



Rapport de synthèse

N° 403 / 19 / 301 du 07.10.2019

*Accompagnement de la filière Peuplier en France sur
le classement structural des sciages destinés à la construction
et la valorisation en produits reconstitués*

Volet 2 : Valorisation en produit reconstitué par collage

CONSEIL NATIONAL DU PEUPLIER
47, Rue de Chaillot
75116 PARIS



Siège social
10, rue Galilée
77420 Champs-sur-Marne
Tél +33 (0)1 72 84 97 84
www.fcba.fr

Bordeaux
Allée de Boutaut – BP 227
33028 Bordeaux Cedex
Tél +33 (0)5 56 43 63 00

Siret 775 680 903 00132
APE 7219Z
Code TVA CEE : FR 14 775 680 903

Ce document comporte 21 page(s) de rapport de synthèse. Sa reproduction n'est autorisée que sous sa forme intégrale.

Sommaire

1	RAPPEL DES ENJEUX	3
1.1	Classement machine	3
1.2	Valorisation sous forme de produits reconstitués par collage	3
2	ETUDE.....	4
2.1	Objectifs.....	4
2.2	Plan d'action	4
2.2.1	Identification des débouchés potentiels pour les cultivars de peuplier sur le marché de la construction	5
2.2.2	Identification des classes de résistances à valoriser	5
2.2.3	Identification des colles adaptées aux exigences normatives et réglementaires du marché de la construction et aux exigences techniques du support de collage et des produits à fabriquer	7
2.2.4	Fabrication si nécessaire d'éprouvettes en laboratoire et évaluations permettant de valider les performances des collages réalisés	8
2.2.5	Identification des sections de sciages à produire et de lamelles à transformer	8
2.2.6	Fabrications prototypes à l'échelle industrielle et évaluations permettant de positionner les produits réalisés à partir de peuplier comparativement aux essences résineuses de référence et par rapport aux référentiels des normes harmonisées correspondantes.....	10
3	CONCLUSIONS	20
4	RÉFÉRENCES NORMATIVES	21
5	LES FINANCEURS	21

1 RAPPEL DES ENJEUX

1.1 Classement machine

Aujourd'hui, la seule possibilité de classer le peuplier français selon sa résistance repose sur la norme NF B 52 001, norme de classement visuel (4 cultivars) qui ne permet pas d'obtenir des rendements satisfaisants sur cette essence. Ceci est dû au faible niveau de corrélation existant entre les singularités d'aspect du matériau et ses performances mécaniques. De nombreux pays pratiquent en lieu et place du classement visuel un classement par machine, qui augmente considérablement les rendements dans les classes élevées, du fait de la mesure de paramètres mieux corrélés.

L'utilisation d'un tel matériel pour effectuer du classement mécanique est conditionnée à une démarche d'homologation européenne de la machine décrite par la norme EN 14081 parties 1 à 4. Cette démarche consiste à définir pour une essence les réglages de la machine pour une origine géographique donnée.

Ainsi, si de nombreuses machines de classement mécanique existent en Europe du Nord pour classer les bois résineux, aucun fabricant ne propose pour l'instant de machine homologuée pour le classement du Peuplier de provenance française ou européenne.

Or, les entreprises de la filière bois française sont confrontées à un défi d'envergure : la mise en place du marquage CE des produits de la construction et de ses procédures d'attestation de conformité associées. En effet, depuis Janvier 2012, toutes les pièces de bois à destination de la construction doivent être marquées CE, et donc classées selon leur résistance.

Dans ce contexte, **le premier volet de l'étude commandée par le CNP au FCBA avait pour objectifs d'informer les scieurs de peuplier sur le classement selon la résistance par machine et l'homologation d'un certain nombre de machines suivant la procédure décrite dans la norme EN 14 081.**

1.2 Valorisation sous forme de produits reconstitués par collage

Pour des raisons techniques et économiques liées aux caractéristiques intrinsèques et aux limitations du matériau, le bois est souvent utilisé sous forme de bois reconstitué ou réassemblé par collage. Cette technique permet d'obtenir des produits de dimensions correspondant aux attentes des marchés, dont les performances mécaniques, la fiabilité et la stabilité dimensionnelle sont meilleures que celles du bois massif, tout en améliorant les rendements en matières premières.

