

Dans La minute BIORAF, les partenaires académiques et industriels du projet BIORAF vous invitent à découvrir les grandes questions qui animent leurs travaux.

Chaque article propose une plongée rapide et accessible au cœur de la recherche pour comprendre, en une minute, ou un peu plus, comment la science avance vers des solutions plus durables.

Christine Chirat,

Professeure

Chimie de la biomasse végétale et Procédés
de bioraffinerie de la biomasse végétale
Grenoble INP – Pagora et LGP2

Coordinatrice du projet CMA BIORAF



Les composants de la biomasse végétale : les composants du bois

Le projet **BIORAF** porté par Grenoble INP – PAGORA est un projet de formation et de recherche de 5 ans financé par France 2030 dans le cadre de l'appel CMA (Compétences et Métiers d'Avenir). Notre ambition est de proposer une formation de niveau Bac+5+8 sur les procédés de valorisation de la biomasse végétale favorisant une approche holistique : les apprenants sont formés à l'éco-conception des procédés de bioraffinerie des biomasses végétales (parties non alimentaires) et aux techniques de caractérisation des produits biosourcés obtenus.

La **valorisation de la biomasse végétale** en produits et matériaux biosourcés et en bioénergie se réalise dans une **bioraffinerie** qui fractionne, purifie et valorise tous les composants de la biomasse par des procédés durables. Les bioraffineries intègrent des **procédés physiques, chimiques et/ou biologiques**. Le développement des bioraffineries nécessite également la mise au point de procédés de purification des fractions, et une caractérisation complète des molécules biosourcées obtenues. Être capable de mesurer l'impact environnemental de ces procédés est également très attendu par les étudiants et la société, dans un contexte d'**économie circulaire**.

Ce second article de la série *La minute BIORAF* présente les différents composants chimiques du bois.

Les principaux composants du bois

Le bois est constitué de trois composants principaux : **la cellulose, les hémicelluloses et la lignine**. Les extractibles, comportant de très nombreuses familles de molécules, mais dont le pourcentage total

n'excède en général pas 5 % en masse du bois, constituent la quatrième famille de composés du bois. Enfin on peut trouver de très faibles quantités de pectines et de composés minéraux.

60 à 70 % du bois est composé de polymères de sucres

La photosynthèse conduit à la formation de sucres lors de la biosynthèse des plantes. Ces sucres, aussi appelés saccharides ou hydrates de carbone, subissent ensuite des réactions de polymérisation enzymatiques conduisant à la formation de polysaccharides (polymères de sucres) dans les plantes. Le sucre le plus connu, et le plus répandu dans la biomasse végétale, est le **glucose**, un hexose de formule chimique $C_6H_{12}O_6$.

La photosynthèse : $x(CO_2) + x(H_2O) + \text{Énergie} \rightarrow C_xH_{2x}O_x + xO_2$

La cellulose

Le premier composant du bois, représentant en masse entre 40 à 50 % du bois sec, est la cellulose. C'est un polysaccharide constitué d'unités glucose, reliées entre elles par la liaison osidique β -(1,4). Son degré de polymérisation moyen (nombre moyen d'unités glucose composant la cellulose) dans le bois peut aller jusqu'à environ 10 000.

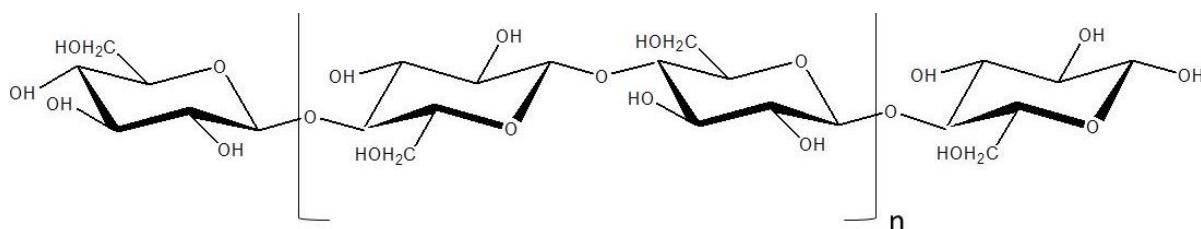


Figure : La molécule de cellulose

Les hémicelluloses

Les hémicelluloses constituent le second composant du bois (20 à 30 % en masse du bois sec). Ce sont des hétéropolysaccharides constitués des cinq sucres principaux suivants : le glucose, le mannose et le galactose, qui sont des hexoses ; et le xylose et l'arabinose qui sont des pentoses. Leur degré de polymérisation est beaucoup plus faible que celui de la cellulose, leur degré de polymérisation dans le bois étant de l'ordre de 100 à 200.

