

BOIS



Plan

1. PRODUITS

2. STRUCTURE DU BOIS

3. CROISSANCE ANNUELLE

4. CLASSIFICATION DES ARBRES

5. MICROSTRUCTURE

6. CONSTITUANTS CHIMIQUES DU BOIS

7. PROPRIETES PHYSIQUES

8. PROPRIETES MECANIQUES

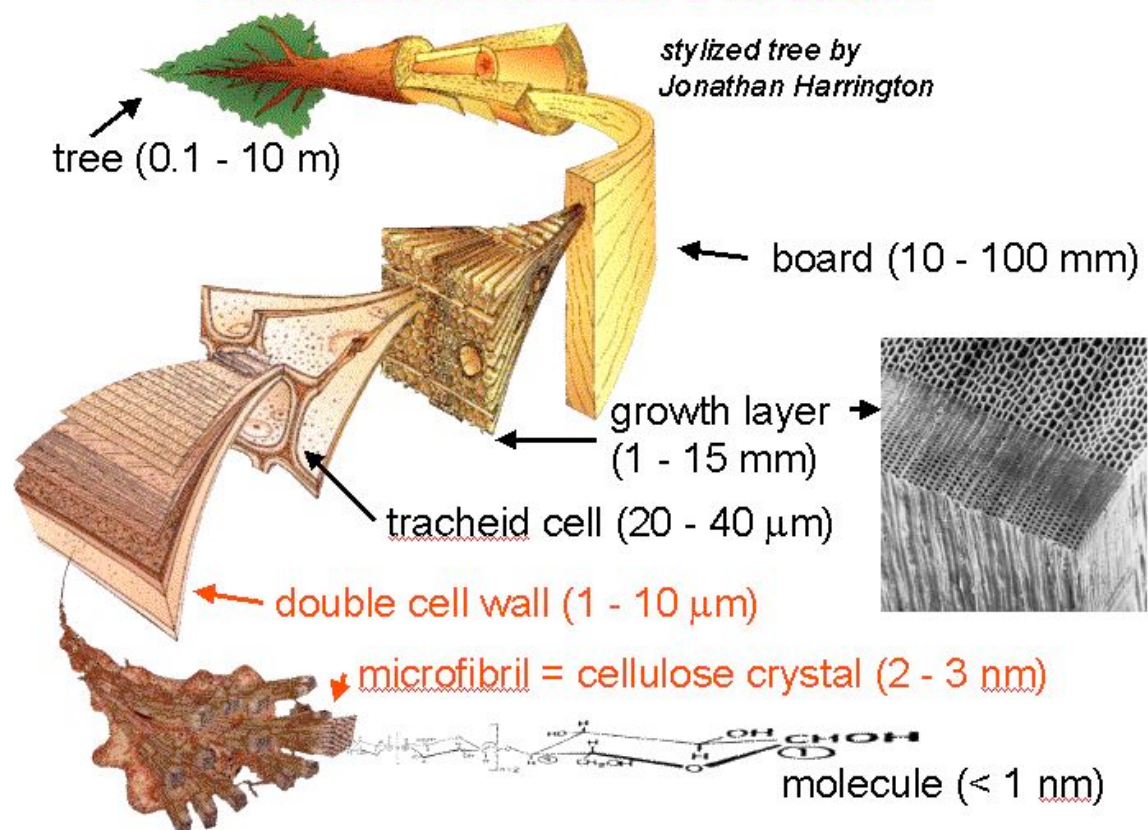
9. PRODUITS DERIVES DU BOIS

1. PRODUITS

- Bois massif
- Bois lamellé collé
- Panneaux de contreplaqué
- Panneaux de latté
- Panneaux de copeaux
- Panneaux de particules
- Panneaux de fibres
- Bois reconstitué
- Papier
- ...

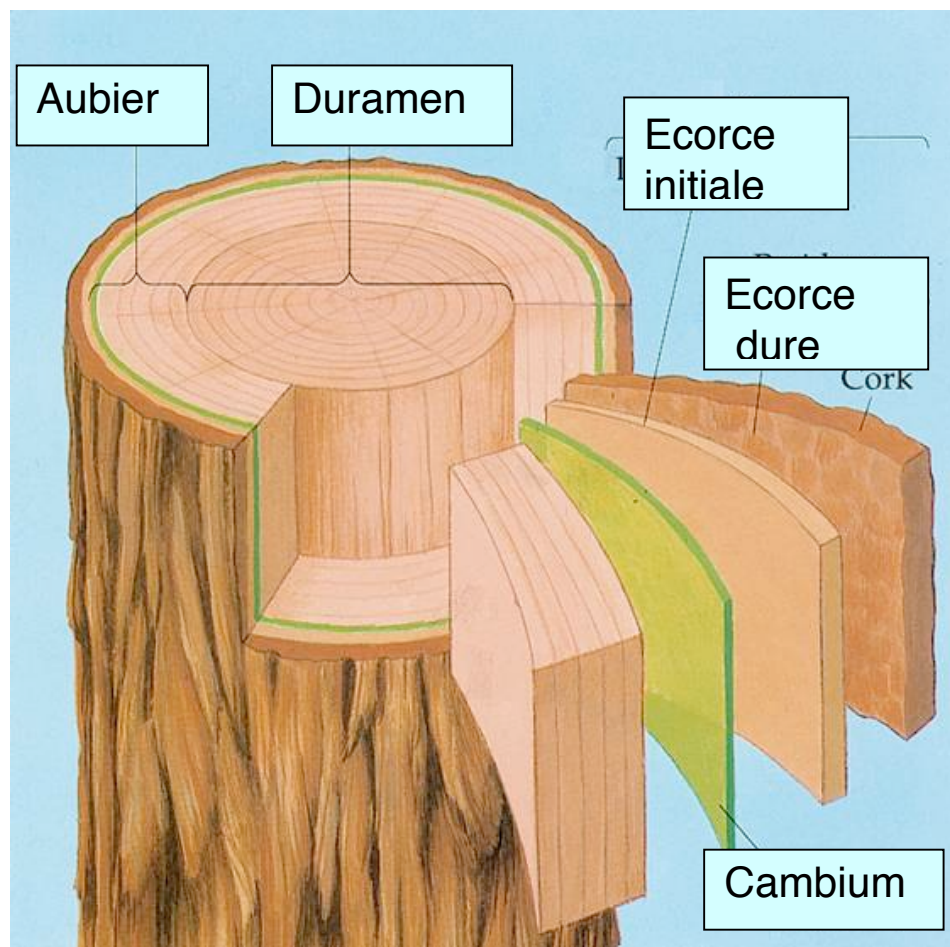
2. STRUCTURE DU BOIS

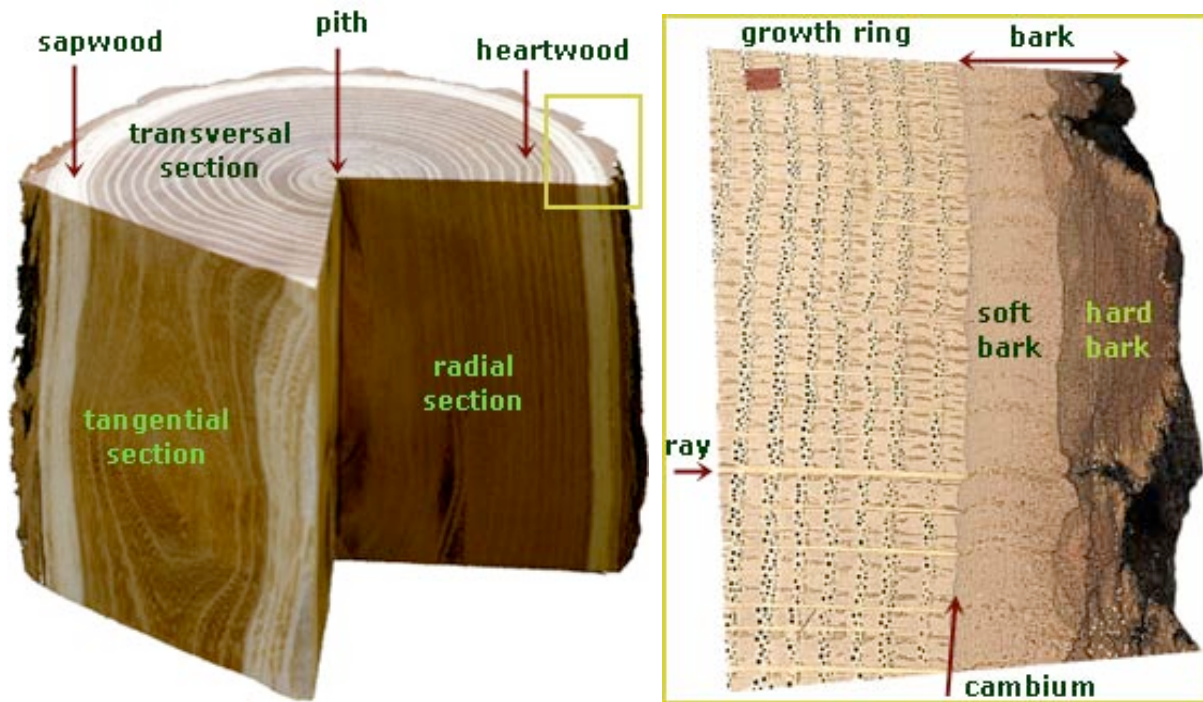
Hierarchical softwood structure



Niveau macroscopique :

