



**HAL**  
open science

## **Approche prospectiviste dans la conception de filière alternative : Application au cas de la lignine**

Brunelle Marche, Javier Arrieta-Escobar, Vincent Boly, Juan Solarte-Toro,  
Carlos Ariel Cardona Alzate

► **To cite this version:**

Brunelle Marche, Javier Arrieta-Escobar, Vincent Boly, Juan Solarte-Toro, Carlos Ariel Cardona Alzate. Approche prospectiviste dans la conception de filière alternative : Application au cas de la lignine. 8èmes journées du GDR 3544 “ Sciences du bois ”, Nov 2019, Epinal, France. hal-02500518

**HAL Id: hal-02500518**

**<https://hal.science/hal-02500518>**

Submitted on 6 Mar 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## **Approche prospectiviste dans la conception de filière alternative : Application au cas de la lignine**

MARCHE Brunelle<sup>1</sup>, ARRIETA-ESCOBAR Javier A.<sup>1</sup>, BOLY Vincent <sup>1</sup>, SOLARTE-TORO Juan Camilo<sup>2</sup>, CARDONA ALZATE Carlos Ariel<sup>2</sup>,

<sup>1</sup>ERPI (Équipe de Recherche des Processus Innovatifs), Université de Lorraine, 8, rue Bastien Lepage, 54000 Nancy Cedex, France.

<sup>2</sup>Instituto de Biotecnología y Agroindustria, Departamento de Ingeniería Química, Universidad Nacional de Colombia, Manizales, Caldas, Zip Code: 170003, Colombia.

[brunelle.marche@univ-lorraine.fr](mailto:brunelle.marche@univ-lorraine.fr)

**Mots clefs :** lignine ; filière ; prospective ; produits biosourcés

### **Résumé**

Dans le cadre de notre projet, nous nous concentrons sur les étapes d'extraction et de purification de la lignine ainsi que de sa valorisation dans des produits finis, particulièrement des élastomères à base de lignine. La disponibilité de la lignine et la capacité des bioraffineries à produire de la lignine sont analysées à grande échelle avec une cartographie des acteurs, pour identifier les risques d'approvisionnement au sein de la filière innovante.

### **Introduction**

À l'échelle de la planète, les deux premières utilisations du bois sont la production d'énergie et les matériaux (construction, meubles, papier...). Les usages dédiés à la chimie sont plus discrets et consomment des volumes de matière bien inférieurs, mais peuvent répondre à des besoins spécifiques et être créateurs de valeur. La chimie du bois présente un ensemble de débouchés potentiels dont le succès dépendra de progrès technologiques des procédés de production et de la maîtrise de leurs coûts (de Cherisey, 2015).

Dans cette optique, cette recherche se concentre sur la valorisation du bois. Le bois est un composite naturel qui contient plusieurs constituants structuraux : Cellulose (40 à 50 % de la masse du bois), l'hémicellulose (20 à 30 % de la masse du bois) et la lignine (20 à 30 % de la masse du bois). La cellulose sous forme de micro fibrilles correspond à l'armature de la paroi. Les hémicelluloses et la lignine composent une matrice dans laquelle est noyée cette armature cellulosique. Étant donné sa structure phénolique et sa disponibilité en tant que ressource, la lignine présente un fort potentiel pour remplacer les produits issus du pétrole. Cependant, la structure complexe de ce polymère naturel ainsi que la diversité des procédés d'obtention limitent sa valorisation en tant que matériau. L'isolation, la purification et la caractérisation des lignines constituent un réel défi (Condassamy, 2015).

Dans le domaine des matériaux et des polymères, il existe actuellement une demande forte pour substituer les additifs et stabilisants pétrosourcés par des molécules ayant un impact environnemental plus favorable. C'est dans cette optique que nous cherchons à aborder les différents aspects du développement de nouveaux matériaux/produits en déterminant les variables qui vont impacter la conception et la mise en œuvre de la future filière.