Dans ce contexte, **le second volet de l'étude commandée par le CNP au FCBA avait pour objectifs de consolider les choix esquissés comme débouchés potentiels pour les cultivars de peuplier sur les marchés de la construction : Bois Massif Abouté (BMA), Bois Lamellé Collé (BLC) et Panneaux Massifs Bois Contrecollés (CLT).**

2 ETUDE

2.1 Objectifs

Les principaux cultivars de peuplier sont reconnus par les normes harmonisées pour le marquage CE des produits de la construction. Néanmoins, nous manquons de retour d'expérience quant au positionnement sur ce marché des produits reconstitués par collage comparativement aux essences résineuses de référence, en particulier en terme organisationnel tout au long de la chaîne de valorisation, mais aussi de performances.

Des prototypes ont donc été réalisés à l'échelle industrielle et soumis à des programmes dévaluation allégés basés sur les référentiels décrits dans les normes harmonisées pour le marquage CE.

Il s'agit, en première approche, de démontrer à des porteurs de projets privés le potentiel de sciages de peuplier classés selon leur résistance et de les inciter à les développer selon des scénarios de valorisation techniquement et économiquement viables.

Note : le marquage CE d'un produit concerne un produit et une entreprise et cette étude, devant être considérée comme une étude incitative, ne peut donc pas aboutir au marquage CE des produits évalués.

2.2 Plan d'action

Avec l'aide des inter professions FIBOIS Haut de France, FUTUROBOIS Poitou Charentes, de partenaires industriels de la 1^{ère} et de la 2^{nde} transformation, Scierie Alglave (62), FCB Charpentes (62), Alternative Structure Bois (62), ainsi que de prescripteurs réunis en Comité de Pilotage, le plan d'action ci-dessous a été adopté :

1. Identification des débouchés potentiels pour les cultivars de peuplier sur le marché de la construction
2. Identification des classes de résistances à valoriser
3. Identification des sections de sciages à produire et de lamelles à transformer
4. Identification des colles adaptées aux exigences réglementaires du marché de la construction et aux exigences techniques du support de collage et des produits à fabriquer
5. Fabrication si nécessaire d'éprouvettes en laboratoire et évaluations permettant de valider les performances des collages réalisés
6. Fabrications prototypes à l'échelle industrielle et évaluations permettant de positionner les produits réalisés à partir de peuplier comparativement aux essences résineuses de référence et par rapport aux référentiels des normes harmonisées correspondantes
7. En parallèle, un regard technico-économique et organisationnel sur l'ensemble de la chaîne de valorisation a été posé, en tenant compte des attentes et contraintes de part et d'autres de la 1^{ère} et de la 2^{nde} transformation

2.2.1 Identification des débouchés potentiels pour les cultivars de peuplier sur le marché de la construction

Dans une optique de comparaison avec les essences résineuses de référence, et avec l'objectif de proposer des produits correspondants aux attentes du marché de la construction, les débouchés potentiels pour les cultivars de peuplier sous forme de produits reconstitués par collage suivants ont été confirmés :

- Bois Massif Abouté (BMA) pour la réalisation par exemple d'ossatures, fermettes
- Bois Lamellé Collé (BLC) pour la réalisation par exemple de poutres, poteaux
- Panneaux Massifs Bois Contrecollés (CLT) pour la réalisation par exemple de planchers, murs

2.2.2 Identification des classes de résistances à valoriser

Toujours dans la même optique, cette tâche a été réalisée en nous appuyant sur les attentes du marché, résumées dans le tableau 1.

Produit	Classe de résistance selon EN 338 attendues par le marché
BMA	C18, C24
BLC	C24, C30
CLT	C18, C24

Tableau 1 : Classes de résistance communément utilisées dans la construction pour les résineux courants

Ces attentes ont été mises en perspectives avec les résultats de la campagne de classement des cultivars de peuplier réalisée dans le cadre du premier volet de l'étude commandée par le CNP au FCBA.

