

Le matériau Bois

Ce chapitre présente le matériau bois et ses principales caractéristiques physico-chimiques et mécaniques.

1. Introduction

Dans la construction, le bois est utilisé principalement sous deux formes :

- **bois massif**
- **bois reconstitué**

Le bois massif est utilisé principalement pour les éléments de charpente traditionnelle et son utilisation comme son dimensionnement relève surtout des habitudes régionales.

Le bois reconstitué peut être fabriqué à partir de deux sous-produits tels que les sciures ou des bois de moindre qualité, ou à partir de composants en bois (lamelles par exemple). On distingue ainsi:

- les panneaux : ces produits de grand format sont constitués d'éléments de placage fins, de lames de bois, de particules ou de fibres, assemblés par collage, pressage et/ou thermdurcissement d'un liant. De nombreux panneaux ont été mis au point en fonction de divers usages spécifiques
- les poutres reconstituées : le Bois Lamellé Collé (BLC)

2. Anatomie du bois

2.1. Diversité des espèces

Il existe plusieurs milliers d'espèces botaniques ou essences qui sont classées en deux grandes familles :

- Les Feuillus
- Les Résineux

Composition de la forêt française			
Feuillus (63 %)		Résineux (37 %)	
Chêne pédonculé	18 %	Pin maritime	10 %
Chêne rouvre	13 %	Pin sylvestre	9 %
Hêtre	9 %	Epicéa	6 %
Chêne pubescent	6 %	Sapin pectiné	4 %
Châtaignier	4 %	Douglas	2 %
Autres feuillus	13 %	Autres résineux	6 %

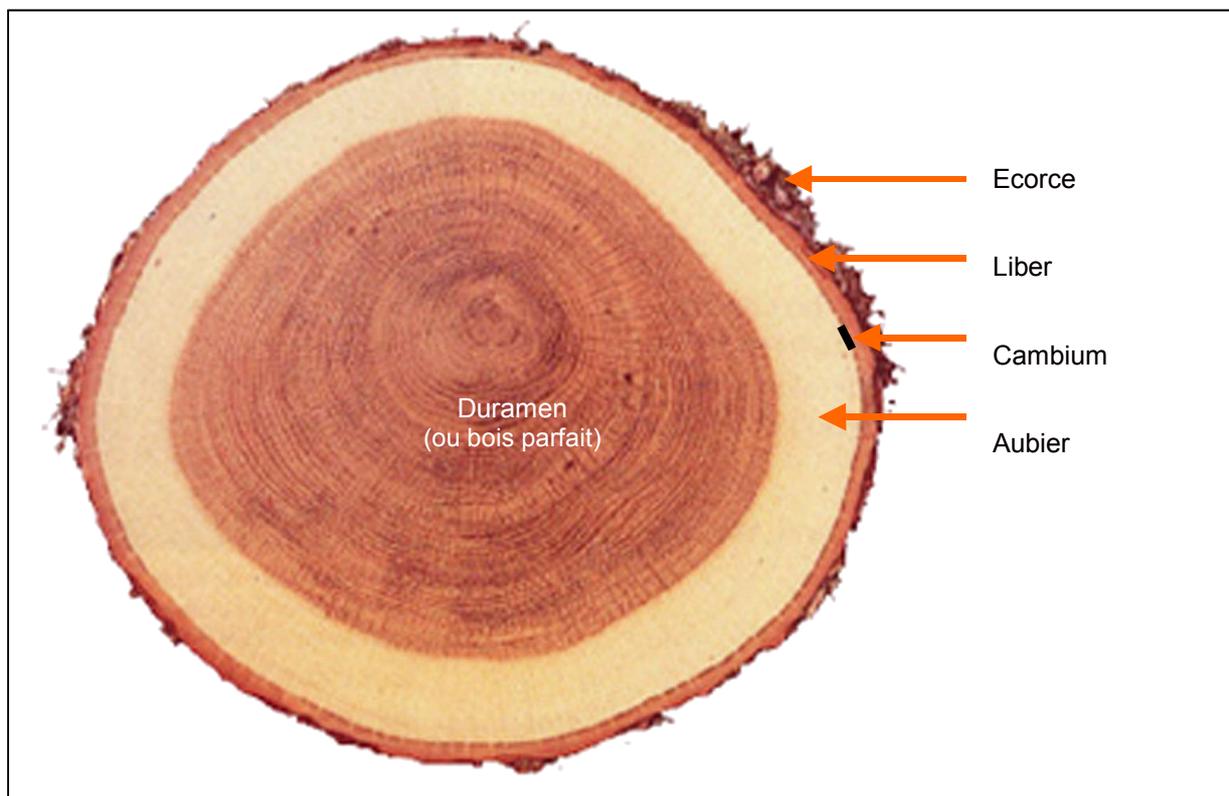
Chaque espèce à son propre domaine d'emploi dans la construction (charpente, poteau, coffrage, panneaux de contre-plaqué, planches d'échafaudage...)