- écorce (liber dur et initial)
- cambium
- aubier
- coeur ou duramen
- moelle
- cernes annuelles
- rayons ligneux





Matériau **anisotrope**, propriétés mécaniques, physiques et technologiques changent suivant la direction. 3 plans ligneux :

- plan **transversal**
- plan **tangentiel**
- plan **radial**

3. CROISSANCE ANNUELLE

Coupe radiale

Structure gigogne ($\approx$ conique)

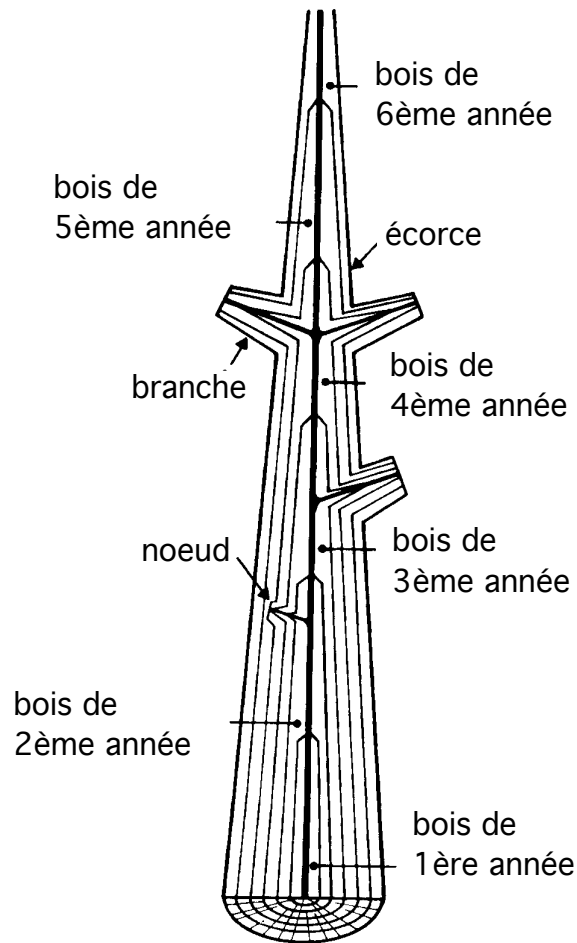


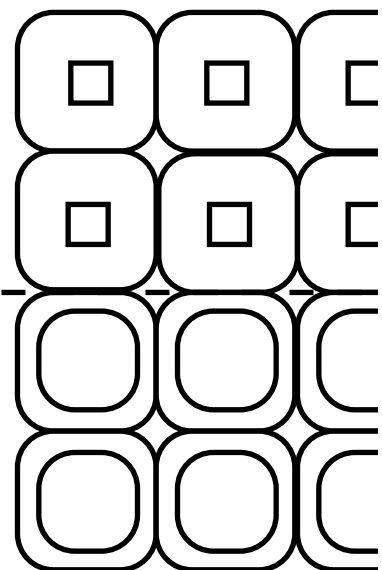
Figure 2 : Représentation schématique de la croissance primaire et secondaire d'un arbre par la superposition successive des couches en forme de cône.

Coupe transversale

Cernes annuels composés de :

- Bois de printemps (initial)
- Bois d'été (final)
- > Transition de la densité

été
transition
printemps



4. CLASSIFICATION DES ARBRES

Les arbres sont divisés en deux grandes classes :

- **résineux ou conifères**
- **feuillus**
 - à zones poreuses
 - à pores diffus

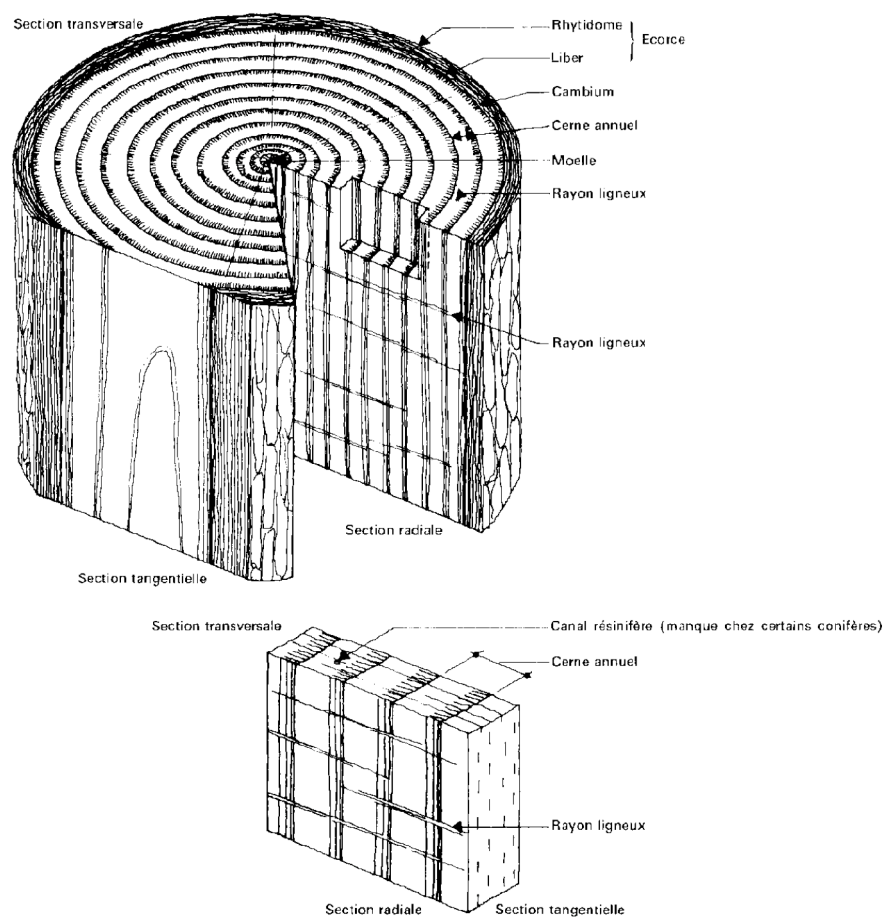


Fig. 1 : Représentation schématique d'un bois résineux (par exemple épicéa).

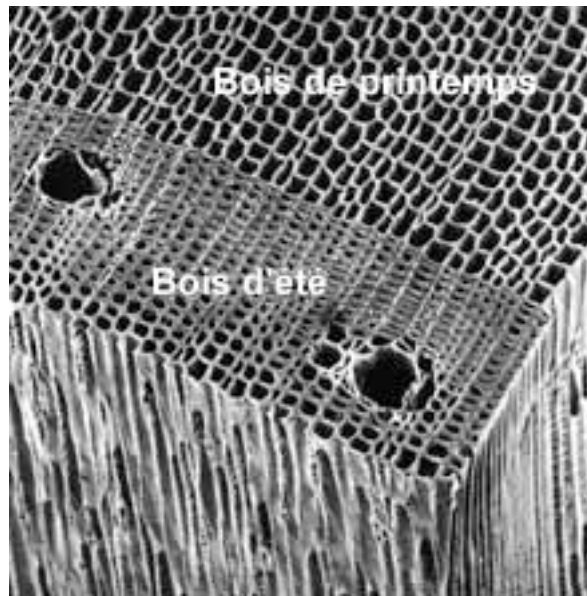


Figure 2 : Microstructure d'un bois résineux à structure uniforme.

