

Chimie verte : vers une valorisation chimique du bois

par Patricia GUIRAUDIE

La transformation des principaux composants du bois permet d'accéder à de nombreux produits qui trouvent leurs applications dans un nombre important de domaines. Dans cet article, l'auteur nous présente le projet Biorafmed dont l'objectif est de mettre en place un cluster de bioraffineries permettant de valoriser des bioressources, notamment le bois, dans la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur en France.

La valorisation du bois, une opportunité

Le bois est une ressource abondante qui peut jouer un rôle prépondérant pour répondre aux enjeux environnementaux actuels et pour la mise en place d'une économie biosourcée. Il s'agit d'une ressource renouvelable qui constitue un produit de substitution au regard des ressources fossiles qui se raréfient et dont les prix sont appelés à croître. Ces substitutions peuvent se faire dans les domaines de la production d'énergie, de la construction de bâtiments, de la fabrication de molécules chimiques nouvelles ou semblables à celles issues de la pétrochimie et dans la production de nouveaux matériaux composites.

Le bois est une matière première de choix dans toute démarche d'éco-conception visant à développer de nouveaux produits à faible impact environnemental tout au long de leur cycle de vie.

Enfin, une exploitation raisonnée de la forêt permet de maintenir dans le pays un « puits à carbone » contribuant à réduire l'effet de serre par le stockage du CO₂.

Le bois et ses principales utilisations¹

On entend par « bois » l'arbre dans toutes ses composantes, ce qui inclut notamment la lignine, les hémicelluloses, la résine, l'écorce et les feuilles. Entrent également dans ce champ les sous-produits générés par la transformation du bois, tels que les sciures et les déchets.

1 - Rapport PIPAME

« Marché actuel des nouveaux produits issus du bois et évolutions à échéance 2020 », 2012.

On peut identifier cinq grands segments pour l'utilisation du bois :

– **le bois massif** qui comprend l'emballage en bois (palettes, emballage léger, tonnelle, emballage industriel), l'ameublement (personnel ou professionnel), le bois de construction (couverture et structure de l'habitat, ouvertures et agencements, revêtements de sol et de murs, revêtements extérieurs, aménagements extérieurs). On inclut également dans ce segment le bois reconstitué (bois contrecollé et panneaux à base de bois) ;

– **le bois fibre** : c'est le domaine de l'industrie papetière. Les applications sont les papiers à usage graphique (papiers de presse et papiers d'impression écriture), les papiers d'emballage et de conditionnement (papiers ondulés, emballage souple, carton plat), les papiers à usage domestique et sanitaire (articles d'hygiène en feuilles, articles d'hygiène portés), les papiers à usage industriel et papiers spéciaux (usage fiduciaire, usage graphique spécifique, usage industriel). On inclut également dans ce segment l'isolation en fibre de bois ;

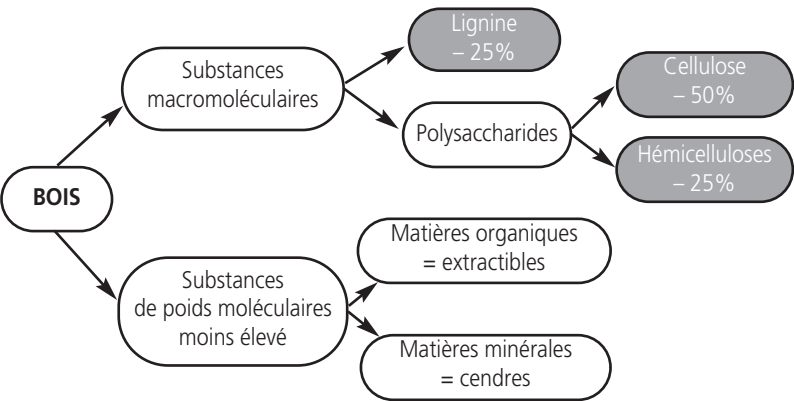
– **les matériaux composites** ou « bois plastique » : ce sont des matériaux qui associent des fibres de bois et une matière plastique ;

– **le bois chimie** comme matière première pour la production de molécules chimiques ; nous reviendrons plus loin sur cette application ;

– **le bois énergie** qui est une des valorisations les plus anciennes du bois. Les combustibles bois peuvent être rangés en trois catégories : les combustibles issus de la forêt (bûches et plaquettes forestières), les combustibles issus de l'industrie du bois (écorces, copeaux, plaquettes, granulés) et les combustibles issus de la filière déchets. On y inclut parfois les biocarburants, mais nous les classerons avec le bois chimie.

