

## De l'utilisation de la colophane comme adhésif pour panneaux de particules

LACOSTE Clément<sup>1</sup>, VIRETTO Amandine<sup>2,3</sup>, RIO Samy<sup>4</sup>

<sup>1</sup>UPR PCH, IMT Mines Ales, Alès, France

<sup>2</sup>CIRAD, UPR BioWooEB, F-34398 Montpellier, France.

<sup>3</sup>BioWooEB, Univ Montpellier, CIRAD, Montpellier, France

<sup>4</sup>Studio Rio, Arles, France

[clement.lacoste@mines-ales.fr](mailto:clement.lacoste@mines-ales.fr)

**Mots clés :** panneaux bois ; biopolymère ; adhésion ; gemme ; pin maritime

### Contexte et objectifs

La préoccupation mondiale concernant l'épuisement des ressources fossiles, l'augmentation progressive des déchets et de l'empreinte carbone des produits manufacturés ont accru l'intérêt pour l'utilisation de nouvelles matières biosourcées et durables pour élaborer des biomatériaux. Le secteur des panneaux bois a connu une forte croissance ces dernières années dans toute l'Europe et la recherche de solutions nouvelles pour des colles biosourcées, moins nocives et sans formaldéhyde, adaptées aux procédés de mise en forme industriels et répondant aux exigences normatives pour les usages des panneaux constitue un enjeu majeur.

En France, la filière bois se concentre majoritairement sur l'exploitation des bois de résineux dans tous les secteurs d'applications de la filière (construction, ameublement, etc...). A l'instar du bois, les cônes ou la résine de ces essences peuvent également trouver des voies de valorisation et constituer une activité complémentaire pour les sylviculteurs. Dans les Landes au 18<sup>ème</sup> et 19<sup>ème</sup> siècle, le gemmage, qui consiste à récolter de la résine des pins à l'aide d'une incision réalisée sur l'écorce des arbres, est une pratique très importante (Bousseau 2021, Chadda et al 2020). Cependant, avec la concurrence d'autres pays producteurs comme la Chine et l'Indonésie, cette activité a fortement chuté dans les années 90 (Bousseau 2021). Aujourd'hui, la recherche de solutions de valorisation pour des applications à plus forte valeur ajoutée et représentant des volumes importants comme l'industrie des panneaux pourrait favoriser l'essor d'une filière locale autour du gemmage vers un modèle de bioéconomie.

La résine de pin, ou gemme, est constituée de deux composants majoritaires, en fraction massique moyenne de 70 % de colophane et 30 % d'essence de térébenthine (Fig. 1) qui peuvent être séparées après une étape de distillation.



Fig.1 : Produits issus du gemmage de pin maritime

Si l'essence de térébenthine trouve des applications dans divers secteurs industriels tels que la parfumerie, la pharmacie et le secteur agroalimentaire, la colophane brute est peu utilisée (car sujette à l'oxydation) et est souvent modifiée chimiquement pour ses applications. Employée dans des applications dans divers secteurs tels que les encres et vernis, adhésifs, lubrifiants, l'ensimage papier, celle-ci manque de valorisation dans la filière bois avec une production qui

reste marginale en France malgré quelques programmes de relance de production tels que le programme BioGemme de la société Holiste dans les Landes avec une production d'environ 60 t/an, un programme dans la région Grand Est (Clopeau et Orazino 2021) et, plus récemment, une expérimentation dans la forêt cévenole (Bousseau 2021).

La colophane est composée à 90 % d'acides résiniques de formule brute  $C_{20}H_{30}O_2$  dont majoritairement des acides abiétique et pimarique (Fig. 2), et de 10 % d'esters, d'aldéhydes et de cétones. Cette composition moyenne peut varier en fonction de facteurs inter-espèces (essences), morphologiques (diamètre du tronc, proportion de couronne), ou encore pédoclimatiques (température, sols, stress hydrique...) (Lopez-Alvarez et al 2023).

