

Valorisation de ressources locales en adhésifs pour le bois

Par Alex Mary, étudiante au doctorat en génie du bois et des matériaux biosourcés, Pierre Blanchet, Ph. D., et Véronique Landry, chim., Ph. D.



Territoires où les résultats s'appliquent.



Cet avis de recherche présente le sujet de l'affiche gagnante du 1^{er} prix dans la catégorie 3^e cycle au concours universitaire d'affiches scientifiques Gustave-Clodomir-Piché, à l'occasion du Carrefour Forêts 2023.

Le bois, ressource renouvelable et abondante au Québec, séduit le secteur de la construction par ses bénéfices environnementaux et son esthétisme. Le bois d'ingénierie, comme le bois lamellé-croisé, peut servir de poutre ou de colonne dans les constructions. Il est constitué de petites lamelles de bois collées orthogonalement au moyen d'adhésifs structuraux. Cependant, l'utilisation d'adhésifs à base de composés pétrochimiques pour la conception des matériaux de structure en bois constitue un enjeu environnemental. Réduire le recours aux matériaux pétrosourcés dans les adhésifs contribuera à consolider le statut écologique des matériaux à base de bois.

Des adhésifs pour le bois à partir de protéines

À l'échelle mondiale, le secteur du bâtiment représente près de 40 % des émissions de gaz à effet de serre (GES), lesquelles sont la cause principale des changements climatiques. L'une des stratégies reconnues par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) pour réduire l'impact environnemental de ce secteur est d'accroître l'utilisation du bois dans les constructions de bâtiments. Le bois est une ressource renouvelable, exploitée de manière durable au Québec, qui permet de capter temporairement du carbone dans les bâtiments. Toutefois, les adhésifs utilisés pour la conception des structures en bois sont des adhésifs synthétiques qui reposent fortement sur l'utilisation de ressources fossiles, comme le formaldéhyde qui est cancérigène. Ce projet vise à réduire les émissions de GES issues du domaine de la construction par le développement d'adhésifs biosourcés et plus sécuritaires pour la santé. Les ressources sélectionnées sont des protéines qui ont le potentiel d'améliorer l'adhérence de l'adhésif sur le bois.

Développement d'adhésifs biosourcés

Les adhésifs polyuréthanes sont une solution de rechange aux adhésifs émetteurs de formaldéhyde. Les polyuréthanes à deux composants sont le résultat de la polymérisation¹ d'au moins un prépolymère isocyanate ($\text{N}=\text{C}=\text{O}$) et d'un polyalcool ($-\text{OH}$). Ces adhésifs peuvent coller de nombreux matériaux, émettent peu de composés organiques volatils (COV) et peuvent former des liaisons hydrogène et covalentes avec le bois. Cependant, la plupart d'entre eux sont issus de la pétrochimie. Plusieurs études ont été menées dans le but de trouver des solutions permettant d'augmenter la teneur biosourcée de ces adhésifs, notamment par l'utilisation des protéines, macromolécules biologiques connues pour améliorer l'adhérence de l'adhésif au substrat bois. Les isocyanates pourront alors réagir non

seulement avec les groupes hydroxyles du polyalcool, mais aussi avec les groupes aminés des acides aminés des protéines.

Analyse des concentrés de protéines

Cette étude porte sur quatre sources de protéines issues de ressources renouvelables et locales, qui sont des coproduits industriels non revalorisables ou excédentaires : les résidus de meunerie (soya), les résidus de microbrasseries (drêches), les carapaces de crevettes et le lait écrémé en poudre. Ces protéines ont été traitées dans des conditions légèrement alcalines pour obtenir des concentrés de protéines.

Pour mieux comprendre le comportement des concentrés de protéines au sein d'un système adhésif polyuréthane, il était essentiel d'étudier leurs propriétés. Les analyses de masses moléculaires (tableau 1) montrent que les concentrés de protéines sont composés de différentes protéines, comme le révèle l'examen des différentes masses moléculaires déterminées pour chaque concentré. Ayant des masses moléculaires plus

Tableau 1. Température de dégradation et caractère hygroscopique* des différents concentrés de protéines.