## Méthodologie

À tout instant, la filière peut être caractérisée par ses acteurs, ses processus, ses flux et la valeur qu'elle génère (Marche et al. 2017) afin de décrire sa structure et sa dynamique de fonctionnement. De manière générale, les filières considérées pour fabriquer des produits lignifiés incluent les éléments suivants : les sites de culture de la biomasse, des sites de stockage de la biomasse, des usines de prétraitements de la biomasse (bioraffineries), des sites de stockage de produits intermédiaires, des usines de production du produit final et des centres de demandes. Entre chaque élément circulent des matières premières et des produits intermédiaires (Panteli, Giarola, & Shah, 2017, 2018). Pour étudier la faisabilité de la filière, une cartographie des entreprises pouvant potentiellement intervenir dans l'approvisionnement des différentes matières premières nécessaires à la fabrication de ce produit innovant a été réalisée. Pour résumer, notre étude peut se schématiser de la manière suivante (Fig. 1) :

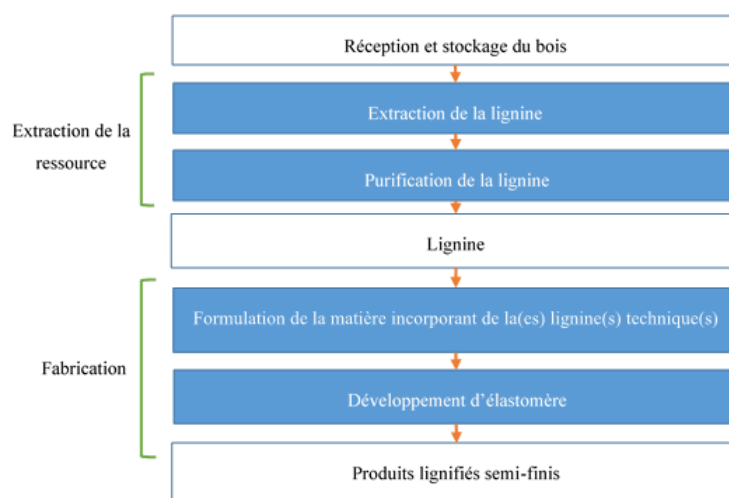


Fig. 1 : Blocs de la filière

Basés sur l'avis d'experts (sélectionnés selon leurs expertises et leur position au sein de la filière) nous avons étudié l'influence des différentes variables sur la future filière en fonction du rôle joué par les acteurs dans la filière (culture de la biomasse, prétraitement de la biomasse, production du produit final lignifié).

## Résultats

En se basant sur les données collectées dans la partie précédente, une cartographie des entreprises susceptibles d'intervenir dans la future filière est proposée (Fig. 2). Les nœuds représentent les types de fournisseurs (fournisseurs CBS, fournisseurs d'hydroxyde de sodium par exemple). À chacune de ces typologies sont rattachées les entreprises susceptibles de fournir la matière en question. Notons que dans notre cas, les entreprises recensées fournissant de la lignine sont les entreprises pouvant fabriquer la lignine alors que les entreprises fournissant des produits chimiques sont uniquement les entreprises chargées de la vente. Chaque typologie, par l'intermédiaire de son nœud, est reliée aux autres via des liens qui représentent les flux de produits. Ainsi, nous identifions la faisabilité technique de la filière en visualisant la présence de fournisseurs sur le marché, la disponibilité de la matière au sein de la filière, les relations entre les différents acteurs de la filière et la longueur de la filière. En même temps, nous posons les bases des différents scénarios prospectifs en identifiant les « points critiques » de la filière, c'est-à-dire ceux qui nécessitent une attention particulière lors de la conception de la filière.

