance des bois de Conifères ; la dimension, la forme et le nombre des ponctuations qui occupent ces champs de croisement sont à noter.

## **2.2.2 Eléments accessoires**

Présents dans le bois de certaines essences seulement.

**2.2.2.1 Les trachéides transversales.** Trachéides faisant partie d'un rayon. Dans quelques genres de Conifères, on trouve avec les cellules de parenchyme, des cellules plus allongées, à parois plus ou moins ornées de sculptures en relief et munies de ponctuations aréolées. Ces trachéides transversales sont disposées dans le rayon ligneux de la même manière que les cellules de parenchyme. Un

tel rayon hétérogène se trouve formé d'un certain nombre de files de cellules de parenchyme entremêlées ou encadrées en haut et en bas de files de trachéides. Certains rayons, de faible hauteur, peuvent être exclusivement formés de trachéides transversales.

Ce sont des cellules mortes. Leurs ponctuations aréolées sont plus petites que celles des trachéides axiales. Leurs parois transversales sont parfois minces et onduleuses, plus souvent elles présentent des ornements caractéristiques d'un groupe d'espèces, et ces épaissements peuvent arriver à former une sorte de réseau à travers la lumière de la trachéide transversale.

Les trachéides transversales, comme les trachéides axiales, présentent parfois des renforts hélicoïdaux à la face interne de la paroi secondaire ou sur une partie de celle-ci : ce sont des *épaissements spiralés* (*Pseudotsuga menziesii*, *Taxus baccata*). Plusieurs spirales peuvent être observées dans la même trachéide ; elles s'élèvent dans le sens inverse des aiguilles d'une montre et le pas de la spirale varie avec la largeur de la cellule et l'épaisseur de la paroi.

Chez les espèces qui possèdent des rayons à trachéides transversales (telles que les espèces de Pin, d'Épicéa, de Mélèze, de Cèdre) une spécialisation est plausible dans le rôle réciproque des deux éléments : les trachéides jouent un rôle de tissu conducteur et le parenchyme, celui de tissu de réserve.

**2.2.2.2 Les cellules de parenchyme axial.** Cellules assez analogues par leur forme générale aux cellules de parenchyme des rayons, mais à caractère sécréteur et avec leur grand axe suivant le fil du bois. Les cellules sécrétrices de parenchyme sont généralement disposées en file et disséminées au milieu des trachéides, soit sans ordre apparent, soit en lignes tangentielles concentriques plus ou moins marquées. Elles sont souvent beaucoup plus abondantes dans les tissus cicatriciels.

En coupe longitudinale, elles se distinguent facilement des trachéides par leur cloisonnement horizontal et leurs ponctuations simples ; et en coupe transversale, par leurs parois plus minces et par leur contenu qui remplit la lumière de la cellule.

On les trouve abondamment dans les bois des Cupressacées et des Taxodiacées (*Taxodium*, *Sequoia*, *Chamaecyparis*, *Cupressus*, *Juniperus*). Elles existent parfois, mais rarement, chez les genres *Picea*, *Larix*, *Pseudotsuga*.



**2.2.2.3 Les canaux résinifères.** Espaces intercellulaires tubulaires, de longueur indéterminée, autour desquels on trouve une ou plusieurs couches de cellules de parenchyme dont la plus interne est sécrétrice (épithélium). L'oléo-résine sécrétée s'accumule dans la cavité du canal.

L'aspect du canal résinifère peut varier considérablement suivant les espèces, et les canaux résinifères n'existent que dans un petit nombre de genres. On trouve des canaux résinifères dans les genres *Pinus*, *Picea*, *Larix*, *Pseudotsuga* ; il est assez curieux de remarquer que ces genres possèdent également des trachéides transversales.

Les canaux résinifères peuvent être de deux types : soit axiaux, ils sont alors disséminés parmi les trachéides axiales, soit radiaux et alors ils sont localisés dans des rayons élargis. Ces canaux communiquent entre eux et forment un système continu.

Chez les Pins, les cellules sécrétrices sont grandes, irrégulières, à parois minces, très peu lignifiées, de telle sorte que dans les coupes ces cellules sont généralement très abîmées, tandis que dans d'autres genres (Epicéa, Mélèze, Douglas), les cellules sécrétrices sont petites, arrondies, à parois relativement épaisses et bien lignifiées. Il peut arriver que les cellules sécrétrices émettent dans la cavité du canal des proliférations qui obstruent celui-ci, ces proliférations sont appelées « thylloïdes ». Les canaux résinifères sont nombreux, isolés et régulièrement répartis dans la masse du bois, chez les Pins leur dimension est telle qu'ils sont généralement visibles à l'œil nu. Dans d'autres genres, au contraire, ils sont beaucoup moins nombreux, souvent groupés par 2 ou 3, et ne sont visibles qu'à la loupe.

En plus des canaux résinifères normaux, il se forme parfois des canaux résinifères traumatiques à la suite de blessure de l'assise cambiale. Le fait existe non seulement dans le bois des espèces qui comportent normalement des canaux, mais aussi dans certains genres qui ne possèdent pas de canaux normaux (*Abies*, *Cedrus*, *Sequoia*, *Tsuga*). Ces canaux traumatiques sont toujours groupés en série tangentielle.

## 2.2.3 Modèle de fiche anatomique

NOM VULGAIRE :

PROVENANCE.

NOM SCIENTIFIQUE : Genre, espèce, auteur (Famille).

Aspect du bois, grain, texture, fil ; aspect de l'aubier ; caractères particuliers de l'échantillon ; densité et dureté.

### EXAMEN MACROSCOPIQUE

**Section transversale.** — Cernes (particularités anatomiques). Présence de cavités intercellulaires (canaux résinifères axiaux).

#### Sections longitudinales :

a) *Tangentielle.* — Aspect des rayons, leur taille. Présence de canaux résinifères axiaux et horizontaux.

b) *Radiale.* — Hauteur des rayons. Aspect des divers tissus.

### EXAMEN MICROSCOPIQUE

**Couches d'accroissement.** — Aspect du bois final.

**Trachéides.** — Longueur et largeur, épaisseur des parois. Nombre et disposition des ponctuations sur les parois radiales des trachéides au début du bois initial. Présence de ponctuations sur les parois tangentielles des trachéides à la fin du bois final. Nature et nombre des ponctuations par champ de croisement trachéides-rayons dans le bois initial. Présence d'épaississements spiralés dans le bois initial ; torus lobé ; épaississements callitrisoïdes.

**Rayons.** — Largeur (Sériation), avec ou sans canaux sécréteurs. Hauteur. Nombre. Composition homogène ou hétérogène. Aspect et répartition des trachéides transversales. Épaisseur des parois horizontales des cellules du bois initial ; présence de ponctuations sur les parois horizontales des cellules du bois final. Indentures ; parois terminales des cellules noduleuses. Eventuellement, présence de cristaux.

**Parenchyme.** — Présence ou absence ; abondance. Localisation (strictement terminal ou dispersé parmi les trachéides). Épaisseur des parois. Parois terminales des cellules noduleuses.

**Canaux résinifères.** — Présence ou absence. Normaux ou traumatiques. Abondance et localisation. Taille (diamètre tangentiel maximal) et nombre. Epithélium à parois minces ou à parois épaisses.

Date et nom du rédacteur

## 2.3 FIXITÉ DU PLAN LIGNEUX ET VARIABILITÉ DES CARACTERISTIQUES ANATOMIQUES

Dans quelle mesure un prélèvement quelconque de bois peut-il permettre de se rendre compte de la structure d'une essence forestière ? L'ensemble des caractères de structure du bois, qui tiennent à la nature, à la forme et au groupement des cellules constitutives et qui définissent son plan ligneux, est constant pour un ensemble d'arbres qui appartiennent normalement à une même espèce, quelquefois à plusieurs espèces voisines ou à des variétés d'une même espèce. Comment concilier cette fixité du plan ligneux, sans laquelle on ne pourrait pas distinguer et reconnaître un bois de Chêne, de Châtaignier, de Tîama ou de Sapelli et la variabilité d'aspect et de structure constatée par l'analyse anatomique entre différents prélèvements faits sur ces essences ?

Fixité du plan ligneux : cela signifie que, pour une espèce déterminée, nous retrouverons toujours un schéma-robot caractéristique de cette espèce. Ce schéma-robot pourra correspondre aux particularités anatomiques d'un échantillon spécialement choisi pour représenter le type moyen de structure du bois de l'espèce. En fait, il tiendra compte d'un ensemble de caractéristiques anatomiques qui, par expérience, sont toujours liées entre elles, quelle que soit l'ampleur des variations enregistrées chez l'essence suivant l'âge, la provenance ou le traitement sylvicole.

L'état vivant des structures végétales implique nécessairement une notion de variation : la variabilité est une caractéristique inhérente au matériau-bois, ce qui explique pourquoi il est souvent désavantagé par rapport à d'autres matériaux dans l'esprit de l'ingénieur. Certaines variations anatomiques sont, en réalité, des modifications de structure qui ont un caractère anormal ou pathologique ; elles constituent des « défauts » formation de bois de réaction (bois de tension ou bois de compression), particularités d'orientation du fil. Mais, indépendamment des anomalies, les réceptionnaires de bois commerciaux savent bien que toutes les billes d'une même espèce ne sont pas identiques et que l'amplitude des variations diffère avec les essences.

La variabilité dans le bois est un phénomène qui intéresse aussi bien sa constitution anatomique que sa constitution chimique ; elle

entraîne souvent pour la même espèce botanique une gamme de propriétés telle que ses emplois changeront et que la valeur économique de la marchandise ne sera pas du tout la même. Nous nous bornerons à signaler les principaux facteurs qui, en agissant sur le fonctionnement du cambium au cours de la vie de l'arbre, peuvent engendrer un bois dont l'aspect, pour une orientation donnée, s'écartera du schéma-robot qui caractérise son plan ligneux. Nous ne traiterons pas des modifications consécutives à la formation du cœur mou, du bois de réaction, à celle des déviations de fil ou à celle des altérations. Elles ont des conséquences technologiques primordiales, mais pour la pratique de l'identification nous préférons insister sur les modifications de plan ligneux qui laissent apparemment le bois d'une essence déterminée dans un état normal.

Il existe des variations de la structure du bois en fonction des facteurs du milieu : climat, altitude et latitude qui définissent souvent des races chez une essence forestière et en fonction des facteurs édaphiques et biotiques qui conditionnent la nutrition de l'arbre. Tout cela peut être cause de variabilité entre les arbres d'une même espèce en affectant la taille des cellules ou la proportion respective des tissus ligneux, pour en rester sur le plan anatomique et dans une perspective d'identification. Beaucoup de travaux ont montré qu'il existe en fonction de la hauteur dans l'arbre, selon une série de couches d'accroissement et même à l'intérieur d'un cerne annuel, une variabilité normale du bois. Il y a ainsi entre les différentes parties d'un très gros arbre d'une essence donnée, une amplitude de variation plus grande que dans des parties homologues de différents sujets de la même essence.

### **2.3.1 Modifications anatomiques avec l'âge**

— Pendant un certain nombre d'années, qui n'est pas le même pour toutes les essences, il y a formation d'aubier ; ensuite le bois perd plus ou moins son rôle fonctionnel et il s'ensuit des modifications chimiques (duraminisation). D'où morphologiquement, la présence dans les vaisseaux du bois parfait des Feuillus soit de thylls, soit de dépôts (suivant la taille des ponctuations par champ de croisement vaisseau-parenchymes) ; chez les Conifères, les couples de ponctuations aréolées seront bloquées.

— Par suite de la croissance en hauteur et de l'élagage naturel du tronc, le bois renfermera d'autant plus de nœuds que la grosseur de l'arbre sera faible. Au niveau de ces nœuds et des bourrelets de recouvrement ultérieurs, il y aura déviation du fil du bois. Côté cœur il pourra se former des fractures internes et des canaux traumatiques, se développer des altérations, tandis que du côté externe on aura un bois net de défauts.

— Les éléments du bois ont tendance à augmenter de taille pendant plusieurs années jusqu'à ce qu'ils atteignent un développement plus ou moins stable. Dans ce sens, certains auteurs prétendent que le bois des Résineux atteint sa structure définitive vers l'âge de 40 ou 50 ans, tandis que le bois des Feuillus l'atteindrait plus tôt, c'est-à-dire vers 10-20 ans. En fait cela varie beaucoup avec les essences : ainsi pour le Hêtre elle est entre 30 et 40 ans.

Dans une certaine mesure, le tronc d'un gros arbre renferme toute la gamme des variations de structure de l'essence. Au centre on aura du bois formé au début de la croissance, « bois juvénile », qui se retrouvera à une certaine hauteur jusqu'à la périphérie du tronc. On aura ensuite du « bois adulte » avec des modifications qui refléteront les conditions de croissance autant que les facteurs héréditaires. Enfin, on pourra avoir du « bois suranné », caractéristique des très vieux arbres, en liaison avec des anomalies de disposition des tissus et du fil, par suite d'une vigueur végétale sur le déclin.

De nombreux chercheurs ont montré que, de la moëlle à l'écorce, la longueur des éléments vasculaires et le diamètre des vaisseaux augmentaient très rapidement pendant quelques années, puis gardaient à peu près les mêmes dimensions tout en variant légèrement avec les conditions de milieu. Certains auteurs attachent une importance systématique au diamètre tangentiel des pores pour distinguer des espèces voisines d'un même genre : c'est seulement valable si les conditions de prélèvement du matériel examiné sont bien précisées et si les mesures moyennes n'ont pas été appréciées subjectivement. Il arrive que le diamètre des pores du bois adulte d'une espèce donne une valeur identique au diamètre des pores du bois juvénile d'une autre espèce du même genre, si les mesures sont faites sans précaution.

Chez des Résineux, l'effet de l'âge sur la longueur des trachéides a plus d'importance que la largeur des couches d'accrois-

sement dans les quinze premières années ; et Dinwoodie estimait qu'après 50 ans, l'âge était moins important que la largeur des cernes.

La taille des éléments cellulaires, la répartition des vaisseaux et du parenchyme, même le type de perforation des éléments vasculaires, la nature des rayons varieront pour une même espèce chez des bois provenant d'arbres trop jeunes ou d'arbres trop vieux en rapport avec la largeur des couches d'accroissement.

— La largeur des rayons multisériés, surtout chez les bois avec des rayons de constitution hétérocellulaire, augmente avec l'âge au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la moëlle, tandis que leur hauteur tend à décroître. En outre, les végétaux avec des rayons homogocellulaires dans le bois adulte peuvent présenter des rayons hétérocellulaires dans le bois jeune. F. W. JANE a signalé que la largeur des rayons, exprimée en nombre de cellules, montrait une augmentation frappante chez tous les spécimens à croissance rapide. Dans le Frêne (*Fraxinus*) on passait de rayons 3-sériés à 4-sériés ; dans le Châtaignier (*Castanea*) chez lequel les rayons 1-sériés sont normalement prédominants, on avait un nombre presque égal de rayons 1 et 2-sériés avec l'accroissement du taux de croissance.

### **2.3.2 Modifications anatomiques avec les conditions de croissance**

— S'il y a une variation dans la longueur des fibres avec l'âge pour des espèces chez lesquelles les cernes sont apparents, il existe aussi une variation de longueur des fibres dans un même anneau ligneux. Ainsi, dans un bois d'*Eucalyptus gigantea*, on a trouvé que les fibres du bois final étaient environ 60 % plus longues que les fibres du bois initial. La variation progressive de longueur des fibres suit une courbe caractéristique qui se répète à travers les différents cernes.

— Chez les essences dont le bois présente une zone poreuse, il y a une relation étroite entre la dimension des cellules (aussi bien des fibres que des vaisseaux) et les conditions de croissance, parce que la croissance chez de telles essences démarre brutalement au début de la saison d'activité végétative. Les fibres du bois final peuvent être deux à trois fois plus longues que celles du bois ini-

tial ; elles atteignent cette dimension beaucoup moins progressivement que chez les essences à pores disséminés et la courbe caractéristique de la variation de longueur des fibres à l'intérieur de chaque cerne n'a pas la même allure que ci-dessus.

— Une étude concernant l'influence des points cardinaux sur la longueur des fibres et des trachéides a mis en évidence le rôle de l'éclairement du tronc. Chez des Résineux, des Feuillus tempérés et tropicaux, même des Bambous, les fibres du côté ensoleillé sont nettement plus courtes que celles situées du côté resté dans l'ombre. Les différences étaient de 50 microns avec les Feuillus, à 350 microns avec les Résineux. Pour un même cerne, on a noté une différence plus grande dans le bois final que dans le bois initial, suivant les conditions d'éclairement du tronc.

— Chez les Résineux ou les Feuillus qui ont été gemmés pour recueillir l'oléo-résine du bois, on note des modifications de structure à la suite des saignées. Chez le Sal (*Shorea robusta*), Diptérocarpée asiatique qui donne une sorte de dammar, les modifications portent sur de nombreux points. Il y a augmentation du nombre des vaisseaux, réduction de leur largeur, et modification dans leur disposition ; il y a augmentation aussi du nombre des canaux par formation d'origine post-cambiale de canaux lysi-gènes ; il y a présence de nombreux dépôts dans les tissus de parenchyme, élargissement des rayons, proportion moindre du tissu fibreux, qui a des parois relativement moins épaisses ; enfin, dans certains cas, formation de thylls.

— Tout à fait indépendamment de l'action du gemmage, on a remarqué aussi dans l'Inde, sur la même essence, que le Sal produisait souvent très peu de bois l'année qui précédait celle de la fructification.

— Il est d'usage, avons-nous dit, de distinguer les bois à zone poreuse des bois à pores diffus. Or, la répartition des vaisseaux, même à ce stade, est modifiée par les conditions de milieu, ou celles de croissance. Indépendamment du milieu, des essences comme *Gmelina arborea*, peuvent présenter sur un même individu des cernes avec de véritables zones poreuses et des cernes à pores diffus, sans différence saillante de taille ou du nombre des pores au début des périodes d'activité végétative. Par contre, un bois de la même famille, le Teck, également d'origine asiatique, donne des cernes avec zones poreuses très nettes dans les pays de moussons,

et il peut perdre presque complètement ce caractère sous climat équatorial. Cette modification dans l'inégalité de taille et de répartition des pores entraîne l'apparition d'une couche continue de parenchyme concentrique au commencement des cernes.

En conclusion, la variabilité est bien une caractéristique inhérente au bois. Le phénomène ne concerne pas seulement l'ingénieur ; bien des erreurs d'identification sur des bois commerciaux sont dues à une méconnaissance du sens et de l'ampleur de la variabilité anatomique chez les différentes essences. A cause de cela, en présence de morceaux de bois de petite dimension, prélevés dans des conditions défectueuses, il faut redoubler de prudence pour une identification spécifique correcte.

Les variations de structure sont mises en évidence, soit par une analyse macroscopique (définitions du grain, de la texture ; proportion réciproque des différents tissus ligneux) soit par une analyse microscopique pour la dimension des éléments cellulaires ou la structure des rayons. Elles n'affectent en rien la notion de plan ligneux et sa fixité ; elles mettent seulement en évidence que le plan ligneux d'un Teck ou d'un Sipo pourra être plus délicat à préciser que celui d'un Azobé ou d'un Okoumé, par suite de leur plus grande amplitude de variabilité. Si la notion de fixité du plan ligneux est une conséquence génétique de l'espèce, celle de variabilité du plan ligneux est une conséquence physiologique de l'individu (conditions de nutrition et plus spécialement approvisionnement en eau).

## **2.4 NOTIONS D'ÉVOLUTION EN ANATOMIE DU BOIS**

Le caractère essentiel servant de fil conducteur pour déterminer la signification des caractères évolutifs est la longueur des initiales du cambium qui subissent une réduction notable au cours de l'évolution. Il n'est pas facile dans le cas des utilisateurs de bois de pouvoir se servir d'un tel critère. Cependant, par l'examen d'un prélèvement de bois commercial, il est possible d'avoir une opinion sur le degré d'évolution du bois examiné, grâce à des corrélations de caractères que nous allons préciser. Rappelons tout d'abord qu'au cours du développement des formations primaires et



secondaires d'un même individu, la variation de longueur des éléments verticaux du bois est évidente. Elle n'est pas progressive elle présente une discontinuité, notamment chez les Dicotylédones, où la différence de longueur est très brusque quand on passe des derniers éléments du bois primaire aux premiers éléments du bois secondaire, qui leur sont contigus. Au cours du développement ontogénique, c'est-à-dire quand la plante vieillit, les initiales cambiales s'allongent fortement. Donc, sur le plan phylogénétique, la longueur des éléments différenciés n'aura de signification que si l'on s'adresse à un bois suffisamment âgé pour être sûr que les dimensions sont stabilisées.

Tandis que les morphologistes ont précisé des caractères évolutifs à partir de la fleur chez les Angiospermes, d'autres chercheurs se sont efforcés de mettre en évidence un certain nombre de faits qui révèlent une évolution anatomique du bois secondaire ; les plus anciens critères sont connus depuis une cinquantaine d'années. Nous citerons :

— L'élément vasculaire avec cloisons perforées à perforations en grille apparaît dans les plantes avant l'élément vasculaire à perforation simple.

— Parmi les vaisseaux à perforations en grille, le type avec nombreux échelons et ouvertures étroites est plus primitif que celui dans lequel il y a peu d'échelons séparant de larges ouvertures.

— Les éléments vasculaires qui sont longs, de faible diamètre et de contour anguleux en section transversale ont précédé ceux qui sont courts, larges et arrondis.

— Les éléments vasculaires avec de longues extrémités très obliques sont plus primitifs que ceux qui possèdent une cloison terminale perpendiculaire à l'axe du vaisseau.

— Sur les parois latérales des vaisseaux, l'ordre d'évolution des diverses dispositions de ponctuations intervasculaires est : disposition scalariforme — de transition — en rangées horizontales — en files obliques.

— Les pores isolés sont une disposition moins spécialisée que les pores accolés (files de pores ou groupes de pores).

— Il y a une progression évolutive dans l'ordre trachéides, fibres trachéides et fibres simpliciponctuées. Accompagnant cela, il y a une décroissance progressive dans la longueur de ces éléments.

— La disposition dispersée des cellules de parenchyme ligneux est plus primitive que ne le sont les groupements tels que : en couches indépendantes des pores et surtout un parenchyme paratrachéal qu'il soit circumvasculaire, aliforme ou anastomosé.

— Au cours de l'évolution des espèces, on observe une diminution du nombre des cellules de parenchyme disposées en une même file verticale. Dans un bois primitif, on aura un nombre élevé (8 et +) de cellules de parenchyme en assez longues files issues des mêmes initiales du cambium. Dans un bois évolué, les files de cellules de parenchyme seront plus courtes et en nombre moindre (1 ou 2).

— Les rayons avec des cellules dressées et des cellules couchées seraient moins spécialisés que les rayons qui ont toutes leurs cellules couchées.

— Les bois sans structure étagée sont plus primitifs que les bois à structure étagée. Sur 1 800 espèces examinées dans ce sens, 291 espèces avec structure étagée ont montré une série de critères d'évolution très nettement marquée.

Quand la structure étagée est limitée à certains genres d'une famille, ou à certains individus dans l'espèce d'un genre, on doit en déduire que ces genres ou ces individus sont plus évolués que les autres.

