

## Épisode 9 : Les matériaux du renouveau

Conception, fabrication et mise en œuvre de matériaux biosourcés

### Contexte et enjeux

Dans un contexte de transition écologique et de réduction de la dépendance aux ressources fossiles, le développement de matériaux biosourcés constitue un enjeu scientifique et industriel majeur. Les matériaux issus de la biomasse végétale, tels que le bois ou les fibres cellulosiques, représentent des ressources renouvelables et biodégradables susceptibles de remplacer, dans de nombreuses applications, les matériaux polymères d'origine pétrosourcée.

À l'échelle microscopique, ces matériaux présentent une architecture complexe. Les parois cellulaires des végétaux peuvent être assimilées à des nanocomposites constitués de renforts fibreux – les nanocristaux de cellulose – dispersés dans une matrice polymère amorphe. Ces nanocristaux, de quelques nanomètres de diamètre pour quelques centaines de nanomètres de longueur, constituent les briques élémentaires responsables des propriétés mécaniques des matériaux cellulosiques. La cellulose possède en effet des performances mécaniques spécifiques très élevées, pouvant dépasser celles de matériaux tels que l'acier ou le verre.

Cependant, l'exploitation de ces propriétés à l'échelle macroscopique reste un défi. Les matériaux transformés pour des usages industriels, comme le bois de construction ou les emballages en papier et carton, ne conservent pas toujours les performances mécaniques de leurs constituants à l'échelle nanométrique. De plus, leurs propriétés peuvent être fortement influencées par l'humidité, en raison des interactions entre l'eau et la structure cellulosique. Ces enjeux nécessitent une meilleure compréhension des mécanismes physiques et mécaniques à différentes échelles afin de concevoir de nouveaux matériaux biosourcés durables et performants.

### Les recherches menées

Les recherches actuelles visent à exploiter les propriétés remarquables de la cellulose et des structures végétales afin de concevoir de nouveaux matériaux biosourcés présentant des performances mécaniques améliorées et une empreinte environnementale réduite.

Une première approche concerne l'amélioration des propriétés mécaniques du bois, matériau naturellement poreux. Elle consiste à ramollir les polymères amorphes entourant les renforts fibreux grâce à un traitement chimique doux et contrôlé, puis à densifier le matériau par compression mécanique. Les travaux portent notamment sur l'optimisation de ce procédé afin d'augmenter les performances mécaniques tout en maîtrisant le comportement du bois face à l'humidité et son phénomène d'hygroexpansion.

Une seconde approche s'intéresse aux matériaux d'emballage à base de papier et de carton. L'objectif est d'augmenter leurs propriétés mécaniques spécifiques, c'est-à-dire de réduire leur masse tout en conservant leur résistance. Pour cela, les chercheurs explorent des stratégies de structuration de surface inspirées de formes observées dans la nature, comme les nervures des feuilles ou les coques de noix, qui permettent de rigidifier des structures soumises à la flexion. L'hydrosensibilité naturelle du papier peut également être exploitée pour générer des transformations géométriques contrôlées. Par exemple, le dépôt d'un hydrogel biosourcé sur la surface du papier provoque, lors du séchage, des déformations du matériau permettant de créer des architectures mécaniquement optimisées.

Enfin, des travaux portent sur le développement de procédés d'assemblage entièrement biosourcés pour les structures en papier et carton. Le soudage par ultrasons est notamment étudié afin d'assembler ces matériaux sans recourir à des colles ou à des couches thermoscellables d'origine pétrosourcée, dans l'objectif de concevoir des structures tridimensionnelles plus durables.

Lucie Bailly

Sols, solides, structures, risques (3S)

CNRS – UNIV. GRENOBLE ALPES