Dans le cadre de ce premier volet, les résultats des essais mécaniques réalisés sur 1671 planches issus de 10 cultivars de peuplier ont permis de proposer différents scénarios de valorisation basés sur différents réglages de machines, faisant émerger les possibilités de classement selon les combinaisons de classes suivantes :

- C30 / C18
- C27 / C18
- C24 / C18
- C24 / C16
- C22 / C16
- C18

Parmi ces combinaisons, deux combinaisons offrent des rendements particulièrement intéressants comme le montrent les tableaux 2 et 3 :

- C24 / C16
- C18

Classe de résistance selon EN 338	Effectifs	Rendement (%)
C24	1112	66.5
C16	549	32.9
Rejet	10	0.6
n	1671	100

Tableau 2 : Classement des cultivars de peuplier par machine vibratoire pour la combinaison de classes C24 / C16

Classe de résistance selon EN 338	Effectifs	Rendement
C18	1661	99.4
Rejet	10	0.6
n	1671	100

Tableau 3 : Classement des cultivars de peuplier par machine vibratoire pour la classe C18

Il apparaît donc une bonne adéquation entre les attentes du marché et le potentiel mécanique de la ressource peuplier.

2.2.3 Identification des colles adaptées aux exigences normatives et réglementaires du marché de la construction et aux exigences techniques du support de collage et des produits à fabriquer

2.2.3.1 Situation

La diversité des colles existantes offre un éventail de solutions permettant le collage de quasiment toutes les essences. La difficulté réside dans le choix d'une colle adaptée aux caractéristiques de l'essence considérée et la définition de paramètres de mise en œuvre associés.

Parallèlement, il convient de prendre en considération les exigences normatives et réglementaires qui régissent le marché de la construction, en particulier concernant la validation des colles pour le collage de structures portantes en bois.

4 familles de colles sont actuellement proposées pour ce type de collage :

- Phénolique :
 - Colles Résorcinol Phénol Formol bi-composants (RPF)
- Aminoplaste :
 - Colles Mélamine Formol bi-composants (MF)
 - Colles Mélamine Urée Formol bi-composants (MUF)
- Polyuréthane :
 - Colle polyuréthane mono-composant durcissant avec l'humidité du bois (PUR)
- Isocyanates :
 - Emulsions de polymères isocyanates bi-composants (EPI)

Parmi elles, les colles MUF et PUR représentent l'essentiel du marché, qu'elles se répartissent ainsi :

En volume :

- 80% pour les colles MUF
- 15% pour les colles PUR

Par type d'application :

- BMA : 50% pour les colles MUF et 50% pour les colles PUR
- BLC : 80% pour les colles MUF et 15% pour les colles PUR
- CLT : 100% pour les colles PUR

A l'issue de leur évaluation initiale, ces colles sont automatiquement validées pour le collage des bois résineux courants : épicéa, sapin, pin sylvestre. Si elles doivent être utilisés sur une autre essence, il convient préalablement de démontrer la compatibilité de la colle avec cette essence.

Cette tâche doit être réalisée par voie d'essais de détermination de la résistance à la délamination des plans de collage selon la norme NF EN 302-2 sur éprouvettes de bois lamellé collé représentatives de l'essence considérée.

2.2.3.2 *Choix des colles*

Ainsi, dans le cadre des différentes fabrications prototypes, il a été vérifié la représentativité des colles sélectionnées sur le marché et si elles faisaient l'objet d'une extension de validation pour le collage structural du peuplier.

Pour la fabrication de BMA et de BLC, une colle MUF a été utilisée, faisant déjà l'objet d'une extension de validation pour le collage structural du peuplier.

Pour la fabrication du CLT, une colle PUR a été utilisée, ne faisant pas encore l'objet d'une extension de validation pour le collage structural du peuplier. Dans ce cas, des essais préliminaires ont été réalisés en Laboratoire afin de valider la compatibilité de la colle avec le support.

2.2.4 *Fabrication si nécessaire d'éprouvettes en laboratoire et évaluations permettant de valider les performances des collages réalisés*

Afin de valider la compatibilité avec le peuplier de la colle PUR utilisée par l'entreprise en charge de la fabrication prototype de CLT, des essais préliminaires ont été réalisés selon la norme EN 302-2 en laboratoire par le fabricant de la colle. A cette occasion, il a été démontré la nécessité d'utiliser un primaire d'accrochage afin de favoriser la bonne adhérence de la colle avec le support. Le recours à un primaire d'accrochage avant collage PUR est notamment utilisé par certains fabricants de colle pour le collage d'essences résineuses telle que le Douglas ou le Mélèze, ainsi que des essences feuillues. Les résultats font l'objet d'un rapport appartenant au fabricant de colle, dont les conclusions ont été partagées avec le FCBA et l'entreprise en charge de la fabrication prototype de CLT. Il n'est donc pas reporté en pièce jointe.

