

Développement de membranes biosourcées pour les applications d'enveloppe de bâtiment à partir de l'acide polylactique et de microfibrilles de cellulose

Masoud Dadras Chomachayi

Vous pouvez consulter l'article [ici](#)

Introduction

Les conceptions de construction de bâtiments durables utilisent des systèmes innovants pour réduire la consommation d'énergie et avoir un impact positif sur l'environnement naturel. L'enveloppe du bâtiment est la partie principale des bâtiments, chargée de protéger l'atmosphère intérieure des impacts environnementaux externes tels que le vent, la pluie, la pollution industrielle et les effets acoustiques. Les fonctions les plus importantes de l'enveloppe du bâtiment sont la perméabilité à la vapeur d'eau, les fuites d'air, la résistance à l'eau, la résistance au transfert de chaleur, la stabilité thermique et mécanique, l'inflammabilité et les propriétés acoustiques [1]. La perméabilité à la vapeur d'eau est l'une des propriétés critiques des matériaux dans les applications d'enveloppe du bâtiment. L'utilisation de membranes respirantes dans le mur du bâtiment peut contrôler l'humidité en facilitant la transmission de la vapeur d'eau de l'atmosphère intérieure du bâtiment vers l'extérieur. Ainsi, une membrane avec des propriétés de perméabilité améliorées pourrait empêcher l'accumulation d'humidité et par conséquent la croissance de moisissures ainsi que l'amortissement des enveloppes du bâtiment. Ces facteurs entraîneraient des dommages économiques importants et nuiraient à la qualité de l'air intérieur du bâtiment [2].

Actuellement, il existe plusieurs types de membranes sur le marché. Les systèmes de façade courants sont principalement produits à base de polyéthylène ou de polypropylène. Cependant, ces matériaux à base de pétrole sont responsables d'une grande quantité d'émissions mondiales de CO₂ et ont des impacts négatifs sur l'environnement. En contrepartie, les législations québécoises et mondiales recommandent une utilisation maximale de matériaux biosourcés et renouvelables en construction pour mieux répondre aux enjeux du développement durable [3]. Récemment, le composite bois-plastique biosourcé, qui fait référence à une matrice polymère incorporée avec du bois ou d'autres fibres naturelles, est devenu un matériau populaire dans plusieurs applications en raison de ses performances attrayantes et de sa durabilité. L'acide polylactique (PLA) est le

biopolymère le plus utilisé dans l'industrie du plastique. Il est produit à partir de la polymérisation par ouverture de cycle de monomères de lactide, qui sont extraits de ressources renouvelables. Le PLA présente plusieurs avantages potentiels, notamment une excellente aptitude au traitement, une plasticité thermique et des propriétés optiques et mécaniques appropriées. La microfibre de cellulose (CMF) est dérivée de la cellulose des plantes. Parmi les avantages du CMF, on cite son abondance, sa résistance mécanique élevée, son coût faible et sa capacité de renouvellement, ce qui en fait un candidat idéal pour renforcer les composites polymères [4]. La microfibrille de cellulose a tendance à s'agréger lorsqu'elle est introduite dans des polymères non polaires tels que le PLA, ce qui limite les effets de renforcement de la biocharge. L'agglomération des fibres est due à leur comportement hautement hydrophile, à la forte liaison hydrogène entre les groupes hydroxyles de la cellulose et à la mauvaise adhérence interfaciale entre les fibres de cellulose et les matrices polymères. Ainsi, la CMF devrait être modifiée pour améliorer les performances des composites.

L'objectif de ce projet est de développer des membranes biosourcées avec des propriétés de perméabilité améliorées pour les applications d'enveloppe de bâtiment. Des composites ont été fabriqués à partir de biopolymère PLA et de fibres de cellulose commerciales. Pour améliorer la dispersion des fibres dans la matrice PLA, le polyéthylène glycol (PEG) a été utilisé comme compatibilisant polymère pour la modification de surface du CMF. Les propriétés des membranes préparées à base de PLA ont été étudiées en termes de morphologie, stabilité thermique, propriétés thermomécaniques et perméabilité à la vapeur d'eau.