Matières premières	Masses moléculaires des principales protéines présentes dans les concentrés (kDa)	Température maximale de dégradation (°C)	Taux d'humidité à 95 % d'humidité relative (%)
Résidus de soya	40; 56; 72; 76	326 ± 4	23,9 ± 0,4
Drêches de microbrasserie	23; 40	327 ± 4	20,9 ± 0,7
Carapaces de crevettes	27; 50	197 ± 5 ; 306 ± 4	40 ± 2
Poudre de lait écrémé	28; 30; 38; 41	166 ± 4 ; 333 ± 3	17,6 ± 0,6

¹ La **polymérisation** désigne la réaction chimique par laquelle de petites molécules (monomères ou prépolymères) réagissent entre elles pour former des molécules de masses molaires plus élevées (polymères).

* Une **substance hygroscopique** est une substance qui a tendance à retenir l'humidité de l'air, par absorption ou par adsorption.

élevées, les concentrés de protéines issus des résidus de soya présenteront des défis d'incorporation plus importants dans les adhésifs. En effet, plus la masse moléculaire des protéines est élevée, plus leur incorporation dans l'adhésif est difficile.

Les analyses de sorption de vapeur² permettent de déterminer la sensibilité des concentrés de protéines à l'humidité. Elles ont révélé que les protéines issues des carapaces de crevettes sont plus sensibles à l'humidité que celles provenant d'autres sources (tableau 1). Les analyses thermiques montrent que les concentrés de protéines se dégradent après 300 °C. Cependant, comme les adhésifs sont utilisés à froid, il n'y a aucun risque de dégradation des concentrés de protéines une fois qu'ils sont incorporés (tableau 1).

Incorporation des protéines dans un adhésif polyuréthane

L'incorporation des protéines dans les systèmes adhésifs s'effectue en remplaçant une partie des groupes OH des polyalcools par une fraction des groupes NH des protéines, à des taux variables : 5 %, 10 %, 15 % et 20 %. La référence pétrochimique est représentée par la formulation à 0 % de protéines. Les analyses ont démontré que les adhésifs à base de protéines présentent des taux de conversion caractérisant la polymérisation de l'adhésif semblables à ceux de la référence pétrochimique (figure 1), ce qui révèle que l'incorporation de protéines a peu d'incidence sur ce paramètre.

Les analyses mécaniques avaient pour objectif de déterminer le point de rupture des adhésifs utilisés pour le collage du bois lors de tests de cisaillement³. L'analyse a révélé l'absence de fibres à la surface de l'échantillon fracturé. Cette observation révèle que la force d'adhérence de l'adhésif était inférieure à la force de cohésion du bois (épinette noire), ce qui a entraîné la défaillance observée. Cependant, la figure 2 prouve que l'incorporation de protéines dans les adhésifs accroît la capacité de charge maximale que la structure en bois peut supporter avant d'atteindre son point de rupture.

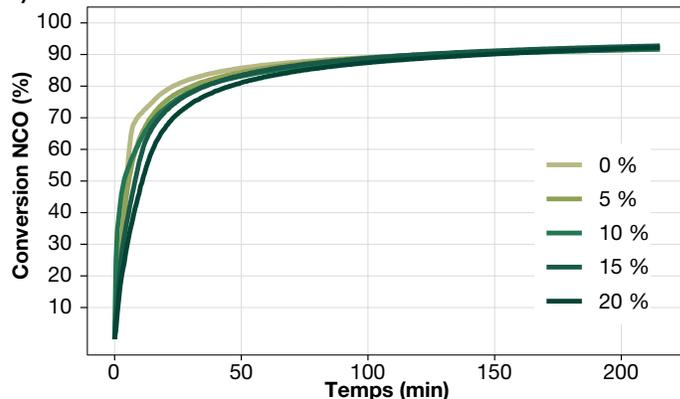
Les gains pour la construction en bois au Québec

L'incorporation de protéines dans un adhésif polyuréthane permet de valoriser des coproduits industriels tout en augmentant le caractère biosourcé de l'adhésif. Les résultats démontrent que les propriétés des adhésifs ont été améliorées par cette intégration de produits biosourcés par rapport à l'adhésif sans ajout de protéines. Ce projet sera un atout pour le secteur de la construction étant donné le faible taux d'émissions que produiront les panneaux en bois et contribuera à démarquer le Québec dans la lutte contre les changements climatiques.