Fig. 1 (ci-dessous) :
Les différents composants du bois.
Source : Alcimed, d'après Université Laval.

Fig. 2 (en bas) :
Les différents produits intermédiaires issus de la transformation du bois, et leurs applications.
Source : Alcimed, d'après PNNL-NREL, 2004.



La chimie du bois

Le bois est un mélange de trois polymères naturels : la cellulose (les fibres qui donnent leur rigidité et leur texture aux plantes, dont les arbres), les hémicelluloses et la lignine (qui favorisent l'adhésion des fibres entre elles). La cellulose et les hémicelluloses sont des polymères de sucres (polysaccharides). Se rajoutent à ces composants les matières extractibles et minérales (molécules de petite taille plus ou moins concentrées dans certaines parties des plantes). Ceci est illustré dans la figure 1.

Par la transformation de ces composants, la chimie permet d'accéder à de nombreux intermédiaires qui trouvent leurs applications dans un nombre important de domaines (Cf. Fig. 2).

Un certain nombre de méthodes d'extraction permettent d'isoler les principaux composants :

– **la cellulose** est essentiellement valorisée à travers les usages papier et carton, une minorité étant consacrée à des usages dans les textiles ou la cosmétique ;

– **la lignine** est extraite du bois pour former la liqueur noire, principalement brûlée pour fournir de l'énergie nécessaire à la confection du papier. Mais la lignine peut aussi être extraite de la liqueur noire pour être utilisée dans les arômes, les résines, les adhésifs. Elle peut aussi conduire à du méthanol, additif pour des biocarburants de deuxième génération ;

– **les hémicelluloses** peuvent être utilisés dans des domaines aussi variés que l'industrie papetière ou l'industrie pharmaceutique ;

Biomasse	Plateformes intermédiaires	Building blocks	Substances chimiques secondaires	Intermédiaires	Produits / usages
Cellulose Hémi-celluloses Lignine	Sucres (glucose, arabinose, fructose...)	Sucres en C2, C3, C4, C5, C6 qui donnent : glycérol, furfural, xylitol, sorbitol...	Dérivés intermédiaires pharmaceutiques	Solvants, résines, nylons, polycarbonates, etc.	Transport Textile Agroalimentaire Environnement Communication Bâtiment Divertissement Santé Industrie

– **les matières extractibles** qui sont nombreuses et variées ont des usages dans plusieurs secteurs ; on peut citer, sans que cela soit exhaustif, les gemmes pour la production d'essence de térébenthine et de colophane, les tanins pour la maturation du vin et dans l'industrie pharmaceutique, les terpènes pour des applications antiseptiques ou bactéricides, les polyphénols comme antioxydants.

D'autres technologies permettent d'accéder à des produits qui sont des grands intermédiaires de la chimie :

– la gazéification permet de transformer le bois en un gaz dit « gaz de synthèse » qui peut conduire à du méthanol incorporé notamment dans les biocarburants ;

– la fermentation qui transforme les polysaccharides, conduit à l'éthanol, constituant de biocarburants.

Dans certains procédés de fabrication, ces deux technologies sont combinées.

La valorisation chimique du bois, de par la diversité des procédés développés ou en cours de développement, offre une large palette d'opportunités.

Le CRITT Chimie - Formulation - Matériaux de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur

C'est une association de 30 ans d'âge dont la mission est de contribuer au développement économique régional en accompagnant les entreprises régionales de la filière chimie et matériaux. Dans ce but, elle utilise les leviers de l'innovation, de la mise en réseau des entreprises et des équipes de recherche universitaires, de l'utilisation des technologies de l'information et de la communication, de l'aide à l'export et l'encouragement de la responsabilité sociétale.

Le CRITT a plus de 200 entreprises adhérentes et 80 équipes de recherche universitaires associées. Il est financé par l'Etat français, la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur et par les prestations qu'il fournit à ses adhérents. Il est labellisé Pôle régional d'innovation et de développement économique solidaire (PRIDES) par la Région et Cellule de diffusion technologique par le ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche.