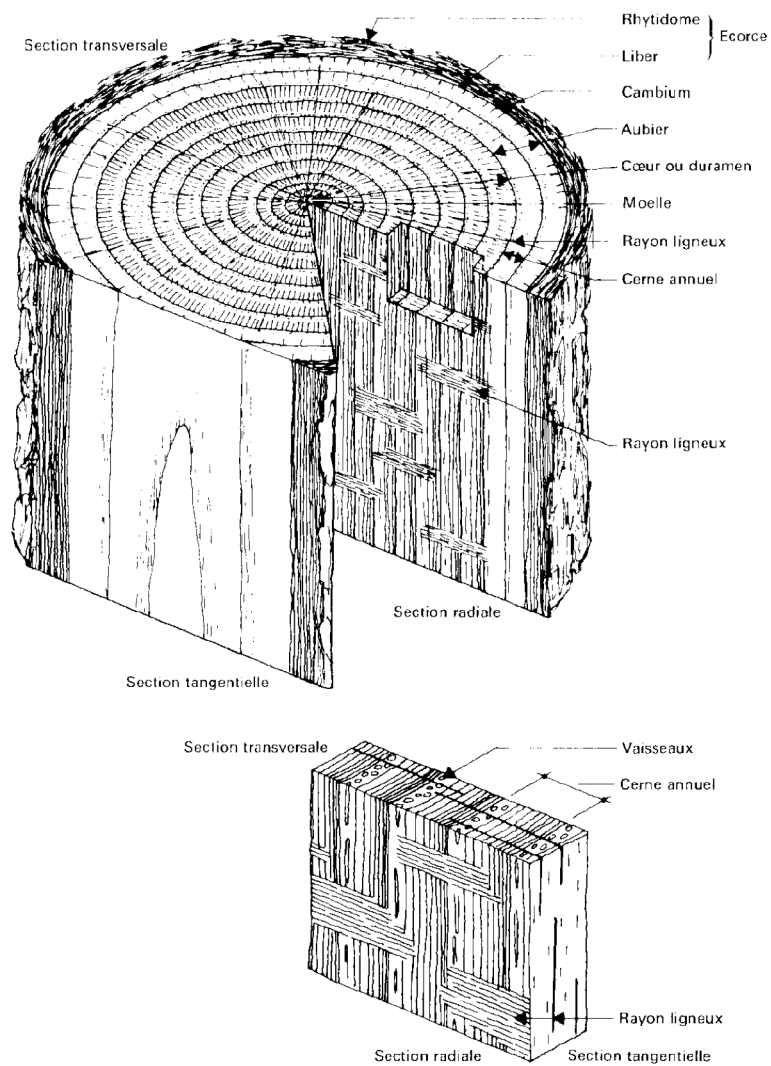


Figure 3 : Représentation schématique d'un bois feuillus à zones poreuses (chêne).

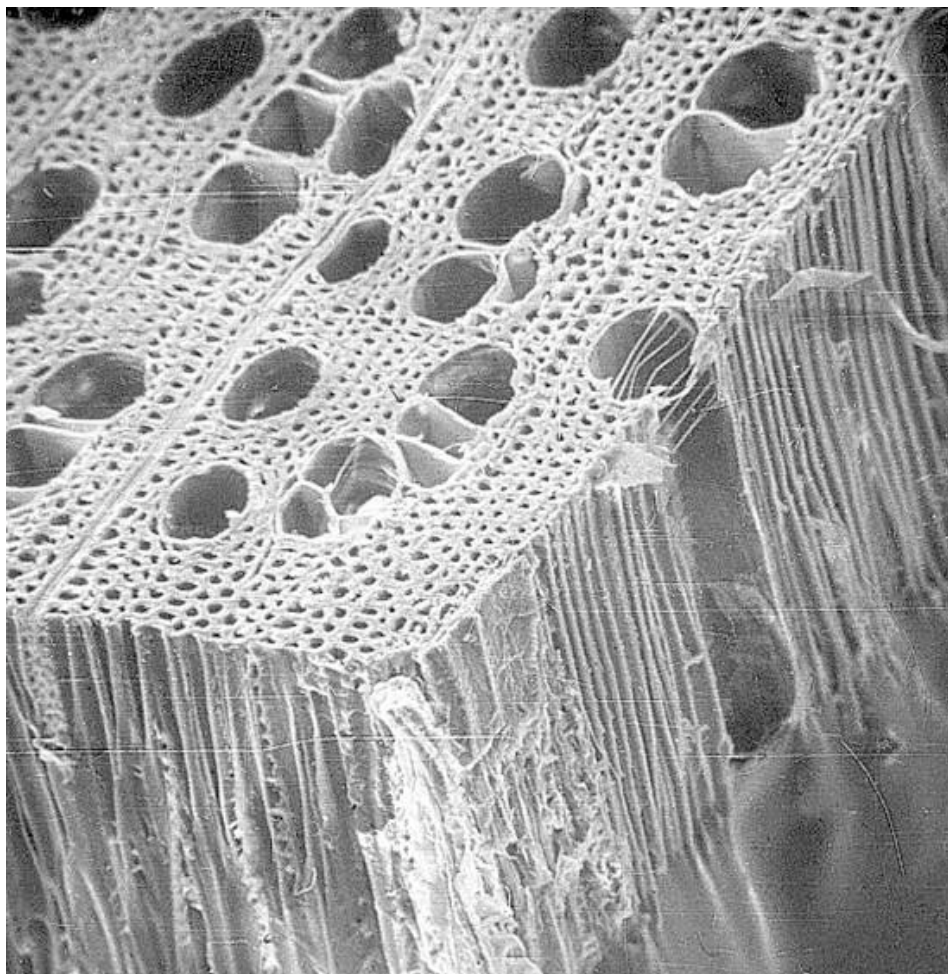


Figure 4 : Microstructure d'un bois

5. MICROSTRUCTURE

Niveau microscopique :

- cellule
- parois
- ponctuation
- vaisseaux
- rayons ligneux
- canaux résinifères
- microfibrille

5.1 Cellule

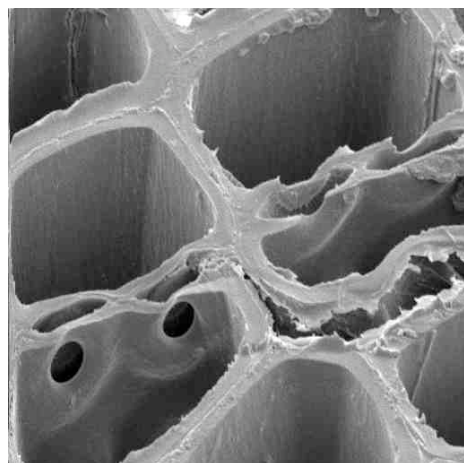
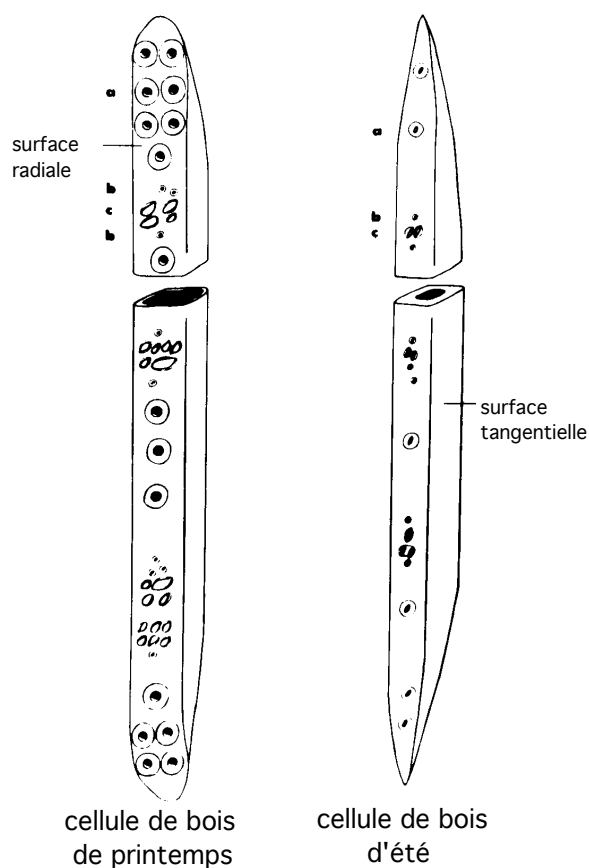


Figure 5. Représentation d'une cellule de bois de printemps et d'une cellule du bois d'été.

