

La ressource forestière face au challenge

Anforderung an die Zukunft der Ressource Holz

Jean-Michel Leban
FR-ENSTIB, Université de Lorraine, Epinal



La ressource forestière face au challenge

1. La ressource forestière

Les résultats de l'inventaire forestier national montrent que la production biologique annuelle de la forêt française est de l'ordre de 85 millions de m³ tandis que le volume récolté est d'environ 44 millions de m³ (IFN, 2010).

Il y a donc un fort potentiel d'augmentation de la récolte. Est-ce que cela est si simple ?

La ressource forestière française couvre 27% du territoire national. Elle appartient en majorité à des propriétaires privés et elle de nature hétérogène en termes de structure de composition spécifique. Elle est majoritairement feuillue, le groupe des chênes constituant plus de 45% du volume sur pied.

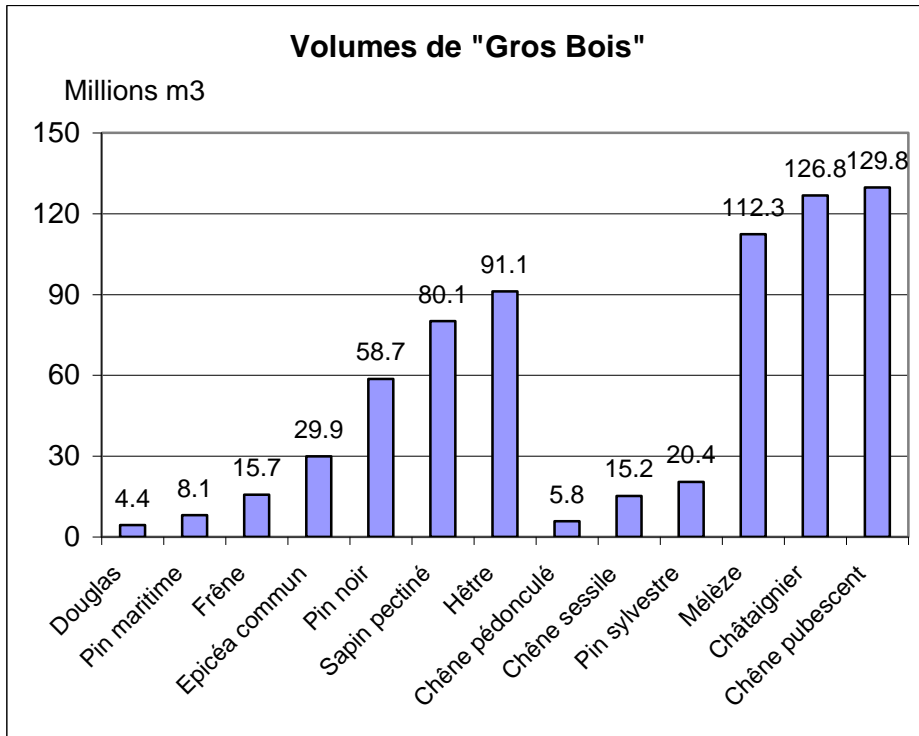
Pour examiner l'adéquation entre la ressource forestière et les besoins des industries du bois nous allons considérer la part de la ressource constituée d'arbres dont le diamètre à hauteur d'homme est supérieur à 40 cm que l'on dénomme ici les « gros bois ». (Leban et al, 2007). Nous allons considérer que c'est la part de la ressource destinées à la première transformation par sciage.

Dans le tableau suivant on présente les volumes sur pied des principales essences forestières en spécifiant les volumes sur pied totaux et de « gros bois ».

Essences	Volume sur pied (m ³)	Volumes „Gros Bois“	% gros bois	Accroissements (m ³ /an)	% Accroissement en Volume]
Pin sylvestre	140469132	29861313	21.26	604853	2.03
Douglas	65349996	15698971	24.02	828049	5.27
Epicéa commun	169625820	58678837	34.59	1629889	2.78
Pin maritime	201829658	80096334	39.69	3144985	3.93
Mélèze	19566660	8085463	41.32	157796	1.95
Sp. pectiné	168856047	91108929	53.96	2324279	2.55
Frêne	61505222	15192546	24.70	482820	3.18
Hêtre	247864321	112327257	45.32	2785533	2.48
Chêne sessile	273365362	126776875	46.38	2811963	2.17
Chêne pédonculé	262126619	129763434	49.50	2742776	2.16
TOTAL	1610558838	667589960	41.45	17512944	2.62

Le pourcentage de « gros bois » varie ainsi de 21% du volume sur pied pour le pin sylvestre à plus de 54 % pour le sapin pectiné : ces variations considérables entre les différentes essences reflètent des variations résultant de la localisation des peuplements (classes de fertilité) mais également des modes de gestion forestière qui peuvent varier selon les types de propriétés (public, privé).