Le CRITT et la filière bois

La région Provence-Alpes-Côte d'Azur est la deuxième région de France pour la ressource forestière. Le Conseil régional considère que c'est une ressource qui pourrait être mieux exploitée pour favoriser le développement économique et la création d'emplois. Elle encourage toute initiative dans ce sens pour développer de nouveaux produits et marchés.

La forêt régionale est essentiellement constituée de résineux, en particulier de pin d'Alep, mais également de mélèze. Ce bois est principalement utilisé par une papeterie régionale, la valorisation en bois massif étant assez faible, mais en développement. Des projets de centrales à bois dans la région pourraient conduire à une valorisation massive en bois énergie.

Au cours d'un colloque que le CRITT a organisé sur la thématique de la chimie biosourcée, un certain nombre d'entreprises de la région ont montré leur intérêt pour des produits biosourcés issus de la filière bois. Le CRITT a donc commencé à explorer cette voie.

Cette initiative du CRITT s'est traduite par la mise en place du projet Biorafmed.

Le projet Biorafmed

Le projet Biorafmed (une BIORAfferie en MEDiterranée) a été construit par le CRITT avec l'aide d'entreprises de la région, de représentants de l'Etat, de la Région, de différents institutionnels et d'universitaires.

Photo 1 :

Le bois est un mélange de trois polymères naturels. Un certain nombre de méthodes d'extraction permettent d'isoler ces principaux composants.
Photo DA.



L'objectif du projet est de mettre en place en région PACA un cluster de bioraffineries (unités industrielles et/ou démonstrateurs) permettant de traiter des bioressources, si possibles régionales (végétaux spécifiques de culture, végétaux de collecte, déchets ménagers, huiles végétales de culture, huiles alimentaires usagées) ou importables, afin de fabriquer des bioproduits (biocarburants, produits identiques aux produits issus de la pétrochimie ou produits à nouvelles fonctionnalités) répondant aux besoins des clients (raffineries, grands groupes chimiques ou pharmaceutiques, PME des secteurs peintures et vernis, hygiène et beauté – détergence, cosmétique, arômes et parfums –, matériaux composites...).

Les bioressources envisagées ne se sont pas limitées au pin d'Alep, mais nous avons considéré un panel plus large :

- les végétaux issus de l'agriculture et de la sylviculture : le pin d'Alep, les végétaux spécifiques bien identifiés (cultures ou déchets issus d'un autre procédé), les végétaux en mélange (collecte), régionaux mais également importables (intérêt marqué du Grand port maritime de Marseille, GPMM) ;
- les déchets ménagers ;
- les huiles végétales (cultures ou huiles alimentaires usagées) ;
- sans oublier :
- les cultures spécifiques comme le miscanthus, l'eucalyptus ou le sorgho ;
- la possibilité d'incorporer des produits biosourcés dans la formulation des polymères pour la fabrication de composites (une option pour des résidus de bioraffinerie) ;
- l'opportunité de cultures sur des terrains d'enfouissement ou dans des fermes photovoltaïques.

Les bioraffineries qui peuvent être envisagées sont de deux types :

- une unité industrielle d'une société qui possède déjà un procédé industriel et qui souhaiterait bénéficier d'une implantation en région pour la localisation géographique et pour l'accès à certaines ressources ;
- un « démonstrateur », c'est-à-dire un pilote semi-industriel qui s'installerait sur une plateforme industrielle (voir plus loin) pour bénéficier de tous ses services (personnel qualifié, énergie, logistique, classement Seveso...) et de la proximité d'équipes de recherche académiques qualifiées.

Les implantations possibles sont :

– une plateforme industrielle qui est un regroupement géographique d'un certain nombre d'entreprises avec une structure juridique permettant une mutualisation avec les facteurs clés de succès suivants : compétitivité énergétique, compétitivité matières premières avec une logistique à bas coûts, compétitivité coûts fixes, intégration chimie de base et chimie de spécialités, proximité de centres R&D pour l'amélioration de procédés et le développement de nouveaux produits. La structure juridique permet d'accueillir de nouvelles entreprises. Plusieurs plateformes de ce type existent en région. Les aménageurs de sites industriels sont parties prenantes du projet ;

– une implantation sur le site d'une société qui consomme déjà une quantité notable de bois : une papeterie, une centrale à bois.

