

LES LIGNINES

INTRODUCTION

par Jean-François **Morot-Gaudry**¹

Les lignines sont des molécules complexes qui constituent 25 % de la biomasse terrestre. Ce sont les biopolymères les plus abondants après la cellulose. De par leur composition, les lignines sont considérées comme des phénylpropanoïdes.

La synthèse des lignines résulte en effet de la polymérisation de monomères synthétisés dans le cytosol, les alcools cinnamyliques, appelés monolignols (alcool coniférylique, sinapylique et coumarylique), dérivés indirects d'un acide aminé, la phénylalanine. La complexité des lignines provient de l'association des monolignols par différentes liaisons chimiques sans caractère ordonné ni répétitif pour former après réduction, méthylation et déshydrogénation un polymère amorphe et hydrophobe. Les lignines sont déposées dans les parois primaires et secondaires des cellules de certains tissus végétaux (tissus de soutien et vaisseaux du xylème) où elles sont associées par liaison covalente à la matrice pariétale composée essentiellement de polysaccharides, cellulose, hémicelluloses et pectines. Selon une hypothèse de A.C Neish et C. Héban, « les lignines seraient une forme de stockage des excréments des plantes. Sachant que les lignines sont constituées de composés phénoliques qui sont toxiques sous forme libre pour les plantes, ces dernières auraient trouvé une façon de les neutraliser en les stockant sous forme de lignine dans des cellules vasculaires mortes ».

Les lignines contribuent à la rigidité des parois cellulaires qui, suite à la pression de turgescence générée par l'eau du milieu cellulaire riche en solutés, permettent par leur résistance mécanique à l'expansion cellulaire (gonflement), le port érigé des végétaux supérieurs terrestres. Ainsi par leurs propriétés, les lignines ont permis, au cours de l'évolution, le passage du port rampant (mousses) au port dressé (arbres), plus favorable à la capture de la lumière. De plus, leur implication dans la constitution du système vasculaire, vaisseaux et trachéïdes, a contribué à la constitution d'un système de circulation de la sève brute favorable aux échanges à longue distance entre organes d'un même individu. Leur hydrophobicité contribue également à une meilleure conduction de la sève brute. Les lignines sont donc caractéristiques des végétaux vasculaires. On estime que cette transition du port rampant au port érigé s'est produite il y a environ 350 millions d'années. Les lignines offrent, de plus, une barrière de protection contre l'attaque microbienne du végétal. En effet, de par leur nature chimique, les lignines sont très résistantes à divers agents chimiques et à la dégradation biologique. En contre-partie ces molécules sont responsables de la qualité médiocre des fourrages hautement lignifiés.

Les lignines sont connues tout d'abord pour être des co-produits des industries du papier, responsables de sa coloration jaunâtre après exposition au soleil. De plus, les produits chlorés, contenus dans les substances permettant l'extraction des lignines (délignification) des pâtes à papier, rendent cette industrie très polluante. Les lignines, résidus ou coproduits des papeteries, sont cependant d'excellents combustibles car ce sont des molécules très réduites à haut pouvoir

¹ Vice-Président de l'Académie d'Agriculture de France.
C.R.Acad. Agric. Fr., 2010, 96, n°1. Séance du 17 février 2010.

calorifique. Pour les raisons évoquées ci-dessus, de nombreuses recherches sont en cours, essentiellement par transformation génétique, visant à produire soit des végétaux moins riches en lignines pour la fabrication du papier, soit, au contraire, avec un taux de lignine plus important pour l'élaboration de bois de chauffage.

Plus récemment, les lignines ont repris un regain d'intérêt dans le cadre de la chimie verte. Elles peuvent être intégrées dans divers biomatériaux (bioplastiques ou matériaux thermodurcissables) ou être fragmentées en synthons pour les industries chimiques. Elles peuvent être sources d'additifs (arômes, anti-oxydants...) pour les industries agroalimentaires et le secteur des cosmétiques, voire de principes actifs pour le secteur pharmaceutique. A plus long terme, on pourrait imaginer de faire synthétiser par les végétaux des oligolignols (2 à 5 monomères) pour des usages particuliers (adhésifs, molécules pour le secteur de la santé...). Pour faciliter l'extraction de ces oligomères, on pourrait enfin les faire adresser dans des compartiments subcellulaires de type vacuoles, ou les conserver dans le cytoplasme, lieu de synthèse, sans polymérisation ultérieure dans la paroi.

En dehors de ces applications futures, rappelons que les lignines restent les constituants principaux du bois et que leur quantité et forme déterminent grandement la qualité du bois d'œuvre. Ces derniers aspects pourraient être d'ailleurs traités par nos confrères forestiers au cours d'une prochaine séance.

Au cours de cette séance, **Catherine Lapierre** nous présentera les lignines comme des polymères uniques au monde. **Lise Jouanin** nous entretiendra de la biologie moléculaire de la lignification, l'art de faire des lignines à façon. **Stéphanie Baumberger** nous présentera les lignines comme des matières premières agro-industrielles pour les matériaux. C Lapierre et moi-même concluerons.