



VALORISATION DES FEUILLUS DANS LA CONSTRUCTION

Si la production de sciages feuillus a fortement diminué en France depuis 20 ans, les professionnels cherchent à revaloriser aujourd'hui l'immense potentiel de ces essences dans la construction, et plus particulièrement en structure, à condition de lever les derniers freins à leur utilisation.

Objectifs de l'étude

Collecter et compléter au niveau européen les connaissances existantes sur les essences feuillues

En Europe, les essences feuillues n'apparaissent presque jamais dans un contexte bois - construction en dépit de l'importance de la ressource dans des pays tels que la France, l'Allemagne ou l'Autriche. Cela, en raison des lacunes importantes concernant leur évaluation mécanique, leur intégration dans les process de transformation courants, l'évaluation des produits reconstitués à partir de ces essences, et leur reconnaissance par le marché.

Dans ce contexte, l'objectif principal du projet européen du Wood Wisdom - Net **EU-HARDWOODS** (mars 2014 – décembre 2016) était de collecter et compléter au niveau européen les connaissances existantes sur les essences feuillues, d'en assurer la reconnaissance au regard des exigences du domaine de la construction, puis de les intégrer à des modèles de production performants et présentant un potentiel économique viable et adapté au marché.

Le partenariat mis en place pour conduire ce projet réunit des pays parmi les plus impliqués dans la valorisation des essences feuillues en Europe : l'Autriche (coordinateur), l'Allemagne et la France (où se trouvent les plus gros volumes de bois sur pieds) et la Slovaquie. Les partenaires français sont l'Institut Technologique FCBA et le fabricant de structures en bois lamellé collé SIMONIN, avec le support de l'ADEME, du Ministère de l'Agriculture, du CODIFAB et de France Bois Forêt.

En France, cette démarche fait suite aux campagnes de caractérisation du chêne (2004 et 2009) et des cultivars de

peuplier (2009 et 2013) menées par FCBA avec les acteurs techniques et institutionnels concernés, suivies par les campagnes de caractérisation du châtaignier (2012 à 2015) et du hêtre (2011 à 2016) lancées suite à l'état des lieux recensé dans le rapport «valorisation des feuillus » (Etude du Ministère de l'Agriculture – 2011).

Fournir les réponses techniques qui permettront de développer des produits à haute valeur ajoutée et préparer le cadre normatif et/ou réglementaire qui permettra de les accueillir sur le marché

Pour valoriser les essences feuillues sur le marché de la construction bois, il est essentiel de créer des produits à haute valeur ajoutée et préparer le cadre réglementaire et/ou normatif qui permettra de les accueillir sur le marché. Pour cela, le projet EU-Hardwood étudie toutes les phases de la chaîne de valorisation : approvisionnement, classement pour la résistance, reconstitution par collage de produits à haute valeur ajoutée.

Une restitution devant les professionnels et les acteurs économiques des filières concernées

Le 1^{er} février 2017, FCBA et ses partenaires européens ont présenté les résultats de ce projet devant un parterre de 40 professionnels, associations, fédérations, écoles et universités, en présence du Ministère de l'Agriculture et de l'ADEME. Parmi eux, des industriels de la 1^{ère} transformation (scieries), de la 2^{nde} transformation (lamellistes, constructeurs, fabricants de colle), des associations interprofessionnelles (France Bois Forêt, BoisLim, Interbois Périgord, Nord Picardie Bois), des fédérations (Fédération Nationale du Bois), l'Office National des Forêts.

Accueilli par Georges-Henri Florentin, Directeur Général de FCBA, et après une introduction d'André Richter, Directeur des



Programmes de FCBA, sur le besoin de valorisation des essences feuillues, le public a pu écouter pendant toute la journée les restitutions des différents partenaires du projet concernant les acquis, perspectives et challenges à relever à chaque étape de la chaîne de valorisation.

Inventaire des ressources

Un inventaire de la ressource européenne et ses perspectives d'évolution selon différents scénarii ont été présentés par Udo Sauter (FVA Freiburg – DE). L'objectif est de définir le potentiel de différentes essences : chêne, hêtre, châtaignier, frêne. Ces essences connaissent actuellement un développement croissant du stock de bois sur pied, à l'exception du frêne touché par la chalarose qui provoque son dépérissement. En ce qui concerne les perspectives d'évolution, on peut s'attendre à des volumes de bois récoltables annuellement constants et même croissants pour le chêne et le hêtre au cours des prochaines décennies. Pour ce qui est de l'inventaire des ressources sur pied en France, le FVA s'est appuyé sur les résultats de l'étude IGN – FCBA « *Etude de disponibilité en bois pour l'énergie et les matériaux en France, à l'horizon 2035* ».