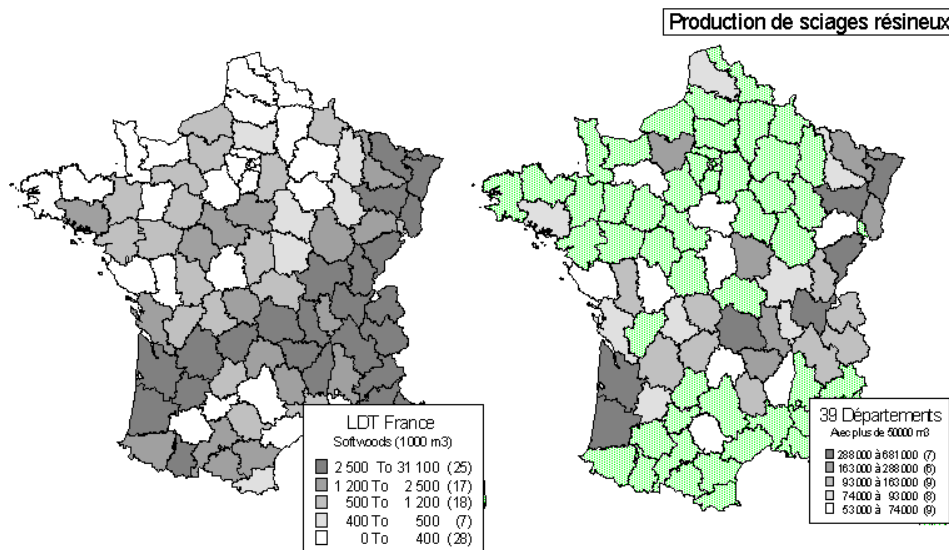
Par exemple, la faible proportion de « gros bois » observée pour le douglas résulte principalement du caractère relativement « jeune » de cette ressource tandis que pour le pin sylvestre l'explication de la faible proportion de gros bois est probablement due à la localisation de cette ressource sur des stations peu fertiles. Enfin la forte proportion de « gros bois » observée pour le sapin pectiné s'explique probablement par le succès des plantations d'épicéa commun faites depuis 1947. Cette essence qui est largement préférée par l'industrie du sciage et de la construction puisqu'elle provient d'une ressource homogène et produit un bois présentant de meilleures propriétés que le bois du sapin pectiné (homogénéité de la ressource, bois plus clair, pas de nœuds noirs, plus facile à sécher etc.). Pour les feuillus la situation est moins contrastée. La part la plus importante de la ressource présente une proportion importante de « gros bois » comprise entre 45 et près de 50% du volume total sur pied pour respectivement le hêtre et le chêne pédonculé.



Ces données illustrent une grande hétérogénéité de la ressource forestière française. La mise en relation entre les volumés de bois sur pied et les volumés de sciages commercialisés fait apparaître une conséquence de cette hétérogénéité de structure mais également des différences entre feuillus et résineux en termes de production de sciages (rendement très différents en faveur des résineux).

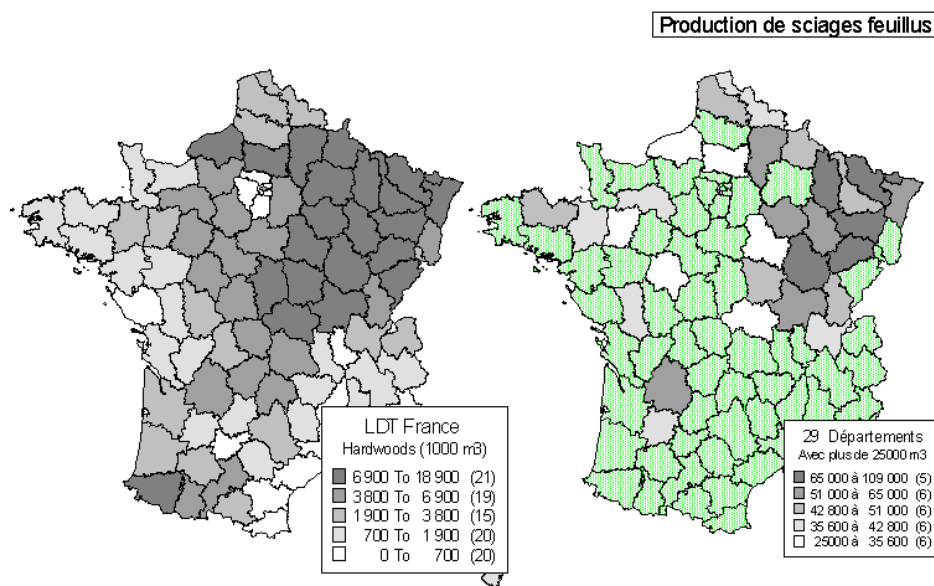
Les cartes suivantes illustrent une bonne adéquation entre la ressource forestière résineuse et la production de sciages et à l'inverse, une mauvaise adéquation entre la ressource feuillue et la production de sciages feuillus.

