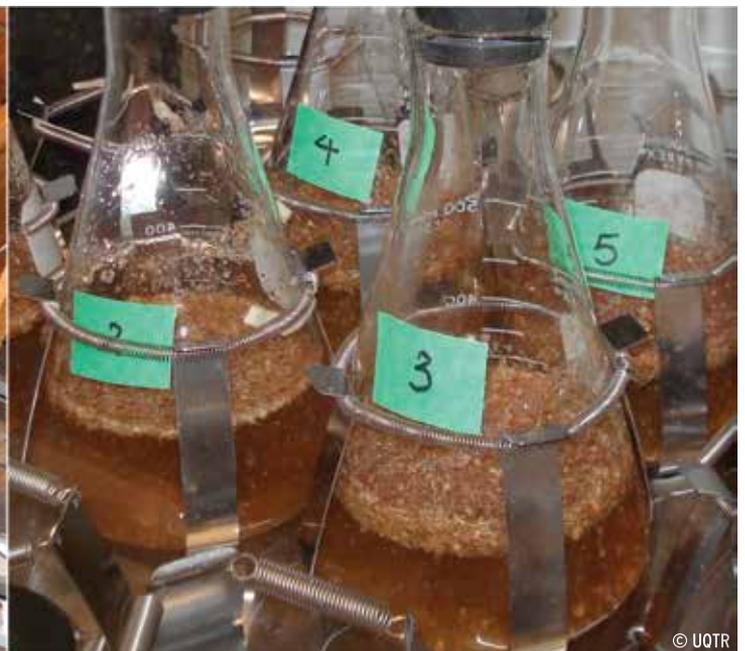
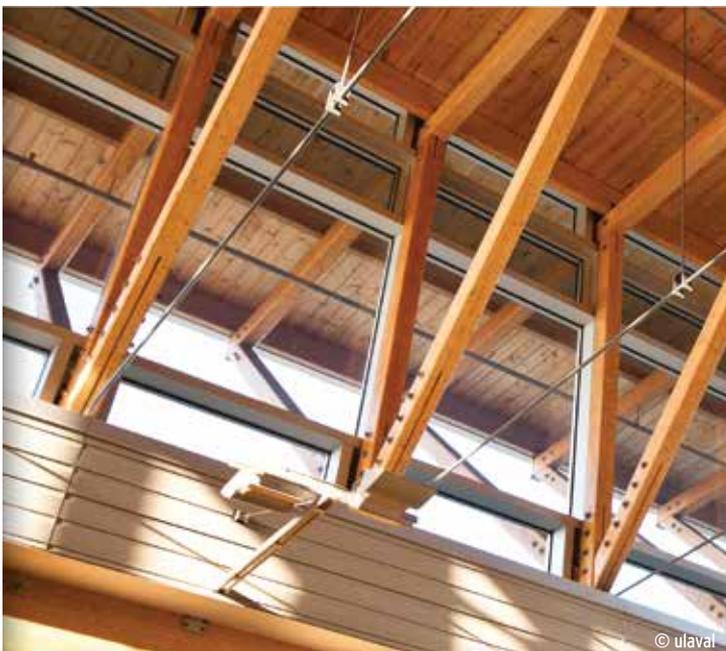




**CENTRE DE RECHERCHE  
SUR LES MATÉRIAUX  
RENOUVELABLES**

Une formation de pointe  
sur les matériaux renouvelables  
d'origine végétale pour le  
développement durable





**CENTRE DE RECHERCHE  
SUR LES MATÉRIAUX  
RENOUVELABLES**

**COLLABORATEUR À LA RÉDACTION:**

**Pierre Blanchet**      **Sylvain Ménard**  
**François Brouillette**      **Natalie Noël**  
**Bruno Chabot**      **Jean Paradis**  
**Alain Cloutier**      **Tatjana Stevanovic**  
**Ahmed Koubaa**      **Bernard Riedl**  
**Aziz Laghdar**      **Jean Wauthier**  
**Robert Lanouette**

**Production:** Les Éditions du Joyeux-Drille,  
Christian Forgues, Isabelle Gagnon

**Éditeur:** Les Éditions Forestière inc.

1175, avenue de Lavigerie, bur. 203  
Québec QC G1V 4P1  
Tél.: 418 877-4583 | Téléc.: 418 877-6449  
www.lemondeforestier.ca

**Directeur général:** Guy Lavoie  
**Ventes publicitaires:** Roger Robitaille

**Impression:** Les Presses du Fleuve  
**Papier:** Kruger

**Tirage:** 15 046 exemplaires

# Sommaire

Le Centre de recherche sur les matériaux renouvelables (CRMR) : un milieu de recherche et de formation .....03

Une plateforme académique multidisciplinaire et intégrée pour l'amélioration du bâtiment durable en bois .....05

Une utilisation optimale du bois et ses constituants pour la fabrication de produits novateurs .....06

Le SEREX: à l'avant-garde de la valorisation et de l'amélioration de la performance du matériau bois et de ses dérivés .....08

Activités de la Chaire de recherche du Canada en valorisation, caractérisation et transformation du bois .....09

La phosphorylation de la cellulose: un procédé prometteur pour produire de nouveaux matériaux ignifuges recyclables ....10

Renforts nanocellulosiques pour les peintures et vernis : amélioration de la durabilité des produits en bois .....12

LUQAC développe le secteur bois .....13

Le bioraffinage forestier et la chimie du bois ..14



## NOS CERVEAUX CRÉENT LES MATÉRIAUX DE L'AVENIR

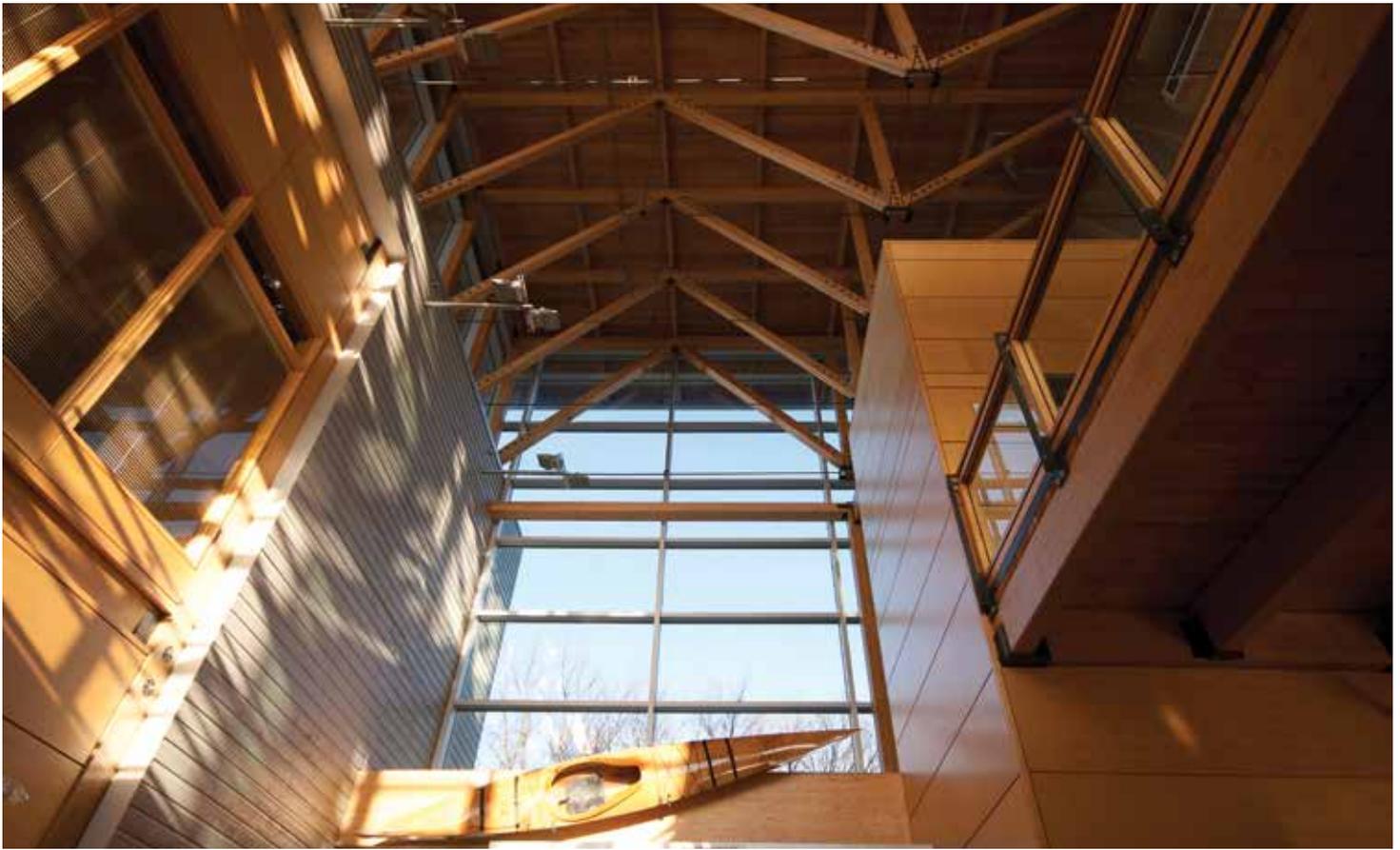
*Robert Beauregard,  
doyen de la Faculté de foresterie,  
de géographie et de géomatique*

Nous saluons l'inauguration du Centre de recherche sur les matériaux renouvelables, un nouveau regroupement stratégique financé par le FRQNT. L'Université Laval a d'ailleurs choisi le bois, un matériau renouvelable par excellence, pour la construction du pavillon Gene-H.-Kruger, du stade TELUS-Université Laval et du nouveau PEPS.