Domaines d'utilisation	Essences des régions tempérées								
	Epicéa	Chêne rouge	Pin maritime	Pin sylvestre	Sapin	Bouleau	Douglas	Peuplier	Chêne
Echafaudages									
Contre-plaqué									
Coffrage									
Poteaux									
charpente									

2.2. Description de l'anatomie du bois

Le bois est un tissu végétal, assimilable à un matériau composite, formé de cellules, canalisant la sève brute.

Une jeune tige comprend en son centre, une moelle qui disparaît souvent dans les organes âgés. Autour d'elle, se déposent, dans le cambium, les zones concentriques d'accroissement du bois (anneaux ligneux ou cernes), habituellement annuels dans nos régions tempérées .



Les cernes sont constitués par des cellules plus ou moins effilées, différenciées à partir du cambium. Les uns ont de grandes ouvertures cellulaires (bois de printemps ou bois initial), alors que les autres, en fin de cerne, ont des ouvertures étroites et des parois plus serrées (bois d'automne ou d'été, bois final).

- Les résineux ont une structure relativement simple. Leur masse est composée à 90% de cellules allongées et élancées, orientées parallèlement au tronc : les trachéides.
- Les feuillus ont une structure plus complexe. Les cellules sont disposées en tissus croisés : trachéides fibreuses et fibres filiformes. Cette structure leur confère une meilleure résistance au flambement.

Dans une tige âgée, on distingue l'aubier, bois physiologiquement actif, perméable aux substances, moins dense, moins résistant que le duramen (bois parfait, bois de coeur) qui est un tissu mort, plus foncé, placé au centre du plan ligneux transversal.

Le vieillissement d'un tronc se traduit par la transformation progressive de l'aubier en bois de coeur. La répartition relative de ces deux zones dépend de l'âge et de l'espèce.

3. Conservation et protection

Pour assurer une durabilité convenable à une construction en bois, on doit tenir compte de nombreux facteurs mais aussi de leurs interactions.

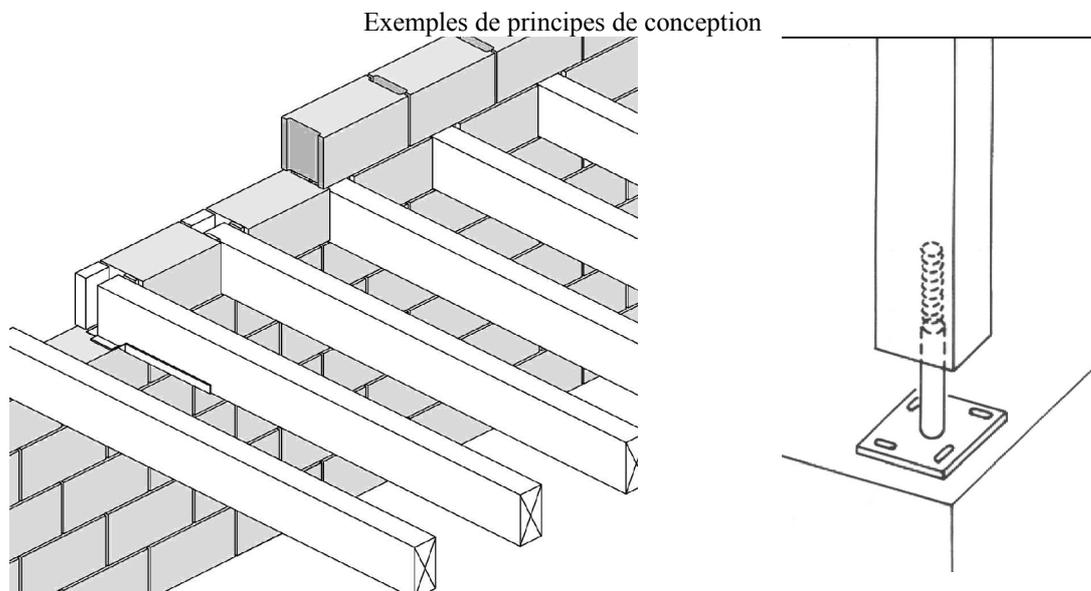
Les principaux critères pris en compte pour la conservation et la protection du bois sont :

- la destination de la construction,
- les conditions prévisibles d'environnement,
- la forme des éléments et les dispositions constructives envisagées.

