

Prix Thèses des Bois

Jeudi 2 Juillet 2015

8H30 à 18h30

A INRA CESTAS PIERROTON

SALLE DES CHENAIES

69, route d'Arcachon- 33612 Cestas

Programme

- 8h30 :** Accueil des participants - Petit déjeuner
- 9h - 9h10 :** Présentation de la journée Thèses de Bois
Christine DELISEE - Bordeaux Sciences Agro- Présidente du Conseil Scientifique de Xylofutur
- 9h10 - 9h40 :** Détermination d'une stratégie de modification du bois de lambris afin de limiter les variations dimensionnelles dans un contexte éco-responsable
Présentation : Gatien Geraud ESSOUA ESSOUA
Université Laval
Encadrant : Pierre BLANCHET
- 09h45 - 10h15:** Construction en bois : adaptation aux changements climatiques ? Effet des variations de l'humidité relative sur l'évolution de fissuration
Présentation : Ngoc Anh PHAN
I2M-GCE, Université de Bordeaux
Encadrants : Stéphane MOREL, Myriam CHAPLIN
- 10h20 - 10h50 :** Des mousses de carbone à partir d'un résidu papetier et leur stratégie de synthèse par l'analyse du cycle de vie
Présentation : Amandine FOULET
Institut des Sciences Moléculaires (ISM), Université de Bordeaux
Encadrants : Hervé DELEUZE, Guido SONNEMANN
- 10h50 - 11h10 :** PAUSE
- 11h10 - 11h40 :** Optimisation des stratégies d'amélioration génétique du pin maritime grâce aux marqueurs moléculaires
Présentation : Marjorie VIDAL
Institut Technologique FCBA, INRA-UMR 1202 BIOGECO, Université de Bordeaux
Encadrants : Christophe PLOMION, Laurent BOUFFIER, Luc HARVENGT

- 11h45 - 12h15 :** Valorisation d'une lignine alcaline industrielle : Vers le développement de nouveaux synthons et oligomères bio-sourcés issus de lignine
Présentation : *Olivia CONDASSAMY*
 LCPO, Université de Bordeaux, TEMBEC Innovation
Encadrants : *Frédérique PICHAVANT, Henri CRAMAIL, Stéphane GRELIER*
- 12h20 - 12h50 :** Amélioration des revêtements extérieurs pour bois : étude de l'influence des paramètres physico-mécaniques sur leurs performances
Présentation : *Lise MALASSENET*
 FCBA, LERMAB
Encadrants : *Laurence PODGORSKI, André MERLIN*
- 12h50 - 14h30 :** PAUSE DEJEUNER
- 14h35 - 15h05 :** Bioraffinerie papetière : mise au point de cuisson sans soufre dans l'objectif de valoriser la liqueur noire par gazéification
Présentation : *Claire MONOT*
 Grenoble INP - LGP2, Université Grenoble Alpes
Encadrant : *Christine CHIRAT*
- 15h10 - 15h40 :** Développement d'un modèle thermomécanique du comportement sous agressions thermiques de matériaux cellulosiques
Présentation : *Guillaume CUEFF*
 Institut de Mécanique et d'Ingénierie, Université de Bordeaux, EFECTIS France
Encadrant : *Denys BREYSSE*
- 15h45 - 16h15 :** PAUSE
- 16h20 - 16h50 :** Evaluation des propriétés du bois de l'épinette noire (*Picea mariana* (Mill.) B.S.P) : de l'arbre aux peuplements
Présentation : *Guillaume GIROUD*
 Faculté de foresterie, de géographie et de géomatique, Université Laval
Encadrant : *Jean Bégin*
- 16h55 - 17h25 :** Vers un centre logistique régional : Conception et pilotage
Présentation : *François SARRAZIN*
 Consortium de recherche FORAC
Encadrant : *Luc LEBEL*

17h30 - 18h00 : Evaluation du revenu potentiel associé à l'ajout de bois classé mécaniquement (bois MSR) au panier de produits d'une usine de sciage située sur la Côte-Nord (Québec, Canada)

Présentation : Normand PARADIS

Université Laval, Centre de recherche sur les matériaux renouvelables (CRMR)

Encadrants : Alexis ACHIM, Sophie D'AMOURS

18h00 - 18h30 : DELIBERATION DU JURY
REMISE DES PRIX LE 3 JUILLET A 12H00 LORS DE L'ASSEMBLEE GENERALE DE XYLOFUTUR

Le prix de la fondation BORDEAUX UNIVERSITE.

Les prix Jean LESBATS et Jacques BEYNEL, décernés par le Pôle de Compétitivité XYLOFUTUR.

Détermination d'une stratégie de modification du bois de lambris afin de limiter les variations dimensionnelle dans un contexte éco-responsable

Gatien Geraud Essoua Essoua - Université Laval

Contact Scientifique : Pierre.Blanchet@sbfi.ulaval.ca

Résumé :

Dans un contexte international ou l'appel à l'utilisation de matières premières issues de sources renouvelables se fait insistant, le bois se présente une fois de plus comme un matériau de grand intérêt. La thèse se réalise dans un contexte de partenariat industriel avec une entreprise canadienne leader dans la production de bardage en bois massif. Le partenariat de cette thèse doit permettre à cette industrie de se démarquer par l'innovation sur un marché toujours plus compétitif.