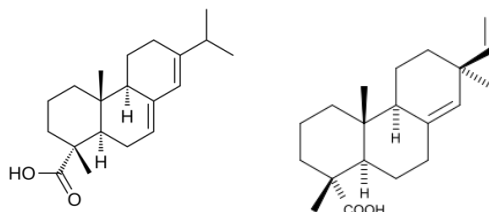


Fig. 2 : Structure chimique de l'acide abiétique (gauche) et pimarique (droite)

La colophane, solide à température ambiante, est un thermoplastique sans toxicité et insoluble dans l'eau avec un point de ramollissement entre 90°C et 110°C selon sa composition, et possède une capacité à former des liaisons ioniques avec la matière organique (Wilson et al 2021). Ses propriétés adhésives et hydrophobes présentent un intérêt pour une utilisation en tant qu'adhésif pour le bois et les panneaux bois. Son caractère biosourcé et biodégradable en fait également un bon candidat pour la substitution des colles pétrosourcés (urée-formaldéhyde, phénol-formaldéhyde, isocyanates...) de l'industrie des panneaux.

La présente étude vise à développer un panneau de particules à partir de copeaux de bois de différentes essences et de différentes granulométries en utilisant de la colophane en poudre comme liant. Un procédé de mise en forme par thermocompression à sec a été développé spécifiquement pour la mise en forme des panneaux. Des premiers essais de caractérisations des propriétés mécaniques (flexion, résistance aux chocs) et thermiques (conductivité) ont été réalisés en vue d'un usage en milieu intérieur.

## Matériels et méthodes

### Matériaux utilisés

La colophane a été fournie par la société Biolandes (France) sous le nom commercial Biogemmes® et a été réduite en poudre manuellement à l'aide d'un mortier.

Trois types de copeaux bois ont été utilisés (Fig. 3) : *i*) des fibres de bois de résineux (mélange d'essences) fournis par Silvadec (France) noté F, *ii*) des copeaux de pin d'Alep (*Pinus halepensis*) issus de dégauchisseuse noté A, et *iii*) des copeaux de résineux (mélange d'essences) issus de scie circulaire noté R. Un panneau de particules commercial a été utilisé comme référence.

### Granulométrie

Les granulométries des 3 lots de copeaux bruts ont été analysés par tamisage en utilisant 11 tamis sur une plage de 4 mm à 0,2 mm empilés par ordre décroissant : 4 mm / 3,15 mm / 2,5 mm / 1,6 mm / 1 mm / 0,71 mm / 0,6 mm / 0,5 mm / 0,4 mm / 0,3 mm / 0,2 mm.

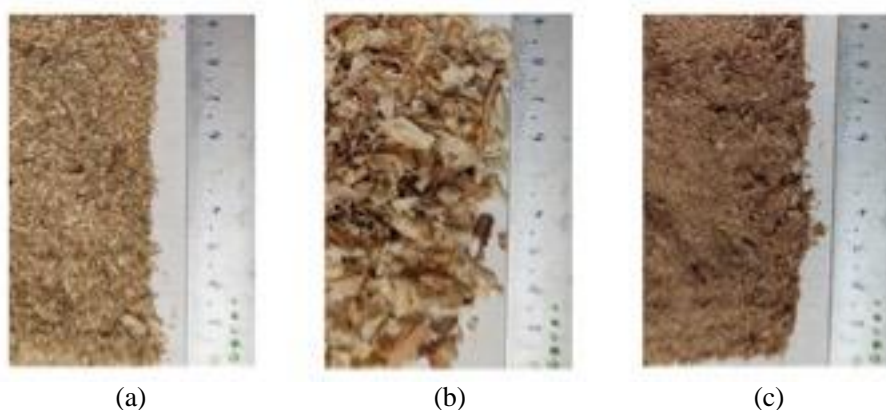





Fig. 3 : Copeaux de bois utilisés comme renfort: (a) fibres courtes de mélange résineux ; (b) copeaux de pin d'Alep issu de dégauchisseuse ; (c) mélange de résineux issus de scie circulaire.