Il est important de noter que la spécialisation des tissus du bois (ou des éléments de ces tissus) n'apporte pas nécessairement l'évidence d'affinités dans la classification botanique, mais seulement qu'elle indique un état phylogénique dans une unité taxonomique bien établie. Ici, comme ailleurs, il est essentiel d'avoir recours à une combinaison de caractères car l'évolution de certains caractères peut être, soit accélérée, soit retardée, par rapport à d'autres critères. On n'a jamais trouvé de perforations en grille à l'extrémité des éléments de vaisseau d'un bois à structure étagée, mais dans les bois à zone poreuse de Châtaignier (*Castanea*) il existe des perforations uniques aux extrémités des gros éléments de la zone poreuse tandis que des perforations en grille peuvent se noter sur les petits éléments du bois final. Ceci est conforme à l'idée selon laquelle la zone poreuse est une formation évoluée mais surajoutée à l'évolution du plan ligneux.

Par le rôle physiologique de certains facteurs liés au milieu dans

lequel croissent les végétaux, on peut enregistrer une évolution différente de la structure des éléments du bois. Ainsi les bois de Rhizophoracées de Mangrove apparaissent moins évolués que ceux des Rhizophoracées situées dans les forêts sur terre ferme, par suite de l'influence retardatrice d'un habitat physiologiquement xérophytique comme celui de la Mangrove.

En conclusion, dans les bois de Résineux comme de Feuillus, il existe un sens de l'évolution des éléments du bois. On peut dire si un bois précis a des caractères primitifs ou évolués. On a abandonné avec raison l'idée de rattacher toutes les plantes à un ancêtre commun. Les critères évolutifs de l'anatomie du bois s'ajoutent aux autres critères, pour aider à préciser l'enchaînement des arbres dans une classification relativement naturelle. On en dégage des phylums qui peuvent avoir évolué parallèlement depuis fort longtemps et qui peuvent avoir acquis des caractères comparables à la suite d'une longue évolution indépendante.

Chez les Conifères, il est difficile d'établir le sens réel de l'évolution pour beaucoup de caractères du plan ligneux. Depuis le Jurassique, pour Ed. BOUREAU il y aurait une régression progressive du type avec punctuations en quinconce (*Araucaria*) dans lequel les punctuations de la paroi radiale des trachéides sont presque toujours en contact, écrasées, et alternent régulièrement sur des files axiales consécutives. Cette régression s'est faite au profit d'un type abiétinéen dans lequel les punctuations de la paroi radiale des trachéides sont espacées, circulaires et en séries opposées.

Remarquons aussi que la présence progressive du parenchyme chez les Résineux daterait du Jurassique moyen et que la différenciation des canaux sécréteurs, liés à l'apparition du parenchyme, est le résultat d'une évolution progressive.

Le tableau ci-après résume le sens de l'évolution tel qu'on l'admet actuellement pour les principaux caractères du bois des Feuillus.

Caractères	Aspect dans les espèces primitives		Aspect dans les espèces évoluées
Longueur des initiales cambiales et des éléments ligneux	grande		faible
<b>Vaisseaux :</b> Diamètre Contour transversal Perforation  Paroi terminale  Ponctuations latérales Répartition des pores	petit angulaire scalariforme  longue, très oblique  scalariformes → transitoires → opposées → alternées  isolés, diffus	diminution du nombre des échelons	grand arrondi unique  courte horizontale  accolés zones poreuses
<b>Fibres :</b> Ponctuations	scalariformes → aréolées → simples		
<b>Parenchyme :</b> Répartition	dispersé		groupé
<b>Rayons :</b> Nature  Etagement	hétérocellulaires plurisériés absence	homocellulaires	unisériés disposition étagée

## Les techniques d'analyse anatomique

L'étude de la constitution du bois se fait par observation de sa structure à des grossissements de plus en plus forts.

On appelle étude macroscopique celle qui utilise des moyens d'observation à faible puissance, œil nu ou loupe. On observe alors le bois naturel, simplement orienté et sectionné.

Les particularités de structure visibles à l'œil nu ou à la loupe méritent en tout premier lieu l'attention de l'observateur. Bien plus, certains caractères tels que : des taches médullaires, des canaux sécréteurs verticaux traumatiques, le contrefil, etc. sont vraiment saillants par l'inspection de plans convenablement orientés qui dépassent les dimensions habituelles des préparations microscopiques.

On appelle étude microscopique celle qui fait appel à des appareils d'observation plus puissants, et requiert souvent des préparations de bois plus élaborées.

Notons que la distinction habituelle entre les caractères de structure dits « macroscopiques », par opposition aux caractères microscopiques, est très subjective. Naturellement, il y a des éléments du bois perceptibles seulement à fort grossissement (microscopiques) et d'autres visibles à l'œil nu ou à faible grossissement (macroscopiques) mais l'expérience acquise par un observateur lui permet de percevoir avec une loupe ce que d'autres verront seulement au microscope. L'examen de la structure d'un bois est toujours une analyse détaillée, elle relève de « l'anatomie microscopique », quel que soit l'outil employé.

Evidemment, l'image que nous construisons des choses de la nature est essentiellement relative et humaine ; « bien voir »

consiste à faire cadrer nos perceptions à une échelle donnée, avec ce qui ne sera pas contredit par d'autres perceptions, à d'autres échelles. Après il faut « bien comprendre », ce qui est encore dans certains cas plus difficile que de « bien voir » et ce qui dépend beaucoup de l'échelle d'observation. L'un s'attachera seulement aux tissus du bois, l'autre examinera les cellules qui les composent, pour un troisième, la membrane d'une cellule occupera tout son champ visuel. Un autre observateur, enfin, en examinant une parcelle de la seule paroi secondaire d'une cellule, y distinguera différentes couches qui se sépareront par l'orientation des microfibrilles et leur composition chimique ; phénomène insoupçonné des autres observateurs.

La vision nette d'un objet ne résulte pas seulement de l'agrandissement de son image : celle-ci peut rapidement apparaître diffuse. La netteté et le nombre des détails de structure qu'il est possible de distinguer dépendent du pouvoir séparateur de l'instrument utilisé et des variations de coloration ou de transparence de l'objet, c'est-à-dire du facteur contraste.

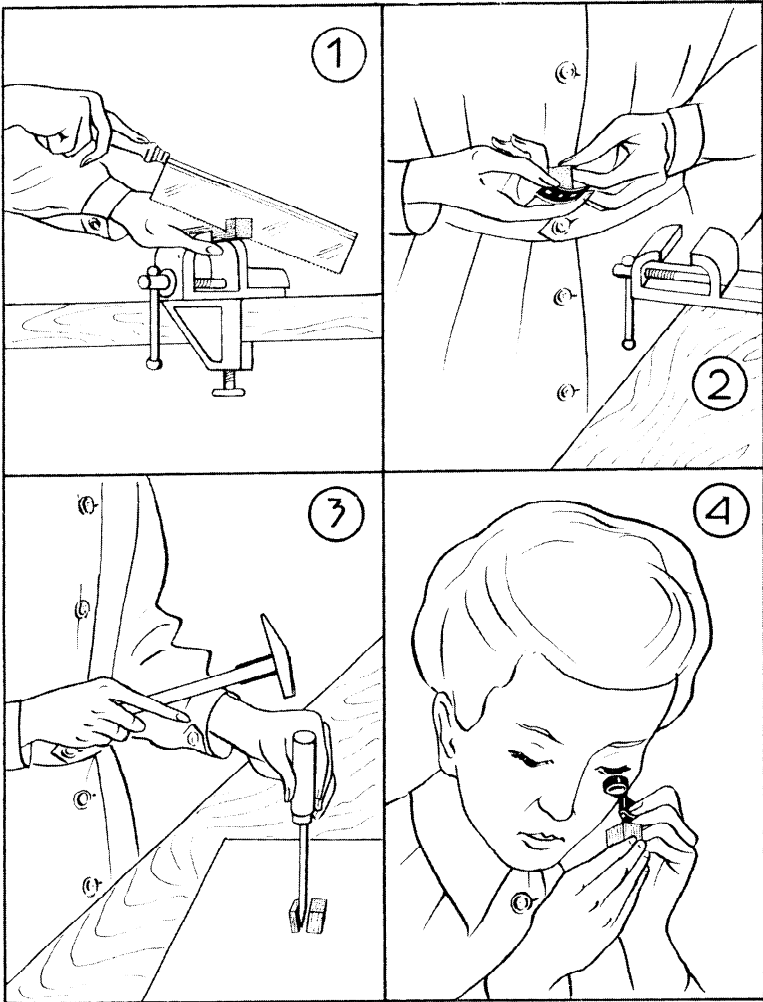
### **3.1 ANALYSE MACROSCOPIQUE**

#### **3.1.1 La préparation du bois : cube orienté**

La meilleure forme à donner à l'échantillon pour son observation macroscopique est un cube de 1 à 2 cm de côté : 2 cm donnent une plus grande surface transversale d'examen mais si l'on désire conserver ce cube dans des boîtes de collection, 1 x 1 x 1cm est un format très pratique.

Sur le morceau de bois à étudier, on choisira une bonne section transversale ou bien on la sciera soi-même, perpendiculairement au fil du bois avec une scie à denture très fine. Puis, on en avivera très nettement une partie avec une lame de rasoir mécanique, sur plusieurs centimètres si possible, en suivant le sens des rayons. On choisira alors à la loupe un emplacement où le plan ligneux du bois apparaît typique et caractéristique sur une surface réduite. A cet endroit sera fait le cube.

On exécute un deuxième trait de scie à 1 ou 2 cm du précédent, et parallèlement à lui. Avec un ciseau à bois, on fend suivant un



Préparation du bois pour observation macroscopique.

plan radial, c'est-à-dire en plaçant le tranchant dans le sens des rayons. On fend ensuite les 3 autres côtés du cube à l'emplacement choisi. On complète la préparation de la face transversale avec la lame de rasoir. La face opposée pourra être adoucie avec un papier de verre pour recevoir plus facilement un numéro d'ordre.

On obtient ainsi un cube dont les faces correspondent aux plans principaux de la structure du bois : transversal, radial, tangentiel.

### **3.1.2 L'observation à l'œil nu**

L'œil humain a un faible pouvoir de résolution. Il est incapable de distinguer comme éléments distincts deux traits séparés par une distance inférieure à un dixième de millimètre, exactement 75 microns pour une vision normale à 25 cm, dans les meilleures conditions d'éclairage. Encore, pour arriver à ce résultat, l'œil accommode-t-il pour faire converger les rayons lumineux sur la rétine. Bien entendu, un myope sera avantage ; pour une vision nette à une dizaine de centimètres, son œil séparera deux points distants seulement de 25 microns ! Cet avantage existera encore avec une loupe qui paraîtra ainsi plus puissante pour un myope.

### **3.1.3 L'observation à la loupe à main**

La loupe à main, constituée en principe par une lentille convergente à travers laquelle se réfracte la lumière renvoyée par un objet, visualise l'image sous un plus grand angle que l'œil nu. Son grossissement indique la mesure du rapport des diamètres apparents de l'image et de l'objet pour la vision distincte d'un œil normal ; il en est de même du microscope.

Une loupe de grossissement 8 x couramment utilisée en anatomie du bois, d'une puissance de 32 dioptries, permet de séparer des détails distants d'environ 9 microns, soit un centième de mm, dans un champ d'environ 20 mm, avec une distance focale de 3 cm. Une loupe de grossissement 14 x séparera des détails plus fins encore, mais dans un champ moitié moindre, même étudiée pour ne pas présenter de distorsion ni d'aberration chromatique. En outre sa distance focale de 1 à 2 cm obligera l'observateur à placer l'œil plus près du groupe de lentilles et la latitude de mise au point sera très diminuée.



Rappelons que l'usage correct de la loupe, en anatomie du bois, consiste à placer l'œil au foyer-image de la loupe pour lui permettre d'accommoder, puis à approcher lentement l'objet de l'ensemble loupe-œil, au lieu de promener la loupe entre l'œil et l'objet.

### **3.2 ANALYSE MICROSCOPIQUE (1)**

On peut considérer comme du domaine microscopique l'analyse qui fait appel à des grossissements allant de 50 x à des valeurs de plus en plus élevées à mesure que les techniques se perfectionnent.

La microscopie optique ne dépasse guère des grossissements de 1 500 x. Au-delà on fait appel à d'autres rayonnements que la lumière, essentiellement aux ondes électromagnétiques : c'est la microscopie électronique atteignant actuellement 500 000 x.

Jusqu'ici les méthodes d'identification des bois ont été basées sur des caractères observables à d'assez faibles grossissements. Les plus fins sont les ponctuations intervasculaires, de quelques microns, mesurables à 600 x ou 1000 x. Mais il est possible que l'ultramicroscopie, qui explore depuis 20 ans les structures fines des parois végétales pour en connaître la constitution physique et chimique, décèle des caractères génériques ou spécifiques utiles à l'identification et se présente dans l'avenir comme une méthode d'analyse efficace au profit des laboratoires spécialisés d'anatomie comparée. Actuellement ce n'est pas le cas et c'est pourquoi, provisoirement, nous en resterons à la microscopie optique.

Celle-ci est la méthode essentielle d'analyse comparée des structures de bois ; elle comporte elle-même deux procédés d'éclairage très différents qui entraînent des préparations spéciales du bois : la microscopie classique par lumière transmise nécessite la préparation de coupes très minces dans l'objet à étudier, tandis que la microscopie en lumière incidente se contente du bois en masse, seulement préparé en surface, comme pour l'étude macroscopique. L'une et l'autre ont intérêt à être complétées par un examen des éléments du bois dissociés, pour mieux identifier certains éléments, et pour en connaître la longueur.

---

(1) Pour plus de détails, consulter : A. POLICARD, M. BESSIS, M. LOCQUIN. Traité de microscopie. Masson et Cie, édit., 608 p., 178 fig., 1957.

### 3.2.1 L'analyse microscopique sur bois

Elle utilise deux appareils de conception différente, la loupe binoculaire et le microscope à objectifs spéciaux pour lumière incidente.

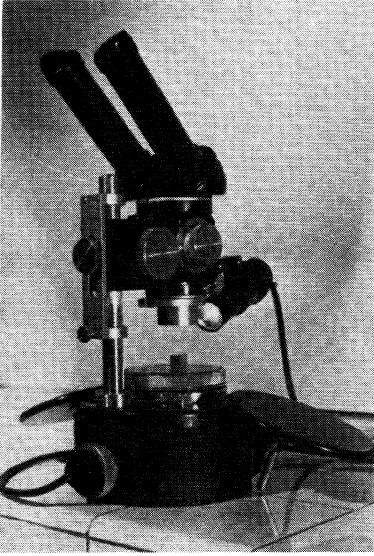
**3.2.1.1 Loupe binoculaire.** C'est un appareil qui peut être encore classé dans les moyens d'observation macroscopique pour ses plus faibles grossissements. Mais il augmente d'une façon considérable les possibilités d'observation rapide directement sur bois. Dans ses formes les plus évoluées, il devient un stéréomicroscope grossissant plus de 100 fois avec un relief d'image remarquable qui améliore encore l'interprétation du détail, et dans un champ très large.

Une loupe binoculaire a les éléments essentiels d'un microscope, c'est-à-dire que l'image fortement grossie par un premier jeu de lentilles dit objectif est reprise et agrandie par un « oculaire ». Il y a 2 axes optiques objectif-oculaire (et pas seulement 2 oculaires), donnant à chaque œil une image du bois vue sous un angle légèrement différent de l'autre, d'où l'effet du relief accentué.

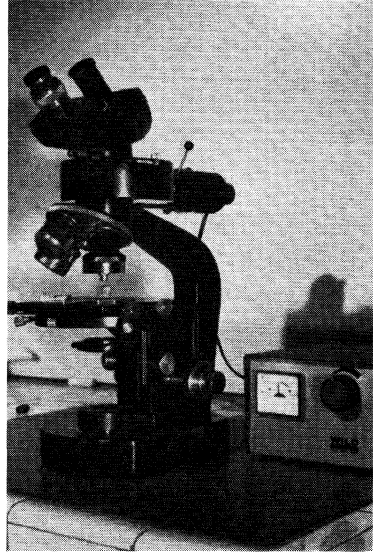
Avec un tel appareil, la plupart des caractères anatomiques utilisés en identification, même microscopiques, sont accessibles avec un peu d'habitude, soit que l'on puisse directement les voir et les mesurer (Ex. : présence de cristaux, largeur de rayons), soit que l'on estime seulement, par comparaison de témoins, la plus ou moins grande finesse des éléments (Ex. : taille des ponctuations).

**3.2.1.2 Le microscope à lumière incidente.** Si le microscope biologique classique est fondé sur l'observation d'un objet transparent éclairé par en dessous, il existe depuis longtemps un autre principe, celui du microscope métallographique. Il permet d'observer un objet opaque, de surface bien plane, grâce à un éclairage envoyé sur l'objet à travers l'objectif lui-même. Le dispositif intercalé dans le tube optique au-dessus de l'objectif s'appelle un illuminateur vertical.

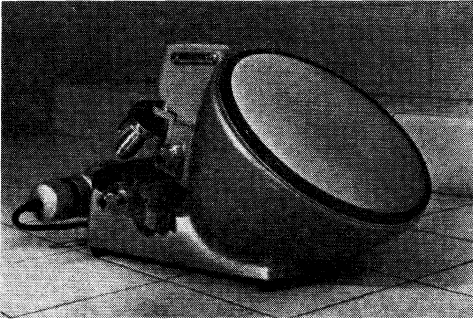
Malheureusement l'éclairage obtenu avec cet illuminateur ne donne aucune ombre à l'image et l'expérience montre qu'avec des matériaux comme le bois, de teinte assez uniforme et mate, cette image très dépourvue de contraste est peu favorable à l'observation.



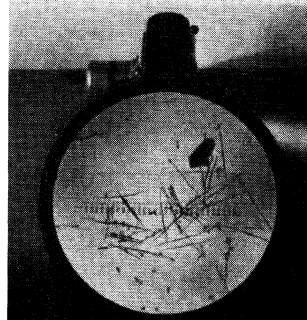
Stéréomicroscope.



Microscope épiscopique.



Microscope de projection.



Mesure des fibres.

Un nouveau procédé s'est développé plus récemment, celui de l'éclairage incident oblique. Une monture d'objectif spéciale conduit la lumière jusqu'à l'objet, non plus dans l'axe de l'objectif, mais dans un manchon cylindrique autour de l'objectif proprement dit, et la lumière est renvoyée en cône rasant sur le point à observer. L'effet de contraste et de relief est excellent, d'autant plus qu'on peut intercepter à volonté la lumière sur certains secteurs.

La seule limite d'utilisation de ce dispositif avec le bois est la distance frontale, distance entre la sortie de l'objectif et l'objet. Très faible comme pour tout microscope aux forts grossissements, elle nécessite une surface d'examen bien plane. Il peut arriver qu'on soit gêné pour observer une face radiale de bois fendu, si le fil du bois est irrégulier, et surtout si l'on désire observer des détails au fond d'une trace de vaisseau. Quelques rectifications de surface pourront être nécessaires.

La microscopie en lumière incidente est une technique du plus haut intérêt pour une étude assez approfondie de nombreux échantillons de bois. En effet, elle ne nécessite pas la préparation de coupes minces et peut se faire sur les cubes d'observation macroscopique, complétés au besoin par l'examen de bois dissocié, autre technique qui ne présente pas de difficulté sérieuse.

**3.2.1.3 Préparation du bois pour microscopie en lumière incidente.** Elle est extrêmement simple, et c'est ce qui rend cette technique microscopique séduisante, surtout pour des laboratoires qui disposent de moyens réduits en matériel ou en personnel spécialisé. Le simple cube de bois orienté, décrit pour l'examen macroscopique, sera la préparation habituelle pour le travail à la loupe binoculaire et au microscope à lumière incidente.

Cependant nous signalerons quelques petits compléments de préparation qui pourront faciliter l'observation dans bien des cas.

— *Coloration de l'amidon.*

Il sera parfois intéressant de mettre en évidence la présence d'amidon dans le bois et de le différencier d'autres contenus naturellement incolores. Ce contrôle est facile en versant sur le cube quelques gouttes de Lugol.

Le Lugol est une solution mélangée d'iode et d'iodure de potassium dans l'eau, dans les proportions suivantes :

— Eau : 300 cc ;

— Iode : 1 g ;

— Iodure de potassium : 2 g.

Conserver en flacon teinté pour éviter l'action de la lumière.

Les grains d'amidon prennent une couleur violet foncé qui donne aux tissus les contenant un aspect macroscopique noirâtre.

— *Blanchiment du bois.*

Dans les bois très chargés de contenus gommeux ou résineux dans les parenchymes, les contenus intéressants comme les cristaux ou les grains de silice, sont difficiles à voir. Il peut s'agir aussi bien de bois blancs que de bois très colorés.

On laissera tremper le cube pendant une demi-heure ou une heure dans l'Eau de Javel concentrée du commerce ou dans l'Hypochlorite de sodium pur. On fera ensuite bouillir assez longuement dans l'eau — distillée de préférence — pour éliminer le maximum de contenus solubles ou solubilisés par le traitement. On laissera ensuite sécher avant d'observer au microscope.

— *Section tangentielle.*

Il arrive que sur le cube préparé par fendage (ce qui est essentiel) certains détails se voient mal sur la face tangentielle, par exemple des rayons très étroits, ou des canaux sécréteurs radiaux.

On effleurera cette face avec le tranchant d'une lame de rasoir en bon état pour obtenir une face bien tranchée sans écraser les cellules fragiles de rayons et de parenchyme.

### **3.2.2 L'analyse microscopique sur préparations pour observation au microscope optique**

L'instrument classique est le microscope optique à lumière transmise. Il permet d'observer des objets spécialement préparés, très minces, illuminés par transparence.

Ce n'est pas ici le lieu de faire un exposé complet de la théorie du microscope.

Pour l'étude en lumière transmise de la structure du bois en vue de son identification, un microscope de qualité moyenne peut convenir ; toutefois, la qualité de la vis micrométrique est très importante. Les deux éléments essentiels du statif sont le tube optique et la platine porte-objet.

Le *tube optique* porte à ses extrémités l'objectif et l'oculaire. Il est nécessaire d'utiliser plusieurs objectifs ; aussi un revolver porte-objectif est souhaitable, et d'ailleurs tout à fait courant. On choisira une gamme *d'objectifs* judicieusement étalée. Par exemple :

— 2,5 x pour les vues d'ensemble, mesures du nombre de vaisseaux, de rayons, etc.

— 10 x (ou 7 x) pour les observations et mesures de dimensions de plusieurs dizaines ou quelques centaines de microns (dimension des rayons, diamètre des vaisseaux...).

— 60 x pour les observations de fins détails et les mesures de quelques microns (particulièrement l'étude des ponctuations des parois).

— 100 x, objectif à immersion dans l'huile, pourra intéresser quelqu'un se spécialisant très fortement dans l'anatomie. On augmente la visibilité de fins détails, par exemple de l'ornementation des ponctuations intervasculaires. Une goutte d'huile spéciale est alors interposée entre l'objectif et l'objet.

*Un oculaire* 10 x permet de tirer le meilleur agrandissement de l'image donnée par l'objectif ; il n'est pas souhaitable de changer constamment d'oculaire. On aura intérêt à munir le microscope d'une tête binoculaire, qui ne donne aucun effet de relief mais permet d'observer avec les deux yeux ce qui est moins fatigant.

On utilisera aussi un oculaire de mesure, sur lequel nous reviendrons plus loin à propos des mesures en anatomie du bois.