Les résineux



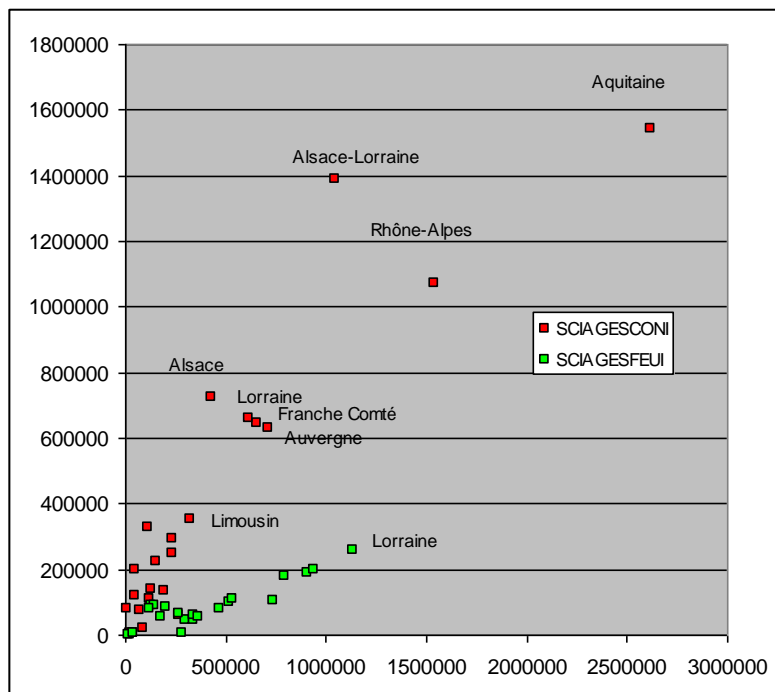
Une carte de la production de sciages qui recouvre l'essentiel de la ressource exploitable

Les feuillus



Une carte des productions de sciages qui ne recouvre que partiellement la ressource

La figure suivante illustre d'une autre manière les cartes précédentes. Elle représente les volumes de sciages commercialisés en fonction de l'accroissement annuel par région administrative en distinguant les feuillus des résineux. Cela fait apparaître bien clairement deux filières bois bien distinctes : la ressource résineuse (points rouges) produit un volume de sciage qui est proportionnel au volume sur pied et à l'accroissement biologique, ce qui n'est pas le cas de la ressource feuillue (points verts).



Sur cette figure on observe que les résineux (points rouges) sont placés au-dessus de la diagonale du graphe, ce qui traduirait un niveau de prélèvement supérieur à l'accroissement biologique (sur la base d'un rendement moyen de sciage de 0,5).

Ces différents éléments d'analyse montrent de grandes disparités régionales et entre feuillus et résineux. L'augmentation de l'utilisation du bois de nos ressources forestières est donc bien un challenge et pas aussi simple que pourraient le laisser penser les résultats globaux de l'inventaire présentés au début de ce résumé.

Sur le long terme, le challenge ne serait-il pas d'augmenter la proportion de résineux de plantations dans notre ressource ? En effet, leur plus grande homogénéité en termes de structure des peuplements et de propriétés de leur bois favorisent une production plus simple et moins coûteuse.

Pour la ressource actuelle, il s'agit principalement de mieux valoriser la ressource forestière feuillue par le développement de nouveaux produits bois présentant suffisamment de valeur ajoutée de manière à compenser des coûts de transformation qui aujourd'hui pénalisent les feuillus par rapport aux résineux.

2. Les nouveaux produits bois

Le Grenelle de l'environnement a fixé trois objectifs majeurs d'ici 2020 : améliorer de 20% l'efficacité énergétique, réduire d'au moins 20% les émissions de gaz à effet de serre et porter à 23% la part des énergies renouvelables dans la consommation d'énergie finale.

Ces objectifs vont impacter durablement la filière bois, et l'intérêt marqué du grand public pour le matériau bois est déjà avéré. Le bois s'inscrit en effet dans une démarche vers un développement durable, et il s'impose clairement comme un matériau à dimension environnementale.