Focalisé sur le bardage en bois pour mise en œuvre sur des bâtiments non résidentiels et multilocatifs, ce sujet de thèse a pour objectif général de développer une méthodologie de traitement du bois afin de limiter les variations dimensionnelles dans un contexte écoresponsable. Pour mieux cerner le sujet, ce dernier a été articulé en trois axes: Les performances techniques des traitements proposés (retrait et gonflement, résistance à la pourriture fongique et à l'action des rayons Ultra-Violet) constituent le premier axe de la recherche. Le deuxième axe de cette recherche a pour objectif de montrer que le gain en durée de vie en service du lambris apporté par le traitement compense l'impact environnemental du traitement, objectif validé par l'analyse de cycle de vie du produit ciblé. Le troisième axe concerne l'aspect économique dans le but d'estimer les coûts du procédé de traitement du produit lambris. En ce qui concerne le premier axe, deux traitements ont été effectués. Le traitement avec une solution l'anhydride maléique fondu et le traitement avec une solution d'acide citrique et glycérine crue. La méthodologie de traitement est une imprégnation suivie d'une estérification en étuve. Les résultats obtenus présentent une amélioration de stabilité dimensionnelle de l'ordre de 54%, une meilleure protection contre la pourriture fongique et meilleure résistance à l'action des rayons Ultra-Violet du soleil par rapport aux échantillons non traités. Le second axe est en cours de réalisation et nous concluons notre travail de thèse par le troisième axe.

Les résultats de ce travail trouveront une applicabilité directe au sein de l'industrie partenaire et contribueront ainsi au développement de l'industrie des produits d'apparences extérieur tout en rendant le matériau bois plus compétitif par rapport aux autres matériaux utilisés dans le secteur de la construction.

Mots-clés : Lambris, gonflement, retrait, biodégradation, vieillissement accéléré, analyse de cycle de vie, analyse économique.

A strategy to modify wood siding in order to limit dimensional variation in an eco-responsible context

Abstract :

In an international context where the call for the use of raw materials from renewable sources is growing, wood appears as a material of great interest. The thesis is realized in an industrial partnership with a Canadian industry, leader in wood siding production. This industry-university partnership has for objective to allow innovation in a market increasingly competitive.

Focused on wood siding for non-residential and multi-units building, this thesis has the general objective to develop a wood treatment that will limit the dimensional changes of the product in an eco-friendly context. The thesis has been divided in 3 specific components. The first addresses the technical performance of treatments proposed (shrinkage and swelling, resistance to fungal decay and action of Ultra Violet rays). The second component presents a life-cycle analysis of the considered products with the objective of demonstrating how the product's increased longevity compensates for any environmental impact brought about by the treatment. The third component examines the economic aspect in order to estimate the cost of the treatment process. With regard to the first component, two treatments were performed. The first treatment is made with maleic anhydride solution and second with citric acid and raw glycerol solution. The treatments are an impregnation followed by esterification in an oven. The results obtained indicate an improvement of dimensional stability by 54%, better protection to fungal decay and better resistance to the action of ultra violet rays of the sun compared to untreated samples. The second is under completion, while the third component will conclude the thesis-related work.

The results of this work will find a direct application within the industry. Specifically, it will contribute to the development of the exterior appearance products industry while making wood a more competitive material compared to other materials used in the construction sector.

Keywords: Siding, swelling, shrinkage, biodegradation, aging, life cycle analysis, economic analysis

Construction en bois : adaptation aux changements climatiques ? Effet des variations de l'humidité relative sur l'évolution de fissuration

Ngoc Anh PHAN - I2M-GCE / Université de Bordeaux

Contact Scientifique : na.phan@i2m.u-bordeaux1.fr

Résumé :

Au cours des dernières années, en France, la construction en bois a subi un essor important. Se pose alors l'étude plus précise de leur comportement de ces structures dans le temps sous les variations climatiques attendues. Les éléments structuraux, qui présentent des singularités (nœud, fissure de séchage, entaille,...) provoquant des concentrations de contraintes et entraînent des fissurations, sont particulièrement affectés par les variations d'humidité relative. Dans l'approche de la mécanique de la rupture, les modèles de zone cohésive (CZM) ont été largement utilisés afin de décrire la rupture quasi-fragile du bois. La zone cohésive représente la « fracture process zone » (FPZ) au fond de la fissure et son comportement peut être défini par une loi de traction-séparation. La variation de la teneur en eau induit des contraintes internes qui peuvent entraîner la propagation de la fissure, la FPZ étant directement soumise aux variations de l'humidité relative de l'air. Certains auteurs ont étudié l'analyse des processus de la propagation de la fissure dans le matériau orthotrope viscoélastique (comme le bois) en mode I en considérant la décohésion progressive des lèvres de la fissure. Cependant, la variation d'humidité n'a pas été prise en compte dans ces études. Notre travail se focalise sur l'influence de l'humidité sur la FPZ au cours de la propagation des fissures dans le bois. Le but de cette étude est de développer une méthodologie de calcul pour modéliser la propagation des fissures sous divers environnements climatiques.

Dans notre étude, des essais de rupture en mode d'ouverture (mode I) sont effectués sur des éprouvettes mTDCB (modified Tapered Double Cantilever Beam) de pin Maritime sous différentes teneurs en eau constantes. Ces essais ont permis de déterminer les courbes de résistance (critère de propagation de la fissure) et les paramètres du CZM (un comportement adoucissant bilinéaire dans la loi de traction-séparation). Ensuite, des essais de fluage sur des éprouvettes mTDCB sont effectués dans une enceinte climatique sous une humidité relative variable et une température constante.

Basé sur le modèle de zone cohésive, un nouveau modèle, introduisant l'influence de la teneur en eau sur la zone cohésive, est proposé et implanté dans le code par éléments finis Cast3m. En fonction des variations de l'humidité relative, la simulation de la propagation de la fissure est effectuée en utilisant un comportement mécanosorptif du bois. Le modèle de mécano-sorption, développé par F. Dubois (GEMH), utilise un couplage entre les variations de teneur en eau et les propriétés mécaniques du bois. Un modèle de diffusion basé sur la deuxième loi de Fick est appliqué au problème de la diffusion de la teneur en eau dans le bois. Les résultats des simulations numériques sont comparés avec les données expérimentales, les prévisions sont satisfaisantes.