2.2.5 *Identification des sections de sciages à produire et de lamelles à transformer*

Dans une optique de comparaison avec les produits reconstitués par collage de référence sur le marché de la construction, il a été décidé avec le Comité de pilotage de réaliser des fabrications prototypes de BLC et CLT de composition directement comparable à une référence du marché. Ces fabrications sont caractérisées par un degré de changement faible en terme organisationnel par rapport à la chaîne de valorisation habituelle des bois résineux, puisque seule l'essence de bois a été remplacée par le peuplier.

Parallèlement, des fabrications prototypes ont été réalisées en introduisant des modifications supplémentaires, visant en particulier à valoriser des classes de résistances secondaires dans des produits combinant des sciages de différentes classes de résistance. Ces fabrications sont caractérisées par un degré de changement modéré par rapport à la chaîne de valorisation habituelle des bois résineux, puisque l'essence de bois a été remplacée par le peuplier, et la composition du produit de référence a été modifiée, tout en restant dans le cadre des normes harmonisées pour les produits correspondants.

Composition	Essence	Commentaire	Section des sciages secs mm ²	Section des lamelles mm ²
Homogène C24	Résineux courant	Référence	50 x 150	45 x 140
Homogène C24	Peuplier	Degré de changement faible	50 x 150	45 x 140
Combinée C24 / C16	Peuplier	Degré de changement Modéré (valorisation d'une qualité inférieure, co-produit du classement C24)	50 x 150	45 x 140

Tableau 4 : Compositions, sections de sciages à produire et de lamelles à transformer pour les fabrications prototypes de BLC

Composition	Essence	Commentaire	Section des sciages secs mm ²	Section des lamelles mm ²
Combiné C24 / C18	Résineux courant	Référence	50 x 150 ^a 30 x 150 ^b	40 x 138 ^a 20 x 145 ^b
Combinée C24 / C18	Peuplier	Degré de changement faible	50 x 150 ^a 30 x 150 ^b	40 x 138 ^a 20 x 145 ^b
Combinée C24 / C16	Peuplier	Degré de changement Modéré (valorisation d'une qualité inférieure, co-produit du classement C24)	50 x 150 ^a 30 x 150 ^b	40 x 138 ^a 20 x 145 ^b

^a lamelles externes

^b lamelles internes

Tableau 5 : Compositions, sections de sciages à produire et de lamelles à transformer pour les fabrications prototypes de CLT

2.2.6 Fabrications prototypes à l'échelle industrielle et évaluations permettant de positionner les produits réalisés à partir de peuplier comparativement aux essences résineuses de référence et par rapport aux référentiels des normes harmonisées correspondantes

2.2.6.1 BLC

Les fabrications prototypes de BLC ont été réalisées par l'entreprise FCB Charpentes (62) en février 2019.

La composition des produits, les quantités de sciages mobilisées et leurs dimensions et répartition selon la classe de résistance sont présentées dans le tableau 6.

Pour cette fabrication, environ 6.8 m³ de sciages classés selon leur résistance ont été fournis par le FCBA à partir de l'échantillonnage réalisé dans le cadre du premier volet de l'étude représentant 10 cultivars, et 3 m³ de sciages classés selon leur résistance ont été fournis par l'interprofession FIBOIS et les partenaires industriels de la région Hauts de France à partir d'un approvisionnement en cultivar Robusta uniquement.



Photo 1 : Fabrication prototype de poutres BLC

Produit à fabriquer									Sciages à fournir				
Produit	Configuration	Commentaire	Degré de changement / habitudes et attentes	Section lamelles mm ²	Longueur lamelles mm	Nombre lamelles	Quantité produit	m ³ produit	Section mm ²	m ³ (nombre)			
										C24	C22	C18	C16
Poutre BLC	Homogène C24	Référence du marché	Faible	45 x 140	8500	9	6	2.9	50 x 150	3.9			
	Combiné C24 / C16 / C24	Valorisation d'une qualité inférieure co-produit du classement C24	Modéré	45 x 140	8500	3 / 3 / 3	6	2.9	50 x 150	2.6			1.3
Lamelles massives	C24	Vérification classement machine							50 x 150 x 3000	0.7			
	C16								50 x 150 x 3000				0.7
Lamelles aboutées	C24	Vérification qualité aboutage		45 X 140	1000		30	0.2	50 x 150 x 1000	0.3			
	C16			45 X 140	1000		30	0.2	50 x 150 x 1000				0.3

