



DE LA DIVERSITÉ FORESTIÈRE AUX COMPOSITES À BASE DE BOIS

**Esquisse d'une stratégie
pour le XXI^e siècle**

par Daniel GUITARD*, Pierre MORLIER* et Bernard THIBAUT**
Groupement Scientifique Rhéologie et Mécanique du Bois

* Laboratoire Rhéologie du Bois-
Génie civil - Université de Bordeaux I.

** Laboratoire de mécanique générale
des milieux continus - Université de

Montpellier II Sciences et Techniques du
Languedoc.

Cet article a été présenté au X^e Congrès Forestier Mondial à titre de contribution volontaire.

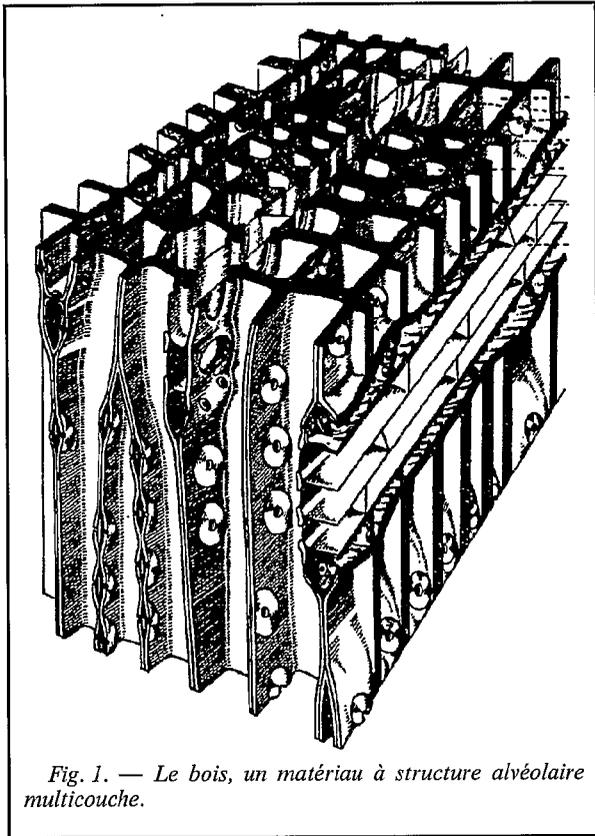


Fig. 1. — Le bois, un matériau à structure alvéolaire multicouche.

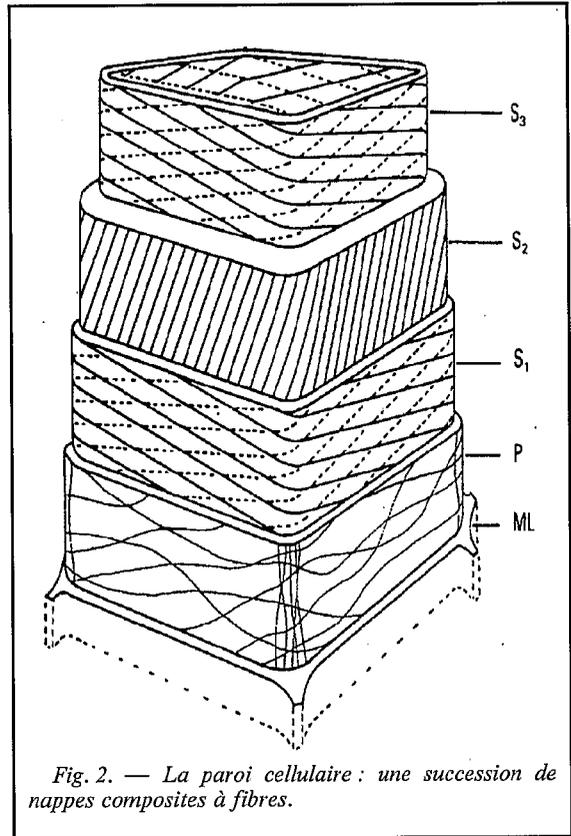


Fig. 2. — La paroi cellulaire : une succession de nappes composites à fibres.