Méthodologie

Dans ce projet de recherche, des membranes à base de PLA, contenant jusqu'à 30 % en poids de CMF, ont été préparées avec succès par la méthode de coulée au solvant. De plus, pour améliorer la compatibilité et l'adhérence interfaciale entre les fibres et le PLA, le CMF a été modifié par du PEG comme compatibilisant en utilisant deux méthodes différentes : 1) le mélange du CMF avec du PEG (CMF-PEG) (seulement dans cette méthode), a formé des interactions chimiques entre les groupes fonctionnels du CMF et du PEG, et 2) le greffage du PEG sur le CMF (CMF-G-PEG) (le PEG a été greffé chimiquement à la surface des fibres de cellulose) (Figure 1).

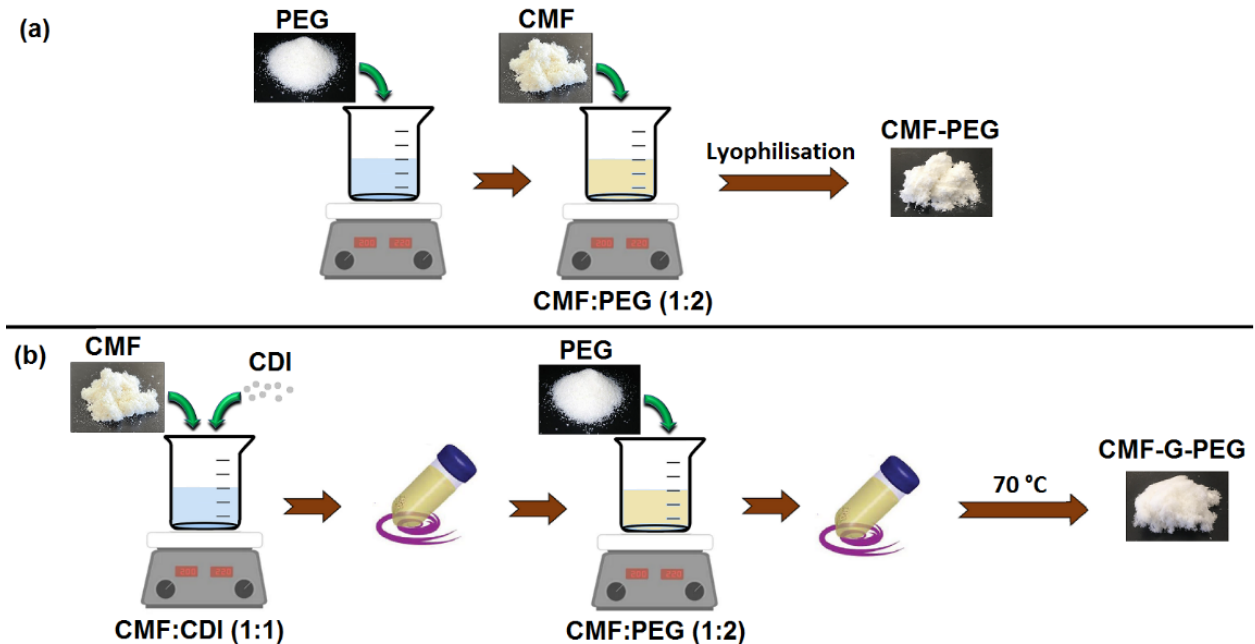


Figure 1. Procédures de modification de la microfibre de cellulose (CMF) : (a) mélange de CMF avec du PEG et (b) greffage de PEG sur du CMF.

Synthèse des résultats

— L'étude morphologique a montré une mauvaise dispersion et agglomération des CMFs non traitées dans la matrice PLA, ce qui est attribué à la faible affinité thermodynamique entre le PLA et les fibres de cellulose. Cependant, les CMF modifiées se sont dispersées de manière homogène et uniforme dans la matrice PLA, indiquant l'effet compatibilisant du PEG (Figure 2). L'amélioration de la dispersion des fibres dans la matrice polymère pourrait réduire la formation de vides dans la structure, ce qui améliore les propriétés mécaniques et de résistance des matériaux.

