

## **Membranes pare-vapeur à base d'acide polylactique et de microfibrilles de cellulose pour l'enveloppe des bâtiments**

**Masoud Dadras Chomachayi**

Vous pouvez consulter l'article [ici](#) [1]

### **Introduction**

L'enveloppe du bâtiment est la partie principale des bâtiments chargée de protéger l'atmosphère intérieure des bâtiments des impacts environnementaux externes [2]. Dans un climat froid, la concentration de vapeur d'eau à l'intérieur des bâtiments est plus élevée que dans l'environnement extérieur, ce qui entraîne un flux d'humidité à travers les murs du bâtiment. La migration de l'humidité à travers les murs peut être contrôlée par l'installation de membranes pare-vapeur sur le côté chaud des bâtiments [3]. Il existe actuellement plusieurs types de membranes pare-vapeur utilisées dans l'industrie du bâtiment. La feuille de plastique en polyéthylène (PE) est l'un des pare-vapeur les plus courants sur le marché en raison de ses propriétés avantageuses, notamment sa légèreté, son coût abordable, sa durabilité et ses bonnes capacités de barrière contre l'humidité. Cependant, le PE est un polymère synthétique d'origine fossile dérivé de ressources non renouvelables comme le pétrole. Ainsi, sa production et son utilisation massives peuvent avoir des impacts environnementaux significatifs en termes d'émission de gaz à effet de serre et de gestion des déchets plastiques [4].

Dans un contexte de préoccupations croissantes liées à la durabilité et à l'impact environnemental des matériaux de construction, il y a un intérêt croissant pour le développement de solutions alternatives plus respectueuses de l'environnement. Récemment, les biopolymères ont suscité une grande attention de la part des scientifiques en raison de leur potentiel de remplacement des plastiques d'origine fossile. L'acide polylactique (PLA) a suscité un intérêt considérable en raison de ses remarquables propriétés. Cependant, certains inconvénients du PLA, notamment son coût élevé, sa mauvaise stabilité thermique et sa faible force de fusion, peuvent limiter ses applications dans des contextes nécessitant des propriétés thermiques spécifiques. L'une des stratégies permettant de surmonter ces inconvénients est l'incorporation de charges renouvelables dans les plastiques, y compris le PLA [5].

La cellulose est l'un des polymères naturels les plus abondants dans la nature. Les microfibrilles de cellulose (CMF) constituent un renfort idéal pour la fabrication de composites bois-plastique en raison de leurs avantages importants tels que leur caractère renouvelable, leur abondance et leur faible coût. Toutefois, les principaux défis liés à la production de composites polymères renforcés par des CMF sont les suivants : (i) leur grande sensibilité à l'humidité et (ii) le contrôle de la dispersion des fibres hydrophiles lorsqu'elles sont mélangées à un polymère non polaire [6].

L'objectif principal de cette étude est le développement de membranes pare-vapeur entièrement biosourcées à partir de PLA et de CMF. Le travail comprend également la modification de la surface du CMF avec de l'acide lactique pour améliorer les propriétés d'adhérence et la compatibilité entre les composants. Les membranes à base de PLA ont été fabriquées par la méthode de coulée en solution, puis leur morphologie et leurs propriétés de barrière ont été caractérisées. L'impact environnemental des membranes développées a été étudié à l'aide de l'outil d'évaluation du cycle de vie.