La préparation microscopique est placée sur un support appelé platine qui doit présenter des commandes manuelles donnant à la préparation des mouvements bien démultipliés en tout sens dans son plan afin d'explorer ses différentes parties sans à-coups. Une rotation de la platine est commode mais non essentielle.

L'éclairage doit être réglable en intensité ; éviter d'utiliser dans ce but le diaphragme du condensateur. Le réglage en hauteur du condensateur et l'ouverture du diaphragme permettent d'obtenir la

meilleure qualité d'image en fonction du grossissement et non pas de doser l'éclairage de la préparation.

La préparation du bois pour microscopie en lumière transmise consiste : soit à trancher dans les trois plans principaux d'un prélèvement des sections les plus fines possibles, coupes minces qui seront, après traitement approprié, fixées sur une lame de verre pour observation par transparence ; soit à préparer des bûchettes qui seront dissociées et dont les éléments seront montés sur lame pour examen avec le microscope classique.

### **3.2.2.1 Préparations microscopiques par coupes minces orientées**

#### **A. — CHOIX DU PRÉLÈVEMENT.**

On examinera une section transversale fraîchement entaillée à l'aide d'une lame de rasoir, afin de choisir une surface bien représentative comprenant les dispositions particulières ou caractéristiques du bois. Éviter la présence d'aubier et de bois parfait dans le même échantillon, car le bois parfait étant habituellement plus dur que l'aubier, demande plus longtemps pour son ramollissement.

Orienter le fragment choisi en cherchant le sens des rayons du bois et préparer un petit bloc comme pour un examen macroscopique, d'environ 15 x 15 x 15 mm. Quand on prépare ensemble des blocs de différents échantillons, il faut les marquer d'une façon distincte. La méthode la plus satisfaisante est d'enrouler un petit fil de fer autour de chacun des fragments, en faisant varier le nombre de tours pour chaque échantillon et la longueur du brin libre (Ex. Pomba 1 t + 0 cm ; Padouk 2 t + 1 cm).

#### **B. — IMBIBITION ET RAMOLLISSEMENT DU BOIS.**

Cette opération varie avec l'état de dessiccation du bois et sa dureté. D'une façon générale, il est moins difficile d'exécuter une bonne coupe dans un bois resté à l'état vert que dans un bois sec puis saturé d'eau.

Le bloc de bois est placé dans de l'eau, bouillant doucement. Cette opération a un double but, chasser l'air des cavités du bois, et ramollir les parois. L'efficacité du ramollissement dépend évidemment pour une bonne part du remplissage d'eau. On peut accélérer ce dernier en replongeant fréquemment les blocs dans de l'eau froide.

*Bois tendres* : l'ébullition sera brève pour les bois tendres, même si l'air est mal chassé. Certaines espèces sont très difficiles à débarasser de l'air interne, et une ébullition trop prolongée rendrait la surface du bois trop molle.

*Bois durs* : on prolongera l'ébullition pendant 1 ou 2 heures par exemple. Il est sans intérêt de prolonger l'ébullition plus de 2 heures. Si le résultat n'est pas satisfaisant, ou si d'avance on sait être en présence d'un bois très dur, on pourra essayer la technique suivante :

— traitement en étuve à 60° dans un mélange « dissociant » : acide acétique + eau oxygénée à 20 volumes, en parties égales ou une partie d'acide acétique pour deux parties d'eau oxygénée. La durée (1/2 à 1 heure) ne pourra être déterminée que par tâtonnement. Le bloc n'est ramolli qu'en surface et ne pourra donner que quelques coupes.

*Bois siliceux* : la présence de silice dans le bois rend celui-ci désaffûtant pour les lames de microtome. Il sera très précieux dans ce cas de disposer de bois à l'état vert. L'effet est aggravé si le bois est dur, mais même certains bois tendres seront très difficiles à couper sans élimination préalable de la silice.

Le procédé le plus énergique consiste à immerger des blocs, préalablement saturés d'eau, dans l'acide fluorhydrique à froid, ce qui a pour effet de dissoudre la silice du bois. La durée de l'immersion dépend de la structure, de la dureté du bois et de la concentration de l'acide ; elle sera d'au moins 48 heures. Il faut prendre de grandes précautions en maniant l'acide fluorhydrique. On pourra porter des gants de caoutchouc ; on manipulera le produit loin de la verrerie et surtout des loupes et microscopes ; garder le liquide sous hotte et employer des récipients en matière plastique ou en plomb.

L'acide peut être utilisé plusieurs fois ; comme il sera un peu dilué, on allongera la durée du traitement en conséquence. Enlevés de l'acide, on met les blocs environ 24 heures à l'eau courante, jusqu'à ce que l'eau ne donne plus de réaction acide avec le tournesol.

### C. — EXÉCUTION DES COUPES.

a) *Microtome*. On ne pourra obtenir de belles coupes de bois, suffisamment grandes, environ 1 cm<sup>2</sup>, d'épaisseur régulière et assez fines (15 à 30 microns) qu'avec un appareil très robuste, le



microtome à glissière. On le choisira si possible très lourd, avec les fixations du couteau (ou « rasoir ») et du bois, particulièrement rigides. Deux systèmes existent, soit à couteau mobile sur la glissière et bloc de bois fixé, soit à couteau fixe et bloc glissant à sa rencontre.

b) *Affûtage du couteau.* Après la rigidité des fixations, un autre point important est la qualité du couteau. Le profil de celui-ci sera normalement du type bi-plan, c'est-à-dire à 2 faces planes, plutôt qu'avec une face concave, à moins d'avoir à couper des bois extrê-



Affûteuse automatique des couteaux de microtome.

mement tendres. L'angle d'affûtage est théoriquement variable avec la dureté du bois, mais pour la plupart des bois tropicaux un angle d'affûtage de 15° convient parfaitement (cet angle d'affûtage est l'angle que fait l'axe du couteau avec le plan d'affûtage : le biseau obtenu est donc de 30°). Pour les bois tendres, on pourra employer un couteau à angle plus aigu, affûté par exemple à 10 ou 12°, mais ce n'est pas indispensable.

L'essentiel est que le couteau soit parfaitement affûté, très coupant, à arête rectiligne, sans brèche ni mort-fil. Pour cela il est très utile de disposer d'une machine à affûter automatique. Il en existe de différentes sortes. Le couteau peut aller et venir sur une plaque tournante en verre sur laquelle est déversé un abrasif en suspension liquide, et il se retourne automatiquement après quelques mouvements. Ou bien le couteau se déplace contre un disque abrasif dont l'axe est alors parallèle à l'arête du couteau. L'entretien à la main du couteau sur pierre et sur cuir demande un très bon savoir-faire, beaucoup de soin et de temps ; il doit être considéré comme un pis-aller dans un laboratoire, à cause de la taille et du poids des couteaux de microtome à glissière.

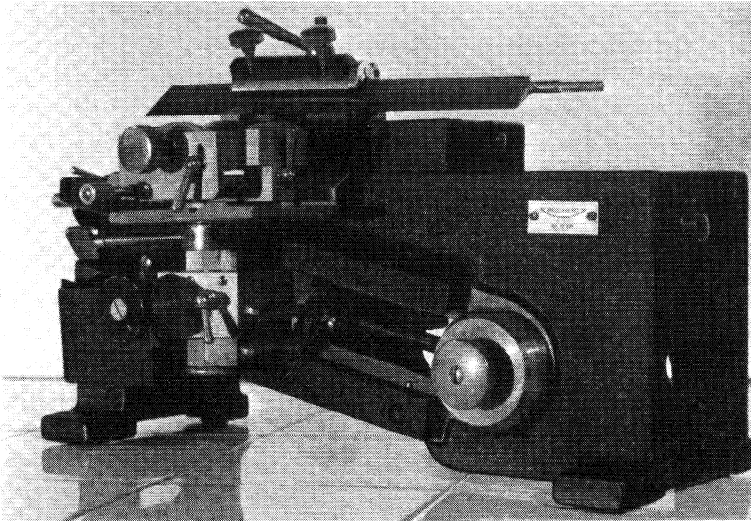
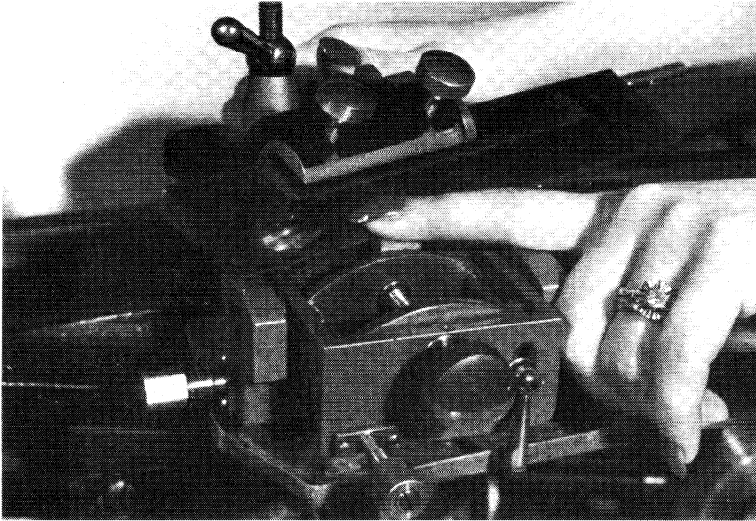
c) *Fixation du bois sur le microtome.* Pour sectionner le bois, il convient qu'il soit encore bien chaud. Au besoin, on le repassera rapidement à l'eau bouillante.

Le même bloc servira généralement à faire des coupes dans les trois orientations. On pourra commencer par la section longitudinale radiale, souvent la plus facile à faire, surtout si le bois est un peu siliceux et n'a pas été traité ; puis la section tangentielle et enfin la transversale.

Les sections longitudinales sont faites en disposant le bloc dans la pince du microtome avec le fil du bois parallèle aux glissières ; la section transversale avec les rayons parallèles aux glissières.

d) *Position du couteau.* Selon la dureté du bois à couper, la pente du couteau doit être réglée, et plus l'objet est dur, plus la pente sera grande. Trop horizontale, la lame glisse sur le bois, trop inclinée elle pique dans le bois.

En plus de la pente, il faut considérer l'angle horizontal que fait le couteau avec la glissière. Le degré d'obliquité dépend de la consistance du bois et de l'habitude personnelle de l'opérateur. La grandeur de cet angle varie largement autour de 45°.



Microtome à glissières.

e) *Épaisseur des coupes.* Les épaisseurs les plus courantes que l'on arrive à obtenir avec un microtome à glissière sont de 15 à 35 microns en section transversale, et 10 à 20 microns en sections longitudinales.

f) *Réalisation des coupes.* Le couteau est mû, d'un mouvement ferme et régulier, avec la main droite et plusieurs passages sont généralement nécessaires avant qu'il commence à enlever une coupe mince et régulière. Celle-ci est maintenue à plat puis recueillie avec un pinceau tenu dans la main gauche, ou tout simplement avec le bout d'un doigt, pour éviter à la coupe de s'enrouler.

Les bois très durs ou très raides seront maintenus très chauds pendant la coupe par un apport d'eau bouillante, par exemple avec un goute-à-goutte placé au-dessus du bloc. Au contraire, des bois trop mous seront durcis en versant un peu d'alcool sur le bloc.

La forte tendance des coupes de certains bois à s'enrouler est souvent surmontée en versant sur le couteau un mélange de glycérine et d'alcool en parties égales.

Pour la même raison, plutôt que de déposer les coupes dans un récipient d'eau, on aura toujours intérêt à les mettre sur une lame de verre mouillée puis à appliquer par-dessus une autre lame, et à immerger le tout dans l'eau, en attendant le traitement des coupes. On pourra d'ailleurs, de cette façon, examiner les coupes sous une loupe binoculaire pour contrôler la qualité du travail avant coloration.

#### D. - TRAITEMENT ET MONTAGE DES COUPES.

Il n'est pas impossible d'observer les coupes de bois à l'état naturel, et même dans l'eau, du moins à des grossissements moyens. Mais l'eau s'évapore très vite et la préparation ne serait plus observable au bout de quelques minutes ; les coupes se dessécheraient et deviendraient d'une observation difficile. Une première précaution est donc de les monter dans un milieu moins volatil. Si ce milieu reste liquide, c'est une préparation en montage provisoire ; s'il durcit en séchant et fixe ainsi les coupes, c'est un montage permanent.

Avant montage, on a généralement intérêt à exécuter des opérations de blanchiment et de coloration pour faciliter l'observation, soit des tissus, soit des contenus.

Enfin, de toute façon, la dernière opération consiste dans le montage des coupes sur une lame. On utilise des lames de verre spéciales pour préparations microscopiques, généralement de format 76 x 26 mm. Les coupes des trois orientations du même échantillon peuvent être placées côte à côte au centre de la même lame. On dépose sur elles une goutte du milieu de montage choisi (glycérine, baume du Canada, Euparal, etc.) puis on les recouvre d'une fine lamelle de verre en veillant à bien répartir le produit de montage et à ne pas enfermer de bulles d'air qui gêneraient l'observation.

Nous retiendrons les quelques préparations suivantes, qui sont d'un emploi facile et général en anatomie systématique du bois et qui présentent chacune un avantage :

— Réactif de STEIMETZ : montage rapide mais provisoire. Coloration différenciée des contenus en un seul passage en respectant les contenus cellulaires.

— Vert d'iode : montage permanent de coupes bien éclaircies. Bons résultats en microphotographie.

— Safranine : montage permanent de coupes non débarrassées de leurs contenus.

— Double coloration safranine-vert sulfo : mise en évidence de tissus mal lignifiés, tels que le bois de tension.

#### a) *Coloration multiple au réactif de Steimetz.*

Les coupes sont colorées sans blanchiment et montées sur lame dans la glycérine. Elles ne seront pas conservées après l'observation ou bien montées dans l'Euparal pour conservation.

— Mode opératoire : les coupes sont placées dans un verre de montre avec quelques gouttes de réactif et chauffées légèrement jusqu'à émission de vapeurs. Puis elles sont passées dans la glycérine pour enlever l'excès de colorant, et placées entre lame et lamelle.

Outre la rapidité et la simplicité de ce traitement, il a l'avantage de différencier la constitution chimique des éléments du bois de la façon suivante :

Incolore  
Rouge  
Jaune d'or

— tissus celluloseux  
— matières grasses, huiles essentielles  
— tissus lignifiés

Bleu violacé	— amidon
Bleu noir	— tannins
Brun	— alcaloïdes (coloration ou précipité microcristallin)
Blanc nacré	— gommes, mucilages

Les inconvénients résident d'abord dans la mauvaise visibilité de la silice par suite d'un indice de réfraction voisin de celui du milieu, ensuite dans l'encombrement des tissus par toutes sortes de contenus souvent peu intéressants.

— Composition du réactif :

1) Hydrate de chloral . . . . .	40 g
2) Alun de fer ammoniacal . . . . .	3 g
3) Sulfate d'aniline . . . . .	1 g
4) Iode (à broyer finement s'il est en paillettes). . . . .	0,45 g
5) Rouge soudan III . . . . .	0,10 g
6) Glycérine pure . . . . .	25 cm <sup>3</sup>
7) Alcool à 96° . . . . .	30 cm <sup>3</sup>
8) Eau distillée . . . . .	30 cm <sup>3</sup> (15 + 15)

—Préparation du réactif :

A. — 1 + 2 + 15 cc d'eau distillée dans un ballon ; porter à ébullition pendant quelques minutes ; filtrer sur coton ; laisser refroidir.

B. — Diluer 3 à chaud dans 15 cc d'eau distillée ; laisser refroidir ; ajouter 4 + 7 en remuant.

Mélanger les solutions A et B.

C.— Ajouter 6 progressivement à 5 en mélangeant pour éviter les grumeaux. Ajouter ensuite ce mélange au mélange précédent (A + B).

Laisser 24 heures en contact, à l'abri de la lumière, en agitant de temps en temps. Filtrer et conserver en flacon brun bouché.

— Montage dans l'Euparal : il existe une possibilité de fixer les coupes colorées au Steimetz, c'est de les monter dans l'Euparal. Ce milieu a, en outre, l'avantage de rendre la silice plus visible.

Pour ce montage, après passage dans la glycérine, on égoutte bien à fond les coupes, et on les place sur la lame avec une goutte d'Euparal.

On met la lame à sécher en étuve à 60° pour en accélérer le séchage.

*b) Coloration au vert d'iode.*

Ce traitement commence par un blanchiment des coupes qui, en même temps, les « éclaircit » en éliminant de nombreux dépôts (amidon, gommés, huiles, etc...).

— Mode opératoire : les coupes sont plongées successivement dans les bains suivants :

— Hypochlorite de sodium, pur ou un peu dilué, à froid : d'une demi-heure à plus d'une heure, suivant l'épaisseur des coupes et les contenus ou l'imprégnation des parois cellulaires.

— Eau distillée. passages dans plusieurs bains, pour bien rincer.

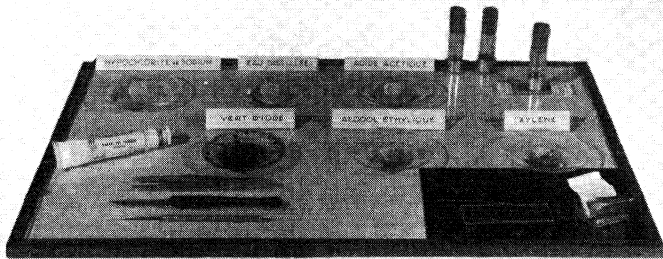
— Acide acétique pur : quelques secondes, pour neutraliser l'hypochlorite restant et faciliter la coloration (mordançage).

— Vert d'iode : quelques minutes dans un peu de la solution qui aura été préparée à l'avance pour de nombreux traitements.

Préparation : le vert d'iode est vendu en poudre. On dissout 1 gramme de vert d'iode dans 30 cc d'eau distillée ; on ajoute 70 cc d'alcool éthylique.

— Alcool éthylique : plusieurs passages. Le but est de débarrasser les coupes de l'excès de colorant et d'amener le bois à déshydratation complète. On passera dans plusieurs bains, les premiers pouvant être un alcool non absolu, mais le dernier étant de l'alcool absolu.

— Xylène (ou xylol) : un passage. Au moment où l'on passe les



coupes dans le xylène, celui-ci ne doit pas se troubler. S'il montre la plus légère apparence laiteuse, il faut recommencer les passages à l'alcool éthylique. Les coupes ne doivent pas séjourner plus de quelques heures dans le xylène qui les rend cassantes.

— Montage : on se sert pour le montage de baume du Canada sirupeux. On place les coupes sur la lame. On dépose une goutte de baume. On applique doucement une lamelle en tenant une extrémité soulevée avec une aiguille et en la laissant descendre progressivement pour que le baume s'étale en chassant les bulles d'air.

Pour accélérer le séchage du baume, on peut placer les préparations dans une étuve à 60°. L'excès de baume débordant sur la lamelle sera éliminé après séchage avec un chiffon très propre humecté de xylène.

c) *Coloration à la safranine.*

Cette coloration ne demande ni blanchiment ni éclaircissement des coupes. Tous les tissus du bois sont colorés en rouge vif.

Trois solutions à préparer :

— solution à 1 % de safranine en poudre dans l'alcool éthylique à 50° (1).

— Eau anilinée : l'aniline se présente en paillettes incolores. On en dissout 5 cc dans 85 cc d'eau distillée, avec 10 cc d'alcool éthylique, pour obtenir une solution saturée, à froid.

— Alcool chlorhydrique : à 99 cc d'alcool à 50°, on ajoute 1 cc d'acide chlorhydrique.

Emploi :

Les coupes non décolorées sont placées dans un verre de montre contenant un peu de la solution de safranine allongée d'un volume égal d'eau anilinée, pendant quelques instants.

Les coupes sont ensuite passées à l'alcool chlorhydrique qui éli-

---

(1) Degré alcoolique : Rappelons que la quantité d'alcool éthylique contenue dans les solutions aqueuses s'exprime en degré centésimal. Celui-ci correspond au volume réel d'alcool car le mélange s'accompagne d'une légère contraction. Un alcool à 50° renferme donc 50 % d'alcool absolu (alcool sans trace d'eau). Avec 100 parties d'alcool à 90 %, une solution d'alcool à 50° comprendra 84,7 parties d'eau distillée.



mine l'excès de colorant non fixé, puis dans l'alcool absolu, enfin dans le xylène (mêmes recommandations que pour la coloration au vert d'iode).

On monte sur lame dans le baume du Canada, comme dans le traitement au vert d'iode.

d) *Double coloration safranine-vert sulfo.*

Les tissus lignifiés sont colorés en rouge, les tissus non lignifiés en vert.

Solutions à préparer

— Safranine (voir p. 112).

— Eau aniliné : (voir p. 112).

— Vert Sulfo(1) : dissoudre 1 gramme de vert sulfo en poudre dans 25 cc d'alcool absolu et ajouter 75 cc d'essence de girofle.

Emploi :

— Les coupes, non décolorées, sont placées dans un peu de solution de safranine, allongée d'eau aniliné. Durée : quelques minutes, selon coloration souhaitée.

— Passer les coupes à plusieurs reprises dans de l'alcool en terminant dans l'alcool absolu.

— Mettre ces coupes dans un peu de vert sulfo et les laisser au moins pendant 2 à 3 heures, en les examinant de temps en temps pour suivre la coloration.

— Laver au xylène.

— Monter au baume du Canada, comme dans les techniques précédentes.

**3.2.2.2 Préparations microscopiques par dissociation des éléments du bois.** Dans une coupe mince de bois, les cellules sont sectionnées dans différents plans et les éléments appartenant à la coupe restent soudés à leurs voisins. Aussi n'est-il pas toujours facile de connaître la forme et tous les détails de chaque élément ; ainsi l'appréciation de la longueur des fibres sur des coupes longitudinales serait source d'erreur grave.

La technique de dissociation remédie à cette difficulté en montrant tous les éléments du bois isolés les uns des autres et laissés

---

(1) Aussi appelé Vert Lumière.

entiers. Il n'y a plus vision de tissus, mais des cellules composant ces tissus. La dissociation ne remplace donc pas la coupe, mais la complète utilement.

Nous avons publié en 1944 une méthode de dissociation à l'alcool nitrique mise au point au laboratoire d'Anatomie des bois tropicaux pour remplacer la macération de SCHULTZE, classique, mais défectueuse avec des bois à fibres cloisonnées.

Nous avons adopté ensuite la méthode de dissociation de G. L. FRANKLIN, plus ancienne, qui est très pratique et efficace, et que nous préconisons seule ci-après. Les éléments dissociés peuvent être ensuite colorés pour en faciliter l'observation.

#### A. — PROCÉDÉ DE FRANKLIN.

Prendre un morceau de bois de 1 cm environ de long, et le fendre en buchettes de la grosseur d'une allumette. Les mettre à bouillir dans l'eau jusqu'à saturation, c'est-à-dire quand elles tombent au fond du récipient. Dans un petit flacon à bouchon vissé, préparer un mélange à parties égales d'acide acétique pur cristallisable et d'eau oxygénée à 20 volumes. Immerger les morceaux de bois dans ce mélange, boucher hermétiquement et placer en étuve à 60°. Retirer de l'étuve après 48 heures, et laisser refroidir avant d'ouvrir. Rincer à l'eau, soit en vidant le plus de mélange possible et en le remplaçant plusieurs fois par de l'eau, soit en plaçant le flacon ouvert sous un petit filet d'eau, en veillant à ce que les buchettes ne soient pas entraînées par-dessus bord.