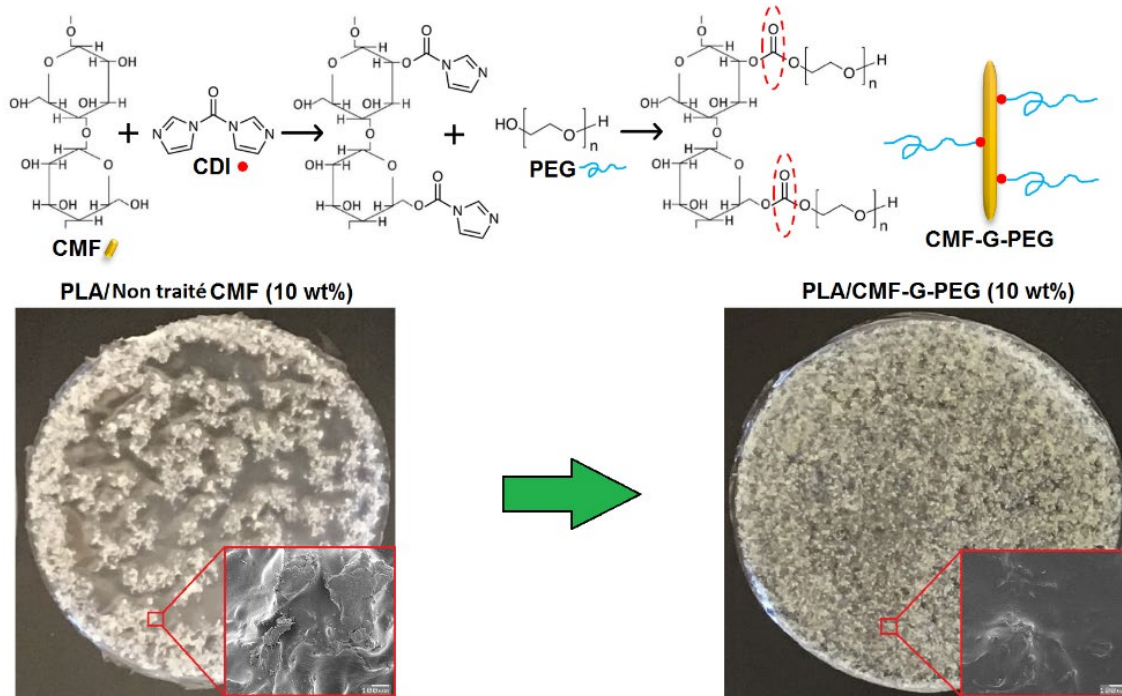


Figure 2. Illustration schématique de la modification des microfibrilles de cellulose (CMF) par le PEG et dispersion améliorée du CMF modifié (CMF-G-PEG) dans la matrice PLA.

- Les valeurs du taux de transmission de la vapeur d'eau (WVTR) des membranes à base de PLA se sont améliorées à mesure que la teneur en CMF modifiée augmentait dans les composites (Figure 3). Ainsi, on pourrait en déduire que l'incorporation de CMFs modifiées dans le PLA pourrait réguler l'humidité en permettant à la vapeur piégée de traverser les murs du bâtiment et d'éviter les problèmes liés à l'humidité des moisissures et l'amortissement des matériaux de l'enveloppe du bâtiment.

