



Technologie du bois



Nous verrons d'abord les propriétés physiques du bois avant d'aborder ses propriétés mécaniques, sa durabilité, son comportement au feu, et enfin sa densité et sa dureté. [L'anatomie des bois](#), avec les différences entre les [feuillus](#) et les [résineux](#), et la [chimie du bois](#) font l'objet d'autres fiches.

Propriétés physiques

Le bois est un matériau particulier dont ses propriétés varient en fonction de différents facteurs. Les arbres étant des êtres naturels, vivants et très diversifiés, les propriétés du bois varient selon le type d'essence, les conditions de croissance et le taux d'humidité. Le bois est considéré comme étant un matériau anisotrope, c'est-à-dire que ses propriétés varient selon les différentes directions.

L'aptitude que possède le bois à absorber l'humidité (hygroscopicité) est une caractéristique majeure qui vise ce matériau. Lorsqu'il varie, le taux d'humidité provoque des changements dimensionnels du matériau (retrait et gonflement). L'humidité est également responsable de la pourriture du bois quand elle est en présence de certaines autres conditions environnantes.

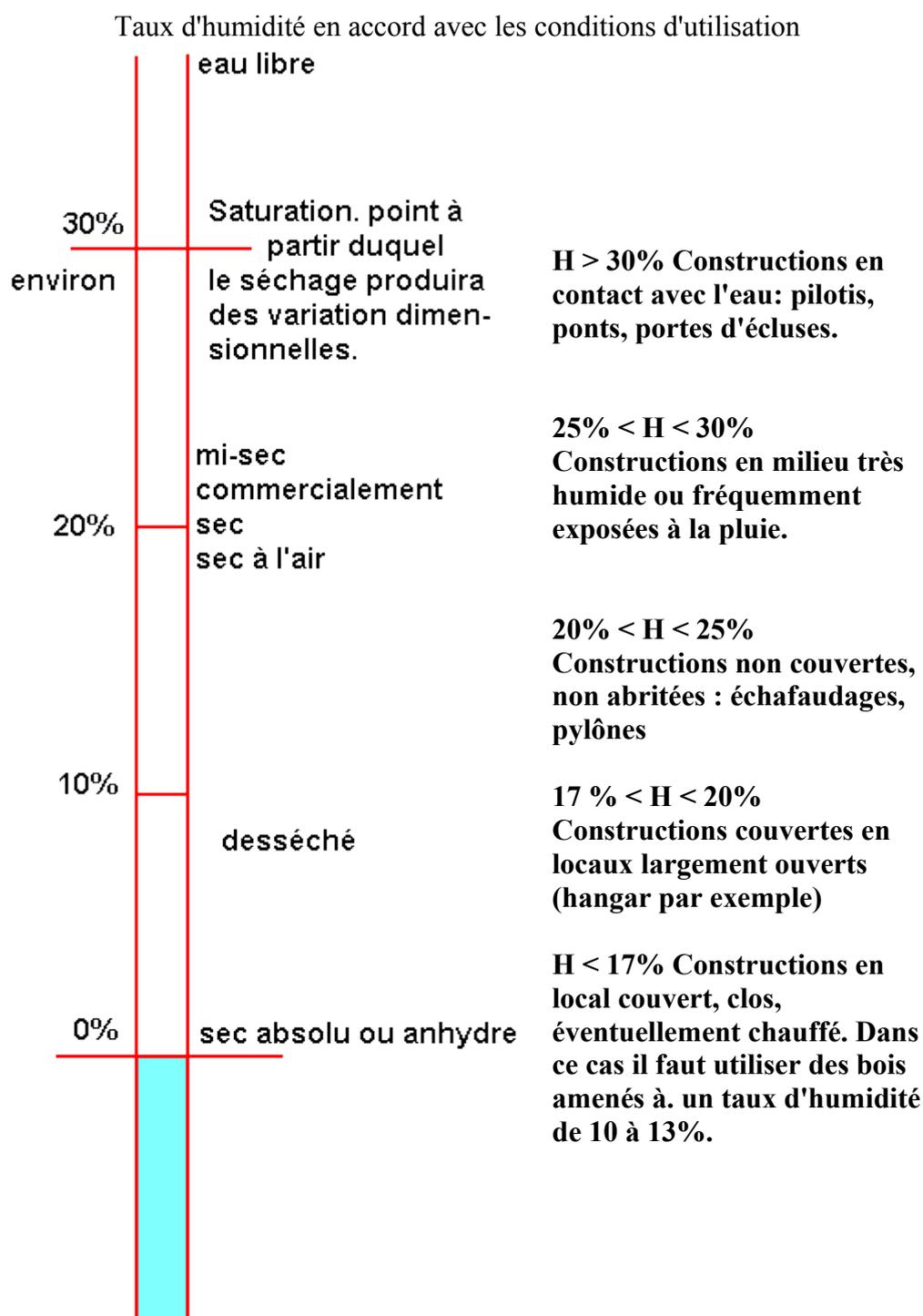
Hygroscopicité

La teneur en humidité est le rapport exprimé en pourcentage de la masse de l'eau présente dans le bois sur la masse du bois anhydre (sec).

Le bois est un matériau qui contient de l'eau sous deux formes. Lorsque la teneur en humidité est maximale, il y a présence d'eau absorbée à l'intérieur des parois cellulaires ainsi que de l'eau libre contenue dans les vides à l'intérieur des cellules. Quand le bois sèche, c'est l'eau libre à l'intérieur des cavités cellulaires qui s'évapore en premier, jusqu'à l'obtention du taux d'humidité (TH) correspondant au point de saturation des fibres. Ce dernier se situe à une teneur en humidité d'environ 30 % pour la plupart des essences de bois. Au-delà de cette teneur en humidité, il ne se produit plus de changements dimensionnels (gonflement).