L'engouement pour le bois est donc bien perceptible et il ne devrait pas se démentir comme en atteste, dans le domaine de la construction : (i) l'intérêt des grands groupes Vinci, Eiffage ou Bouygues, qui proposent à présent une offre BOIS substantielle dans leurs catalogues, et (ii) le soutien des pouvoirs publics qui incitent fortement au développement de cette filière.

A l'heure actuelle, la récolte commercialisée de la forêt française approvisionne trois principaux secteurs [SESSI-INSEE, 2008] :

- le bois d'œuvre, pour la construction, l'ameublement, la menuiserie ou l'emballage bois (78% de l'utilisation),
- le bois d'industrie, pour la fabrication des panneaux et pâtes à papier (15% de l'utilisation),
- le bois énergie, essentiellement pour le chauffage (7% de l'utilisation – la ressource disponible est théoriquement en augmentation mais l'accessibilité reste un problème).

Bien que le secteur de la construction soit le principal débouché des produits de la forêt, la France reste pourtant en retard avec un taux d'incorporation du bois dans la construction qui stagne à 10% tandis qu'il est de 15% en Allemagne et de 35% en Scandinavie et en Amérique du Nord.

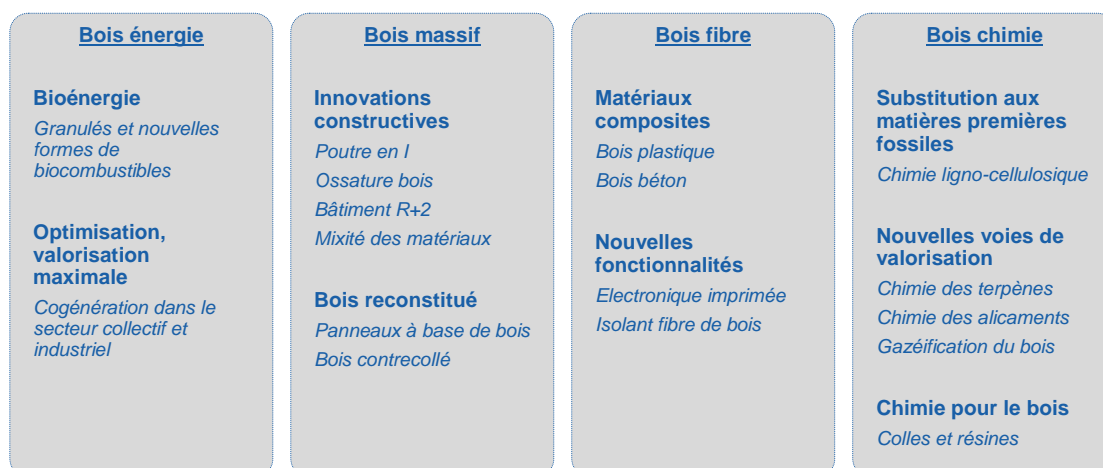
Dans les domaines autres que la construction, la biomasse apparaît comme la nouvelle ressource à partir de laquelle la Chimie Verte commence à se développer. La matière lignocellulosique est en effet une alternative crédible aux produits de la pétrochimie, à même d'offrir de nouvelles molécules et de nouveaux produits dérivés. L'enjeu est de pouvoir transformer les papeteries, qui ont offert les premiers produits industriels matures dérivés de ressources naturelles, en bioraffineries. En plus des désormais traditionnelles applications en tant que combustible et en tant que sources de fibres, la biomasse une fois transformée chimiquement permet déjà de formuler de nouveaux plastiques, résines, adhésifs, composites, principes actifs, solvants, tensioactifs, etc.

Le bois, étant abondant et renouvelable en tant que tel mais aussi en tant que déchet d'autres industries, tient la première place pour devenir le substitut aux matières premières fossiles. Dans le contexte global dominé par la nécessité d'économiser les ressources non renouvelables, de réduire les émissions de gaz à effet de serre et de limiter l'empreinte carbone, les industriels de la filière forêt bois ont donc tout intérêt à développer et/ou renouveler des produits utilisant la biomasse comme matière première. Une feuille de route a d'ailleurs été rédigée en ce sens par Agenda 2020 Technology Alliance (USA) en collaboration avec le département américain de l'énergie.

Compte tenu de l'ampleur du sujet, et tant les possibilités d'obtenir des produits dérivés sont nombreuses, seuls quelques exemples seront donnés ici.

La Figure 1 regroupe quelques produits phares à l'horizon 2020, répartis dans les secteurs du bois-énergie, bois massif, bois-fibres et bois-chimie.