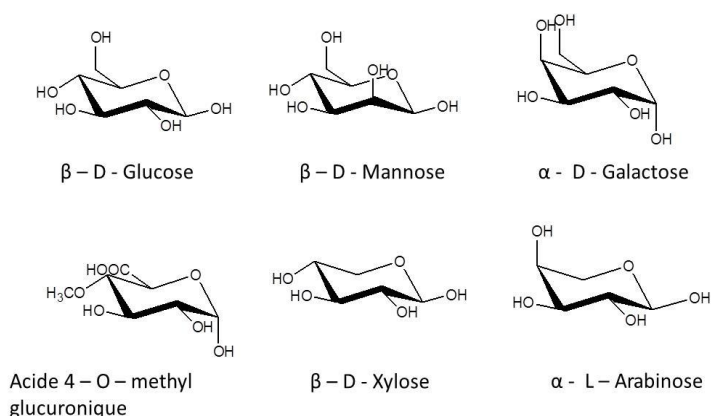


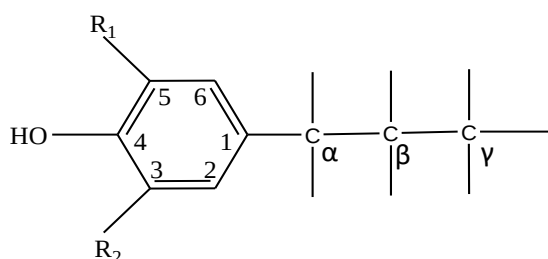
Figure : Principaux sucres composant les hémicelluloses du bois

La lignine

20 à 30 % de la biomasse végétale terrestre est composée de lignine, seule macromolécule naturelle contenant des noyaux aromatiques en quantité significative.

La lignine est le troisième composant du bois (20 à 30 % en masse du bois sec). C'est une macromolécule composée d'unités phénylpropane reliées entre elles par des liaisons éther ou des liaisons carbone-carbone. La figure ci-dessous présente les trois types d'unité trouvés dans la lignine : les carbones du noyau aromatique sont numérotés de 1 à 6, alors que les trois carbones de la chaîne propane sont appelés C α , C β et C γ .

La lignine présente de grandes variations de structure selon le type de biomasse végétale, en raison de la nature des liaisons et des substituants sur le noyau aromatique. Dans les bois résineux, on trouve une majorité d'unités guaiacyles (un groupement méthoxyle sur le noyau aromatique) ; alors que dans les bois feuillus ou les plantes annuelles, des unités guaiacyles et syringyles (deux groupements méthoxyles par noyau aromatique) sont présentes.



Unité guaiacyle : R₁ = H, R₂ = OCH₃

Unité syringyle : R₁ = R₂ = OCH₃

Unité p-hydroxyphényle : R₁ = R₂ = H

Figure : Différents types d'unités phénylpropane de la lignine

Les extractibles

Les extractibles constituent la quatrième famille de composés du bois. Cette famille regroupe de très nombreuses molécules que l'on peut répartir dans les sous-familles suivantes : les **tannins hydrolysables et condensés**, des **composés terpéniques** (les monoterpènes, volatiles, et les di-, tri-, tétra-, terpènes), ainsi que des **polyphénols**. Graisses, cires, acides gras et alcools aliphatiques constituent une autre famille d'extractibles du bois.

Mieux connaître le bois pour mieux le valoriser

Cellulose, hémicelluloses, lignine et extractibles ont des structures et des propriétés différentes. Leur séparation et leur purification permettent donc d'envisager des voies de valorisation adaptées à chacun d'entre eux.

Comprendre la composition du bois constitue une première étape essentielle pour imaginer des procédés de valorisation plus durables de la biomasse végétale en produits et matériaux biosourcés et en bioénergie.

Sources :

FENGEL D., WEGENER G. (1983), *Wood*, de Gruyter.

STEFANOVIC T., PERRIN D. (2009). *Chimie du bois*. Presses Polytechniques Universitaires Romandes.

CHIRAT, C., De l'industrie papetière à la bioraffinerie de 2^e génération, livre, coordonné par Stéphanie Baumberger, "Chimie verte et industries agroalimentaires", Éditions Lavoisier, 2020

Pour en savoir plus :

- <https://pagora.grenoble-inp.fr/fr/l-ecole/competences-et-metiers-davenir-bioraf>
- bioraf.contact@grenoble-inp.fr



Coordonné par
INP Pagora
UGA
Financé par
anr® 

Membres du projet
INP **CLERMONT AUVERGNE** **axelera** **Fibre Excellence**
BIO-VALO **CAMPUS DES METIERS ET DES QUALIFICATIONS D'EXCELLENCE** **VEGEPOLYS VALLEY**
INVENTER LE BIOCAS DE DEMAIN Chimie Auvergne-Rhône-Alpes ORIENTER L'INDUSTRIE VERS L'AVENIR



Ce travail a bénéficié d'une aide de l'État gérée par l'Agence Nationale de la Recherche au titre de France 2030 portant la référence "ANR-24-CMAS-0004".