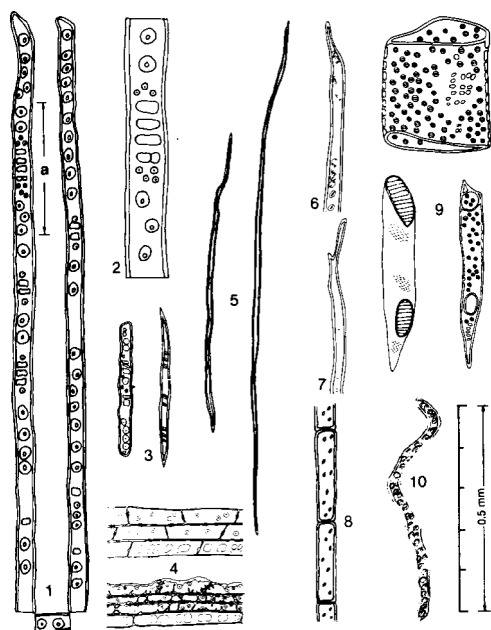


Figure 6 . Cellules du bois : 1, cellule longitudinale du bois résineux(pin); 2, agrandissement de la partie (a); 3, cellule longitudinale du bois d'été et de printemps (sans échelle); 4, cellule radiale et parenchyme avec les ponctuations ; 5, fibres (chêne); 6 et 7, parties agrandies de fibres ; 8, parenchyme axial avec des ponctuations simples ; 9, différents types de vaisseaux ; 10, trachéide axial (chêne)

Cellules	Conifères (résineux)	Feuillus	Fonction
parenchyme	+	+	assurer des réserves
trachéides	+	+	conduire la sève primaire et accroître la résistance du tronc
fibres		+	accroître la résistance du tronc
vaisseaux		+	conduire la sève primaire

5.2 Paroi

Paroi composite comprenant 5 couches

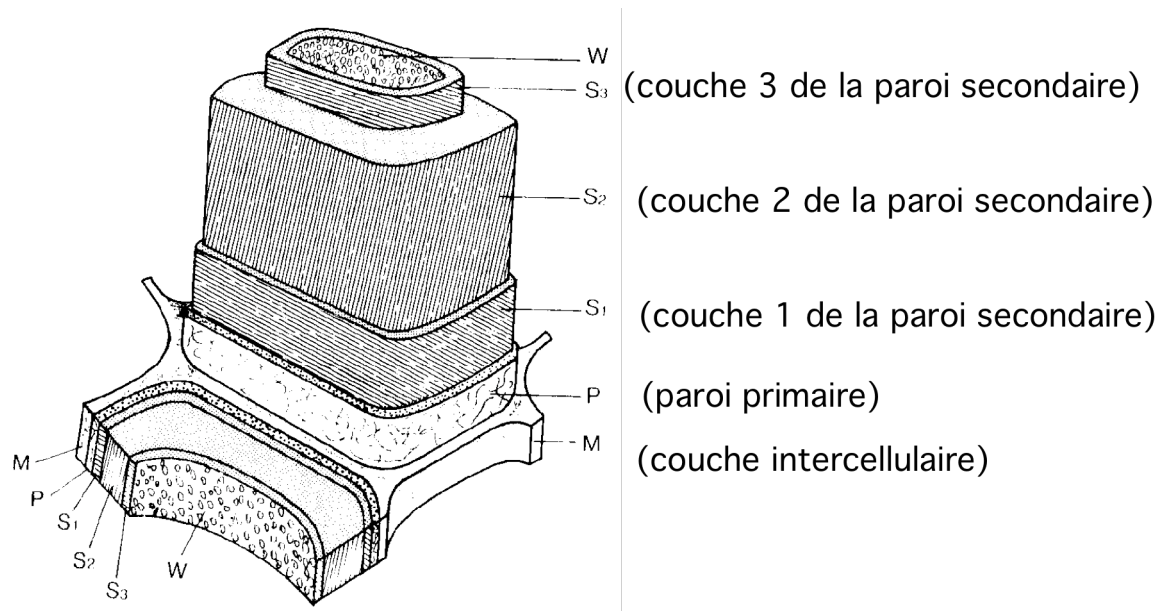


Figure 7 : Représentation schématique des différentes couches constituant la paroi cellulaire

5.3 Ponctuations

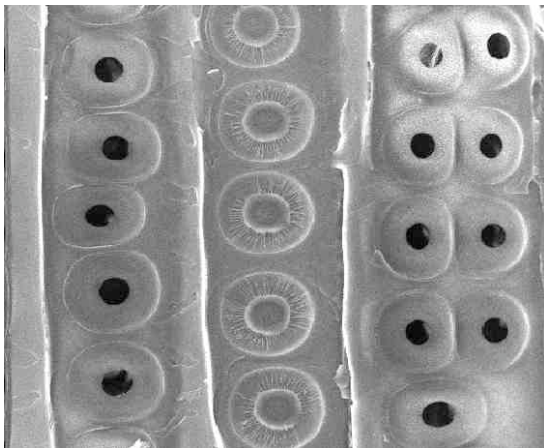


Figure 8 : Coupe longitudinale des cellules de printemps pour observer les ponctuations des lumens