3. Les différents types de produits bois



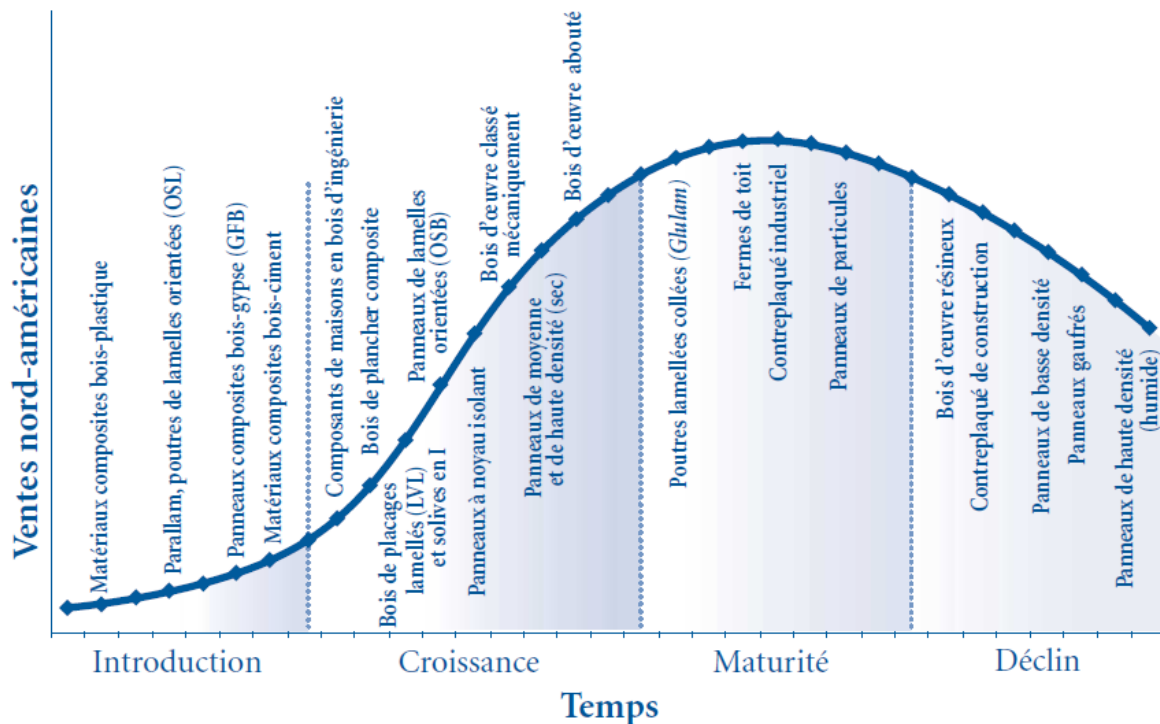
Identification des principaux produits phares issus du bois à l'horizon 2020. Source : Cabinet ALCIMED.

De ces quatre domaines c'est le secteur de la construction qui connaît actuellement une mutation importante au travers de l'augmentation bien visible de l'usage du bois.

Sous l'angle de l'innovation par rapport à l'entreprise et au marché, on distingue généralement six types de produits :

- Les produits entièrement nouveaux qui créent un nouveau marché.
- Les gammes de nouveaux produits qui permettent à une entreprise d'entrer pour la première fois sur un marché déjà établi.
- Les extensions des gammes existantes de produits qui ajoutent de nouveaux produits.
- Les modifications ou les améliorations apportées aux produits existants de l'entreprise. Ils remplacent les produits existants, car ils sont plus performants ou ont une valeur perçue comme plus élevée.
- Les produits repositionnés, c'est-à-dire des produits existants dirigés vers de nouveaux marchés ou d'autres segments du marché.
- Les produits dont les coûts sont réduits. La qualité de ces produits existants est maintenue, mais ils sont offerts à un prix moindre.

Il s'agit donc de tous les produits innovants, c'est-à-dire non existants aujourd'hui sur le marché ou en cours de développement et s'adressant à des utilisations et marchés nouveaux, mais également de tous les produits arrivant, pour certains, à maturité et pouvant faire l'objet de diversifications susceptibles de nouveaux développements et d'engendrer une croissance économique (Huppé, 2003). Ces produits peuvent être classés selon quatre catégories comme indiqué sur la Figure 2.



Cycle de vie des produits du bois. Source : graphique de base de USDA Forest Service, Nexfor et ajouts par le ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, 2002.

L'étude se concentre donc sur la création de valeur, qu'elle soit issue de produits innovants ou plus traditionnels mais qui sont de véritables moteurs de la filière bois, ainsi que sur la création d'emplois permise grâce à ces nouveaux produits (ALCIMED-PIPAME, 2011). Dès lors, entrent dans ce domaine :

- Les catégories de bois « classiques » (bois massifs, reconstitués, etc.) dans la mesure où des innovations pourraient ouvrir de nouveaux débouchés ;
- Les nouveaux matériaux : bois traités thermiquement, composites, etc. ;
- Les nouvelles utilisations des composantes du bois : molécules pour la chimie, la pharmacie, etc. ;
- Les phénomènes possibles de substitution du bois à d'autres matériaux et inversement.