Classement selon la résistance

Pour une utilisation dans la construction, les essences feuillues doivent préalablement être classées selon la résistance. Une présentation du système de classement selon la résistance européen, avec l'application pratique de l'attribution de classes de résistance mécanique au hêtre autrichien selon la norme EN 1912 : *Bois de structure – classe de résistance*, a été réalisée par Eugen Spitaler (HFA Vienne – AT). L'objectif est l'inventaire des essences actuellement classées et l'identification d'éventuelles lacunes.

Les principales essences feuillues présentes en Europe peuvent être classées visuellement en utilisant des règles de classement nationales. La norme EN 1912 permet de corréler les classements nationaux aux classes de résistance mécaniques européennes : classes «D». Le hêtre (Allemagne, France), le chêne (Allemagne, France), le châtaignier (Italie, Espagne, France) ainsi que le frêne (Allemagne) peuvent d'ores et déjà être affectés à des classes de résistance mécanique pouvant être très élevées (> D40). Pour toutes les autres essences et/ou origines, les corrélations entre classement visuel national et classe mécanique européennes n'ont pu être établies du fait d'un manque d'études ou de données disponibles.



Photos 1 : FCBA présente les résultats de l'étude
Georges-Henri Florentin (photo du haut) et Guillaume Legrand
(photo du bas)



Outre le classement visuel, le classement mécanique serait une autre option pour allouer les essences feuillues à des classes de résistance. Il présente l'avantage de la vitesse et de la répétabilité, avec une amélioration notable des rendements. Cependant, jusqu'à présent, ce classement mécanique n'a pu être établi. Pour les bois feuillus, la pente de fil en particulier a un fort impact sur la résistance.

Un modèle de prédiction devrait inclure cette caractéristique, et une machine de classement devrait être capable de l'évaluer. Selon Eugen Spitaler (HFA Vienne - AT), les machines de classement basées sur la transmission par micro-ondes ont le potentiel de classer les bois feuillus car il est possible d'évaluer la masse volumique, la teneur en humidité et la pente de fil en un seul passage. Les tests d'orientation réalisés au HFA montrent ce potentiel.

Bois Lamellé Collé de feuillus

Production et évaluation de produits reconstitués à haute valeur ajoutée tels que les bois lamellés collés et les bois lamellés croisés

Pour valoriser les atouts esthétiques et mécaniques des essences feuillues sur le marché de la construction, et tenir compte des coûts d'approvisionnement et de transformation plus élevés comparativement aux essences résineuses, il est essentiel de créer des produits à haute valeur ajoutée tels que les bois lamellés collés (BLC) et les bois lamellés croisés (CLT).

✓ CLT hybride épicea / hêtre

Une présentation d'un nouveau type de CLT hybride résineux (épicea) / feuillu (hêtre) a été réalisée par Simon Aicher (MPA Stuttgart – DE). Les CLT soumis à des chargements hors plan (application plancher) subissent des contraintes de flexion pouvant conduire à des ruptures en traction de la couche inférieure, en cisaillement roulant dans une couche, et/ou en cisaillement entre deux couches. La capacité de chargement du CLT peut être accrue de façon significative par l'utilisation de couches d'essences feuillues dont la résistance et la rigidité sont souvent supérieures à celles des essences résineuses. Pour les sollicitations dans le plan (application mur), la plus forte rigidité des CLT hybrides permettra d'accroître la stabilité des parois minces sous charges verticales, par exemple dans le cas de bâtiments de grande hauteur.

Un exemple de CLT hybride épicea / hêtre développé, fabriqué, et caractérisé en partenariat avec l'entreprise Holtz Schiller (DE) a été présenté. Selon Simon Aicher (MPA), la résistance au cisaillement roulant ($f_{v,r}$) d'un tel CLT pourrait attendre 3 fois celle d'un CLT homogène d'épicea. La rigidité (G_r, E_0) pourrait être multipliée par un facteur 5, voir plus... Pour valoriser cette innovation, un *European Assessment Document* (EAD) est en préparation avec l'entreprise. Cette procédure concerne l'évaluation de la performance d'un produit de construction non traditionnel, donc non couvert par une norme harmonisée, par rapport à ses caractéristiques essentielles.