Laisser de l'eau dans le flacon, refermer et agiter. On obtient une dispersion des éléments du bois dans le liquide. (Il est parfois intéressant de ne pas pousser la dissociation à fond pour observer des groupes de cellules encore liées, ce qui permet de mieux retrouver leur position dans le bois.)

#### B. - COLORATION AU RÉACTIF DE MANGIN.

Faire une solution sirupeuse saturée de chlorure de calcium anhydre dans 50 cm<sup>3</sup> d'eau. Dissoudre à froid. Le liquide s'échauffe, laisser refroidir.

A ces 50 cm<sup>3</sup> on ajoute, en remuant, 2,5 grammes d'iodure de potassium et 0,5 gramme d'iode pilé. Chauffer légèrement.

Filterer, ou décanter après un repos de plusieurs jours. Conserver en flacon jaune pour éviter l'action de la lumière.

Prélever un peu du mélange dissocié et le déposer sur une lame de verre. Laisser tomber dessus une goutte de réactif, étaler sur la lame et couvrir doucement d'une lamelle en évitant que les fibres ne se trouvent repoussées à une extrémité. Absorber l'excès de liquide sur les bords de la lamelle avec du papier buvard, sans laisser rentrer de l'air.

L'observation se fera au microscope comme pour une coupe mince.

### **3.3 LES MESURES EN ANATOMIE DU BOIS**

La variabilité des caractères anatomiques concernant les bois d'une même espèce entraîne l'obligation de préciser par des mesures objectives l'impression subjective tirée de l'observation du plan ligneux d'un échantillon quelconque. Il faut connaître l'amplitude des variations que telle ou telle caractéristique est susceptible de présenter et, pour une caractéristique donnée, préciser le degré de confiance à accorder aux résultats trouvés sur un échantillonnage, qui ne reflète pas obligatoirement la composition moyenne du produit.

L'application des méthodes statistiques aux études anatomiques se trouve ainsi posée : ces méthodes rendent plausibles (ou non) des conclusions inductives de portée générale à partir d'observations incomplètes et particulières. Mais, comme DESCH l'avait fait remarquer autrefois, des données biométriques réunies sur un mauvais échantillonnage ne seront pas plus lumineuses par une exploitation statistique. En conséquence, il faut distinguer d'une part les mesures qui seront faites pour fixer un ordre de grandeur de ce que l'observateur apprécie parfois incorrectement : vaisseaux et rayons nombreux ou rares, gros ou fins, et d'autre part des mesures destinées à une exploitation statistique pour en tirer des conclusions biométriques : mesures qui doivent être en nombre suffisamment élevé sans aucun choix pour avoir un aperçu de la dispersion des données autour de la moyenne. Le calcul des probabilités ne se justifie que si la fréquence dépend seulement du

TABLEAU DES VALEURS MOYENNES DE CARACTERISTIQUE ANATOMIQUES POUR LES BOIS DE FEUILLUS

GRAIN

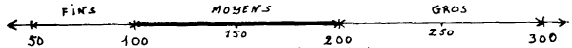
∅ tangentiel des pores μm



VAISSEAUX

5 à 20 %

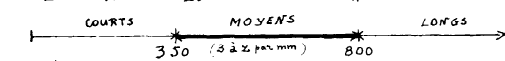
Largeur μm



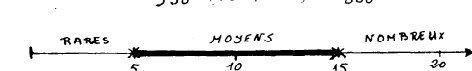
Nombre/mm<sup>2</sup>



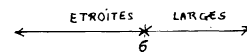
Longueur des éléments μm



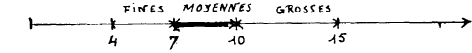
Cloisons perforées en grille, nombre d'échelons



Couvertures entre échelons μm



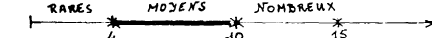
Taille des ponctuations V/V



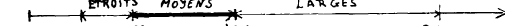
RAYONS

10 à 30 %

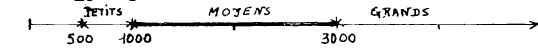
Nombre/mm



Largeur μm



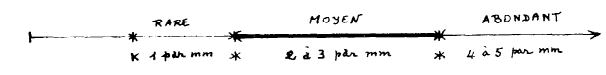
Hauteur μm



PARENCHYME

30 à 40 %

Abondance %  
Ces des lignes tangentielles



Longueur des cellules μm



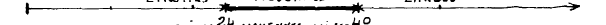
FIBRES

30 à 80 %

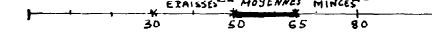
Longueur μm



Largeur μm



Epaisseur parois exprimée par 100 x cavité largeur



hasard, après avoir vérifié qu'en anatomie du bois les paramètres avaient bien une distribution dite normale.

Nous publions ci-dessus pour le bois des Feuillus un tableau des éléments ou des tissus mesurables, avec l'ordre de grandeur des dimensions moyennes, ceci dans le cadre d'une anatomie descrip-

tive et dans l'optique de l'identification des bois. De nombreuses applications de la biométrie à la recherche de corrélations entre la structure du bois et ses propriétés ne seront pas envisagées dans ce chapitre, par exemple les possibilités d'utilisation d'un ordinateur dans ce domaine ou l'analyse micrométrique des fibres papetières.

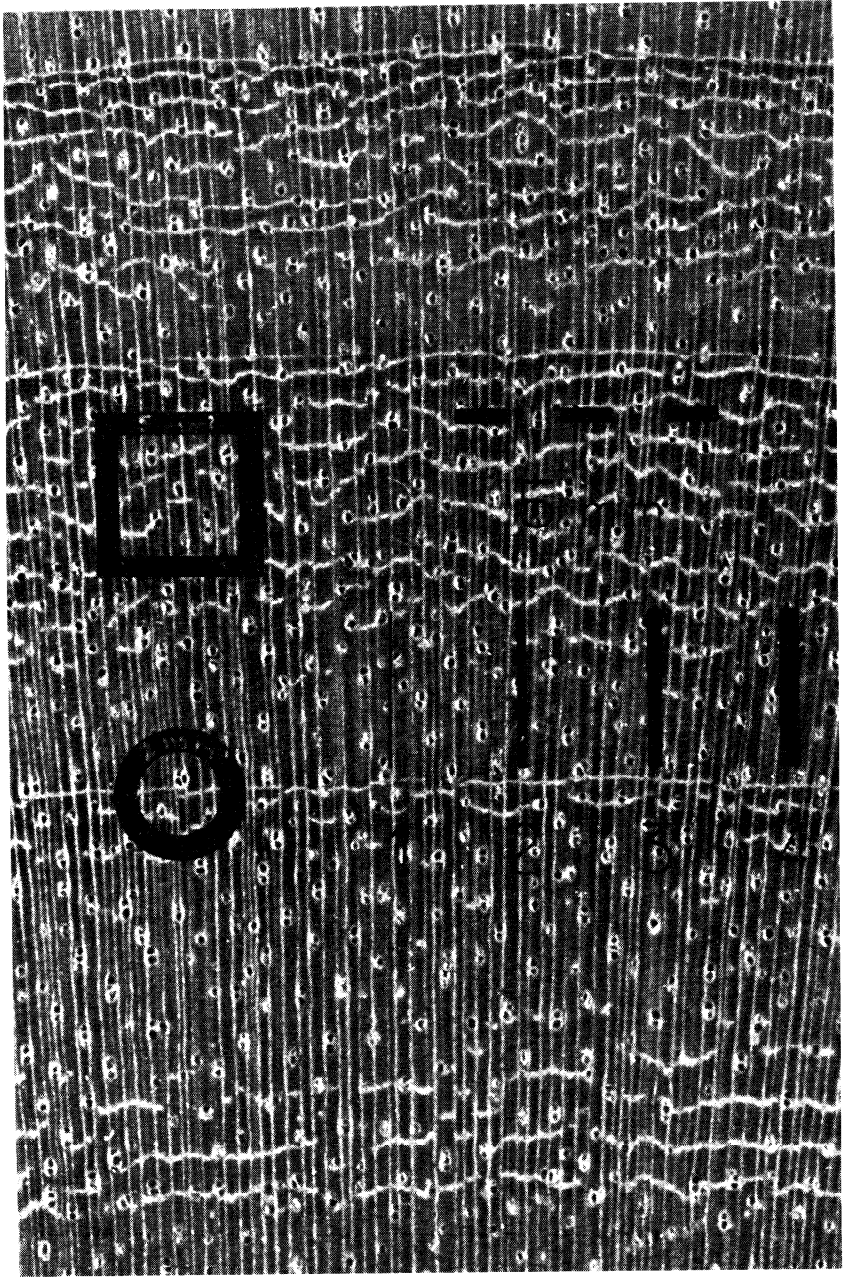
Le Manuel traitant essentiellement de l'identification des bois, nous devons nous limiter et omettre ce qui relève en réalité d'autres préoccupations de la xylogie. Par conséquent, nous donnerons seulement quelques informations sur les appareils de mesure utilisables : tantôt en liaison avec l'analyse macroscopique du bois, tantôt en liaison avec son analyse microscopique ; nous verrons ensuite comment recueillir et exploiter les données.

### **3.3.1 Techniques de mesure en observation macroscopique**

Quand on désire effectuer des mesures directement sur un cube de bois, préparé comme il a été dit précédemment (cf. p. 94) pour analyse macroscopique, on se sert d'un réticule transparent. Avec de faibles grossissements (entre 8 x et 25 x) l'appareil est convenable pour apprécier le nombre et la taille des pores, le nombre, la largeur et la hauteur des rayons.

Il existe plusieurs modèles de films gradués transparents. Le modèle anglais du Forest Products Research Laboratory, sur film de 36 mm, comprend au milieu des cercles de 2 et 10 mm<sup>2</sup> pour le comptage du nombre de vaisseaux sur une section transversale et une longueur de 5 mm en tirets millimétriques. De part et d'autre, des traits de différentes épaisseurs correspondent à différentes échelles de largeur des rayons et des pores. Un modèle hollandais, sur film de 36 mm également, présente deux surfaces de 1 cm<sup>2</sup> côte à côte : à gauche le cm<sup>2</sup> est divisé en un carré de 5 mm de côté (25 mm<sup>2</sup>) et un autre de 2 mm de côté (4 mm<sup>2</sup>), le reste de la surface est occupé par un quadrillage au mm<sup>2</sup> ; à droite, l'autre cm<sup>2</sup> comporte sur 3 mm des traits parallèles écartés de 0,5 mm, sur les 2 mm suivants des traits espacés de 0,2 mm ou 200 microns, et sur les 5 mm restants des traits de différentes grosseurs : 30 microns, 50, 100 et 200 microns.

Le modèle du C. T. F. T. (maintenant CIRAD-Forêt), d'abord réalisé aussi sur film transparent, est maintenant imprimé sur rho-



doit pour être moins fragile à manipuler en zone tropicale. Il comprend : à gauche un cercle d'une surface de  $2 \text{ mm}^2$  et un carré de  $5 \text{ mm}^2$  ; à droite, des traits d'épaisseur croissante de 1 à 4 dixièmes de mm donnent des largeurs de 100, 200, 300 et 400 microns ; au-dessus de ces traits longueur de 5 mm avec 2 espaces blancs encadrés par 3 tirets millimétriques.

L'utilisation des transparents gradués ne demande pas d'étalonnage quel que soit l'appareil et son grossissement, ni d'explication détaillée. Indiquons seulement que les traits de différentes épaisseurs, dans le modèle C. T. F. T., permettent d'estimer la largeur des pores ou des rayons. Pour cela, on superpose le transparent à une section transversale du bois nettement entaillée avec une lame de rasoir mécanique et on note à quelle épaisseur de trait correspond la largeur à mesurer. Par exemple, on fera coïncider avec le diamètre tangentiel médian des pores le trait le plus fin de 0,1 mm pour noter si très peu de pores dépassent le trait (pores fins) ou bien le trait 0,2 mm pour savoir si la majeure partie des pores dépasse 200 microns (pores gros).

### **3.3.2 Techniques de mesure en observation microscopique**

Les mesures sont sujettes à de nombreuses causes d'erreur dans le domaine des comptages microscopiques. Même en supposant un observateur irréprochable, disposant d'un microscope aussi parfait qu'il s'en construit actuellement et convenablement étalonné, il existe toujours un certain nombre de sources d'erreur. En prenant l'exemple des mesures courantes faites par observation directe au microscope biologique en lumière transmise, il faut citer : les erreurs de distorsion dues à la courbure du champ de nombreux objectifs, les erreurs de recouvrement pour les mesures fractionnées d'objet dont la longueur est supérieure au champ d'observation, les erreurs de diffraction pour les mesures à grossissements élevés. A ces erreurs, qui relèvent de la technique microscopique, s'ajoutent celles qui tiennent à la nature du matériel analysé, à son montage entre lame et lamelle et même à des erreurs systématiques d'évaluation (erreur décimale).

Il en résulte les considérations générales et préliminaires suivantes, qui sont trop souvent négligées dans l'interprétation ultérieure des résultats chiffrés.

a) En utilisant le microscope pour mesurer des longueurs supérieures à 10 microns, il faut compter sur une précision de l'ordre de 5 %. On peut s'attendre à des erreurs de 25 % et plus dans des mesures de largeur de fibres étroites, à parois épaisses, par exemple.

b) Si des micromètres oculaires à tambour, réputés donner une précision du dixième de micron ( $0,1 \mu\text{m}$ ) sont utilisés pour mesurer le diamètre des ponctuations sur les parois latérales de deux vaisseaux accolés, il convient de savoir qu'une telle précision n'a guère de sens pour des mesures comprises entre 1 et 10 microns, compte tenu de facteurs mécaniques (déformation élastique de l'appareil, phénomènes d'hystérésis).

Il est conseillé par conséquent de contrôler autant que possible les mesures obtenues avec un appareil donné par d'autres séries de mesures faites à l'aide d'un autre appareil, bien sûr aussi convenablement étalonné et manipulé. Pratiquement, deux types d'oculaires sont utilisés pour des mesures directes au microscope : un oculaire à réticule ou un oculaire à vis micrométrique.

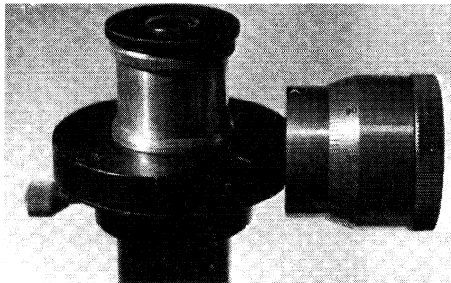
**3.3.2.1 Oculaire à réticule.** Le réticule est constitué par une longueur de 10 mm subdivisée en 100 parties ; il est placé près de la lentille de champ de l'oculaire et étalonné à l'aide d'un micromètre-objet placé à l'endroit de la préparation sur la platine du microscope. Les petites divisions du micromètre-objet représentent 0,01 mm ou le 0,001 mm ; il existe aussi des micromètres-objets pour observation au microscope stéréoscopique avec une échelle de 50 mm (1 division = 0,5 mm). Vérifier par conséquent le type de graduation du micromètre-objet utilisé et noter les caractéristiques de l'objectif car l'étalonnage doit être répété pour chaque système optique. L'échelle visible sur le réticule est mise au point en déplaçant la lentille d'œil de l'oculaire ; après mise au point de l'échelle du micromètre-objet, on superpose les divisions du réticule et celles du micromètre-objet en faisant tourner l'oculaire de mesure dans le tube : une vision nette et simultanée des deux sortes de division doit être obtenue. Alors, on détermine le nombre (a) d'intervalles du micromètre-oculaire qui correspond à un nombre entier de divisions (b) de l'échelle du micromètre-objet. Une division de l'échelle du réticule oculaire indique une



$$\text{valeur égale à } \frac{h}{a} \times E, \text{ où } E \text{ indique la longueur en microns d'un intervalle du micromètre-objet. Ainsi } \frac{0,5}{13} \times 1\,000 = 38,46 \text{ microns.}$$

En conséquence, toutes les fois qu'on se servira du même oculaire et du même objectif, avec une longueur donnée du tube du microscope pour des lames et lamelles de même épaisseur, les mesures faites sur préparation s'exprimeront en microns en multipliant le nombre de divisions du réticule par 38,46  $\mu\text{m}$ , pour l'exemple ci-dessus applicable à l'échelle de l'oculaire à vis micrométrique.

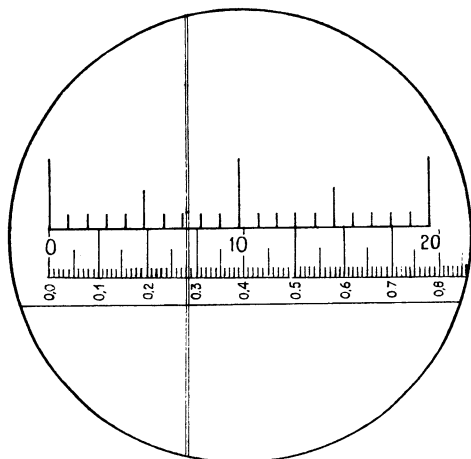
**3.3.2.2 Oculaire à vis micrométrique.** Il en existe plusieurs modèles ; ces oculaires permettent des mesures plus précises que les oculaires à réticule. Leur emploi est plus délicat et moins rapide mais il est obligatoire pour mesurer les épaisseurs des parois d'éléments cellulaires et la taille des punctuations, par exemple.



Nous préférons les oculaires avec division intérieure à ceux dont la division principale est gravée sur l'axe de déplacement du tambour gradué ; les oculaires à vis micrométriques possèdent une vis de fixation sur le tube du microscope ; ils ont le plus souvent des grossissements de 11 x ou de 15 x. Une vis de précision actionnée au moyen d'un bouton latéral fait mouvoir à l'intérieur de l'oculaire un trait très fin ou deux traits très fins, parallèles et très voisins entre lesquels se fera le repérage d'une extrémité de l'objet à mesurer. Dans l'oculaire se trouve une échelle chiffrée, de 0 à 20 par exemple, dont une des divisions correspond à un tour

complet du tambour qui est divisé en 100 graduations. Ne jamais déplacer la ligne mobile au-delà des extrémités de l'échelle en manipulant l'appareil.

L'étalonnage de l'oculaire à vis micrométrique se fait de la même façon que celui de l'oculaire à réticule à l'aide du micromètre-objet pour chaque objectif et pour une longueur de tube fixée une fois pour toutes ; tenir compte qu'une subdivision du tambour est égale à 1/100 de la valeur d'une division de l'échelle chiffrée interne. Pour faire une mesure, on amène d'abord une extrémité de l'objet en coïncidence avec une division intérieure en



agissant sur les vis de la platine du microscope ; ensuite on amène le fil contre l'autre extrémité de l'objet et on repère sur la vis micrométrique du tambour les divisions comprises entre cette extrémité et la division intérieure la plus proche. La dimension réelle de l'objet sera donnée en microns par la somme des divisions principales de l'échelle interne et des subdivisions du tambour, multipliée par la valeur de l'étalonnage.

Ces informations sont données à titre général ; dans la pratique pour l'utiliser correctement, il faut se reposer à la notice qui accompagne chaque type d'oculaire à vis micrométrique. Signalons qu'il existe des dispositifs électroniques de mesure qui permettent de lire sur un cadran la valeur d'une mesure exprimée en microns.

L'oculaire à vis micrométrique comporte une partie saillante sur laquelle se branche un palpeur électronique relié à un pupitre sélecteur, avec un dispositif indicateur à cadran. Après étalonnage d'un objectif du microscope, il suffit de presser sur le pupitre sélecteur le bouton correspondant à cet objectif pour lire sur le cadran la valeur de la mesure.

**3.3.2.3 Mesures avec des microscopes de projection.** Au lieu de faire les mensurations dans le champ du microscope, il est possible de les faire sur l'image projetée soit sur un verre dépoli faisant corps avec le microscope (type Visopan de REICHERT), soit par un miroir qui renvoie à côté du microscope l'image sortant de l'oculaire (type Diapro de NACHET). Cette façon de procéder est particulièrement avantageuse quand on doit effectuer de nombreuses mesures dans un but statistique et tout particulièrement pour les mesures de longueur d'éléments dissociés, longueur de fibres par exemple.

La précision des mesures est fonction de la rigueur avec laquelle sont établies les échelles graduées suivant les combinaisons optiques du microscope et du soin qu'on apporte à éviter une déformation des images (cf. cliché en bas à droite p. 99).

**3.3.2.4 Mesures semi-automatisées et automatisées.** L'association microscope équipé d'une chambre claire – table à réseau avec « souris » ayant une diode luminescente – ordinateur permet d'effectuer rapidement de nombreuses mesures. Grâce à la chambre claire, l'observateur voit à la fois l'image du bois et la diode de la souris se déplaçant sur la table à réseau et enregistre les mesures en cliquant. Il est nécessaire de construire un logiciel adapté aux types de mesures désirées ainsi qu'aux calculs pouvant être faits à partir de celles-ci.

L'analyseur automatique d'image permet d'effectuer très rapidement d'innombrables mesures de toutes sortes, selon les logiciels proposés dans le commerce. Les seules contraintes sont de pouvoir effectuer des préparations microscopiques très minces et de bonne qualité et, bien souvent, d'avoir quelques connaissances en informatique.

### 3.3.3 Exploitation des mesures

Que mesurer dans le cadre de l'identification des bois ? Quelle technique biométrique adopter en anatomie systématique ?

A la première question, il est facile de répondre en renvoyant au tableau donné page 116. S'il semble superflu de préciser qu'on ne mesure pas la longueur des fibres avec la même combinaison optique que celle utilisable pour définir leur largeur, il est moins évident qu'on doive faire appel à un excellent équipement microscopique pour mesurer la taille des ponctuations intervasculaires, ce qui est pourtant nécessaire.

Certaines mesures se font en section transversale : largeur des vaisseaux, nombre de pores par  $\text{mm}^2$ , nombre de rayons par mm, nombre de lignes tangentielles continues de parenchyme, quand elles existent. D'autres mesures se font en section longitudinale : taille des ponctuations intervasculaires, hauteur et largeur des rayons, nombre et longueur des cellules de parenchyme par files.

Enfin, il y a des mesures qui doivent se faire sur dissociations : longueur des éléments vasculaires qu'il faut mesurer appendices compris, sans tenir compte de la position des cloisons perforées, nombre d'échelons des cloisons perforées en grille longueur, largeur et épaisseur des parois des fibres. Si la largeur et l'épaisseur des parois des fibres peuvent s'apprécier, avec quelques précautions, d'après des préparations microscopiques transversales, il est préférable d'en effectuer les mesures au milieu des fibres dissociées, qui servent pour en définir la longueur.

Il est très important avant de préciser un protocole de mesures de connaître dans quel but se font ces mesures. S'il s'agit seulement de fixer un ordre de grandeur des choses afin d'utiliser à bon escient les qualificatifs : fins ou gros, rares ou nombreux, courts ou longs, étroits ou larges, on peut opérer en observation macroscopique ou microscopique en faisant sur les cas les plus fréquents un nombre de mesures suffisant pour avoir une estimation correcte.

S'il s'agit au contraire d'utiliser les mesures dans un but d'anatomie comparée et pour calculer un écart-type, il faut se placer dans le cadre d'une technique statistique. Le nombre des mesures doit être suffisamment grand pour que les calculs aient un sens et ce nombre de mesures sera variable avec les grandeurs mesurées ;

il sera précisé par le coefficient de dispersion qui définit le nombre de mesures exigé. L'écart-type, convenablement calculé, c'est-à-dire pour au minimum 30 mesures, permet d'ailleurs de tenir compte de la variabilité d'un caractère : en tirant au hasard une mesure, si son écart vis-à-vis de la moyenne est égal ou inférieur à une fois l'écart-type ( $\leq \sigma$ ) il y a probabilité de couvrir 68,26 % de la population ; dans le cas  $\leq 2 \sigma$ , 95,44 % et 99,73 % pour un écart de la moyenne  $\leq 3 \sigma$ .