Découvrez nos trois programmes de formation sur ce matériau renouvelable : baccalauréat coopératif en génie du bois, maîtrise et doctorat en sciences du bois. Nous avons la fibre durable!

[ulaval.ca](http://ulaval.ca)





## LE CENTRE DE RECHERCHE SUR LES MATÉRIAUX RENOUVELABLES (CRMR)

# Un milieu de **recherche** et de **formation**

**L**e Centre de recherche sur les matériaux renouvelables est un nouveau regroupement de chercheurs universitaires, collégiaux, industriels et gouvernementaux financé par le programme « Regroupements stratégiques » du Fonds de recherche du Québec – Nature et technologies (FRQNT).

Il est constitué de chercheurs de l'ancien Centre de recherche sur le bois (CRB) de l'Université Laval, du Centre de recherche sur les matériaux lignocellulosiques (CRML) de l'Université du Québec à Trois-Rivières, de l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, de l'Université du Québec à Chicoutimi et de deux Centres collégiaux de transfert de technologie (CCTT), le Service de recherche et d'expertise en transformation des produits forestiers (SEREX) du Cégep de Rimouski et le Centre d'innovation des produits celluloseux (Innofibre) du Cégep de Trois-Rivières. À ce noyau,

se greffent des chercheurs industriels et gouvernementaux provenant de FPInnovations et de Ressources naturelles Canada et Québec. Ce regroupement rassemble donc une masse critique de chercheurs québécois reconnus internationalement, oeuvrant dans le secteur des produits forestiers. Notre expertise de base est au niveau des connaissances fondamentales sur le bois et les fibres d'origine végétale; sur l'usage du bois en construction; sur les procédés de transformation en matériaux renouvelables et produits dérivés; et sur la caractérisation de ces derniers.

### NOS OBJECTIFS : FORMATION ET RECHERCHE SUR LES MATÉRIAUX RENOUVELABLES

Le CRMR a pour but de soutenir la recherche et la formation pour une utilisation responsable de la ressource forestière et lignocellulosique tout en tenant compte d'un contexte fortement assujéti par des contraintes environnementales et économiques de plus en plus sévères. Afin d'atteindre ce but, nous poursuivons les objectifs spécifiques suivants correspondant à nos quatre axes de recherche :

1. Développer des produits innovants à base de bois massif ou de fibres de bois;
2. Développer des procédés de transformation de la biomasse afin d'en valoriser tous les constituants sous forme de matériaux, de dérivés obtenus des constituants de base, d'extraits ou d'énergie thermique;
3. Développer les connaissances de base permettant l'utilisation accrue du bois dans la construction de bâtiments résidentiels et non résidentiels;

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

Directeur du CRMR  
[www.materiauxrenouvelables.ca](http://www.materiauxrenouvelables.ca)



suite à la page 4 »

4. Développer des matériaux renouvelables à partir de fibres d'origine végétale autres que le bois.

#### NOTRE EXPERTISE

Le CRMR regroupe des chercheurs ayant un large éventail d'expertises dans des domaines variés et complémentaires : chimie, économie, foresterie, génie du bois, génie chimique, génie civil, génie mécanique, génie papetier, mathématiques appliquées et microbiologie. Nous regroupons donc une équipe multidisciplinaire unique au Québec possédant toutes les expertises requises pour le développement de nouveaux matériaux renouvelables à base de fibres d'origine végétale, en particulier de bois. Cette diversité favorise donc une recherche et un milieu de formation multidisciplinaires et multi-institutionnels. Notre équipe couvre donc un spectre très large du secteur : formation et recherche collégiale et universitaire, recherches appliquées en lien avec l'industrie et transfert technologique.

#### UN MILIEU DE FORMATION HORS DU COMMUN

L'Université Laval offre un programme coopératif de 1<sup>er</sup> cycle en génie du bois et des programmes de 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> cycles en sciences du bois. LUQTR offre des programmes de 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> cycles en sciences

et génie des matériaux lignocellulosiques et un programme court de 2<sup>e</sup> cycle en valorisation de la biomasse. L'UQAT offre aussi des programmes de maîtrise et de doctorat en sciences de l'environnement dans lesquels les sciences du bois et du papier sont

en pâte, le traitement des pâtes et le bioraffinage, ainsi qu'une machine à papier pilote complète. On y retrouve aussi des équipements de traitement de surface permettant de modifier et de fonctionnaliser les papiers et les cartons et le Laboratoire FCI de

LE CRMR REGROUPE DES CHERCHEURS AYANT UN LARGE ÉVENTAIL D'EXPERTISES DANS DES DOMAINES VARIÉS ET COMPLÉMENTAIRES : CHIMIE, ÉCONOMIE, FORESTERIE, GÉNIE DU BOIS, GÉNIE CHIMIQUE, GÉNIE CIVIL, GÉNIE MÉCANIQUE, GÉNIE PAPETIER, MATHÉMATIQUES APPLIQUÉES ET MICROBIOLOGIE.

abordées. L'UQAC traite du bois comme matériau dans son programme de 1<sup>er</sup> cycle en génie civil et offre de la formation sur la construction en bois dans ses programmes de 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> cycles en ingénierie. De 2010 à 2012, les pôles universitaires du CRMR comptaient 79 étudiants de 2<sup>e</sup> cycle, 80 étudiants de 3<sup>e</sup> cycle et 32 stagiaires postdoctoraux. Soulignons également que les différents pôles du CRMR offrent des infrastructures exceptionnelles dédiées à l'enseignement et à la recherche sur le bois et autres matériaux lignocellulosiques. Le pôle CRMR-ULaval est installé au Pavillon Gene-H.-Kruger de l'Université Laval. Ce bâtiment de 5000 m<sup>2</sup> inauguré en 2005 comprend 18 laboratoires et des équipements de pointe. Le CRML et Innofibre sont installés au Pavillon CIPP de l'UQTR, un bâtiment récent abritant une usine pilote incluant un atelier pour la mise

fractionnement réactif de matériaux lignocellulosiques pour l'obtention de biocarburants de deuxième génération et de coproduits à valeur ajoutée. L'UQAT, par sa Chaire de recherche sur la valorisation, la caractérisation et la transformation du bois, possède un laboratoire de caractérisation du bois et un laboratoire de mise en oeuvre et caractérisation des biocomposites. Le SEREX est particulièrement bien équipé au niveau de la transformation et la modification du bois. Nos étudiants ont accès aux équipements et au personnel technique et professionnel disponibles dans chacun des pôles du CRMR.

#### LE TRANSFERT DE TECHNOLOGIE

Les activités de diffusion et de transfert de technologie du CRMR prennent plusieurs formes. Colloque annuel du CRMR pour les chercheurs et les étudiants du Centre et leurs partenaires industriels ou régionaux, colloque organisé annuellement au Congrès de l'ACFAS, cours universitaires de 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> cycles donnés par les membres du CRMR, site web incluant de brèves notes de recherche, conférences, publications dans des revues avec comité de lecture, activités de transfert et recherche contractuelle dans des organisations publiques et privées. Notre collaboration avec deux CCTT (Serex et Innofibre) ainsi qu'avec FPInnovations nous permettra d'augmenter significativement la diffusion de nos résultats de recherche et leur impact dans l'industrie et dans les régions du Québec où la valorisation du bois et de la biomasse au sens large est à la base de l'économie locale. Cet aspect de diffusion et de transfert très développé au CRMR constitue également un atout pour la formation des étudiants.

**L**a mise en commun des expertises complémentaires de nos chercheurs et de nos infrastructures de recherche donne à nos étudiants aux cycles supérieurs un environnement de formation stimulant, productif et enrichissant qui leur donnera un avantage compétitif appréciable une fois sur le marché du travail.

POUR INFORMATION : [INFO@CRMR.ULVAL.CA](mailto:INFO@CRMR.ULVAL.CA)



# Une plateforme académique multidisciplinaire et intégrée

## POUR L'AMÉLIORATION DU BÂTIMENT DURABLE EN BOIS

**L**e matériau bois est une ressource abondante et renouvelable au Canada. Dans le contexte de réduction des gaz à effet de serre (GES), le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat a identifié que l'utilisation du bois dans le bâtiment peut jouer un rôle significatif dans l'atténuation des changements climatiques.