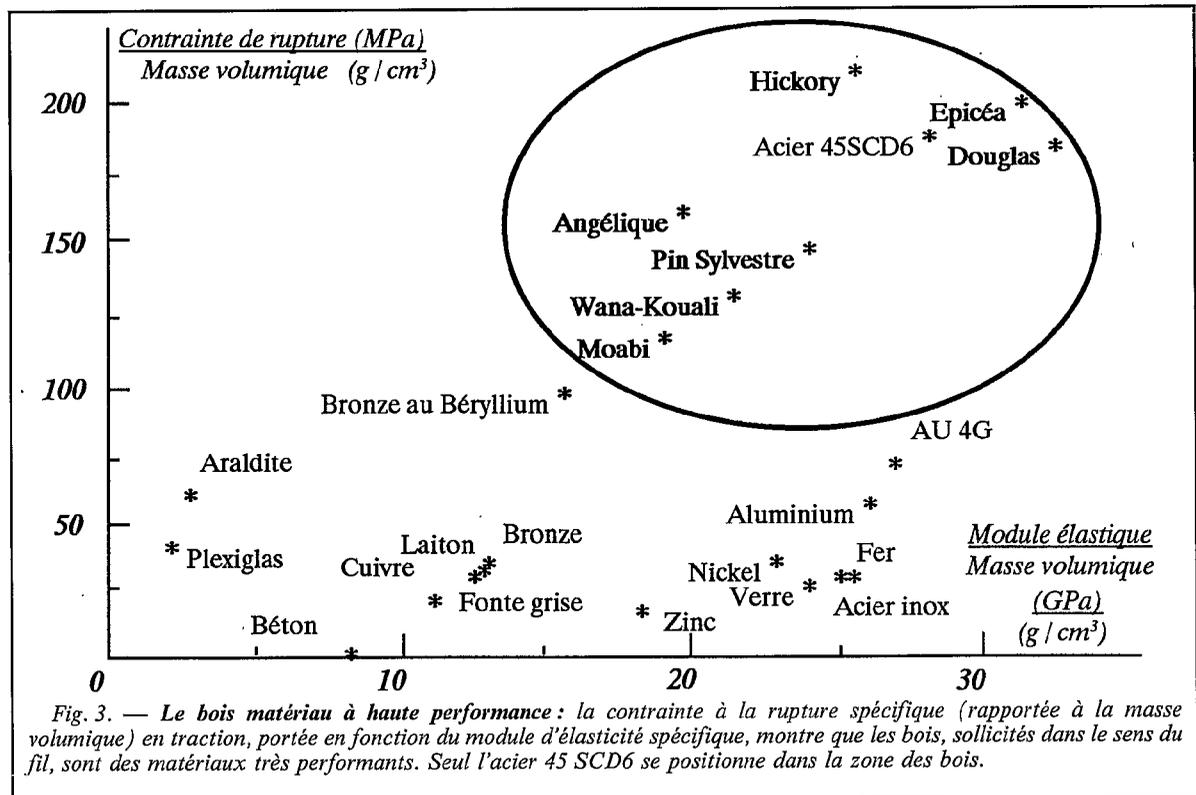


Fig. 3. — Le bois matériau à haute performance : la contrainte à la rupture spécifique (rapportée à la masse volumique) en traction, portée en fonction du module d'élasticité spécifique, montre que les bois, sollicités dans le sens du fil, sont des matériaux très performants. Seul l'acier 45 SCD6 se positionne dans la zone des bois.

LE BOIS : UN MATÉRIAU MODERNE

Les besoins de pièces plus performantes, pour l'aviation ou le spatial par exemple, conduisent les ingénieurs à concevoir des matériaux nouveaux de plus en plus sophistiqués (structures nid d'abeille, composites à fibres, multicouches...). Parallèlement, le monde scientifique et industriel redécouvre le bois, matériau qui est le résultat d'une optimisation étalée sur des centaines de millions d'années afin de réaliser des structures audacieuses : les arbres, capables de résister pendant des siècles à des sollicitations mécaniques (le vent) et/ou thermiques.

Cette optimisation a donné un matériau finalement très moderne, dont la structure intime révèle d'abord une orientation privilégiée parfaitement adaptée à la fabrication de pièces élancées. A des niveaux d'observation plus fins, la microstructure alvéolaire multicouche (fig. 1) présente des ressemblances remarquables avec celle des mousses techniques les plus élaborées. Quant à l'ultrastructure des parois cellulaires (fig. 2), elle réalise au niveau du micron une succession de nappes de composite à fibres orientées qui fait rêver les concepteurs de coques pour la voile de compétition ou l'aérospatiale.