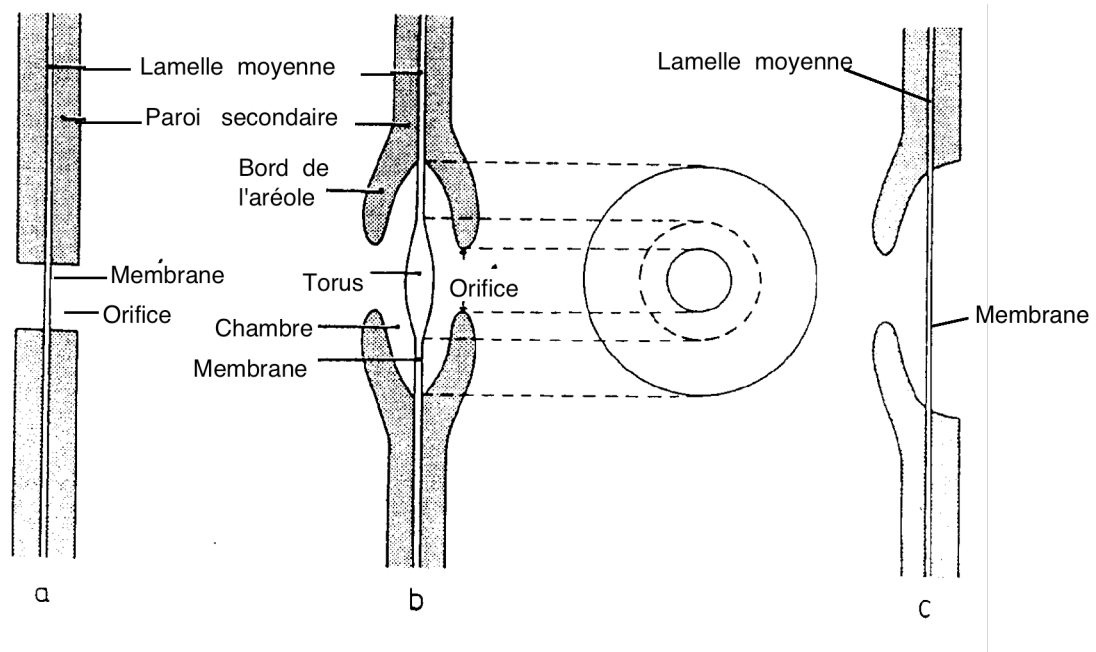
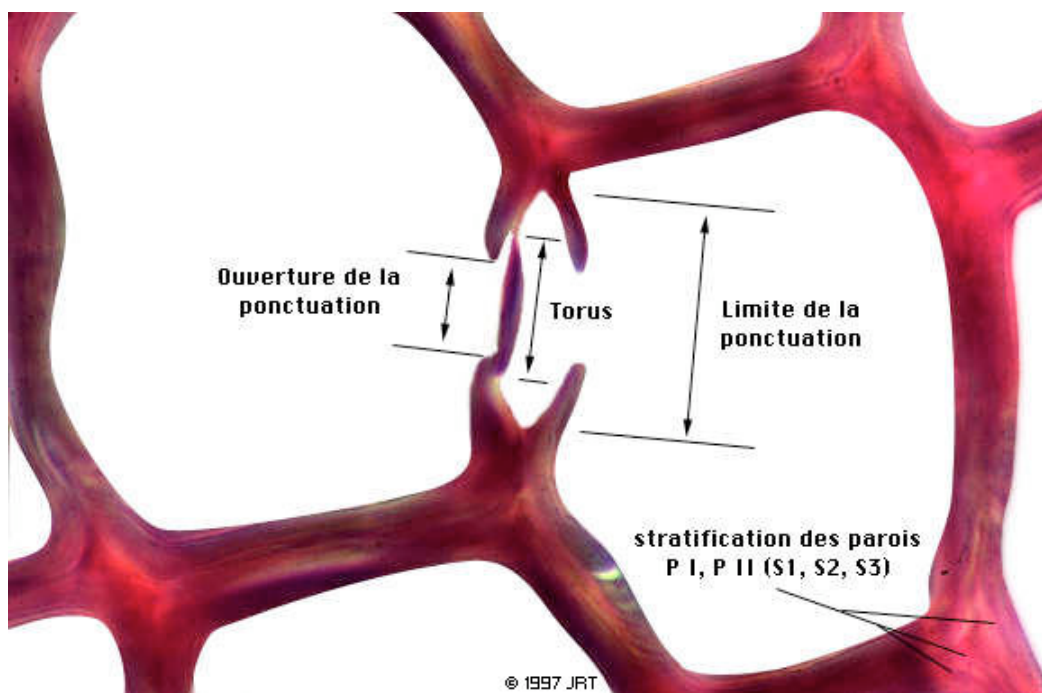
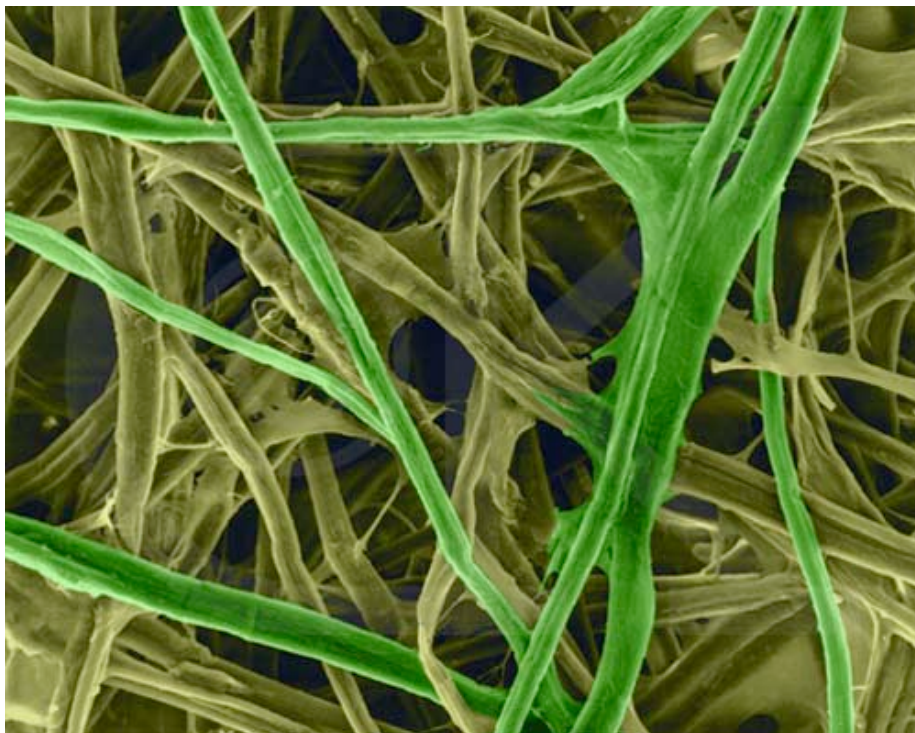
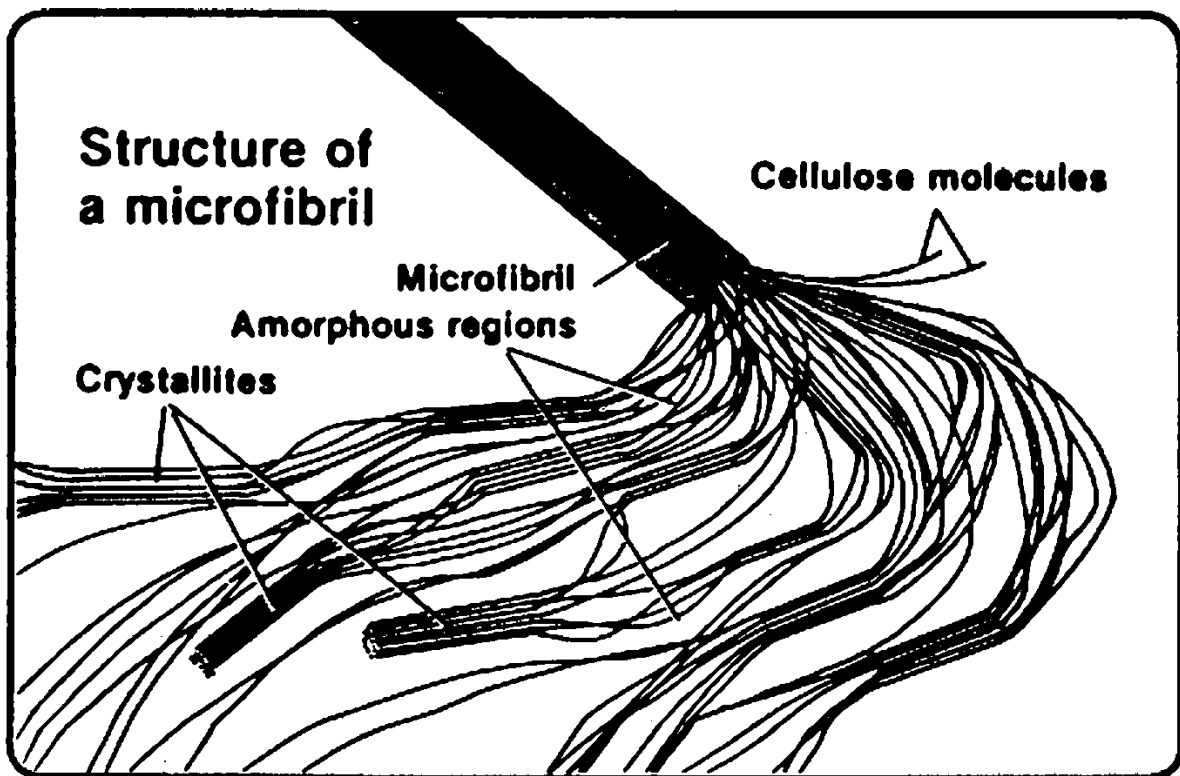


Figure 9 : Types de ponctuation: a) ponctuation simple; b) ponctuation aréolée ; et C) ponctuation semi-aréolée.



5.4 Microfibrille



6. CONSTITUANTS CHIMIQUES DU BOIS

	composition (%)	Nature polym.	Degré de polym.	fonctionnement
Cellulose	45-50	linéaire, semi-cristallin	5000-10000	Fibre
Hémi-cellulose	20-25	ramifié, amorphe	150-200	Matrice
Lignine	20-30	réticulé. 3D, amorphe	?	Matrice
Extractif	0-10	polymérique	-	Elément protection

7. PROPRIETES PHYSIQUES

7.1 Densité

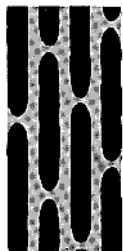
Essence	densité anhydre moyenne (g/cm ³)	Porosité (%)
Balsa	0.10	94
Epicéa	0.40	75
Hêtre	0.65	58
Amourette (acacia exotique)	1.30	17

7.2 Teneur en eau

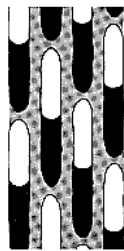
$$W (\%) = 100 (P_w - P_0) / P_0$$

Du point de vue de l'utilisation, on appelle :

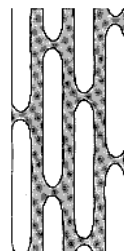
bois anhydre	$W = 0$
bois desséché	$0 < W < 13\%$
bois sec à l'air	$13 < W < 18\%$
bois commercialement sec	$18 < W < 23\%$
bois mi-sec	$23 < W < 30\%$
bois vert	$W > 30\%$



saturation
complète



$W > 30\%$



saturation des
fibres



$0 < W < 30\%$



$W = 0\%$

7.3 Isotherme D'adsorption

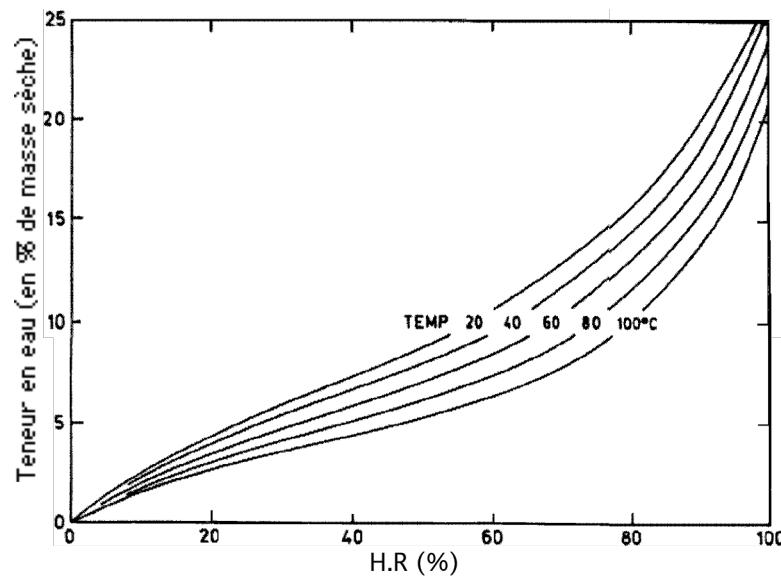


Figure 13 : Isotherme d'adsorption du bois d'épicéa à 20, 40, 60, 80 et 100°C.