3.1. Importance de la prévention contre l'humidité :

Le bois, matériau organique, peut être attaqué par des insectes, des champignons. Face à ce risque, les essences de bois ont des durabilités naturelles très variées. Il est toutefois important de noter que des bois dont l'humidité de service est inférieure à 20 %, ne peuvent en aucun cas être altérés par des champignons.

On cherchera donc, par des dispositions constructives décidées lors de la conception, à limiter les contacts bois - sol, les problèmes de condensation... Toute zone où de l'eau est susceptible de s'accumuler, doit être drainée, les assemblages ne doivent pas complètement enfermer le bois.



3.1. Les classes de risque biologique (de 1 à 4)

La norme EN 335 définit des classes de risques biologiques et les zones de bois dites vulnérables. Dans le cadre de l'étude d'un projet, l'essence retenue doit avoir une durabilité naturelle, ou une durabilité conférée par traitement approprié, au moins dans la zone vulnérable.

Exemple de classe de risque pour des éléments courants :

3.1.1. En intérieur :

- Classe1, atmosphère toujours sèche : charpente traditionnelle ou industrielle si transport et stockage à l'abri.
- Classe2, atmosphère humide : solive sur vide sanitaire ventilé
- Classe3, atmosphère humide avec risque de condensation : solive sur vide sanitaire mal ventilé
- Classe4, risque d'accumulation d'eau : sablières basses

3.1.2. En extérieur :

- Classe2, toujours à l'abri : sous face d'auvent
- Classe3, exposition directe aux intempéries, pièce pente > 60°, sans assemblage ni encastrement: poteau vertical sur platine ventilée
- Classe4, tout autre cas : ouvrage extérieur.

3.2. Le traitement du bois :

Les pièces en contact ou encastrees dans la maçonnerie, ou bien exposées directement à l'humidité ou aux intempéries, doivent être systématiquement traitées.

Le traitement consiste à faire pénétrer dans le bois des produits actifs, fongicides ou insecticides, capables d'empêcher l'éclosion, la prolifération ou le développement d'insectes ou de champignons destructeurs (NF EN 351 et 460). Le traitement peut être superficiel, pour des bois de charpente à protéger contre des insectes xylophages. Il peut être aussi profond, mis en place à l'autoclave, sous pression et sous vide.

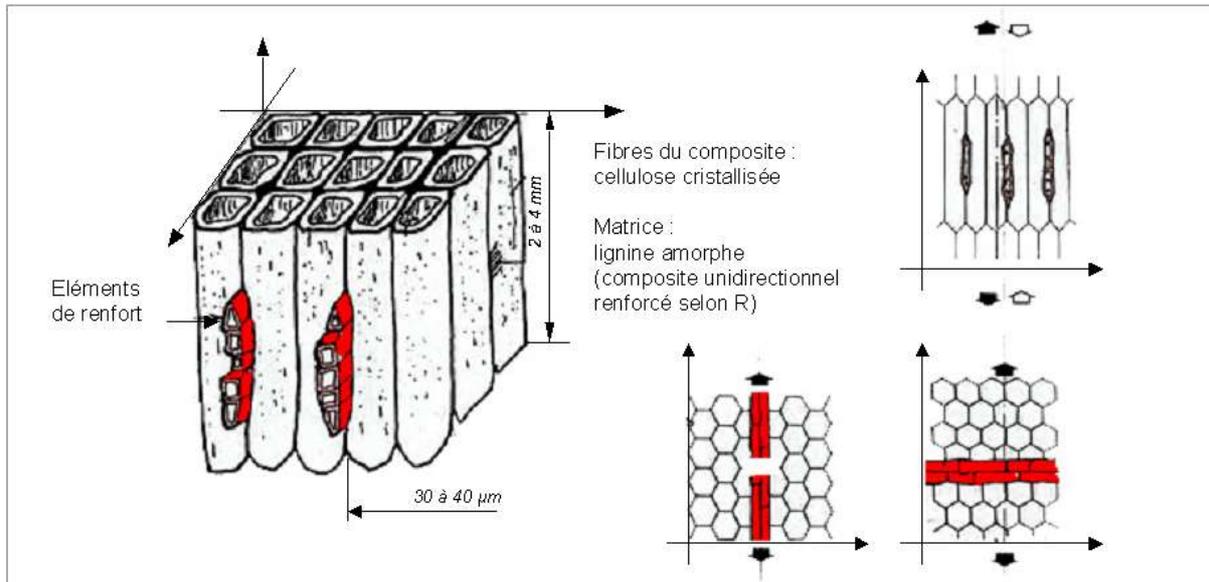
Le bois utilisé dans la construction comporte souvent de l'aubier, très sensible aux agressions biologiques. Il est donc souhaitable d'avoir recours à un traitement complet.