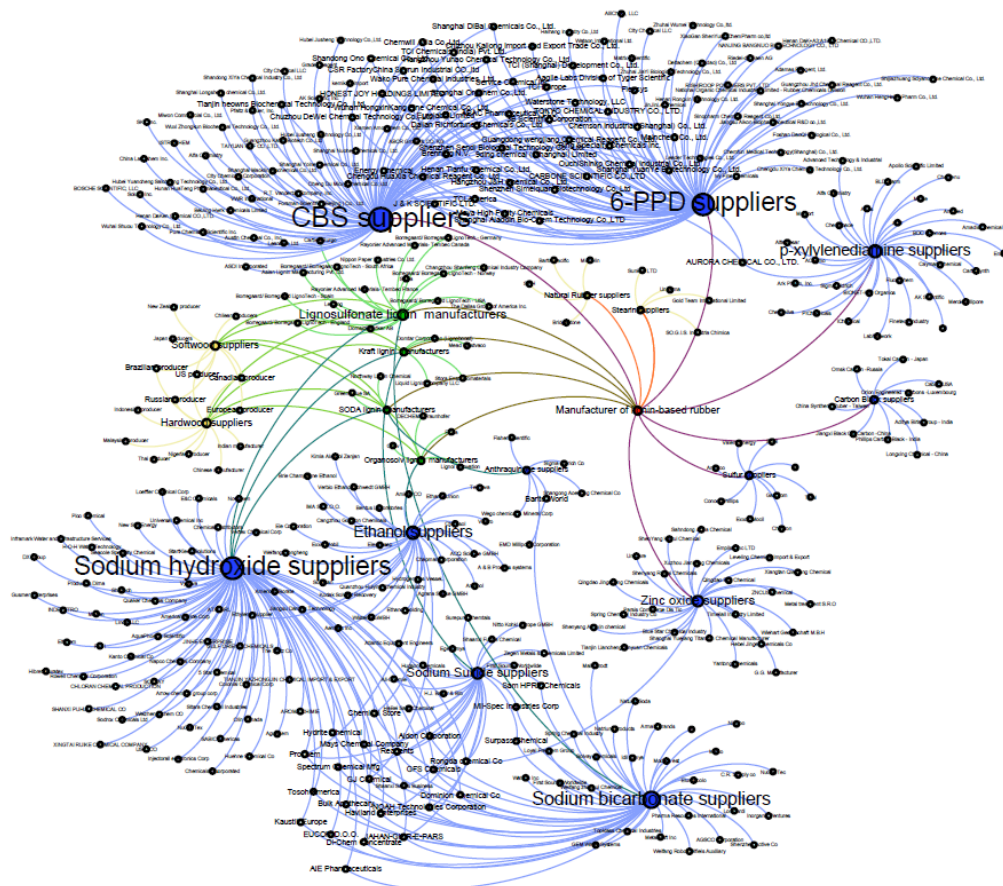


Fig 2. Représentation visuelle de la future filière du produit

Sur cette représentation, les fournisseurs de matières végétales (bois, caoutchouc naturel et stéarine) sont représentés en jaune, les fournisseurs d'éléments chimiques en bleu, les producteurs de lignine en vert et l'entreprise innovante en rouge.

Si on étudie cette représentation en termes d'indicateurs, il devient possible d'analyser plus précisément l'importance des fournisseurs d'éléments chimiques. En effet, la Fig. 3 permet de visualiser la capacité d'approvisionnement des acteurs de la filière. Dans cette optique, les nœuds ayant les plus petites valeurs sont les nœuds susceptibles de perturber la filière en termes d'approvisionnement, c.-à-d. les nœuds présentant des risques d'approvisionnement. En effet, les nœuds présentant des nombres élevés correspondent aux types d'acteurs ayant de nombreux fournisseurs, ce qui de ce point de vue est une opportunité pour la filière.

Il existe différents fournisseurs de lignine aux caractéristiques différentes en fonction du procédé. Les lignosulfonates et les lignines Kraft sont les plus disponibles sur le marché. De plus, les solvants nécessaires à ces deux processus sont facilement accessibles. Les lignines soda et organosolv ne comptent que quelques bioraffineries avec une production globale moins élevée. De plus, la collecte de données souligne que le nombre de fournisseurs en anthraquinone n'est pas élevé, ce qui peut occasionner des risques d'approvisionnement. Notons que le déploiement de bioraffineries nécessite un réel investissement autant financier que temporel, ce qui indique que l'apparition de nouveaux concurrents peut prendre du temps. Cependant, les bioraffineries existantes non spécialisées dans la production et la vente de lignine peuvent tout à fait développer leur activité. Notons que le faible nombre de fabricants de caoutchouc à base de lignine s'explique par le fait que nous avons considéré que le produit innovant était produit par une seule entreprise.

