

CONTEXTE

Les matériaux composites permettent à l'industrie aéronautique de répondre aux enjeux environnementaux importants en réduisant la consommation du carburant et l'émission des gaz à effet de serre. Ils sont habituellement constitués de ressources non renouvelables énergivores telles de fibres de verre ou de carbone et de polymères pétroliers. L'utilisation de renforts d'origine naturelle et de polymères biosourcés répond au souci de préserver l'environnement et de limiter les prélèvements de matières non renouvelables [1].

PROBLÉMATIQUE

Malgré les grands avantages des composites verts, des problèmes subsistent. Les fibres naturelles sont moins homogènes que les fibres synthétiques, elles ont tendance à absorber l'humidité et sont moins compatibles avec les résines polymères classiques. Nos efforts portent sur l'optimisation de la formulation de la résine biosourcée (Kemitek) et le traitement de la fibre de lin afin d'augmenter l'adhésion des matériaux biocomposites dédiés aux applications aéronautiques (Centre technologique en aérospatiale (CTA)).

MÉTHODOLOGIE

Résines: Trois résines vinylester ont été employées. Une résine commerciale (Derakane 411-350) et deux résines biosourcées (Bio1, Bio2) ayant comme composante principale le liquide de l'enveloppe de la noix de cajou. Le composé remplaçant le styrène est une chaîne méthacrylique à très haut point d'ébullition et peu volatile. La résine Bio 01 est constituée de monomères à chaînes alkyles classiques alors que la Bio 02 possède des groupements alcool greffés sur les chaînes alkyles. Cette seconde résine, plus polaire et plus visqueuse que la précédente, vise à déterminer l'importance de la polarité de la résine sur les interactions résine-fibres naturelles.

Fibres: Le twill de lin (5 oz) TF05T58A utilisé dans ce projet de recherche est un don de la compagnie Texonic. Les fibres naturelles, comme le lin, généralement constituées de polymères hydrophiles (cellulose, hémicellulose) ont de faibles interactions avec les résines polymériques hydrophobes. La structure chimique de la fibre a été modifiée en surface afin d'augmenter l'adhésion fibre-résine. Le réactif 3-(triméthoxysilyl)propyl méthacrylate (MAPTMS) est employé pour générer une liaison covalente avec les groupements alcools (OH) en surface des fibres de lin et créer un environnement plus hydrophobe pour la résine.

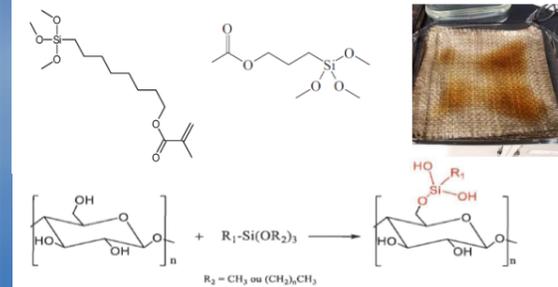
Un second agent d'ensimage est aussi considéré dans cette étude. Le 8-(triméthoxysilyl)octyl méthacrylate (MAOTMS) diffère du MAPTMS par la longueur de la chaîne carbonée reliant l'atome de silicium au groupement méthacrylate.

Un traitement appelé mercerisation a été réalisé. Ce traitement de la fibre avec une base aqueuse forte (NaOH) vise à éliminer les cires, les tanins et les protéines présents naturellement dans la fibre de lin.

PROCÉDURE D'INFUSION

- Le montage d'infusion est effectué avec 8 plis de renfort sergé de fibre de lin
- Les renforts sont séchés sous vide à 80 °C dans le montage
- La résine est dégazée sous vide avec une agitation pendant 30 min sans initiateur et 15 min avec initiateur
- L'infusion est effectuée à 40 °C sous vide (-22 pouce Hg)
- Attente du point de gel (90 min à 23 °C sous vide)
- Post-cuisson de 2 heures à 80 °C
- Démoulage

CHIMIE



De gauche à droite: structures chimiques du MAOTMS et du MAPTMS, bain de trempage des renforts et liaison entre le groupement OH de la cellulose et le réactif silane [2]

RÉSULTATS

Taux de fibres: Afin de comparer les propriétés mécaniques de biocomposites aux composites constitués de résines commerciales et de fibres de verres, les taux de fibres ont été évalués par microscopie et pyrolyse partielle sous N₂.

De gauche à droite: image en microscopie optique (250X) composite de fibre de lin et de résine Bio1. Image traitée numériquement discriminant résine et fibres. Variation du taux volumique de fibres après chaque abrasion de 100 microns du composite.