Classe de risque	Durabilité naturelle des essences des régions tempérées						
	Epicéa	Pin maritime	Pin sylvestre	Sapin	Douglas	Peuplier	Chêne
1							
2							
3							
4							

4. Comportement.

4.1. Un matériau composite

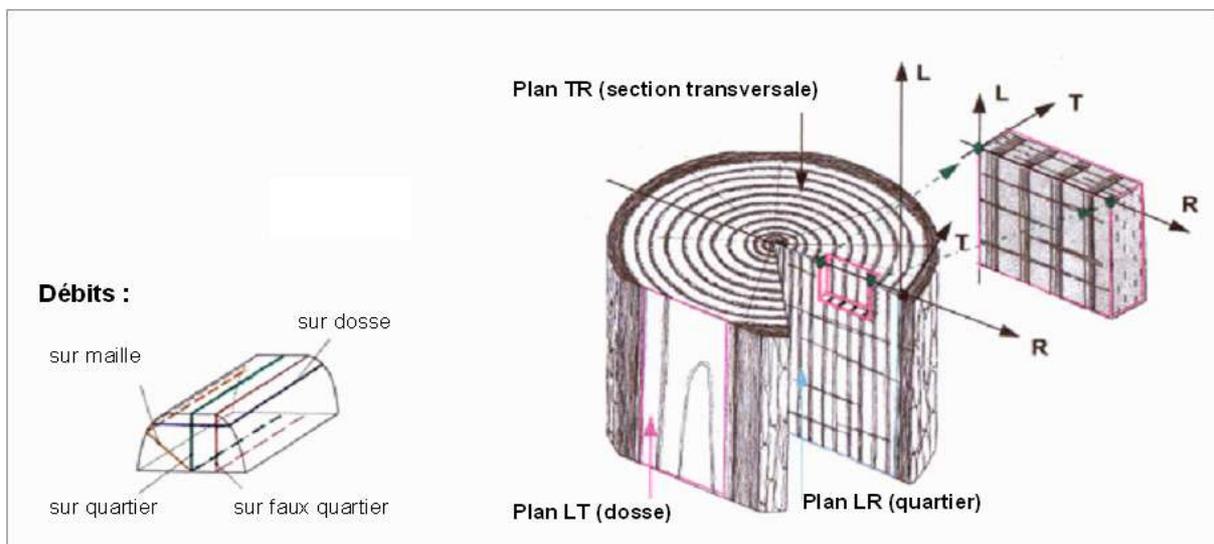
Le bois est un tissu végétal, assimilable à un matériau composite, formé de cellules, dont les membranes incrustées de lignine jouent un rôle de soutien. La lignine est la plus répandue, de toutes les substances qui créent la vie.



4.2. Un matériau anisotrope :

Le bois est un matériau hétérogène, constitué de fibres, ce qui explique son caractère anisotrope. Il a donc une direction privilégiée de résistance maximale.

Ses propriétés mécaniques et physiques varient selon le plan de coupe considéré : axial, radial ou tangentiel .



4.3. Un matériau hétérogène

Les nœuds sont des anomalies fatales et inévitables dans les grumes, puisqu'elles sont liées à la présence de branches.

-Influence "en général" défavorable sur les propriétés mécaniques (concentration de contraintes, variation locale du repère d'anisotropie)

-Difficultés d'usinage (variation locale de la densité)

-Les nœuds ont une importance considérable dans les règles de classements des bois

En outre, ses caractéristiques mécaniques et physiques dépendent de son degré d'humidité, de sa rétractabilité ou encore de sa densité.

4.4. Avantages du bois lamellé-collé

La fragmentation du bois massif en petits éléments, éventuellement épurés des parties endommagées ou altérées, permet d'obtenir par reconstitution des éléments en bois dont les propriétés sont grandement améliorées (panneaux, Bois Lamellé-Collé (BLC)...))

- l'homogénéité du produit est améliorée,
- le facteur d'anisotropie diminue fortement, par exemple quand les différentes couches sont croisées régulièrement (disposition courante pour les panneaux de contreplaqué),
- la taille des éléments obtenus dépasse ce qu'on pourrait obtenir naturellement

5. Caractéristiques physiques

5.1. Le degré d'humidité

Il évalue la quantité d'eau que le bois renferme, exprimée en pourcentage de sa masse à l'état anhydre.

$$H = \frac{m_H - m_0}{m_0} \times 100 \quad \text{avec } m_H \text{ la masse à l'état humide et } m_0 \text{ la masse à l'état sec.}$$

Un bois commercialement sec peut faire l'objet de transactions commerciales. L'humidité de 15 % est normale dans nos régions tempérées. Le bois peut être séché artificiellement et/ou par entreposage dans un local chauffé et sec.