C'est avec l'objectif de positionner le Canada comme leader mondial en construction écoresponsable que la **Chaire industrielle de recherche sur la construction écoresponsable en bois** (CIRCERB) a été créée. Officiellement démarré en août 2013, le CIRCERB est une initiative multidisciplinaire majeure de l'Université Laval, financée à hauteur de 5 M\$ par le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada, sur les 5 prochaines années. Ayant comme mission la formation

Parmi ces acteurs du milieu qui participent activement à l'initiative on compte Chantiers Chibougamau, Coarchitecture, FPInnovations, Kruger, Maibec, Pomerleau, Provencher Roy + Associés Architectes, Roche ltée Groupe-Conseil et Wood Plus Coatings. De plus, l'implication du ministère des Ressources naturelles, du Bureau de l'efficacité et de l'innovation énergétiques, de la Société québécoise des infrastructures et de la Société d'habitation du Québec témoignent de la volonté et de l'en-



Pierre Blanchet, ing.f., Ph.D.

Titulaire de la chaire

Natalie Noël, MSc.  
Coordonnatrice



Le champ d'action du CIRCERB englobe toutes les activités liées au bâtiment, de la conception à la livraison, en passant par l'enveloppe et la mécanique du bâtiment, ainsi que le confort des occupants. Les projets de recherche aborderont le design de bâtiments, le développement de systèmes constructifs, le développement de matériaux, la logistique de la mise en œuvre, l'efficacité énergétique des bâtiments et procédés, et la durabil-

ité des ouvrages, tout en suivant le fil conducteur qui est la réduction de l'empreinte environnementale des bâtiments. Ainsi, une cinquantaine de projets de recherche au niveau de la maîtrise (2<sup>e</sup> cycle) et du doctorat (3<sup>e</sup> cycle) seront poursuivis dans l'un des trois axes de recherche, dans le but d'améliorer les façons de concevoir, de construire et d'opérer les bâtiments. Les objectifs spécifiques de la Chaire se déclinent ainsi :

### CONCEVOIR

- **Conception intégrée** : établir des stratégies écoresponsables pour tout le bâtiment suite aux développements de concepts architecturaux intégrés novateurs;
- **Analyse de cycle de vie et écoconception** : utiliser l'analyse de cycle de vie comme outil de discrimination de systèmes complexes en écoconception et en construction écoresponsable;

### CONSTRUIRE

- **Matériaux** : développer des matériaux de construction avancés à base de bois pour la construction;
- **Systèmes constructifs** : établir des techniques de construction favorisant une faible empreinte environnementale des ouvrages;
- **Logistique** : optimiser la logistique de la production des matériaux à la mise en chantier;

### OPÉRER

- **Durabilité** : établir les concepts permettant une longue durée de vie des ouvrages;
- **Efficacité** : établir les bonnes pratiques d'efficacité énergétique dans le bâtiment écoresponsable en bois.

Ces thèmes de recherche cadrent avec les priorités établies par le regroupement stratégique du Centre de recherche sur les matériaux renouvelables, dont le CIRCERB est membre.

**L**A CHAIRE INDUSTRIELLE DE RECHERCHE SUR LA CONSTRUCTION ÉCORESPONSABLE EN BOIS (CIRCERB) œuvre sur tout le réseau de création de valeur du secteur de la construction, dans le but de développer des solutions écoresponsables qui utilisent le bois pour réduire l'empreinte écologique des bâtiments.

POUR INFORMATION : [CIRCERB@SBF.ULVAL.CA](mailto:CIRCERB@SBF.ULVAL.CA)

DONEC ADIPISCING COMMODO EROS SED PRETIUM. NULLA ULTRICIES MAGNA NEC MI ACCUMSAN CURSUS. VIVAMUS NON PLACEULLA ULTRICIES MAGNA NEC MI ACCUMSAN CURSUS. VIVAMUS NON PLACERATULLA ULTRICIES MAGNA NEC MI ACCUMSAN CURSUS. VIVAMUS NON PLACERATULLA

de personnel hautement qualifié, le CIRCERB est un pôle d'excellence de formation et de recherche dans la filiale de la construction écoresponsable en bois. Cette plateforme de recherche appliquée vise le développement de solutions de construction devant influencer significativement la réduction des GES. En support au développement de son programme de recherche, le CIRCERB est appuyé par un consortium industriel qui rassemble divers partenaires provenant de l'ensemble du réseau de création de valeur de la construction écoresponsable en bois, soit des manufacturiers de produits forestiers, des entreprises en construction, des promoteurs publics, des entreprises du génie-conseil, d'architecture, des entreprises de financement hypothécaire et de grands projets.

gagement du gouvernement envers le développement de la construction écoresponsable en bois.

Le CIRCERB a adopté une approche pluridisciplinaire unique et intégrée, à l'image de la Grappe industrielle de la construction. Sa plateforme académique intègre des professeurs de trois facultés de l'Université Laval, soit la Faculté d'aménagement, d'architecture, d'art et de design pour ses compétences en architecture; la Faculté de foresterie, de géographie et de géomatique pour ses compétences en génie du bois; la Faculté des sciences et de génie pour ses compétences en génie civil, génie industriel et génie mécanique. Le Département des sciences appliquées de l'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC) est également affilié au CIRCERB pour ses compétences en génie civil.

# Une utilisation optimale du **bois** et ses **constituants** pour la fabrication de produits novateurs

**L**e bois est utilisé depuis très longtemps pour la fabrication d'une grande variété de produits de base essentiels à l'être humain. Ce matériau d'origine végétale est très apprécié pour ses propriétés mécaniques, son pouvoir calorifique et comme matière première dans plusieurs secteurs industriels dont notamment la construction et le secteur des pâtes et papiers.



Robert Lanouette, Ph.D.  
Bruno Chabot, ing., Ph.D.



L'intérêt du bois repose essentiellement sur ses caractéristiques structurales ainsi que sur ses principaux éléments constitutifs, dont la cellulose, les hémicelluloses et la lignine. Toutefois, l'industrie du bois et des pâtes et papiers connaît depuis une décennie une décroissance très marquée, ce qui a un impact très significatif sur la survie de plusieurs régions du Québec, notamment celles dont l'économie repose essentiellement sur les activités économiques générées par ces secteurs industriels. Face à un marché mondial de plus en plus féroce, ces deux secteurs industriels doivent dorénavant se renouveler profondément et innover pour développer de nouveaux produits commerciaux tout en respectant les exigences environnementales sévères et les contraintes

économiques qui dictent la rentabilité des usines. Dans ce contexte, le CRMR, de par ses thèmes de recherche privilégiés, jouera un rôle primordial afin d'orienter et de catalyser le développement de ces produits et d'aider nos entreprises à réorienter leurs activités et faire face à la nouvelle économie.

L'utilisation optimale de la ressource forestière est donc un enjeu majeur pour la revalorisation de ce secteur industriel.

Malgré le fort ralentissement observé depuis quelques années pour l'utilisation du bois et de ses constituants prin-

cipaux, des efforts de recherche sont actuellement menés pour relancer l'intérêt de ce matériau et le développement de nouvelles applications commerciales innovantes à partir du bois. Le domaine

## L'UTILISATION OPTIMALE DE LA RESSOURCE FORESTIÈRE EST DONC UN ENJEU MAJEUR POUR LA REVALORISATION DE CE SECTEUR INDUSTRIEL.

des pâtes et papiers est un exemple typique d'une industrie mature qui doit se renouveler pour continuer à représenter un secteur économique de premier plan au Québec. En effet, depuis le développement du procédé thermomécanique dans les années 50, le Québec a développé un réseau d'usines sur la base de cette technologie, pour la production de papier journal. Cependant, le déclin marqué de

la consommation de ce support depuis les dernières années présente un défi considérable pour cette industrie. Le procédé thermomécanique doit donc évoluer, soit en augmentant de façon marquée son efficacité énergétique, soit en développant de nouvelles avenues de valorisation de la fibre ou de certains constituants du bois. Ces deux avenues sont étudiées par le CRMR.

Un procédé de fractionnement des fibres longues, développé au CRML de l'UQTR, permet déjà de réduire l'énergie requise de 20%, mais ce ne sera pas suffisant pour assurer la survie de cette industrie. La recherche actuelle vise non seulement à améliorer cette technologie, mais aussi à utiliser de façon plus marquée le raffinage à basse consistance dans la même optique. La deuxième avenue intéressante au niveau de la recherche consiste à considérer globalement le procédé de mise en pâte thermomécanique et à évaluer le potentiel de valorisation des sous-produits générés par ce procédé. D'une part, nous savons déjà que la vapeur générée par le procédé thermomécanique contient de la térébenthine qui peut être valorisée, ce qui a déjà été fait dans certaines usines, mais a été abandonné depuis. Est-ce que l'on pourrait faire une préextraction autre que par la vapeur? Quels sont les composés qui pourraient être valorisés? D'autre part, le procédé de fractionnement des fibres longues génère des fines provenant de la lamelle mitoyenne. Pourrait-on les modifier ou les valoriser? Autant de questions intéressantes dont il reste à trouver les réponses.