Teneur en humidité d'équilibre : En dessous du point de saturation des fibres, le bois perd ou absorbe de l'humidité jusqu'à ce que la teneur en humidité soit en équilibre avec celle de l'air ambiant. À cette teneur en humidité d'équilibre, le bois ne gagne ni ne perd d'humidité quand il est exposé à une température et à une humidité données.

L'eau peut être éliminée par séchage, naturellement ou au séchoir de façon à obtenir du bois ayant une teneur en humidité la plus près possible de celle prévue en service.



Retrait

En dessous du point de saturation des fibres ($TH < 30\%$), l'eau contenue dans les parois des cellules s'évapore et provoque un retrait du bois proportionnellement à la perte d'humidité. Le retrait à une teneur en humidité TH (en %) peut se déterminer avec la formule suivante :

Le retrait tangentiel, c'est-à-dire dans le sens des cernes de croissance, est le plus important. Le retrait radial se produit perpendiculairement au fil du bois et représente environ 60 % du

retrait tangentiel. Le bois rétrécit très faiblement dans le sens longitudinal des fils (de l'ordre de 0,1 à 0,2 %).

Le fait qu'il y ait une différence entre les retraits tangentiel et radial peut entraîner un phénomène appelé le voilement. Si le voilement est trop important, les pièces de bois ne sont pas acceptées comme éléments d'ossature. De plus, un phénomène de fendillement peut être remarqué lorsque le bois sèche trop rapidement. La surface du bois, qui sèche plus rapidement que le noyau interne, tente en effet de se rétrécir mais en est empêché par le noyau qui conserve un taux d'humidité élevé plus longtemps.

Gonflement

Le gonflement est en principe le phénomène inverse du retrait. Lorsque le bois absorbe de l'eau, sa teneur en humidité augmente et le bois a tendance à augmenter de volume. Tout comme le retrait, le gonflement est proportionnel au gain d'humidité jusqu'au point de saturation des fibres. Lorsque la teneur en humidité se trouve supérieure à ce dernier ($TH \geq 30\%$), le bois subit peu ou pas de changements dimensionnels.