Plusieurs équipes de recherche académiques régionales sont spécialisées dans la valorisation des bioressources.

Un atout important est l'existence du Grand port maritime de Marseille bien desservi par la route et le rail qui peut permettre l'importation de ressources supplémentaires. Cet organisme est particulièrement intéressé par le projet.

Nous avons spécifiquement étudié la filière du pin d'Alep qui nous paraît la ressource la plus importante en volume.

Le pin d'Alep en région²

La production biologique du pin d'Alep en région est supérieure à 500 000 m³/an, mais la récolte n'est que de 130 000 m³/an. C'est donc une ressource largement sous-exploitée.

La disponibilité, tenant compte de l'accessibilité est de l'ordre de 270 000 m³/an et pourrait atteindre 450 000 m³/an si une gestion raisonnée était mise en place.

Il y a toutefois de nombreux obstacles à une telle gestion :

- 80 % de la surface est en forêt privée et un tiers des ensembles forestiers appartenant à un même propriétaire font moins de 4 ha ;
- beaucoup de parcelles abandonnées en zone littorale et de basses collines se sont naturellement reboisées avec le pin d'Alep et les propriétaires de pinèdes sont ainsi deve-

2 - « Le pin d'Alep en France » Bernard Prévosto, éditions Quae, 2013.

nus des propriétaires forestiers malgré eux. Il en résulte chez certains la volonté d'éradiquer cette essence, au profit du chêne vert par exemple ;

- la forêt méditerranéenne, du fait d'une installation liée à la déprise agricole, peut être considérée comme une forêt jeune dont les propriétaires n'ont pas eu l'occasion d'acquiescer la culture forestière ;

- la plupart des propriétaires acceptent difficilement les coupes de bois qui leur semblent aller contre la protection de l'environnement ;

- l'objectif patrimonial est primordial et se traduit souvent par la conservation d'un bien tel qu'il est, de manière à le transmettre en bon état à la génération suivante ; ne rien faire semble être la bonne solution ;

- dans le contexte méditerranéen, la menace des incendies de forêt est une raison supplémentaire pour refuser les coupes de bois dans les parcelles. La présence, après l'exploitation, de branches et d'aiguilles sur le parterre de la coupe, par la masse de combustible qu'ils représentent, bloque de manière irrationnelle mais bien réelle de nombreuses velléités de coupe ;

- il faut tenir compte du poids de la législation à la fois forestière, environnementale et liée aux problèmes d'urbanisme ;

- les responsables des communes forestières sont souvent confrontés aux demandes antagonistes de leurs administrés et plus largement des usagers de la forêt :

- * les chasseurs de bécasse souhaitent évoluer dans des peuplements adultes avec de la végétation basse ;

- * les promeneurs souhaitent être à l'ombre et préfèrent des sols dégagés de toute végétation ;

- * les naturalistes souhaitent avoir un mélange intime de milieux ouverts et fermés favorables à la biodiversité ou encore voir vieillir la forêt sans aucune intervention humaine ;

- * les habitants, habitués au paysage qui les entoure, ne souhaitent pas le voir modifié ;

- * les ramasseurs de champignons n'apprécient guère les bouleversements du sol occasionnés par les engins forestiers ;

- les traditions forestières sont peu à peu détournées de la production de bois pour s'orienter vers la fourniture d'un espace de loisir ;



- le faible niveau de rémunération des débouchés de valorisation actuels. En effet, les revenus s'établissent actuellement de 6 à 8 euros le m³, soit un revenu de 20 à 25 euros/ha/an. Certains propriétaires qui possèdent une culture forestière déplorent aussi l'absence de valorisation « noble » des produits, dont la majorité prend la direction de l'usine de trituration

Les gestionnaires et les propriétaires déplorent les dégâts aux chemins et aux arbres qui sont conservés, mais aussi le problème de paiement, la difficulté de connaître exactement ce qui est vendu.

En résumé, beaucoup de propriétaires considèrent que la faible rémunération n'est pas de nature à équilibrer le coût de la tranquillité.