Tableau 6 : Compositions des poutres, et sections, qualité et quantité de sciages à produire ainsi que de lamelles à transformer pour les fabrications prototypes de BLC

Pour vérifier le positionnement des poutres BLC réalisées en terme de performances, la méthode par voie d'essais selon la norme EN 14080 « Bois Lamellé Collé – Marquage CE et exigences de fabrication » a été utilisée. Elle s'appuie sur des essais de flexion 4 points selon l'annexe E sur les lamelles massives et les lamelles aboutées, et selon l'annexe F sur les poutres en grandeur d'emploi (photo 1).



Photo 2 : essai de flexion 4 points selon la norme EN 14080 annexe F sur poutre BLC en grandeur d'emploi

Les résultats des essais de caractérisation mécanique des poutres BLC sont présentés dans le tableau 7 ci-après. Les performances des poutres BLC sont présentées dans la colonne « Résultats ». Elles sont comparées aux exigences minimales des classes GL24h ou GL24c selon la norme EN 14080 pour des poutres BLC en résineux de composition similaire prises comme référence, avec « h » pour « homogenous » dans le cas des poutres homogènes, et « c » pour « combined » dans le cas des poutres combinées. Pour la résistance caractéristique en flexion, ces exigences minimales tiennent compte des coefficients de changement d'échelle. Intégrer ces coefficients permet de comparer des lots entre eux quand les lamelles constitutives et les poutres BLC n'ont pas les dimensions de référence de la norme EN 14080.

Les résultats sont présentés dans les rapports d'essais du FCBA n° 403 / 19 / 14510 du 03/07/2019 pour les poutres BLC et n° 403 / 19 / 14510.1 à 6 du 03/07/2019 pour les lamelles massives et aboutées. Ils mettent en évidence le bon comportement des poutres BLC en peuplier produites. Cela, pour chacune des propriétés mécaniques prises en compte pour l'établissement du classement selon la résistance des poutres BLC, hormis la résistance caractéristique à la flexion des poutres homogènes C24, le calcul de la valeur caractéristique étant pour cette configuration déraisonnablement pénalisé par le très faible nombre d'échantillons soumis à essais (n=6 au lieu de n=30 selon EN 14080) et la forte dispersion des résultats.

Ce constat est valable quelle que soit la composition des poutres (homogène ou combinée), les poutres BLC combinées présentant même des performances significativement plus élevées. Des classes de résistance secondaires, car inférieures au standard du marché ou co-produit d'un classement machine visant à faire émerger une classe supérieure, peuvent donc être valorisées sans compromis vis-à-vis des propriétés mécaniques des poutres.

Propriétés		Composition des poutres			
		Homogène C24		Combinée C24 / C16 / C24	
		Résultats	Référence GL24h	Résultats	Référence GL24c
		Correction à h = 600 mm	Selon EN 14080 pour les BLC résineux C24 → GL24h h = 600 mm	Correction à h = 600 mm	Selon EN 14080 pour les BLC résineux C24 / C16 / C24 → GL24c h = 600 mm
Poutres BLC n = 6	Module d'élasticité moyen en flexion $E_{0,g,mean}$ (N/mm ²)	11 300 ⁽¹⁾	11 500	11 700 ⁽¹⁾	11 000
	Résistance moyenne à la flexion $f_{m,g,mean}$ (N/mm ²)	32.6	/	33.7	/
	Résistance caractéristique à la flexion $f_{m,g,k}$ (N/mm ²)	17,6 ^{(2) (3)}	24	25.9 ⁽²⁾	24
	Masse volumique moyenne $\rho_{g,mean}$ (kg/m ³)	443	420	427	400
	Masse volumique caractéristique $\rho_{g,k}$ (kg/m ³)	398	385	395	365
Lamelles aboutées C24 : n = 32 C16 : n = 31	Résistance caractéristique à la flexion $f_{m,g,k}$ (N/mm ²)	C24 : 35,6	30	C24 : 35,6 C16 : 24,2	30 25

⁽¹⁾ $E_{0,g,mean}$ local, calculé selon EN 384 § 5.5.2.2.2.