Ainsi, par exemple, le bois d'œuvre classé visuellement va être progressivement remplacé par le bois d'œuvre classé mécaniquement ou par tomographie RX. C'est donc le même produit qui sera obtenu en introduisant dans les processus de transformation des technologies visant à évaluer simultanément, et de manière plus fiable, les propriétés mécaniques et d'aspect. Au travers de ces nouvelles technologies, la détermination plus précise du niveau de propriétés mécaniques conduira à réduire les coefficients de sécurité et conduira à une meilleure utilisation de ces bois en structure, ce qui ouvre une nouvelle voie de croissance.

4. L'essor de la construction bois

La redécouverte récente du bois dans le secteur de la construction est sans doute le virage le plus perceptible pour le grand public. Ce matériau ne manque en effet pas d'atouts techniques et économiques : caractéristiques thermiques, stockage de carbone (une tonne de carbone par m³ de bois), délais de construction courts, etc. Michel Perrin, Directeur opérationnel du CNDB, explique : « Malgré des carnets de commande en baisse, les entreprises de construction bois ont mieux résisté que les entreprises de maçonnerie. L'engouement pour le bois est bel et bien réel ». Et il ne devrait pas se démentir. Les pouvoirs publics incitent aussi fortement au développement de la filière bois-construction.

Le décret n° 2010-273 modifiant le décret n°2005-1647 du 26 décembre 2005 relatif à l'utilisation du bois dans la construction neuve, a été publié au journal officiel du 15 mars 2010. Il stipule que, pour les immeubles à usage d'habitation, le volume minimal de bois à incorporer pourra être, en 2012, jusqu'à dix fois supérieur à celui en vigueur actuellement, soit $35 \text{ dm}^3/\text{m}^2$ SHON. Pour un bâtiment à usage industriel, le volume ne pourra pas être inférieur à 5 dm^3 en 2012, et pour tous les autres bâtiments, la quantité de bois sera fixée à 10 dm^3 .

Cependant, pour parvenir à ces objectifs, la filière devra relever un double défi : l'industrialisation et la standardisation des procédés. Ainsi, la construction bois pourra devenir compétitive.

5. Des innovations dans la construction

Les entreprises de la filière Forêt-Bois connaissent depuis quelques années des changements en profondeur. Certains produits traditionnels sont progressivement remplacés par de nouveaux. Par exemple, au Québec, le contreplaqué de résineux est de plus en plus remplacé par le panneau de lamelles orientées (OSB) et le bois d'œuvre classé visuellement l'est, dans certaines utilisations, par le bois d'œuvre classé mécaniquement (MSR). L'industrie doit en effet constamment s'adapter aux nouvelles réalités et elle est en compétition maintenant avec des matériaux à base de plastique, de béton, d'acier et de nouvelles sources de fibres. C'est ainsi que, par exemple, les produits et procédés suivants ont pu voir le jour récemment.

6. Deux exemples d'innovation incrémentale

Dans le secteur de la construction, les innovations portent principalement sur les améliorations de produits existants sans innovation de rupture. La tendance générale vise la standardisation au travers de la production de différents types de panneaux à base de bois reconstitués à partir d'éléments de base de différentes tailles, les panneaux de fibres, de copeaux pressés, de lamelles de bois, de placages déroulés et contrecollés selon différentes orientations mais également de bois massifs reconstitués à partir de sciages.

Le nouveau contreplaqué UPM Grada (Figure 3) s'appuie sur une technologie qui permet de modeler les panneaux par chauffage, puis de les laisser refroidir. Le chauffage et le façonnage peuvent également être appliqués à une partie spécifique du panneau pour former à faible coût des objets de très grandes dimensions. La matière première servant à la fabrication du contreplaqué est un bois certifié et, en fin de vie, ce nouveau produit peut être recyclé ou utilisé comme source d'énergie. Enfin, l'adhésif employé ne contient ni formaldéhyde ni aucun autre composant nocif.

Cet exemple illustre une perspective d'une nouvelle phase de croissance pour un produit existant qui est en phase de déclin.



Figure 3 : Contreplaqué UPM Grada.

Un deuxième exemple concerne la production en usine d'éléments structuraux dans le but d'une mise en œuvre rapide sur chantier. Il s'agit d'un type de caisson constitué d'éléments de bois massif, panneaux et nervures, assemblés par collage. Ce type de produit est adapté aux bâtiments à ossature bois, en dalle de toiture (20 mètres de portée), ainsi qu'en plancher (9 mètres de portée) (Figure 4).