Mots-clés : Teneur en eau, propagation de la fissure, modèle de zone cohésive, diffusion

Timber Construction: adaptation to climate change? Effect of relative humidity variation on crack growth

Ngoc Anh PHAN - I2M-GCE / Université de Bordeaux

Contact: na.phan@i2m.u-bordeaux1.fr

Abstract:

In recent years, the timber construction has achieved a large success in France due to the context of the sustainable development. Many authors have increasingly studied the timber structure under the relative humidity variation. Structural elements with singularities such as notches or cracks or tapered end-notches or openings, which cause stress concentrations, are affected by the air relative humidity variation. With the presence of large stress gradients, the propagation of the crack in a wood element leads to the failure of this element. In the fracture mechanics approach, cohesive zone models (CZM) have been widely employed in order to describe the fracture analysis in various materials and structures. The cohesive zone represents the fracture process zone (FPZ) at the crack tip and its behavior can be defined in terms of a traction-separation law. Varying the moisture content induces internal stresses which may cause the crack propagation because FPZ at the crack tip is directly submitted to relative humidity variations. Some authors have studied the analysis of the crack growth process in the orthotropic-viscoelastic material (such as wood) under mode I by considering the progressive crack-tip decohesion. However, the moisture variation has not been taken into account in the previous studies. In this research, we focus on the influence of the moisture on the fracture process zone during the crack growth in wood. The aim of this study is to develop a computational methodology to model the crack growth in the timber structure under the environmental condition.

In our study, fracture tests in mode I on the Maritime pine are performed on a modified Tapered Double Cantilever Beam specimen (mTDCB) under different constant moisture contents in order to determine resistance curves (criterion for crack propagation) and CZM parameters (the bilinear softening traction-separation law). Then, creep fracture tests are carried out in a climate room under the relative humidity variation at a constant temperature.

Based on the cohesive zone model (i.e., the bilinear softening traction-separation law), a new model, introducing the influence of the moisture content on the cohesive zone, is proposed and implanted in source Esope in the finite element code Cast3m. Under the relative humidity variation, the crack growth simulation is carried out using a mechano-sorptive behavior for the wood substrate. The mechano-sorptive model, developed by F. Dubois (GEMH), uses a coupling between moisture variations and mechanical properties of wood. A diffusion model based on Fick's second law is applied to the moisture diffusion in wood. These calculations have been implemented in the finite element code. Our numerical simulation results are compared with the experimental data with agreement.

Keywords: moisture content, crack growth, cohesive zone model, diffusion

Des mousses de carbone à partir d'un résidu papetier et leur stratégie de synthèse par l'analyse du cycle de vie

Amandine Foulet - Institut des Sciences Moléculaires (ISM) / Université de Bordeaux

Contact Scientifique : amandine.foulet@u-bordeaux.fr

Résumé :

Pour répondre à une problématique de pérennisation des matières premières pour l'industrie chimique, il est de plus en plus question de trouver des substituts au pétrole ayant un caractère renouvelable. De cette problématique a émergé la chimie biosourcée. Afin qu'un produit soit dit biosourcé, il doit avoir été conçu totalement ou en partie à partir de la biomasse. Dans ce contexte, les matières premières renouvelables non concurrentielles avec l'industrie alimentaire présentent un intérêt particulier. Parmi celles-ci, la liqueur noire Kraft nous a paru être particulièrement attractive. Co-produit de la production industrielle de la pâte à papier par le procédé Kraft, elle est issue de la transformation chimique de bois issus de forêts gérées de manière responsable. Disponible en grande quantité, la liqueur noire est composée de matières organiques - lignine et hémicelluloses dégradées - et de sels inorganiques, en solution dans un milieu aqueux fortement alcalin.

L'obtention d'émulsions hautement concentrées stables ayant la liqueur noire comme phase externe a permis, après réticulation, la préparation de matériaux macroporeux rigides appelés polyHIPEs, qui peuvent être considérés comme des mousses solides. Un traitement thermique adéquat de ces matériaux permet d'accéder à des mousses de carbones possédant d'une part la structure macroporeuse originale des polyHIPE et d'autre part une structure microporeuse dans les parois. Les carbones poreux ainsi obtenus, dérivés des polyHIPEs, ont été appelés carboHIPEs. Ces nouveaux matériaux sont susceptibles de trouver des applications dans le domaine du stockage d'énergie. La liqueur noire s'est ainsi montrée être une source de carbone attractive pour la production de mousses de carbone biosourcées. De par le choix d'un co-produit issu de la biomasse comme matière première, l'élaboration des carboHIPEs de liqueur noire s'inscrit dans une démarche d'éco-conception, qui est une méthode visant à réduire les impacts environnementaux d'un produit. L'analyse du cycle de vie (ACV) est un outil d'éco-conception permettant de modéliser quantitativement les impacts environnementaux d'un produit tout au long de son cycle de vie. Appliquée à la méthode préparation des mousses de carbone à partir de liqueur noire, l'ACV a montré que le choix de la phase interne dans l'étape d'émulsification est un paramètre influent de par son origine, son mode de production et sa capacité à être recyclée dans le procédé. L'efficacité énergétique du procédé est aussi déterminante. L'ACV préliminaire a donc permis d'identifier les points sensibles, d'un point de vue environnemental. De plus, une ACV comparative entre les mousses de carbone à partir de liqueur noire et d'autres à partir de styrène a montré que le procédé utilisant la liqueur noire a un profil écologique plus avantageux. Cette étude s'est essentiellement portée sur la conception du matériau. En prenant en compte la phase d'utilisation et la fin de vie du matériau, l'ACV peut révéler de nouveaux enjeux environnementaux.

