



# 2016

## COLLOQUE ANNUEL DU CRMR



## PROGRAMME

1<sup>er</sup> juin 2016



**CENTRE DE RECHERCHE  
SUR LES MATÉRIAUX  
RENOUVELABLES**

Fonds de recherche  
Nature et  
technologies

Québec



UNIVERSITÉ  
LAVAL

**UQAT**

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC  
EN ABITIBI-TEMISCAMINGUE



## MERCI À NOS COMMANDITAIRES !



**Les pauses café :** le Laboratoire de biomatériaux, la Chaire de recherche en valorisation, caractérisation et transformation du bois et le Centre de technologie des résidus industriels.

**Prix étudiants (présentations et affiches scientifiques) :**



### Comité organisateur

Zahia Ait Si Said  
Fedi Boukhris  
Williams Belhadeb  
Alain Cloutier  
Carole Coursolle  
Imen Elloumi  
Wassim Kharrat  
Ahmed Koubaa  
Isabelle Métivier  
Sébastien Migneault  
Marouan Rejeb  
Fatma Rzem

### Support technique et logistique

Guylaine Bélanger  
Eric Fournier  
(Visites industrielles)  
Marthe Larouche

### Service des communications et de recrutement de l'UQAT

Nathalie Cossette

### Graphiste

Julie Ferland

## NOS PARTENAIRES



Abitibi-Témiscamingue, le 1<sup>er</sup> juin 2016

Il nous fait plaisir de vous présenter la 3<sup>e</sup> édition du Colloque annuel du CRMR qui a lieu, cette année, à l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, Campus Rouyn-Noranda.

Les étudiantes et les étudiants du Centre de recherche sur les matériaux renouvelables (CRMR) présenteront les résultats de leur recherche à un public élargi, intéressé par les matériaux renouvelables d'origine végétale et le développement durable. Il me fait plaisir de vous présenter les résumés des présentations orales et des affiches scientifiques de l'édition 2016 du Colloque annuel du CRMR. Je tiens à remercier les étudiantes et les étudiants ainsi que les chercheuses et les chercheurs du centre pour leur contribution au succès de cette journée.

Je remercie tout spécialement le professeur Ahmed Koubaa et son équipe pour leur accueil et pour leur grande participation à l'organisation et à la réussite de ces deux journées de conférences et de visite.

Pour connaître la programmation complète de nos activités de recherche, je vous invite à consulter la page web du Centre de recherche sur les matériaux renouvelables, qui est régulièrement mise à jour à l'adresse : [www.materiauxrenouvelables.ca](http://www.materiauxrenouvelables.ca)

J'espère que vous apprécierez cette journée de transfert technologique. Je vous remercie de votre participation au nom de tous les membres du CRMR.

Le Directeur,



Alain Cloutier, ing., ing.f., Ph.D.  
Professeur titulaire



**CENTRE DE RECHERCHE  
SUR LES MATÉRIAUX  
RENOUVELABLES**

Pavillon Gene-H.-Kruger (418) 656-2438  
2425, rue de la Terrasse, Télécopieur : (418) 656-2091  
Université Laval [www.materiauxrenouvelables.ca](http://www.materiauxrenouvelables.ca)  
Québec (Québec) G1V 0A6  
Canada





**COLLOQUE ANNUEL DU CRMV**  
**MERCREDI 1<sup>er</sup> JUIN, 2016**  
**Salle C-200, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue**  
**Campus Rouyn - Noranda**

**PROGRAMME GÉNÉRAL**

**7h30 - 8h20 : Inscription**

**8h20 : Mot de bienvenue**

**8h30 : Ouverture – Mme Johanne Jean, Rectrice,  
Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue**

**8h40 - 10h10 : PLÉNIÈRE I**

**8h40** *Conception d'un dispositif pour la mesure du module d'élasticité dynamique dans le bois – Wassim Kharrat, UQAT.*

**9h10** *Caractérisation des propriétés diélectriques du bois et des composites bois-polymère – Imen Elloumi, UQAT.*

**9h40** *Effets des coupes partielles sur la qualité du bois de l'épinette blanche (Picea glauca [Moench.] Voss) – Zahia Ait Si Said, UQAT*

**10h10 – 10h50 : PAUSE/SESSION D'AFFICHES SCIENTIFIQUES I – Voir programme Sessions d'affiches**

**10h50 – 12h10 : PLÉNIÈRE II**

**10h50** *Étude préliminaire sur l'effet du traitement ignifuge sur la déformation de la surface non vernie et vernie des panneaux décoratifs aéronautiques – Jedi Rosero-Alvarado, ULAVAL.*

**11h10** *Développement d'un revêtement acrylique thermochrome à haute efficacité énergétique – Kevin Arnaud, ULAVAL.*

**11h30** *Analyse de la relation entre la morphologie des fibres et la densité avec la perméabilité intrinsèque des ébauches de panneaux de fibres – Pamela Rebolledo Valenzuela, ULAVAL.*

**11h50 Dîner**

**13h00 - 13h30 : SESSION D'AFFICHES SCIENTIFIQUES II - Voir programme Sessions d'affiches**

**13h30 – 16h20 : PLÉNIÈRE III**

**13h30** *La pyrolyse rapide des résidus de bois - une évaluation technique et économique – Peter Fransham, ABRI-Tech Inc., conférencier invité.*

**14h00** *Développement d'une nouvelle génération de composites bois-polymère – Sébastien Migneault, UQAT.*

**14h20** *Matériaux composites à base de filaments de cellulose et de polyéthylène – Goran Togonal, UQTR.*

**14h40** *Études des propriétés barrières et anti-oxydantes d'un composite cellulose-polypyrrole dans une optique d'emballage alimentaire – Benoit Bideau, UQTR.*

**15h00** *Valorisation d'une pâte thermomécanique par la production de nanocellulose via l'oxydation TEMPO – David Myja, UQTR.*

**15h20** *Prédiction de la masse volumique de l'épinette blanche dans l'écozone des Plaines Boréales – Cyriac S. Mvolo, UQAT.*

**15h40** *Impact de la coupe partielle et de la production de bois classé mécaniquement (MSR) sur la rentabilité d'une scierie s'approvisionnant en forêt boréale située à l'est du Canada – Normand Paradis, ULAVAL.*

**16h00** *La biomasse forestière d'un point de vue socioéconomique – Anne Bernard, ULAVAL.*

**16h20 PAUSE/SESSION D'AFFICHES SCIENTIFIQUES III – Voir programme Sessions d'affiches**





CENTRE DE RECHERCHE  
SUR LES MATÉRIAUX  
RENOUVELABLES

**COLLOQUE ANNUEL DU CRM**  
**MERCREDI 1<sup>er</sup> JUIN, 2016**  
**Salle C-200, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue**  
**Campus Rouyn - Noranda**

**PROGRAMME SESSIONS AFFICHES SCIENTIFIQUES**

**10h15 - 10h50 : SESSION D’AFFICHES SCIENTIFIQUES I**

**10h15** *Optimisation d’un procédé de pyrolyse conventionnelle à l’échelle du laboratoire* – **Lucie Cherpozat, UQTR.**

**10h20** *Activation des précurseurs lignocellulosiques par pyrolyse rapide* – **Flavia Braghiroli, UQAT.**

**10h25** *Étude du potentiel des fibres torréfiées pour la fabrication de composites bois polymère* – **Ramzi Ayadi, UQAT.**

**10h30** *Pyrolyse rapide du bois de bouleau blanc* – **Nesrine Hamza, UQAT.**

**10h35** *Étude expérimentale de la conformation 3D de renforts à fibres naturelles unidirectionnelles retenues par un liant papier ou mat* – **Rodrigue Stéphane Mbakop, UQTR**

**10h40** *Comportement en fatigue d’un composite à fibres naturelles : Polyéthylène/Bouleaux* – **Mahdi Mejri, UQTR.**

**13h10 - 13h40 : SESSION D’AFFICHES SCIENTIFIQUES II**

**13h00** *Évaluation de la capacité d’échange d’ions des fibres lignocellulosiques phosphorylées* – **Adrien Ratier, UQTR.**

**13h05** *Nouvelle méthode de phosphorylation de fibres lignocellulosiques par un ester de phosphate : Synthèses simultanées de l’ester et d’un phosphate de cellulose alkylé* – **Manon Pain-Boutin, UQTR.**

**13h10** *Caractérisation des propriétés bio-physico-chimiques des boues de désencrage et évaluation de leur potentiel comme matière fertilisante* – **Emna Marouani, UQAT.**

**13h15** *Purification des eaux usées à l’aide de nanofibres électrofilées* – **Laurence Paradis-Tanguay, UQTR.**

**13h20** *Développement de nouveaux matériaux de haute inertie thermique à base de bois et matériaux à changement de phase* – **Damien Mathis, ULAVAL.**

**16h30 SESSION D’AFFICHES SCIENTIFIQUES III**

**16h30** *Alternatives de traitements de retardement de feu des composites bois-polymère* – **Dalenda Ben Ammar, UQAT.**

**16h35** *Liens entre les propriétés du bois, le temps depuis feu et les caractéristiques des arbres et des peuplements en forêt boréale* – **Kaysandra Waldron, ULAVAL.**

**16h40** *Développement de granulés énergétiques améliorés à base de bouleau blanc et de graines de canola* – **Williams Belhadeff, UQAT.**

**16h45** *Bioénergie : de bois mal-aimés à bois désirés* – **Mathieu Béland/Claude Durocher, ULAVAL.**

**16h50** *Effet du mode de séparation des fibres de bouleau blanc sur les propriétés des composites bois-polymère et des granules énergétiques* – **Fedi Boukhris, UQAT.**

**16h55** *Modélisation et validation de comportement mécanique d’une structure de bois assemblée par des connecteurs métalliques* – **Nesrine Amorri, UQAT.**

**17h00** *La problématique des copeaux de bois : Contexte, impacts et pistes de valorisation* – **Marouan Rejeb, UQAT.**

**17h05** *Développement d’intercalaire à base de poly (vinyl butyral) et de nanocellulose pour les laminés de verre en protection balistique* – **Chloé Maury/Éric Loranger, UQTR.**

**17h10** *La coupe partielle en forêt boréale : Qu’en est-il de son impact sur la qualité du bois ?* – **Fatma Rzem, UQAT**