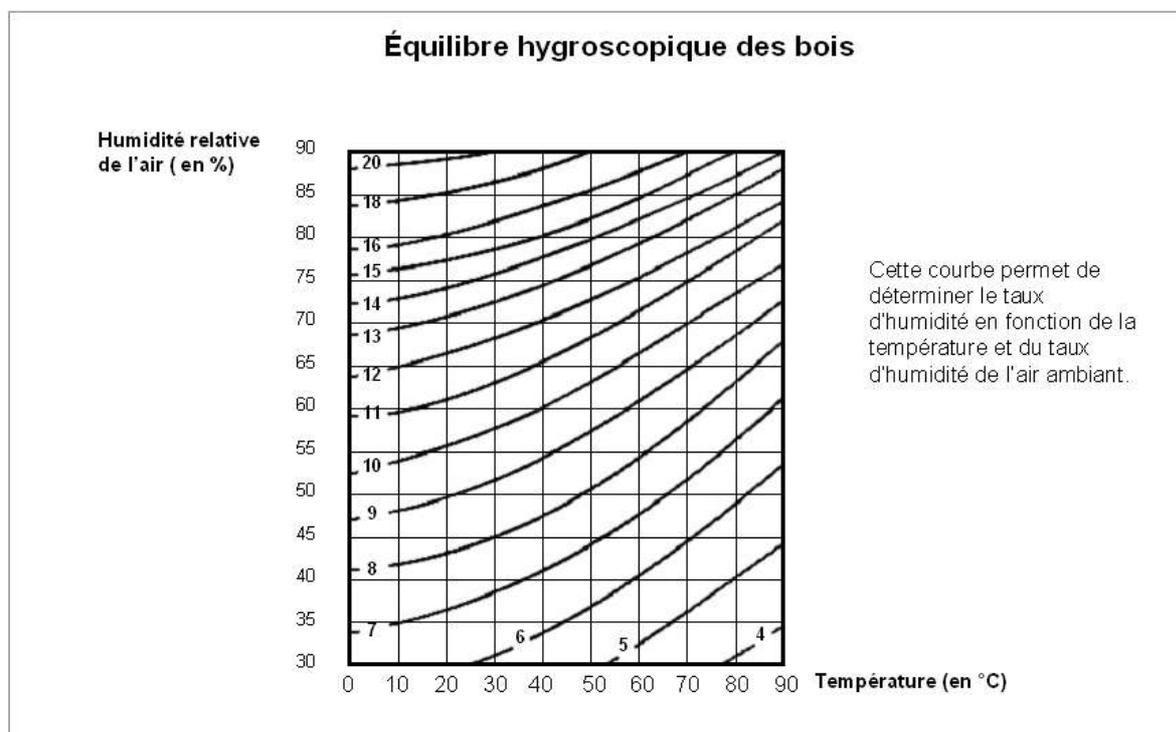
Le taux d'humidité a une incidence:

- sur la conservation du bois : les pourritures diverses, qui entraînent la désagrégation du bois sous l'influence des champignons, les attaques de certaines bactéries ou insectes ne se développent qu'en milieu franchement humide (plus de 20 % d'humidité)
- sur la tenue des pièces et assemblages : la variation du taux d'humidité induit des variations de dimensions (jeu des assemblages, travail du bois...). Les bois doivent donc être utilisés uniquement après avoir été amenés par séchage à un degré d'humidité d'équilibre voisin des conditions d'utilisation;
- sur la résistance mécanique : un bois est d'autant plus résistant qu'il est plus sec, mais il devient plus fragile.
- sur sa déformabilité dans le temps, notamment le fluage.

Les stades successifs d'humidité permettent l'emploi du bois adapté à certains ouvrages :

Taux d'humidité H%	Dénomination du bois	Emplois
0%	Anhydre	Charpente combles habitables
11%	Desséché	
		Charpente traditionnelle
15%		
17%		
19%		
22%	mi-sec	
30%	ressuyé	
	Frais de sciage	

Puis en place, le degré d'humidité du bois dépend de son équilibre hygroscopique, c'est-à-dire de son environnement .