#### *Fabrication des panneaux de particules*

La colophane a été réduite en poudre afin d'homogénéiser la distribution poudre/copeaux pour la formation d'un mélange à sec homogène. La poudre de colophane (8 - 20%) et les copeaux (80 - 92%) ont été mélangés par agitation dans un sac plastique étanche jusqu'à l'obtention d'un mélange homogène. Le mélange est alors déposé dans un moule en acier de section 10 x 10 cm<sup>2</sup> ou 30 x 30 cm<sup>2</sup> et 10 mm d'épaisseur puis compresser à 5 bars à une température de 130 °C pendant 20 min de manière continue à l'aide d'une presse hydraulique chauffante 100 T (DARRAGON, France). Les quantités des mélanges ont été adaptés en visant une masse volumique cible fixée à 750 kg.m<sup>-3</sup>. Après démoulage, les panneaux sont stockés en chambre climatique à 20 °C et 50 % d'humidité relative (HR) avant les tests.

Les formulations des panneaux sont résumées dans le Tab. 1.

Tab. 1 : Formulation des panneaux de copeaux bois/colophane

Nomenclature du panneau	Type de renfort – section du moule	Aspect
P_F	F (fibres courtes mélange résineux)	
P_A	A (copeaux pin d'Alep)	
P_R	R (copeaux mélange résineux)	

#### *Masses volumiques et porosité*

La masse volumique apparente ( $\rho_a$ ) des panneaux a été mesurée selon la norme EN 323 à 20°C et 50% HR et calculée selon l'équation (1) :

$$\rho_a = m/V \quad (1)$$

avec m la masse de l'échantillon et V le volume du parallélépipède mesuré à l'aide d'un pied à coulisse (précision 0,01 mm). Un pycnomètre à hélium (AccuPyc 1330 Micrometrics, France)

a été utilisé pour déterminer la masse volumique vraie ( $\rho_s$ ) des panneaux (en triplicata). La porosité a été déterminée à partir de l'équation (2) :

$$\varphi = 1 - \frac{\rho_a}{\rho_s} \quad (2)$$

### Conductivité thermique

La mesure de la conductivité thermique des panneaux a été réalisée à partir d'un conductivimètre FP2C (NEOTIM, France) à fil chaud (50 mm) pendant 100 s à 120 s sous une puissance de 0,07 à 0,09 W selon la masse volumique de l'échantillon.

### Propriétés mécaniques

Les propriétés mécaniques en flexion, *ie* les modules élastiques (MOE) et résistance à rupture (MOR), ont été déterminées selon la norme EN 310 sur une presse universelle (Zwick/Roell, Allemagne) équipée avec une cellule de force de 10 kN en appliquant une vitesse de déformation de 10 mm/min. La résistance à l'impact Charpy a été évaluée sur des barreaux non entaillés de 10 cm x 1 cm et d'environ 1 cm d'épaisseur à l'aide d'un mouton pendule HIT5P (Zwick/Roell, Allemagne), instrumenté d'un marteau 0,5 J.

## Résultats et discussion

Les copeaux utilisés possèdent des granulométries assez différentes pour chaque lot. Le lot R est relativement fin avec une granulométrie centrée sur 0,5 mm (74 wt.%). Le lot F possède une granulométrie intermédiaire avec une taille comprise entre 0,5 et 1,6 mm. Le lot A est plus grossier avec une granulométrie supérieure à 1,6 mm (78 wt.%). Ces derniers ont donc nécessité une compaction plus importante pour le moulage.

Les panneaux obtenus semblent relativement homogènes en épaisseur avec néanmoins la présence de tâches sur les faces montrant une répartition hétérogène du liant. Une étude plus approfondie sur la viscosité et le mouillage des copeaux par la colophane serait donc à envisager pour optimiser les propriétés des panneaux.

Les propriétés physiques, mécaniques et thermiques des panneaux obtenus sont reportées dans le Tab. 2.

Tab. 2 : Propriétés des panneaux bois/colophane

Formulations	Densité apparente ( $kg.m^{-3}$ )	Densité vraie ( $kg.m^{-3}$ )	Porosité (%)	$\lambda$ ( $W.m^{-1}.K^{-1}$ )	MOE (MPa)	MOR (MPa)	Résistance Choc ( $kJ/m^2$ )
Référence commerciale	695 - 745	1389 ±1	46 - 50	0,17	2763 ±106	15,8 ±1,0	2,55 ±0,72
P_F	550 - 910	1271 ±2	28 - 59	0,14 - 0,19	4535 ±449	9,1 ±2,1	0,35 ±0,04
P_A	420 - 768	1299 ±1	41 - 68	0,092	1437 ±442	4,1 ±0,6	1,49 ±0,22
P_R	540 - 730	1367 ±4	47 - 60	0,12-0,15	1645 ±383	4,2 ±1,3	0,56 ±0,07

