

Thana SAFFAR^{1,2}, Hassine BOUAFIF², Armand LANGLOIS³, Ahmed KOUBAA¹

¹Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, ²Centre Technologique des Résidus Industriels, ³EnerLab

1. Introduction

Actuellement, avec les restrictions gouvernementales quant à l'environnement, les industries sont tenues à réduire leurs émissions en carbone. La quête à concevoir des produits écoresponsables ainsi qu'à trouver des solutions de valorisation pour les résidus industriels devient par conséquent grandissante. Étant renouvelable et durable, la biomasse forestière semble représenter une voie intéressante qui pourrait mener à une substitution graduelle des produits d'origine fossile. Dans ce contexte, la pyrolyse du bois est un processus de thermoconversion chimique qui aboutit entre autres à la biohuile de pyrolyse. Dans le but d'extraire des produits à haute valeur ajoutée, l'intérêt accordé à la composition des résidus de la biohuile s'accroît. À cet effet, la lignine pyrolytique apparaît comme un polymère susceptible de remplacer le polyol fossile. Il est à mentionner que le polyol est l'un de deux monomères nécessaires à la fabrication des mousses de polyuréthane rigide largement utilisées dans le domaine de construction pour leur performance d'isolation thermique. La présente étude vise l'utilisation de la lignine pyrolytique comme monomère pour la synthèse des mousses de polyuréthane rigide.

2. Objectifs

- L'**objectif général** du projet est d'évaluer le potentiel d'utilisation de la lignine pyrolytique afin de synthétiser des mousses de polyuréthane rigide.
- Les **objectifs spécifiques** sont :
 1. Évaluer l'efficacité de l'isolement la lignine à partir de la biohuile de pyrolyse;
 2. Activer chimiquement la lignine pyrolytique par oxypropylation;
 3. Synthétiser des mousses de polyuréthane rigide à partir de la lignine oxypropylée

3. Matériel et Méthodes

3.1. Isolement de la lignine pyrolytique

L'eau a été le solvant utilisé pour l'isolement de la lignine à partir de la biohuile de pyrolyse en ratio massique 2/1 (eau/biohuile), (Fig 1, 2).



Fig 1: Ajout de l'eau à la biohuile de pyrolyse



Fig 2: Récupération de la lignine pyrolytique par décantation (à droite)

3.2. Activation chimique de la lignine pyrolytique

La réaction d'oxypropylation a été réalisée dans un réacteur mélangé muni d'un système de chauffage et de refroidissement, (Fig 3). L'indice hydroxyle est un paramètre important pour caractériser les polyols. Ce paramètre a été quantifié par titration suivant la norme ASTM D4274, (Fig 4).



Fig 3: Activation de la lignine pyrolytique par oxypropylation



Fig 4: Quantification de l'indice hydroxyle par titration

3.3. Synthèse des mousses de polyuréthane biosourcée

La formulation des mousses de polyuréthane nécessite la mise en contact du polyol (ou d'un mélange polyol-biopolyol) avec l'isocyanate (soit le deuxième monomère de la réaction uréthane) tout en mélangeant rigoureusement.

4. Résultats et Discussions

- La spectroscopie RMN ¹³C de la lignine pyrolytique isolée a montré un pic caractéristique intense vers 55 ppm correspondant aux groupements méthoxyle de la lignine, (Fig 5).
- La spectroscopie FTIR montre l'apparition d'un pic significatif vers 1050 cm⁻¹ témoignant le greffage des groupements éther par oxypropylation, (Fig 6).

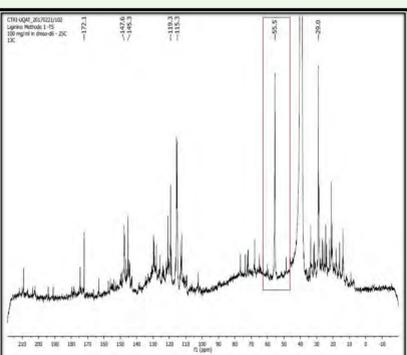


Fig 5: Spectre RMN ¹³C de la lignine pyrolytique isolée

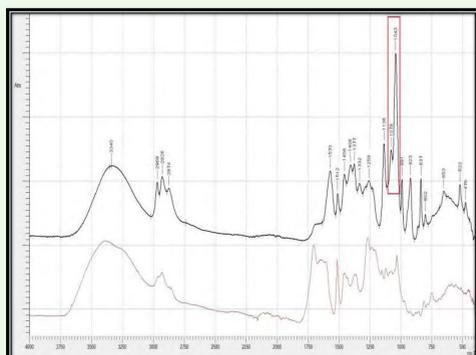


Fig 6: Spectre FTIR de la lignine pyrolytique (rouge) et de la lignine oxypropylée (noir)