**PRÉSENTATIONS ORALES**





## TABLE DES MATIÈRES

### Présentations orales

|                                                                                                                                                                                                                 | PAGE |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <b>Zahia AIT SI SAID</b> , Effets des coupes partielles sur la qualité du bois de l'épinette blanche ( <i>Picea Glauca</i> (Moench) Voss) .....                                                                 | 1    |
| <b>Kevin ARNAUD</b> , Développement d'un revêtement acrylique thermochrome à haute efficacité énergétique .....                                                                                                 | 2    |
| <b>Anne BERNARD</b> , La biomasse forestière d'un point de vue socioéconomique.....                                                                                                                             | 3    |
| <b>Benoît BIDEAU</b> , Études des priorités barrières et anti-oxydantes d'un composite cellulose-polypyrrole dans une optique d'emballage alimentaire.....                                                      | 4    |
| <b>Imen ELLOUMI</b> , Caractérisation des propriétés diélectriques du bois et des composites bois-polymère.....                                                                                                 | 5    |
| <b>Peter FRANSHAM</b> , La pyrolyse rapide des résidus de bois : une évaluation technique et économique.....                                                                                                    | 6    |
| <b>Wassim KHARRAT</b> , Conception d'un dispositif pour la mesure du module d'élasticité dynamique dans le bois.....                                                                                            | 7    |
| <b>Sébastien MIGNEAULT</b> , Développement d'une nouvelle génération de composites bois-polymère.....                                                                                                           | 8    |
| <b>Cyriac S. MVOLO</b> , Prédiction de la masse volumique de l'épinette blanche dans l'écozone des Plaines Boréales.....                                                                                        | 9    |
| <b>David MYJA</b> , Valorisation d'une pâte thermomécanique par la production de nanocellulose via l'oxydation TEMPO .....                                                                                      | 10   |
| <b>Normand PARADIS</b> , Impact de la coupe partielle et de la production de bois classé mécaniquement (MSR) sur la rentabilité d'une scierie s'approvisionnant en forêt boréale située à l'est du Canada ..... | 11   |
| <b>Pamela REBOLLEDO VALENZUELA</b> , Analyse de la relation entre la morphologie des fibres et la densité avec la perméabilité intrinsèque des ébauches de panneaux de fibres .....                             | 12   |
| <b>Jedi ROSERO-ALVARADO</b> , Étude préliminaire sur l'effet du traitement ignifuge sur la déformation de la surface non vernie et vernie des panneaux décoratifs aéronautiques .....                           | 13   |
| <b>Goran TOGONAL</b> , Matériaux composites à base de filaments de cellulose et de polyéthylène .....                                                                                                           | 14   |



Conférencière : Zahia Ait Si Said<sup>1</sup>, étudiante au doctorat, UQAT

***EFFETS DES COUPES PARTIELLES SUR LA QUALITÉ DU BOIS  
DE L'ÉPINETTE BLANCHE (PICEA GLAUCA [MOENCH] VOSS)***

Coauteurs : Ahmed Koubaa<sup>1</sup>, Brian Harvey<sup>2</sup>

**Résumé**

Pour faire face à la rareté de la matière ligneuse, il est nécessaire d'adopter de nouvelles stratégies sylvicoles qui favorisent à la fois une amélioration de la croissance et un maintien ou même une amélioration de la qualité du bois et la valeur des produits. Dans ce contexte, nous avons évalué l'effet de la classe sociale et de l'intensité des coupes partielles sur la croissance radiale et sur des attributs de la qualité du bois de l'épinette blanche. Ainsi, 72 arbres d'épinette blanche ont été échantillonnés en Abitibi-Témiscamingue (Québec) pour évaluer l'influence de l'âge cambial, de la hauteur et du statut social de l'arbre, de l'intensité et du temps depuis la coupe partielle sur la croissance radiale, la masse volumique du bois et la longueur et le diamètre des trachéides. Nous avons évalué aussi l'effet de l'intensité des coupes partielles sur l'épaisseur des parois des trachéides.

Les résultats ont permis d'établir les variations radiales et longitudinales de la largeur des cernes, de la masse volumique du bois et de la morphologie des trachéides de l'épinette blanche. Ils ont montré une très grande variation radiale de la largeur des cernes, de la masse volumique du bois et de la morphologie des trachéides, particulièrement dans le bois juvénile. Les propriétés du bois étudiées diffèrent de façon significative entre les dominants et les supprimées, mais pas des codominants. L'effet des coupes partielles sur la croissance radiale est significatif, mais varie d'une année à l'autre après traitement et selon la position sur la tige. De la même façon, l'effet des coupes partielles sur la masse volumique et les dimensions de la fibre varie selon le temps après coupe et la hauteur sur la tige, mais n'a pas d'implication pratique sur la qualité du bois.

---

<sup>1</sup> Centre de recherche sur les matériaux renouvelables – Pôle UQAT

<sup>2</sup> Institut de recherche sur les forêts, UQAT, Campus Rouyn-Noranda

Conférencier : Kevin Arnaud<sup>1</sup>, étudiant au doctorat, ULaval

***DÉVELOPPEMENT D'UN REVÊTEMENT ACRYLIQUE THERMOCHROME  
À HAUTE EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE***

Coauteure : Anna Ritcey<sup>2</sup>

**Résumé**

Dans le secteur du bâtiment au Canada, un gain en énergie important peut être obtenu avec l'optimisation des processus de régulation thermique. En effet, cette dépense est double : en hiver, les faibles températures sont régulées par chauffage, alors que l'été les températures élevées sont contrôlées par climatisation. L'idéal serait alors de développer un revêtement intelligent qui permettrait d'influer dans les deux cas, c'est-à-dire qui pourrait emmagasiner la chaleur en périodes froides et la repousser en périodes chaudes. L'autre avantage de ce revêtement serait de limiter les défauts du bois pouvant être engendrés par la chaleur. Les infrarouges (IR) présentent la particularité d'être les principaux rayons responsables des transferts de chaleur. En ce sens, le matériau développé permettrait à un édifice en bois d'absorber les IR en deçà d'une température limite choisie ( $T_{lim} \sim 18^{\circ}\text{C}$ ) pour ensuite les réfléchir au-delà de cette température. Ce comportement peut être ajouté à une finition à l'aide de nanoparticules de dioxyde de vanadium ( $\text{VO}_2$ ). Cet oxyde présente une transition de phase cristallographique à une température  $T_t = 68^{\circ}\text{C}$  qui peut être modifiée par dopage avec les bons éléments (W, Mo, etc.) pour atteindre  $T_{lim}$ . Durant cette transition, nommée MIT (Metal to Insulator Transition), le  $\text{VO}_2$  alterne entre une structure rutile et monoclinique avec pour conséquence une modification des bandes énergétiques et donc du comportement électrique et optique.

---

<sup>1</sup> Centre de recherche sur les matériaux renouvelables – Pôle ULaval

<sup>2</sup> Département de chimie, Faculté des sciences et de génie, ULaval

Conférencière : Anne Bernard<sup>1</sup>, professionnelle de recherche, ULaval

## ***LA BIOMASSE FORESTIÈRE D'UN POINT DE VUE SOCIOÉCONOMIQUE***

Coauteures : Rut Serra<sup>2</sup>, Nancy Gélinas<sup>1</sup>

### **Résumé**

Depuis bientôt 10 ans, le Québec et le Canada tentent de mettre sur pied des projets de biomasse forestière qui permettront d'écouler des sous-produits de la transformation traditionnelle du bois. Certains pensent qu'il s'agit d'une panacée tandis que pour d'autres la biomasse forestière est associée à un gouffre économique qui n'en vaut pas la chandelle. Cependant, qu'en est-il vraiment sur le plan des retombées socioéconomiques ? Dans le cadre de cette étude, nous avons tenté de répondre à des questions d'ordres sociale et économique pour mieux comprendre les répercussions d'une telle filière sur les coopératives et les groupements forestiers. Cette recherche suit une phase préliminaire qui a permis de cerner les principaux enjeux et opportunités associés à la biomasse forestière. Les éléments mentionnés dans cette première phase ont permis de structurer un questionnaire en ligne distribué systématiquement à toutes les coopératives et à tous les groupements qui œuvrent au Québec. Près de 50% des organismes contactés ont répondu au sondage ce qui permet de tracer un portrait plus clair de la perception de la filière et des répercussions socioéconomiques qu'elle produit. Toutefois, l'élément central qui ressort de cette étude démontre que la filière de la biomasse n'est pas nécessairement une filière génératrice d'emplois en forêt puisque les opérations sont généralement intégrées aux activités traditionnelles. Néanmoins, dans une perspective de vente d'énergie aux consommateurs, des emplois additionnels seront générés, et ce principalement pour l'opération et l'approvisionnement des chaudières. La filière de la biomasse présente de nombreux avantages et désavantages et des efforts doivent être mis pour mieux comprendre la clientèle et le marché potentiels. Le portrait qui a été dressé dans cette phase soulève encore des questions, mais à long terme, elle pourra servir de base comparative pour documenter la filière.

---

<sup>1</sup> Centre de recherche sur les matériaux renouvelables – Pôle ULaval

<sup>2</sup> Fédération québécoise des coopératives forestières, 3188 ch Ste-Foy, Bureau 200, Québec G1X 1R4



Conférencier : Benoît Bideau<sup>1,2</sup>, étudiant au doctorat, UQTR

***ÉTUDES DES PRIORITÉS BARRIÈRES ET ANTI-OXYDANTES D'UN  
COMPOSITE CELLULOSE-POLYPYRROLE DANS UNE OPTIQUE  
D'EMBALLAGE ALIMENTAIRE***

Coauteur : Julien Bras<sup>3</sup>

**Résumé**

Lorsque la nourriture ne peut être consommée immédiatement après la production, l'emballage alimentaire se doit de créer une atmosphère protectrice autour des produits alimentaires. Dans le contexte actuel où nous demandons toujours plus, les emballages doivent répondre à des exigences de plus en plus importantes, comme améliorer la durée de conservation des aliments périssables et de les protéger contre la saleté, la poussière, l'oxygène, la lumière, les micro-organismes pathogènes, ou encore contre l'humidité. Pour cela, ils doivent agir comme une bonne barrière à l'humidité, aux gaz (CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>) ou encore posséder des propriétés antimicrobiennes ou anti-oxydantes. De plus il apparaît important au lendemain de la COP21, que ceux-ci s'inscrivent dans un contexte de développement durable en réduisant les déchets d'emballage. Ce travail met l'accent sur les hautes propriétés barrières à la diffusion de l'oxygène, du dioxyde de carbone et de la vapeur d'eau, ainsi que des propriétés anti-oxydantes d'un composite à base de polypyrrole et de cellulose, ainsi que sa biodégradabilité en vue d'une application d'emballage alimentaire.

---

<sup>1</sup> Centre de recherche sur les matériaux renouvelables – Pôle UQTR

<sup>2</sup> Centre de recherche sur les matériaux lignocellulosiques, UQTR

<sup>3</sup> Grenoble INP – Pagora, Saint-Martin d'Hères, France

**Conférencière : Imen Elloumi<sup>1</sup>, étudiante à la maîtrise, UQAT**

***CARACTÉRISATION DES PROPRIÉTÉS DIÉLECTRIQUES DU BOIS  
ET DES COMPOSITES BOIS-POLYMÈRE***

Coauteur : Ahmed Koubaa<sup>1</sup>

**Résumé**

La caractérisation des propriétés diélectriques du bois et des composites à base de bois est importante à la fois pour mieux comprendre leur interaction avec les ondes électromagnétiques et pour évaluer leur potentiel d'utilisation pour de nouvelles applications. Dans ce cadre, on a recours à la méthode de spectroscopie diélectrique permettant de suivre l'évolution des propriétés diélectriques des matériaux sur gamme de fréquences  $[1- 3 \times 10^3 \text{ MHz}]$  et de température. L'objectif consiste en premier lieu à étudier les propriétés diélectriques du bois en fonction de la fréquence, de la teneur en humidité, de la température et des propriétés intrinsèques du bois. En deuxième lieu, cette étude visait à évaluer les propriétés diélectriques des composites bois-polymère fabriqués avec des mélanges à différentes proportions de fibres de bois (40%, 50%, 60%), de polyéthylène à haute densité et de polyéthylène maléaté (3%).