La conductivité thermique suit une relation linéaire avec la masse volumique apparente des panneaux. Les panneaux les plus denses, avec une masse volumique supérieure à 700  $kg.m^{-3}$  voient leur conductivité dépasser les 0,1 W/m/K et ne peuvent donc plus être considérés comme isolant. Le panneau de copeaux de pin d'Alep, comportant des copeaux plus grossiers, est le panneau le plus poreux et donc le plus isolant avec une conductivité thermique de 0,092 W/m/K. La porosité intrinsèque des copeaux peut donc légèrement influencer les conductivités des panneaux de densités équivalentes.

Les propriétés mécaniques montrent que les panneaux à base de colophane sont plus souples que la référence commerciale, avec des modules élastiques inférieurs et des résistances en flexion et au choc moindres, excepté pour le panneau P\_F de haute masse volumique. En effet, ce panneau très compact montre une très haute rigidité avec un module à  $4535 \pm 449$  MPa et une résistance en flexion de  $9,1 \pm 2,1$  MPa, ce qui est proche des exigences de la norme NF EN 312 pour les panneaux d'usage intérieur.

Par ailleurs, l'utilisation de copeaux de plus grandes longueurs permet d'améliorer significativement la résistance au choc des panneaux de colophane, avec une valeur mesurée à  $1,49 \pm 0,22$  kJ/m<sup>2</sup> pour le panneau P\_A contre  $0,35 \pm 0,04$  kJ/m<sup>2</sup> pour le panneau P\_F.

### Conclusion et perspectives

Différentes formulations ont été mis en œuvre pour obtenir des panneaux de particules entièrement biosourcés à partir de produits locaux et non toxiques, et de biomasses résiduelles disponibles. Bien que les propriétés mécaniques de ces premiers panneaux restent inférieures à celles des panneaux commerciaux, ces premiers résultats sont encourageants. Les axes d'amélioration sont nombreux et atteignables comme notamment le procédé de mise en œuvre qui permettra, après optimisation par plan d'expérience, de concurrencer les panneaux traditionnels collés à partir de polymères synthétiques, pétrosourcés et non biodégradables. Une meilleure connaissance des propriétés thermomécaniques de la colophane et de son adhésion sur les fibres lignocellulosiques permettrait d'élaborer de nouveaux produits bois d'ingénierie. Cette nouvelle voie de valorisation sera poursuivie dans le cadre d'un projet structurant en Cévennes visant au déploiement d'une micro-filière de gemmage.

### Remerciements

Les auteurs remercient la société Holliste, et les menuiseries « Bois et via » et « Pesin » pour la fourniture des matières premières. Les auteurs remercient chaleureusement les étudiants Elie Cheynel, Fanny Malatier et Pierre Sudre du Master Science du Bois de l'Université de Montpellier et les étudiants Adrien Duvacher et Léa Grison de l'IMT Mines Ales pour leurs investissements et diverses contributions sur les parties expérimentales.

### Références

- Bousseau B (2021). Etude économique de faisabilité pour la création d'une micro-filière de gemmage en Cévennes (p. 30). CERIBOIS.
- Chadda S, Herlidou A, Le Nouvel L (2020). Pré-étude de faisabilité pour la création d'une micro-filière PPAM à usage thermal et non thermal, à base de pin maritime cévenol (p. 42).
- Clopeau A, Orazino C (2021). Analyse du secteur européen de la résine naturelle à travers sa chaîne de valeur. Rapport technique, Projet SUDFOREST.
- Lopez-Alvarez O, Zas R, Marey-Perez M (2023). Resin tapping: a review of the main factors modulating pine resin yield. *Ind Crops Prod* 202, 117105.
- Wilson M, Perrone A, Smith H, Norris D, Pargeter J, Eren M I (2021). Modern thermoplastic (hot glue) versus organic-based adhesives and haft bond failure rate in experimental prehistoric ballistics. *Inter J Adhes Adhes*, 104, 102717.