

Quelle place pour le bois dans les matériaux composites ?

On associe le plus souvent les matériaux composites à des produits de haute valeur ajoutée, de coût élevé et qui requièrent d'excellentes caractéristiques physiques, les critères poids/performances et durabilité étant primordiaux. Il existe cependant des applications moins exigeantes, générant des volumes conséquents, qui font appel à des composites à base de bois et dont les marchés sont en pleine expansion. La présente fiche passe en revue les matériaux composites à base de bois en se limitant aux composites bois/fibres, bois/polymères, bois imprégnés ou modifiés chimiquement. Les composites présents dans les bois reconstitués étant traités dans la fiche 3.10.

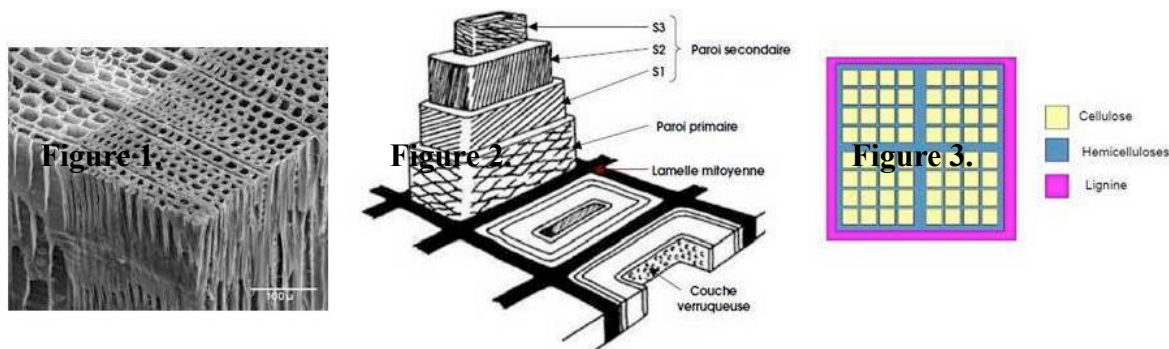
Définition des composites

Le terme « matériaux composites » recouvre une vaste palette de matériaux incorporant, souvent en faible quantité, des charges de renfort ou associant d'autres matériaux de caractéristiques différentes, qui vont en accroître significativement les propriétés physiques et la durabilité.

On peut ainsi disposer de produits légers, à fortes caractéristiques mécaniques et physico-chimiques, réalisés à partir d'une matrice le plus souvent de nature polymérique enrobant des additifs solides de renfort ou de remplissage, millimétriques voire nanométriques. Le taux d'incorporation de ces charges spécifiques au sein de la matrice, leur géométrie (rapport longueur/diamètre), leur orientation, leurs propriétés intrinsèques (module par ex.) sont autant de paramètres qui vont conférer au produit final les propriétés originales recherchées.

Qu'en est-il des composites à base de bois ?

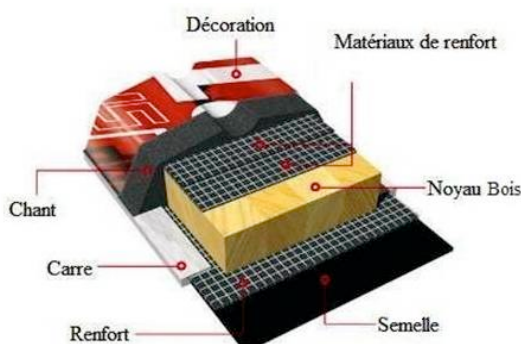
Notons tout d'abord que le bois est naturellement un composite au niveau de la paroi cellulaire des fibres ou trachéides (figure 1) qui est constituée de nappes de fibrilles de nanocellulose enrobées dans une matrice, sensible à l'eau, constituée d'hémicelluloses et de lignine (figure 2 et 3, cf. fiche 7.08). Il est parfois nécessaire de stabiliser le bois dans des composites avec des fibres ou charges, ou de le modifier en substituant les groupements hydroxyles de la cellulose et des hémicelluloses.



On peut distinguer quatre grands types de composites pour lesquels le matériau ligno-cellulosique présente un intérêt à savoir :

1) Ceux associant des nappes de fibres longues de haut module avec du bois massif.

Des poutres et longerons porteurs, fortement sollicités mécaniquement, ont été réalisés et commercialisés sous la forme de sandwichs associant une âme en bois massif à des mats de fibres de carbone collés de part et d'autre de l'élément central ou à des plaques de titane. Dans les activités de loisir, par exemple les skis et l'aéronautique font et ont fait usage de tels éléments structuraux (avions de voltige CAP Mudry) pour la réalisation de skis à noyau bois (fig. 4) et de longerons d'ailes d'excellent rapport poids/performances (fig. 5). Les applications associant fibres longues de hautes caractéristiques à du bois demeurent toutefois de plus en plus limitées, voire anecdotiques.