Les résultats indiquent que le comportement de toutes les espèces de bois étudiées est quantitativement similaire. En général, les propriétés diélectriques augmentent avec la teneur en humidité. Une relation linéaire positive entre la constante diélectrique et la teneur en humidité est établie. La direction du grain du bois joue également un rôle important. Les résultats de cette étude suggèrent que les différences de comportement diélectrique entre les espèces de bois sont attribuées principalement à leurs caractéristiques intrinsèques. En outre, les propriétés diélectriques des composites bois-polymère augmentent avec l'augmentation du taux de renfort en fibres.

---

<sup>1</sup> Centre de recherche sur les matériaux renouvelables – Pôle UQAT

Conférencier : Peter Fransham<sup>1</sup>, vice-président, ABRI-Tech Inc

***LA PYROLYSE RAPIDE DES RÉSIDUS DE BOIS :  
UNE ÉVALUATION TECHNIQUE ET ÉCONOMIQUE***

**Résumé**

Les résidus forestiers provenant des activités d'exploitation forestière ainsi que les résidus de scierie liés à cette exploitation sont une importante source potentielle d'énergie renouvelable et de produits chimiques. Les systèmes mobiles de pyrolyse rapide offrent un moyen économique d'extraire la valeur énergétique de ces matériaux. ABRI-Tech Inc. a développé un système de pyrolyse rapide simple et économique qui peut être déplacé vers la biomasse au lieu d'expédier les résidus de faible densité énergétique à une centrale. Cet exposé est divisé en deux parties : La première partie décrit le système de pyrolyse rapide d'ABRI-Tech, tandis que la seconde se concentrera sur les questions économiques. La perception que les résidus forestiers et des scieries sont gratuits et donc très intéressants économiquement est fausse. La réalité est qu'il y a des coûts importants associés à la collecte, au broyage et au transport de ces matériaux sur le site de l'usine, et ce, même si l'usine est proche de la source. Le prix du pétrole brut contre lesquels la bioénergie doit concurrencer est actuellement faible comparativement au prix des années antérieures. Le procédé de pyrolyse d'ABRI-Tech est économique, même aux prix actuels de l'énergie et peut donc fournir un excellent rendement pour les investisseurs.

---

<sup>1</sup> ABRI-Tech Inc, 768 Rte 323 Namur, Québec J0V 1N0

Conférencier : Wassim Kharrat<sup>1</sup>, étudiant à la maîtrise, UQAT

**CONCEPTION D'UN DISPOSITIF POUR LA MESURE DU MODULE  
D'ÉLASTICITÉ DYNAMIQUE DANS LE BOIS**

Coauteur : Ahmed Koubaa<sup>1</sup>

**Résumé**

L'ultrason est un outil rapide de mesure non destructive du module d'élasticité dynamique ( $MOE_D$ ) des matériaux, dont le bois. Le  $MOE_D$  est fortement corrélé au module d'élasticité statique du bois et il est calculé à partir de la vitesse de propagation ( $V$ ) à travers l'échantillon du bois et sa masse volumique ( $D$ ) ( $MOE_D = V^2 * D$ ). En pratique, la masse volumique utilisée dans cette formule est celle de l'espèce ou de l'échantillon à étudier. Cela introduit une importante source d'imprécision dans l'estimation du  $MOE_D$  due aux variations intra-arbres, intra-cernes et celles induites par les traitements sylvicoles.

Nous avons développé un prototype pour la mesure de la vitesse de propagation du son avec une résolution similaire à celle offerte par le densitomètre à rayon X lors de la mesure de la masse volumique (0,04 mm). Le prototype consiste en un chariot, qui sert comme porte échantillon, contrôlé par un microcontrôleur qui programme les séquences de déplacement de l'échantillon. Le temps de propagation du son dans le bois est mesuré entre l'émetteur et le récepteur d'ultrasons. Une méthode d'évaluation non destructive basée sur l'utilisation du densitomètre à rayon X et du prototype développé permet de déterminer les propriétés du bois en particulier son  $MOE_D$ . Les variations du  $MOE_D$  à l'intérieur du cerne ( $MOE_D$  du bois initial et du bois final), de la moelle à l'écorce (Variation radiale) ont été étudiées. Nous avons utilisé une approche mathématique basée sur des polynômes de degrés élevés pour modéliser les profils du  $MOE_D$  intra cernes dans l'épinette noire et le pin gris. Les corrélations entre les  $MOE_D$  mesurés et prédits sont élevées et significatives.

---

<sup>1</sup> Centre de recherche sur les matériaux renouvelables – Pôle UQAT

Conférencier : Sébastien Migneault<sup>1,2</sup>, stagiaire postdoctoral, UQAT

## ***DÉVELOPPEMENT D'UNE NOUVELLE GÉNÉRATION DE COMPOSITES BOIS-POLYMÈRE***

Coauteurs : Ahmed Koubaa<sup>1,2</sup>, Mohamed-Mokhtar Hadidane<sup>2</sup>, Djamila Kada<sup>1,2,3</sup>,  
Imen Yahyaoui<sup>2,4</sup>, Mourad Saddem<sup>1,2</sup>

### **Résumé**

Cette étude vise à évaluer diverses alternatives pour améliorer les propriétés physiques et mécaniques des composites bois-polymère (CBP). Les approches incluent l'ajout d'une composante thermodurcissable, de fibres synthétiques à haute performance, de nanoparticules, d'agent de couplage et la modification chimique des fibres. Les fibres ont été caractérisées en termes de propriétés chimiques et physiques. Les échantillons de CBP furent fabriqués en deux étapes : Le mélangeage par extrusion suivi du moulage par injection. Des teneurs en fibres entre 0% et 40% ont été utilisées. Le peuplier faux-tremble et la pâte chimique kraft ont été utilisés. Le polyéthylène haute-densité et le polypropylène ont servi de matrices. Les résultats suggèrent que l'ajout d'une composante thermodurcissable modifie la résistance mécanique des CBP de -20% à 70% environ, selon le type de résine et la méthode d'incorporation. L'ajout de fibres de carbone a permis de renforcer les CBP jusqu'à 120%. L'incorporation des fibres de carbone dans le procédé de mise en forme est facile et l'agent couplant permet aux fibres de bois et de carbone à la matrice. L'utilisation des nanocharges n'a pas eu d'effet positif sur les propriétés mécaniques des CBP à cause d'une dispersion inadéquate. Cependant, les nanoparticules permettent de réduire l'énergie de mélangeage du matériau fondu. La modification chimique de la fibre par un traitement de macération a permis d'augmenter le module d'élasticité des CBP, mais pas la résistance. L'agent couplant est l'approche de référence et a permis d'augmenter la résistance mécanique de 0% à 65% selon le type de fibre. Dans plusieurs cas, cette approche peut être combinée aux autres approches développées dans le projet.

<sup>1</sup> Centre de recherche sur les matériaux renouvelables – Pôle UQAT

<sup>2</sup> Chaire de recherche du Canada en valorisation caractérisation et transformation du bois, UQAT

<sup>3</sup> Université des sciences et de la technologie Houari Boumediene, ALGER, Algérie

<sup>4</sup> École Centrale de Nantes, Nantes, France

Conférencier : Cyriac S. Mvolo<sup>1</sup>, étudiant diplômé au doctorat, UQAT

***PRÉDICTION DE LA MASSE VOLUMIQUE DE L'ÉPINETTE BLANCHE  
DANS L'ÉCOZONE DES PLAINES BORÉALES***

Coauteurs : Ahmed Koubaa<sup>1</sup>, James D. Stewart<sup>2</sup>, Derek F. Sattler<sup>3</sup>

**Résumé**

La masse volumique du bois (RD) est probablement le plus important attribut de la qualité du bois. Notre objectif était de développer et de valider un modèle de prédiction pour la RD de l'épinette blanche, à travers l'Écozone des plaines boréales, un vaste territoire couvrant plus de 30 degrés de longitude, 10 degrés de latitude et 1000m d'altitude dans l'Ouest canadien. Le modèle incluait le taux de croissance (RW), l'emplacement des sites (altitude, longitude et latitude) et onze variables climatiques pour chacune des trois saisons considérées (printemps, été et automne). Les données s'étendaient sur plus d'un siècle. Les échantillons ont été prélevés à hauteur de poitrine sur 299 arbres provenant de 23 sites, et la technologie SilviScan a été utilisée pour mesurer 21720 cernes de croissance et obtenir 4344 observations en faisant une moyenne tous les cinq ans. RW était la plus importante des variables expliquant la variation de RD. L'altitude était la seule variable significative représentant le site. Les variables climatiques du printemps et de l'automne n'étaient pas significativement liées à la variation de RD. En été, l'équilibre hydrique (WB) et les degrés-jours froids (CDD0) c'est-à-dire avec une température inférieure à 0°C étaient les variables qui représentaient le mieux le régime hydrique et la température, respectivement. Le régime hydrique était plus important que la température dans l'explication de la variation de RD. Le modèle non linéaire à effets mixtes final, un modèle logistique à quatre paramètres, a permis d'expliquer 70 % de la variation de RD. Le R<sup>2</sup> était de 35 % lorsque seuls les effets fixes étaient considérés. Les effets fixes permettaient de prédire 33 % de la variation de RD en phase de validation.

---

<sup>1</sup> Centre de recherche sur les matériaux renouvelables – Pôle UQAT

<sup>2</sup> Centre canadien de la fibre, Edmonton, Alberta

<sup>3</sup> Ministère des ressources naturelles, terres et forêts, Victoria, Colombie-Britannique



Conférencier : David Myja<sup>1</sup>, étudiant diplômé au doctorat, UQTR

***VALORISATION D'UNE PÂTE THERMOMÉCANIQUE PAR LA PRODUCTION  
DE NANOCELLULOSE VIA L'OXYDATION TEMPO***

Coauteurs : Éric Loranger<sup>1</sup>, Robert Lanouette<sup>1</sup>

**Résumé**

Les recherches sur la nanocellulose de pâte chimique (Kraft) mettent en avant de nombreuses applications de la nanocellulose. Dans le but de valoriser les produits du Québec, nous avons étudié la réaction d'oxydation permettant de produire de la nanocellulose à partir de pâte thermomécanique (PTM) contenant des hémicelluloses et de la lignine qui ne se retrouvent pas ou en très faible quantité dans la pâte Kraft. Pour mieux comprendre le comportement de la PTM face à l'oxydation, une classification des fibres selon leur taille est effectuée avant l'oxydation. Une dispersion de la pâte dans l'eau puis un séchage permet d'obtenir des films nanocellulosiques dont le comportement mécanique, l'hydrophobicité et la quantité de lumière passant au travers sont analysés.