Réacteur interstage pour le traitement de la pâte.

Les travaux de recherche du CRMR visent donc à incorporer de nouveaux procédés et technologies à une usine de pâte thermomécanique afin de: **1)** Produire de nouveaux éco-produits ou bioproduits (Bioraffinage, extraction des hémicelluloses, extraction des terpènes, matériaux composites à partir de fibres de basse qualité, etc.); **2)** Réduire la consommation d'énergie (additifs chimiques, préextraction, traitement chimique, etc.); **3)** Améliorer les propriétés de la pâte (additifs, procédé, etc.); **4)** Modifier la pâte afin d'obtenir des caractéristiques inhabituelles pour ce type de pâte (force mécanique, blancheur, hydrophobicité, ignifuge, absorption d'eau ou d'huile, lipophile, antibactérien, etc.) et **5)** Développer de nouveaux produits avec cette pâte (papiers spéciaux, matériaux composites, etc.).

L'industrie chimique pourrait également s'intéresser au bois. En effet, l'industrie chimique est tributaire d'une ressource principale basée essentiellement sur le pétrole et ses dérivés. Cette industrie a besoin de molécules plateforme pour créer ses produits, par exemple dans le domaine des matières plastiques et des matériaux. Or, une volonté accrue pour

remplacer ces molécules plateforme par des molécules biodégradables ou biosourcées est actuellement observée. Le bois et ses constituants représentent alors une ressource potentielle et

renouvelable de substances qui pourront remplacer la matière première fossile et produire des molécules plateforme équivalentes, mais surtout moins nocives pour l'environnement. Dans ce sens, les

travaux du CRMR portent également sur la génération de biopolymères à base de bois qui pourront servir dans la fabrication de matériaux composites plastiques biodégradables, etc.

**POUR INFORMATION : ROBERT.LANOUE@UQTR.CA OU BRUNO.CHABOT@UQTR.CA**



Unité de raffinage pilote du CRMR-Pôle UQTR



**DE MATIÈRE  
ET DE GÉNIE**

**ROCHE**  
roche.ca

# Le SEREX

## À L'AVANT-GARDE DE LA VALORISATION ET DE L'AMÉLIORATION DE LA PERFORMANCE DU MATÉRIAU BOIS ET DE SES DÉRIVÉS

**L**e SEREX est un Centre collégial de transfert technologique (CCTT) affilié au Cégep de Rimouski. Sa mission est de développer des solutions et des pratiques innovantes pour les entreprises œuvrant dans le domaine de la transformation des produits forestiers à valeur ajoutée en offrant des services de recherche appliquée, d'aide technique et de formation.

Les créneaux d'intervention du SEREX sont principalement dans les domaines de la transformation du bois, de la chimie durable, des énergies renouvelables et de l'écoconstruction. Pour atteindre sa mission, le SEREX compte sur les services de professionnels compétents et dynamiques de technologues, d'ingénieurs et de chercheurs œuvrant dans des domaines diversifiés des sciences du bois. Le Centre possède également des équipements d'analyse de laboratoire à la fine pointe de la technologie, ainsi que des unités pilotes (traitement thermique à l'huile, pyrolyse, torréfaction par contact sous vide).

Le SEREX collabore avec différents organismes de recherche, tels que FPInnovations, l'Université Laval, l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue (UQAT), etc. Il est également membre du Réseau Trans-tech, un regroupement de 46 CCTT au Québec couvrant un large éventail d'expertises spécifiques. Depuis tout récemment, le SEREX fait partie du Centre de recherche sur les matériaux renouvelables (CRMR).

Monsieur Aziz Laghdir, chercheur du SEREX est membre régulier au CRMR et il y contribue activement. Il est actuellement codirecteur d'une étudiante au doctorat du CRMR dont la thèse porte sur la modélisation de la densification du bois par thermo-hygro-compression. Il collabore également avec l'UQAT au développement d'un procédé de traitement thermique du bois aux bioesters (huiles estérifiées) avec le but d'améliorer la qualité du bois de certaines essences de la région, notamment la stabilité

dimensionnelle et la durabilité. D'ailleurs le SEREX et l'UQAT détiennent un brevet sur ce procédé qui est destiné à la torréfaction et à l'imprégnation. La torréfaction par contact sous vide est un autre procédé innovant de traitement thermique du bois, en cours de développement au SEREX. Ce procédé se démarque par le mode de transfert de chaleur au bois (conduction) qui favorise une meilleure homogénéité du traitement sans déperdition d'énergie, et également par l'application du vide qui permet de réduire considérablement le temps de traitement et de contrôler les changements de couleur du bois. Finalement, M. Laghdir s'implique également dans l'enseignement et a dispensé plusieurs cours à l'UQAT et à l'Université Laval : Mécanique des solides déformables, Statique et résistance du bois, Séchage et préservation du bois, Physique du bois, etc.

Au cours des dernières années, le SEREX a mis à profit son expertise et son savoir-faire dans le développement de la filière biomasse pour la production de la chaleur. À cet effet, le SEREX s'est doté d'une chaudière instrumentée de 200 kW conçue par des industriels de la Matapédia. Cet outil permet à la fois d'acquérir des connaissances sur la combustion de divers types de biomasse forestière et d'effectuer du transfert technologique vers les entreprises. Le SEREX a développé également un banc d'essai pour tester et améliorer l'efficacité des appareils de chauffage résidentiel à la biomasse (poêles à bois, poêles à granules, etc.) en termes d'émission de particules et de gaz.

Aziz Laghdir, Ph.D.



« Unité pilote de traitement thermique à l'huile. »

La valorisation de la biomasse par conversion thermochimique est un autre axe important des activités de recherche du SEREX. Dans ce cadre, une unité de pyrolyse de laboratoire a été conçue et développée au SEREX et elle permet d'effectuer des essais sur plusieurs types de biomasse. Les chercheurs **PAPA DIOUF** et **MOUNIR CHAOUCH** sont responsables de ce volet et leurs activités de recherche sont orientées principalement vers le développement de bioproduits, tels que des résines écologiques et des agents de préservation, et également vers la bioénergie pour la production de la chaleur.

Le développement des matériaux composites à base de fibres lignocellulosiques constitue un autre axe de recherche important au SEREX. Ces activités de recherche sont

menées par le chercheur Souzhou Yin, et sont orientées vers les panneaux à base de bois, les composites bois-plastique, l'utilisation de fibres non conventionnelles, et l'amélioration des adhésifs et des systèmes de finition du bois/panneau. Cet axe de développement couvre tous les aspects de l'élaboration et de la caractérisation des matériaux composites depuis la matière première jusqu'au produit final en passant par le développement des technologies de fabrication. Considérant les activités de recherche des autres pôles du CRMR, sa mise en place permettra non seulement de renforcer les collaborations existantes entre les différents pôles du Centre, mais également de mettre à profit l'implication des CCTT pour favoriser davantage le transfert technologique vers les entreprises en régions.

**POUR INFORMATION : AZIZ.LAGHDIR@SEREX.QC.CA**

# Activités de la Chaire de recherche du Canada en valorisation, caractérisation et **transformation** du bois

**M**ise en place en 2004 à l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, les travaux de la Chaire de recherche du Canada en valorisation, caractérisation et transformation du bois touchent principalement deux axes de recherche du CRMR, soient la caractérisation des propriétés du bois et le développement de nouvelles technologies de production de biomatériaux à base de bois.

Les travaux dans le premier axe, « caractérisation des propriétés du bois » traitent notamment de la caractérisation de la qualité du bois des essences à croissance rapide, dont les peupliers hybrides, dans des perspectives d'évaluation de leur potentiel d'utilisation et de valorisation pour différentes applications. Les travaux dans cet axe traitent également des variations génétiques et phénotypiques des propriétés du bois et de la fibre du bois pour des fins d'amélioration génétique des attributs de la qualité du bois. Les essences étudiées dans le cadre de cet axe incluent, entre autres, les peupliers hybrides, le pin gris, l'épinette noire et l'épinette blanche. Les retombées de ces travaux incluent l'amélioration de la productivité ligneuse et de la qualité du bois et la réduction du cycle de rotation de l'exploitation des ressources ligneuses.

Les travaux dans le cadre de cet axe concernent aussi les implications des pratiques sylvicoles, notamment l'éclaircie commerciale, les coupes partielles et la fertilisation, sur la qualité du bois et la valeur des produits. Les implications de ces pratiques sylvicoles sur la qualité du bois et la valeur du bois de l'épinette noire, de l'épinette blanche, du pin gris et du peuplier faux-tremble sont à l'étude.