2 Les **analyses de sorption de vapeur** permettent, pour une température donnée, de suivre en continu la quantité de vapeur d'eau qui se concentre à la surface des concentrés de protéines (l'adsorption), ou qui pénètre ceux-ci (l'absorption).

3 Le **cisaillement** est une contrainte mécanique où deux forces parallèles et de sens opposés sont appliquées de manière parallèle ou tangentielle à une face d'un matériau.

a) Adhésifs à base de drêches de microbrasserie



b) Adhésifs à 10% de substitution du polyol

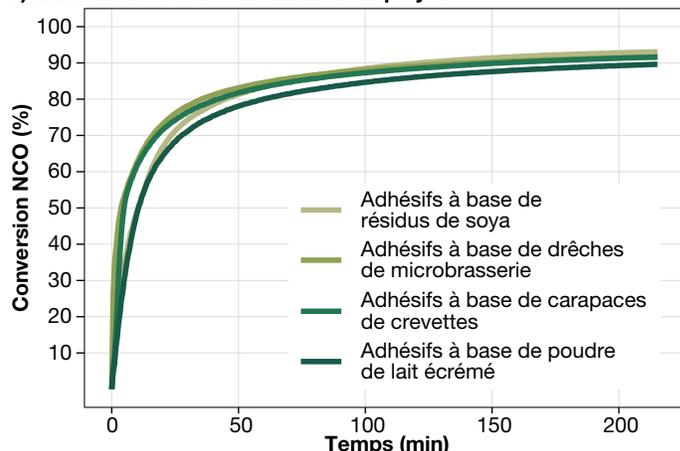


Figure 1. Taux de conversion de la bande d'isocyanate en fonction du temps pour les adhésifs à base de drêches de microbrasserie à différents teneurs en concentrés de protéines (bas) et pour les différents adhésifs à 10 % de substitution du polyol (bas).

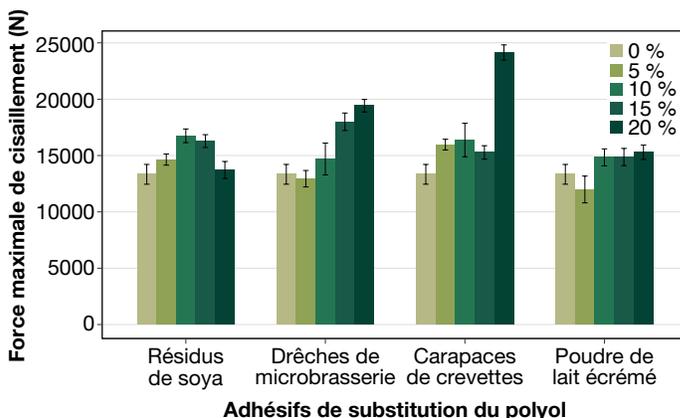


Figure 2. Force maximale de cisaillement avant rupture (en newton) des adhésifs à différents teneurs en concentrés de protéines.

Pour en savoir plus

Mary, A., P. Blanchet, S. Pepin, J. Chamberland et V. Landry, 2024. *Upcycling of protein concentrates from industrial byproducts into polyurethane wood adhesives*. *BioResources*, 19(1), 11651189.

Les hyperliens de ce document étaient fonctionnels au moment de son édition.

Pour plus de renseignements, veuillez communiquer avec :

Direction de la recherche forestière
Ministère des Ressources naturelles et des Forêts
2700, rue Einstein, Québec (Québec) G1P 3W8

Téléphone : 418 643-7994
Télécopieur : 418 643-2165

Courriel : recherche_forestiere@mmf.gouv.qc.ca
Internet : recherche_forestiere.gouvernementale

ISSN: 1715-0795

Ressources naturelles
et Forêts