Figure 4 : Eléments structuraux préfabriqués en usine à base de panneaux bois (KERTO).

7. Quelques procédés innovants récents Wood Protect

En termes de protection du bois, et afin d'en augmenter la durée de vie, le procédé Wood Protect mérite d'être cité. Il s'agit d'«une méthode 100% naturelle éco-compatible, donc sans effet nocif pour l'homme et l'environnement » selon leurs inventeurs : le Laboratoire de Chimie Agro-industrielle (LCA) de Toulouse en association avec Lapeyre.

La méthode consiste à imprégner le bois à cœur par une substance dérivée d'huiles végétales. Ce traitement donne à des essences de bois ordinaires une trentaine d'années de durée de vie, c'est-à-dire l'équivalent de celle des bois exotiques. « Cela permet donc de réduire la déforestation en Asie ou en Afrique », explique Marie-Elizabeth Borredon, directrice du LCA.

Ces travaux en collaboration avec Lapeyre ont été couronnés en mars 2007 par le Prix Pierre Potier, décerné par le Ministère de l'Industrie aux innovations françaises les plus marquantes issues de la chimie verte. L'étude a été financée par Lapeyre à hauteur de 300 000 euros en contrepartie de la détention du brevet. L'industriel a d'ailleurs lancé dès septembre 2006 avec un beau succès sa nouvelle gamme de volets en sapin Wood Protect. D'autres produits, tels portes ou fenêtres, devraient suivre.

8. Bois soudé

Un autre exemple emblématique, lié cette fois à l'assemblage, est le procédé dit de « soudage » du bois qui permet l'adhésion de pièces de bois entre elles par la mise en œuvre d'un procédé de friction linéaire ou rotative (Figure 5).

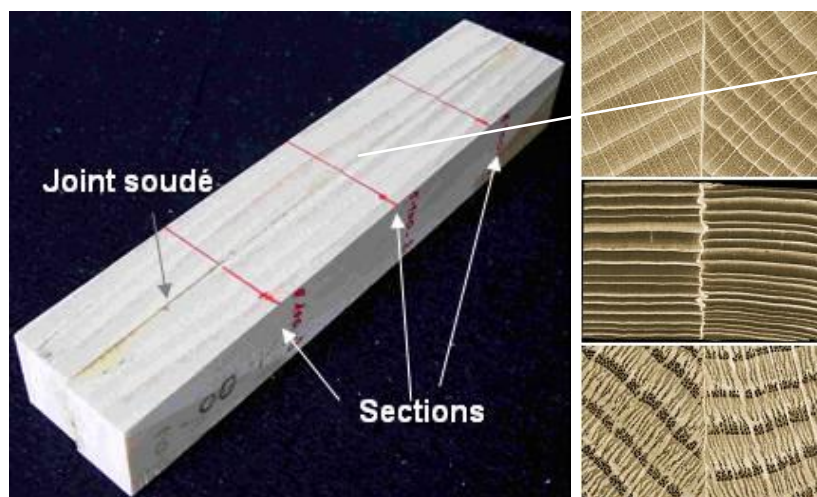
La chaleur nécessaire à la fusion des deux pièces de bois est générée en pressant les échantillons à assembler l'un contre l'autre tout en leur appliquant un mouvement relatif. La chaleur ainsi générée provoque la fusion des matériaux de l'interface de contact en quelques secondes. Le mouvement de vibration ou de rotation est alors stoppé et les échantillons sont maintenus en contact sous pression jusqu'à la solidification de l'interface.

Le soudage du bois est basé sur la fusion et l'écoulement des constituants des parois des fibres du bois, principalement la lignine mais également les hémicelluloses. Pendant la friction des deux pièces de bois entre elles, les températures élevées (plus de 180 °C) atteintes en quelques secondes à l'interface provoque la fusion de ces polymères amorphes. Cela conduit à la formation d'un enchevêtrement de fibres qui sont localement fortement comprimées et dont la fusion des parois produit, après solidification sous

charge, une adhésion des pièces entre elles. Le joint soudé ainsi obtenu est constitué d'une matrice de polymère à base de lignine fondue (Figure 6).

Les principaux paramètres de ce procédé sont l'amplitude du mouvement et sa fréquence, la pression de friction ainsi que la pression et la durée du maintien après arrêt du mouvement. Ces paramètres sont interdépendants, et il est nécessaire de définir expérimentalement les jeux de paramètres optimaux.