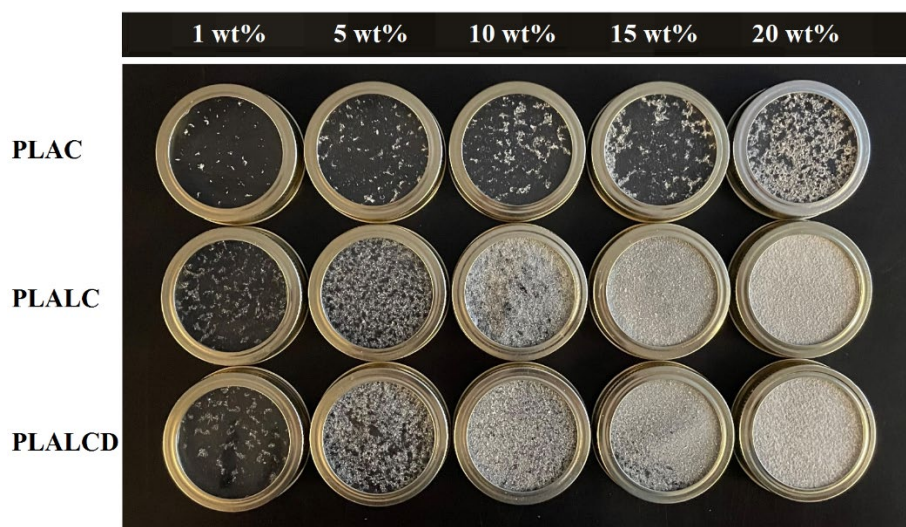
## **Méthodologie**

Les fibres de cellulose ont été modifiées avec de l'acide lactique (LA) par réaction d'estérification. Brièvement, 5 g de CMF ont été ajoutés à 500 ml d'eau, et la suspension a été mélangée à 2 500 tours par minute pendant 20 minutes. Ensuite, 5 g de LA et 50 mg d'acétate de zinc dihydraté ont été successivement ajoutés à la suspension de CMF et le mélange a été sonifié pendant 5 minutes. Le mélange a été chauffé à 170 °C dans un disperseur Ultra-Turrax à 18 000 tours/minute pendant 10 minutes. Ensuite, le mélange a été filtré sous vide et puis lavé trois fois avec de l'eau. Enfin, le CMF modifié par LA (codé CMF-LA) a été lyophilisé pendant deux jours.

Les membranes ont été fabriquées par une méthode de coulée en solution. La quantité souhaitée de PLA a été dissoute dans 100 ml de chloroforme sous agitation à 600 tours par minute pendant 2 heures. Ensuite, différentes teneurs en CMF non traité ou CMF-LA ont été ajoutées à la solution de PLA et le mélange a été agité à 1 000 tours par minute pendant 1 heure. Enfin, les solutions préparées ont été coulées dans une boîte de Petri en verre et séchées par évaporation du solvant pendant deux jours sous une hotte. Les composites à base de PLA incorporant du CMF non traité et du CMF-LA ont été codés PLACx et PLALCx, respectivement (x indique la teneur en renfort naturel). En outre, pour greffer efficacement le PLA à la surface du CMF-LA, 1 % en poids de peroxyde de dicumyle (DCP) a été ajouté à la solution PLA/CMF-LA. Cette série de composites a été codée PLALCDx.