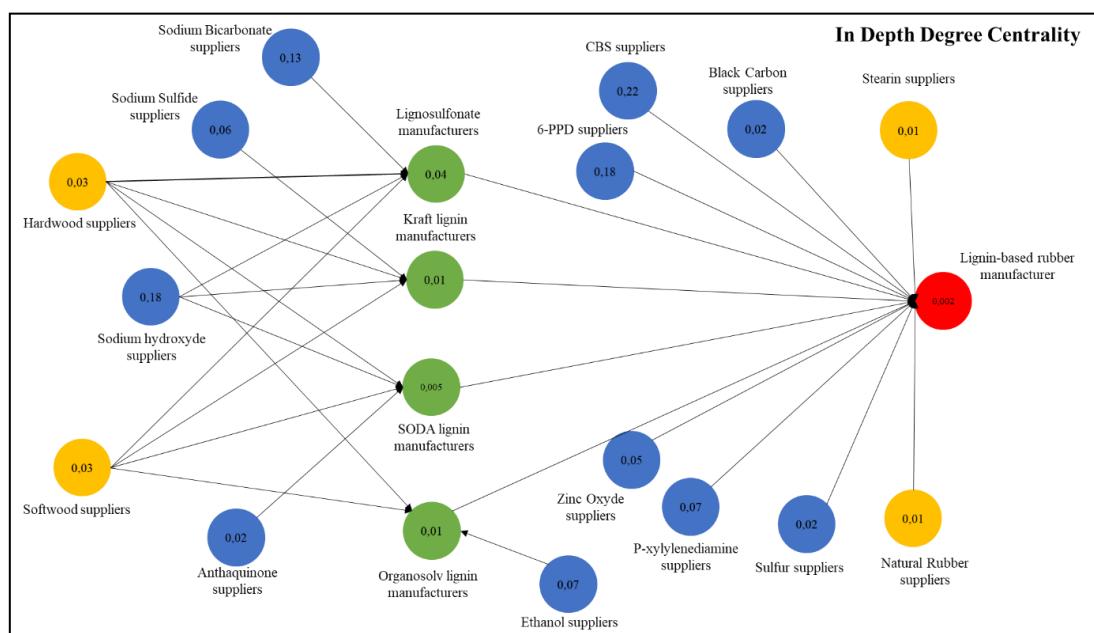


Fig. 3. Représentation de la capacité d’approvisionnement de la filière basée sur une étude de la centralité en degré

## Conclusions

Les fournisseurs de matières végétales sont des acteurs à risque qu’il faut considérer avec attention lors de la conception de la future filière. Il y a peu de risques d’approvisionnement en éléments chimiques. Toutefois, certaines lignines présentent moins de risque que d’autres en termes d’approvisionnement. D’un point de vue exclusivement logistique, la lignosulfonate semble être la solution la moins risquée pour la filière. Toutefois, ce point de vue est nécessaire, mais pas suffisant pour prendre des décisions sur la future filière. De cette façon, les risques d’approvisionnement au sein de la filière peuvent être atténués, car les besoins en matières ne sont pas équivalents.

## Références

- Condassamy, O. (2015). Valorisation d’une lignine alcaline industrielle : Vers le développement de nouveaux synthons et oligomères biosourcés issus de la lignine (PhD Thesis). Retrieved from <http://www.theses.fr/2015BORD0265/document>
- de Cherisey, H. (2015). État de l’art sur la production de molécules chimiques issues du bois en France—Rapport (p. 149). ADEME.
- Marche, B., Boly, V., Morel, L., & Ortt, J. R. (2017). Innovative product’s supply chain: How to model it. 2017 International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC), 177–188. <https://doi.org/10.1109/ICE.2017.8279887>
- Panteli, A., Giarola, S., & Shah, N. (2017). Biobased Supply Chain Optimisation Model under Uncertainties. In A. Espuña, M. Graells, & L. Puigjaner (Eds.), *Computer Aided Chemical Engineering* (pp. 961–966). <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63965-3.50162-8>
- Panteli, A., Giarola, S., & Shah, N. (2018). Supply Chain Mixed Integer Linear Program Model Integrating a Biorefining Technology Superstructure. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 57 (30), 9849–9865. <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.7b05228>