Mots-clés : liqueur noire, carbones poreux, éco-conception, analyse du cycle de vie

Carbon foams from black liquor and their synthesis strategy by life cycle assessment

Abstract :

The current strategy to meet the challenges of raw materials perpetuation in the chemical industry is the substitution of fossil based resources with renewable resources. Through this strategy bio-based chemistry has emerged. For a process to be classified as bio-based, a product must be derived partially or totally from biomass. Among this category of renewable resources, black liquor held our attention. Black liquor is the by-product of Kraft paper pulp production, obtained after chemical transformation of wood. Produced in large quantities, it contains organic matter, degraded lignin and hemicelluloses as well as inorganic salts dissolved in alkaline solution.

By polymerising highly concentrated emulsions, foam-like porous materials called polyHIPEs were obtained from black liquor. With adequate thermal treatment carbon foams were obtained presenting a typical polyHIPE macroporous structure along with microporosity. The resulting porous carbons are referred to as carboHIPEs and are of interest in energy storage. Black liquor has thus revealed itself to be a promising carbon precursor for bio-based carbon foams. By choosing a bio-based by-product as a raw material, the preparation of black liquor carboHIPEs corresponds to an eco-design approach, lowering the environmental impacts of a product. Life cycle assessment (LCA) is an eco-design tool that allows quantification of environmental impacts along the life cycle of a product. LCA was applied to the preparation of black liquor carboHIPEs and showed that the choice of the internal phase of the emulsion was an environmentally key parameter in its origin, production and recyclability within the process. The energy efficiency is also influential. Using LCA at early stages of the foams preparation allowed us to raise sensitive environmental issues in carboHIPEs preparation. Moreover, a comparative LCA between the black liquor carboHIPEs and styrene carboHIPEs showed that using black liquor instead of styrene is beneficial. This study is focused on material elaboration, by taking into account the use phase and end-of-life of the material, LCA may reveal additional issues.

Keywords: black liquor, porous carbons, eco-design, life cycle assessment

Optimisation des stratégies d'amélioration génétique du pin maritime grâce aux marqueurs moléculaires.

Marjorie VIDAL -Institut Technologique FCBA, INRA - UMR 1202 BIOGECO, Université de Bordeaux (ED Sciences et Environnements)

Contact Scientifique : marjorie.vidal@fcba.fr

Résumé :

Le pin maritime (*Pinus pinaster* Ait.) est l'une des espèces forestières industrielles majeures en France. Dans un contexte de besoin en biomasse forestière toujours plus important à l'échelle régionale, nationale et mondiale, la pérennité de la production de bois constitue un enjeu socio-économique majeur. La production de variétés génétiquement améliorées est essentielle au maintien voire à l'augmentation de la productivité des forêts plantées pour faire face aux besoins croissants en bois et aux changements environnementaux.

L'objectif de cette thèse est de proposer de nouvelles stratégies d'amélioration génétique du pin maritime afin d'accélérer le renouvellement des variétés améliorées et de faciliter l'intégration d'un plus grand nombre de critères de sélection en relation avec les changements environnementaux et économiques. Afin d'atteindre cet objectif, nous valorisons les nombreux marqueurs moléculaires récemment développés en les intégrant aux stratégies d'amélioration innovantes que nous proposons. Ces marqueurs moléculaires sont utilisés pour reconstituer a posteriori les relations de parenté entre individus (pedigrees sur plusieurs générations). Ces outils ont été mis en œuvre dans des dispositifs de type polycross (dispositifs dans lesquels les arbres sont issus de croisements contrôlés entre une mère identifiée et un mélange de pollens connus). Cette connaissance fine des apparentements au sein des populations d'amélioration est un élément essentiel pour proposer des stratégies de sélection génétique innovantes dans le but de :

- Maximiser les gains génétiques, c'est-à-dire améliorer les performances qualitatives(rectitude du tronc) et quantitatives (croissance) de la production.
- Accélérer les cycles de création variétale et donc augmenter la fréquence du renouvellement des variétés améliorées. Cela permet d'adapter plus rapidement les variétés aux évolutions environnementales (changement climatique, développement de certains ravageurs) et économiques (selon des besoins de la filière forêt-bois) en intégrant de nouveaux critères de sélection.
- Conserver une grande diversité génétique à l'échelle du massif forestier des Landes de Gascogne, moteur essentiel de la sélection.
- Réduire les contraintes opérationnelles et le coût de déploiement de chaque variété par la réduction des surfaces de vergers, compensée par leur renouvellement rapide.

L'évaluation de ces nouvelles stratégies de sélection est fondamentale pour prédire la capacité de la forêt landaise de production à s'adapter aux évolutions de la filière bois et aux nouvelles contraintes environnementales.

Mots-clés : Amélioration génétique, reconstitution de pedigree, pin maritime, marqueurs SNP, polycross, gain génétique

Optimization of maritime pine breeding strategies using molecular markers

Abstract :

Maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.) is one of the major economical forest species in France. In a context of an increasing need of forest biomass at regional, national and international scales, sustainability of wood production is a major socio-economic issue. The production of genetically improved variety becomes a requirement to maintain or even increase the productivity of planted forests to face up to the growing needs of wood and environmental changes.

The objective of this PhD is to propose new maritime pine breeding strategies in order to accelerate the renewal of improved varieties and to facilitate the integration of further selection criteria related to environmental and economic changes. To reach these objectives, we take advantages of numerous recently developed molecular markers by integrating their use in innovative breeding strategies. Molecular markers were used to reconstitute a posteriori the relationship between individuals (pedigree on multiple generations). These tools were implemented in polycross trials (trials where the trees are from polymix crossing, done by application of a mix of pollen from several males to isolated known females). The knowledge of the relatedness among breeding populations is a key element to propose new breeding strategies with the aim of:

- Maximizing genetic gains, that is to say improve the qualitative (stem straightness) and quantitative (growth) production performances.
- Accelerating the selection cycles and thus increasing the frequency of variety renewal. It allows us to quickly adapt the new varieties to environmental (global warming, pest or disease development) or economic (depending on forest and wood industry's needs) evolutions by integrating new selection criteria.
- Maintaining a high genetic diversity at the "Landes de Gascogne" forest scale, which is an essential driving force for selection.
- Decreasing the operational constraints and the cost of variety deployment by faster renewal of varieties, which decrease the propagation scale of each variety.