## Résumé des résultats

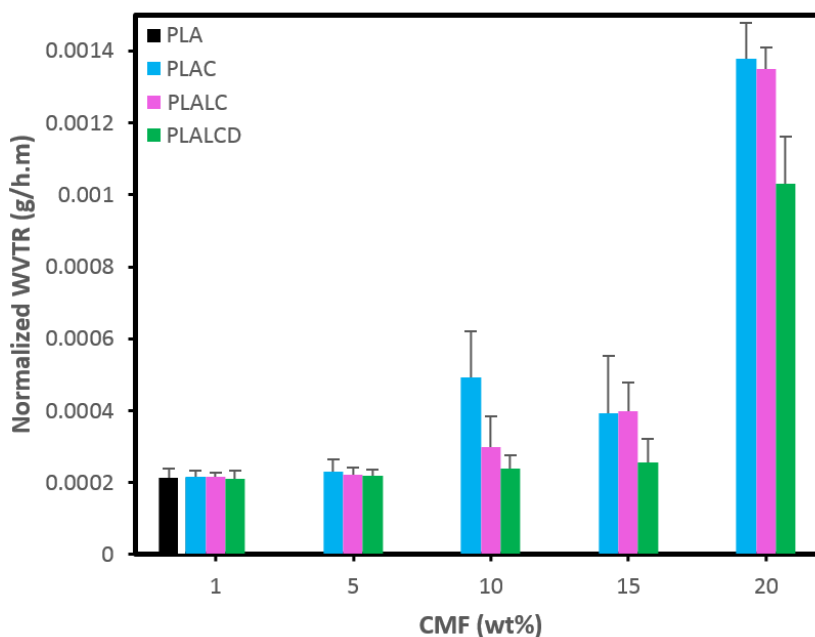
Dans cette méthode de modification, le LA a été greffé avec succès sur la surface des fibres. Après le traitement, les groupes hydroxyles (OH) du CMF ont été remplacés par des oligomères de LA qui ont pu réduire l'hydrophilie des fibres. La figure 1 présente les images photographiques de tous les composites préparés. On peut observer que la dispersion des fibres dans le PLA s'est remarquablement améliorée après la modification du CMF. La présence d'oligomères LA greffés à la surface du CMF a permis d'améliorer sa compatibilité avec la matrice PLA hydrophobe. Les observations ci-dessus suggèrent que la modification du CMF avec de l'AL constitue une méthode simple et efficace pour la fabrication de membranes à base de PLA, avec une meilleure dispersibilité des fibres.



**Figure 1.** Images de membranes à base de PLA incorporant du CMF non traité et du CMF-LA.

Les propriétés de barrière à la vapeur des membranes à base de PLA développées ont été étudiées à l'aide du test du taux de transmission de la vapeur d'eau (WVTR) et les résultats obtenus sont présentés dans la figure 2. Comme on peut le voir sur cette figure, les valeurs WVTR normalisées ont montré une augmentation continue avec la charge de CMF non traité. Par exemple, la valeur WVTR du PLA pur a augmenté de 547 % dans le composite PLAC20. Ceci est dû à la caractéristique hydrophile des fibres de cellulose et à la formation de vides entre le PLA et les fibres, ce qui entraîne un mouvement capillaire des molécules de vapeur d'eau.

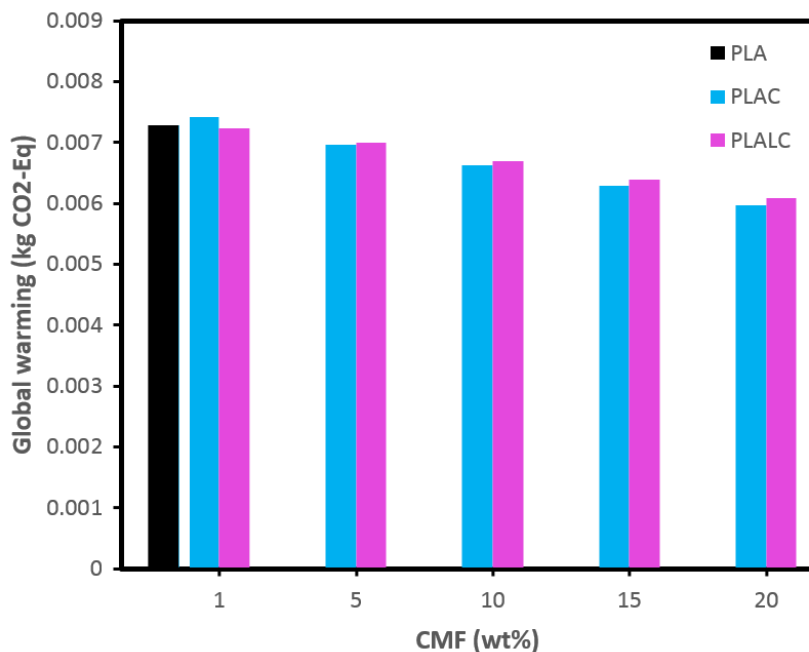
Cependant, les composites PLALCx et PLALCDx ont montré des performances de barrière supérieures à celles des composites PLACx. Ces observations pourraient s'expliquer par les facteurs suivants : premièrement, les groupes OH du CMF ont été remplacés par des oligomères LA, ce qui a réduit l'hydrophilie du CMF. Deuxièmement, la meilleure dispersion des fibres modifiées dans le PLA a réduit la formation de vides et de défauts dans les composites, qui fournissent des voies de migration pour les molécules de vapeur d'eau. Il est intéressant de noter que dans les composites PLALCDx, il n'y a pas eu d'augmentation significative de la valeur du WVTR normalisé lorsque la teneur en CMF-LA atteignait 15 % en poids.