Le premier paramètre étudié est la quantité de groupements carboxyliques formés après oxydation. La référence sur la nanocellulose pure et les différences entre les fractions tendent à montrer une divergence de composition entre les fractions. La lignine semble réagir durant l'oxydation et être présente dans différentes proportions suivant les fractions. La longueur de fibre initiale et la différence de composition des fractions influent sur les propriétés des films de nanocellulose. En plus d'obtenir des films avec des propriétés mécaniques proches de la nanocellulose pure, la PTM permet également de produire des films aux propriétés différentes et donc potentiellement plus adaptés à certaines applications.

---

<sup>1</sup> Centre de recherche sur les matériaux renouvelables – Pôle UQTR

Conférencier : Normand Paradis<sup>1</sup>, étudiant au doctorat, ULaval

***IMPACT DE LA COUPE PARTIELLE ET DE LA PRODUCTION DE BOIS  
CLASSÉ MÉCANIQUEMENT (MSR) SUR LA RENTABILITÉ D'UNE SCIERIE  
S'APPROVISIONNANT EN FORÊT BORÉALE SITUÉE À L'EST DU CANADA***

Coauteurs : Alexis Achim<sup>1</sup>, Sophie D'Amours<sup>2</sup>

**Résumé**

En forêt boréale et particulièrement sur la Côte-Nord (Québec, Canada), l'aménagement écosystémique des forêts ajoute un niveau de complexité supplémentaire à la gestion de la chaîne de création de valeur des produits forestiers en imposant un recours plus fréquent aux coupes partielles. De plus, la productivité des usines est affectée par le diamètre moyen des tiges récoltées qui tend à diminuer lorsque les récoltes migrent vers le nord. Il devient important de trouver de nouvelles sources de revenus afin de rentabiliser cette industrie. Une piste de solution envisagée serait de valoriser la ressource par la production de bois classé mécaniquement (bois MSR). Cependant, l'impact financier doit être évalué afin de déterminer le retour sur l'investissement de ce type de production. Le premier objectif de l'étude vise à déterminer l'avantage financier associé à la pratique de la coupe partielle en considérant uniquement le processus de transformation primaire. Le second consiste à déterminer le point mort associé à l'ajout de produits MSR au panier de produits de l'usine en considérant que la production sera vendue en totalité. La plate-forme logicielle LogiLab (Forac, Université Laval) combinée au modèle de sciage StatSAW, a permis de procéder à des simulations axées sur le maximum de profit pour une usine ayant une productivité de 300 000 m<sup>3</sup>/an. Les résultats montrent que les approvisionnements issus de coupes partielles permettaient de générer des profits plus élevés à l'usine de sciage dans 19 des 24 peuplements analysés. Les meilleures performances à l'usine étaient de \$3,00 par m<sup>3</sup> de gain additionnel pour une vieille forêt inéquienne composée de sapin et d'épinette. La moyenne de gain additionnel pour les 19 peuplements était de \$1,12 le m<sup>3</sup>. Le point mort associé à la production de bois MSR peut être atteint en moins de 6 mois lorsque l'usine est alimentée avec des peuplements composés majoritairement d'épinette.

<sup>1</sup> Centre de recherche sur les matériaux renouvelables – Pôle ULaval

<sup>2</sup> Consortium de recherche for@c, Université Laval, Québec

Conférencière : Pamela Rebolledo Valenzuela<sup>1</sup>, étudiante au doctorat, ULaval

***ANALYSE DE LA RELATION ENTRE LA MORPHOLOGIE DES FIBRES  
ET LA DENSITÉ AVEC LA PERMÉABILITÉ INTRINSÈQUE  
DES ÉBAUCHES DE PANNEAUX DE FIBRES***

Coauteurs : Alain Cloutier<sup>1</sup>, Martin-Claude Yemele<sup>2</sup>

**Résumé**

Dans la fabrication des panneaux de fibres MDF, le pressage à chaud est un procédé d'une énorme importance, car la qualité du produit final et sa performance en service sont fortement liées aux conditions de pressage. C'est aussi l'étape qui consomme le plus d'énergie. Pour ces raisons, il est nécessaire bien maîtriser ce procédé pour diminuer les coûts d'énergie et la consommation des matières premières, produire un produit écoresponsable, sans affecter la qualité du produit final. La modélisation numérique du pressage à chaud de l'ébauche est un outil permettant de faciliter l'atteinte de ces objectifs. Cependant, le pressage est complexe, car les interactions entre les phénomènes de transfert de la masse-chaaleur et le processus de déformation mécanique sont difficiles à décrire mathématiquement et aussi, il manque d'informations sur les propriétés physiques et mécaniques de l'ébauche lors de la consolidation dans l'espace et le temps. Relativement aux propriétés physiques fondamentales pendant le pressage à chaud, la perméabilité joue un rôle central dans le transfert de chaleur et de masse due à son effet sur la pression du gaz et l'évolution de la température et de la teneur en humidité dans l'ébauche lors du pressage à chaud. En même temps, la perméabilité est affectée par la porosité durant la densification, car le flux de la masse d'humidité dans l'ébauche est conditionné pour la quantité d'espaces vides l'intérieur de l'ébauche. L'objectif de cette étude a été de décrire la relation entre la morphologie de fibre, la densité et la perméabilité et déterminer cette dernière comme une fonction de la densité. Les résultats montrent un effet significatif de la densité sur la perméabilité intrinsèque. Il n'existe pas des différences significatives de la perméabilité intrinsèque mesurée au niveau de morphologie des fibres. La densité et la perméabilité intrinsèque sont fortement corrélées entre eux. Les moyennes de perméabilité intrinsèque observées étaient  $5,56 \times 10^{-12}$ ,  $5,29 \times 10^{-12}$ ,  $4,54 \times 10^{-12}$ ,  $3,07 \times 10^{-13}$  et  $2,16 \times 10^{-13}$  m<sup>2</sup> pour les panneaux avec une densité de 200, 400, 600, 800 et 1000 kg/m<sup>3</sup> respectivement.

<sup>1</sup> Centre de recherche sur les matériaux renouvelables – Pôle ULaval

<sup>2</sup> Ministère des ressources naturelles Québec

Conférencier : Jedi Rosero-Alvarado<sup>1</sup>, étudiant au doctorat, ULaval

**ÉTUDE PRÉLIMINAIRE SUR L'EFFET DU TRAITEMENT IGNIFUGE  
SUR LA DÉFORMATION DE LA SURFACE VERNIE  
DES PANNEAUX DÉCORATIFS AÉRONAUTIQUES**

Coauteurs : Roger Hernández<sup>1</sup>, Bernard Riedl<sup>1</sup>

**Résumé**

La méthode de corrélation d'images numériques (CIN) a été utilisée pour étudier la déformation par gonflement des surfaces vernies (couche de revêtement mince et transparent à base de polyester), avec présence et absence d'un agent ignifuge. Des panneaux sandwich munis d'un placage décoratif de Walnut burl (*Juglans spp.*) ont été utilisés dans cette étude. Ce placage est caractérisé pour avoir une surface très figuré où prédomine la présence de nœuds. La moyenne du champ de déformation sur chaque surface et sur chaque configuration ou motif de surface a été mesurée après une exposition à une humidité relative élevée. Les résultats ont montré que, le traitement ignifuge augmente l'hygroscopicité, la déformation et la différenciation de la configuration de la surface vernie. La méthode 3D CIN s'est avérée appropriée pour analyser et identifier les déformations locales sur la surface du bois des panneaux sandwichs.

---

<sup>1</sup> Centre de recherche sur les matériaux renouvelables – Pôle ULaval

Conférencier : Goran Togonal<sup>1,2</sup>, étudiant au doctorat, UQTR

***MATÉRIAUX COMPOSITES À BASE DE FILAMENTS  
DE CELLULOSE ET DE POLYÉTHYLÈNE***

Coauteurs : Clair Jahier<sup>2</sup>, Abdou Khadri Diallo<sup>2</sup>, Rachida Zerrouki<sup>1</sup>, Daniel Montplaisir<sup>2</sup>

**Résumé**

Avec un chiffre d'affaires croissant et dépassant les 81,6 milliards d'euros en 2012, la pérennité de l'industrie des matériaux composites ne semble pas pouvoir être mise en cause. Pourtant, une nouvelle problématique émerge sous la forme de la question environnementale. En effet, de nombreux composites ont un impact environnemental fort, que cela soit lié à leur production ou à leur caractère non biodégradable.

De nombreuses recherches ont été réalisées sur l'utilisation de fibres de cellulose en raison de leur faible coût, de leur disponibilité et de leur biodégradabilité. Bien que les résultats soient des plus encourageants, plusieurs limites ont tendu à apparaître. En effet, les matrices thermoplastiques ont un caractère hydrophobe. A l'inverse, la cellulose a un caractère hydrophile. Leur interaction sans retrouve donc limitée.

Notre approche consiste à rendre hydrophobe les filaments de cellulose via le traitement chimique de cette dernière. Le but final est l'obtention de composites présentant les meilleures propriétés physiques possibles.

La cellulose modifiée a été caractérisée à l'aide de l'IR et d'analyse de l'angle de contact. Les propriétés physiques et mécaniques des composites obtenus ont également été étudiées.

---

<sup>1</sup> Laboratoire de Chimie des Substances Naturelles, Université de Limoges, Limoges, France

<sup>2</sup> Centre de recherche sur les matériaux renouvelables – Pôle UQTR



**AFFICHES SCIENTIFIQUES**





## TABLE DES MATIÈRES

### Affiches scientifiques

|                                                                                                                                                                                                             | PAGE |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <b>Nesrine AMORRI</b> , <i>Modélisation et validation de comportement mécanique d'une structure de bois assemblée par des connecteurs métalliques</i> .....                                                 | 15   |
| <b>Ramzi AYADI</b> , <i>Étude du potentiel des fibres torréfiées pour la fabrication de composites bois polymère</i> .....                                                                                  | 16   |
| <b>Mathieu BÉLAND / Claude DUROCHER</b> , <i>Bioénergie : de bois mal-aimés à bois désirés</i> .....                                                                                                        | 17   |
| <b>Williams BELHADEF</b> , <i>Développement de granulés énergétiques améliorés à base de bouleau blanc et de graines de canola</i> .....                                                                    | 18   |
| <b>Dalenda BEN AMMAR</b> , <i>Alternatives de traitements de retardement de feu des composites bois-polymère</i> .....                                                                                      | 19   |
| <b>Fedi BOUKHRIS</b> , <i>Effet du mode de séparation des fibres de bouleau blanc sur les propriétés des composites bois-polymère et des granules énergétiques</i> .....                                    | 20   |
| <b>Flavia BRAGHIROLI</b> , <i>Activation des précurseurs lignocellulosiques par pyrolyse rapide</i>                                                                                                         | 21   |
| <b>Lucie CHERPOZAT</b> , <i>Optimisation d'un procédé de pyrolyse conventionnelle à l'échelle du laboratoire</i> .....                                                                                      | 22   |
| <b>Nesrine HAMZA</b> , <i>Pyrolyse rapide du bois de bouleau blanc</i> .....                                                                                                                                | 23   |
| <b>Emna MAROUANI</b> , <i>Caractérisation des propriétés bio-physico-chimiques des boues de désencrage et évaluation de leur potentiel comme matière fertilisante</i> .....                                 | 24   |
| <b>Damien MATHIS</b> , <i>Développement de nouveaux matériaux de haute inertie thermique à base de bois et matériaux à changement de phase</i> .....                                                        | 25   |
| <b>Chloé MAURY</b> , <i>Développement d'intercalaire à base de poly (vinyl butyral) et de nanocellulose pour les laminés de verre en protection balistique</i> .....                                        | 26   |
| <b>Rodrigue STÉPHANE MBAKOP</b> , <i>Étude expérimentale de la conformation 3D de renforts à fibres naturelles unidirectionnelles retenues par un liant papier ou mat</i> .....                             | 27   |
| <b>Mahdi MEJRI</b> , <i>Comportement en fatigue d'un composite à fibres naturelles : Polyéthylène / Bouleaux</i> .....                                                                                      | 28   |
| <b>Manon PAIN-BOUTIN</b> , <i>Nouvelle méthode de phosphorylation de fibres lignocellulosiques par un ester de phosphate : Synthèses simultanées de l'ester et d'un phosphate de cellulose alkylé</i> ..... | 29   |
| <b>Laurence PARADIS-TANGUAY</b> , <i>Purification des eaux usées à l'aide de nanofibres électrofilées</i> .....                                                                                             | 30   |
| <b>Adrien RATIER</b> , <i>Évaluation de la capacité d'échange d'ions des fibres lignocellulosiques phosphorylées</i> .....                                                                                  | 31   |