Cette démarche prend une importance toute particulière pour le matériau bois (Figure 7). Il faut tenir compte de la variabilité naturelle de ce matériau d'origine biologique (Leban et al., 2004), dont les plans ligneux peuvent être soit homogènes (hêtre) soit très hétérogènes (chênes et résineux).



Sur la gauche deux échantillons de bois soudés. Les lignes rouges représentent la localisation des sections transversales que l'on prélève par sciage pour l'analyse de la qualité du joint soudé. Sur la partie droite sont représentées trois sections transversales. Elles illustrent les différentes formes du joint soudé obtenues pour trois essences : du haut vers le bas, le hêtre, l'épicéa commun et le chêne (Photo et radiographies P. Gelhayé).

Le procédé par friction linéaire requiert des machines dont le coût élevé limite jusqu'à présent le développement d'applications industrielles. Par contre le procédé de soudage par rotation nécessite de simples perceuses pour la mise en place de tourillons soudés.

La conception et la réalisation d'un plancher de quatre mètres de côté (Figure 8) a permis de vérifier expérimentalement la faisabilité de ce type d'assemblage et de montrer que la structure obtenue satisfaisait les exigences réglementaires définies par l'Eurocode 5 (Bocquet et al. 2007), ce qui ouvre la perspective d'applications industrielles encore à venir.

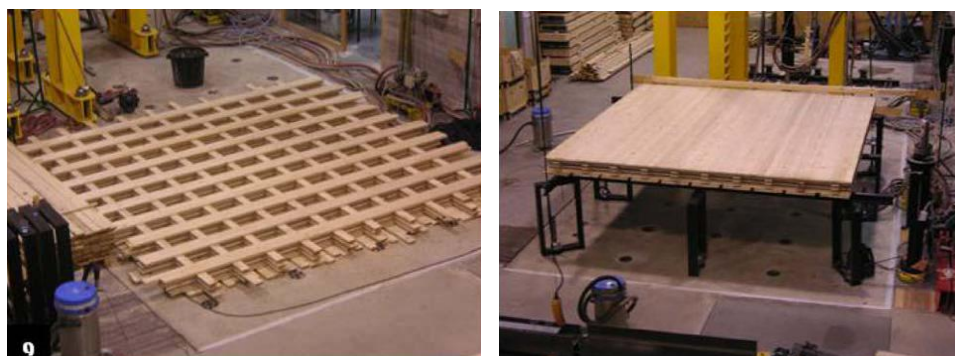


Illustration du plancher assemblé par soudage rotatif : à gauche en cours de construction, à droite le plancher est achevé et prêt à être testé (Bocquet et al. 2007).

Pour ce qui est des matériaux de structure, des innovations en termes de produits mais aussi de procédés ont donc récemment vu le jour, qui permettent de réenvisager le bois et ses dérivés sous de nouvelles formes.

Pourtant le potentiel de développement le plus important réside très certainement dans l'innovation dite incrémentale et plus précisément en explorant deux pistes principales pour les ressources forestières actuelles.

La première vise une standardisation des procédés et des produits pour mettre à disposition du marché des produits à des coûts compétitifs.

La seconde porte sur une intégration dans les produits destinés à la construction d'essences feuillues qui constituent la part principale de la ressource encore insuffisamment exploitée.

9. Références

- [1] Service des études et des statistiques industrielles (SESSI) – INSEE, 2008. Panorama de l'industrie par grands secteurs d'activité - Édition 2008.
- [2] Agenda 2020 Technology Alliance – US Department of Energy (USA), 2006. Forest Products Industry Technology Roadmap, June 2006.
- [3] ALCIMED-PIPAME., 2011. Prospective sur le marché actuel des nouveaux produits issus du bois et des évolutions à échéance 2020, 161 pages
- [4] Bocquet J.F., Pizzi A., Resch L., 2007. Full-scale industrial wood floor assembly and structures by welded-through dowels. Holz als Roh-und Werkstoff 65, 149–155.
- [5] Celzard, A., Leban JM., 2011. De nouveaux matériaux à base de bois : un contexte, des exemples. Colloque – Forêts-Bois : quelles ressources pour quels produits ? – Nancy – 16 décembre 2011, 13 pages
- [6] Huppé S., 2003. Cycle de vie des produits forestiers, 2003. Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, Direction du développement de l'industrie des produits forestiers Mai 2003, 22 pages.
- [7] Leban, J.M., Pizzi, A., Wieland, S., Zanetti, M., Properzi, M., Pichelin, F., 2004. X-Ray Microdensitometry Analysis of Vibration-welded Wood. J.Adhesion Sci. Technol. Volume 18(6): 673-685.
- [8] Leban, J.M., 2007. Les gros bois de la forêt française, séminaire INRA, Bordeaux,