

LES LIGNINES : DES MATIÈRES PREMIÈRES AGRO-INDUSTRIELLES POUR LES MATÉRIAUX

par Stéphanie **Baumberger**¹

L'objectif de la présentation est de montrer de quelle façon les lignines issues de la transformation industrielle de la biomasse ligno-cellulosique (lignines dites « industrielles » ou « techniques ») peuvent être source de molécules pour les matériaux, en substitution notamment de composés d'origine pétrochimique.

1) Origine et variabilité des lignines industrielles

Depuis son invention en Chine un siècle avant l'ère chrétienne, le papier n'a cessé d'accompagner les activités de l'homme, qu'il s'agisse de papier à usage graphique, de papier d'emballage, ou de papier à usages plus spécifiques. Grâce au développement de procédés chimiques de fabrication de pâte à papier, les performances technologiques du papier ont été améliorées. Aujourd'hui, 66% de la pâte à papier produite dans le monde est obtenue par voie chimique, à partir de bois ou de plantes annuelles (source FAO, 2007). Ces procédés chimiques exploitent la structure des parois végétales et la possibilité d'extraire sélectivement les lignines pour produire une pâte cellulosique. Les liqueurs de cuisson contenant les lignines dissoutes constituent un effluent dont la combustion permet le recyclage d'une partie des réactifs et la cogénération d'électricité et de vapeur assurant l'autonomie énergétique de certaines installations. Lorsque ces liqueurs sont soumises à une précipitation sélective des composés phénoliques elles deviennent source d'un co-produit abondant et renouvelable : les lignines industrielles. Si la structure des polymères phénoliques constitutifs de ce co-produit reflète en partie la structure des lignines natives, elle n'en reste pas moins fortement influencée par le procédé de cuisson papetière. Aujourd'hui, environ 1 million de tonnes par an de lignines industrielles sont produites dans le monde à partir des procédés papetiers traditionnels pour des usages autres que la production d'énergie (source ILI 2009 ; figure 1). La réorientation de certaines papeteries vers l'obtention de produits diversifiés à haute valeur ajoutée, dans un contexte de bio-raffinerie, conduit aujourd'hui à considérer les lignines industrielles comme une source de molécules fonctionnelles, de synthons pour la chimie et de matériaux, et non plus comme un simple co-produit industriel à éliminer.

2) Substitution des produits d'origine pétrochimique par des composés naturels

Plusieurs démarches ont convergé ces dernières décennies vers la mise en place d'une stratégie de substitution des produits d'origine pétrochimique par des composés issus de la biomasse végétale. La première démarche vise à réduire l'impact de l'activité humaine sur l'environnement, en économisant les ressources fossiles et en réduisant la production de gaz à effets de serre associée au réchauffement climatique. Il s'agit de la mise en place de dispositifs « climat-énergie ». La seconde vise à développer des voies de synthèse chimiques propres, ayant un impact limité sur la santé humaine et l'environnement. Il s'agit de la « chimie verte ». La troisième concerne le maintien d'une activité agricole par la diversification des usages des produits agro-industriels. Ainsi, produire de l'énergie, des molécules et des matériaux à partir des ressources

¹ AgroParis Tech.

agricoles non alimentaires constitue un enjeu majeur dans un contexte de développement durable. Composés naturels issus de ressources non alimentaires, les lignines industrielles sont des matières premières de choix pour répondre à ces enjeux.

3) Structure et réactivité des lignines, atouts pour l'élaboration de matériaux

En raison de la nature des liaisons inter monomères et de la présence de liaisons hydrogène intermoléculaires, les lignines sont des polymères peu flexibles qu'il faut modifier chimiquement pour élaborer des matériaux thermoplastiques substitut des polyoléfinés (polyéthylène et polypropylène). La présence de groupements fonctionnels tels que les phénols assurent en outre à ces composés une aptitude à la réticulation adaptée à l'obtention d'adhésifs et résines thermodurcissables. Elles se substituent ainsi au phénol, composé coûteux et toxique, dans les adhésifs des panneaux de contreplaqué (figure 2). Leur aptitude à la réticulation est également un atout pour développer des matériaux innovants. Ainsi, les lignines et leurs dérivés peuvent contribuer à la formation de la matrice polymère, que ce polymère soit thermodurcissable ou thermoplastique. Une autre stratégie, consiste à utiliser les lignines comme additif fonctionnel dans les matériaux. Il s'agit d'exploiter les propriétés anti-oxydantes, antimicrobiennes ou encore hydrophobantes de leurs constituants pour améliorer les performances de matériaux biodégradables ou remplacer des additifs synthétiques toxiques. Ces propriétés sont dépendantes de paramètres structuraux tels que la distribution de masse et la teneur en groupements phénoliques libres des lignines. Il est possible de les moduler en ajustant les paramètres technologiques du procédé d'isolement ou en modifiant les lignines *a posteriori* par voie chimique ou, de préférence, enzymatique.