Propriétés mécaniques

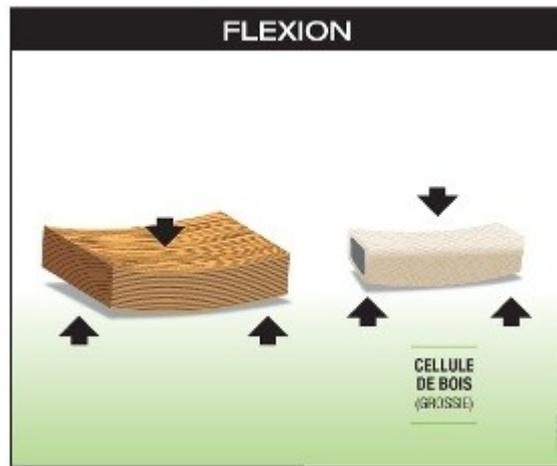
Le ratio résistance mécanique/masse volumique est très élevé, ce qui est à l'avantage du bois comparativement à ses concurrents. Ce ratio élevé a une incidence considérable du point de vue de la charge permanente d'une structure. À résistance mécanique égale, le bois est le matériau de structure le plus léger.

Direction de chargement

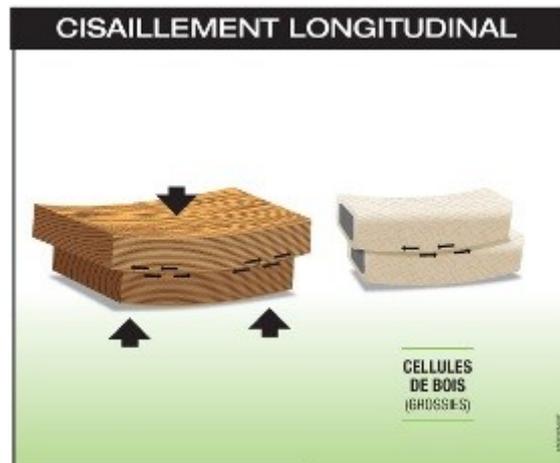
Le bois est un matériau possédant une structure interne particulière. Les cellules sont toutes orientées verticalement et parallèlement dans les parois cellulaires, permettant ainsi aux arbres de résister à des forces extérieures comme le vent. Cette caractéristique fait du bois un matériau possédant une meilleure résistance dans la direction parallèle au fil (longitudinalement) que dans la direction perpendiculaire à celui-ci (radialement et tangentiellement).

Résistances mécaniques

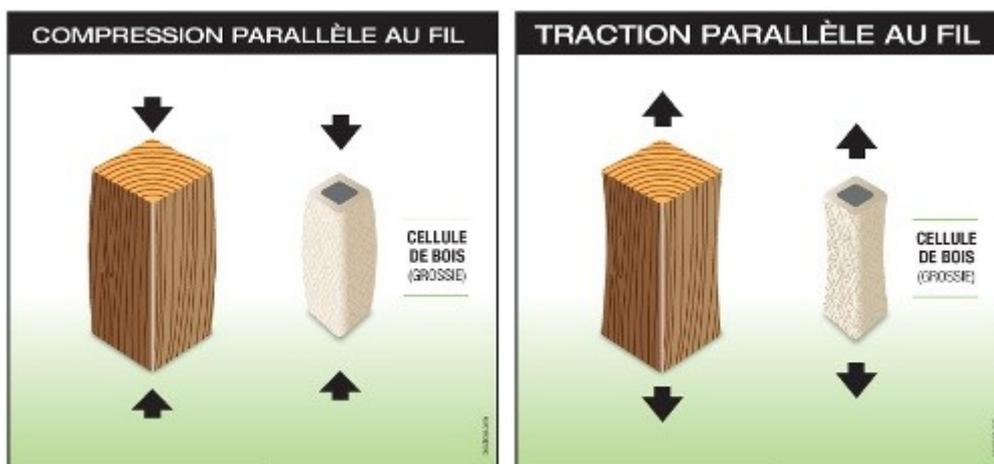
Flexion : Selon des principes de base d'ingénierie, un couple de flexion est le résultat d'efforts de compression et/ou de traction excentriques par rapport à l'axe neutre d'un élément. Puisqu'il résiste très bien à la compression et à la tension axiale, le bois est donc également efficace en flexion.



Cisaillement : Le cisaillement longitudinal est un autre aspect à considérer au moment des calculs de résistance d'un élément en bois. La réduction de l'aire transversale d'une section en bois causée par des ouvertures pour les connecteurs ou par des entailles influence la résistance au cisaillement.