The evaluation of these new breeding strategies is essential to predict the ability of the production forest to adapt to wood industry's evolutions but also to new environmental constraints.

Keywords: breeding, pedigree reconstruction, maritime pine, SNP markers, polycross, genetic gain

Valorisation d'une lignine alcaline industrielle : Vers le développement de nouveaux synthons et oligomères bio-sourcés issus de lignine

Olivia CONDASSAMY
LCPO /Université de Bordeaux & TEMBEC Innovation

Contact Scientifique : olivia.condassamy@enscbp.fr

Résumé :

Dans un contexte où l'épuisement des ressources fossiles est continue, l'utilisation de matières renouvelables comme nouvelle source de produits chimiques devient primordiale. Après la cellulose, la lignine est le second bio-polymère le plus abondant sur terre. La structure phénolique de la lignine ainsi que sa disponibilité lui confèrent un grand potentiel comme matière première pour remplacer les produits issus du pétrole. L'augmentation de la production des pâtes cellulosiques à haute pureté en cellulose chez Tembec conduit à une augmentation importante de la quantité de lignines produites dont la valorisation actuelle est principalement la production d'énergie. La structure complexe de ce polymère naturel, comparée à celle de la cellulose, ainsi que la diversité des procédés d'obtention, limitent sa valorisation en tant que matériau. Ainsi, l'isolation, la purification et la caractérisation des lignines constituent de nos jours un réel challenge.

La première partie de ce projet consiste à purifier les lignines industrielles par des procédés chimiques afin de s'affranchir des sucres, des minéraux et autres constituants. Pour cela, un protocole efficace en 3 étapes a été proposé. Il permet d'obtenir des échantillons de lignine de pureté satisfaisante (95%) et de récupérer 63% de la lignine initialement présente dans la liqueur alcaline de départ. La lignine alcaline purifiée est ensuite caractérisée d'un point de vue moléculaire (Analyse élémentaire [AE], spectroscopie infrarouge [FT-IR], spectroscopie RMN) macromoléculaire (chromatographie d'exclusion stérique [SEC]) et par analyses thermiques (calorimétrie différentielle à balayage [DSC], analyse thermogravimétrique [TGA]). Les résultats SEC ont montré une masse molaire relativement faible pour la lignine alcaline. Les analyses RMN-HSQC (^1H - ^{13}C) ont révélé la présence de signaux correspondants aux liaisons résinol, phénylcoumarane et β -O-4 ainsi que la présence des unités gaiacyle et p-hydroxyphényle. Les analyses RMN du phosphore ^{31}P ont montré la présence d'une majorité de groupements hydroxyles phénoliques et peu d'acides carboxyliques. Enfin, concernant les analyses thermiques, l'analyse DSC a indiqué une valeur élevée de température de transition vitreuse. L'analyse TGA a démontré un comportement thermique qui peut être délimité en 3 principales phases, comme observé pour d'autres lignines (par exemple : les lignines kraft). Les modifications et fonctionnalisations chimiques d'une telle lignine sont particulièrement prometteuses.

Mots-clés : Lignine, purification, extraction, caractérisation de la lignine, bio-ressources, bio polymères, valorisation de la lignine, valorisation de la biomasse, énergie renouvelable.

Valorization of an industrial alkaline lignin: Towards the development of new bio-based aromatic building units from Lignin

Abstract:

With the gradual depletion of fossil fuels, the use of renewable raw material as a source of chemicals, materials and polymers is expected. Lignin is, second to cellulose, one of the most abundant natural macromolecules. Due to its aromatic structure, it has great potential to serve as an important raw material to replace petroleum-based products. In the pulp and paper industry a large amount of lignin is obtained in the delignification process. It has for a long time been viewed as an energy source. The difficulty of valuing lignin is due to its complex, irregular and variable structure. Those observations make lignin isolation, purification and characterization very challenging.

In this context, a valorization of alkaline lignin from an industrial pulping liquor is proposed. Before considering any chemical modification or potential applications, it is primordial to elucidate this lignin structure. An efficient 3-steps protocol for extraction and purification of lignin from industrial liquor has been established. This protocol leads to high purity sample of lignin (95%) and allows the recovery 68% of the lignin initially present in the alkaline liquor.

Alkaline lignin has been characterized utilizing chemical analytical methods: elemental analysis, infrared spectroscopy (FTIR), size exclusion chromatography (SEC), NMR analysis (³¹P, 2D-HSQC, ¹³C) and thermal analysis: differential scanning calorimetry (DSC) and thermogravimetric analysis (TGA). SEC results revealed the molecular weight of the lignin was considerably low. The HSQC

NMR analysis showed the presence of several linkages such as resinol, phenylcoumaran and β-O-4 alkyl-aryl ether and the presence of guaiacyl and p-hydroxyphenyl units. The ³¹P NMR analysis also suggested the presence of a majority of phenolic groups (mainly condensed units and guaiacyl units) and few carboxylic acids. In terms of thermal features, DSC analysis indicated a high glass transition value and TGA analysis a thermal behavior with three main phases comparable to other lignins (like kraft lignin). Chemical modification and functionalization of such alkaline lignin is particularly promising.

Keywords : Lignin, waste valuation, biomass conversion, bio-based polymers, lignin purification, lignin characterization

Amélioration des revêtements extérieurs pour bois : étude de l'influence des paramètres physico-mécaniques sur leurs performances

Lise Malassenet - FCBA/LERMAB
Contact Scientifique : lise.malassenet@fcba.fr

Résumé :

Le bois est un matériau utilisé dans divers domaines et particulièrement dans la construction. Exposé aux intempéries, il est sujet à des dégradations esthétiques et subit des variations dimensionnelles dues aux alternances de périodes sèches et humides. Son utilisation en extérieur nécessite donc l'application d'une finition (peinture, lasure) pour le protéger.