Toutefois des solutions existent pour dépasser ces obstacles et elles commencent à être mises en œuvre :

- faire un effort d'information auprès des propriétaires, voire du grand public : compatibilité des coupes de bois avec le maintien de la biodiversité, aspect renouvelable de la ressource dans le cadre d'une gestion durable, impact favorable d'une gestion forestière sur la prévention contre les incendies ;

- aborder les propriétaires sur les thèmes qui les motivent qui ne sont pas directement la coupe du bois, mais qui peuvent générer celle-ci ;

- mieux connaître les territoires par la mise en place de plans de développement des

Photo 2 :

Exploitation d'un peuplement de pin d'Alep (Bouches-du-Rhône). « Le bois chimie peut combiner de multiples procédés et s'intégrer à divers modes de valorisation par l'utilisation des sous-produits d'exploitations existantes. »
Photo DA

Patricia GUIRAUDIE,
Directeur du Centre
Régional d'Innovation
et de Transfert de
Technologie Chimie-
Formulation-
Matériaux de la
région Provence-
Alpes-Côte d'Azur,
France

CRITT
Immeuble CMCI
2 rue Henri Barbusse
13241 Marseille
cedex 1
FRANCE
Email :
patricia.guiraudie@
crittchimie.fr

massifs et de stratégies pour répondre aux enjeux ;

- favoriser la concertation lors de la rédaction des aménagements des forêts communales ;

- créer des maîtres d'ouvrage pour regrouper les propriétés privées éclatées et assurer la gestion tout en maintenant le droit de propriété. Pour cela imaginer des mesures incitatives pour les propriétaires, accompagner les maîtres d'ouvrage ;

- réduire les démarches administratives ;

- améliorer la qualité des travaux d'exploitation et la formation des prestataires ;

- améliorer la valorisation économique des produits de la forêt : le bois chimie est une

des pistes, d'autant plus que ce mode de valorisation peut combiner de multiples procédés, s'intégrer aux côtés de divers modes de valorisation par l'utilisation des sous-produits d'exploitations existantes.

La modularité, l'adaptabilité mais également la valeur ajoutée d'une valorisation chimique garantit ainsi une exploitation raisonnée et économiquement viable de la ressource forestière.

Ce modèle économique ne peut s'appuyer que sur une filière bois structurée et moteur de son développement. C'est peut-être « *l'occasion qui fera le larron* »...

P.G.

Résumé

Le bois est une ressource renouvelable importante en volume qui peut répondre aux enjeux d'une chimie durable et plus largement du développement durable. Ses utilisations sont très variées : le bois massif, le bois fibre, les matériaux composites, le bois chimie et le bois énergie.

Par la transformation de ses trois composants principaux : la cellulose, les hémicelluloses et la lignine, on peut accéder à de nombreux produits qui trouvent leurs applications dans un nombre important de domaines. En outre, certains composants minoritaires peuvent être extraits pour des usages divers.

Le CRITT Chimie-Formulation-Matériaux est une association qui accompagne les entreprises régionales de la filière chimie et matériaux dans leur développement économique. La région Provence-Alpes-Côte d'Azur s'intéresse de près à la ressource régionale bois qui est importante.

Le CRITT a lancé le projet Biorafmed dont l'objectif est de mettre en place un cluster de bioraffineries permettant de valoriser des bioressources. Ces bioraffineries pourraient être accueillies sur de nombreux sites industriels régionaux.

Le pin d'Alep est la principale ressource sylvicole régionale. Sa disponibilité est importante mais sa gestion se heurte à de nombreux obstacles. Toutefois, des solutions existent et des actions sont en cours pour remédier à cette situation.

Summary

Wood is a renewable resource in big quantities which can provide a response to the issues and challenges involved in sustainable chemistry and, more generally, in sustainable development. It has a wide range of uses: as timber and saw wood, fibre products, composite materials, a source of chemicals, energy. By transforming its three main constituents, cellulose, hemicellulose and lignin, numerous other products become available for application in many important fields. In addition, certain minor constituents can be extracted for various uses. The CRITT – Chimie – Formulation – Matériaux is an association which provides development support and backup to regional businesses in the chemicals and materials sector. The Provence-Alpes-Côte d'Azur region (S.-E. France) is very interested in the wood resource of which it has big quantities. The CRITT has launched the Biorafmed project whose objective is setting up a cluster of biorefineries to make profitable use of biological resources. Such biorefineries can be built on the numerous industrial sites in the region. The Aleppo pine is the region's main silvicultural resource. Big quantities are available but its management is hindered by numerous obstacles. Even so, solutions do exist and action is under way to remedy the situation.