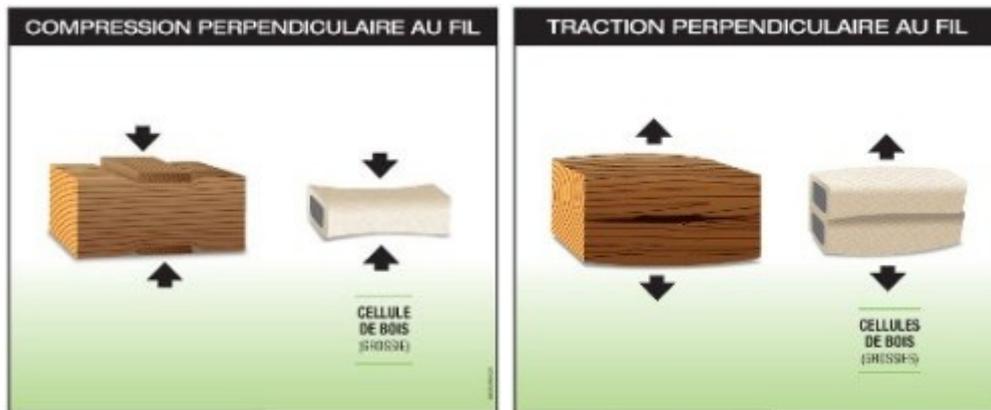


Compression et traction parallèle au fil (grain) : Puisque les cellules du bois sont toutes orientées dans le sens longitudinal, la structure interne du bois est comparable à une multitude de petits tubes soudés les uns aux autres. Cela fait en sorte que le bois est très résistant à la compression exercée dans le sens du fil (compression axiale). On doit cependant tenir compte du flambement au cours du calcul de la résistance à la compression d'éléments porteurs.



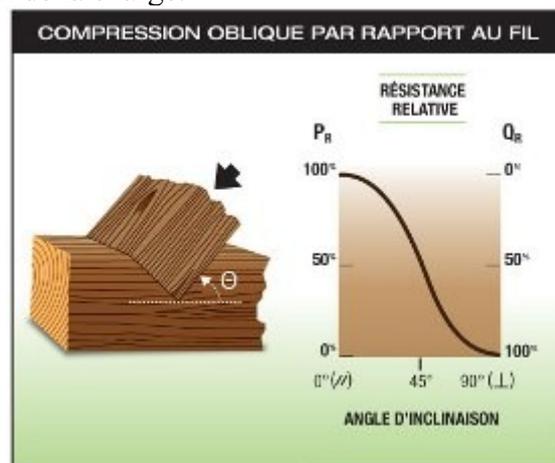
De plus, en raison de sa structure interne, le bois possède également une très bonne capacité en traction lorsque celle-ci est exercée parallèlement au fil. Par contre, la présence de nœuds dans une pièce tendue réduit la résistance en traction de celle-ci.

Compression et traction perpendiculaire au fil (grain) : La résistance à la compression exercée perpendiculairement au fil est inférieure à celle appliquée parallèlement au fil. Elle est principalement causée par la présence de charges concentrées ou par des contraintes exercées aux appuis des éléments fléchis. On utilise généralement des plaques d'appuis en acier afin d'augmenter la surface d'appui et ainsi de diminuer les effets de la compression perpendiculaire au fil.



La traction exercée perpendiculairement au fil doit être le plus souvent possible limitée car le bois possède très peu de résistance dans cette direction. Un effort radial exercé dans un élément courbé tel qu'une arche peut provoquer ce genre de sollicitation indésirable.

Compression oblique : La résistance relative à la compression oblique exercée est un rapport entre la compression parallèle au fil et la compression perpendiculaire au fil. La norme de calcul des charpentes en bois décrit la relation pour une résistance en compression oblique selon l'angle d'application de la charge.



Durabilité

Le bois est un matériau qui résiste bien aux attaques chimiques. Il est résistant aux matières organiques, aux solutions acides, aux émissions gazeuses et à l'air marin, par exemple. Les

bâtiments en bois peuvent durer des siècles. Dans le cas de constructions dont les conditions d'utilisation présentent un risque accru de teneur élevée en humidité, l'emploi d'essences de bois durables ou d'un bois ayant subi un traitement de préservation garantira la longévité.