TABLE DES MATIÈRES

Affiches scientifiques

---

|                                                                                                                                                                        | PAGE |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <b>Marouan REJEB</b> , <i>La problématique des copeaux de bois : Contexte, impacts et pistes de valorisation</i> .....                                                 | 32   |
| <b>Fatma RZEM</b> , <i>La coupe partielle en forêt boréale : Qu'en est-il de son impact sur la qualité du bois ?</i> .....                                             | 33   |
| <b>Kaysandra WALDRON</b> , <i>Liens entre les propriétés du bois, le temps depuis feu et les caractéristiques des arbres et des peuplements en forêt boréale</i> ..... | 34   |

Nesrine Amorri<sup>1,2</sup>, étudiante au doctorat, UQAT

***MODÉLISATION ET VALIDATION DE COMPORTEMENT MÉCANIQUE D'UNE  
STRUCTURE DE BOIS ASSEMBLÉE PAR DES CONNECTEURS MÉTALLIQUES***

Coauteurs : Hatem Mrad<sup>2</sup>, Ahmed Koubaa<sup>1</sup>

**Résumé**

La conception des structures en bois d'oeuvre assemblées avec des connecteurs métalliques représente un défi de taille. Ces structures sont utilisées dans des infrastructures critiques comme les ponts, immeubles, etc. Le bois d'oeuvre utilisé doit être mis à l'épreuve lorsqu'il forme une structure de membrures assemblées et sollicitées d'une façon statique et dynamique. Les structures sont soumises à divers types de sollicitations mécaniques simples ou combinées en flexion, cisaillement et compression provoquant la dégradation de la rigidité et des déplacements résiduels au niveau des connecteurs. Ceci mène inévitablement à des déformations permanentes de la structure voire son effondrement. Les chargements admissibles et la portée libre autorisée des structures sont estimés selon diverses normes dans des conditions très particulières d'utilisations.

Le travail comporte une étude bibliographie sur les lois de comportement (élastique, élastoplastique, viscoélastique, élastoviscoplastique) des bois assemblés en barres et poutres. Une caractérisation expérimentale des propriétés mécaniques de bois est envisagée sous des conditions particulières de température, humidité, etc. Ces essais vont nous informer sur les limites de résistance ainsi que sur les mécanismes de rupture.

On envisage de réaliser des simulations numériques d'un modèle standard d'une structure de bois en utilisant le logiciel de calcul par éléments finis Abaqus. L'aspect générique de ce modèle est fondamental afin de pouvoir mener une étude de sensibilité de paramètres et d'optimisation. Le modèle numérique générique à développer permettra de mieux concevoir des structures de bois avec un nombre raisonnable d'essais de validation expérimentaux.

---

<sup>1</sup> Centre de recherche sur les matériaux renouvelables – Pôle UQAT

<sup>2</sup> École de génie, UQAT

Ramzi Ayadi<sup>1</sup>, étudiant à la maîtrise, UQAT

**ÉTUDE DU POTENTIEL DES FIBRES TORRÉFIÉES POUR LA FABRICATION  
DE COMPOSITES BOIS POLYMÈRE**

Coauteurs : Ahmed Koubaa<sup>1</sup>, Chedly Bradai<sup>2</sup>

**Résumé**

La torréfaction est un traitement thermique à haute température qui a pour but de modifier les propriétés de bois. Le bois torréfié acquiert une résistance à l'action fongique et à celle des insectes. L'utilisation de ce traitement fait partie des méthodes envisagées pour la modification chimique de la paroi cellulaire de la fibre de bois, influençant ainsi ses propriétés physico-mécaniques, essentiellement l'hygroscopicité. L'objectif de ce travail est d'évaluer le potentiel des fibres torréfiées à différentes températures pour la production de composites bois-polymère (CBP).

Les composites ont été préparés à partir des fibres torréfiées à 3 températures (315°C, 400°C et 445°C), et de 2 polymères; le polypropylène et le polyéthylène haute densité. Les composites ont été mis en forme à l'aide d'un procédé en deux étapes : les granules bois-polymère à l'aide d'une extrudeuse bi-vis le PolyLab de Haake. Les granules ont servi pour fabriquer les éprouvettes d'essais normalisées par injection. Les proportions de fibres utilisées pour les formulations sont de 0%, de 30%, de 40% et de 50% en poids. Un témoin (fibres non traitées) a été utilisé pour des fins de comparaison et pour une meilleure évaluation du potentiel de la torréfaction.

Les résultats montrent que les propriétés mécaniques ont été réduites du fait de la torréfaction des fibres. Comme prévu, l'hygroscopicité des CBP a diminué grâce à cette dernière. Au niveau de la chimie de surface, la dégradation de l'hémicellulose a été notée, accompagnée de la formation de groupements carbonyles grâce à la réaction d'estérification, ce qui est considéré comme étant la cause principale de la diminution de l'hygroscopicité et de la diminution des propriétés mécaniques.

---

<sup>1</sup> Centre de recherche sur les matériaux renouvelables – Pôle UQAT

<sup>2</sup> École Nationale d'Ingénieurs de Sfax, Université de Sfax, Tunisie

**Mathieu Béland<sup>1</sup> et Claude Durocher<sup>1</sup>, étudiants à la maîtrise, ULaval**

***BIOÉNERGIE : DE BOIS MAL-AIMÉS À BOIS DÉSIRÉS***

Coauteurs : Évelyne Thiffault<sup>1</sup>, Alexis Achim<sup>1</sup>, Warren Mabee<sup>2</sup>

**Résumé**

Au Québec, il y a une grande quantité de bois de faible valeur inutilisé, et ce, tant dans les forêts feuillues que résineuses. Ces bois « mal-aimés » constituent un obstacle à la rentabilité des opérations forestières, et ainsi à la mise en oeuvre de saines pratiques sylvicoles. Parmi les solutions possibles, les produits bioénergétiques détiennent un immense potentiel. Toutefois, la caractérisation et le volume de fibres disponibles, de même que les limites opérationnelles et économiques, demeurent méconnus. Pour favoriser une meilleure mobilisation de l'industrie, il faut mieux comprendre le potentiel et les limites de la ressource. Les deux projets de maîtrises présentés traiteront de ces aspects.

Aucune industrie n'est prête à investir dans un procédé de transformation de la biomasse sans avoir de certitudes sur la disponibilité de la ressource pour un horizon d'au moins 20 ans. Le projet vise donc à quantifier les volumes de bois mal-aimés qui pourraient être utilisés pour faire de la bioénergie à l'échelle d'une unité d'aménagement. Ce modèle devra être dynamique et tiendra compte des limites écologiques et des autres preneurs polyvalents sur le territoire (ex : papetières). Également, il tiendra compte du prix de l'énergie.

Le second projet traite des aspects économiques de la récolte de la biomasse pour la bioénergie. La recherche vise à comprendre dans quelles conditions le bois peut être récolté de façon rentable. Il faudra tenir compte d'aspects temporels et opérationnels. L'hypothèse de base est que la récolte de bois pour la bioénergie permettra d'améliorer l'économie de l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement.

Pour conclure, la bioénergie possède un avenir prometteur pour le développement durable. En effet, en créant de nouveaux emplois, en développant des produits verts ainsi qu'en sécurisant les besoins énergétiques, la bioénergie a bien des atouts.

---

<sup>1</sup> Centre de recherche sur les matériaux renouvelables – Pôle ULaval

<sup>2</sup> Queen's University, School of Policy Studies, Kingston, ON

Williams Belhade<sup>1</sup>, étudiant à la maîtrise, UQAT

***DÉVELOPPEMENT DE GRANULÉS ÉNERGÉTIQUES AMÉLIORÉS  
À BASE DE BOULEAU BLANC ET DE GRAINES DE CANOLA***

Coauteurs : Ahmed Koubaa<sup>1</sup>, Sébastien Migneault<sup>1</sup>

**Résumé**

Le bouleau blanc est abondant en Abitibi-Témiscamingue, mais il est délaissé à cause de la mauvaise qualité des billes. La valorisation énergétique est parmi les opportunités d'utilisation massive de ce bois. Cette étude se situe dans ce contexte et vise à valoriser le bois de bouleau blanc pour la production de granules énergétiques avec un pouvoir calorifique amélioré. Notre approche consiste à produire des granules de bois de bouleau blanc avec un additif végétal qui est la graine de canola cultivée en région. L'objectif est de déterminer les conditions de granulation les plus appropriées afin de respecter les principaux critères de qualité des normes américaines et européennes. Ainsi, nous avons équipé une petite granuleuse commerciale d'instruments de mesure et travaillé avec un plan d'expérience de mélange faisant varier la teneur en humidité de la sciure, la teneur en graines de canola et le débit d'alimentation. Les résultats des travaux ont révélé qu'il est possible d'obtenir des granules de qualité avec une résistance à l'abrasion satisfaisante et un pouvoir calorifique plus élevé d'environ 10% par rapport à celui du bois de bouleau blanc. L'effet de liant des protéines contrebalance l'effet anti-adhérent des lipides de l'huile contenus dans la graine. Cependant, la teneur observée en eau des granules est d'environ 10%, seuil limite indiqué dans la plupart des normes de qualité.

---

<sup>1</sup> Centre de recherche sur les matériaux renouvelables – Pôle UQAT



Dalenda Ben Ammar<sup>1</sup>, étudiante à la maîtrise, UQAT

***ALTERNATIVES DE TRAITEMENTS DE RETARDEMENT DE FEU  
DES COMPOSITES BOIS-POLYMÈRE***

Coauteur : Ahmed Koubaa<sup>1</sup>

**Résumé**

Les agents de retardement de feu sont dispendieux et provoquent une réduction des propriétés mécaniques des composites bois-polymère pouvant aller jusqu'à 30%. Ainsi, ce projet a pour objectif l'évaluation de l'efficacité d'agents de retardement de feu et leurs impacts sur les propriétés mécaniques des composites bois-polymère. Ce travail se base sur l'hypothèse que des agents de retardement de feu peu dispendieux et disponibles sur le marché permettent d'améliorer le comportement face à l'inflammabilité sans toutefois affecter la mise en forme et le comportement mécanique des composites bois polymère. Deux agents retardateurs de feu ont été utilisés : la paraffine chlorée et la Garamite (une nano argile de type montmorillonite) avec les pourcentages 10%, 15%, 20% et 3%, 6%, 9% respectivement pour les deux produits cités.