Le revêtement doit être assez souple pour suivre les variations du bois tout en étant assez dur pour pouvoir résister à de potentiels impacts (grêle). Ainsi les performances mécaniques du revêtement jouent un rôle primordial dans sa durée de vie. Pourtant, actuellement en Europe, les performances des revêtements sont principalement évaluées à travers des tests de vieillissement suivis d'évaluations visuelles, de mesures de couleur et de brillance et de mesures d'adhérence. L'objectif de ce travail est de mettre en place une méthodologie approfondie d'évaluation des performances des revêtements afin de mieux comprendre les phénomènes régissant le vieillissement des revêtements. La finalité de ce projet est le développement industriel de revêtements innovants sur bois pour un emploi extérieur avec de bonnes performances tout au long de leur durée de service.

A travers notre étude, les performances de revêtements traditionnels ont été évaluées avec les tests obligatoires dans la série de norme EN 927 ainsi qu'avec d'autres méthodes permettant d'avoir une connaissance approfondie de leurs propriétés mécaniques. Ainsi, des mesures de dureté pendulaire, d'extensibilité du revêtement par indentation ou encore des tests de traction sur films libres ont été réalisés. Le pendule de Persoz a particulièrement été investigué comme un outil permettant d'avoir une approche simple et rapide des propriétés mécaniques du revêtement.

Ce travail a démontré un lien entre la dureté pendulaire et les performances des revêtements. Les tests de traction de films libres ont permis d'étayer ces résultats en démontrant une corrélation entre la dureté pendulaire et certaines propriétés mécaniques. Enfin, l'étude des variations de dureté pendulaire au cours du vieillissement a permis de mieux comprendre l'apparition des dégradations et a conduit à l'établissement de seuils de performance.

Ces résultats nous permettent actuellement d'appuyer un partenaire industriel formateur dans la sélection et l'élaboration de nouvelles formulations photopolymérisables adaptées à une utilisation extérieure. Celles-ci sont constituées d'un mélange de monomères polyfonctionnels (ou diluants réactifs) et d'oligomère(s) combiné(s) à un photoamorceur. A ce stade, la méthodologie d'évaluation de performances mise en place a permis de sélectionner les oligomères les plus performants. L'étude des diluants réactifs les plus prometteurs est en cours.

Mots-clés : revêtements, bois, extérieur, performances.

Improvement of exterior wood coatings: the study of the influence of physico-mechanical parameters on their performances

Abstract :

Wood is used in different fields especially in construction. Outdoors, wood is subject to aesthetic damages and to dimensional variations due to alternation of dry and wet periods. Therefore, to be used outdoors, wood must be protected by coatings (paint, stain).

Coatings need to be soft enough to follow variations of wood and at the same time hard enough to be able to withstand possible damages (hail). Hence, mechanical properties of coatings play a major role in their service life. However nowadays in Europe, coating performances are mainly assessed through weathering tests followed by visual assessments, color and gloss measurements and adherence tests. The aim of this work is to develop a detailed methodology to assess coating performances in order to better understand the resistance to weathering of coatings. The final objective of this project is an industrial development of innovating wood coatings for outdoors with good performances to weathering during their service life.

Through our study, performances of commercial coating were assessed using conventional standardized tests from the EN 927 series but also with other methods in order to have an extensive understanding of their mechanical properties. Hence, damping and indentation tests on coated wood were investigated as well as tensile tests on free films. Persoz pendulum was particularly used as a tool to approach easily and quickly mechanical properties of coatings.

This work established a link between damping test results and coating performances exposed to artificial and natural weathering. Tensile tests on free films allowed to support these results showing a good correlation between damping hardness and some mechanical properties. Last but not least, the analysis of damping hardness variations versus weathering time has lead to a better understanding of damages development and to the establishment of performance specifications.

These results allow us to help the industrial partner to formulate new UV-curing formulations. They are made of a mixture of monomers and oligomers combined with photoinitiators. At this stage, the methodology developed to assess performances has allowed to select the best oligomers. The study of the most promising monomer is ongoing.

Keywords : Coatings, outdoor, wood, performances.

Bioraffinerie papetière : mise au point de cuisson sans soufre dans l'objectif de valoriser la liqueur noire par gazéification

Claire MONOT - Grenoble INP - LGP2, Université Grenoble Alpes

Contact Scientifique : claire.monot@lgp2.grenoble-inp.fr

Résumé

L'étude présentée fait partie du projet Enerlig financé par l'Institut Carnot Energie du Futur, qui a pour but de développer un procédé de cuisson sans soufre rendant possible le traitement de l'effluent (liqueur noire) par gazéification. Ce projet contient deux parties, étudiées par deux doctorantes : développement d'un procédé sans soufre et mise au point de la gazéification de la liqueur noire issue de ce procédé. Après cuisson, la majorité de la lignine finit dans la liqueur noire, qui est brûlée pour régénérer les réactifs de cuisson et produire de l'énergie. La gazéification permettrait de produire plus d'énergie que la combustion dans une chaudière.

Cependant, la cuisson traditionnelle kraft utilise du soufre qui est un inhibiteur de la gazéification.

La thèse présentée ici s'intéresse au procédé de cuisson sans soufre qui serait intégré dans une bioraffinerie lignocellulosique : le bois est prétraité par une autohydrolyse, ce qui permet d'extraire les hémicelluloses pour les valoriser, puis est délignifié par une cuisson alcaline, et les fibres cellulose obtenues sont ensuite blanchies. Il a été montré, dans des travaux précédents du laboratoire, que l'autohydrolyse facilitait la cuisson des bois feuillus, ce qui permet ensuite d'appliquer une cuisson sans soufre. Nous nous sommes ici intéressées au cas des bois résineux.