Un exemple notoire de bâtiment de bois durable d'une incroyable longévité est le Todaiji (« Grand temple oriental »). La construction de ce temple, l'un des plus célèbres au Japon, remonte à l'an 752 et c'est aussi le plus grand bâtiment de bois au monde.

La règle fondamentale de durabilité demeure toujours la même : assurer la sécheresse du bois. Cette règle s'applique autant aux habitations en colombages qu'aux grandes constructions à ossature de bois.

Traitement de préservation contre la pourriture

La pourriture est un phénomène naturel qui transforme le bois en matière organique. Pour qu'il y ait pourrissement, quatre conditions sont essentielles et l'élimination d'une seule d'entre elles stoppe le pourrissement. Voici les quatre conditions :

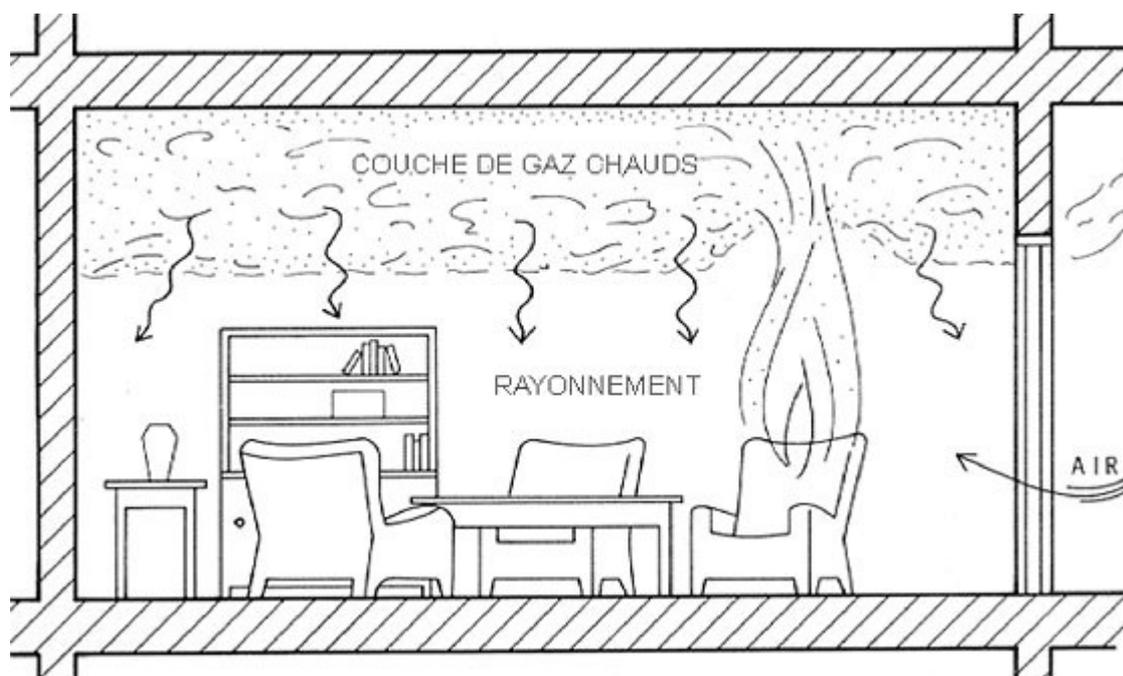
- un apport en oxygène ;
- des températures se situant entre 20 et 30 °C. La moisissure ralentit ou même arrête complètement sa croissance lorsqu'elle est exposée à des basses températures ;
- une teneur en humidité adéquate. En dessous de 20 %, la pourriture ne présente aucun danger ;
- un aliment (le bois). Un traitement sous pression à l'aide de produit chimique permet de neutraliser cette source d'alimentation.

Outre les traitements chimiques, avoir une bonne ventilation et concevoir des détails de construction qui limitent les contacts entre l'eau et le bois permettent de minimiser les risques de prolifération de la moisissure.