A ces stades successifs correspondent des utilisations possibles du bois :

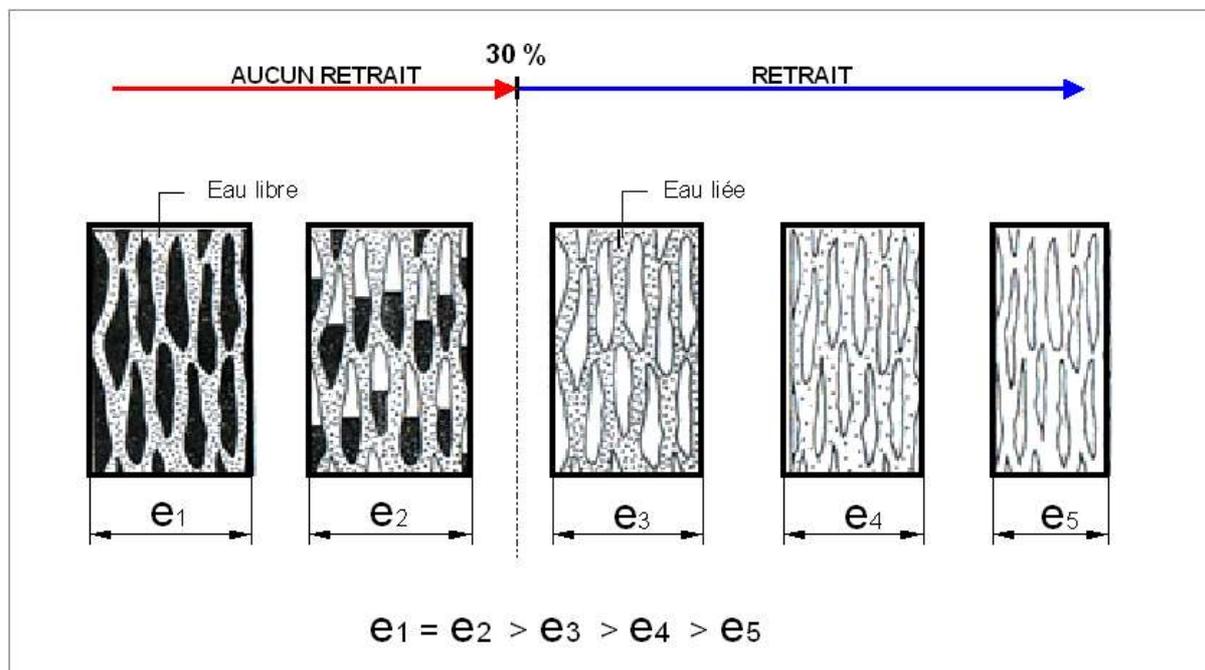
Taux d'humidité H%	Dénomination du bois	Emplois
0%	Anhydre	Charpente combles habitables
11%	Desséché	
15%		Charpente traditionnelle
17%		
19%		
22%	mi-sec	
30%	ressuyé	
	Frais de sciage	

5.2. La rétractabilité.

La rétractabilité correspond à la diminution de volume du bois, au fur et à mesure qu'il sèche.

Le retrait est évalué à partir d'éprouvette dont on mesure la variation de volume entre l'état saturé et l'état anhydre :

$$B\% = 100 \times \frac{(V_s - V_a)}{V_a}$$



Exemple: la masse volumique du pin sylvestre est évaluée juste après l'abattage entre 0,7 et 0,8 kN/m après séchage (teneur en eau: 12 %) à 0,5 kN/m

Ce retrait varie selon la nature du bois : un bois dur a un fort retrait, tandis qu'un bois léger et tendre a un retrait plus faible. Les variations de dimensions, gonflement ou retrait selon l'humidité, diminuent sur des bois vieilliss.

Suivant le fil du bois, les variations de dimensions sont très faibles. Dans une section transversale, le retrait tangentiel aux cernes est important, amenant parfois des fentes de dessiccation.