⁽²⁾ A titre indicatif, du fait du faible nombre d'échantillons soumis à essais

⁽³⁾ Le calcul de la valeur caractéristique est ici déraisonnablement pénalisé par le très faible nombre d'échantillons soumis à essais (n=6 au lieu de n=30 selon EN 14080) et la forte dispersion des résultats.

Tableau 7 : résultats des essais de flexion 4 points selon la norme EN 14080 sur poutres BLC en grandeur d'emploi

En ce qui concerne la rupture des poutres, elle est systématiquement intervenue par déchaussement d'un aboutage situé dans le tiers central de la lamelle inférieure (photo 2). Ce comportement est directement lié aux efforts de traction longitudinale auxquels les lamelles inférieures sont soumises pendant un essai de flexion sur poutre BLC en grandeur d'emploi. La rupture intervient alors généralement au niveau des aboutages qui constituent une interruption du fil du bois. Il est tout à fait comparable au comportement des poutres BLC de résineux courants.



Photo 3 : rupture d'un aboutage lors d'un essai de flexion 4 points selon la norme EN 14080 annexe F sur poutre BLC en grandeur d'emploi

En ce qui concerne la faisabilité économique et organisationnelle, cette campagne expérimentale n'a fait apparaître aucune difficulté remarquable par rapport aux chaînes de 1^{ère} et 2^{ème} transformation des résineux courants.

Parmi les pistes d'amélioration pour la mise en place progressive d'une chaîne d'approvisionnement en sciages de peuplier classés selon leur résistance entre entreprises de 1^{ère} et de 2^{ème} transformation, on soulignera l'importance pour les entreprises de la 2^{ème} transformation de disposer de sciages secs à 12% dans des délais courts (inférieurs à 2 semaines), ce qui nécessitera peut être la contractualisation des relations afin d'alimenter des stocks tampons au niveau des entreprises de la 1^{ère} transformation.

2.2.6.2 CLT

Les fabrications prototypes de CLT ont été réalisées par l'entreprise PIVETEAU BOIS (85) en avril 2019 à partir de lamelles aboutées par l'entreprise FCB Charpentes (62).

La composition des produits, les quantités de lamelles aboutées mobilisées et leurs dimensions et répartition selon la classe de résistance sont présentées dans le tableau 8.

Pour cette fabrication, environ 2.5 m³ de sciages classés selon leur résistance ont été fournis par le FCBA à partir de l'échantillonnage réalisé dans le cadre du premier volet de l'étude représentant 10 cultivars, et 7 m³ de sciages classés selon leur résistance ont été fournis par l'interprofession FIBOIS et les partenaires industriels de la région Hauts de France à partir d'un approvisionnement en cultivar Robusta uniquement.



Photo 4 : Fabrication prototype de panneaux CLT

Produit à fabriquer										Lamelles aboutées à fournir				
Produit	Configuration	Justification	Degré de changement / habitudes et attentes	Composition des couches				Quantité produit	m ³ produit	Section mm ²	(nombre)			
				Classe	Section mm ²	Longueur mm	Nbre				C24	C22	C18	C16
CLT	Combiné C24 / C18	Référence du marché	Faible	C24	40 x 138	3430	13	3	2.6	45 x 145	0.9			
				C18	20 x 145	1730	24			25 x 145			0.9	
				C24	20 x 138	3430	13			25 x 145	0.5			
				C18	20 x 145	1730	24			25 x 145			0.9	
				C24	40 x 138	3430	13			45 x 145	0.9			
	Combiné C24 / C16	Valorisation d'une qualité inférieure co-produit du classement C24	Modéré	C24	40 x 138	3430	13	3	2.6	45 x 145	0.9			
				C16	20 x 145	1730	24			25 x 145				0.9
				C24	20 x 138	3430	13			25 x 145	0.5			
				C16	20 x 145	1730	24			25 x 145				0.9
				C24	40 x 138	3430	13			45 x 145	0.9			
Lamelles Massives	C24	Vérification classement machine							Sciages 50 x 150	0.4				
	C24								Sciages 30 x 150	0.4				
	C18								Sciages 30 x 150			0.4		
	C16								Sciages 30 x 150				0.4	
Lamelles Aboutées	C24	Vérification qualité aboutage							45 x 145	0.2				
	C24								25 x 145	0.1				
	C18								25 x 145			0.1		
	C16								25 x 145				0.1	

