



Des arbres pour...

Concevoir de nouveaux MATERIAUX

On l'aime pour l'aspect rustique de nos meubles en chêne... Mais le bois pourrait bientôt fournir des pare-chocs ultrarésistants aussi bien que des emballages alimentaires biodégradables. Cellulose et lignine n'en finissent pas de bluffer les ingénieurs.

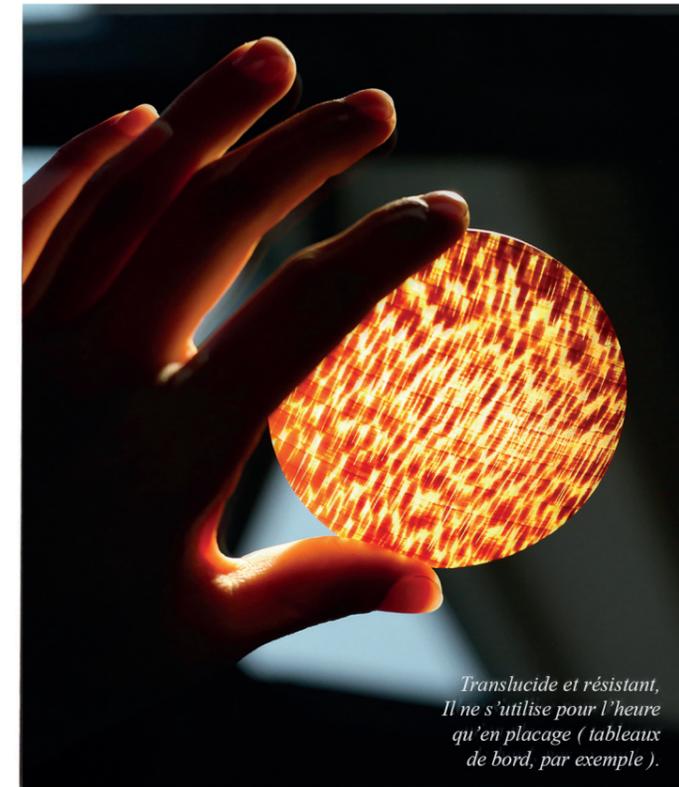
PAR FABRICE NICOT

Depuis des millénaires, les arbres nous fournissent de quoi construire nos outils, nos bateaux, nos maisons, grâce à ce matériau extraordinaire de leur invention : le bois. Composé de longues chaînes de cellulose maintenues entre elles par la lignine, c'est un composite naturel, proche de la perfection, à la fois léger et résistant. Mais il n'est pas exempt de défauts, que les ingénieurs se sont mis en tête de supprimer. « Le principal ennemi du bois, c'est l'humidité, constate Philippe Gérardin, directeur du Laboratoire d'études et de recherche sur le matériau bois (université de Lorraine). L'eau peut le faire gon-

fler et pourrir, en facilitant la prolifération de champignons et les attaques d'insectes. » On peut certes utiliser des essences naturellement durables, comme le chêne ou des variétés tropicales, mais c'est coûteux, et il est de toute façon intéressant de diversifier les ressources. On peut aussi traiter le bois, mais désormais plus question d'utiliser des pesticides qui nuisent à l'environnement. « Le traitement thermique du bois, comme la pyrolyse douce, est une technique en plein essor et qui répond à ces critères », répond Philippe Gérardin. Il s'agit de chauffer le bois, issu de résineux ou de feuillus, entre 160 et 200 °C selon les techniques, sans oxygène afin d'éviter la combustion. Car le chauffage dégrade les molécules hydrophiles. Cette technique est d'ores et déjà utilisée pour



La start-up française Woodoo produit, à partir du bois, un matériau sans lignine



Translucide et résistant, il ne s'utilise pour l'heure qu'en placage (tableaux de bord, par exemple).

fabriquer du mobilier de jardin par exemple, mais aussi du bois de construction. En Lorraine, un bâtiment scolaire et des gîtes de tourisme ont été ainsi construits en bois de hêtre traité par pyrolyse. « L'autre voie d'amélioration du bois est chimique, poursuit Philippe Gérardin. Il s'agit cette fois de l'imprégner de réactifs qui vont agir sur les groupes hydroxyles, molécules qui attirent l'eau. Cela modifie la structure des polymères, constituant les parois des cellules, et les rend moins hydrophiles. Le bois, ainsi traité, gagne en dureté, en stabilité dimensionnelle et résiste aux parasites. Mais, là encore, on prend garde de n'utiliser que des réactifs d'origine renouvelable. » Dans cet esprit, l'entreprise norvégienne Kebony, basée à Oslo, traite du pin à l'aide d'alcool furfurylique, issu de déchets agricoles. Cela permet d'obtenir un bois aussi solide et résistant que les bois durs tropicaux, qui répondent aux exigences de la construction.