7.4 Propriétés thermiques

7.4.1 Dilatation thermique

$$\Delta l/l = \alpha \cdot \Delta T$$

$$\alpha_t = 25 \times 10^{-6} \text{ à } 50 \times 10^{-6}$$

$$\alpha_r = 15 \times 10^{-6} \text{ à } 35 \times 10^{-6}$$

$$\alpha_l = 3 \times 10^{-6} \text{ à } 6 \times 10^{-6}$$

7.4.2 Conductibilité thermique

fonction de la densité et de la teneur en eau

	Epicéa $\rho = 0.4 \text{ g/cm}^3$		Chêne $\rho = 0.65 \text{ g/cm}^3$	
Teneur en eau	sec à l'air (w = 15%)	humide (w = 35%)	sec à l'air (w = 15%)	humide (w = 35%)
$\lambda_{\text{transversale}}$ (W/m°C)	0.10	0.12	0.14	0.16
$\lambda_{\text{longitudinale}}$ (W/m°C)	0.22	0.25	0.30	0.34

8. PROPRIETES MECANIQUES

8.1 Retrait-gonflement

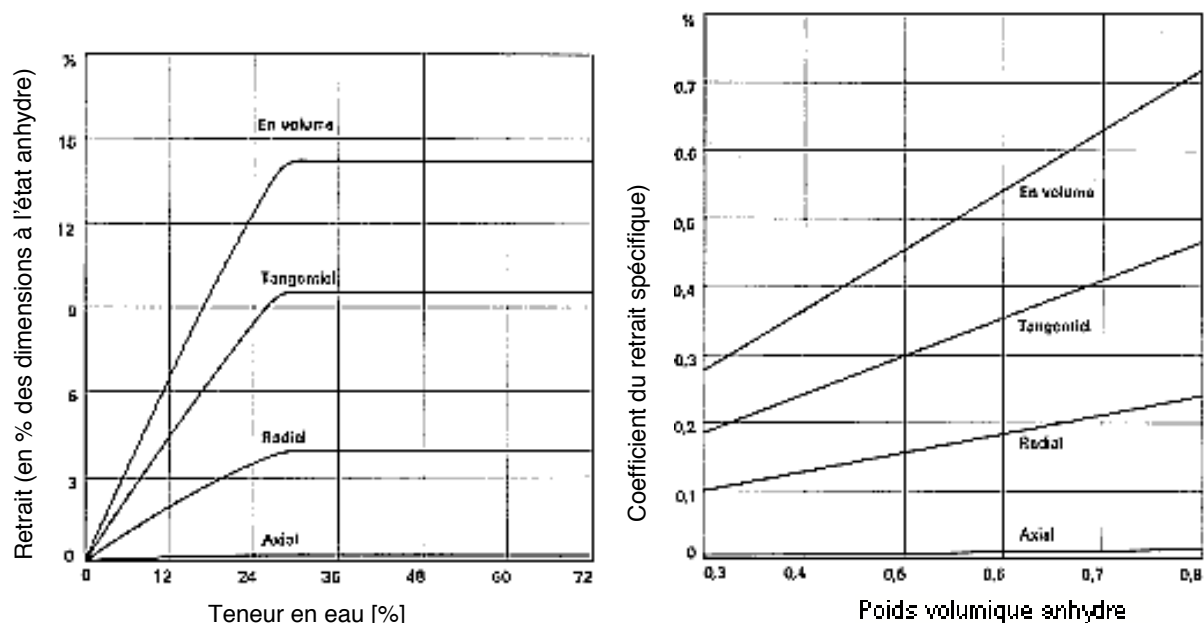


Figure 14 : Retrait en fonction de la teneur en eau et de la densité.

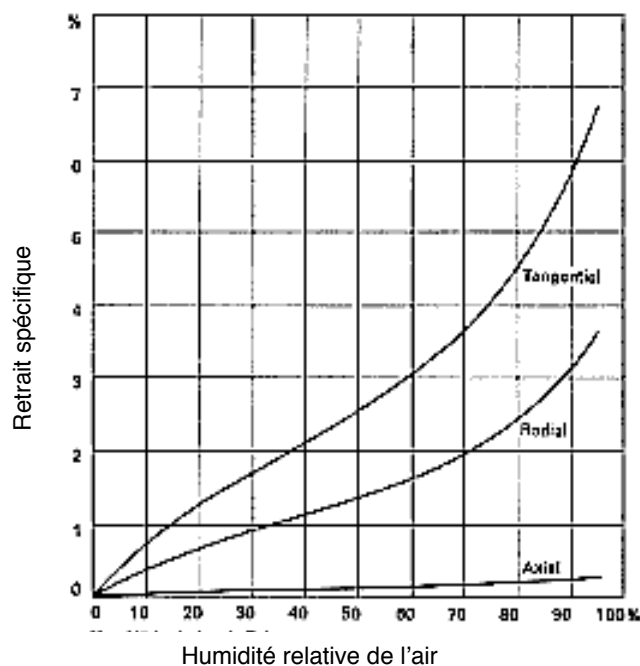


Figure 15 : Relation schématique entre retrait en fonction de l'humidité relative de l'atmosphère pour l'épicéa.

8.2 Résistance

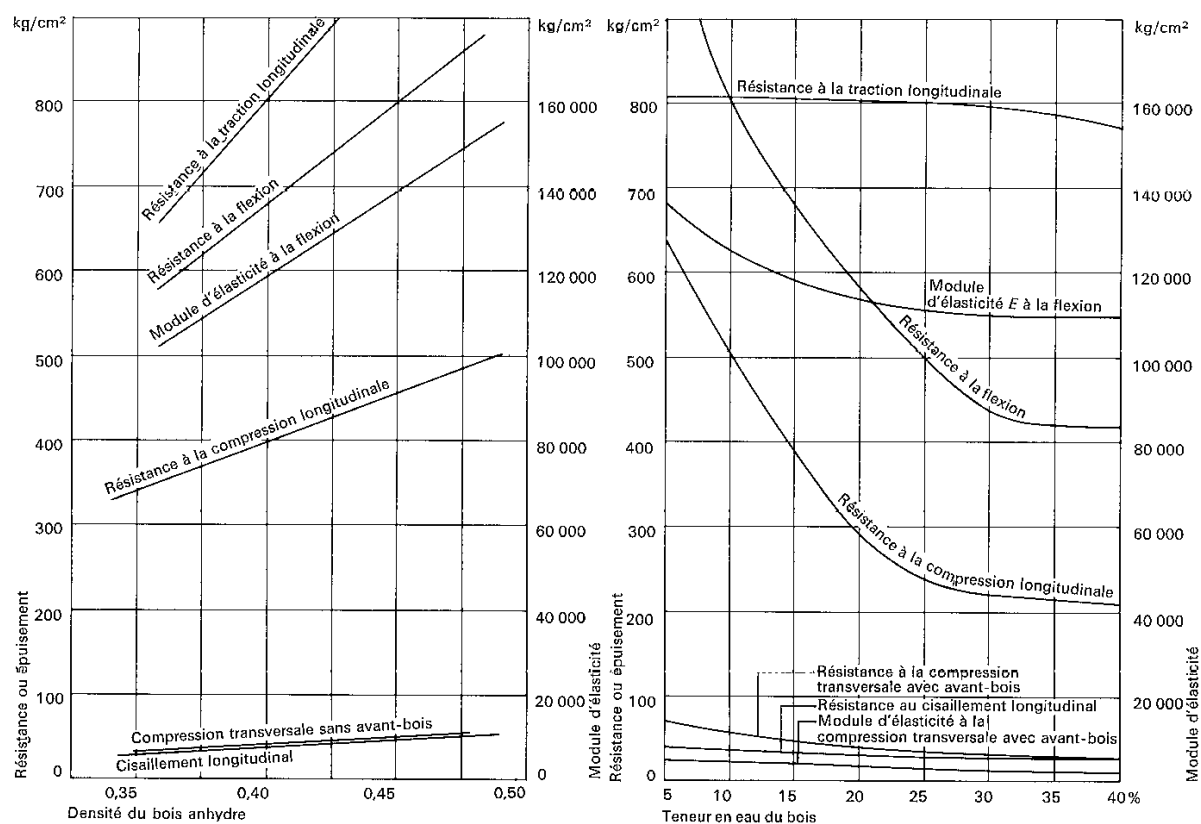
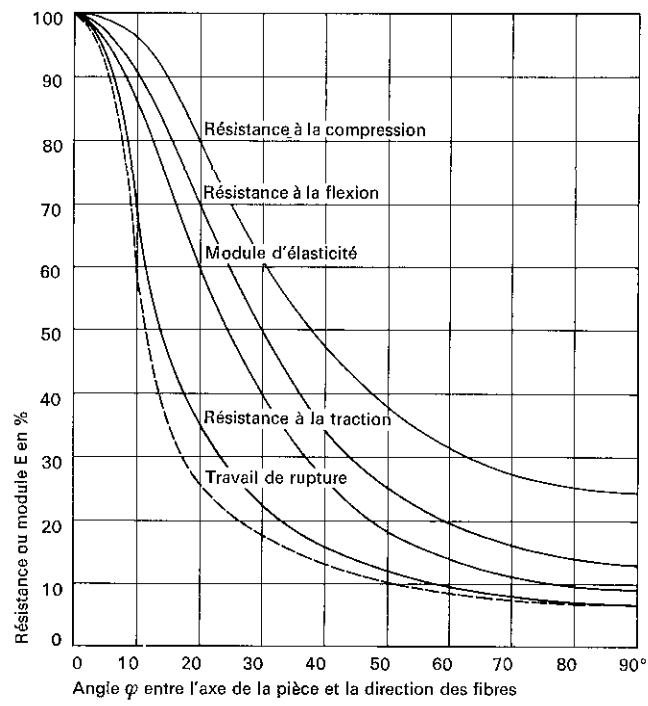