**Figure 4.****Figure 5.****2) Ceux dans lesquels le bois joue le rôle de renfort (fibres de bois) ou de remplissage (farine de bois, sciure calibrée) par incorporation dans une matrice thermoplastique ou thermodurcissable.**

Dans ce cas, le bois est soit défibré en conservant les propriétés propres à l'essence, soit fortement divisé et micronisé sous forme de farine de bois. Son addition contrôlée à un polymère à l'état fondu, lors de la transformation, permet d'en modifier certaines propriétés mais également d'abaisser le coût de la pièce finie.

Les techniques de mise en œuvre font appel à la plasturgie (moulage – roto- moulage – extrusion - injection, à l'exception du soufflage) avec quelques adaptations des matériels pour évacuer l'eau résiduelle contenue dans le bois. A cet effet les vis d'extrusion comportent des événements judicieusement disposés. Un dispositif spécifiquement dédié à l'extrusion de composites à forte teneur en farine de bois, le Woodtruder (figure 6), est commercialisé aux USA et ne nécessite pas de séchage préalable de la charge ligno-cellulosique.

**Figure 6.****Figure 7.**

Ce type de composite bois-plastique, connu le plus souvent sous la dénomination anglo-saxonne de WPC (Wood – Plastic – Composites), est désormais bien présent dans le secteur du bâtiment et de l'agencement urbain, comme les platelages (figure 7). Jusqu'à 60 à 70% de farine de bois peut être incorporée à une matrice PVC ou polypropylène pour élaborer des éléments linéaires, à l'état de profilés, dont la forme définitive, issue de filières d'extrusion, ne nécessite aucun usinage ultérieur. La farine de bois doit être très bien calibrée et de haute siccité (de l'ordre de 2 à 3% d'eau résiduelle). Sa production nécessite des installations spécifiques anti déflagration, compte tenu de la dangerosité (feu – explosivité) d'un produit cellulosique de très faible granulométrie et de grande surface spécifique.

Dans certains cas il peut s'avérer nécessaire de modifier (par greffage chimique le plus souvent) l'interface bois micronisé-matrice polymère pour accroître les performances du composite, à la traction.

3) Les composites pour lesquels le bois a été préalablement transformé chimiquement pour n'en conserver que la partie cellulosique plus ou moins cristalline.

C'est tout l'intérêt porté aux nano-celluloses qui présentent de hautes caractéristiques intrinsèques. Des recherches récentes sur l'adjonction en faible quantité de nanoparticules de cellulose à une matrice plastique font penser que ce type de composites à valeur ajoutée a un avenir certain, compte tenu des caractéristiques mécaniques obtenues, en particulier dans les applications automobiles.

4) Les bois imprégnés et densifiés à cœur que l'on peut assimiler à des composites

La structure du bois peut être imprégnée et modifiée de plusieurs façons schématisées sur la figure 8 A partir de la coupe transversale d'une fibre de bois non modifiée en A1, on a soit modification de la paroi cellulaire en A2, soit dépôt complémentaire de produit dans le lumen en A3, soit seulement remplissage du lumen en A4.

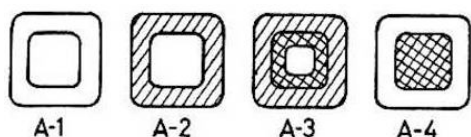


Figure 8. Source : Woodland and Cellulose Chemistry - D. HON Edit.

Les réactifs chimiques (le plus souvent des monomères ou des oligomères de résines synthétiques) sont polymérisés ou réticulés (formation d'un réseau en trois dimensions) afin d'en modifier les caractéristiques physiques. On procède par des techniques de vide-pression variables en fonction du type d'imprégnation (figure 8), puis densification du substrat par réticulation de la résine, à laquelle on a souvent adjoint un catalyseur. Cette réticulation est réalisée le plus souvent par voie thermique ou par bombardement électronique (Electron Beam Curing) ou par rayonnement gamma, dans quelques cas particuliers. Ces traitements ont pour effet d'augmenter la dureté de surface du matériau, d'accroître la résistance à l'abrasion mais également de réduire considérablement la sensibilité du bois à l'humidité et au pourrissement biologique. Il rend le matériau bois pérenne ce qui est recherché dans nombre d'applications. Plusieurs procédés et produits ont été développés :

Le **traitement thermique sous pression** de 25 à 250kgs/cm où on observe la plastification du bois par exemple à 80kg/cm² et 160°C avec amélioration des propriétés mécaniques de bois peu denses (fig. 9).