**Figure 2.** Valeurs WVTR normalisées des membranes à base de PLA.

Dans cette étude, l'analyse du cycle de vie (ACV) a été utilisée pour étudier l'impact environnemental des membranes à base de PLA développées. La figure 3 présente les valeurs du potentiel de réchauffement planétaire (PRP) des matériaux. Dans l'ensemble, il est évident que l'incorporation de CMF non traité ou de CMF-LA dans le PLA a atténué la valeur du PRP des composites. En effet, les valeurs du PRP sont généralement réduites en augmentant la teneur en charges biologiques et en remplaçant la partie du PLA par des fibres de cellulose dans les composites. Par exemple, les membranes à base de PLA incorporant 15 % en poids de CMF ont montré une diminution de 15,2 % de la valeur du PRP. Il est communément admis dans les études

d'ACV qu'une différence supérieure à 10 % peut être considérée comme significative dans les scores de réchauffement global.



**Figure 3.** Potentiel de réchauffement de la planète d'après l'étude ACV des membranes à base de PLA.

## Conclusion

Des membranes plastiques ont été fabriquées à partir d'un biopolymère (PLA) et d'un renfort renouvelable (CMF). Pour améliorer la compatibilité entre le CMF et le PLA, le CMF a été modifié par LA en utilisant une simple réaction d'estérification. Les études morphologiques ont montré que le CMF modifié se dispersait de manière homogène dans la matrice PLA, réduisant ainsi la formation de vides dans les composites. En ce qui concerne le test WVTR, les composites PLALCDx ont montré des propriétés de barrière supérieures à celles des composites PLACx et PLALCx. Les données fournies concernant l'outil d'évaluation du cycle de vie ont révélé que l'ajout de CMF dans le PLA réduisait de manière significative le potentiel de réchauffement global des matériaux. On peut donc conclure que les membranes développées ont un potentiel dans les applications de membranes barrières en tant qu'alternative aux matériaux d'origine fossile.

## Références

- [1] Dadras Chomachayi, M., Blanchet, P., Hussain, A., Pepin, S. (2023). Vapor Barrier Membranes Based on Polylactic acid and Cellulose Microfibers for the Building Envelope Application. *J Polym Environ*, 31: 5309-5325.
- [2] Iwaro J, Mwasha A (2013) The impact of sustainable building envelope design on building sustainability using Integrated Performance Model. *Int J Sustain Built Environ*, 2:153-171.
- [3] Boudreaux P, Pallin S, Accawi G, et al (2018) A rule-based expert system applied to moisture durability of building envelopes. *J Build Phys*, 42:416-437.
- [4] Rasmussen TV, Hansen TK, Shashoua Y, et al (2022) Performance of Polyethylene Vapor Barrier Systems in Temperate Climates. *Buildings*, 12:1768.
- [5] Wang H, Zhang X, Guo S, Liu T (2021) A review of coextruded wood--plastic composites. *Polym Compos*, 42:4174-4186.
- [6] Venkatarajan S, Athijayamani A (2021) An overview on natural cellulose fiber reinforced polymer composites. *Mater Today Proc*, 37:3620-3624.