✓ Reconnaissance d'un produit non traditionnel par le marché

Il est important de souligner à ce niveau l'importance de préparer le cadre normatif et/ou réglementaire qui permettra d'accueillir ces nouveaux produits sur le marché. A chaque étape de la chaîne de valorisation, le projet EU-Hardwood a pour objectif de valoriser les informations collectées et/ou acquises auprès des groupes de normalisation concernés afin de faire entrer ces nouveaux produits dans la « traditionnalité ».

Dans l'attente, une présentation de Mathieu Lambert (FCBA – FR) avait pour objectif de faire le point sur l'état actuel de la réglementation / normalisation française et européenne et présenter les différentes voies de reconnaissance possibles. Aujourd'hui, la procédure d'avis technique national ou d'Evaluation Technique Européenne restent les seules voies de reconnaissance de ces produits par le marché.

✓ BLC homogène et panachés

La norme harmonisée EN 14080 pour le marquage CE du BLC et du BMR est limitée aux essences résineuses mentionnées dans la norme et au peuplier. Elle stipule néanmoins la possibilité de fabriquer du BLC à partir d'essences feuillues en se basant sur les mêmes exigences. En revanche, l'annexe ZA c'est-à-dire le marquage CE du produit, n'est pas applicable. Le développement de nouveaux produits reconstitués à partir d'essences feuillues n'en est pas moins possible et Simon Aicher (MPA Stuttgart - DE) a fait l'inventaire des Avis Techniques qui ont d'ores et déjà été délivrés à travers l'Europe.

A l'occasion du projet européen EU-Hardwood, FCBA et ses partenaires ont quant à eux posé un regard technico-économique

et organisationnel sur les ambitions de création de BLC homogène et panaché (mix de qualités) en chêne issu de la ressource française. Les résultats présentés par Morgan Vuillemoz et Guillaume Legrand (FCBA – FR) nous éclairent sur les ajustements à réaliser à moyen terme pour assurer l'émergence de ces nouveaux produits sur des marchés concurrentiels déjà occupés par des produits à base de résineux, ainsi que sur leur potentiel mécanique.

FCBA s'est appuyé sur le fabricant de lamellé collé SIMONIN, partenaire du projet, son fournisseur de colle AKZO NOBEL, les scieries de chêne MUTELET et TRENDEL, et l'ONF avec lesquels 2 scénarii de valorisation impliquant des degrés de changement différents ont été éprouvés :

- ✓ Production de BLC à partir d'avivés traditionnellement proposés par les scieries de chêne, impliquant un degré de changement faible
- ✓ Production de BLC à partir d'avivés issus de grumes sélectionnées, impliquant un degré de changement fort

D'un point de vue organisationnel, l'étude du 1^{er} scénario fait apparaître des pistes d'amélioration pour la mise en place progressive d'une chaîne d'approvisionnement en lamelles de chêne à destination de la production de BLC entre la scierie et le lamelliste.

Suite à l'obtention de ces premières conclusions encourageantes, l'objectif du second scénario était double :

- ✓ Mettre en place une chaîne de valorisation de grumes spécifiquement sélectionnées depuis la forêt jusqu'à la 2nde transformation, pour tirer parti des propriétés mécaniques élevées des arbres jeunes, le plus souvent issus d'éclaircies, de la chênaie française (*JD Lanvin et D Reuling - FCBA, Caractérisation du chêne sessile et pédonculé de France en vue de son utilisation en structure, La Revue Forestière Française Rev. For. Fr. LXIV – 2, 2012*)
- ✓ Produire des BLC homogènes et panachés afin de valoriser toutes les qualités issues de telles grumes, et en particulier les avivés présentant des singularités.

Les résultats démontrent que du BLC extrêmement performant peut être produit à partir de chêne français, un approvisionnement ciblé et des compositions panachées méritant d'être considérés en vue d'une meilleure valorisation du potentiel mécanique de cette essence et des différentes qualités.

Néanmoins, les relations client – fournisseur entre le lamelliste et le scieur pourraient encore être améliorées sous certaines conditions :

- ✓ Délai de livraison plus long et visibilité sur l'année pour le scieur
- ✓ Classement selon la résistance (méthode visuelle) par le scieur
- ✓ Acceptation de différentes qualités et longueurs par le lamelliste

L'ensemble des résultats et enseignements des deux campagnes de fabrication à partir de chêne français sont disponibles dans le [rapport francophone public EU Hardwood téléchargeable sur le site FCBA](#).

