



MOOC AGRORESSOURCES ET AGRO-INDUSTRIES DURABLES

Semaine 2 : Fractions structurales : la paroi primaire

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.

La paroi cellulaire primaire est une matrice hétérogène et complexe de polysaccharides, glycoprotéines, solutés et enzymes, dont la composition varie à l'intérieur d'une même cellule et entre des cellules individuelles. Elle possède une structure composite, avec des microfibrilles de cellulose cristalline intégrées dans une matrice de polysaccharides complexes que l'on peut diviser en deux classes : les pectines et les hémicelluloses. Les parois des cellules primaires contiennent également des protéines. Ces parois sont minces¹, leur épaisseur varie de 0,1 à 1 μm , et ne sont pas lignifiées.

La paroi primaire est imbibée d'eau à 75%, et elle est très perméable à l'eau et aux solutés qui y sont dissouts. Elle comprend de manière générique 15 à 40 % de cellulose, 30 à 50 % de polysaccharides pectiques, 20 à 30 % d'hémicelluloses et des quantités moindres de protéines structurales, sur la base d'une masse sèche. Voyons un peu plus en détail quelques constituants de cette paroi primaire, en commençant par les pectines. Les pectines constituent un ensemble complexe de macromolécules, dont la chaîne principale est constituée d'acide galacturonique, qui peut être ou non méthylé. La chaîne sera donc plus ou moins acide selon la proportion de monomères méthylés. Cette chaîne n'est pas monotone et linéaire. Des molécules de rhamnose jalonnent sa structure, et des chaînes latérales constituées de différents oses, rendent la molécule très complexe.

Les pectines peuvent former un gel en présence d'ions calcium. Elles peuvent donc jouer un rôle structural qui dépend en particulier du rapport entre les ions hydrogène et les ions calcium dans le milieu.

Autres constituants de la paroi, les hémicelluloses sont une classe de polymères très variés constitués de polysaccharides. Elles sont réparties en 4 groupes, de compositions chimiques différentes : les xyloglucanes, les xylanes, les mannanes et les β -1,3;1,4-glucanes.

Parmi les quatre grands groupes d'hémicelluloses, celui des xyloglucanes est le plus représenté au sein des espèces végétales. Le squelette des hémicelluloses est composé de résidus β -(1,4)-D-pyranose, auquel sont fixées de courtes chaînes latérales composées de sucres à 5 ou 6 atomes de carbone.



MOOC AGRORESSOURCES ET AGRO-INDUSTRIES DURABLES

Les hémicelluloses présentent une structure non organisée qui leur confère une faible résistance. Elles peuvent contracter des liaisons hydrogène avec les microfibrilles de cellulose, et ainsi jouer un rôle fondamental dans le maintien d'une architecture pariétale organisée, en liant les fibrilles de cellulose entre elles. Elles représentent avec les pectines, une sorte de matrice plastique de la paroi, permettant ainsi la déformation de la cellule. ☺

Voyons la cellulose maintenant. C'est le polymère le plus abondant sur terre. Dans la paroi, elle va jouer le rôle de renfort mécanique.

C'est un homopolysaccharide linéaire, constitué de monomères D-anhydroglucopyranoses reliés entre eux par des liaisons glycosidiques β -(1→4). Le degré de polymérisation diffère énormément selon l'origine de la cellulose ; il peut varier de quelques centaines à quelques dizaines de milliers.

Les microfibrilles de cellulose représentent l'unité fondamentale structurelle de la paroi cellulaire végétale. D'un diamètre de 10 à 30 nm, elles sont associées entre elles pour former des éléments fibrillaires plus gros, les macrofibrilles, d'un diamètre de 0,5 micron.

Voici ici des macrofibrilles de cellulose observées en microscopie électronique à balayage.

A plus fort grossissement encore, les microfibrilles sont formées d'éléments encore plus fins, d'un diamètre de 3,5 à 5 nm, appelés fibrilles élémentaires ou micelles. Chacune de ces fibrilles élémentaires est constituée de 50 à 100 molécules de cellulose.

Une partie de ces microfibrilles est composée de cellulose cristalline, dans laquelle les chaînes de polymères sont alignées en cristaux ordonnés, liés par des liaisons inter et intra moléculaires. La cellulose cristalline est extrêmement résistante.

L'autre partie des microfibrilles est constituée de cellulose amorphe, avec des chaînes de cellulose non ordonnées. Les zones amorphes de la cellulose sont beaucoup moins résistantes.

Pour synthétiser, l'une des particularités de la cellule végétale est la présence d'une paroi entourant la membrane plasmique. Cette paroi est un peu construite comme un composite, avec un renfort de cellulose noyé dans une matrice polysaccharidique et protéique. La paroi primaire est souple, et elle permet l'élongation et la division cellulaires. C'est la paroi des tissus jeunes et des tissus de réserve.

Je vous invite maintenant à poursuivre avec le grain suivant, dans lequel nous aborderons la formation et la composition de la paroi secondaire.