Dans le cadre du deuxième axe de recherche, les travaux de la Chaire visent à développer des technologies de production de biomatériaux à base de bois. Plus spécifiquement, les travaux concernent

le développement de technologies de fabrication de composites bois-polymère selon différents procédés, dont l'injection, l'extrusion et l'imprégnation. À titre d'exemple, en collaboration avec les chercheurs du SEREX, nos travaux ont permis d'optimiser les paramètres d'imprégnation et de polymérisation du bois du peuplier hybride et d'étudier l'influence des caractéristiques intrinsèques du bois sur le degré d'imprégnation et sur la qualité du produit durci.

En étroite collaboration avec les chercheurs du CRMR, les travaux de la Chaire dans cet axe visent aussi à développer davantage des connaissances sur le rôle des caractéristiques intrinsèques des fibres de bois dans la mise en forme et le développement des propriétés des composites bois-plastique (CBP). Plus spécifiquement, ces travaux visent à : **1**) étudier les mécanismes d'adhésion entre fibres, polymères et additifs et l'effet des propriétés intrinsèques de la fibre sur la mise en forme et les propriétés des CBP; **2**) modéliser les propriétés physiques et mécaniques des CBP en fonction des caractéristiques intrinsèques des fibres de bois et les propriétés des matrices; **3**) optimiser les paramètres des procédés de mise en forme des CBP en fonction des caractéristiques intrinsèques des fibres de bois. Outre l'avancement des connaissances sur les interactions fibres polymères, ces recherches visent à développer des CBP avec des performances supérieures.

Dans le cadre du même axe de recher-

che et aussi en collaboration avec les chercheurs du CRMR, les travaux de la Chaire visent à valoriser les fibres non conventionnelles, notamment les boues papetières, pour la production d'une variété de produits à haute valeur ajoutée dont les panneaux de fibres à moyenne densité (MDF), les composites bois-polymère, les granules

Ahmed Koubaa, Ph.D.

Titulaire de la chaire



Le Centre de recherche sur les matériaux renouvelables est un nouveau regroupement de chercheurs universitaires, collégiaux, industriels et gouvernementaux financé par le programme « Regroupements stratégiques » du Fonds de recherche du Québec – Nature et technologies (FRQNT). Il est constitué de chercheurs de l'ancien Centre de recherche sur le bois (CRB) de l'Université Laval, du Centre de recherche sur les matériaux lignocellulosiques (CRML) de l'Université du Québec à Trois-Rivières, de l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, de l'Université du Québec à Chicoutimi et de deux Centres collégiaux de transfert de technologie (CCTT), le Service de recherche et d'expertise en transformation des produits forestiers (SEREX) du Cégep de Rimouski et le Centre d'innovation des produits celluloseux (Innofibre) du Cégep de Trois-Rivières.

# La phosphorylation de la cellulose

## UN PROCÉDÉ PROMETTEUR POUR PRODUIRE DE NOUVEAUX MATÉRIAUX IGNIFUGES RECYCLABLES

Jean Paradis, ing., BSc. et François Brouillette, Ph.D.

Les premiers résultats recueillis tendent à démontrer qu'il serait possible de produire un tout nouveau papier ignifuge qui ne dégage pas de produits toxiques lors de sa combustion et qui serait plus respectueux de l'environnement. Le présent projet tient son originalité dans le fait que nous effectuons une modification chimique des fibres de cellulose avant la formation du papier. Ce procédé ouvre les horizons sur une large gamme de produits ignifuges qui ont la caractéristique d'être recyclables.

Les avancées dans la synthèse organique ont créé au fil des ans une grande quantité de matériaux synthétiques que l'on retrouve partout dans notre quotidien. Plusieurs de ces nouveaux matériaux se sont révélés extrêmement inflammables et ont multiplié, du même coup, les risques d'incendie, tout particulièrement dans le secteur industriel ou public. Ces risques sont si sévères que plusieurs pays ont déjà légiféré en faveur de l'emploi de matériaux ignifuges. C'est le cas notamment en France, où l'on exige l'utilisation d'un matériel ignifuge pour toute affiche de plus de 0,5 m<sup>2</sup> lorsqu'elle est placée dans un lieu public. Or, il est important de distinguer les produits incombustibles des produits ignifuges. Si les premiers ne peuvent pas brûler, on s'attend des produits

ignifuges qu'ils retardent ou qu'ils arrêtent simplement la progression de la flamme. Par exemple, les papiers ignifuges brûlent lorsqu'on les maintient contre une source de chaleur intense. Par contre, la propagation de la flamme sera limitée à la zone en contact avec la source de chaleur et le papier s'éteindra de lui-même dès que la source de chaleur sera éliminée. C'est pourquoi plusieurs manufacturiers parlent plus de retardateurs de flammes (RF) que de produits ignifuges.

Des études récentes ont démontré que certains retardateurs de flammes utilisés pour réduire la propagation des flammes au cours des incendies pourraient accroître la dangerosité des fumées en raison des gaz toxiques qu'ils dégagent. Plus que la flamme elle-même, dans ces études, la fumée est

considérée souvent comme la première cause de décès lors d'un incendie.

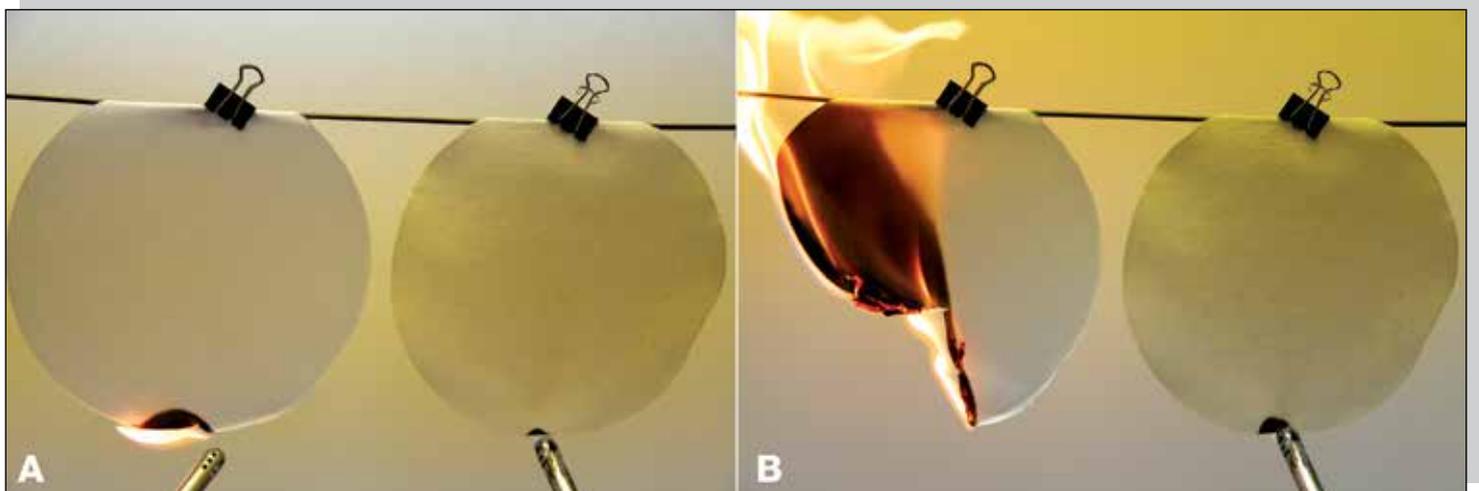
Parmi les retardateurs de flammes halogénés les plus populaires, les retardateurs de flammes bromés (RFB) sont des molécules que l'on retrouve dans une grande variété de produits industriels. Cependant, l'Union européenne (UE) a décidé d'interdire ou de limiter l'utilisation de plusieurs RFB en raison notamment de leur persistance dans l'environnement et des soupçons vis-à-vis leurs effets comme perturbateurs endocriniens. L'élimination progressive des RFB va générer une opportunité de marché intéressante pour des papiers ignifuges fabriqués à partir d'autres procédés.

### PREMIERS ESSAIS PROMETTEURS

Au cours d'essais préliminaires avec certains types d'esters de phosphate, les premiers résultats recueillis tendent à

démontrer qu'il serait possible de produire un tout nouveau papier ignifuge qui ne dégage pas de produits toxiques lors de sa combustion et qui serait plus respectueux de l'environnement. Le présent projet tient son originalité dans le fait que nous effectuons une modification chimique des fibres de cellulose avant la formation du papier. Il ne s'agit donc pas d'un enduit que l'on applique sur la surface du papier, mais bien d'une modification permanente des fibres de cellulose. Ces modifications offrent, comme autre avantage, de conserver leurs caractéristiques ignifuges lors du recyclage. En effet, contrairement aux papiers produits à partir des papiers traités aux RF, il serait théoriquement possible de recycler les papiers produits à partir des fibres modifiées sans en changer le potentiel ignifuge. Ces fibres

suite à la page 16 »



**A)** Dès que la flamme touche le papier conventionnel (à gauche), le papier s'embrase alors que la progression est pratiquement nulle pour le papier phosphorylé. **B)** Après quelques secondes, le papier conventionnel (à gauche) est fortement altéré. Le papier phosphorylé (à droite) résiste à la flamme malgré le fait que la source de chaleur est toujours en contact avec le papier.

suite de la page 14 »

modifiées pourraient aussi être utilisées dans une grande variété de matériaux comme les matériaux composites.