DES ATOUTS TECHNOLOGIQUES FACE À LA CONCURRENCE INTER-MATÉRIAUX

Comparée aux autres matériaux de structure courants (bétons, métaux, plastiques), la grande gamme des matériaux bois possède à la fois :

□ Des propriétés techniques remarquables (fig. 3) :

- une densité D de 0,1 à 1,3 la plus faible de tous les matériaux de structure ;

- une résistance spécifique à la rupture r/D qui le place largement en tête (fig. 3) ;

- une résistance à la fatigue mécanique (atavisme) inégalée jusqu'à ce jour ;

- des capacités d'amortissement transverses (du bruit, du froid, des chocs...) dont les conséquences technologiques sont largement utilisées dans l'emballage des objets, des denrées et même des hommes dans l'habitat.

□ Des atouts technologiques utilisés depuis les débuts de l'humanité :

- une usinabilité remarquable aussi bien à la main qu'aux machines ;

- des facilités d'assemblage telles que le clouage, l'agrafage ;

- une insensibilité à toutes les formes de corrosion dès qu'il est mis en œuvre correctement ;

- un aspect qui fait partie du patrimoine de toutes les cultures au point que les matériaux concurrents cherchent souvent à l'imiter.

Ce sont ces atouts et l'abondance générale de la ressource qui expliquent qu'aujourd'hui les bois continuent d'être utilisés massivement comme matériaux dans les pays les plus industrialisés. Sait-on que dans l'ensemble de ces pays le tonnage de bois matériau consommé est souvent supérieur au tonnage total des métaux et matières plastiques ?

LE BOIS MATÉRIAU ET LES PROBLÈMES D'ENVIRONNEMENT

Sur le plan de l'environnement, le matériau bois possède un avantage considérable :

- utilisation de l'énergie solaire déconcentrée sous toutes les latitudes, alors que la fabrication des matériaux représente un des postes

de dépense d'énergie les plus importants ;

- les véritables « usines à bois » que sont les forêts, loin d'être polluantes, ont un impact positif bien connu : régulation des eaux et des climats, qualité de l'air et des paysages, accueil de la faune et du promeneur...

- le recyclage et la destruction finale du matériau après usage sont d'autant plus faciles et peu contraignants pour l'environnement que le bois possède le double privilège d'être à la fois biodégradable et source d'énergie (alors que le recyclage ou la destruction de la majorité des matériaux sont consommateurs d'énergie).

Les grands défis environnementaux d'aujourd'hui ne peuvent que nous inciter à utiliser encore plus cette ressource renouvelable dans le respect d'une gestion durable du patrimoine forestier.

D'abord, parce que chaque tonne de bois bien utilisée est une économie énergétique d'une ou deux tonnes de pétrole.

Ensuite, parce que pour remplacer le bois par d'autres matériaux de synthèse, il faudrait au moins doubler les capacités de production de la sidérurgie, des usines de fabrication d'aluminium ou de matières plastiques avec les conséquences que l'on sait sur notre environnement.

Enfin, parce qu'il apparaît de plus en plus que le meilleur moyen, à terme, de préserver la forêt des défrichements catastrophiques, c'est de la rendre capable d'apporter aux populations locales des richesses qui justifient sa préservation et sa gestion. Le bois est, sans conteste, une des richesses principales offertes de façon renouvelable par la très grande majorité des écosystèmes forestiers.

LES NOUVEAUX MATÉRIAUX INDUSTRIELS

En un quart de siècle, le monde des matériaux industriels a connu une véritable révolution : il est loin le temps où l'on subissait les matériaux et où l'art de l'ingénieur était d'optimiser les structures et les machines à partir d'une gamme étroite d'aciers et alliages.

Si le béton est trop fragile, on le renforce de fibres, on l'arme, on travaille sa composition granulométrique pour obtenir des bétons à hautes performances. Si les matériaux résistants ou tenaces sont trop lourds pour le spatial, on invente des matériaux composites, alvéolaires... Pour que les pare-brise ne volent plus en éclats, on améliore la qualité des verres, on fabrique des verres multicouches en associant des propriétés complémentaires...

Aujourd'hui, le premier objectif de la science des matériaux c'est la conception de matériaux et de plus en plus souvent de « multi-matériaux » pour une finalité bien définie. Le génie des matériaux s'emploie à optimiser l'élaboration avec un objectif de coût qui prend en compte le coût énergétique, le coût environnemental... Ces matériaux sont contrôlés, garantis, ils sont connus, spécifiés, répertoriés, standardisés.