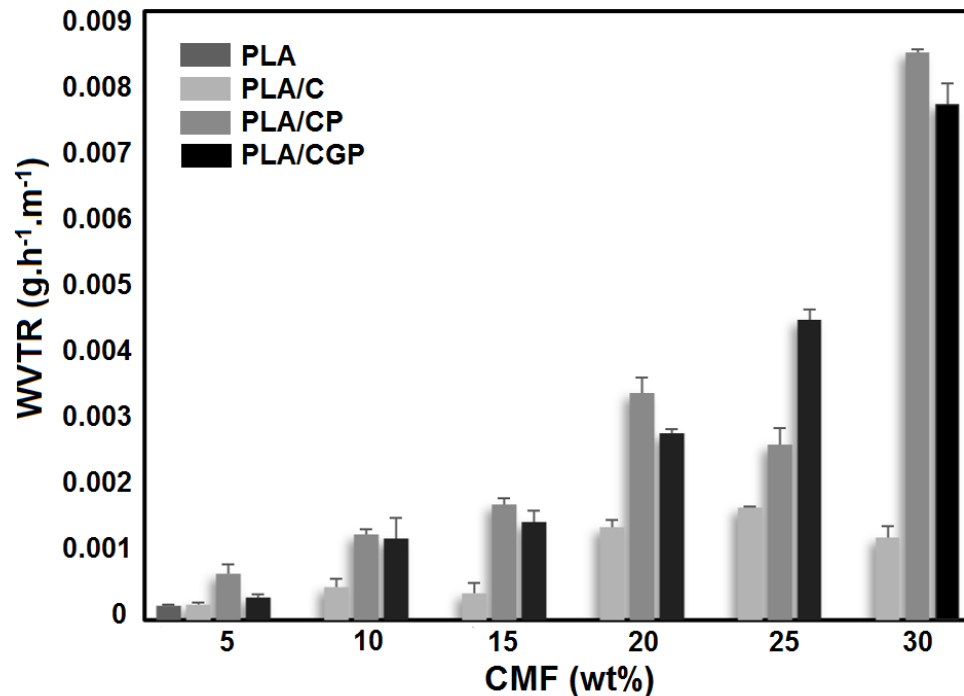


Figure 3. Variation des valeurs du taux de transmission de la vapeur d'eau (WVTR) normalisées des membranes à base de PLA en fonction de la teneur de microfibrilles de cellulose (CMF).

- Les résultats de l'analyse thermogravimétrique (TGA) montrent que l'incorporation de CMFs modifiées dans le PLA a amélioré la température de décomposition, indiquant une meilleure stabilité thermique des composites. Les membranes biosourcées développées pourraient jouer un rôle clé dans l'amélioration des performances de sécurité d'un système d'enveloppe de bâtiment en augmentant le niveau d'énergie d'activation requis pour la décomposition thermique des matériaux.
- Le test de performance mécanique (test de traction) a démontré que l'incorporation de CMFs non traitées dans le PLA diminuait considérablement les propriétés mécaniques des matériaux. Cependant, les membranes développées incorporées avec de CMFs modifiées ont montré une flexibilité améliorée et elles sont suffisamment pliables pour couvrir les murs et se déplacer avec les bâtiments.

Conclusions

Les membranes à base de PLA résultantes avec des performances de perméabilité améliorées présentent un potentiel considérable dans l'industrie de la construction en améliorant ses performances mécaniques de flexibilité, ainsi que la qualité de l'air intérieur du bâtiment. L'approche utilisée dans ce travail de recherche pour la fabrication de composites biosourcés incorporés à la fois avec des microfibrilles de cellulose et du polyéthylène glycol pourrait ouvrir la voie à la production de composites thermoplastiques durables avec des charges élevées de microfibrilles de cellulose offrant une large gamme d'applications dans le secteur de l'industrie du plastique.

Les avantages de cette étude incluent les :

- Bénéfices environnementaux : l'utilisation des matériaux biosourcés dans le bâtiment permet de diminuer la consommation d'énergie et par conséquent les émissions de CO₂, ainsi que de réduire les impacts négatifs sur l'environnement en remplaçant les matériaux à base de pétrole.
- Bénéfices sociétaux : les membranes développées peuvent améliorer la qualité de l'air à l'intérieur des bâtiments en réduisant la condensation d'humidité interstitielle, évitant ainsi la croissance de moisissures sur la surface intérieure des enveloppes des bâtiments.
- Avantages économiques : la fabrication de membranes biosourcées incorporées à des fibres de cellulose permet de favoriser l'utilisation des sous-produits du bois dans l'industrie du bois.

Références

- [1] Iwaro, J., and Mwashia, A. (2013). The impact of sustainable building envelope design on building sustainability using Integrated Performance Model. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 2(2), 153-171. <https://doi.org/10.1016/j.ijbsbe.2014.03.002>.
- [2] Eder, A., and Carus, M. (2013). Global trends in wood-plastic composites (WPC), *Bioplastics Magazine*, <http://www.wpc-consulting.eu>.
- [3] Gustavsson, L., and Sathre, R. (2006). Variability in energy and carbon dioxide balances of wood and concrete building materials. *Building and Environment*, 41(7), 940-951. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.04.008>.
- [4] Hussain, A., and Blanchet, P. (2021). Preparation of Breathable Cellulose Based Polymeric Membranes with Enhanced Water Resistance for the Building Industry. *Materials* 14(15), 4310. <https://doi.org/10.3390/ma14154310>.