Avec la participation active du CRML de l'UQTR et suite à l'obtention récente d'une subvention du

programme PART, Innofibre (Centre d'innovation des produits cellulose), un Centre collégial de transfert technologique (CCTT) affilié au Cégep de Trois-Rivières, a démarré un projet pour démontrer la faisabilité technique et pour produire les premiers prototypes d'un tout nou-

veau papier ignifuge. La présentation d'échantillons de papiers ignifuges réalisés à partir de la phosphorylation de la cellulose est une étape essentielle pour convaincre d'éventuels partenaires de participer financièrement à des projets plus importants. Déjà quelques entreprises

se sont montrées intéressées à recevoir des échantillons.

Aussi par la réalisation de ce projet, l'expertise acquise permettra de contribuer concrètement à la diversification de l'industrie des pâtes et papiers québécoise vers des produits à plus forte valeur ajoutée et avec des marges de profit plus élevées pour profiter pleinement des ressources uniques du Québec. Ces nouvelles expertises pourraient rapidement conduire à développer de nouveaux matériaux encore très peu exploités au Québec. Finalement, ce projet permettra de consolider les échanges entre les professeurs de l'UQTR et Innofibre. L'effet structurant du projet permettra de concrétiser la plateforme du transfert technologique que représente l'usine pilote d'Innofibre pour des projets développés en collaboration. Ce projet pourrait ouvrir de nouveaux créneaux de recherche au sein du Centre de recherche sur les matériaux renouvelables (CRMR), un regroupement de chercheurs dont Innofibre fait partie.



François Brouillette (à gauche) et Jean Paradis (à droite) devant la machine à papier expérimentale d'Innofibre

**POUR INFO : JEAN.PARADIS@CEGEPT.R.QC.CA OU FRANCOIS.BROUILLETTE@UQTR.CA**

TAPHISA  
1/4 page

Innofibre  
1/4 page

# RENFORTS NANOCELLULOSIQUES POUR LES PEINTURES ET VERNIS

## Amélioration de la durabilité des produits en bois

Ce projet consiste à démontrer s'il est possible de fabriquer des revêtements opaques pour le bois avec renfort de nanocellulose. Les peintures, ou revêtements opaques, peuvent comporter des micropigments ou nanopigments en quantité considérable, mais jamais de nanoparticules fibreuses organiques comme renfort.

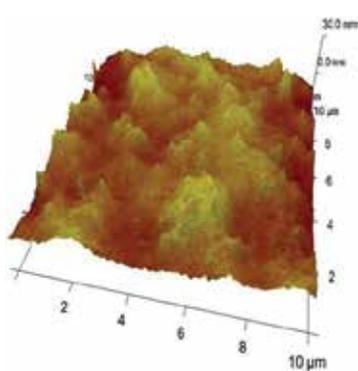
Ceci est maintenant pourtant bien connu chez les thermoplastiques, où les nanofibres de carbone améliorent les propriétés mécaniques, comme la résistance à la flexion. Nous avons donc fabriqué de tels revêtements nanocomposites. Les renforts consistaient en des nanoparticules de cellulose, en poudre, en gel, ou modifiées à l'aide de sels hydrophobes dans le but de les rendre plus faciles à disperser et augmenter leurs propriétés. Lorsqu'il est question d'ajout de quoi que ce soit à un revêtement, le produit ajouté doit améliorer une propriété comme la résistance à l'usure ou la résistance au rayonnement ultraviolet, mais sans nuire aux propriétés intrinsèques du revêtement telles que la couleur, la brillance et la transparence.

La nanocellulose est un nouveau produit issu du bois, fait de nanofibres extraites de la pâte à papier. On appelle ce produit 'nanocellulose cristalline' ou 'cellulose nanocristalline' (NCC). En poussant un peu plus loin les procédés papetiers, on peut obtenir ces fibres très petites, mais très cristallines, d'environ 100 nanomètres de longueur. Cette fibre a une surface anionique et hydrophile à pH neutre, comme bien des fibres naturelles, mais elle est difficile à disperser, vu sa très grande surface spécifique. Afin d'améliorer sa dispersion dans les revêtements, la NCC a été modifiée en y ajoutant des sels hydrophobes, qui ont une curieuse similarité avec les revitalisants capillaires (après shampoing) pour les cheveux et assouplissants textiles.

Cette modification a été effectuée sous différentes conditions afin d'optimiser les propriétés de surface. La modification a été faite avec une concentration variable en différents sels hydrophobes et sous différentes durées de réaction.

Les spectroscopies infrarouge et de résonance magnétique nucléaire ont permis de constater que les propriétés de la NCC ont été modifiées par les sels hydrophobes. Pour la surface spécifiquement, le test d'angle de contact a révélé que, globalement, la NCC modifiée aux sels hydrofuges est devenue moins hydrophile par rapport à celle sans sels. L'ajout des sels hydrofuges a changé les propriétés de surface de la NCC de manière évidente: la NCC est devenue hydrophobe et a formé une

suspension stable dans les solvants organiques tels que le tétrahydrofurane. Ainsi, il est probable que le mélange revêtement / NCC sera plus homogène, le revêtement étant, par définition, hydrophobe, puisqu'alors, dans nos maisons, il disparaîtrait suite à un lavage. Aucun changement n'a été observé sur la structure cristalline de la NCC. En accord avec les mesures de tension de surface, l'anal-



Topographie d'un revêtement pour le bois comportant des nanocelluloses, obtenue à l'aide d'un microscope à force atomique (V. Vardanyan).

yse chimique via la spectroscopie des photoélectrons (XPS) a montré que les sels hydrophobes changeaient la structure chimique superficielle de la NCC.

LA NANOCELLULOSE EST UN NOUVEAU PRODUIT ISSU DU BOIS, FAIT DE NANOFIBRES EXTRAITES DE LA PÂTE À PAPIER. ON APPELLE CE PRODUIT 'NANOCELLULOSE CRISTALLINE' OU 'CELLULOSE NANOCRISTALLINE' (NCC).

Suite à la formulation des revêtements et à leur séchage, l'examen de la surface par la microscopie à force atomique indique que la rugosité des films de peintures et de vernis appliqués sur le bois avec ajout de la NCC modifiée avec sels hydrophobes est plus faible par rapport à celle du film appliqué avec une NCC sans sels hydrophobes. Cela indique donc que la NCC mélangée avec les sels hydro-

Bernard Riedl, Ph.D.



phobes a été mieux dispersée dans le vernis. De plus, le test de résistance à l'abrasion, une propriété particulièrement importante, montre aussi qu'il y a eu une amélioration de cette propriété mécanique pour les films préparés utilisant des NCC modifiées à l'aide de sels hydrophobes: par exemple, l'ajout de 2% de NCC modifiée a augmenté de 40% la résistance à l'usure, sans changer les propriétés optiques, des vernis pour le bois.

Ces résultats indiquent que la NCC modifiée à l'aide de sels hydrophobes a une meilleure dispersion dans le vernis et en augmente la résistance. Il a été déterminé également que la profondeur des égratignures sur les films diminue avec l'ajout de NCC. Certains sels utilisés pour modifier la surface des NCC comportant une chaîne hydrophobe plus courte n'ont pas donné le résultat escompté dû à la taille de la molécule. L'utilisation de NCC dans les vernis a donné de meilleurs résultats que pour les peintures, mais on peut contourner le problème en appliquant des vernis sur les peintures. Il y a une grande variété de revêtements: extérieurs, intérieurs, à l'eau ou en milieu solvant, transparent ou opaque. Ces résultats ont été obtenus pour des revêtements aqueux à cuisson ultraviolet, donc des systèmes industriels. Il reste à voir si cela peut être applicable dans d'autres types de revêtements. Ainsi nous pensons boucler la boucle: intégrer un dérivé du bois dans des revêtements pour le bois et créer un nouveau marché pour ce type de bioproduits de source renouvelable produits au Québec.

POUR INFORMATION : [BERNARD.RIEDL@SBF.ULVAL.CA](mailto:BERNARD.RIEDL@SBF.ULVAL.CA)

# L'UQAC développe le secteur bois

**F**ondée en 1969, l'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC) est un établissement d'enseignement supérieur à dimension humaine. Elle offre, sur son campus principal, dans ses quatre centres d'études (La Malbaie, Alma, Saint-Félicien et Sept-Îles) ainsi que dans plusieurs pays à travers le monde, une programmation répartie aux trois cycles d'études universitaires.



Sylvain Ménard, ing.j., Ph.D.