Figure 15 : La résistance et le module en fonction de la densité du bois et de la teneur en eau.

**ORDRE DE GRANDEUR DES CARACTERISTIQUES PHYSIQUES ET
MECANIQUES DE QUELQUES ESSENCES A 12 % D'HUMIDITE**

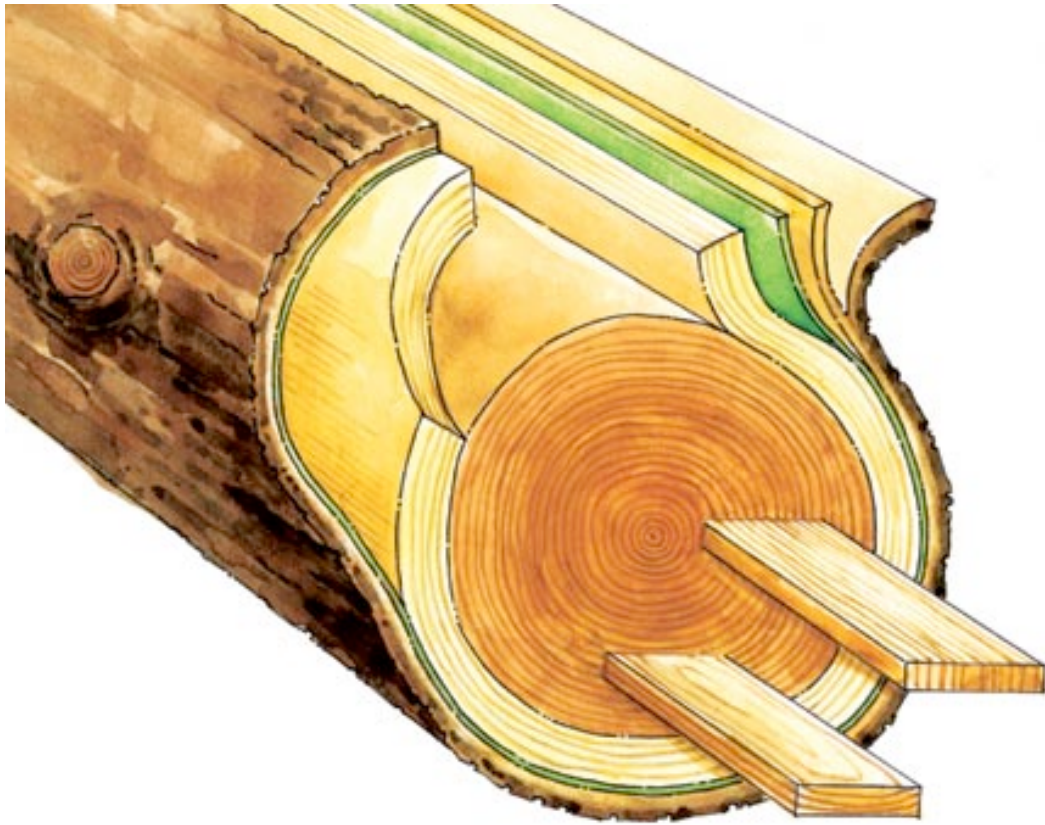
Caractéristiques	Unités	Epicéa	Sapin	Douglas	Cèdre	Pin sylv.	Pin marit.	Peuplier	Châtaignier	Noyer	Hêtre	Chêne	Iroko	Doussié	Azobé
MV	kg/m ³	430	450	500	520	560	620	400	600	650	680	750	650	800	1 000
RV	%	13	12	16	11	13	15	14	12	13	18	15	10	8	19
RT	%	9	8	9	6	8	9	9	8	7,5	12	10	6	5	11
RR	%	4	4	7	5	5	6	5	4	5,5	6	5	4	3	8
C ₁₂	MPa	43	39	49	51	50	54	35	46	47	54	50	56	78	98
F ₁₂	MPa	110	105	114	115	120	130	86	100	120	152	120	128	181	235
E	MPa	11 000	10 500	11 500	9 200	10 600	11 500	7 800	10 500	12 500	14 000	14 000	10 400	15 100	17 800
W	J	16	17	22	13	22	14	15	25	25	35	50	17	24	60
T _{pp}	MPa	1,7	1,4	1,7	1,7	2	2,4	2,2	2	3	4,5	5	2,3	2,4	4,2
F _{end}	N/mm	7	6	10	11	10	16	11	13	20	25	30	15	19	28
C ₁₈	MPa	6	5	4,4	4,7	5,5	6	5,2	9	7,5	9	14	7,5	8,4	14
N	—	1,8	1,5	2,5	2,1	2,6	4,2	1,3	2,9	3,2	2,6	4	4	8,5	10

MV = Masse volumique
 RV = Retrait volumique total
 RT = Retrait tangentiel total
 RR = Retrait radial total
 C₁₂ = Contrainte de rupture en flexion statique à 12 % d'humidité
 F₁₂ = Chiffre de fatigue en flexion statique à 12 % d'humidité
 E = Module d'élasticité en flexion statique
 W = Energie absorbée en flexion dynamique
 T_{pp} = Contrainte de rupture en traction perpendiculaire aux fibres
 F_{end} = Résistance à la rupture au fendage
 C₁₈ = Contrainte de rupture en cisaillement longitudinal
 N = Chiffre de dureté Monnin



9. PRODUITS DERIVES DU BOIS

-	+
• Caractéristiques dépendent de la qualité de la colle • Résistance à la flexion moins bien qu'une poutre en bois massif • Les colles peuvent abîmer les outils de coupe et d'usinage	• utilisation d'arbres de petites sections, de déchet, des morceaux de bois • produits de grandes tailles • élimination des défauts



9.1 Placages

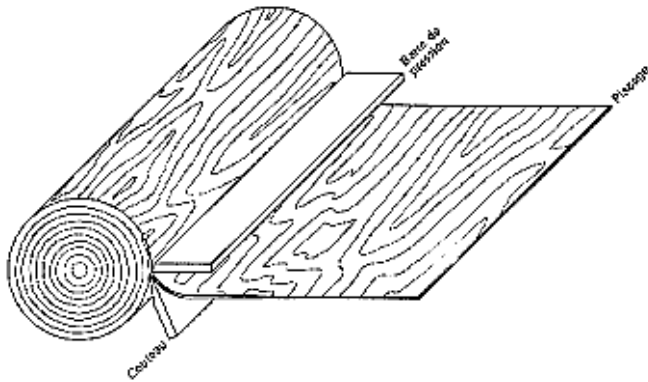
Sont des minces feuilles en bois, obtenues par sciage ou par tranchage d'une pièce du bois spécialement préparée ou produites par le déroulage d'une grume.