UNE MATIÈRE RÉSOLUMENT "HIGH-TECH"

Voilà pour l'existant. Mais certaines technologies s'inscrivent dans une stratégie de rupture, prônant l'avènement d'un « super-bois ». Le Pr Liangbing Hu, de l'université du Maryland, est ainsi parvenu, avec son équipe, à mettre au point un bois dix fois plus résistant et douze fois plus dur que le bois naturel. Tout en étant six fois plus léger que l'acier. Sa méthode consiste à retirer partiellement du bois la lignine et l'hémicellulose, en le faisant bouillir dans un mélange de soude et de sulfate de sodium. Puis, à le presser à chaud. « Cela entraîne un effondrement total des parois cellulaires et la densification complète du bois, avec des nanofibres de cellulose parfaitement alignées, expliquait le Pr Hu, en 2018, dans un communiqué. Les bois tendres, comme le pin ou le balsa, qui poussent rapidement et sont plus respectueux de l'environnement, pourraient remplacer les bois à croissance plus lente mais plus denses, comme le teck. » Dans le même genre, Woodoo, une start-up française créée en 2017, veut faire du bois une matière résolument « high-tech » : translucide, ultrarésistante et tactile ! Là encore, tout commence par l'extraction de la lignine pour rendre le bois translucide. Mais, cette fois, pas de compression : on injecte des résines biosourcées ou recyclées, procédés pour lesquels la start-up a déposé 18 brevets, qui prennent la place de l'air (près de 70 % du volume du bois). Les espèces utilisées sont

abondantes sur le territoire, à croissance rapide et encore peu valorisées, comme le charme ou le tremble... Pour l'instant, Woodoo ne traite que des sections fines, ce qui limite les applications au placage de luxe pour des intérieurs d'automobiles ou d'avions. Mais la start-up travaille à adapter sa technique à des bois épais, aptes à la construction, et espère bien voir ses premiers immeubles en bois sortir de terre entre 2025 et 2030.

Ce processus impose donc de retirer la lignine. Mais cette molécule peut elle-même présenter un grand intérêt pour la conception de nouveaux matériaux. « C'est un polymère phénolique d'origine renouvelable, reprend Philippe Gérardin. Elle peut se substituer à certains polymères issus du pétrole et utilisés dans l'industrie plastique. » Du plastique d'origine végétal ? Le rêve ! D'autant plus que la ressource en lignine est abondante : elle constitue le principal déchet des usines papetières et des bioraffineries. Seulement, la lignine est fragile et doit être durcie. Elle est donc en général mêlée à d'autres polymères... En 2016, des chercheurs du Laboratoire national d'Oak Ridge (Tennessee, États-Unis) sont ainsi parvenus à fabriquer un polymère thermoplastique à partir de lignine et de caoutchouc synthétique. Encore en phase de développement, il permettrait la fabrication de pare-chocs de voiture, de casques de protection, d'ustensiles de cuisine en remplacement du traditionnel ABS (acrylonitrile butadiène styrène), avec l'avantage d'être 10 fois plus résistant et issu à 50 % de matière naturelle...

Autre molécule pleine de ressources : la cellulose. Déjà utilisée depuis des millénaires pour faire de la pâte à papier, elle se décline désormais en nanofibres, naturellement cinq fois plus résistantes que l'acier et cinq fois plus légères. Mêlées à d'autres matériaux, ses applications semblent illimitées : vêtements pare-balles souples et légers, écrans flexibles grâce à des films électroniques de quelques nanomètres, emballages ultrasouples et résistants pour l'industrie alimentaire... Transformée en nanocristaux, elle améliore la qualité des peintures et des vernis... De quoi donner le vertige, sachant qu'elle est bien évidemment biodégradable. Seule ombre au tableau : la production de nanocellulose reste gourmande en énergie. Mais la filière fait des progrès. Quoi qu'il en soit, devant tous ces dérivés possibles du bois, on réalise le trésor qui part en fumée à chaque feu de cheminée.