



MOOC AGRORESSOURCES ET AGRO-INDUSTRIES DURABLES

Semaine 2 : Fractions structurales : la paroi secondaire

Auteur : Marion ALIGNAN

Comme nous l'avons vu précédemment, la paroi est la particularité des cellules végétales qui va permettre leur transfert à l'échelle industrielle pour la fabrication d'agromatériaux composites. Nous allons voir maintenant comment la paroi primaire peut se doubler au cours de la croissance de la plante, d'une paroi secondaire encore plus résistante.

Les cellules de même origine embryologique sont associées en tissus. Elles sont liées entre elles par la lamelle moyenne, une sorte de mastic de nature essentiellement pectique. Cette lamelle moyenne est située sur la région externe de la paroi primaire.

Dans le végétal, ces différents tissus s'associent en unités fonctionnelles formant des organes comme la tige, la racine, ou la feuille, qui eux-mêmes composent la plante.

Les différents types de tissus dans la plante assurent chacun une fonction plus ou moins spécialisée. Par exemple, les tissus de revêtement vont protéger la plante, les tissus de collenchyme et de sclérenchyme vont assurer son soutien, et les tissus du xylème et du phloème vont permettre la conduction de la sève brute et de la sève élaborée.

Voici un tissu épidermique, sur lequel on peut reconnaître les parois cellulaires et la lamelle moyenne, ainsi que le noyau.

Dans les organes de la plante où la croissance en longueur a cessé, par exemple une tige, certaines parois cellulaires vont s'épaissir. Une paroi secondaire va se former, notamment autour des cellules qui requièrent une force mécanique importante et un renforcement structural.

La paroi secondaire se forme de la paroi primaire, vers l'intérieur de la cellule.

La paroi secondaire est beaucoup plus épaisse que la paroi primaire. Elle est formée de plusieurs strates, dans lesquelles les microfibrilles de cellulose sont beaucoup plus nombreuses et bien plus ordonnées que dans la paroi primaire.

Sur ce schéma de principe d'une fibre végétale, nous pouvons observer la paroi primaire, avec des microfibrilles de cellulose non arrangées, et la paroi secondaire, avec ses différentes strates, dans lesquelles les microfibrilles de cellulose sont organisées et nombreuses.



MOOC AGRORESSOURCES ET AGRO-INDUSTRIES DURABLES

La matrice polysaccharidique des parois secondaires est pauvre en pectines. Elle contient majoritairement des hémicelluloses.

Certaines parois secondaires secrètent de la lignine, qui va les rigidifier et les isoler du milieu extérieur, entraînant ainsi la mort du contenu cellulaire. Cette paroi demeure néanmoins, et participe toujours au soutien de la plante ou à la conduction de sève selon les tissus.

La lignine est une macromolécule hétérogène de nature assez complexe.

Elle est constituée de polymères de monolignols, dont la proportion varie selon la plante, l'organe et le tissu.

La lignine va apporter à la paroi une grande résistance à la décomposition, et la rendre imperméable à l'eau. En formant des liaisons covalentes avec les hémicelluloses, elle va réticuler la structure en trois dimensions, c'est-à-dire figer et protéger les constituants de la paroi cellulaire.

La structure des parois secondaires est variable. Elle va en effet dépendre du stade de développement de la plante, de son origine tissulaire, des conditions de culture, de l'attaque par des agents pathogènes ou encore des conditions environnementales.

Illustrons ces différentes informations avec l'exemple du lin à fibre.

Sur cette coupe transversale de tige, nous pouvons observer deux types de tissus différents : le liber et le xylème secondaire. Dans le liber, les fibres sont arrangées en faisceaux. Ces deux tissus sont constitués de cellules à paroi secondaire.

Leur composition est pourtant différente. Les parois des fibres libériennes de lin, qui ont des propriétés physiques remarquables, contiennent jusqu'à 80% de cellulose, d'une cristallinité proche de 75%. Leurs hémicelluloses sont de deux types, xylanes et galactomannanes. Ces parois contiennent enfin de la pectine et très peu de lignine, en comparaison avec les parois des cellules du xylème.

Au cours de la transformation mécanique des tiges de lin, ces tissus seront séparés et l'on obtiendra différentes fractions, Des fibres longues, à usage presque essentiellement textile, et des co-produits.

Parmi ces co-produits, on trouvera des fibres plus courtes, des particules ou granulats, constitués essentiellement de xylème, et des poudres. Ces trois types de co-produits pourront assurer le renfort d'agromatériaux composites, dont les propriétés, ou même les usages, pourront être différents.



MOOC AGRORESSOURCES ET AGRO-INDUSTRIES DURABLES

Au Laboratoire de Chimie Agro-industrielle, la recherche menée sur les agro-matériaux vise actuellement à appliquer ce schéma à un plus grand nombre de co-produits.

En Europe, ces co-produits peuvent être issus de la culture d'autres plantes à fibres comme le chanvre, mais aussi de céréales comme le blé, ou l'orge, dont les pailles sont souvent peu valorisées.

Les dimensions des fibres, granulats ou poussières issus de ces co-produits, la structure de leur paroi secondaire, comme leur composition et l'arrangement des microfibrilles, sont des facteurs majeurs des propriétés physico-chimiques. Ils permettront par exemple de déterminer la résistance du renfort, son élasticité, ou encore sa capacité à isoler thermiquement ou phoniquement. Vous verrez la semaine prochaine comment peut se faire leur mise en œuvre.