La première partie de l'étude a porté à la comparaison entre différents types de cuissons (kraft, soude et soude/anthraquinone) sur du bois résineux témoin et autohydrolysé. Les indices kappa (proportionnels aux taux de lignine) des pâtes autohydrolysées étaient plus faibles que ceux des pâtes témoins, ce qui indique que l'autohydrolyse facilite la délignification, et permet d'appliquer une cuisson sans soufre, comme dans le cas du bois feuillus. De plus, les pâtes issues des bois autohydrolysés présentaient une meilleure aptitude au blanchiment à l'oxygène que les pâtes témoins. Les caractéristiques des pâtes permettent d'envisager une production de cellulose à usage textile.

Le deuxième objectif était de comprendre les raisons de la meilleure délignification des copeaux préhydrolysés. Une première hypothèse était une modification de la structure de la lignine: les lignines de bois résineux témoin et autohydrolysés ont été extraites et analysées. Seules de légères différences ont été observées par RMN 13 C. De plus, la distribution de masses moléculaires a montré que la lignine de bois résineux autohydrolysé était légèrement plus dépolymérisée que celle de bois résineux témoin.

Une seconde hypothèse à vérifier était l'impact de l'autohydrolyse sur les liaisons lignine-hydrates de carbone (LCCs) du bois. La méthode utilisée est celle décrite par Du et al., The Plant Journal (2013). L'analyse des LCCs du bois a montré une baisse de leur proportion dans le bois autohydrolysé de 33% pour le bois résineux, et de 39% pour le bois feuillus, ce qui peut certainement expliquer les meilleures aptitudes à la délignification des bois autohydrolysés.

Mots-clés : Autohydrolyse, bioraffinerie lignocellulosique, cuisson sans soufre, complexes lignine-

hydrates de carbone

Paper biorefinery: development of sulfur-free cooking with the aim of enhancing the black liquor gasification

Abstract :

The study we would like to present belongs to the Enerlig project, funded by Institut Carnot Energie du Futur, the aim of which is to develop a sulfur-free cooking process making it possible to treat the effluent (black liquor) by gasification in order to produce more energy than the currently used recovery boiler. This project contains two parts that were studied by two PhD students: development of a sulfur-free process and gasification of the resulting black liquor. After cooking, the major part of lignin ends up in the black liquor, which is currently burnt to recover the cooking reagents and to produce energy. Its gasification could produce more energy.

However, traditional kraft cooking uses sulfur, which inhibits gasification. The PhD thesis work presented here deals with the sulfur-free process part that would be applied in a lignocellulosic biorefinery mill, where the wood would first be submitted to an autohydrolysis pretreatment to extract and valorize the hemicelluloses, followed by an alkaline cooking. Autohydrolysis has been shown to facilitate cooking of hardwood species, which makes it easier to develop sulfur-free cooking. In the present study we focused on softwood species.

The first part of this study deals with the comparison of different types of cooking (kraft, soda, and soda/anthraquinone) on autohydrolysed and control softwood chips. Autohydrolysis enabled to apply a sulfur-free cooking on softwood, which is hardly possible on control wood. Their kappa numbers (proportional to the lignin content) were lower than the ones of kraft pulp. Moreover, the delignification ability during an oxygen bleaching stage of the pulps produced from autohydrolysed wood was better than for the pulp produced from the control wood chips.

The second objective was to gain some understanding on the reasons why autohydrolysed wood chips are more easily delignified. Possible changes in lignin structure brought about by the autohydrolysis were first investigated: lignins of control and autohydrolysed softwood were extracted and analysed. Only small differences were observed on these lignins by ^{13}C NMR. Furthermore, molecular weight distribution analysis showed that the lignin of autohydrolysed softwood was only slightly more depolymerized than the one of control softwood. A second hypothesis to be verified was the effect of the autohydrolysis on the lignin-carbohydrate linkages (LCCs) in the wood. The method used was the one described by Du et al., The Plant Journal (2013). The analysis of LCCs of chips showed a decrease of their content in autohydrolysed wood. A decrease of 33% of the total content of LCCs was observed after autohydrolysis on softwood whereas the decrease was of 39% on hardwood.

Keywords: Autohydrolysis, lignocellulosic biorefinery, sulfur-free cooking, lignin-carbohydrate complexes

**Développement d'un modèle thermomécanique du comportement
sous agressions thermiques de matériaux cellulosiques
Application à l'étude de résistance au feu de panneaux de bloc-porte
en aggloméré de bois**

**Guillaume CUEFF - Institut de Mécanique et d'Ingénierie /Université de
Bordeaux / EFACTIS France**

Contact Scientifique : guillaume.cueff@efectis.com

Résumé :

En France, la sécurité incendie demeure un des aspects majeurs pour la mise sur le marché de nouveaux produits industriels destinés à la construction. C'est aussi une préoccupation importante lors de la prise de décision pour déterminer des solutions constructives dans les différents domaines d'application : ouvrages publics (ERP), sites industriels, sites nucléaires, ouvrages d'art, transports et habitations.

Dans le cadre de la sécurité incendie, les produits de la construction sont soumis à des essais de résistance au feu standardisés dans des laboratoires agréés. La performance du produit en termes d'isolation thermique et de tenue mécanique au feu est ainsi éprouvée. Les systèmes de construction à base de bois et produits dérivés n'échappent pas à cette règle.

Les essais de résistance au feu peuvent être contraignants et coûteux pour les industriels, ce qui peut freiner leur démarche de R&D. À ce titre, un programme de recherche a été lancé par EFACTIS France, laboratoire agréé en résistance au feu, en collaboration avec le laboratoire I2M (Université de Bordeaux). L'objectif est de mettre au point un outil innovant permettant la simulation numérique d'essais de résistance au feu de blocs-portes en bois et produits dérivés (panneaux de particules, panneaux de fibres). L'outil numérique développé, appelé « four virtuel », a pour ambition de prédire au plus juste le comportement de produits de la même façon qu'un essai réel de résistance au feu, permettant ainsi d'étudier l'influence de nombreux paramètres de conception (nature des matériaux, épaisseurs des constituants, position des paumelles...).