Comportement au feu

Généralités

Lorsqu'un objet s'enflamme dans une pièce d'un bâtiment, il commence d'abord par brûler «normalement» à l'air libre. Après un court moment, la fumée dégagée s'élève au plafond sous forme de gaz chauds, chauffant ainsi le plafond et la partie supérieure des murs de la pièce. Le rayonnement thermique transmet ensuite la chaleur provenant de toutes ces parties chauffées aux autres objets se trouvant dans la même pièce. Ce transfert de chaleur peut augmenter la vitesse de combustion de l'objet enflammé et la vitesse de propagation de la flamme sur sa surface.



Évolution d'un incendie en lieu clos

Source : J.R. Mehaffey (1987). Inflammabilité des matériaux de construction et développement du feu. Regard 87 sur la science du bâtiment, Conseil national de recherches du Canada.

Rendu à ce stade, si l'objet est entièrement brûlé avant que d'autres éléments prennent en feu ou si l'oxygène disponible n'est pas suffisant pour maintenir la combustion de l'objet, le feu peut tout simplement s'éteindre. Cependant, il arrive que le feu continue et que le réchauffement des autres objets combustibles se trouvant dans la pièce se poursuive jusqu'à ce qu'ils atteignent leur température d'inflammation plus ou moins simultanément. Les flammes se propageront alors soudainement aux autres objets combustibles. Cette phase d'un feu s'appelle l'embrasement général. Peu importe si le premier élément enflammé est un meuble ou un mur, l'embrasement général est imminent si la température de la couche supérieure de la pièce atteint entre 500 et 600 °C. À ces conditions, il est fort probable que les occupants aient péri s'ils n'ont pas évacué le bâtiment.

L'utilisation d'une construction dite incombustible en acier ou en béton ne veut cependant pas dire qu'une structure faite de ces matériaux ne s'effondra pas sous l'effet d'un feu. La capacité d'un élément structural de résister à l'effondrement dépend essentiellement du comportement de ses composants à des températures élevées. La résistance au feu d'éléments structuraux combustibles (qui brûlent) ou incombustibles (qui perdent graduellement leur résistance) peut ainsi être déterminée soit par un surdimensionnement des éléments porteurs, soit en les protégeant contre la chaleur au moyen de matériaux ayant une faible conductivité thermique et de bonnes caractéristiques de tenues en place.

Comportement des matériaux exposés à un feu

Une pièce de gros bois d'œuvre ne perd que de 10 à 15 % de sa résistance totale sous l'effet de très hautes températures.

Bien que le bois soit combustible, une construction en bois ne veut pas dire qu'elle sera moins efficace qu'une construction en acier ou en béton. La combustion du bois génère à la surface du bois une couche de carbone isolant le bois non brûlé de la chaleur dégagée par les flammes. Ce phénomène réduit de beaucoup la vitesse de carbonisation. Cette dernière est relativement constante au cours d'un feu et se situe à environ 0,65 mm/min (vitesse de combustion uni-dimensionnelle). Après près de 60 minutes de combustion, une pièce de bois aura brûlé jusqu'à une profondeur approximative de 38 mm (~1½"). Le concepteur peut donc effectuer le dimensionnement des éléments porteurs en conséquence afin de fournir la résistance au feu recherchée. Plus la pièce sera grosse, plus elle supportera les charges longtemps.

Par ailleurs, contrairement à l'acier, le bois possède une très faible conductivité thermique. L'intérieur d'une pièce de bois est alors peu influencé thermiquement lorsque les faces externes se consomment. La partie non brûlée ne perd uniquement que de 10 % à 15 % de sa résistance totale sous l'effet des très hautes températures dues au feu.

Finalement, un bâtiment ne peut être complètement à l'épreuve du feu, et ce, peu importe le type de construction utilisé. La sécurité incendie d'un bâtiment dépend en majeure partie de la capacité du système de construction à restreindre l'incendie, de limiter les effets sur la structure et de contrôler la propagation de la fumée et des gaz, que de la combustibilité des matériaux porteurs en soi.