L'**imprégnation** par des résines phénoliques en solution méthanol sous vide-pression ou sous pression jusqu'à 60 Kg/cm² pour donner le Permawood® (ou Lignostone®), bois laminé densifié fait de tranchages de Hêtre donnant un composite (fig. 10) de faible poids spécifique, isolant électrique, résistant à la chaleur, à l'abrasion et à l'usure. Plus récemment, le bois acétylé (fig. 11) a été industrialisé pour les applications extérieures et en structure. Ce bois est stabilisé dans la masse, non mouillable, résistant à l'eau et aux champignons, gardant l'aspect initial du bois, ne nécessitant aucune finition, qui accrocherait avec difficulté.



Figure 9.



Figure 10.

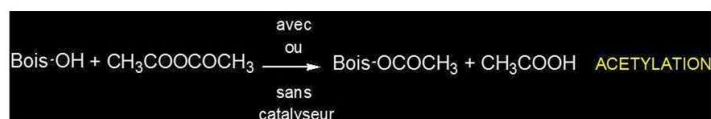
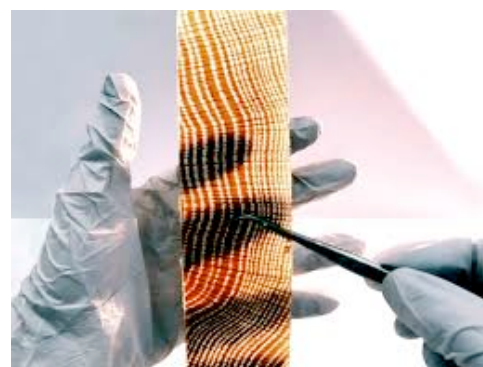


Figure 11.

Enfin il paraît digne d'intérêt de souligner les recherches actuelles sur le **bois transparent**. Les fibres de cellulose, après délignification par un procédé papetier, sont associées à une résine d'enrobage (PMMA : Polyméthylméthacrylate de méthyle) dont l'indice optique de réfraction est proche de celui de la cellulose (1,47). Ce matériau translucide suscite un réel intérêt pour ses propriétés optiques et thermiques pouvant, à terme, être mises à profit pour la réalisation de vitrages isolants. (fig. 12)

Figure 12.

Remarque : Ce type de bois transparent correspond à un usage ancien du papier huilé comme vitrage transparent



Dans un domaine tout autre, les équipementiers automobiles font appel à du polypropylène extrudé en plaques, chargé en farine de bois (50% environ) pour la réalisation, après une opération de chauffage/pressage, d'habillages intérieurs de véhicules (contre portières, tablettes arrière, fonds de coffres...). Ces composants, en partie bio-sourcés (avec des bio-polymères d'acide lactique ?) correspondent parfaitement à la demande du marché, pour des produits issus de la biomasse.

Notons quelques développements réalisés en Afrique centrale, où la prolifération des déchets plastiques est un problème très important.

Un exemple est la fabrication de MDF à partir de sciures calibrées issues de sous produits de bois tropicaux et d'adhésif à base de polystyrène dissous dans de l'essence ! (Source: E. C. Adjovi et coll. International Journal of Scientific & Engineering Research, Volume 4, Issue 4, April-2013 et IAWS Annual meeting St Petersburg and Moscow, June 2009)

Applications majeures des WPC et marchés

Les principales applications des produits extrudés qui représentent la très grande majorité des composites bois-plastique, concernent les platelages, les lames de terrasses, pourtours de piscines, bardages, plinthes, coffres de volets roulants ainsi que des éléments de fenêtres. Dans ce dernier cas, compte tenu des exigences mécaniques, la résine utilisée en tant que matrice est de nature therm durcissable. Le marché mondial actuel dépasse désormais le million de tonnes /an, avec un fort potentiel de croissance.

Ce qu'il faut retenir

- Les composites bois - plastique, associant fibres ou farine de bois à une résine thermoplastique PVC ou Polypropylène sont les plus répandus.
- Ils intègrent de 20 à 60% de bois micronisé et sont transformés selon des procédés de plasturgie modifiés (extrusion, injection ...).
- La construction et l'aménagement, constituent la majorité des applications pour les éléments non porteurs.
- Le secteur automobile fait également appel à ces composites pour l'habillage intérieur de véhicules en intégrant désormais des composites bio-sourcés.
- Les composites à base de nano-cellulose ainsi que les bois imprégnés à cœur sont des produits à forte potentialité.
- Pourquoi pas des composites bois avec des déchets plastiques ?