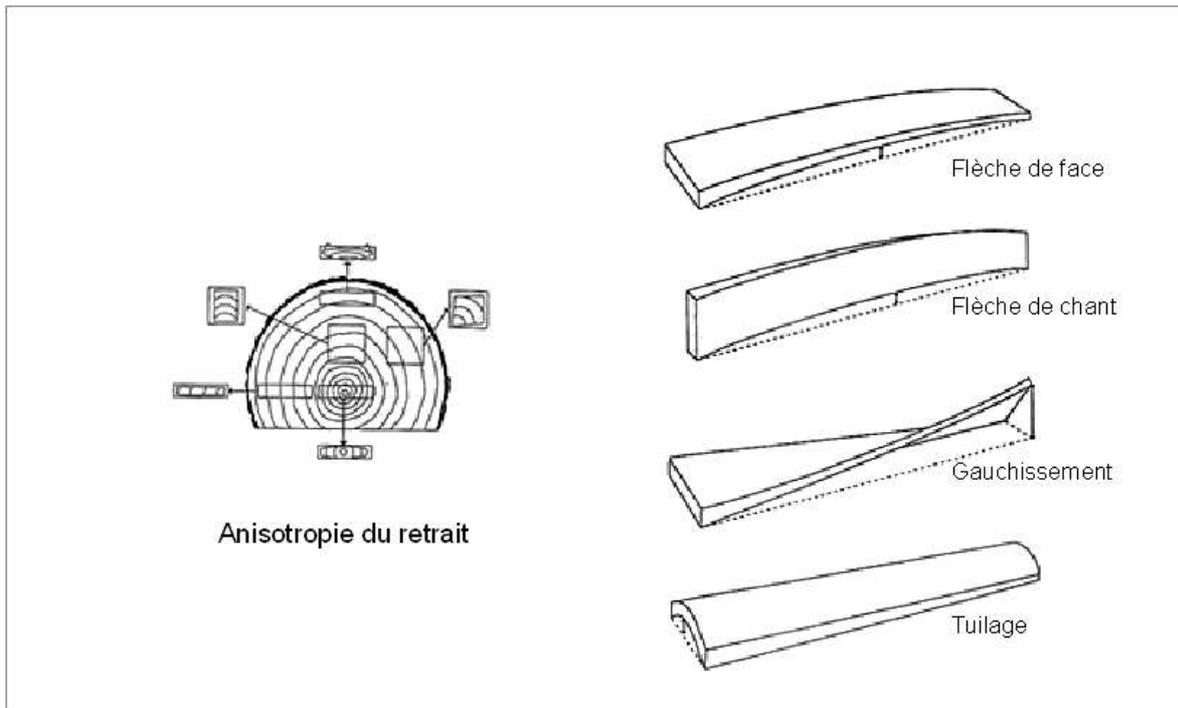


L'apparition de ces fentes peut être limitée en créant des entailles de décharge pour les pièces soumises aux retraits importants.

Les valeurs de retrait suivantes sont indicatives :

- Retrait tangentiel fort 10%
- Retrait radial faible 5%
- Retrait axial très faible 0%

Ces différences de retrait engendrent des déformations au séchage des pièces de bois.



5.3. Autres propriétés

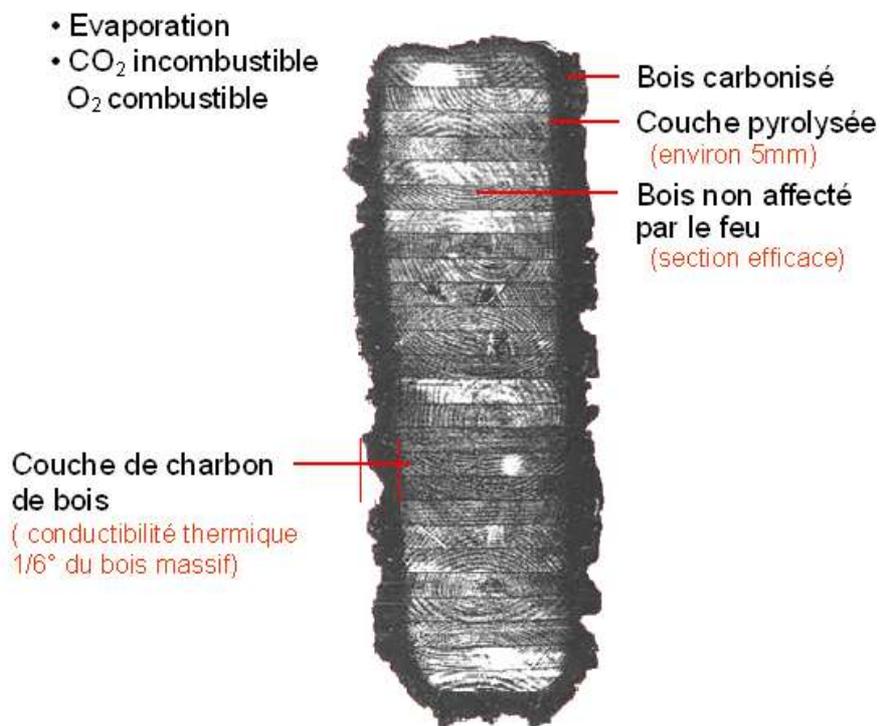
5.3.1. Poids volumique

Le bois est un matériau de construction relativement léger, par rapport aux matériaux de construction courants .

Le poids volumique du bois est compris entre 4 à 5 kN pour les résineux et 8 à 10 pour des feuillus tels que le chêne ou des essences exotiques rares.

5.3.2. Réaction au feu

Lors de la combustion d'une pièce de bois massif, la formation d'une couche superficielle de charbon de bois de conductivité thermique très faible, protège le cœur de la section et prolonge les caractéristiques mécaniques.