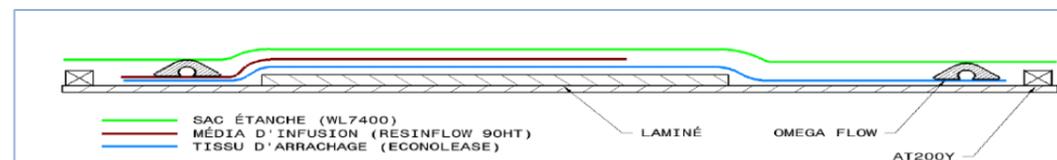
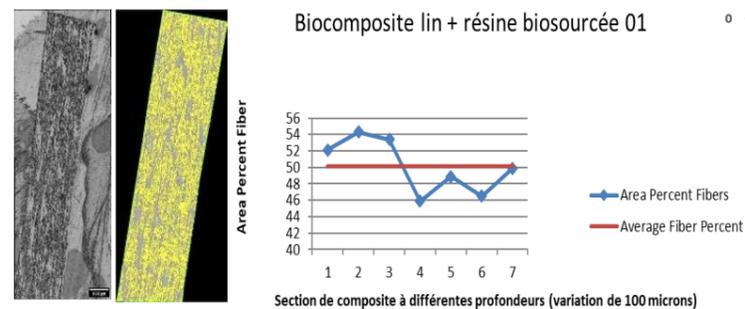
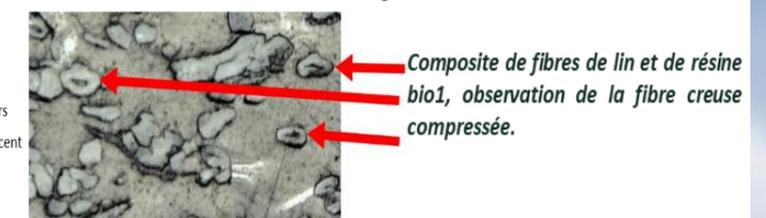
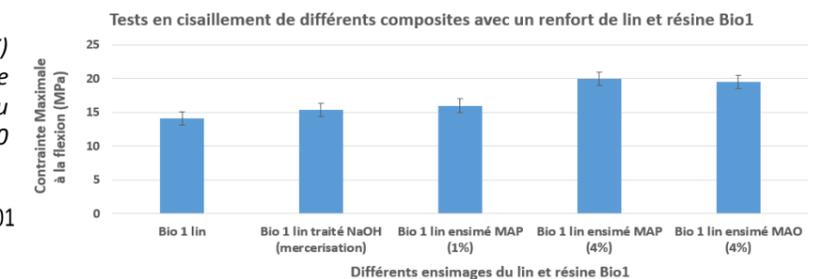


Schéma du montage en coupe du moule pour infusion.

Essais mécaniques: Des tests mécaniques de cisaillement interlaminaire (short beam shear ASTM-D2344-D2344M) et de flexion 3 points (ASTM-2764) ont été effectués [3].



ÉQUIPE DE RÉALISATION

Carl Ouellet¹, professeur, cégep Édouard-Montpetit, Dominic Thibault², François LeBel¹, Emma Ghazali¹, Sylvain Major², professeur, cégep de Thetford, Luc Pelletier¹, Josée Labrecque², Vincent Beaudry, stagiaire, École nationale d'aérotechnique, affiliée au cégep Édouard-Montpetit, Esteban Thomassin², stagiaire, cégep de Thetford.

1: Centre technologique en aérospatiale, affilié au cégep Édouard-Montpetit.

2: Kemitek, affilié et cégep de Thetford.

CONCLUSION

- À partir d'un renfort de fibres de lin, la résine biosourcée produit des panneaux composites aux propriétés mécaniques équivalentes à ceux produits avec de la résine commerciale Derakane.
- La mercerisation et l'ensimage à 1 % en masse par MAP ou MAO n'ont pas eu d'effets significatifs sur les propriétés mécaniques des biocomposites générés.
- L'ensimage à 4 % en masse par MAP ou MAO a permis d'augmenter la contrainte maximale à la flexion en cisaillement de 25 à 30 % par rapport à un renfort de lin non-traité.

RÉFÉRENCES

- [1] Joshi, S.V, and al., Are natural fiber composites environmentally superior to glass fiber reinforced composites? Composites Part A: Appl. Sci. Manuf, 35, (2003), 371-376.
- [2] Jacob M, Thomas S, Varughese KT Mechanical properties of sisal/oil palm hybrid fiber reinforced natural rubber composites. Compos Sci Technol 64:955-965 (2004).
- [3] ASTM D7264 / D7264M-15, Standard Test Method for Flexural Properties of Polymer Matrix Composite Materials, ASTM International, West Conshohocken, PA (2015).

REMERCIEMENTS

Ce travail a été soutenu par le programme PART du ministère de l'Enseignement supérieur.