Tableau 8 : Compositions des panneaux, et sections, qualité et quantité de sciages à produire ainsi que de lamelles à transformer pour les fabrications prototypes de CLT

Pour vérifier le positionnement des panneaux CLT réalisés en terme de performances, la méthode par voie d'essais selon la norme EN 16351 « Bois Lamellé Croisé – Marquage CE et exigences de fabrication » a été utilisée. Elle s'appuie sur des essais de flexion 4 points selon l'annexe E sur les lamelles massives et les lamelles aboutées, et selon l'annexe F sur les panneaux en grandeur d'emploi (photo 3).



Photo 5 : essai de flexion 4 points selon la norme EN 16351 sur panneau CLT en grandeur d'emploi

Les résultats des essais de caractérisation mécanique des panneaux CLT sont présentés dans le tableau 8 ci-après. Les performances des panneaux CLT en peuplier sont présentées dans la colonne « Résultats » ; elles sont directement comparées aux propriétés des couches longitudinales et transversales composant les panneaux, selon la norme EN 338. Cela, conformément aux prérogatives de la norme EN 16351 concernant la détermination des performances des panneaux CLT en résineux.

Les résultats sont présentés dans les rapports d'essais du FCBA n° 403 / 19 / 14510 / 1 du 03/07/2019 pour les panneaux CLT et n° 403 / 19 / 14510.1 à 6 du 03/07/2019 pour les lamelles massives et aboutées. Ils mettent en évidence le bon comportement des panneaux CLT en peuplier produits, dont les propriétés mécaniques sont supérieures à celles des couches de bois qui les composent.

Ce constat est valable quelle que soit la composition des panneaux CLT (combiné C24/C18 ou combiné C24/C16). Des classes de résistance secondaires, car inférieures au standard du marché ou co-produit d'un classement machine visant à faire émerger une classe supérieure, peuvent donc être valorisées, avec un léger compromis cependant sur la rigidité et la résistance du fait de l'utilisation de couches transversales de classe C16 à la place de C18. La composition combiné C24/C16 offre cependant l'avantage d'être mieux optimisée par rapport aux propriétés du panneau CLT déterminées à partir des propriétés des couches.

Propriétés		Composition des panneaux			
		Combiné C24 / C18		Combiné C24 / C16	
		Résultats	Référence Propriétés des couches de bois massif et des aboutages selon EN 338 pour les propriétés des couches longitudinales C24 et transversales C18 et selon EN 16351 pour les propriétés des aboutages	Résultats	Référence Propriétés des couches de bois massif et des aboutages selon EN 338 pour les propriétés des couches longitudinales C24 et transversales C16 et selon EN 16351 pour les propriétés des aboutages
Panneaux CLT n = 6	Module d'élasticité moyen en flexion $E_{0,xlam,mean}$ (N/mm ²)	12 300	C24 : 11 000 ⁽¹⁾	11 000	C24 : 11 000 ⁽¹⁾
	Résistance moyenne à la flexion $f_{m,xlam,mean}$ (N/mm ²)	39,6	/	37,8	/
	Résistance caractéristique à la flexion $f_{m,xlam,k}$ (N/mm ²)	30,7	C24 : 24,0 ⁽¹⁾	27,8	C24 : 24,0 ⁽¹⁾
	Masse volumique moyenne $\rho_{xlam,mean}$ (kg/m ³)	473	C18 : 380 ⁽²⁾	445	C16 : 370 ⁽²⁾
	Masse volumique caractéristique $\rho_{xlam,k}$ (kg/m ³)	453	C18 : 352 ⁽²⁾	427	C16 : 341 ⁽²⁾
Lamelles aboutées C24 : n = 31 C16 : n = 31	Résistance caractéristique à la flexion $f_{m,xlam,k}$ (N/mm ²)	C24 : 41,1 C18 : 35,7	28,3 22,0	C24 : 41,1 C16 : 30,6	28,3 19,9

⁽¹⁾ $E_{0,couche,mean}$ des couches longitudinales de classe la plus forte, les plus sollicitées, selon l'EN 338