La partie 1.2 de l'Eurocode 5 traite de la résistance au feu des structures en bois. On doit utiliser les règles données pour le calcul à température normale à une exception : les actions, coefficients de sécurité, propriétés des matériaux et des sections sont remplacées ou modifiées pour tenir compte de l'effet du feu.

5.3.3. Coefficient de dilatation thermique

Sa valeur moyenne est de $5.10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ dans la direction axiale, ce qui est inférieur aux valeurs rencontrées pour l'acier ou le béton ($11.10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$) Il en résulte, en général, que les effets des variations de température ne sont pas pris en compte dans les calculs statiques des ouvrages en bois : une élévation de température induit des dilatations thermiques mais elles sont en partie compensées par une baisse de taux d'humidité qui se traduit par une rétractabilité accrue.

En outre, cette faible valeur favorise le bois lors d'un incendie : les parties échauffées se déplacent faiblement par rapport à leurs points d'appuis. La stabilité de la construction s'en trouve peu affectée.

5.3.4. Conductivité thermique

Avec une conductivité thermique moyenne $\lambda = 0.12 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ le bois est un très isolant thermique.

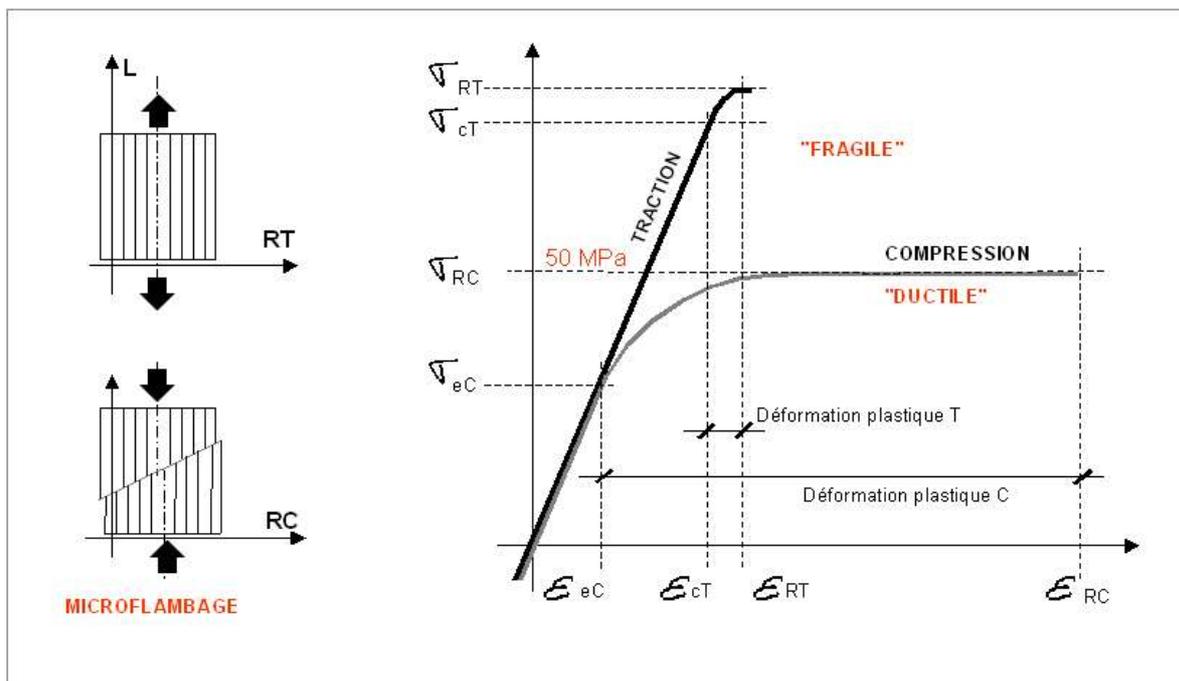
Alu	Acier	Granite	Béton	Plâtre	Chêne	Sapin	Liège	Balsa	LdVerre
230	52	3.5	1.75	0.5	0.23	0.12	0.10	0.054	0.04

Tableau comparatif des une conductivités thermiques de différents matériaux.

6. Caractéristiques mécaniques

Elles sont difficiles à déterminer en raison de la dispersion importante des résultats, provenant des variations de qualité dans la même essence, pour le même type d'arbre, dans la même pièce.

Le caractère anisotropique du bois rend nécessaire la recherche des caractéristiques pour chaque direction d'effort par rapport à celle des fibres.



L'EC5 adopte une modélisation du comportement mécanique du bois et donne des valeurs caractéristiques pour les résistances ou module de déformation.