Ce fait explique pourquoi en anatomie systématique, pour qu'elle soit significative, la différence entre les moyennes respectives de deux échantillons devra être supérieure à 2 fois son écart-type ce qui est une garantie raisonnable d'exactitude à 19 contre 1. D'autre part, entre deux espèces, pour qu'elle soit significative, la différence entre les tailles moyennes d'un élément du bois devra être supérieure à 3 fois l'écart-type des éléments individuels chez un échantillon quelconque de l'une ou l'autre espèce.

Nous donnons en fin de ce sous-chapitre un tableau pratique pour le calcul de l'écart-type en usage au Laboratoire d'anatomie des bois tropicaux depuis vingt-cinq ans. Cependant, il n'est pas question d'entrer dans le détail des techniques biométriques qui sont, à notre avis, d'un emploi inadéquat à la routine d'identification. Qu'il nous soit permis cependant de critiquer le mauvais usage que certains anatomistes font des mesures. Sur un échantillon quelconque d'une espèce et une surface de quelques millimètres carrés quand on définit une largeur moyenne des vaisseaux et quand on utilise cette valeur pour la comparer à la largeur moyenne des vaisseaux d'un échantillon d'une autre espèce, définie de la même façon, nous prétendons qu'il y a usage abusif des mesures pour distinguer deux espèces. Il faudrait d'abord sur un nombre d'échantillons convenables de la population, définir l'ampleur de l'écart-type ; ensuite pour une probabilité donnée, par exemple  $P = 0,05$ , comparer les mensurations comme indiqué ci-dessus.

Nous avons défini, par exemple, pour la longueur des fibres de Feuillus tropicaux (et l'exemple n'est pas valable pour les trachéides de Résineux tempérés) qu'il fallait mesurer environ 150 fibres pour donner une moyenne arithmétique raisonnable et pouvoir calculer l'écart-type, ces mesures étant faites par projection sous grossissement d'approximativement 50 x. Mais en réalité le

nombre des mesures doit être fixé pour chaque cas par multiple de 50, en fonction d'un tableau de répartition du nombre d'observations à l'intérieur d'une même classe ; c'est ainsi qu'avec des trachéides de Résineux on peut être amené à faire jusqu'à 400 mesures sur différentes lames d'un échantillon pour tenir compte de la dispersion.

Pour la largeur des fibres et de leur cavité, environ 50 mesures seront suffisantes, mais elles devront être faites sous grossissement de 600 x. Pour être correctes, les mesures du coefficient de souplesse, qui est le rapport entre la cavité x 100 et la largeur de la fibre, doivent être faites séparément pour chaque fibre ; le coefficient de souplesse calculé sur la moyenne, ne permet pas de savoir dans quelle mesure, pour l'échantillon étudié, le bois a des fibres d'épaisseur variable. Bref, avec des fibres de longueur moyenne (900 à 1 600  $\mu\text{m}$ ) l'écart-type  $\sigma$  prendra souvent des valeurs comprises entre 150 et 250 microns ; pour des largeurs moyennes de fibres (24 à 40  $\mu\text{m}$ ),  $\sigma \pm 4 \mu\text{m}$  ; pour le diamètre tangentiel moyen des pores (100 à 200  $\mu\text{m}$ ) on aura un ordre de grandeur de l'écart-type entre 15 et 30 microns.

TRAITEMENT BIOMÉTRIQUE DU BOIS D'UNE ESPÈCE

	Matériel réduit. Seulement 1 échantillon.	Matériel abondant. Indiquer le nombre d'échantillons (5 provenant de 4 arbres).
<b>Vaisseaux</b>	Mesurer 100 pores (diamètre tangentiel). Calculer moyenne arithmétique — écart-type	Mesurer 25 pores par échantillon (diamètre tangentiel). Calculer moyenne arithmétique — écart-type — écart-type des moyennes — des différents spécimens.
Nombre	Distribution uniforme : choisir par inspection une surface de 4 cm <sup>2</sup> comprenant plusieurs couches d'accroissement et faire 10 mesures sur 2 ou 5 mm <sup>2</sup> suivant la taille des pores.	
Groupe	Donner la fréquence avec laquelle on rencontre des pores isolés.	
Ponctuations inter-vasculaires	25 mesures au milieu de plusieurs éléments de différents vaisseaux. Calculer la moyenne arithmétique	Faire 10 mesures (par échantillon) sur plusieurs éléments de différents vaisseaux. Calculer la moyenne arithmétique
<b>Fibres</b>	Mesurer ± 150 fibres. Calculer moyenne arithmétique — écart-type	Mesurer 50 fibres par échantillon. Calculer moyenne arithmétique — écart-type — écart-type des moyennes
Longueur	Mesurer 50 fibres. Calculer moyenne arithmétique — écart-type	Mesurer 25 fibres par échantillon. Calculer moyenne arithmétique — écart-type — écart-type des moyennes
Largeur	Mesure de la cavité des fibres faite en même temps que celle de la largeur et mêmes calculs que ci-dessus.	
Coefficient de souplesse		
<b>Rayons</b>	Hauteur moyenne inférieure à 15 cellules : compter le nombre de cellules pour 100 rayons. Autrement : mesurer 100 rayons.	Hauteur moyenne inférieure à 15 cellules : compter le nombre de cellules pour 50 rayons. Autrement : mesurer 50 rayons par échantillon.
Hauteur	Mesurer ou compter le nombre des cellules pour 100 rayons	Mesurer ou compter le nombre des cellules pour 50 rayons par échantillon.
Largeur	Donner le nombre moyen de cellules, l'amplitude de la variation et la proportion de rayons unisériés. Contrôler les mesures en section transversale par des mesures en section longitudinale tangentielle.	
Nombre	Mesurer 10 fois 1 mm à différents endroits de la surface de la préparation. Calculer moyenne arithmétique	Mesurer 5 fois 1 mm à différents endroits de la surface de la préparation par échantillon. Calculer moyenne arithmétique

Nous résumons ci-contre le nombre de mesures nécessaires pour un traitement statistique des données dans un tableau inspiré de celui publié autrefois par nos collègues anglais qui ont été des précurseurs dans la technique biométrique en anatomie du bois. Le second tableau ci-dessous est celui annoncé p. 127 *in fine* pour le calcul de l'écart-type.

CENTRE TECHNIQUE FORESTIER TROPICAL, 49 AV. AVENUE DE LA BELLE GABRIELLE, 24 - NOGENT SUR MARNE (VAL DE MARNE) - FRANCE

ANALYSE DE FIBRES

BOIS n°

PATE n°4008 CEL.

HISTOGRAMME DES LONGUEURS

$$\bar{X} = 1514 \mu\text{m}$$

$$s = \pm 360 \mu\text{m}$$

LIMITES DES CLASSES																																							
700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1350	1400	1450	1500	1550	1600	1650	1700	1750	1800	1850	1900	1950	2000	2050	2100	2150	2200	2250	2300	2350	2400					
299	399	499	599	699	799	899	999	1099	1199	1299	1399	1499	1599	1699	1799	1899	1999	2099	2199	2299	2399	2499																	
VALEURS CENTRALES																	$X_0 = 1550$	(unité : microns)	$a = 100$																				
	750	850	950	1050	1150	1250	1350	1450	1550	1650	1750	1850	1950	2050	2150	2250	2350	2450																					
f	1	2	6	11	12	19	15	16	17	15	11	11	9	4	3	2	5	1	n = 160																				
x	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	+8	+9																					
fx	-8	-14	-36	-55	-48	-57	-30	-16	0	+15	+22	+33	+36	+20	+18	+14	+40	+9	$\Sigma fx = -87$																				
fx <sup>2</sup>	64	98	216	275	192	171	60	16	0	15	44	99	144	100	108	98	320	81	$\Sigma fx^2 = 2101$																				

Moyenne :  $\bar{X} = X_0 + a \frac{\Sigma fx}{n} = 1550 + 100 \frac{-87}{160} = 1550 - 35,62 = 1514 \mu\text{m} = 1,514 \text{ mm}$

Variance :  $s^2 = \frac{a^2}{n} \Sigma fx^2 - \left( a \frac{\Sigma fx}{n} \right)^2 = \frac{10000}{160} \times 2101 - \left( 10000 \times \frac{3229}{25600} \right) = 131312,5 - 1269 = 130043$

Ecart-type :  $s = \sqrt{130043} = \pm 360 \mu\text{m}$

Paullette Jacquet  
Octobre 1974



### 3.4 ANALYSES ACCESSOIRES UTILES POUR LES IDENTIFICATIONS

La connaissance de la structure du bois est essentielle pour permettre d'identifier les genres et espèces auxquels appartiennent les arbres producteurs de ces bois. Mais, au stade de l'identification spécifique, il arrive que l'anatomie, même poussée dans ses détails microscopiques, ne permette pas d'arriver à une conclusion incontestable. C'est pourquoi l'identification fait appel à d'autres techniques, susceptibles de mieux étayer une hypothèse relativement subjective.

Parmi les analyses complémentaires, nous citerons celles auxquelles nous avons le plus fréquemment recours. Il s'agit de la comparaison des coefficients de souplesse, de l'utilisation de la lumière de Woon, de l'essai chimique par taches ou « spot-test », enfin de l'essai de brûlage (burning splinter test).

#### 3.4.1 Comparaison des coefficients de souplesse

Nous avons indiqué, par ailleurs, que cette caractéristique utilisée pour comparer la morphologie des fibres dans l'industrie papetière, était un critère anatomique qui définit l'épaisseur de paroi des fibres ligneuses. Rappelons que le coefficient de souplesse est calculé en tenant compte de la largeur de la fibre dissociée et de la largeur de sa cavité par le rapport : largeur cavité/largeur fibre x 100. Si le coefficient de souplesse est statistiquement et convenablement défini pour caractériser l'épaisseur des parois d'une espèce dans son aire de répartition naturelle, on peut se servir de cette valeur pour comparer des espèces très voisines histologiquement.

Deux Sterculiacées africaines, l'Eyong (*Eribroma oblonga* Bodard) et le Koto (*Pterygota macrocarpa* K. Schumann) ont un plan ligneux très semblable : anatomiquement, la différence réside dans la présence de cellules recloisonnées de parenchyme avec des cristaux en chaînes axiales chez *Eribroma oblonga* tandis que chez les espèces africaines de *Pterygota* les cristaux sont isolés. Les cristaux de calcium dans les préparations constituent un caractère positif ; malheureusement leur absence peut laisser planer un

doute que supprimera le recours au coefficient de souplesse. En effet, le coefficient de souplesse de l'Eyong est en moyenne de 13 et toujours inférieur à 30, ce qui caractérise des fibres à parois très épaisses, tandis que celui des Koto est de l'ordre de 40 à 50 ou plus, avec une cavité des fibres manifestement plus large.

De même dans les Sapotacées à bois rouge, il est parfois délicat, sur placage mince, de distinguer les essences, par suite des difficultés d'apprécier la masse volumique du bois et de préciser la disposition des pores ou celle du parenchyme. Le coefficient de souplesse est un très bon critère combiné à la taille des ponctuations intervasculaires. Ainsi le Moabi (*Baillonella toxisperma* Pierre) a un coefficient de souplesse en moyenne inférieur à 45, variant suivant les cas entre 33 et 42. Par contre, le Douka (*Tieghemella africana* Pierre), comme le Makoré, donne des chiffres supérieurs à 60 en moyenne, variant entre 60 et 75 ; le Mukulungu (*Autranella congolensis* Aug. Chevalier) a des fibres à parois plus épaisses que le Moabi, avec un coefficient de souplesse de l'ordre de 22.

Bien entendu, pour être ainsi utilisé systématiquement, le coefficient de souplesse ne doit pas être calculé à partir de cinq ou six mesures de largeur de fibre et de largeur de la cavité. Il faut se reporter pour cela aux observations faites précédemment pour tenir compte de la dispersion des résultats et obtenir un chiffre moyen statistiquement calculé.

### **3.4.2 Fluorescence en lumière de Wood**

Il s'agit de l'application au bois du phénomène de photo-luminescence instantanée, qui consiste à transformer la lumière reçue en radiations lumineuses de longueur d'onde différente. Avec la fluorescence « en lumière noire » ou lumière de WOOD, le bois est soumis à l'action de radiations ultraviolettes ; l'absorption dans l'UV fournit une émission visible à l'aide d'une lampe à vapeur de mercure. Ce procédé ne doit pas être confondu avec la microscopie de fluorescence en lumière bleue ou en UV. Il fait appel à la présence dans le bois de corps naturellement fluorescents en lumière noire et il ne demande pas d'autre équipement qu'une lampe spéciale.

Deux bois, bruns à la lumière ordinaire, peuvent avoir un com-

portement très différent sous la lumière de WOOD. Ainsi, les bois de Doussié du Cameroun peuvent être produits par deux espèces : *Afzelia bipindensis* Harms et *Afzelia pachyloba* Harms. En fait, ces deux espèces se distinguent facilement par la dimension des folioles et par la couleur de l'arille qui entoure la base des graines. Quand la grume est séparée du houppier et qu'elle est sortie de forêt, la distinction devient plus difficile. En laboratoire, sur un prélèvement quelconque de bois parfait, les caractères de structure, précisés même microscopiquement, ne donnent pas de résultat satisfaisant pour séparer les deux espèces. Or, en opérant sur des prélèvements de bois correctement identifiés par l'adjonction de documents botaniques, nous avons toujours trouvé les mêmes réactions différentes en lumière de WOOD pour *Afzelia bipinclensis* et *Afzelia pachyloba*. Le Doussié rouge (*A. bipindensis*), dont les rondins présentent souvent des contenus pulvérulents jaune citron dans les fentes de cœur, prend sous la lampe à vapeur de mercure par exposition dans l'obscurité pendant quelques minutes une teinte homogène violet-amarante. Le Doussié à petites feuilles (*A. pachyloba*) donne au contraire une teinte souvent hétérogène, par bandes ou plages d'un jaune vif comme d'ailleurs le Lingué (*Afzelia africana* Smith). L'espèce asiatique *Afzelia xylocarpa* Craibo, connue sous le nom-pilote Makamong, se caractérise par une fluorescence homogène jaune brillant.

Un bois comme le Dabéma (*Piptadeniastrum africanum* Brenan) présente couramment une nette fluorescence jaune brillant. A la suite d'essais systématiques, nous nous sommes aperçus que des barrettes d'essais prélevées dans différentes zones du bois parfait ne réagissaient pas de la même façon ; on peut trouver vers le centre des rondins du bois qui donne une fluorescence partielle ou nulle.

Dans son ouvrage « Tecnologia del Legno », le Prof. G. GIORDANO a publié une longue liste d'espèces avec l'indication du type de fluorescence du bois en lumière de WOOD.

### 3.4.3 Technique des taches colorées sur papier

Avec les espèces d'*Afzelia*, qui existent en forêt dense de l'Ouest Africain, nous venons de signaler que l'anatomie microscopique

seule permettait difficilement de séparer avec certitude les bois sur prélèvements quelconques. Il en est de même avec *Khaya ivorensis* Aug. Chevalier et *Khaya anthotheca* C. De Candolle. Une longue série d'analyses anatomiques entreprises sur des échantillons authentifiés par herbier et récoltés en Côte-d'Ivoire en 1956, ont été étudiés en détail par le laboratoire d'Anatomie des Bois Tropicaux. Des milliers de mesures ont été faites dans quatre prélèvements entre l'aubier et le cœur de trois secteurs provenant d'arbres différents pour chaque espèce ; on en a conclu qu'il n'était pas possible de trouver des dimensions d'éléments significatives pour une espèce, quand on ignore la position exacte du prélèvement.

Or, il arrive, pour diverses raisons, qu'on peut souhaiter savoir si un bois appartient plutôt à *Khaya ivorensis* qu'à *Khaya anthotheca*. En forêt la distinction est facile ; l'aspect de l'écorce et la forme des feuilles permettent de séparer les deux espèces, qui existent parfois sur un même chantier d'exploitation à la limite de leur aire respective en Côte-d'Ivoire.

En présence de sciage, la reconnaissance est d'autant plus aléatoire que la dénomination d'Acajou blanc pour *Khaya anthotheca* n'indique pas du tout une teinte plus claire du bois : c'est de la couleur de l'écorce qu'il s'agit.

Une des raisons qui nous a engagés à dépasser le stade inefficace de l'anatomie pour la distinction de ces deux espèces tient au pouvoir pathogène de certains bois d'Acajou d'Afrique. On note, en effet, sur des personnes allergiques, des accidents cutanés qui provoquent des eczéma plus ou moins violents. Or, J. W. W. MORGAN et D. S. WILKINSON ont montré en 1965, à l'aide de tests cutanés, que l'Anthothécol, isolé par BEVAN, REES et TAYLOR était l'une des substances pathogènes. Comme le bois de *Khaya ivorensis* contient de la Khivorine et non pas de l'Anthothécol, nous avons un moyen chimique de séparer les deux espèces.

Pratiquement, à la suite de J. W. W. MORGAN et K. J. ORSLER, on opère de la façon suivante : 7 g de bois, rapé et non tamisé, sont extraits au soxhlet pendant 7 heures avec 300 ml d'éther de pétrole (P. E. 60-80°). Après extraction et récupération de l'éther de pétrole, on évapore au bain-marie 2 ml de filtrat. L'extrait sec est jaune citron ; on le dissout dans 2 ml de chloroforme.

Quatre gouttes de cette solution sont placées sur papier

WATMAN n° 3 à environ 5 cm d'écart ; 1 goutte servira de témoin. Le reste de la solution est mis dans deux tubes à essai, dont un servira aussi de témoin. Dans l'autre tube, on verse quelques ml du réactif ci-après et on pulvérisera sur les trois gouttes mises sur papier ce même réactif. Le réactif renferme 1 partie de pyridine et 3 parties de la solution suivante : 1 g de perchlorure de fer anhydre sublimé avec 100 ml de chloroforme. Le chloroforme est mis en présence du perchlorure, on agite jusqu'à dissolution complète et on filtre.

Résultat : sur papier WATTMAN des taches jaunes identiques au témoin (et en tube à essai un liquide jaune identique à celui du tube témoin) prouvent l'absence d'anthothécol et permettent d'identifier le bois à *Khaya ivorensis*.

Par contre, avec une coloration brun rosâtre ou saumon sur fond jaune pâle, soit en halo soit sur l'ensemble des taches sur papier (et avec une coloration de même teinte mais plus franche, souvent avec des reflets verts, dans le tube à essai) on décèle l'anthothécol ; le bois provient de *Khaya anthotheca*. L'avantage du papier sur le tube à essai réside dans la possibilité de garder trace des résultats ; à l'abri de la lumière les colorations persistent pendant plusieurs années. On fait ressortir l'intensité des taches colorées en regardant le papier en lumière transmise.

#### 3.4.4 Essai de brûlage

On prélèvera des éclats de la taille d'une allumette à plusieurs endroits du bois parfait, au moins à quatre endroits différents qui seront situés en dehors du cœur de l'arbre et de la partie externe avec aubier. Pour chaque échantillon, on notera la moyenne des résultats obtenus dans l'essai de brûlage des éclats de bois.

Les Australiens, qui utilisent couramment ce test pour le classement des espèces d'*Eucalyptus*, distinguent trois cas.

a) *Le bois charbonne*. Dans ce cas, le morceau fendu brûle lentement et avec difficulté ; il noircit et carbonise ou bien le reliquat noir et carbonisé de l'éclat ne montre que de minces filets de cendre noirs ou gris.

b) *Le bois est réduit partiellement en cendre*. C'est le cas d'éclats qui se rétractent en brûlant par rapport à leur dimension

d'origine en donnant de la cendre ; ou bien, quand l'éclat brûle difficilement, s'il laisse un peu de cendre.

c) *Le bois est complètement réduit en cendre.* La cendre qui reste après brûlage de l'éclat conserve la forme première de l'éclat. Ainsi, les éclats d'*Eucalyptus camaldulensis* (Red Gum) et d'*E. marginata* (Jarrah) charbonnent (a) ; tandis que ceux d'*E. paniculata* (Grey Ironbark) et d'*E. diversicolor* (Karri) sont complètement réduits en cendre (c).

L'essai de brûlage demande à être conduit avec précaution ; de plus, nous avons constaté que les résultats n'étaient pas toujours ceux qu'on prévoyait sur des bois provenant d'espèces introduites quelquefois hybridées.

La difficulté d'identifier par leur seule structure les nombreux bois d'*Eucalyptus* a fait aussi utiliser un **test de turbidité**. On chauffe environ 2 g de sciure dans 2 ml d'alcool pendant 2 min. ; on laisse refroidir l'extrait qui est décanté de la sciure et dilué en volume égal avec de l'eau distillée. Le liquide reste clair (cas d'*E. siderophloia*) ou bien se trouble (cas d'*E. sideroxylon*).

**3.4.5 Test au chrome-azurol S.** Une goutte de chrome-azurol S en solution à 5 % appliquée sur la section transversale du bois va colorer celle-ci en bleu ou violet (test positif) ou en rose ou orange (test négatif) selon que le bois renferme ou ne renferme pas d'aluminium (B. Kukachka et R. Miller dans IAWA Bull. 1980).

Ce test très rapide s'avère intéressant dans certains cas comme la reconnaissance du genre *Qualea* (Vochysiacees, test positif) parmi certains bois de même aspect du groupe des Légumineuses. Il faut, bien sûr, éviter d'effectuer ce test sur des bois ayant reçu un traitement de préservation car certains produits fongicides, ou autres, peuvent contenir des métaux réagissant au chrome-azurol.

## Pratique de l'identification des bois

Identifier un bois consiste pratiquement à trouver le nom de l'arbre qui l'a produit. Bien que liés entre eux, les problèmes d'identification et ceux de nomenclature (commerciale, scientifique ou vulgaire) ne doivent pas être confondus. La nomenclature correcte des bois tropicaux nécessite une spécialisation de botaniste : lui seul peut comprendre tout le sens caché, renfermé par exemple sous ces mots : *Khaya ivorensis* Auguste Chevalier, tant au point de vue historique et géographique que systématique. L'identification des bois tropicaux est un art ; c'est-à-dire qu'elle exige plus qu'une représentation consciente et méthodique de leurs particularités structurales ; elle nécessite un apprentissage approprié en vue d'acquérir une habileté technique.

L'identité d'une personne se prouve par les moyens qui servent à fonder l'état civil et se contrôle scientifiquement (anthropométrie). L'identité d'un bois se définit par des considérations botaniques et forestières ; elle se prouve par les moyens qui permettent de remonter à ses origines et se contrôle scientifiquement.

Il y a une définition systématique du bois liée à la classification dans le règne végétal de l'arbre producteur. Elle se résume par une nomenclature latine (seule nomenclature de caractère véritablement international) qui utilise un nom (genre) et un adjectif (espèce) suivi du nom du botaniste descripteur.

Il y a une définition biologique du bois liée à la provenance de l'arbre producteur. Elle se résume soit par une appellation commerciale ou locale, soit par des mentions de station ; elle indique des particularités physico-chimiques de la matière élaborée par une espèce d'arbre donnée dans des conditions définies. C'est le reflet de l'influence des facteurs écologiques sur le bois.