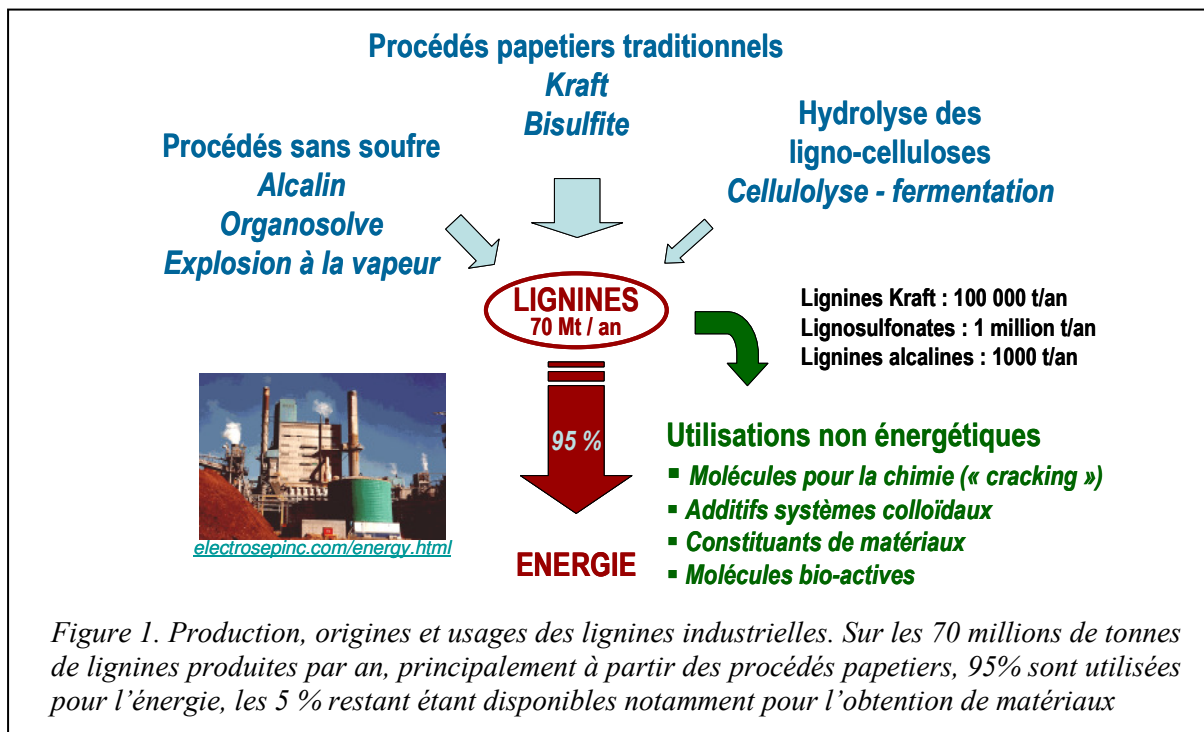


Figure 1

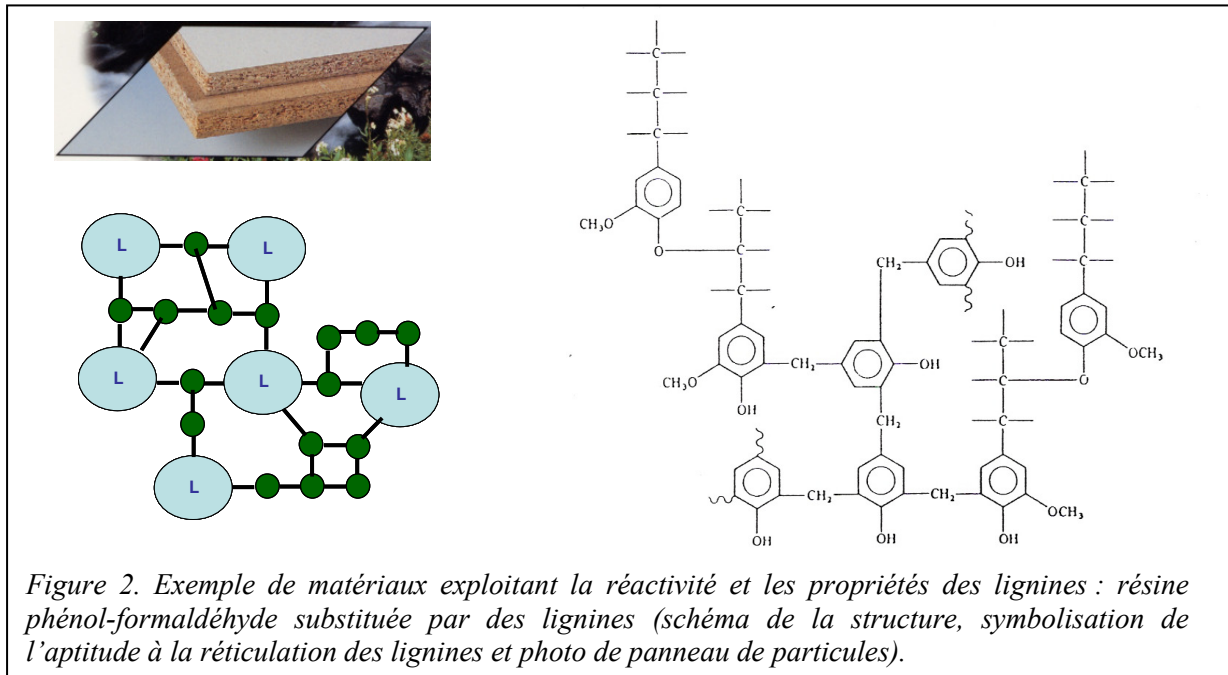


Figure 2