Jean Wauthier, directeurs des affaires publiques



Cela représente plus de 180 programmes de formation couvrant diverses disciplines, dont 60 offerts aux cycles supérieurs. L'UQAC accueille chaque année près de 10 000 étudiants, dont environ 3 500 sont inscrits dans des programmes délocalisés offerts dans une dizaine de pays situés principalement en Asie, dans le Maghreb et en Amérique du Sud. Elle possède des ententes de collaboration avec plus d'une centaine d'universités et d'entreprises situées dans une trentaine de pays.

Sur le plan scientifique, l'UQAC dispose de plus de 50 unités de recherche institutionnelles et est partenaire avec 11 autres organismes. Avec des investissements de recherche qui dépassent les 30 millions de dollars annuellement, elle se situe dans le « top 50 » des universités canadiennes au classement général de Research Infosource.

L'UQAC s'est toujours inspirée de la réalité de sa région d'adoption pour développer ses secteurs d'intervention scientifique, le Saguenay-Lac-Saint-Jean étant l'une des principales régions forestières du Québec.

L'UQAC a donc développé un important programme de recherche sur les ressources renouvelables de la forêt boréale, de l'écologie à la transformation, qui constitue en fait l'un de ses créneaux de recherche d'excellence. Les chercheurs sont regroupés au sein du Centre de recherche sur la boréale (CREB), et leurs activités sont déployées selon plusieurs axes. Plusieurs projets de recherche portent sur l'écologie forestière, à partir de thématiques telles que l'impact combiné des changements

climatiques, les apports azotés atmosphériques, l'augmentation de la température du sol sur la productivité de la forêt boréale et même l'impact de différents traitements sylvicoles sur la croissance et la qualité du bois de l'épinette noire en forêt boréale. D'autres travaux s'intéressent à l'écologie aquatique, notamment ceux sur les populations des petits poissons faisant partie de la chaîne alimentaire des salmonidés, ou encore ceux sur la migration des stocks de poissons par la détermination de la composition élémentaire

.....  
**SYLVAIN MÉNARD, APRÈS PLUS DE 25 ANS EN GÉNIE-CONSEIL ET INDUSTRIE, EST DEvenu LE PROFESSEUR RESPONSABLE DE CE DÉVELOPPEMENT BOIS À L'UQAC. IL EST CODEMANDEUR DE LA CHAIRE INDUSTRIELLE DE RECHERCHE SUR LA CONSTRUCTION ÉCORESPONSABLE EN BOIS DE L'UNIVERSITÉ LAVAL ET A ACTUELLEMENT UNE ÉTUDIANTE À LA MAÎTRISE ET UN ÉTUDIANT AU DOCTORAT DANS LE CADRE DE CETTE RECHERCHE. IL EST AUSSI MEMBRE CHERCHEUR RÉGULIER DU CENTRE DE RECHERCHE SUR LES MATÉRIAUX RENOUVELABLES.**  
.....

des otolithes. Les essences de la forêt boréale sont à la base des travaux réalisés en chimie des produits naturels bioactifs, de leur caractérisation à leur analyse préclinique. La préoccupation pour l'environnement anime l'équipe rassemblée autour du créneau de recherche qu'est l'éco-conseil. Grâce à des interventions directes dans divers milieux, les chercheurs identifient des solutions afin que les activités organisationnelles et commerciales, voire indus-

trielles, soient compatibles avec le développement durable. Certaines activités de recherche portent sur les procédés permettant une utilisation durable de la matière ligneuse. C'est ainsi que des projets portent sur l'amélioration des procédés de transformation thermique du bois, sur la découverte de nouveaux produits, sur la valorisation des composés extractibles des végétaux de la forêt boréale ainsi que sur la modélisation et le contrôle des phénomènes thermiques. Le partenariat entre l'UQAC et les divers acteurs dont les activi-

boréale. L'enjeu 1 du Plan stratégique 2013-2018 de l'UQAC, qui est d'élaborer une stratégie de consolidation et de développement du créneau bois et son cycle de vie complet, passe notamment par l'amélioration de l'offre de formation et de recherche sur le matériau bois. L'UQAC devient ainsi la seule université canadienne à offrir deux cours obligatoires sur le bois dans un programme de génie civil, en plus d'avoir intégré le matériau bois dans cinq autres cours de la formation des ingénieurs. L'Université accueille également des étudiants à la maîtrise et au doctorat, dont les projets portent sur les différents systèmes constructifs et les structures hybrides (bois et autres matériaux) dans les édifices multiétagés. Les étudiantes et étudiants sont formés par des professeurs compétents, dont certains ont plus de 25 ans d'expérience de terrain en génie-conseil et en production industrielle. L'Université est également présente en formation continue auprès des ingénieurs et des architectes. Son Centre du savoir sur mesure (CESAM) est devenu un incontournable dans la formation des praticiens sur le bois.

Sylvain Ménard, après plus de 25 ans en génie-conseil et industrie, est devenu le professeur responsable de ce développement bois à l'UQAC. Il est codemandeur de la Chaire industrielle de recherche sur la construction écoresponsable en bois de l'Université Laval et a actuellement une étudiante à la maîtrise et un étudiant au doctorat dans le cadre de cette recherche. Il est aussi membre chercheur régulier du Centre de recherche sur les matériaux renouvelables.

**POUR INFORMATION : SYLVAIN\_MENARD@UQAC.A**

# Le bioraffinage forestier et la chimie du bois

L'industrie pétrochimique génère, par des technologies bien avancées et optimisées, des quantités énormes de produits pour des marchés très diversifiés, dont les industries des carburants, des mines et de la construction, allant jusqu'aux industries alimentaires, des plastiques, des textiles et des produits de santé.

Tatjana Stevanovic, ing., Ph.D.



Cependant, l'industrie pétrochimique est confrontée au problème d'épuisement imminent de sa matière première, le pétrole, ainsi qu'aux exigences reliées au développement durable. Elle cherche alors, à ajouter un aspect plus vert et durable à ses procédés et ses produits. L'intérêt de l'industrie chimique pour des produits biosourcés devient de plus en plus évident, et par conséquent, une approche multidisciplinaire dans le développement de nouveaux produits plus durables et ayant des meilleures empreintes carbone devient incontournable.

Par ailleurs, l'industrie forestière vit une crise économique depuis quelques années qui touche particulièrement les secteurs des pâtes et papiers et de la première transformation. L'industrie forestière a bien reconnu à cet effet le besoin d'innover et de s'orienter vers la conception de produits à valeur ajoutée. Pour réaliser cet objectif, l'industrie forestière s'oriente de façon importante vers le bioraffinage forestier, un concept qui comprend la valorisation complète de la biomasse forestière sous forme de produits à valeur ajoutée et de nouveaux biocarburants. Dans ce sens, on peut trouver une certaine ressemblance avec l'industrie pétrochimique, ce qui a inspiré le terme bioraffinage forestier. Pour que les deux industries progressent vers le développement durable, il faut améliorer de façon significative le niveau de connaissance entre elles et aller vers une collaboration beaucoup plus importante. Dans un premier temps, on envisage le développement des bioraffineries forestières intégrées, ce qui veut dire une intégration des technologies plus « chimiques » dans les industries

forestières existantes. Pour réaliser ces objectifs, il faut bien connaître et comprendre la composition chimique de la biomasse forestière, et les connaissances de la chimie du bois sont donc indispensables. Nous avons réalisé plusieurs projets dans lesquels on a exploité les connaissances de la chimie du bois pour contribuer au bioraffinage forestier.

L'INDUSTRIE FORESTIÈRE A BIEN RECONNU À CET EFFET LE BESOIN D'INNOVER ET DE S'ORIENTER VERS LA CONCEPTION DE PRODUITS À VALEUR AJOUTÉE.

Le matériau bois est constitué de divers types de cellules, dont les parois sont constituées de trois types de polymères naturels : la cellulose et les hémicelluloses, qui appartiennent à la famille des polysaccharides, et les lignines, qui sont des polyphénols polymères. Nous nous intéressons particulièrement aux lignines, notamment aux lignines industrielles (sous-produits de mise en pâte chimique) dont les utilisations sont très limitées à l'heure actuelle et concernent principalement les lignosulfonates issus des procédés sulfite. Cependant, à l'échelle mondiale c'est le procédé Kraft qui domine la fabrication des pâtes chimiques (et de toutes autres pâtes), d'où l'intérêt croissant de valoriser les lignines Kraft.