Emplois :

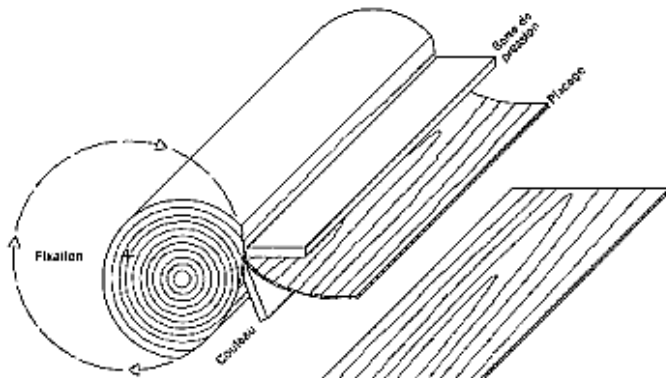
- comme plis extérieurs pour embellir
- production de bois améliorés

Fabrication :

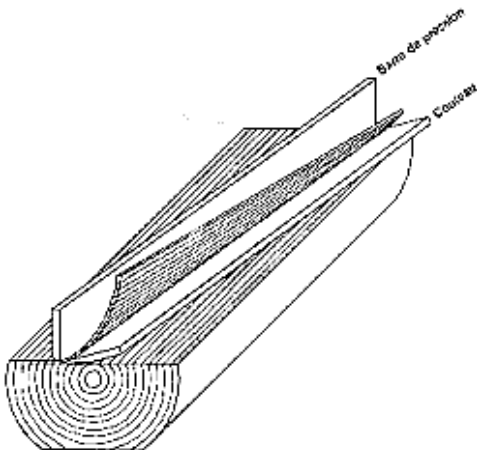
scies, trancheuses ou dérouleuses
ramollissement préalable par chauffage, cuisson ou
étuvage



placages déroulés

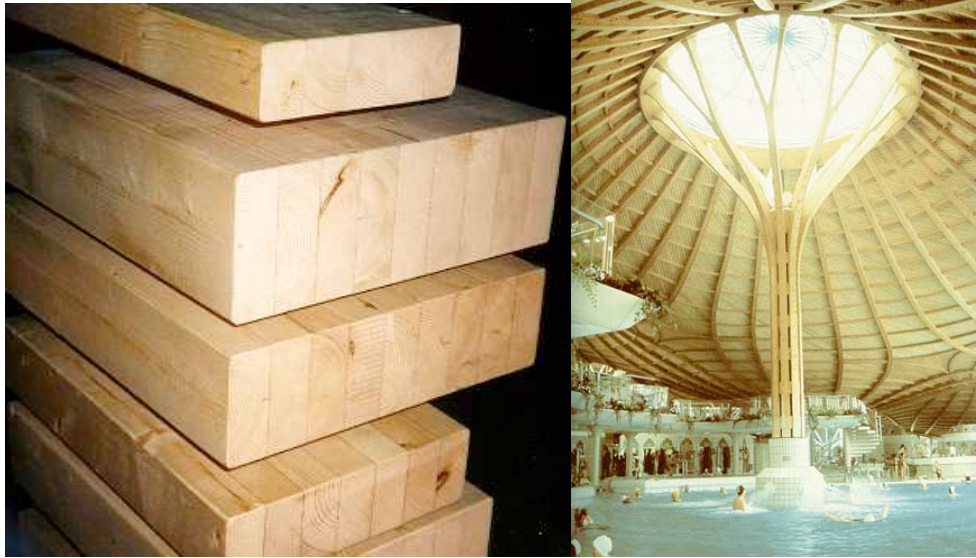


placages tranchés



placages sciés

9.2 Bois lamellé-collé



Assemblage par collage des pièces de dimensions relativement grandes afin d'obtenir des éléments de construction très importants, par exemple des poutres de grande portée.

Les inconvénients du bois équarri :

- section très affaiblie localement par des défauts
- fente radiale de retrait
- section limitée
- longueur limitée
- formes rigide liberté de forme courber les lamelles

Fabrication

collage sous pression

colles à base d'urée ou de résorcine

section usuelle des lames : 33.3 x 200mm

hauteur : 2m à cause des dimensions des raboteuses

longueur : pas limitée (joints à entures multiples)

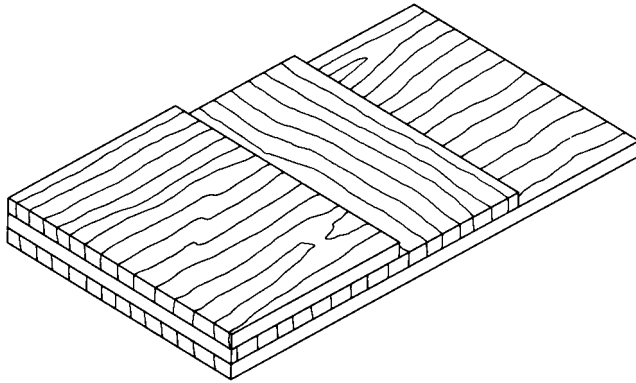
Amélioration de la résistance globale (flexion 14 à la place de 12 N/mm²)

9.3 Panneaux contreplaqués

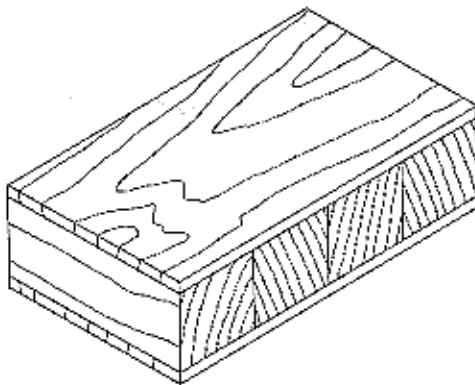
Panneaux constitués au moins de trois couches de bois, collées entre elles à fils croisés.

deux types de panneaux :

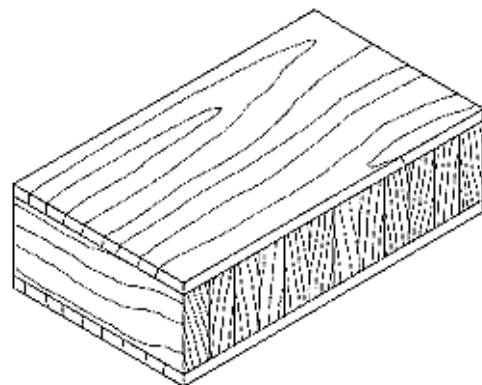
- panneaux à plis



- panneaux forts



à âme lattée



à âme lamellée

9.4 Panneaux de fibres

Composés de fibres de bois ou de faisceaux de fibres dont les propriétés physiques et mécaniques dépendent de l'adjonction de colle et de produits d'imprégnation.

- panneaux tendres
- panneaux durs
- panneaux spéciaux

Fabrication :

- copeaux produits dans des déchicteuses soumis à la vapeur et pression de 7 à 15 atm. pour les ramollir et préparer la séparation des fibres (par défibrage entre des meules profilés)
- dépôt sur une toile métallique, séchage et pressage (pour panneaux durs).

Adjuvants : paraffines, émulsions bitumineuses ou huiles siccatives pour améliorer la résistance à l'eau et résines phénoliques pour la résistance mécanique.

Propriétés :

améliore les propriétés de la matière première et élimine l'anisotropie.

	Densité (kg/m ³)	Conductivité
panneaux isolants	200-400	0.04-0.05
panneaux mi-durs	600-750	0.06-0.07
panneaux durs et extra durs	750-1100	0.07-0.08

Adsorption d'eau plus faible que le bois

conditionnés à un taux d'humidité de 6 à 8%
correspondants à des taux climatiques normaux
(HR=60%)

Durabilité :

ne doivent pas être exposés directement aux
intempéries, ni être soumis à une humidité trop élevée

9.5 Panneaux de particules



Eléments de construction constitués de copeaux de bois
et généralement agglomérés avec des résines
synthétiques par pressage à chaud.

La qualité de ces panneaux ne cesse de s'améliorer, les
derniers étant le médium et l'OSB (Oriented Strand
Board)



Fabrication :

- réduction du bois en copeaux,
- encollage par colle synthétique et durcisseur
- pression à plat ($T = 140$ à 200°C)
- refroidissement, rabotage et ponçage

Propriétés :

- propriétés identiques en longueur et largeur
- grandes dimensions
- absorption d'humidité plus faible
- retrait et gonflement plus faible en longueur et largeur
p/r au gonflement longitudinal du bois massif mais
plus fort en épaisseur

Durabilité :

- éviter l'exposition aux intempéries