La souplesse même des procédés d'élaboration a conduit à une diversité considérable (plus de trois mille nuances d'acier par exemple) qui est devenue un atout industriel. Les vingt mille plans ligneux des différentes espèces forestières répertoriées, ne devraient donc pas effrayer des utilisateurs habitués à une telle diversité.

LES HANDICAPS DU BOIS TRADITIONNEL

Le premier handicap, dans un monde d'ingénieurs-concepteurs et



« Profiter de la fabuleuse optimisation du matériau bois » ...

utilisateurs de matériaux, est certainement d'ordre scientifique et technique. Il est assez frappant de constater qu'à d'infimes exceptions près, le bois est exclu à la fois des cursus universitaires de sciences des matériaux et des grandes bases de données industrielles catalogant la multitude de matériaux de structure avec l'ensemble de leurs propriétés physiques et mécaniques. Pourtant l'effort de recherche très important entrepris en sciences du bois, depuis une trentaine d'années, permettrait aujourd'hui de combler une partie de ces lacunes.

Le second handicap majeur est que le bois n'est pas vraiment perçu comme un matériau « fiable » au plan industriel. Les produits traditionnels, comme les sciages, ont

conservé l'énorme variabilité naturellement présente dans l'arbre ou entre arbres d'un même peuplement. Cela empêche une bonne standardisation en termes de propriétés garanties, en raison notamment de singularités inévitables tels les nœuds que la haute technologie aujourd'hui disponible (visionique, productive...) permettrait d'éliminer. Par ailleurs, les variations dimensionnelles du bois avec les changements d'humidité, d'autant plus spectaculaires parfois que les pièces utilisées sont hétérogènes, ont donné au bois une image de matériau « vivant », donc *a priori* imprévisible et peu fiable, alors qu'il s'agit de phénomènes physico-mécaniques tout à fait calculables et qui peuvent être supprimés si nécessaire.

UNE NOUVELLE DÉMARCHE : LES COMPOSITES À BASE DE BOIS

Le monde industriel a déjà anticipé depuis longtemps sur des créneaux particuliers en créant des produits comme les panneaux de particules ou de fibres... Il s'agit d'amplifier ce mouvement au niveau scientifique et technique en créant une nouvelle philosophie des produits forestiers : celle des composites à base de bois prêts à pénétrer le monde industriel au même titre que les composites à fibres, en s'appuyant sur deux principes :

- Profiter de la fabuleuse optimisation du matériau bois produit dans l'arbre, en détruisant le moins possible sa structure intime afin de préserver à la fois l'aspect et les propriétés du « bois massif ».

- Créer un véritable génie industriel du bois matériau en étant capable de synthétiser des matériaux spécifiés, contrôlés, en quantité nécessaire, à l'aide de systèmes experts, pour obéir à des finalités

données, à partir des éléments de base prélevés dans l'arbre.

Cela suppose un certain nombre d'avancées sensibles à la fois dans les connaissances sur les propriétés intrinsèques des « bois élémentaires », tant du point de vue mécanique que physique ou chimique, et dans les processus de base du génie des procédés de fabrication des composites à base de bois, tels le séchage, la stabilisation, le collage ou le « greffage », les usinages ou le thermoformage... La création de banques de données industrielles sur les « bois élémentaires » et le développement du machinisme adapté à ces procédés (automatismes et contrôle de qualité notamment) sont des étapes incontournables du développement industriel.

UNE LIAISON ÉTROITE AVEC LA GESTION DURABLE DE LA FORÊT

La notion de composite à base de bois revient en fait à reproduire, à un

niveau d'organisation plus complexe de la matière première bois, l'aventure industrielle de la « filière papier carton » dont on sait l'impact quelle a sur la gestion forestière dans son ensemble.

Une très bonne connaissance quantitative et surtout qualitative de la ressource forestière, ainsi que de son évolution grâce aux améliorations apportées par la sélection ou les techniques culturales, sont nécessaires pour bâtir les stratégies industrielles.

En retour, des modifications radicales dans les procédés de fabrication des matériaux nouveaux à base de bois risquent d'entraîner une révolution dans la sylviculture. Qu'on imagine les perspectives ouvertes à la foresterie tropicale si la diversité des « bois élémentaires », offerts par la forêt tropicale humide, devient un atout pour des industries performantes implantées au voisinage de la ressource !

Plus que jamais des liaisons étroites entre sciences et technologies du bois, d'une part, sciences et techniques forestières, d'autre part, sont et seront indispensables.

Echantillon de poutre en lamellé-collé d'essences diverses.