La technologie Kraft est très avancée et sa position favorable est expliquée, entre autres, par le cycle fermé au niveau des produits chimiques et de l'énergie, rendant cette industrie auto-suffisante au point de vue énergétique. Des études en Suède ont démontré qu'il serait économiquement viable

de récupérer une moindre partie de la lignine de la liqueur noire issue du procédé Kraft, par précipitation avec le CO<sub>2</sub> (gaz à effet de serre), issu lui-même du procédé Kraft, sans nuire au procédé. En s'inspirant de ce procédé, breveté LignoBoost(R), nous avons développé des protocoles de précipitation de lignines Kraft provenant de liqueurs noires fournies par deux usines québécoises : Kruger Waygamack et Domtar Windsor. Nous avons ainsi produit deux lignines Kraft, de résineux et de feuillus respectivement. Les objectifs de notre projet « Valorisation des lignines industrielles dans les nouveaux biocomposites » visent à contribuer à la diminution des gaz à effet serre en utilisant le CO<sub>2</sub> pour précipiter les lignines et par la suite en incorporant cette lignine dans des composites à base de matrice de polyéthylène haute densité (HDPE), pour remplacer une partie des polymères synthétiques d'origine pétrolière par des lignines renouvelables. Les lignines précipitées sont caractérisées par des méthodes physico-chimiques dans nos laboratoires pour mieux comprendre leurs propriétés et orienter leur transformation et application. Nous avons estérifié ces lignines par différents agents pour améliorer leur compatibilité avec les polymères. L'estérification semble rendre les lignines Kraft plus « poreuses » (Figure 1).

## COMPATIBILITÉ

Pour améliorer la compatibilité entre les lignines Kraft et la matrice HDPE, différents agents de comptabilisation sont également explorés : 1) le MAPE comme agent de couplage réactif et 2) SEBS, SEBS-NO<sub>2</sub> et SEBS-NH<sub>2</sub> comme agents de couplage non réactifs.

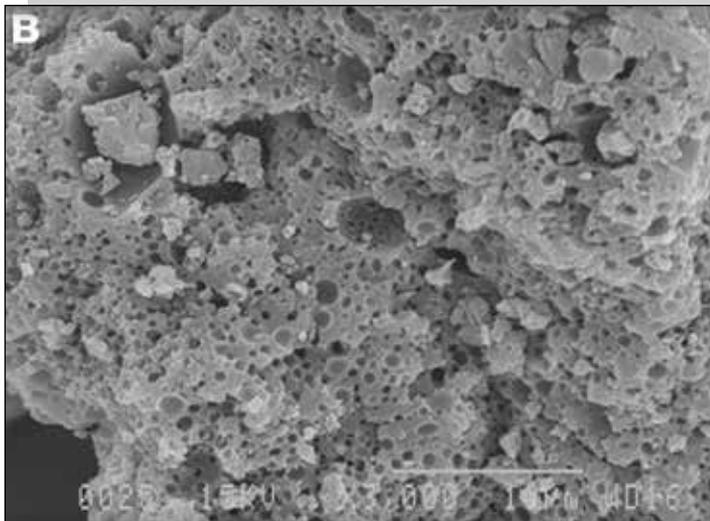
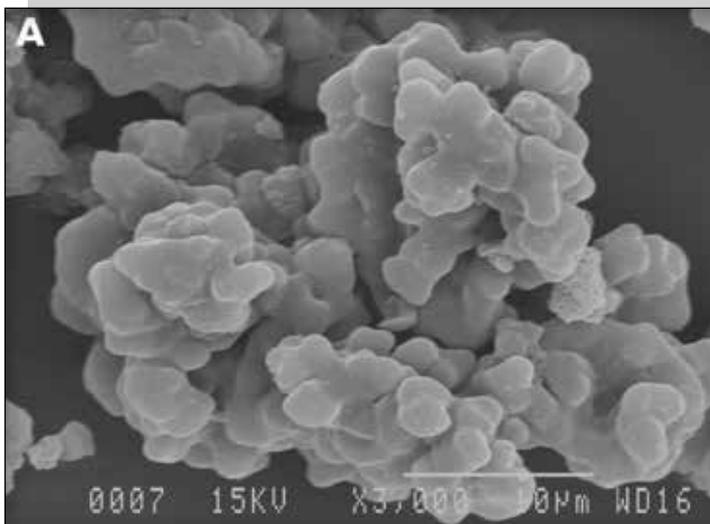
Dans un autre volet de ce projet, nous étudions les composites conçus à la base de la matrice de polyéthylène de haute densité (HDPE), contenant les fibres d'écorces extraites en plus des lignines Kraft estérifiées et du MAPE. L'ajout des écorces extraites dans les biocomposites à base de matrice HDPE représente un remplacement additionnel du polymère synthétique par des matériaux renouvelables.

Notre intérêt pour les extractibles des écorces est motivé par le rôle protecteur que les écorces jouent dans les arbres, stimulant ainsi la biosynthèse de métabolites secondaires d'une vaste variété de structures chimiques. Les lignines et les polyphénols extractibles qu'on peut lier à la nature « ligneuse » du bois partagent une partie de leurs voies biosynthétiques. Ainsi, une richesse de polyphénols se trouve dans la structure poreuse du bois et est disponible à l'extraction par différents solvants, d'où le terme extractible. Nous nous intéressons aux extractibles forestiers de nature phénolique en parallèle avec les études des lignines depuis des années. L'eau et l'éthanol, des solvants verts, sont utilisés pour les extractions et nous appliquons des méthodes spectrophotométriques développées dans nos laboratoires pour doser les différentes classes de polyphénols dans ces extraits. Une propriété très remarquable des polyphénols est leur capacité de piéger les radicaux libres et d'agir en tant que réducteurs en s'oxydant facilement et agissant ainsi comme des antioxydants. Nous avons donc envisagé l'utilisation de ces extraits en tant qu'antioxydants naturels et renouvelables, ayant en

vue que plusieurs antioxydants synthétiques sont mis en cause pour leur toxicité. Ces antioxydants naturels à base des extraits forestiers peuvent, entre autres, protéger divers produits gras contre le rancissement. Nous développons actuellement un antioxydant naturel à base d'extrait d'écorce d'épinette noire pour l'alimentation animale.

En ce qui concerne les propriétés antiradicalaires des polyphénols, nous envisageons l'application des extraits riches en polyphénols dans des formulations pour les soins de la peau qui est exposée aux multiples espèces radicalaires d'oxygène et/ou d'azote. Nous avons démontré l'efficacité des extraits riches en polyphénols provenant des

écorces des essences industrielles canadiennes sur différents radicaux impliqués dans le stress oxydatif. Les résultats positifs obtenus à ce jour indiquent le grand potentiel des polyphénols forestiers, mais il faut comprendre que le développement de nouveaux produits de santé naturels est un processus complexe qui demande un travail multidisciplinaire avec une synergie importante des différentes expertises. Notre contribution sur le plan de la chimie du bois nous semble d'importance centrale, mais nous voyons notre contribution surtout au niveau de l'appui au renforcement de la collaboration entre l'industrie chimique et forestière, qui est essentielle au développement des bioraffineries forestières à l'avenir.



**A)** SEM (MEB) de la lignine Kraft précipitée par CO<sub>2</sub> de la liqueur noire de Kruger, Wayagamack (X 3000).

**B)** SEM (MEB) de la lignine Kraft (Wayagamack) estérifiée par anhydride maléique (X 3000).

**POUR INFORMATION : TATJANA.STEVANOVIC@SBF.ULVAL.CA**



**HUMAINE  
CRÉATIVE  
AUDACIEUSE**

**AHMED KOUBAA**

PROFESSEUR À L'INSTITUT DE RECHERCHE SUR LES FORÊTS

**L'INSTITUT DE RECHERCHE SUR  
LES FORÊTS, POUR ÉTUDIER AVEC  
DES PROFESSEURS RECONNUS ET  
Avoir accès à des laboratoires  
à la fine pointe en plein cœur  
de la forêt boréale**

#### Programmes offerts

- Maîtrise en biologie
- Maîtrise en gestion durable des écosystèmes forestiers
- Doctorat en sciences de l'environnement

#### Chaires de recherche

- Chaire de recherche du Canada en écologie forestière et en aménagement forestier durable – Pr Yves Bergeron
- Chaire industrielle CRSNG-UQAT-UQAM en aménagement forestier durable – Pr Yves Bergeron
- Chaire de recherche du Canada sur la valorisation, la caractérisation et la transformation du bois – Pr Ahmed Koubaa
- Chaire de recherche du Canada en foresterie autochtone – Pr Hugo Asselin

uqat.ca



#### INFORMATION

Institut de recherche sur les forêts  
Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue  
1 877 870-8728 poste 2461  
irf@uqat.ca  
uqat.ca/irf

**UQAT**  
UNIVERSITÉ DU QUÉBEC  
EN ABITIBI-TÉMISCAMINGUE

# L'INNOVATION, ON LA MET SUR PAPIER

DEPUIS 110 ANS



Tournée vers l'avenir depuis sa fondation en 1904, la société Kruger évolue sans cesse afin d'offrir des produits de qualité supérieure au meilleur coût possible, tout en assurant une gestion optimale des ressources. Nos employés carburent à l'innovation et c'est ce qui a permis à l'entreprise de se diversifier et d'exceller dans plusieurs secteurs d'activités. Visitez le [www.kruger.com](http://www.kruger.com) pour en savoir davantage.