⁽²⁾ $\rho_{couche,mean}$ (kg/m³) des couches de classe la plus faible, conformément à l'EN 16351

⁽³⁾ $1,1 \times \rho_{couche,k}$ (kg/m³) des couches de classe la plus faible, conformément à l'EN 16351

Tableau 9 : résultats des essais de flexion 4 points selon la norme EN 16351 sur panneau CLT en grandeur d'emploi

En ce qui concerne la rupture des panneaux, elle est systématiquement intervenue par déchaussement d'un aboutage situé dans le tiers central de la couche inférieure (photo 4). Ce comportement est directement lié aux efforts de traction longitudinale auxquels les couches inférieures sont soumises pendant un essai de flexion sur panneau en grandeur d'emploi. La rupture intervient alors généralement au niveau des aboutages qui constituent une interruption du fil du bois. Il est tout à fait comparable au comportement des panneaux CLT de résineux courants.



Photo 6 : rupture d'un aboutage lors d'un essai de flexion 4 points selon la norme EN 16351 sur panneau CLT en grandeur d'emploi

En ce qui concerne la faisabilité économique et organisationnelle, comme pour la production prototype de BLC, cette campagne expérimentale n'a fait apparaître aucune difficulté remarquable par rapport aux chaînes de 1^{ère} et 2^{nde} transformation des résineux courants.

3 CONCLUSIONS

Dans une optique de comparaison avec les produits de référence sur le marché de la construction, des fabrications prototypes de BLC et CLT de peuplier ont été réalisées. Ces fabrications sont caractérisées par un degré de changement faible en terme organisationnel par rapport à la chaîne de valorisation habituelle des bois résineux, puisque seule l'essence de bois a été remplacée par le peuplier.

Parallèlement, des fabrications prototypes ont été réalisées en introduisant des modifications supplémentaires, visant en particulier à valoriser des classes de résistances secondaires dans des produits combinant des sciages de différentes classes de résistance. Ces fabrications sont caractérisées par un degré de changement modéré par rapport à la chaîne de valorisation habituelle des bois résineux, puisque l'essence de bois a été remplacée par le peuplier, et la composition du produit de référence a été modifiée, tout en restant dans le cadre des normes harmonisées pour les produits correspondants.

Les résultats, mis en perspectives avec les performances de poutres BLC et de panneaux CLT en résineux de composition similaires, mettent en évidence le bon comportement des produits reconstitués à partir de peuplier. Ce constat est valable quelle que soit la composition des produits (homogène ou combinée). Des classes de résistance secondaires, car inférieures au standard du marché ou co-produit d'un classement machine visant à faire émerger une classe supérieure, pourraient donc être d'avantage valorisées.

En ce qui concerne la faisabilité économique et organisationnelle, cette campagne expérimentale n'a fait apparaître aucune difficulté remarquable par rapport aux chaînes de 1ère et 2nde transformation des résineux courants. Parmi les pistes d'amélioration pour la mise en place progressive d'une chaîne d'approvisionnement en sciages de peuplier classés selon leur résistance entre entreprises de 1ère et de 2ème transformation, on soulignera l'importance pour les entreprises de la 2nde transformation de disposer de sciages secs à 12% dans des délais courts (inférieurs à 2 semaines), ce qui nécessitera peut être la contractualisation des relations afin d'alimenter des stocks tampons au niveau des entreprises de la 1ère transformation

Guillaume LEGRAND

Le Responsable Technique

4 REFERENCES NORMATIVES

EN 338 : 2016 « Bois de structure - Classes de résistance »

EN 384+A1 : 2018 « Bois de structure - Détermination des valeurs caractéristiques des propriétés mécaniques et de la masse volumique »

EN 14080 : 2013 « Bois Lamellé Collé – Marquage CE et exigences de fabrication »

EN 14358 : 2016 « Structures en bois - Détermination et vérification des valeurs caractéristiques »

EN 16351 : 2015 « Bois Lamellé Croisé – Marquage CE et exigences de fabrication »

5 LES FINANCEURS

Ce travail a été accompagné par FBF, le Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt ainsi que par les régions Bourgogne Franche-Comté, Grand Est, Hauts de France, Nouvelle Aquitaine, et Pays de la Loire :