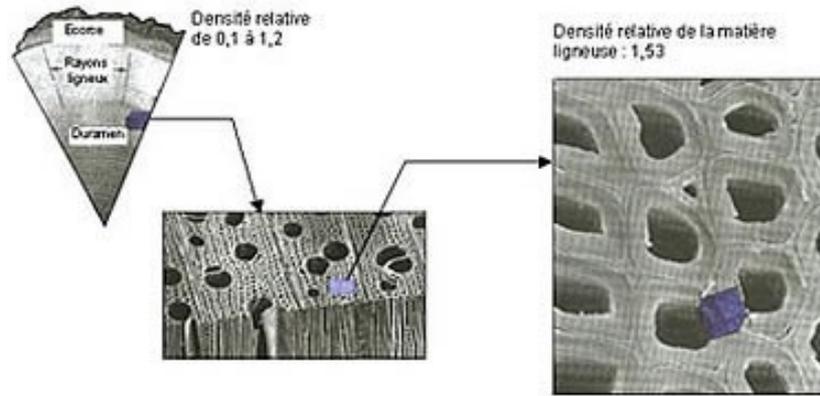
La densité et la dureté

Les parois cellulaires sont plus ou moins épaisses selon les essences et leur vitesse de croissance. Les résineux à croissance rapide ont des cernes d'accroissement plus larges et forment un bois plus léger, par rapport aux mêmes essences à croissance lente. A l'opposé, les feuillus à croissance rapide ont des cernes d'accroissement plus larges et un bois plus dense par rapport aux mêmes essences à croissance lente.

La masse volumique (ou densité) des bois est donc très variable selon les espèces (de 350 à 1.100 kg/m³) et à l'intérieur d'une même espèce (avec des variations maximales de plus ou moins 15 %).

En tant que matériau hygroscopique (cf. supra), l'eau liée que le bois contient s'ajoute à la masse de la matière ligneuse. Sa masse volumique varie donc avec son humidité. Pour la densité, et en règle générale pour l'ensemble des caractéristiques physico-mécaniques, l'humidité de référence est de 12 %.

Une corrélation étroite existe entre la masse volumique et la dureté (tableau) : les bois les plus denses sont les plus durs et les bois les plus légers sont les plus tendres. L'échelle de dureté des bois est normalisée.



Exemples de densité (source CTBA)

Le tableau ci-dessous, réalisé par le CTBA, montre la grande variété des duretés en fonction des essences, qui comprend aussi des bois tropicaux couramment utilisés en France dans l'industrie du bois.

Classes de densité et de dureté	Densité	Dureté	Essences
Bois très lourds et très durs	0,85	9	Azobé, ipé, if
Bois lourds et durs	0,70 - 0,85	5 - 9	Charme, movingui, chêne dur, hêtre dur, acacia
Bois mi-lourds et mi-durs	0,56 - 0,70	2,5 - 5	Niangon, iroko, châtaigner, chêne tendre, pins, frêne, hêtre tendre
Bois légers et tendres	0,45 - 0,55	1,25 - 2,5	Framiré, douglas, épicéa, sapin, pins
Bois très légers et très tendres	0,45	1,25	Western red cedar, séquoia, peuplier ; tremble

Propriétés acoustiques du bois

Si le bois est depuis longtemps utilisé dans la fabrication des instruments de musique pour ses propriétés de résonance, il a également souvent été choisi pour sa capacité à amortir, voire confiner les ondes sonores.

Il doit notamment cette aptitude à sa faible densité et à sa structure alvéolaire constituée de cavités microscopiques organisées en réseau. Celles-ci transforment l'énergie acoustique en chaleur et atténuent ainsi les sons.

Cependant, ses performances d'isolation acoustique varient d'une essence à une autre. Par exemple, le Red Cedar, sous forme de lambris, se révèle extrêmement efficace pour confiner le son dans une pièce.

C'est pourquoi, le bois est présent dans la structure et l'isolation de bon nombre de studios d'enregistrement, salles de concert, gymnases ou restaurants.

Les caractéristiques physiques du liège en font un excellent isolant acoustique et vibratoire, car il diminue la diffusion des ondes sonores. Ainsi, il est souvent utilisé dans les bibliothèques ou les lieux publics.

Retour vers :

- [Connaissance des arbres – généralités](#)

Voir aussi :

- [Anatomie des bois](#)
- [Anatomie des feuillus](#)
- [Anatomie des conifères](#)
- [Chimie du bois](#)
- [Les caractéristiques du bois](#)
- [Les différentes utilisations du bois](#)