Ainsi précisée, l'identité d'un bois se prouvera par les moyens qui permettront de contrôler sur prélèvement la position systématique et l'origine de ce bois. Il est évident que les techniques d'analyse anatomique qui ont fait l'objet du chapitre précédent trouvent alors leur plein emploi.

L'identification des bois n'est cependant pas l'apanage des anatomistes, c'est-à-dire d'opérateurs manuels (mot à mot chirurgiens) qui coupent le bois de bas en haut (anatomie) ; en réalité, ils le découpent même dans trois plans...

A différents stades : en forêt, sur parc à bois, en atelier de fabrication, sur objet mis en œuvre, on peut avoir à identifier un bois. La pratique de l'identification ne sera pas la même suivant qu'elle se fera à l'échelon du Forestier ou du Réceptionnaire et à celui du spécialiste en Laboratoire.

Rappelons que pour un bois quelconque, ses éléments constitutifs sont agencés les uns par rapport aux autres de telle façon que son plan ligneux présentera schématiquement un ensemble de caractères qui se retrouveront chez tous les individus d'une même espèce ou de plusieurs espèces du même genre. Si l'on veut pouvoir reconnaître les bois, il faudra au préalable avoir catalogué le plan ligneux du maximum d'espèces d'arbre, à la suite d'analyses sur prélèvements convenables en qualité et en quantité.

Vouloir identifier un fragment de bois quelconque, même en se limitant aux trois ou quatre mille espèces ligneuses qui fournissent des bois commerciaux n'est pas à la portée de tout le monde. Mais tout utilisateur est capable de contrôler l'identité d'un bois, ce qui ne signifie pas qu'en présence d'une fausse appellation, il sera capable de fournir la véritable identité du bois.

Quels que soient l'endroit où se fait l'identification et les moyens dont on dispose, il faut avoir conscience que seule la combinaison caractéristique de plusieurs indices convenablement sélectionnés garantira une bonne identification. Bien entendu, une excellente mémoire visuelle et une pratique familière des bois en grumes, en rondins, en sciages ou en placages, aident beaucoup pour reconnaître les bois courants du commerce dans un pays donné.

Les flores ont pour but de permettre l'identification des plantes ; les différents tomes de ce Manuel d'identification joueront en quelque sorte le même rôle pour les bois. Mais avant de préciser le système de clé d'identification à entrées multiples que nous avons



retenu, nous voudrions montrer comment peut se pratiquer l'identification en dehors des laboratoires spécialisés, en montrant les limites et les possibilités intéressantes.

#### **4.1 L'IDENTIFICATION DES BOIS À L'ÉCHELON DU FORESTIER**

Nous employons ici le nom de Forestier dans le sens de celui qui occupe une situation en forêt : chef de chantier, prospecteur, botaniste même, etc. Pour lui, ce qui importe, c'est la reconnaissance des arbres à bois utiles. Comme l'a indiqué R. LETOUZEY dans son Manuel de Botanique Forestière, pour l'Afrique tropicale (I, p. 166) les noms dits vernaculaires, locaux, autochtones ou indigènes, constituent un premier moyen de retrouver une plante. Mais tous les arbres d'une forêt tropicale n'ont pas obligatoirement un nom de la part de la tribu qui occupe les lieux, et d'autre part une essence forestière possède autant de noms qu'il y a de tribus vivant à travers son aire de répartition.

Notre propos n'est pas de traiter ici de la valeur des noms vernaculaires : pour la Guyane française, R. A. A. OLDEMAN, dans le numéro de janvier-février 1968 de la Revue *Bois et Forêts des Tropiques*, a fort bien analysé le problème. Nous voulons seulement indiquer que la connaissance des noms vulgaires donnés par un informateur autochtone est le seul moyen, même pour un botaniste, de prendre contact avec les arbres d'une forêt de type équatorial où l'on est littéralement submergé par la végétation la première fois qu'on y pénètre. Il appartient au Forestier de contrôler l'exactitude du nom qu'on lui donne et c'est là qu'identification de l'arbre et identification du bois se complètent bien sur le terrain.

Il n'existe rien de commun entre les caractères qui servent à identifier un arbre sur pied, tirés de son port, de son écorce, de ses feuilles, fruits ou fleurs, et les caractères morphologiques ou anatomiques qui permettent d'identifier son bois. Mais le Forestier a sur quiconque l'énorme avantage de relier immédiatement les caractéristiques de l'arbre aux caractéristiques de son bois. Il dispose d'informations de station et de morphologie végétale que les autres n'auront plus. Au pied d'un arbre qui sera mal nommé par un prospecteur indigène, ou inconnu de lui, l'examen anatomique aidera quelquefois à préciser le genre auquel appartient cet arbre.



Bien sûr, il n'est pas question de pouvoir identifier l'espèce en l'absence d'une connaissance préalable de la flore locale.

L'examen se fera tout au plus avec une loupe à main sur du bois prélevé en dehors des contreforts ou empattements, à cause du fil tourmenté à cet endroit. A la matchette, il ne sera pas possible d'avoir un éclat de bois présentant une large surface transversale, mais on le prendra tout de même assez profondément dans l'aubier ; on pourra aussi gouger le bas de l'entaille. La partie interne de l'écorce et l'éclat de bois en long montreront avec évidence une structure étagée, si cette particularité existe. Un certain nombre d'espèces présentent en effet une sériation horizontale des rayons libériens côté écorce et des rayons ligneux côté bois ; il suffit d'en connaître la liste pour aiguiller l'identification de l'arbre en fonction de ses particularités végétatives.

Au moment même du prélèvement de l'éclat de bois, les tissus sont gorgés de sève et leur lecture n'est pas toujours facile. Très rapidement cependant, on pourra noter la répartition des différents tissus et, s'ils existent, la position de canaux sécréteurs qui se dis-

tingueront des vaisseaux par la couleur de leurs exsudations. Il n'est pas rare que l'emploi conjoint des particularités de l'arbre et de son bois, après avoir permis d'émettre une hypothèse plausible sur son identité, trouve sa justification dans la découverte du fruit à proximité de l'arbre.

## **4.2 L'IDENTIFICATION DES BOIS À L'ÉCHELON DU RÉCEPTIONNAIRE**

La bille a quitté l'endroit d'abattage ; le houppier est resté sur place en forêt ; les caractères botaniques d'identification ne sont plus utilisables. Les réceptionnaires peuvent faire appel seulement à des caractères tirés de l'écorce, de l'aspect du roulant si le rondin est écorcé, et de la structure macroscopique du bois, pour contrôler l'identité.

La loupe à main est encore à ce stade le seul instrument optique utilisable pour obtenir un grossissement supérieur à la vision normale ; mais les possibilités d'observation sont beaucoup plus grandes qu'au pied de l'arbre en forêt. Les deux avantages résultent d'une vision des extrémités des rondins montrant la proportion réciproque d'aubier et de bois parfait et la couleur du duramen, ainsi que de la possibilité de procéder à un meilleur examen de la répartition des tissus dans différentes couches d'accroissement. Bien sûr, le traitement par des produits de préservation, désormais très fréquent, des extrémités tronçonnées rend obligatoire l'emploi d'une gouge pour rafraîchir le bois en bout. On peut aussi faire sauter à la hache un éclat épais à une extrémité de bille et examiner minutieusement un prélèvement orienté dont la section transversale aura été convenablement coupée à l'aide d'une lame de rasoir mécanique.

Beaucoup plus que pour les spécialistes de laboratoire, le Manuel d'identification des bois tropicaux a été conçu pour rendre service aux réceptionnaires. En présence de cas douteux, où l'observation microscopique sera nécessaire, il est évident qu'il faudra avoir recours au laboratoire, mais toute une partie des examens anatomiques en laboratoire est identique à celle réalisable sur un parc a bois.

Pratiquement, on examinera la section transversale à l'œil nu, puis avec une loupe ordinaire, d'abord à sec, ensuite après avoir

humecté le bois ; on notera la disposition du tissu parenchymateux et la disposition des pores. On observera le roulant de la bille qui indique la disposition des rayons, ce qui permettra de déceler éventuellement la présence de lignes d'étagement, en utilisant, si besoin est, la loupe. On examinera à la loupe un éclat radial de bois pour l'aspect des rayons. Enfin, on repérera les caractères accessoires tels que : canaux sécréteurs, odeur précise. Cet ensemble d'informations doit largement permettre un contrôle d'identité et aiguiller vers une autre dénomination le rondin ou le bois débité examiné, en cas d'erreur d'appellation.

Sur rondin écorcé, il est facile à un réceptionnaire exercé de distinguer un Tiama d'un Acajou d'Afrique, par suite de la présence d'un aubier relativement large avec zone de bois intermédiaire et par l'existence de fines lignes de parenchyme continues à espacement régulier, de l'ordre de quelques millimètres, qui caractérisent macroscopiquement un Tiama. Un réceptionnaire différenciera facilement en Côte-d'Ivoire, grâce à leur écorce, un Acajou Bassam (*Khaya ivorensis*) d'un Acajou Blanc (*Kaya anthotheca*), mais si les rondins ont été écorcés, seul le fil du bois lui donnera une présomption ; il sera défavorisé par rapport au forestier.

### **4.3 L'IDENTIFICATION DES BOIS AU STADE DU LABORATOIRE**

Seule l'analyse anatomique du bois en laboratoire est en mesure de définir, exactement et de façon complète, les particularités d'aspect et de structure d'un bois, en utilisant la gamme des techniques énoncée au chapitre 3.

Faute d'information autre que celle fournie par les caractères anatomiques, une identification sera d'autant plus difficile que le bois n'aura pas de particularités saillantes et appartiendra à un type de plan ligneux répandu sur tous les continents. Il existe en Afrique, à Madagascar, en Asie, en Océanie et en Amérique tropicales, des arbres de la famille des Sapotacées par exemple, appartenant à différents genres et à un grand nombre d'espèces, dont les bois possèdent le même plan ligneux ; l'identification d'un prélèvement quelconque de l'ordre d'une planchette (15 cm de long, 10 cm de large et 2 cm d'épaisseur, qui est un bon matériel pour l'identification), nécessitera beaucoup de recherches très détaillées.

Malgré cela on n'aboutira pas à la même certitude que si le laboratoire avait disposé des feuilles de l'arbre, ou d'un nom vulgaire correct, et surtout si l'on avait connu l'endroit exact où l'arbre avait été coupé. Un anatomiste n'est pas un devin. Le jour où une sélection judicieuse des caractères anatomiques de tous les bois commerciaux ou commercialisables aura fait l'objet d'un fichage international exploitable sur machine, sans doute la solution des problèmes d'identification sera-t-elle résolue de façon plus rapide et plus efficace.

En attendant cette échéance, l'anatomiste est obligé, dans les cas difficiles, de constater que sa connaissance, même scientifique, du bois étudié ne lui permet pas obligatoirement de l'identifier spécifiquement, quels que soient les moyens d'analyse employés. Pour avoir une idée des particularités d'un bois, son identification nécessite une série d'opérations successives de rapprochement et d'élimination ; pour faciliter ce processus, on a recours à des clés d'identification.

#### **4.4 LES CLÉS D'IDENTIFICATION ET LE SYSTÈME DES CARTES PERFORÉES**

Avant tout énoncé des différentes conceptions des travaux qui utilisent des critères anatomiques pour permettre la reconnaissance des bois, il paraît utile de préciser ce que doit être une clé d'identification. A notre avis, elle doit être : pratique, précise et objective. Voyons ces points.

Pratique : une clé n'a pas de raison d'être si elle n'ouvre rien. La notion est toutefois très subjective ; l'auteur d'une clé d'identification la trouve toujours convenable pour son usage personnel. Il importe donc qu'elle soit reconnue pratique et efficace par les utilisateurs éventuels. Il faut construire la clé, d'une part en fonction des moyens d'investigation susceptibles d'être mis en œuvre par l'utilisateur, d'autre part en adaptant la terminologie aux connaissances de celui-ci. Pour être pratique, une clé doit être forcément limitée dans son objet ; elle doit être conçue soit dans le cadre de la classification botanique (clés par genres), soit dans le cadre d'une classification écologique (clés par formations végétales pour une région donnée), soit dans un cadre technologique (clés de bois commerciaux par nature d'emplois).

Des clés d'identification qui utilisent seulement des critères d'anatomie macroscopique, visibles tout au plus à la loupe à main, ne permettent pas de séparer un grand nombre de bois. Il faut adopter le principe appliqué par Samuel J. RECORD dans un ouvrage, qui date d'une quarantaine d'années, intitulé : Identification of the Timbers of Temperate North-America, et réunir dans un texte unique les caractères d'anatomie macroscopiques complétés par des critères microscopiques, les uns et les autres imprimés différemment.

La précision d'une clé d'identification est également essentielle. On doit faire appel à des caractères dont la présence est indubitable et sans ambiguïté ; il est alors nécessaire d'avoir recours à un vocabulaire clairement défini, même si cela doit exiger une formation adéquate de la part de l'utilisateur. Des clés d'identification qui auraient pour point de départ des notions de couleur ou d'aspect du bois sont en principe défectueuses, car il est impossible de définir pratiquement la couleur d'un bois. Celle-ci varie avec l'état de siccité et de vieillissement de l'échantillon, sans parler des jeux de lumière sur une surface rabotée, qui n'a pas l'homogénéité d'une sciure.

Dernier point, celui de l'objectivité : c'est le point délicat. Les débutants se plient plus volontiers à la discipline d'une clé d'identification qu'un chercheur déjà expérimenté. En faisant appel à des caractères scientifiquement définis et internationalement adoptés, on a plus de chance d'être objectif, à condition d'avoir observé correctement. Ceci dit, voyons quelques cas d'application au bois des clés d'identification.

#### **4.4.1 Les clés dichotomiques et autres méthodes**

L'aspect habituel sous lequel se présentent les clés d'identification est une forme dichotomique. En anatomie du bois, un exemple remarquable de ce procédé est la clé d'identification des bois de Java (1940) par H. H. JANSSONIUS avec schémas de plans ligneux. Cette clé fait état de tous les bois étudiés dans six volumes ; elle ne comporte pas moins de 633 numéros et s'étend sur 128 pages. Si l'œuvre n'est pas critiquable, à notre avis la méthode l'est. L'inconvénient de toute clé dichotomique réside dans une hiérarchie des caractères établie par l'auteur et l'utilisateur risque d'être

dérouté dans le cas où un maillon de la chaîne lui fait défaut : les critères peuvent être objectivement notés, mais ils sont subjectivement présentés.

Dans le cadre de l'identification macroscopique des bois commerciaux d'une région définie, un excellent travail est celui de Calvino MAINIERI intitulé : *Identificação dos principais maduras de commercio no Brasil* (1958) avec photographies de coupes transversales à faible grossissement (10 x). Sont classés 234 bois en trois grandes divisions, suivant qu'ils ont ou n'ont pas de vaisseaux et présentent un parenchyme distinct ou indistinct à la loupe. Les subdivisions groupent les bois suivant la disposition du parenchyme ; secondairement, il est fait appel à la taille des pores et à l'étagement des rayons ; quelques lignes descriptives avant la dénomination de l'essence font mention de la couleur du bois parfait.

À côté de ces ouvrages mentionnés à titre d'exemple parmi beaucoup d'autres, il faut citer le principe des descriptions chiffrées, qui constituent en même temps une clé générale d'identification, par classement des fiches d'après leur numérotage. Dans ce sens, on peut indiquer l'ancien ouvrage de E. H. F. SWAIN : *Queensland Forest Service Universal Wood-Index* (1927). Cet index tient compte des qualités commerciales du bois (poids, couleur, maillure et porosité) à côté de caractères plus spécifiquement anatomiques avec même un indicatif chiffré pour les variations du bois à l'intérieur de l'espèce.

Ce principe de descriptions chiffrées dans un but d'identification des bois a abouti à la clé à entrées multiples, avec le système hollandais de A. T. J. BLANCHI (1931) et celui de l'Anglais S. H. CLARKE (1937). En gros, dans le premier cas, chaque carte perforée concerne toutes les espèces qui possèdent l'un des caractères de structure sélectionnés ; dans le second cas, chaque carte perforée s'applique à une espèce avec l'ensemble des caractères de structure observés, parmi ceux sélectionnés.

#### **4.4.2 Le procédé des cartes perforées**

Le système des cartes perforées de CLARKE a connu à travers le monde, auprès des laboratoires spécialisés en anatomie du bois, un succès qui a donné lieu à de nombreuses applications. Dès 1940, le Forest Products Research Laboratory, à Princes Risborough, avait

préparé une clé microscopique et une clé macroscopique des bois Feuillus en utilisant des cartes perforées avec 86 ou 87 caractères. Ces clés à entrées multiples donneront lieu, après révision et augmentation, à deux publications : le Bulletin n° 25, Identification of Hardwoods. A lens Key (1952) et le Bulletin n° 46 : Identification of Hardwoods. A microscope Key (1961). En 1941, E. W. J. PHILIPPS s'attachait à l'identification des bois de Conifères en utilisant un modèle de cartes perforées à 54 caractères ; l'ouvrage fut diffusé aussi par le F. P. R. L./Princes Risborough (Bulletin n° 22, identification of Softwoods by their microscopic structure (1948).

Depuis 1946, le laboratoire d'Anatomie des bois tropicaux de Nogent-sur-Marne a mis au point, lui aussi, une méthode d'identification par cartes perforées. L'application du procédé fera l'objet du second tome de ce Manuel, consacré aux bois africains de la forêt guinéo-congolaise. Son originalité réside dans l'utilisation de cartes perforées seulement numérotées et du format d'une fiche ordinaire 126 x 76 mm. Les 71 numéros correspondent à une sélection de caractères à la fois macroscopiques, microscopiques et technologiques, dont on trouvera la liste ci-après et les explications en Annexe 1 page 151.

## SCHÉMA POUR CARTES PERFORÉES CTFT/FRANCE D'IDENTIFICATION DE BOIS

### I. - PARENCHYME LIGNEUX

1. — Absent ou indiscernable à la loupe (x 8).
2. — Apparent à l'œil nu sans effort.
3. — En lignes tangentielles en limite d'accroissement.
4. — Dispersé (inclus en chaînettes).
5. — Circumvasculaire en manchon (inclus juxtavasculaire).
6. — Circumvasculaire en losange.
7. — Circumvasculaire aliforme.
8. — Associé aux pores et anastomosé.
9. — En lignes ou couches tangentielles discontinues.
10. — En lignes ou couches obliques ou sinueuses.
11. — En lignes ou couches fines, tangentielles, continues (inclus réseau et échelle).
12. — En couches tangentielles épaisses.
13. — ...
14. — Taches médullaires.
15. — Lignes d'étagement.



## II. VAISSEAUX

16. — Absence de vaisseaux.
17. — Présence de zone poreuse ou semi-poreuse.
18. — Disposés en files radiales ou obliques.
19. — Disposés en plages radiales.
20. — Disposés en plages tangentielles.
21. — Disposés en amas pontiformes.
22. — Manifestement de 2 tailles.
23. — Exclusivement isolés.
24. — Accolés par plus de 4.
25. — Thyllés communs.
26. — Avec dépôts blanchâtres.
27. — Avec dépôts colorés.
28. — Inférieurs à 0,1 mm, en diamètre tangentiel (= fins).
29. — Supérieurs à 0,2 mm, en diamètre tangentiel (= gros).
30. — Moins de 30 par 5 mm<sup>2</sup> (rares).
31. — Plus de 100 par 5 mm<sup>2</sup> (nombreux).
32. — ...

## III. — RAYONS LIGNEUX

33. — En disposition étagée.
34. — En disposition échelonnée.
35. — Evidents. Très larges (plus de 0,1 mm) ou assez hauts (plus de 2 mm).
36. — Manifestement de 2 largeurs différentes.
37. — Aussi larges ou plus larges que les pores.
38. — Moins de 20 par 5 mm (rares).
39. — Plus de 50 par 5 mm (nombreux).
40. — Faux-rayons (= Rayons agrégés).
41. — ...

## IV. — AUTRES CARACTÈRES ANATOMIQUES

42. — Liber inclus.
43. — Canaux axiaux traumatiques (à gomme-résine).
44. — Canaux axiaux normaux (à oléorésine) dispersés (d), en lignes (t).
45. — Canaux, tubes tannifères ou laticifères radiaux.
46. — Poches ou cellules excrétrices (à huile ou à mucilage) dans le parenchyme (p) dans les rayons (r).
47. — Vaisseaux avec cloisons perforées à perforation multiple, en grille (g), en réseau (r).
48. — Vaisseaux à épaisissements spiralés.
49. — Présence de trachéides juxtavasculaires.
50. — Couples de ponctuations vaisseau-rayon plus larges que les couples de ponctuations inter vasculaires.
51. — Ponctuations intervasculaires inférieures à 7 microns.
52. — Ponctuations intervasculaires supérieures à 10 microns.
53. — Rayons tous 1-sériés ou partiellement 2-sériés.
54. — Rayons multisériés plus de 4-sériés.
55. — Tissu des rayons multisériés hétérocellulaire.
56. — Cristaux dans les rayons.
57. — Cristaux dans le parenchyme.
58. — Chaînes axiales de cristaux dans le parenchyme (p), dans les fibres (f).

- 59. — Corpuscules siliceux dans les rayons.
- 60. — Corpuscules siliceux dans le parenchyme.
- 61. — Fibres cloisonnées abondantes.
- 62...

V. — CARACTÈRES TECHNOLOGIQUES

- 63. — Cernes franchement distincts.
- 64. — Odeur caractéristique et distincte.
- 65. — Bois blanchâtre.
- 66. — Bois parfait bien différencié (Duramen).
- 67. — Bois avec veines colorées.
- 68. — Très dur et très lourd (N supérieure à 8,  $D_{12}$  supérieure à 0,85).
- 69. — Plutôt dur et plutôt lourd (N de 8 à 3,  $D_{12}$  de 0,6 à 0,85).
- 70. — Tendre et très tendre, léger et très léger (N inférieure à 3 et  $D_{12}$  inférieure à 0,65).
- 71. — ...

Il ne peut pas exister de moyen simple et efficace pour résoudre un problème aussi complexe que celui de l'identification des arbres ou des bois. Toutefois, nous estimons que la méthode des cartes perforées peut rendre des services entre les mains de techniciens ; l'expérience montre, par de nombreux exemples, qu'ils peuvent être formés en une semaine de pratique. La méthode permet en tout cas :

*a)* d'écarter d'un lot commercial d'une essence donnée, les billes d'autres essences qui auraient été glissées dans le lot, volontairement ou par hasard, par suite d'apparences trompeuses ;

*b)* d'orienter rapidement les recherches en cas d'identification sur échantillon par regroupement des bois déjà fichés qui présentent des affinités de plan ligneux.

Le principe du procédé des cartes perforées consiste à disposer d'un jeu de référence dont chaque carte a été encochée suivant les critères numérotés qui figurent sur la liste précédente et qui ont été observés sur des échantillons parfaitement identifiés de l'essence étudiée. On établit, suivant le même principe, la description chiffrée d'un bois à identifier, description volontairement incomplète puisque le schéma de base n'a retenu qu'un certain nombre de caractères, sélectionnés en fonction de leur intérêt pour l'identification.