4. Résultats et Discussions

- Le coefficient de corrélation R² du plan d'expérience effectué pour évaluer l'impact des 3 facteurs (ratio lignine pyrolytique/oxyde de propylène, température et pourcentage de catalyseur) sur l'indice hydroxyle a été de 94%, (Fig 7).
- La réponse optimale des conditions opératoire a été de (1/1, 210 °C, 9%) respectivement (lignine/oxyde de propylène, température, pourcentage de catalyseur), (Fig 8).

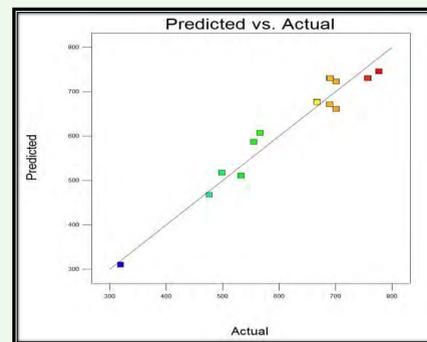


Fig 7: Variation de l'indice hydroxyle entre le prédit et l'expérimental

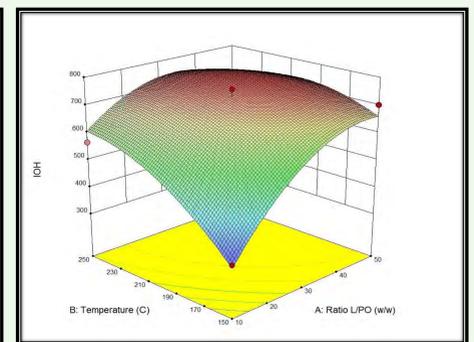


Fig 8: Optimisation des conditions opératoires de l'oxypropylation

- La Fig 9 montre l'implication de la lignine modifiée dans la réaction de polymérisation des mousses de polyuréthane rigide.
- Le pic de faible intensité vers 2280 cm⁻¹ de la spectroscopie IR montre que l'isocyanate a réagi en quasi-totalité avec le mélange de polyols commercial-lignine modifiée, (Fig 10).



Fig 9: Polyuréthane biosourcé (à gauche) vs commerciale (à droite)

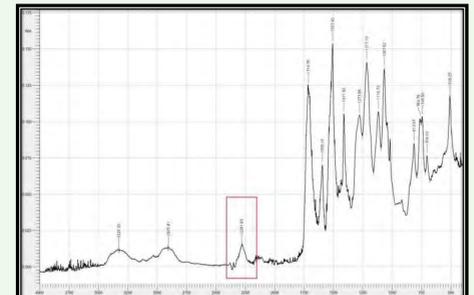


Fig 10: Spectre IR du polyuréthane rigide biosourcée avec la lignine modifiée

5. Conclusions

- L'isolement de la lignine pyrolytique a été effectué avec un rendement de 30% en poids (par rapport à la bio-huile pyrolytique).
- L'optimum de l'oxypropylation a été de 1/1 (lignine/oxyde de propylène) et a été impliqué dans la synthèse des mousses de polyuréthane rigide.
- La substitution du polyol commercial par la lignine modifiée a été de 20%. Des travaux d'optimisations seront nécessaires pour une substitution graduelle sans affecter les performances de ces mousses.

6. Applications potentielles et retombées industrielles

- La mise en œuvre d'un procédé industriel à partir d'un résidu de biomasse forestière offrira une alternative de valorisation pour l'industrie qui génère ce résidu et un gain économique pour l'industrie qui s'en sert comme matière première à faible coût.
- La substitution des produits d'origine fossile par d'autres d'origine non fossile permettrait de réduire ou de neutraliser le bilan de carbone.
- La production des mousses biosourcées permettra la possibilité de recyclage lors d'une fin de durée de vie des bâtiments.

7. Remerciements

- Les auteurs tiennent à remercier l'organisme subventionneur: CRSNG, l'organisme partenaire: EnerLab, ainsi que les partenaires de IRF et CRC-VACAT de l'UQAT.
- Un remerciement particulier aux personnels du CTRI impliqués dans la réalisation de ce projet.