Les propriétés mécaniques seront déterminées par les essais de traction, de flexion et d'impact. Le comportement rhéologique sera déterminé par le rhéomètre à torque et le rhéomètre rotatif et oscillatoire. La stabilité thermique sera mesurée par des essais de thermogravimétrie (TGA) et de calorimétrie différentielle à balayage (DSC).

La résistance au feu sera mesurée par la calorimétrie à cône. Les résultats de ce projet permettront d'évaluer l'efficacité des agents de retardement de feu étudier et leurs impacts sur les propriétés mécaniques des composites. Ils permettront aussi d'approfondir les connaissances sur les phénomènes d'adhésion entre les différents constituants des composites.

---

<sup>1</sup> Centre de recherche sur les matériaux renouvelables – Pôle UQAT



Fedi Boukhris<sup>1</sup>, étudiant à la maîtrise, UQAT

***EFFET DU MODE DE SÉPARATION DES FIBRES DE BOULEAU BLANC  
SUR LES PROPRIÉTÉS DES COMPOSITES BOIS-POLYMÈRE  
ET DES GRANULES ÉNERGÉTIQUES***

Coauteur : Ahmed Koubaa<sup>1</sup>

**Résumé**

Le bouleau blanc est l'un des feuillus les plus abondants dans les forêts québécoises. Cependant, il reste peu exploité à cause de la mauvaise qualité de ces billes. Une des conséquences directes est la diminution des possibilités forestières dans les régions où cette essence est abondante. Ce projet vise à évaluer le potentiel du bouleau blanc de trituration pour de nouvelles applications, telles que la conception des CBP et la production de biocombustibles solides, dont les granules énergétiques. Plus spécifiquement, le projet vise à étudier l'effet du mode de défibrage sur le pouvoir calorifique et la durabilité des granules en premier lieu, ainsi que la qualité de surface et les propriétés mécaniques des CBP en second lieu. Le matériel expérimental consiste en copeaux de bouleau blanc qui sont défibrés selon différents modes de séparation soient : le broyage mécanique, des fibres TMP, CTMP et torréfiées, ainsi que le défibrage par vapocraquage. Les granules seront fabriquées à l'aide d'une granuleuse pilote, alors que les échantillons de CBP seront produits selon un procédé d'extrusion suivi par l'injection des éprouvettes. Il est prévu que le défibrage TMP et CTMP affectera la taille et la surface des fibres et aura une faible incidence sur leur composition chimique. Par contre, le défibrage par vapocraquage aura une influence marquée sur leur composition chimique, sous l'effet des températures utilisées, provoquant une augmentation du taux résiduel de cellulose et de lignine.

---

<sup>1</sup> Centre de recherche sur les matériaux renouvelables – Pôle UQAT

Flavia Braghiroli<sup>1,2,3</sup>, stagiaire postdoctorale, UQAT

***ACTIVATION DES PRÉCURSEURS LIGNOCELLULOSIQUES  
PAR PYROLYSE RAPIDE***

Coauteurs : Hassine Bouafif<sup>2</sup>, Ahmed Koubaa<sup>1,3</sup>

**Résumé**

La biomasse, définie comme source renouvelable de carbone, est utilisée dans la synthèse de produits chimiques à fort potentiel industriel. Les procédés de conversion thermochimique de la biomasse lignocellulosique (torréfaction, pyrolyse) synthétisent des produits ayant des propriétés physiques et chimiques très différentes de la matière première utilisée. Airex-Énergie a développé une technologie (CarbonFX) très prometteuse de torréfaction de biomasse ligneuse et les résidus agricoles pour produire le biochar au Québec. Notre objectif principal est de mettre au point un nouveau procédé d'activation chimique et physique en continu de biochar moyennant l'adaptation de la technologie CarbonFX. Par ce procédé, nous allons développer la porosité du biochar et augmenter sa surface spécifique, ce qui lui confèrera un puissant pouvoir d'adsorption. L'hypothèse de travail est qu'il serait possible d'atteindre une surface spécifique supérieure à 700 m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup> et dont la répartition de la porosité soit majoritairement de micropores (< 2 nm). Dans la deuxième partie du projet, nous allons tester les meilleurs biochars activés obtenus comme adsorbant de contaminants organiques (phénol) et métalliques (cuivre).

---

<sup>1</sup> Centre de recherche sur les matériaux renouvelables – Pôle UQAT

<sup>2</sup> Centre Technologique des résidus industriels (CTRI), 425, boulevard du Collège, Rouyn-Noranda, Québec J9X 5E5

<sup>3</sup> Chaire de recherche du Canada en valorisation, caractérisation et transformation du bois, UQAT

Lucie Cherpozat<sup>1</sup>, étudiante à la maîtrise, UQTR

***OPTIMISATION D'UN PROCÉDÉ DE PYROLYSE CONVENTIONNELLE  
À L'ÉCHELLE DU LABORATOIRE***

Coauteurs : Éric Loranger<sup>1,2</sup>, Valentin Drouadaine<sup>3</sup>

**Résumé**

Depuis plusieurs années, l'industrie papetière canadienne cherche à se renouveler pour faire face à la baisse constante du marché traditionnel des pâtes et papiers, ainsi qu'à l'émergence de l'industrie papetière en Chine. Afin de relancer cette industrie en déclin, les recherches se concentrent vers de nouvelles utilisations du bois qui tendent à s'éloigner des utilisations conventionnelles, notamment vers la conversion thermochimique de la biomasse forestière. De nombreuses technologies sont déjà disponibles, cependant, c'est la pyrolyse qui présente le plus d'intérêts. En effet, un des produits de la pyrolyse est les biohuiles qui constituent une formidable source d'énergie. Au-delà des raisons économiques, il y a aussi un aspect environnemental à cette motivation. La dépendance humaine au combustible fossile est un problème à long terme qu'il faut dès à présent traiter.

Les conditions typiques d'une pyrolyse sont une haute température, qui se situe entre 500°C et 800°C et une atmosphère inerte pour éviter une combustion de la biomasse. Le procédé de pyrolyse dont nous disposons présentait beaucoup de perte d'huile et un rendement moins élevé que celui attendu. Les modifications réalisées sur le montage ont permis de parvenir à l'amélioration de ces résultats. Notamment en empêchant une perte d'huile au début du procédé. Grâce aux changements apportés, nous avons également pu avoir une meilleure séparation des composées contenues dans l'huile pyrolytique.

---

<sup>1</sup> Centre de recherche sur les matériaux renouvelables – Pôle UQTR

<sup>2</sup> Centre de Recherche sur les Matériaux Lignocellulosiques, UQTR

<sup>3</sup> Université Toulouse III - Paul Sabatier, Toulouse, France

Nesrine Hamza<sup>1</sup>, étudiante à la maîtrise, UQAT

## ***PYROLYSE RAPIDE DU BOIS DE BOULEAU BLANC***

Coauteurs : Ahmed Koubaa<sup>1</sup>, Hassine Bouafif<sup>2</sup>

### **Résumé**

L'exploitation du bois des forêts génère une quantité importante de résidus abandonnés au niveau des sites d'exploitation. Ces résidus pourraient être valorisés pour produire du charbon actif ayant une structure poreuse prédéfinie. Cette étude fait partie d'un projet qui vise à mettre au point un nouveau procédé d'activation en continu de biochar moyennant l'adaptation d'une technologie québécoise déjà utilisée dans de traitement thermique par pyrolyse rapide de la biomasse. Cette étude vise à développer les caractéristiques fondamentales de la transformation du bois de bouleau blanc en biochar avec une structure poreuse prédéfinie afin de valoriser le biochar issu de cette essence pour l'adsorption du produit activé.

L'étude expérimentale sera faite sur le bois de bouleau blanc et menée dans un réacteur cyclonique développé par le partenaire industriel à une échelle pilote. On étudiera l'influence des principaux paramètres opératoires : taux et concentration des agents d'activation, la température d'activation et le temps de séjour dans le réacteur. Ainsi, on identifiera les conditions opératoires optimales conduisant aux meilleures caractéristiques physiques et chimiques du biochar actif issu du bois de bouleau blanc. Le potentiel de l'utilisation de ce produit dans la décontamination des effluents miniers sera aussi scruté.

---

<sup>1</sup> Centre de recherche sur les matériaux renouvelables – Pôle UQAT

<sup>2</sup> Centre Technologique des résidus industriels (CTRI), 425 Boulevard du Collège, Rouyn-Noranda, Québec, J9X 5E5

Emna Marouani<sup>1</sup>, étudiante au doctorat, UQAT

***CARACTÉRISATION DES PROPRIÉTÉS BIO-PHYSICO-CHIMIQUES  
DES BOUES DE DÉSENCRAGE ET ÉVALUATION DE LEUR POTENTIEL  
COMME MATIÈRE FERTILISANTE***

Coauteurs : Naïma Kolsi Ben Zina<sup>2</sup>, Ahmed Koubaa<sup>1</sup>

**Résumé**

Le processus de désencrage du papier génère d'importantes quantités de résidus, dont 90 % sont des boues de désencrage (BDD). La production mondiale de BDD est en plein essor, face aux importantes quantités de ce résidu sans valeur, l'industrie papetière fait face à une problématique quant aux possibilités de son stockage et de sa valorisation. Parmi les pistes de solution, la valorisation agronomique en matières résiduelles fertilisantes (MRF) pourrait absorber une grande quantité et constitue une alternative pour résoudre les problèmes de dispositions des BDD. Cependant, des interrogations se posent quant à la toxicité de ce résidu et sa sécurité pour les écosystèmes. Ainsi, une caractérisation avancée des propriétés bio-physico-chimiques des BDD est essentielle et permettrait de mesurer son potentiel fertilisant et d'évaluer s'il y a des risques associés à son utilisation comme MRF. Ainsi, l'objectif de ce travail vise en premier lieu de caractériser ces propriétés afin d'identifier les composés organiques (acides gras et résiniques) et minéraux (métaux lourds) dans les BDD. En second lieu, le projet vise à évaluer le potentiel des BDD comme MRF. Deux approches seront étudiées, la première approche consiste à évaluer le potentiel du compostage des BDD. La seconde approche concerne la production de granules fertilisantes à partir de BDD et autres matières résiduelles organiques. Les résultats préliminaires révèlent que le compostage des BDD s'avère une piste intéressante.