Une identité de numérotage entre la carte perforée du bois à identifier et une ou plusieurs cartes du jeu de référence indique une similitude des types de plan ligneux. La sélection se fait manuel-



lement à l'aide d'une aiguille à tricoter de diamètre inférieur à celui des trous. Avant d'introduire l'aiguille dans le numéro-repère choisi, on vérifiera que toutes les cartes sont correctement placées dans le même sens, grâce au coin supérieur droit coupé. En secouant légèrement le paquet, on fera tomber les cartes encochées ; les cartes des bois qui n'ont pas le caractère choisi resteront accrochées. On continuera la sélection par d'autres caractères jusqu'à épuisement.

On aboutira plus sûrement à une conclusion convenable en commençant la sélection par les caractères les plus faciles à apprécier et les moins sujets à appréciation personnelle, sans se conformer à l'ordre d'encochage d'après le numérotage du schéma. Réserver pour la fin les caractères de présence facultative ou douteuse.

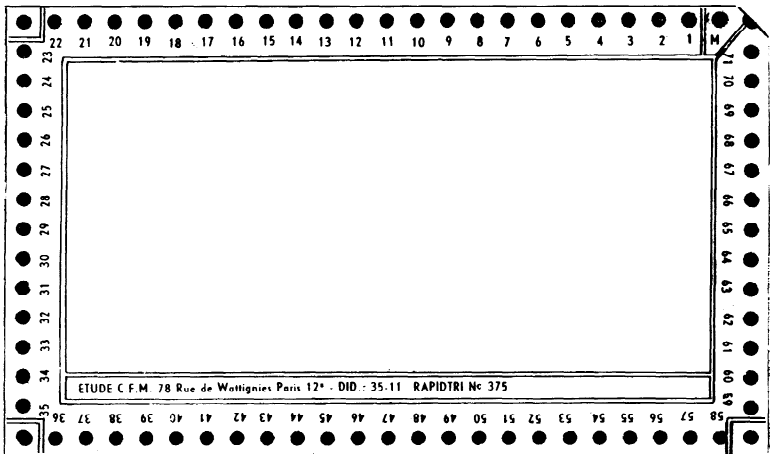
Pour une vérification d'identité, comparer la carte perforée-type de l'essence supposée avec la carte perforée du bois examiné. Pour une identification : joindre la carte perforée du bois analysé à déterminer au paquet de cartes perforées de référence. Si les opérations successives de triage montrent l'identité de la carte perforée du bois à identifier avec une seule carte perforée du lot de référence : l'échantillon est déterminé. S'il reste plusieurs cartes à l'is-

sue du triage, c'est que l'encochage, d'après le schéma, ne permet pas une détermination précise ; il en ressort cependant un groupement de bois de différentes essences qui présentent des plans ligneux voisins.

Enfin, si aucune carte perforée du lot de référence ne se superpose avec la carte qui vient d'être faite, au moins pour les caractères typiques, il faut admettre, sauf erreur, que le bois examiné ne figure pas encore dans le paquet des cartes de référence.

L'Annexe I, page 151 donne à propos de chaque critère chiffré du schéma pour cartes perforées les explications nécessaires pour qu'un opérateur effectue l'encochage de ses fiches de la même façon que nous l'avons fait pour les pointages publiés dans les tomes d'application.

Quelques autres remarques semblent nécessaires en ce qui concerne l'encochage éventuel des cartes perforées du modèle ci-après.



a) Tout autre modèle, pourvu qu'il comporte au minimum 70 encoches, est aussi convenable ; toutefois, **lorsqu'un modèle de carte est adopté et un numérotage défini, il est essentiel de ne plus changer, sous peine d'aboutir à la confusion.**

b) Dans la liste des caractéristiques retenues pour faciliter l'identification des bois, les caractères rencontrés communément, ou bien les dimensions des éléments de taille moyenne, ont été

négligés au profit de caractères moins courants ou bien des tailles exceptionnelles. Le fait n'exclut pas qu'on s'attachera au contraire à préciser les dimensions moyennes et l'aspect le plus courant du plan ligneux en analysant un bois donné.

c) Le nombre et la taille des éléments peuvent être évalués à l'aide d'un film transparent, sur lequel sont délimitées des surfaces de 2 mm<sup>2</sup> et de 5 mm<sup>2</sup>. Le film porte des traits d'épaisseur croissante de 1 à 4 dixièmes de mm, ainsi qu'une longueur de 5 mm, subdivisée en tirets millimétriques. Par superposition du film à l'élément à mesurer, on détermine l'ordre de grandeur de sa taille avec une simple loupe à main. De tels transparents gradués seront annexés à chacun des exemplaires des tomes suivants.

d) Noter au fur et à mesure les numéros-repères du schéma qui correspondent aux particularités relevées sur l'échantillon et les encocher sur la carte suivant le numéro-repère du caractère. Un trou encoché et souligné d'un trait à l'encre sur la carte-témoin correspond à un caractère dont la présence est facultative ou accessoire ; dans un tel cas, les encochages de cartes varieront avec les échantillons examinés pour une même essence et avec les opérateurs. Bien entendu, il serait dangereux de prendre un tel caractère comme point de départ de la sélection des cartes perforées pour une identification.

Tout praticien aura intérêt à se constituer une collection d'échantillons des bois qui correspondent à la série de ses cartes perforées, afin de pouvoir effectuer des comparaisons rapides pour contrôle et utiliser des caractères plus nuancés que ceux qui figurent sur le schéma. Cette collection peut se composer de planchettes débitées dans des bois authentifiés par des documents botaniques et représentatifs de l'essence, ou de préférence de petits cubes d'1 cm d'arête, dont les faces opposées sont parfaitement orientées ; la face transversale opposée au numéro-repère de l'échantillon aura été nettement entaillée avec une lame de rasoir, les faces longitudinales seront brutes de fente.

Des indications personnelles sont très souvent souhaitables pour différencier des bois commerciaux dont les cartes perforées risquent de rester groupées, et ces notations complémentaires trouvent leur place au verso des cartes : schéma du plan ligneux en coupe transversale, couleur et aspect du bois débité, provenance et type de forêt où se trouve l'arbre.

**4.4.3 Les systèmes informatisés.** Dans les années quatre-vingt, avec la vulgarisation de l'informatique, des systèmes d'identification des bois ont été élaborés à l'instar de ceux construits pour les sciences médicales. Ces systèmes fonctionnent avec un logiciel (remplaçant plus ou moins l'opérateur) travaillant sur une base de données (analogue au jeu de fiches perforées) ou sur une base de connaissance (base de données agencées). Différents logiciels d'identification existent dans le commerce, mais peu de bases de données suffisamment complètes pour les bois tropicaux du monde entier. Néanmoins, un utilisateur peut se construire sa propre base à partir de descriptions anatomiques ou d'indications données pour l'établissement de cartes perforées. Le choix du logiciel est laissé à l'appréciation de l'utilisateur. Il est en effet impossible d'en citer ici car ceux-ci appartiennent à un domaine en constante évolution.

## Schéma pour cartes perforées d'identification

### A. BOIS DE FEUILLUS

*Remarque 1.* — Le schéma s'applique au bois adulte et normal des arbres ou arbustes et non pas au bois des rameaux ou des contreforts. Il ne concerne ni les Palmiers, ni les Gymnospermes.

*Remarque 2.* — Les caractères numérotés : 46 à 61 inclus sont des caractères qu'un praticien, même exercé, ne peut pas apprécier avec une loupe de poche. Ils sont utilisable en partie Si l'opérateur dispose d'une loupe binoculaire ou d'un microscope épiscopique de grossissement supérieur à 100 x ; et mieux sur préparations microscopiques convenables.

*Remarque 3.* — Sauf indication mentionnée aux numéros 4 et 5, les différentes dispositions du parenchyme retenues sous le paragraphe I, sont celles qu'on perçoit à un grossissement linéaire inférieur à 10 x. Elles résultent de l'aspect du parenchyme d'après une section transversale du bois convenablement préparée par tranchage avec une lame de rasoir.

*Remarque 4.* — Pour les bois tropicaux, les particularités de disposition du parenchyme ligneux ont l'importance des particularités de disposition des vaisseaux pour les bois tempérés. Afin que le pointage concernant le parenchyme ligneux ne devienne pas obscur, il est nécessaire, dans les cas complexes, de se demander à quel type de base appartient le parenchyme dans une vision macroscopique. S'il y a, par exemple, du parenchyme dispersé dans un bois chez lequel le parenchyme circumvasculaire est évident, on

doit négliger l'encoche du parenchyme dispersé, ou l'encocher en soulignant le trou d'un trait à l'encre.

*Remarque 5.* — Dans le relevé des numéros-repères concernant un bois analysé, un caractère dont la présence est facultative ou accessoire, figurera entre parenthèses, et le trou encoché sur la carte correspondant au numéro, sera souligné d'un trait à l'encre. Dans de tels cas, les encochages varieront avec les échantillons examinés, soit pour une même essence, soit pour des opérateurs différents suivant les moyens d'investigation à leur disposition.

## **I. Parenchyme ligneux**

### *1. — Absent ou indiscernable à la loupe (x 8).*

Le parenchyme pourra être pratiquement absent, juxtavasculaire ou dispersé, de telle sorte que, suivant la remarque ci-dessus, il est admissible de pointer 4 ou 5 avec encoche encrée sur carte.

### *2. — Apparent à l'œil nu sans effort.*

Quand le parenchyme se voit avec certitude seulement à la loupe, on n'encoche ni 1 ni 2.

### *3. — En lignes tangentielles en limite d'accroissement.*

Bandes tangentielles de parenchyme plus ou moins fines dont l'espacement peut être très variable en liaison avec l'écartement de ce qui paraît être des limites de cernes. Ces lignes doivent être régulièrement présentes à chaque limite, et elles sont parfois doubles.

Par suite de la difficulté d'option sur le caractère 3 et 11, on encochera 11 en même temps que 3, dans le cas de parenchyme apotrachéal.

Le cas 3 peut être aussi encoché avec d'autres numéros 4 à 8 s'il n'est pas prédominant. Par contre, sera exclu le parenchyme associé aux canaux axiaux à gomme-résine : on encochera alors seulement 43.

### *4. — Dispersé (inclus en chaînettes).*

Apparaît sous forme de cellules ou rangées de cellules de paren-



chyme, soit distribuées irrégulièrement parmi les éléments fibreux du bois, soit en chaînettes tangentielles alternant régulièrement avec les fibres.

A la loupe, seul un œil averti remarquera le parenchyme dispersé comme un pointillé généralement plus clair que le fond du bois. S'observe mieux à la loupe binoculaire.

Quand 4 est encoché en même temps que 1, cela signifie que du parenchyme dispersé parmi les fibres se distingue à fort grossissement. Cette façon de procéder permet de subdiviser les cartes perforées des bois réputés à parenchyme absent ou indiscernable.

5. — *Circumvasculaire en manchon* (inclus juxtavasculaire).

Gaine d'épaisseur variable autour des vaisseaux, susceptible d'être confondue avec la paroi du vaisseau elle-même. Quand 5 est encoché en même temps que 1, cela signifie que le parenchyme circumvasculaire n'est distinct comme tel qu'à fort grossissement ou qu'il s'agit d'un parenchyme juxtavasculaire seulement décelable microscopiquement.

6. — *Circumvasculaire en losange*.

Gaine épaisse de parenchyme bien visible à la loupe, avec de courts prolongements latéraux en pointe.

7. — *Circumvasculaire aliforme*.

Gaine de parenchyme avec des prolongements latéraux en forme d'ailes plus ou moins longues et minces ; en général visible à la loupe. A inclure dans 7, le cas particulier d'un parenchyme coiffant régulièrement un côté des pores, et par conséquent, déporté par rapport au milieu des pores ou des groupes de pores accolés. Si le parenchyme coiffant un côté des pores n'est pas circumvasculaire, on encochera soit 5, soit 8.

8. — *Associé aux pores et anastomosé*.

Le cas 8 peut entraîner l'encochage des cas 5 et 6 ou 7. Il s'applique au parenchyme anastomosé tangentiellement ou obliquement. On encochera 8 seul si le parenchyme anastomosé n'est pas visiblement circumvasculaire.

9. — *En lignes ou couches tangentielles discontinues*.

Il y a couche quand les rangées de cellules sont assez nombreuses

en largeur pour former à l'œil nu une bande facilement visible, de largeur normalement supérieure à 50 microns.

C'est le plus souvent un type de parenchyme indépendant des pores (apotrachéal) ; il présente quelquefois un aspect voisin du cas 8.

10. — *En lignes ou couches obliques ou sinueuses.*

A ne pas confondre avec le cas 8. On encochera 9 quand les lignes sinueuses apparaîtront discontinues.

11. — *En lignes ou couches fines, tangentielles, continues* (inclus parenchyme en réseau et parenchyme en échelle).

Bandes de parenchyme inférieures à 2/10 mm en largeur, très rapprochées à l'intérieur des couches d'accroissement, et qui alternent avec des bandes de fibres.

Ce caractère inclut le cas où parenchyme et rayons apparaissent sensiblement de même largeur (parenchyme en réseau (*r*)) et celui où le parenchyme est manifestement plus étroit que les rayons (parenchyme en échelle (*e*)).

12. — *En couches tangentielles épaisses.*

Bandes de parenchyme, généralement bien visibles à l'œil nu, associées ou non aux pores, alternant avec les bandes de tissu fibreux. Ce caractère va souvent de pair avec 2, mais exclut 3 : il concerne un parenchyme dont les couches plus ou moins rapprochées ne sont pas seulement en limite d'accroissement.

13.—...

14.— *Taches médullaires.*

En section transversale, îlots de parenchyme cicatriciel obstruant les galeries creusées dans le cambium par les larves de certains insectes. Les taches médullaires apparaissent souvent en plus foncé ; elles sont généralement distinctes aussi sur les débits rabotés.

15.— *Lignes d'étagement.*

En section tangentielle, striation très fine et très régulière en travers du fil du bois. Elle peut être due à la disposition étagée des rayons (caractère 33) ou à l'étagement de tous les éléments du bois (structure étagée) avec ou sans les rayons. Le cas 33 entraîne donc 15, mais 15 est possible sans 33.

## II. Vaisseaux

### 16. — *Absence de vaisseaux.*

Cas des bois de Dicotylédones homoxylées, tels que ceux de certains genres de Magnoliales.

### 17. — *Présence de zone poreuse ou semi-poreuse.*

Le caractère 17 s'encoche normalement avec le caractère 22 ; leurs encochages indiquent que les pores, manifestement de deux tailles, ont une répartition telle que les plus gros pores sont localisés dans les zones de bois initial.

### 18. — *Disposés en files radiales ou obliques.*

Pores en files donnant l'aspect de chaînes quand elles sont continues. Ne noter que si cette disposition est dominante (Ex. *Manilkara*). Bien que le résultat soit parfois identique, ne pas confondre cette disposition avec un groupement de pores accolés radialement, pores qui peuvent être par ailleurs disséminés dans le bois sans affecter une disposition particulière (n° 24).

### 19. — *Disposés en plages radiales.*

La plage est un amas important de vaisseaux qui présente souvent la forme d'une flamme.

### 20. — *Disposés en plages tangentielles.*

### 21. — *Disposés en amas ponctiformes.*

Les cas 20 et 21 seront souvent délicats à préciser par suite de la tendance naturelle à confondre la disposition des pores avec celle du parenchyme qui lui serait associé. Ces caractères intéressent plutôt la disposition du bois final de certaines espèces des régions tempérées à bois avec zones poreuses.

### 22. — *Manifestement de deux tailles.*

Certaines confusions pourront se glisser entre le numéro 22 et les n°s 42, 44, 46. Un examen minutieux des traces vasculaires ou des contenus permettra de les éviter, ou bien une observation à fort grossissement. Le caractère 22 encoché sans 17 indique l'existence de pores de tailles inégales qui ne sont pas en liaison avec la formation du bois initial.

23. — *Exclusivement isolés.*

Plus ou moins visibles à la loupe. Ne se voient nettement qu'à la loupe binoculaire. Bien que n'étant pas strictement des pores exclusivement isolés, on encochera le cas 23 quand la proportion de pores isolés est de 90 %. L'impression de pores accolés peut résulter de la longueur des appendices et de la position de la cloison perforée, chez des pores franchement isolés.

24. — *Accolés par plus de 4.*

Les pores accolés ont une paroi commune visiblement plane, ce qui évite la confusion avec des pores isolés mais très rapprochés. On ne pointe pas les amas de très petits vaisseaux entre des pores de diamètre normal. Eviter aussi de confondre des pores accolés avec des recloisonnements de thyllés dans les vaisseaux.

25. — *Thyllés communs.*

Se voient dans les pores assez gros. Les thyllés de faible épaisseur sont mis en évidence par les variations d'incidence de la lumière, ceux très épais amènent un recloisonnement anormal dans les traces vasculaires.

26. — *Avec dépôts blanchâtres.*

N'encocher que si les dépôts sont abondants. Examiner plutôt la section transversale pour éviter la confusion avec l'aspect blanchâtre des parois longitudinales des vaisseaux en lumière réfléchie.

27. — *Avec dépôts colorés.*

S'ils sont abondants ou d'une couleur très particulière.

28. — *Inférieurs à 0,1 mm (= 100 microns) en diamètre tangentiel = fins.*

Si très peu de pores dépassent le trait de 0,1 mm du film de mesure. Dans le cas 17, la largeur des pores de la zone poreuse est seule prise en considération.

29. — *Supérieurs à 0,2 mm (= 200 microns) en diamètre tangentiel = gros.*

Si la majeure partie des pores dépassent le trait de 0,2 mm. Dans le cas 17, la largeur des pores de la zone poreuse est seule prise en considération.

30. — *Nettement moins de 30 par 5 mm<sup>2</sup> (rares).*

On compte les pores individuellement, même quand ils sont accolés, sauf les très petits vaisseaux (imparfaits) accolés par groupe à des pores normaux. On pourra compter le groupe pour un pore. (C'est une notion de proportion en surface que l'on cherche à exprimer).

31. — *Nettement plus de 100 par 5 mm<sup>2</sup> (nombreux).*

Mêmes remarques que pour le cas 30.

32. —.....

### **III. Rayons ligneux**

33 — En disposition étagée.

Alignement horizontal des rayons en section tangentielle, résultant d'une égalité de hauteur des rayons qui apparaissent comme des petits tirets plus foncés. Seul, le jeu de lumière permet de voir la disposition étagée dans le cas de rayons à la fois très petits et étroits. (*Pterocarpus*). Entraîne normalement le n° 15. Le caractère 33 est seulement encoché quand tous les rayons sont en disposition étagée ; on ne tient pas compte d'un étagement partiel des rayons (par exemple, petits rayons unisériés).

34. — En disposition échelonnée.

Disposition macroscopiquement étagée des rayons qui disparaît de plus en plus au fur et à mesure qu'on passe à des grossissements plus forts. Entre les traces vasculaires, on distingue sur dosse une disposition oblique des rayons qui engendre un étagement discontinu, ou bien des anastomoses entre les étages. Le numéro 34 exclut normalement le n° 15.

35. — *Evidents, très larges (plus de 0,1 mm) ou assez hauts (plus de 2 mm).*

Cas ordinaire des bois « maillés » du commerce. A n'encocher que si la plupart des rayons vus en section radiale, dépassent largement les 2 mm.

36. — *Manifestement de deux largeurs différentes.*

A l'œil nu ou à la loupe, le caractère 36 s'appréciera en section transversale avec précaution. Il indique une hétérogénéité du tissu des rayons par suite, soit de la présence de portions multisériées nettement plus larges que les extrémités assez longues des rayons, soit de la présence de rayons de deux types de largeur, les uns unisériés, les autres multisériés, ce qui nécessiterait un examen à fort grossissement en section tangentielle. Malgré l'existence d'un tissu des rayons multisériés microscopiquement hétérocellulaire (n° 55), le numéro 36 peut ne pas être encoché parce que les différences de largeur ne sont pas saillantes. Le cas des rayons groupés (faux-rayons) sera pratiquement inclus dans 36, mais ne figurera pas à 55 (Ex. : Aune, en zone tempérée).

37. — *Aussi larges ou plus larges que les pores.*

38. — *Moins de 20 par 5 mm (rares).*

S'apprécie en section transversale. Si on utilise le transparent de mesure, on place les 5 mm noir et blanc perpendiculairement aux rayons.

39. — *Plus de 50 par 5 mm (nombreux).*

Même observation qu'au-dessus.

40. — *Faux-rayons (= Rayons agrégés).*

Groupe de petits rayons ligneux étroits qui apparaissent à l'œil nu ou sous un faible grossissement comme un large rayon.

41. — .....

#### **IV. Autres caractères anatomiques**

(demandent souvent un examen à fort grossissement pour être encochés sans omission ou erreur)

42. — *Liber inclus.*

Amas ou bandes de tissu parfois complexes, avec des cellules à parois très minces. Dans le bois duraminisé, le liber inclus peut

disparaître et le vide, ainsi créé, risque d'amener une confusion avec des vaisseaux. La répartition du liber inclus suivant des schémas précis évite de confondre le n° 42 avec les tâches médullaires (n° 14).

43. — Canaux axiaux traumatiques (à gomme-résine).

Généralement inclus dans des bandes de parenchyme anormalement larges, et souvent très remarquables par la nature et l'aspect des contenus.

44. — *Canaux axiaux normaux* (à oléorésine).

Peuvent être confondus avec de petits vaisseaux si l'on ne remarque pas microscopiquement l'absence de parois, et macroscopiquement s'ils ne suintent pas. Ils peuvent être inclus dans des bandes de parenchyme (*t*), ou disséminés (*d*).

45. — *Canaux, tubes tannifères ou laticifères radiaux*.

A voir dans la section tangentielle des rayons, souvent difficilement. Les tubes à tanins apparaissent macroscopiquement en radiale, comme un long filet foncé continu dans le corps du rayon.

46. — *Poches ou cellules excrétrices* (à huile ou à mucilage).

Éléments de taille exceptionnelle dans le parenchyme (*p*) ou les rayons (*r*), de forme ovoïde. A contrôler dans les différentes sections.

47. — *Vaisseaux avec cloisons perforées à perforations multiples*.

A rechercher, pour les perforations en grille (*g*), sur des éclats de bois en section radiale, et pour les perforations en réseau (*r*), de préférence en section transversale et à la loupe binoculaire (50 x à 100 x). Caractère inégalement perceptible, soit par suite de la faible largeur des vaisseaux, soit à cause des contenus (thylles) qui rendent imprécises les cloisons perforées.

48. — *Vaisseaux à épaisissements spiralés*.

Caractère mis en évidence sur des préparations microscopiques de coupes longitudinales. Plus exceptionnel dans le bois secondaire des feuillus tropicaux que dans celui des feuillus tempérés. Il ne faut pas confondre des renforts hélicoïdaux à la face interne de

la paroi secondaire des vaisseaux, avec l'aspect de cette paroi quand des punctuations en files obliques sont à orifices confluent.

49. — *Présence de trachéides juxtavasculaires.*

Ne pas confondre à l'analyse microscopique ces trachéides courtes souvent déformées, qui se trouvent à proximité immédiate des vaisseaux, avec des trachéides vasculaires qui sont aussi des cellules imperforées mais qui rappellent par la forme et la position un petit élément de vaisseau.

50. — *Couples de punctuations vaisseau-rayon plus larges que les couples de punctuations intervasculaires.*

51. — *Punctuations intervasculaires inférieures à 7 microns.*

On mesure le diamètre de l'aréole, et non la longueur de l'orifice.

52. — *Punctuations intervasculaires supérieures à 10 microns.*

Même observation que ci-dessus.