✓ Développement d'un modèle de prédiction des propriétés mécaniques des BLC feuillus

Tout au long de cette étude, le « classement » des BLC de chêne a été établi par rapport aux classes existantes pour les BLC de résineux définies par la norme EN 14080. L'objectif est désormais de proposer des classes optimisées, voire de nouvelles classes pour les BLC de feuillus dont les propriétés mécaniques peuvent considérablement différer (optimisation par rapport au module d'élasticité par exemple). Les expérimentations conduites contribueront à forger ces propositions et à élaborer un modèle de prédiction des propriétés mécaniques des BLC de feuillus à partir des propriétés mécaniques des lamelles unitaires.

La norme EN 14080 inclut en effet un modèle de résistance en flexion des BLC de résineux basé sur les propriétés mécaniques, résistance à la traction et à la flexion, des lamelles unitaires massives et aboutées. Étant donné que les propriétés des essences feuillues diffèrent de celles des essences résineuses à bien des égards, il n'est pas possible d'appliquer directement ce modèle au BLC de feuillus. Par conséquent, les BLC de feuillus sont actuellement mis sur le marché sur la base d'avis Techniques nationaux et d'Évaluations Techniques Européennes basés sur des campagnes expérimentales lourdes qui représentent un frein au développement de ces nouveaux produits. Il est donc essentiel d'élaborer un modèle numérique applicable au BLC de feuillus. Ce modèle est en cours d'élaboration par le MPA Stuttgart (DE) dans le cadre du projet EU-Hardwood et devra se poursuivre en 2017. Selon Simon Aicher (MPA Stuttgart - DE), il s'appuie sur des techniques de modélisation plus avancées ainsi que des critères de rupture, comme l'utilisation de la méthode des éléments finis étendus en conjonction avec les énergies de rupture, et une gamme plus large de variables stochastiques prises en compte pour obtenir de meilleures corrélations entre les simulations et les données expérimentales fournies par le FCBA.

Perspectives

Avant d'assister à un essai de flexion sur une poutre en lamellé collé de chêne en grandeur d'emploi sous la supervision de Patrice Garcia (FCBA - FR) dans la halle d'essai du Laboratoire de Mécanique, les perspectives ont été dégagées par Guillaume Legrand (FCBA - FR). Il s'agit maintenant de poursuivre les efforts sur le développement du classement visuel et machine selon la résistance, le développement de modèles numériques de prédiction des propriétés mécaniques des BLC de feuillus homogènes et panachés (mix de qualités), et CLT homogènes et hybrides (mix d'essences) et de préparer le cadre normatif qui permettre d'accueillir ces nouveaux produits sur le marché. Il s'agira ensuite de conduire des études de coûts et de marchés afin que les feuillus trouvent leur place au côté des résineux dans le domaine de la construction, et de travailler sur la mise en place progressive de chaînes d'approvisionnement à destination de la production de BLC et CLT entre la 1^{ère} et la 2^{nde} transformation, voire depuis la forêt, avec un accompagnement des entreprises dans la conduite du changement.



Photos 2 : Test de flexion sur une poutre en lamellé collé de chêne au Laboratoire mécanique de FCBA Bordeaux

Pour en savoir plus

- > [Programme de la journée de restitution de l'étude EU HARDWOODS du 1er février 2017 à FCBA Bordeaux](#)
- > [Plaquette FCBA « Valorisation des feuillus dans la construction »](#)
- > [Rapport final « Productions prototypes de bois lamellé collé en chêne français : enseignements technico-économiques des campagnes EU-Hardwoods »](#)



Photos 3 : Réalisation en chêne bois lamellé collé par SIMONIN (crédit photos Simonin)

Le projet EU Hardwood a été réalisé avec le soutien financier de l'ADEME et du MAAF, via le programme européen WoodWisdom-Net, et des professionnels, via France Bois Forêt et le CODIFAB.

ADEME



Agence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Énergie



CODIFAB

comité professionnel de développement
des industries françaises de l'aménagement et du bois

Etude réalisée en partenariat avec :



Contacts

*Guillaume LEGRAND ● guillaume.legrand@fcba.fr

Tél. 05 56 43 64 48

**Morgan VUILLERMOZ ● morgan.vuillermoz@fcba.fr

Tél. 01 72 84 97 62

*LABORATOIRES BOIS

Laboratoire Mécanique

Allée de Boutaut – BP 227 – 33028 Bordeaux Cedex



INSTITUT TECHNOLOGIQUE

**POLE 1^{ère} TRANSFORMATION

APPROVISIONNEMENT

10 rue Galilée, 77420 Champs-sur-Marne