---

<sup>1</sup> Centre de recherche sur les matériaux renouvelables – Pôle UQAT

<sup>2</sup> Institut National Agronomique de Tunisie, Université de Carthage

Damien Mathis<sup>1,2</sup>, étudiant au doctorat, ULaval

***DÉVELOPPEMENT DE NOUVEAUX MATÉRIAUX DE HAUTE INERTIE  
THERMIQUE À BASE DE BOIS ET MATÉRIAUX À CHANGEMENT DE PHASE***

Coauteurs : Pierre Blanchet<sup>1,2</sup>, Véronic Landry<sup>1,2,3</sup>

**Résumé**

L'avantage en légèreté des constructions en bois induit un effet indésirable : un manque de masse thermique, c'est-à-dire un coût énergétique pour maintenir le confort intérieur. Dans cette optique, les matériaux à changement de phase (PCM) permettent de stocker une grande quantité de chaleur latente pour une masse et un volume faibles. L'énergie est stockée lors de la liquéfaction du PCM et relâchée lors de la solidification.

Diverses applications sont envisageables : des panneaux intérieurs contenant des PCM seront capables de stocker de l'énergie solaire durant la journée, puis de la relâcher le soir venu. Ce poster exposera des recherches sur des panneaux d'une géométrie simple, mais efficiente et présentera les différentes applications.

Dans une optique de développement durable maximal, les PCM étudiés sont biosourcés. Des esters, des acides gras, des alcools et des glycols potentiellement obtenus à base de résidus industriels d'animaux ou de végétaux sont des composés candidats pour cette application. Outre les travaux sur des panneaux muraux intérieurs, le poster présentera une partie sur l'imprégnation de bois avec des matériaux à changement de phase. Ces différents produits en bois à forte valeur ajoutée pourvus de PCM permettront de promouvoir la construction biosourcée.

---

<sup>1</sup> Centre de recherche sur les matériaux renouvelables – Pôle ULaval

<sup>2</sup> Chaire industrielle de recherche sur la construction écoresponsable en bois (CIRCERB), ULaval

<sup>3</sup> FPIinnovations, 319, rue Franquet, Québec, Québec, G1P 4R4

Chloé Maury<sup>1</sup>, étudiante au doctorat, UQTR

***DÉVELOPPEMENT D'INTERCALAIRE À BASE DE POLY (VINYL BUTYRAL)  
ET DE NANOCELLULOSE POUR LES LAMINÉS DE VERRE EN  
PROTECTION BALISTIQUE***

Coauteurs : Éric Loranger<sup>1,2</sup>, Claude Daneault<sup>2</sup>, Frank Crispino<sup>3,4</sup>

**Résumé**

De nos jours, la demande en vitrage blindé ne cesse d'augmenter. Ceci est en partie dû aux exigences architecturales et aux normes de sécurité modernes ainsi qu'au développement de conflits militaires. Ces vitrages sont composés de feuilles de verre et d'intercalaires à base de poly vinylbutyral. Les coûts ainsi que les propriétés optiques et mécaniques des vitrages proposés peuvent être améliorés. Nous proposons de développer un composite à base de gel de cellulose oxydée au TEMPO et de poly (vinyl butyral-co-vinyl alcool-co-vinyl acétate) pour améliorer les propriétés physiques des vitrages blindés. Trois méthodes de fabrication ont été développées : une basée sur le mélange direct du co-PVB et du TOCgel suivi d'une filtration, une seconde utilisant le principe du couchage et enfin, la dernière basée sur l'assemblage de film de co-PVB et de TOCgel par pressage à chaud ou calandrage. Chaque échantillon est analysé par différentes techniques. La spectroscopie infrarouge et l'analyse thermogravimétrique confirment la présence des deux polymères dans le composite. L'analyse thermogravimétrique montre une bonne résistance à la chaleur du composite. Enfin, les tests à la traction et la mesure de la transmission de lumière montrent que la seconde technique semble être le meilleur compromis entre rigidité, élasticité et transparence : module de Young 4 fois plus important, élasticité 2 fois plus faible, transmission de lumière 10 % plus faible par rapport au co-PVB pur.

---

<sup>1</sup> Centre de recherche sur les matériaux renouvelables – Pôle UQTR

<sup>2</sup> Centre de Recherche sur les Matériaux Lignocellulosiques, UQTR

<sup>3</sup> Laboratoire de Recherche en Criminalistique, UQTR

<sup>4</sup> Centre International de Criminologie Comparée, Université de Montréal

Rodrigue Stéphane Mbakop<sup>1,2</sup>, étudiant au doctorat, UQTR

**ÉTUDE EXPÉRIMENTALE DE LA CONFORMATION 3D DE RENFORTS  
À FIBRES NATURELLES UNIDIRECTIONNELLES RETENUES  
PAR UN LIANT PAPIER OU MAT**

Coauteurs : Gilbert Lebrun<sup>1,2</sup>, François Brouillette<sup>1,2</sup>

**Résumé**

Dans le domaine des matériaux composites, la conformation géométrique est la capacité d'un renfort initialement plat à reproduire les dimensions et les caractéristiques géométriques du moule dans lequel la préforme est fabriquée. Une fois obtenue, la préforme est utilisée pour mouler la pièce composite par injection de résine dans la préforme (par les procédés d'injection sur renfort) dans un moule fermé et étanche. Ce travail porte sur l'étude expérimentale de la conformation géométrique, au moyen d'un montage de thermo-estampage, d'un renfort à base de fils unidirectionnels (UD) de lin à liant papier ou mat servant à retenir les fils UD. L'objectif de ce travail est de déterminer les effets de certains paramètres procédés et matériaux sur la conformation géométrique des renforts. La conformation est évaluée au moyen de paramètres géométriques (rayon et hauteur du moule) et esthétiques (fréquence de replis ou de rides, déchirure, délaminage). De plus, les effets des paramètres suivants sont étudiés : la température du moule, la force d'estampage, la température de préchauffage du renfort, le grammage du liant, le temps de maintien sous pression, le taux d'humidité relative, le titrage des fils UD de lin et les traitements chimiques des fibres. Les résultats préliminaires montrent que pour un niveau d'humidité donné, la température du moule et la force d'estampage sont les paramètres favorisant le plus la conformation des renforts. Une température de préchauffage élevée affecte négativement la conformation, car elle favorise l'évaporation de l'humidité. L'humidité semble favoriser la tenue et la stabilité géométrique de la préforme après le démoulage. Des travaux supplémentaires sont en cours pour quantifier l'influence de l'humidité, du grammage du liant, du titrage des fils UD, du temps de maintien et des traitements chimiques sur la conformation.

---

<sup>1</sup> Laboratoire de Mécanique et Éco-Matériaux (LMEM), UQTR

<sup>2</sup> Centre de recherche sur les matériaux renouvelables – Pôle UQTR





**Mahdi Mejri<sup>1,2,3</sup>, étudiant au doctorat, UQTR**

***COMPORTEMENT EN FATIGUE D'UN COMPOSITE À FIBRES NATURELLES :  
POLYÉTHYLÈNE / BOULEAUX***

Coauteurs : Lofti Toubal<sup>1,2</sup>, Jean-Christophe Cuillière<sup>3</sup>, Vincent François<sup>3</sup>

**Résumé**

Les composites à fibres naturelles ont des propriétés mécaniques comparables à celles de certains matériaux non dégradables. L'utilisation de ce type de composite dans la fabrication des composantes mécaniques nécessite une évaluation du comportement de ce matériau. L'ingénieur est aujourd'hui amené à vérifier son dimensionnement de deux points de vue différents : d'une part en considérant la charge maximale à laquelle est soumis le composant en service, c'est ce que nous appelons le dimensionnement en statique, et d'autre part en tenant compte du caractère évolutif du chargement pendant son service, c'est le calcul en fatigue.

Ce travail a pour but d'étudier le comportement en fatigue (sous chargement de flexion) d'un composite à fibres naturelles courtes afin de l'utiliser dans la fabrication des engrenages à dentures droites. Cette utilisation vise à remplacer les matériaux plastiques, comme le Nylon, dans le domaine de transmission de puissance.

Le matériau étudié est obtenu en mélangeant 40%wt de fibres de bouleau courtes avec du polyéthylène (HDPE) et 3%wt d'agent de couplage (MAPE). Les essais de fatigue sont effectués avec deux fréquences (10 et 15 Hz) et en contrôlant le déplacement, sur une machine hydraulique MTS, équipée d'une cellule de charge de 100 KN. Des dispositifs de caméra CCD et d'émission acoustique sont respectivement utilisés afin de suivre la propagation des macro-fissures et d'identifier les mécanismes d'endommagement.

---

<sup>1</sup> Centre de recherche sur les matériaux renouvelables – Pôle UQTR

<sup>2</sup> Laboratoire de Mécanique et Éco-Matériaux (LMEM), UQTR

<sup>3</sup> Équipe de Recherche en Intégration CAO-Calcul (ERICCA), UQTR

Manon Pain-Boutin<sup>1,2</sup>, étudiante au doctorat, UQTR

***NOUVELLE MÉTHODE DE PHOSPHORYLATION DE FIBRES LIGNOCELLULOSIQUES  
PAR UN ESTER DE PHOSPHATE : SYNTHÈSES SIMULTANÉES DE L'ESTER  
ET D'UN PHOSPHATE DE CELLULOSE ALKYLÉ***

Coauteurs : François Brouillette<sup>1,2</sup>, Rachida Zerrouki<sup>3</sup>

**Résumé**

Durant la dernière décennie, l'industrie papetière québécoise s'est retrouvée en difficulté. En effet, avec le développement du numérique et l'arrivée de nouveaux acteurs sur le marché, la demande pour les types de papiers produits au Québec a beaucoup diminué entraînant des fermetures d'usines et des licenciements. Il est donc nécessaire que l'industrie du papier au Québec se renouvelle et trouve de nouvelles voies de valorisation de sa production, par exemple, l'utilisation de fibres lignocellulosiques dans les matériaux composites. En raison de leur caractère renouvelable, biodégradable et biocompatible ainsi que la présence de groupements hydroxyles réactifs, les fibres lignocellulosiques constituent un polymère très intéressant pour une valorisation par modification chimique. Les dérivés celluloses peuvent présenter une variété de propriétés selon le type de groupements fonctionnels qu'ils portent et sont donc utilisables dans différents domaines d'applications.

L'objectif du présent projet consiste à conférer aux fibres lignocellulosiques issues de l'industrie papetière deux propriétés spécifiques : un caractère ignifuge grâce au procédé de phosphorylation des fibres, ainsi qu'une réduction de leur hydrophilicité en leur greffant de longues chaînes alkyles. La phosphorylation des fibres permet le greffage de groupements phosphates sur la cellulose qui jouent le rôle de retardateurs de flamme. Cette technique est connue, notamment dans l'industrie du textile et est généralement réalisée avec de l'acide phosphorique dans l'urée fondue. Une méthode remplaçant l'acide par un ester de phosphate portant une longue chaîne aliphatique a été mise au point par notre équipe de recherche pour réaliser simultanément la phosphorylation et le greffage d'une chaîne alkyle. Cette méthode permet d'obtenir un taux de phosphore intéressant dans les fibres, mais la chaîne alkyle est éliminée lors de la réaction, de plus, il est nécessaire de synthétiser l'ester de phosphate en amont. Pour pallier ce problème, une nouvelle méthode de phosphorylation a été testée. Cette dernière consiste dans un premier temps à faire réagir un alcool gras et du pentoxyde de phosphore pour former un polyester de phosphate sur lequel vont réagir les hydroxyles de la cellulose pour former un phosphate de cellulose alkylé. Cette technique permettrait donc de regrouper la synthèse de l'ester de phosphate et la phosphorylation tout en conservant la chaîne alkyle sur le phosphate de cellulose obtenu.