53. — *Rayons tous 1-sériés ou partiellement 2-sériés.*

Les rayons 2-sériés sur plusieurs rangs consécutifs en hauteur sont exclus du n° 53.

54. — *Rayons multisériés, plus de 4-sériés.*

L'encochage du n° 54 exclut celui du n° 53, même s'il existe des rayons des deux types.

55. — *Tissu des rayons (multisériés) hétérocellulaire.*

S'applique uniquement à une hétérogénéité intrinsèque marquée dans la constitution cellulaire des rayons de taille normale. Dans le cas de rayons tous unisériés (caractère 53) hétérocellulaires, on encochera aussi 55. A apprécier plus particulièrement à la loupe binoculaire en section radiale, et sans tenir compte de la variation de forme et de taille de la rangée extrême des rayons.

56. — *Cristaux dans les rayons.*

57. — *Cristaux dans le parenchyme.*



58. — *Chaînes axiales de cristaux dans des éléments recloisonnés en loges, parenchyme (p) ou fibres (f).*
59. — *Corpuscules siliceux dans les rayons.*
60. — *Corpuscules siliceux dans le parenchyme.*
61. — *Fibres cloisonnées abondantes.*
62. — .....

## **V. Caractères technologiques**

63. — *Cernes franchement distincts.*

A encocher avec les caractères 3 et 17. En dehors de ces cas, le caractère 63 peut être relativement subjectif. De toute façon, les cernes colorés (n° 67) qui sont indépendants des cernes, n'entraînent pas l'encochage 63.

64. — *Odeur caractéristique et distincte.*

S'apprécie surtout sur le bois frais. Beaucoup de bois séchés depuis longtemps à l'air, à plus forte raison les débits séchés artificiellement, n'ont pas l'odeur du bois vert.

65. — *Bois blanchâtre.*

Comprend une gamme de couleur du bois normal après séchage allant du blanc au blanc jaunâtre, nuance paille, blanc grisâtre ou rosé. Sont exclus du pointage les bois légèrement colorés (voir n° 66).

66. — *Bois parfait bien différencié.*

Bois duraminisé de couleur différente de l'aubier après séchage. Comprend tous les bois franchement colorés et ceux qui, bien que de teinte pâle, ont un aubier nettement délimité.

67. — *Bois avec veines colorées.*

Ce caractère s'encoche soit avec 65, soit avec 66, suivant que les veines ressortent sur fond blanc ou sur fond déjà coloré.

68. — *Très dur et très lourd. Dureté (N) supérieure à 8 et densité ( $D_{12}$ ) supérieure à 0,85*

69. — *Plutôt dur et plutôt lourd*. Dureté ( $N$ ) de 8 à 3, densité ( $D_{12}$ ) de 0,65 à 0,85.

Flotte peu ou à peine à l'état vert.

70. — *Tendre et très tendre, léger et très léger*.

Dureté ( $N$ ) inférieure à 3, densité ( $D_{12}$ ) inférieure à 0,65. A l'état vert, flotte en émergeant plus ou moins.

71. — ...

## **B. BOIS DE RESINEUX (1)**

### **I. Caractères divers**

1. — *Cernes indistincts*.

Les cernes sont considérés comme indistincts quand il n'y a pas de contraste marqué entre la rangée finale de trachéides du bois final, et les rangées de trachéides du bois initial qui suivent, d'après l'examen d'une coupe transversale à des grossissements de 50 x et plus, ce qui ne signifie pas que les cernes ne sont pas microscopiquement distincts (par exemple *Juniperus procera*). Les cernes indistincts se trouvent plutôt chez les Araucariacées, Cupressacées, et Podocarpacees.

2. — *Bois parfait distinctement coloré* (à utiliser positivement).

Ce caractère concerne les bois qui possèdent un duramen, et non les cas où le bois parfait, quoique discernable, montre simplement une teinte un peu plus sombre que l'aubier. En règle générale, un bois vert qui vient d'être coupé ne montre pas de différence saillante de couleur : elle n'est sensible sur du bois parfait qu'après un temps d'exposition à l'air.

---

(1) D'après E. W. J. PHILLIPS. — Identification of Softwoods by their microscopic structure. *Forest Products Research Laboratory*, Princes Risborough. Bull. n° 22 (1948). On utilisera des cartes perforées de couleur différente de celle des cartes pour Bois Feuillus afin d'individualiser le numérotage.

3. — *Bois final évident.*

Le bois final est regardé comme évident quand il est dense, bien défini du bois initial dans le même anneau et d'une largeur moyenne qui n'est pas inférieure au quart de la largeur du cerne (exclure les anomalies telles que le bois de compression).

4. — *Odeur prononcée* (à utiliser positivement).

La surface fraîchement sciée d'un bois sec peut servir ; l'odeur est surtout accentuée en mouillant la surface. Normalement absente de l'aubier. Quelquefois plus perceptible sur le bois empilé que sur des petits échantillons (Pin d'Orégon).

5. — *Goût* (à utiliser positivement).

Les quelques bois qui ont un goût marqué sont presque tous odorants ; le plus souvent, ils sont amers ou astringents.

6. — *Gras au toucher* (à utiliser positivement).

C'est une caractéristique plutôt rare.

7. — *Bois à fossettes* = « Dimpled grain » (à utiliser positivement).

Ce caractère est dû à des indentations du cambium par suite de la présence de poches de résine formées dans le liber, indentations qui entraînent fréquemment une déviation du fil.

## II. Trachéides

8. — *Ponctuations en quinconce* (sur parois radiales).

Concerne la disposition araucarioïde des ponctuations et ne s'applique pas à des bois comme ceux de Cèdre à ponctuations serrées avec tendance à une disposition en files obliques.

9. — *Ponctuations aréolées, multisériées, en rangées horizontales* (à utiliser positivement).

Concerne la présence de plusieurs ponctuations côte à côte le long des trachéides, et non pas des ponctuations groupées horizontalement par deux de temps en temps. Ce caractère n'existe que sur des trachéides à larges lumières du bois initial, et ne se trouve

pas dans le bois au voisinage de la mœlle, caractère utile pour distinguer l'aubier de Mélèze de celui d'Épicéa.

10. — *Torus lobé.*

Caractéristique des Cèdres dont la partie centrale, épaissie, de la membrane des ponctuations aréolées présente un bord crénelé.

11. — *Présence d'épaississements spiralés dans le bois initial.*

Les épaississements spiralés sont toujours présents dans le bois initial du Pin d'Orégon mais peu développés ou même absents dans le bois final ; chez If, présence sur toutes les trachéides.

12. — *Epaississements callitrisoïdes.*

Paires de barres d'épaississement à travers l'aréole des ponctuations et qui forment des crêtes saillantes sur une coupe longitudinale tangentielle.

### III. Parenchyme

13. — *Présence de parenchyme.*

Les cellules de parenchyme chez les Conifères se reconnaissent souvent à leurs contenus sombres : en coupes longitudinales, leurs parois terminales sont caractéristiques.

A exclure du pointage le parenchyme associé aux canaux résinifères.

Manque chez les Araucariacées et les Taxacées.

14. — *Parenchyme abondant* (à utiliser positivement).

Dans les bois de Conifères, l'abondance reste très relative par rapport aux feuillus, et le qualificatif doit se comprendre par référence aux Conifères seulement, c'est-à-dire qu'on considérera comme « abondant », dans la portion du cerne qui en renferme, un parenchyme où il y aura en section transversale 5 cellules ou plus par mm<sup>2</sup>.

15. — *Parois terminales noduleuses.*

Epaississements noduleux, comme des grains, développés sur les parois transversales des cellules de parenchyme. Ils sont géné-

ralement plus nets en coupes tangentielles où se notent trois nodules ou plus par paroi terminale : les punctuations ou les champs de punctuations sont disposés sur ces parois de telle sorte qu'en coupe radiale les nodules sont solitaires.

Chez les Taxodiacées, les épaisissements noduleux sont un bon caractère de distinction des genres par leur taille relative.

#### IV. Rayons

16. — *Présence régulière de trachéides transversales.*

Pour distinguer les trachéides transversales des cellules ordinaires de parenchyme aux extrémités des rayons, il est essentiel, quand il n'y a pas d'épaissements dentés sur les trachéides, d'examiner en coupe les couples de punctuations qui doivent être bien aréolés.

17. — *Trachéides transversales dentées.*

Épaissements dentés (quelquefois partiellement réticulés) ornant la face interne des parois des trachéides incluses dans les rayons ; sont mieux développés dans le bois final et apparents en coupes radiales.

18. — *Parois (horizontales) minces.*

A apprécier sur coupe radiale dans le bois initial. Les parois sont minces si elles apparaissent plus fines que les parois de la trachéide verticale adjacente située au-dessus ou en dessous du rayon. Si la paroi de la cellule de rayon varie en épaisseur, on considère seulement les parties les plus épaisses.

19. — *Parois (horizontales) sans punctuations.*

Pour examiner ce caractère, le mieux est d'utiliser les coupes transversales (excepté si les trachéides transversales empêchent de distinguer la plupart des parois des cellules de parenchyme du rayon) et spécialement dans les portions de bois final des cernes puisque c'est là que les punctuations sont le mieux développées.

20. — *Parois (horizontales) fortement ponctuées.*

Surtout visibles dans le bois final.

21. — *Présence d'indentures* (à utiliser positivement).

Le terme « d'indenture » employé par PEIRCE (1936) se rapporte

sur coupe radiale à une dépression dans la paroi transversale (horizontale) à l'endroit où s'insère la paroi tangentielle (terminale). Caractère particulièrement intéressant avec les bois de Cupressacées et de Taxodiacées. N'existe pas chez les Araucariacées. Requiert examen de coupes radiales à fort grossissement (500 x et plus).

22. — *Parois terminales noduleuses.*

Sur coupe radiale, des ponctuations ou des champs de ponctuations déterminent des épaisissements noduleux sur les parois verticales (tangentielles) des cellules de parenchyme des rayons ; comme sur les parois terminales des cellules du parenchyme axial.

23. — *Ponctuations des champs de croisement dans le bois initial 1 à 2 (— 3), grandes, simples, ou presque telles.*

Sur coupe radiale, dans le rectangle formé par les parois communes d'une cellule de rayon et d'une trachéide axiale, ponctuations « en fenêtre ».

24. — *Ponctuations picéoides des champs de croisement rayon-trachéide.*

Sur coupe radiale et dans le bois initial, ponctuations avec des orifices étroits et souvent légèrement distendus.

25. — *Ponctuations cupressoides des champs de croisement rayon-trachéide.*

Sur coupe radiale et dans le bois initial, ponctuations avec orifices rétrécis, plutôt plus étroits que l'aréole. Le grand axe des orifices peut être vertical ou horizontal dans un même échantillon.

26. — *Ponctuations taxodioïdes des champs de croisement rayon-trachéide.*

Sur coupe radiale et dans le bois initial, ponctuations avec orifices rétrécis, grands, ovoïdes ou circulaires, plus larges que l'espace restant entre orifice et aréole.

27. — *Ponctuations pinoïdes, 1-6 par champ de croisement rayon-trachéide.*

Sur coupe radiale et dans le bois initial, ponctuations relativement petites (comparées aux ponctuations en fenêtre) simples ou avec des aréoles étroites et souvent de forme irrégulière et variable.

## V. Canaux résinifères

28. — *Présence de canaux résinifères axiaux normaux.*

Les canaux axiaux normaux sont accompagnés de canaux radiaux normaux.

29. — *Présence de canaux traumatiques, axiaux ou radiaux (à utiliser positivement).*

Les canaux traumatiques axiaux ont tendance à se trouver en courtes séries tangentiels et à former des sortes de kystes. Les canaux traumatiques radiaux sont souvent de taille anormalement large, avec plusieurs dizaines de cellules épithéliales par canal.

30. — *Présence de canaux résinifères radiaux (normaux et traumatiques).*

Les canaux traumatiques sont à la fois aux caractères 29 et 30, parce que, sur de petits échantillons, des canaux traumatiques isolés de petite taille peuvent être pris pour des canaux normaux.

31. — *Cellules épithéliales à parois épaisses.*

La partie de l'épithélium, qui est réputée sécréter la résine, reste à parois minces ; mais même dans l'aubier, de certaines espèces, on trouve des cellules épithéliales à parois épaisses.

32. — *5-6 Cellules épithéliales par canal.*

Ce caractère est seulement pointé d'après des coupes tangentiels pour les genres qui ont des canaux radiaux avec cellules épithéliales à parois épaisses. La mutilation presque invariable des cellules à parois minces de l'épithélium des Pins, quand on fait les coupes, ne permet pas les comptages.

33. — *7-12 Cellules épithéliales par canal.*

Même remarque que pour le numéro 32.

## VI. Densité et dureté

Chez les Résineux, un bois très léger et un bois très dense n'appartiennent pas forcément à des espèces différentes ; l'échelle des densités est moins grande que chez les Feuillus ; de plus, il arrive que différents échantillons d'une même espèce peuvent se situer très au-dessus ou très en dessous de la moyenne habituelle de l'espèce. On a observé par exemple chez le Pin sylvestre, pour une même humidité (bois secs à l'air) des densités comprises entre 300 kg au mètre cube et 900 kg/m<sup>3</sup>, alors qu'en moyenne on a 5 à 600 kg/m<sup>3</sup>.

34. — *Bois dur et lourd.*

Dureté ( $N$ ) supérieure à 4 et Densité ( $D_{12}$ ) supérieure à 0,60.

35. — *Bois assez dur et plutôt lourd.*

Dureté ( $N$ ) de 2 à 4 et Densité ( $D_{12}$ ) de 0,50 à 0,60.

36. — *Bois tendre et léger.*

Dureté ( $N$ ) inférieure à 2 et Densité ( $D_{12}$ ) inférieure à 0,50.



## **Récolte d'échantillons pour identification des bois**

Des morceaux de bois prélevés à différents stades de transformation en forêt, sur parc à bois, dans un atelier de fabrication, sur pièce ou objet mis en œuvre, peuvent être soumis à un laboratoire pour identification. Un exploitant ou un service forestier peuvent avoir besoin de connaître la nomenclature d'une bille ou des nombreuses essences inventoriées. Dans tous les cas, il est bon de connaître les principes et pratiques qui permettront de donner une réponse aux demandes d'identification de bois avec le plus de précision et de rigueur scientifique.

### **1. L'échantillonnage idéal**

Il comprend : Un morceau de bois de 15 x 10 x 2 cm.

Un herbier.

Une fiche de renseignements.

Bien évidemment, cet idéal sera rarement atteint. Un utilisateur de placages n'aura pas de bois en épaisseur ; ni lui, ni un scieur n'auront les feuilles de l'arbre, etc. Mais il faut savoir que si le laboratoire n'a pas besoin d'une grande quantité de bois, et s'adapte dans une certaine mesure aux prélèvements qu'on peut lui présenter, les études sont facilitées par une dimension normale de l'échantillonnage comme par la possession du maximum d'informations sur l'origine du bois. Ne pas indiquer le nom vulgaire, même douteux, sous lequel on connaît le bois et garder secret l'endroit d'abatage de l'arbre quand on le connaît, sont des erreurs : souvent le bois ne pourra pas être identifié spécifiquement à cause de cela.

## 2. Une règle importante

*L'arbre constitue l'unité d'échantillonnage.* Ce principe est absolu. Deux arbres, même s'ils sont voisins, de la même essence, du même âge, etc. constituent deux séries de prélèvement à numérotter séparément. Par contre, tous les prélèvements faits sur un même arbre auront le même numéro (herbier, écorce, bois, etc.).

Si, pour une raison quelconque, plusieurs prélèvements de bois sont faits sur le même arbre — et a fortiori sur une même pièce de bois — ils seront marqués du même numéro suivi de lettres, A, B, etc. et sur la fiche de renseignement sera indiqué le plan de prélèvement.

Pour éviter des confusions, une personne amenée à faire des séries de récoltes aura le plus grand intérêt à tenir un carnet de récolte lui permettant de suivre un numérotage croissant pour toutes ses récoltes, quels que soient le lieu et la date. Il est préférable de sauter des numéros en cas de doute plutôt que de risquer d'utiliser deux fois le même nombre.

## 3. Prélèvement de bois

### *a) Sur bois débité ou mis en œuvre :*

Certaines dimensions seront imposées par celles de la pièce de bois à faire identifier. On se rapprochera autant que possible des 15 x 10 x 2 cm demandés.

De plus grandes dimensions ne seront utiles que si l'on désire, outre l'identification, des explications sur certains aspects ou défauts du bois.

En ce qui concerne les placages, dont la minceur complique l'étude de structure, une surface un peu supérieure sera appréciée, par exemple 18 x 24 cm.

### *b) Rondins sur parc ou arbre abattu :*

Faire une découpe à 20 cm d'une extrémité de rondin (fig. 1). Dans la rondelle ainsi commencée, détacher un morceau de 10 à 15 cm suivant le rayon (pour avoir suffisamment de bois parfait) et quelques centimètres d'épaisseur. On obtient ainsi un bloc brut qu'un usinage ultérieur, soit par l'expéditeur, soit par le destinataire, permettra de ramener à 15 x 10 x 2 environ.

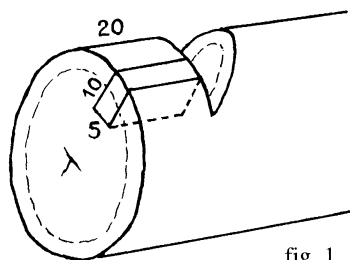


fig. 1

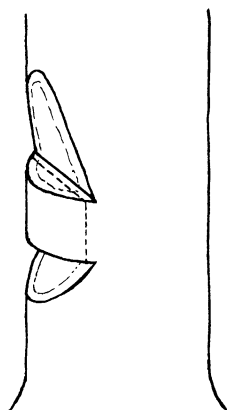


fig. 2

*c) Arbre sur pied :*

Si l'arbre ne peut être abattu : le prélèvement sera fait en dehors des contreforts par 2 entailles horizontales écartées de 20 cm (fig. 2), suffisamment profondes pour qu'en attaquant ensuite par les côtés, on arrive à détacher un peu de bois parfait.

Pour faciliter le décollage de l'éclat, on aura quelquefois recours à un coin taillé à la hache dans un bois dur.

L'éclat aura 10 à 15 cm de largeur (sur dosse contrairement au cas du § b) ; sa profondeur dépendra de l'épaisseur de l'aubier. Il suffira d'avoir 1 à 2 cm de bois parfait. Si l'éclat est ainsi très épais, on pourra faire sauter l'écorce et une partie de l'aubier, pour ne garder que 5 cm environ d'épaisseur totale.

**Numéroter aussitôt l'éclat de bois** (au crayon-encre, au fer, à la peinture, etc...).

#### **4. Récolte d'un « Herbarium »**

*Principe :*

L'échantillon de bois est l'objet essentiel de l'étude par tout laboratoire d'anatomie. Mais il sera normalement accompagné d'un herbarium dans le cas de prélèvement en forêt, c'est-à-dire d'un rameau feuillé pris sur le même arbre que le bois.

Il est bon en effet de savoir qu'un rameau feuillé seul est souvent très difficile à identifier, qu'un fragment de bois seul peut également l'être, s'il n'appartient pas à une essence connue et que, généralement, le bois permet de déterminer le genre botanique mais pas l'espèce ; tandis que l'étude conjointe du bois et de l'herbarium, même stérile, aboutit dans la plupart des cas à la détermination de l'espèce.

*Pratique :* (voir pour plus de détail : Manuel de Botanique par R. LETOUZÉY. Chapitre sur la récolte des échantillons botaniques).

Toutes les fois que l'arbre viendra d'être abattu au moment de la récolte du bois, il sera prélevé un rameau de 40 cm de long avec feuilles attachées. Rechercher dans le houppier (dit cime) s'il existe des fleurs même en boutons, ou des fruits et en prendre attachés sur leur rameau.

Attention de ne pas confondre les branches de l'arbre avec celles des arbustes voisins, ou des lianes qui s'entremêlent souvent au moment de la chute.

Si l'on voit à terre des fruits qui paraissent avec évidence appartenir à l'arbre échantillonné et non abattu, on peut en ramasser, en spécifiant bien sur la fiche de récolte : *fruits à terre* ; de même pour les fleurs : *fleurs à terre*.

Fixer aussitôt et solidement aux différentes pièces d'herbarium une étiquette sur laquelle est reporté le numéro donné au bois. Utilisation du ruban Dymo pour étiquetage.

Aplatir les rameaux feuillés entre des journaux secs en les pressant entre deux planches chargées d'une pièce lourde quelconque ou entre deux cadres grillagés serrés avec des sangles.

Exposer au soleil ou près d'un feu doux pour que les feuilles sèchent assez vite sans moisir et en restant aplaties. Les journaux

avec parts d'herbier sont séparés par des matelas de quelques journaux qui sont changés dès qu'ils ont absorbé l'humidité et remplacés par des plus secs.

Après séchage, placer chaque part d'herbier entre une double feuille de journal. Saupoudrer d'insecticide (paradichlorobenzène ou naphthaline) éventuellement. Protéger extérieurement le paquet d'herbiers par du carton épais ou du contreplaqué, et bien ficeler.

## 5. Fiche de récolte ou de renseignements

Il est de l'intérêt des correspondants de joindre à l'échantillonnage le maximum de renseignements.

*a) Pour un importateur ou utilisateur du bois*, ces renseignements seront fatalement succincts : nom sous lequel le bois a été acheté, éventuellement précisions sur sa provenance, marques relevées en bout de bille.

En effet dans les cas de bois commerciaux, non accompagnés d'herbier, l'anatomie du bois permet — nous l'avons dit au § 4 — de connaître le genre botanique, mais bien souvent pas l'espèce botanique. Les informations fournies permettent parfois de préciser l'origine géographique, et il est possible que l'espèce exacte s'en déduise grâce à la connaissance de son aire de répartition.

*b) Pour un exploitant ou un service forestier* faisant une prospection, les renseignements à fournir devront être groupés sur une fiche de récolte dont un modèle est annexé ci-après.

L'expérience montre qu'il ne faut pas compter sur sa mémoire pour décrire après coup les caractéristiques de l'arbre et de l'écorce. Il est essentiel de les noter sur place, par exemple sur un carnet.

## 6. Expédition

Pour un ou quelques échantillons, il est souhaitable de faire séparément un colis bois et un colis herbier. L'un et l'autre seront adressés par avion de préférence.

Pour un nombre important d'échantillons, on pourra faire un colis-avion des herbiers, et une caisse des éclats de bois par voie maritime. Surtout éviter de caler les morceaux de bois avec des copeaux ou de la paille et aérer la caisse de préférence, à moins que les éclats soient très secs.

## FICHE DE RÉCOLTE

- Nom local de l'arbre : (en dialecte.....)
- Dénomination botanique supposée :
- N° de référence :
- Nom du collecteur :
- Date de la récolte :
- Lieu de récolte (le situer par rapport à un lieu très connu ou par des coordonnées cartographiques) :
- Observations sur l'arbre (Forme).
  - Diamètre :
  - Hauteur
- Aspect de l'écorce (surface, tranche, odeur, suintements) :  
Hauteur du prélèvement au-dessus du sol :
- Couleur, aspect, odeur du bois à l'état frais :
  - Aubier :
  - Bois parfait
- Herbier récolté sur cet arbre : Feuilles, Fleurs, Fruits.  
(Biffer les mentions inutiles).
- Observations sur l'échantillonnage :

---

Photocomposé et imprimé par JOUVE  
18 rue St Denis — 75001 PARIS  
N° 257592X — Dépôt légal juillet 1998

---