<sup>1</sup> Centre de recherche sur les matériaux renouvelables – Pôle UQTR

<sup>2</sup> Centre de Recherche sur les Matériaux Lignocellulosiques, UQTR

<sup>3</sup> Université de Limoges, France

Laurence Paradis-Tanguay<sup>1</sup>, étudiante à la maîtrise, UQTR

***PURIFICATION DES EAUX USÉES À L'AIDE DE NANOFIBRES ÉLECTROFILÉES***

Coauteurs : Bruno Chabot<sup>1,2</sup>, André Lajeunesse<sup>3</sup>

**Résumé**

La consommation de médicaments n'est pas sans conséquence sur la santé humaine et l'environnement. En effet, les résidus pharmaceutiques rejetés par l'homme se retrouvent principalement dans les eaux usées, mais ceux-ci ne peuvent être complètement éliminés par les méthodes traditionnelles d'épuration des eaux. Ces résidus demeurent donc dans l'eau risquant ainsi d'affecter la faune et les humains et permettant potentiellement aux bactéries de développer une résistance aux antibiotiques.

L'objectif principal de ce projet de recherche consiste à mettre au point un matériau adsorbant en nanofibres à base de polysaccharides naturels (chitosane et cellulose) aux propriétés physico-chimiques contrôlées par un procédé d'électrofilage. Le nanofiltre synthétisé permettra d'éliminer certains contaminants pharmaceutiques retrouvés fréquemment dans les effluents, dont l'ibuprofène qui est largement consommé par la population.

La nouvelle technologie de nanofiltres proposée permettra une purification des eaux et une réutilisation de celles-ci par notre société. D'autres applications de ces nanomatériaux innovateurs sont aussi envisagées, telles que l'utilisation des nanofiltres synthétisés comme capteurs spécifiques pour le prélèvement de traces chimiques pertinentes aux investigations en chimie environnementale forensique.

---

<sup>1</sup> Centre de recherche sur les matériaux renouvelables – Pôle UQTR

<sup>2</sup> Centre de Recherche sur les Matériaux Lignocellulosiques, UQTR

<sup>3</sup> Laboratoire de recherche en criminalistique (LRC) de l'UQTR, Centre international en criminologie comparée (CICC-UQTR)

**Adrien Ratier<sup>1,2</sup>, étudiant à la maîtrise, UQTR**

***ÉVALUATION DE LA CAPACITÉ D'ÉCHANGE D'IONS  
DES FIBRES LIGNOCELLULOSIQUES PHOSPHORYLÉES***

Coauteurs : Dan Belosinschi<sup>1,2</sup>, Rachida Zerrouki<sup>3</sup>, François Brouillette<sup>1,2</sup>

**Résumé**

Notre groupe de recherche s'est intéressé pendant plusieurs années aux applications d'esters de phosphate dans la fabrication de papiers spéciaux. Dans le cadre d'un de nos projets, nous avons déterminé que la rétention des esters de phosphate dans le matelas de fibres est un problème majeur. Par la suite, nous avons commencé à étudier la fixation d'esters de phosphate sur les fibres par des liaisons covalentes. Nous avons mis au point une méthode permettant de fixer des quantités significatives de groupes phosphate sur les fibres, sans entraîner de dégradation ce qui était jusqu'à présent le principal obstacle à la production de fibres phosphorylées.

L'utilisation potentielle de fibres phosphorylées est dans le domaine du traitement des effluents en raison de leur charge anionique élevée. Certaines applications dans le traitement de l'eau radioactive ont déjà été étudiées avec de la cellulose phosphorylée, mais aucune recherche n'a été faite sur les fibres lignocellulosiques phosphorylées. L'objectif de cette étude était de déterminer l'affinité des fibres de pâte Kraft phosphorylées pour les ions métalliques différents. Les fibres phosphorylées ont été testées sous trois formes différentes (le sodium, l'hydrogène (acide) et hybride (ammonium / hydrogène)) sur quatre métaux ( $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$  et  $\text{Pb}^{2+}$ ).

Les résultats obtenus confirment le potentiel élevé de fibres phosphorylées pour les applications d'échange d'ions.

---

<sup>1</sup> Centre de recherche sur les matériaux renouvelables – Pôle UQTR

<sup>2</sup> Centre de recherche sur les matériaux lignocellulosiques, UQTR

<sup>3</sup> Université de Limoges, France

Marouan Rejeb<sup>1</sup>, étudiant au doctorat, UQAT

***LA PROBLÉMATIQUE DES COPEAUX DE BOIS :  
CONTEXTE, IMPACTS ET PISTES DE VALORISATION***

Coauteurs : Ahmed Koubaa<sup>1</sup>, François Goddard<sup>2</sup>, Martin Claude Yemele<sup>3</sup>, Hassine Bouafif<sup>4</sup>

**Résumé**

La baisse de la demande pour les produits papetiers non contextualisée avec le mode de fonctionnement des scieries a généré un surplus important dans les inventaires de copeaux de sciage. Ces excédents causent des déficits économiques dus aux invendus et aux frais supplémentaires de gestion, de stockage, de transport et de traitement. La recherche de nouvelles pistes de valorisation s'avère déterminante pour le maintien de l'industrie du bois. Le mode de fonctionnement actuel des scieries et de toute la chaîne forestière adjacente est à remettre en question. Les pistes relevées sont celles des composites à base de bois, la valorisation énergétique et la valorisation chimique. Plusieurs avenues ont été proposées puis analysées en termes d'opportunités et menaces afin de retenir les pistes les plus prometteuses. Pour la plupart des avenues, les copeaux de sciage s'avèrent être coûteux par rapport aux matières communément utilisées. Dans la valorisation du bois fibre, un nouveau mode de coupe favorisant la production de dosses serait intéressant pour fournir les producteurs de panneaux OSB. En ce qui concerne le bois énergie, peu de pistes présentent des perspectives intéressantes en vue des coûts de la matière première et suscitent des recherches plus profondes pour minimiser leur coût de production. Le mode de gestion intégrée actuel ne permet d'absorber les quantités croissantes de produits conjoints de scieries, il serait judicieux de penser à un mode de gestion intégrée plus élargi englobant des unités de transformation de bioénergies, des usines de composites, etc.

---

<sup>1</sup> Centre de recherche sur les matériaux renouvelables – Pôle UQAT

<sup>2</sup> École de génie, UQAT

<sup>3</sup> Ministère des ressources naturelles Québec

<sup>4</sup> Centre Technologique des résidus industriels (CTRI), 425 Boulevard du Collège, Rouyn-Noranda, Québec, J9X 5E5

Fatma Rzem<sup>1</sup>, étudiante à la maîtrise, UQAT

***LA COUPE PARTIELLE EN FORÊT BORÉALE :  
QU'EN EST-IL DE SON IMPACT SUR LA QUALITÉ DU BOIS ?***

Coauteurs : Ahmed Koubaa<sup>1</sup>, Alain Leduc<sup>2</sup>

**Résumé**

Les aménagistes recommandent le recours à la coupe partielle (CP) pour récolter l'épinette noire, une ressource fortement appréciée par les industries grâce à la qualité de son bois et de sa fibre. La CP permettrait de diminuer la concurrence pour les nutriments des tiges résiduelles et favoriser ainsi leur croissance tout en réduisant le temps entre deux interventions de coupes. L'augmentation de la croissance pourrait cependant affecter la qualité du bois. L'objectif de cette étude est d'évaluer l'impact de différentes intensités de coupes sur certains attributs de qualité du bois. Trois sites regroupant chacun 17 placettes permanentes ont été échantillonnés aléatoirement au niveau de la ceinture d'argile de l'Abitibi-Témiscamingue. Dans chacun, on a prélevé 10 arbres issus de 4 intensités de traitements comprenant chacune 4 classes de diamètre au niveau du DHP. Sur un total de 160 carottes par site, les mesures de la largeur et de la densité des cernes ont été effectuées via la densitométrie aux rayons X. Les mesures des largeurs des fibres ont été réalisées grâce à l'analyseur de la qualité des fibres. Les résultats préliminaires montrent que les variations radiales de la masse volumique et de la largeur des trachéides sont plus prononcées dans la phase juvénile du bois que dans le bois mature. L'effet du traitement sur la masse volumique est significatif, mais faible et varie en fonction de l'âge de l'arbre. Une forte intensité de coupe induit une légère augmentation de la masse volumique du cerne et du bois initial chez les arbres de plus de 55 ans tandis que pour le bois final elle reste inchangée. De même, le diamètre au DHP de l'arbre a un effet significatif sur les masses volumiques du cerne et du bois initial, mais pas sur celle du bois final.

---

<sup>1</sup> Centre de recherche sur les matériaux renouvelables – Pôle UQAT

<sup>2</sup> Département des sciences biologiques, Université du Québec à Montréal

Kaysandra Waldron<sup>1</sup>, stagiaire postdoctorale, ULaval

***LIENS ENTRE LES PRIORITÉS DU BOIS, LE TEMPS DEPUIS FEU ET LES  
CARACTÉRISTIQUES DES ARBRES ET DES PEUPELEMENTS EN FORÊT BORÉALE***

Coauteurs : David Auty<sup>2</sup>, Alexis Achim<sup>1</sup>

**Résumé**

Dans la forêt boréale de l'Est du Canada, le temps depuis feu joue un rôle clé dans la composition des peuplements, leur variabilité structurale, leur productivité ainsi que la quantité de bois mort qu'on y retrouve. Les peuplements forestiers situés dans une région caractérisée par un long cycle de feu possèdent une grande variabilité structurale, ce qui pourrait influencer les propriétés du bois. Des études récentes ont démontré des différences quant aux propriétés mécaniques du bois d'épinette noire se trouvant en peuplement irrégulier (n'ayant pas été affecté par un feu depuis plus de 200 ans) et régulier (s'étant régénéré suite à un feu dans les 200 dernières années). Nos travaux se concentrent donc sur l'évaluation de l'influence des caractéristiques des arbres et des peuplements mesurables par LiDAR sur les propriétés du bois, en considérant le temps depuis feu, dans la forêt boréale du Québec. Différents modèles incluant des variables écologiques et/ou géographiques sélectionnées a priori ont été développés et comparés. Ces modèles ont permis de vérifier les effets de différentes variables écologiques à l'échelle de l'arbre et du peuplement et de variables géographiques sur les propriétés du bois, et ce, en considérant un gradient important de temps depuis feu. Cette quantification des liens existant entre les propriétés du bois, le temps depuis feu et les caractéristiques des arbres et des peuplements permettra de prédire dans quels peuplements le bois d'épinette noire de meilleure qualité se trouve.

---

<sup>1</sup> Centre de recherche sur les matériaux renouvelables – Pôle ULaval

<sup>2</sup> School of Forestry, Northern Arizona University, Flagstaff