Les travaux de thèse présentés ici concernent le développement de l'outil de simulation (éléments finis) du comportement thermomécanique de matériaux cellulosiques exposés à un feu normalisé (NF-EN-1363-1). Les produits étudiés durant ces travaux sont issus de matériaux dérivés du bois : panneaux d'aggloméré de bois, panneaux d'aggloméré de lin et panneaux de fibres (MDF), que l'on retrouve usuellement dans les blocs-portes en bois coupe-feu.

Le modèle thermomécanique développé prend en compte l'évolution des propriétés thermiques et mécaniques du matériau en fonction de l'avancement des réactions de dégradation thermique (vaporisation, pyrolyse) ainsi que l'impact de ces réactions en termes d'énergie consommée et fournie. Les données d'entrée du modèle ont été déterminées lors de différents programmes expérimentaux, comportant entre autre des mesures par corrélation d'images numériques.

Le modèle thermomécanique développé, couplé à un modèle de feu dans un four d'essai, donne ainsi le champ de température et les déformations thermiques d'un bloc-porte coupe-feu, permettant d'appréhender ses performances au feu. Il est ensuite possible sur la base de critères normatifs d'avoir recours au modèle numérique pour justifier des performances au feu de blocs-portes en bois ne pouvant faire l'objet d'essais car de dimensions hors normes ou bien valider des modifications sur la base d'un essai initial.

Mots-clés : bois, aggloméré de bois, pyrolyse, transfert thermique, thermomécanique,

sécurité incendie, résistance au feu, éléments finis.

Development of a thermomechanical model on behaviour of cellulose based materials under high temperature Application to the study of fire resistance of a fire door composed of wood and wood-based materials

Abstract:

In France, fire safety remains a major aspect for the development of new industrial products employed in the building construction market. It is also a huge concern in the decision making for the determination of constructive solutions in different application areas such as public works (ERP), industrial sites, nuclear plants, engineering works, transport and housing.

As part of this fire safety, industrial products for the building construction market have to satisfy to standard fire resistance tests, carried out in accredited laboratories. The fire performance of the product in terms of thermal isolation and mechanical stability is tested. Wood and wood-based products are also concerned by these standard requirements on fire resistance.

Fire resistance tests can be restrictive and costly for manufacturers, which can slow down their R&D program. In this context, a research program was initiated by the industrial accredited laboratory EFECTIS France, in collaboration with the Institute of Mechanics and Engineering of the University of Bordeaux (I2M), which aims to develop an innovative numerical model for the simulation of fire resistance tests applied to wood fire door and wood-based products (particles and fibers boards). The developed numerical model aims to predict the product behavior during a fire resistance test, and to study the influence of many design parameters (material type, thickness of components, position of the hinges, etc.) on the fire resistance of the product.

The PhD's work presented here is mostly about the development of the numerical model by finite element simulations of the thermomechanical behavior of cellulosic materials exposed to a standard heat actions (NF-EN-1363-1). Products studied in this work are from wood-based materials namely, standard particle board, linen particle board and medium density fibreboard (MDF) which are usually used in the manufacture of fire wood doors.

The developed thermomechanical model takes into account the evolution of thermal and mechanical properties of the cellulosic material according to the progress of thermal degradation reactions (vaporization and pyrolysis) and the impact of these reactions in terms of energy consumed and provided. Input data of the model has been measured by various experimental tests, including among others the displacement field measurement by image correlation.

The thermomechanical model developed, coupled with a fire-generation model in a virtual furnace, gives the temperature field and thermal deformations of a fire door set that allow us to apprehend its fire performance. Thereafter, it is possible on the basis of standard criterion to use the numerical model to justify the fire performance of wood door sets that cannot be tested in standard furnace due to high dimensions or to validate slight modifications from a initial tested door.

Keywords: wood, particleboard, pyrolysis, heat transfer, thermomechanical, fire safety, fire resistance, finite elements

Évaluation des propriétés du bois de l'épinette noire (*Picea mariana* (Mill.) B.S.P.): de l'arbre aux peuplements.

Guillaume GIROUD - Faculté de foresterie, de géographie et de géomatique, Université Laval

Contact Scientifique : guillaume.giroud@mffp.gouv.qc.ca

Résumé :

Dans son mandat provincial d'inventaire et de cartographie des écosystèmes forestiers, la Direction des inventaires forestiers du ministère québécois des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) met beaucoup d'emphasis sur l'acquisition de données en lien avec la composition et la structure des peuplements ainsi que l'écologie et la productivité des stations forestières. Toutefois, le MFFP ne produisait pas, jusqu'à récemment, d'informations géographiques sur la qualité de la fibre de bois qui puissent être utilisées à des fins stratégiques, tactiques ou opérationnelles. Pourtant, la qualité de la fibre est un élément déterminant de la transformation du bois en influençant l'ensemble de la chaîne de valeur des produits. L'objectif principal de cette thèse de doctorat était d'évaluer et de proposer des méthodes et des outils, applicables au contexte de l'inventaire écoforestier du Québec méridional, permettant de prédire la qualité de la fibre de l'épinette noire à l'échelle de l'arbre et du peuplement écoforestier.

Spécifiquement, ce projet visait: (1) à évaluer le potentiel de la spectroscopie proche infrarouge pour estimer, rapidement et précisément, la densité du bois, le module d'élasticité et l'angle des microfibrilles à partir d'une carotte prélevée dans un arbre; (2) et à développer des modèles d'estimation de ces propriétés à l'échelle de l'arbre et du peuplement écoforestier à partir des données d'inventaire. Ces outils sont en cours d'implantation au sein de la Direction des inventaires forestiers.

Mots-clés : inventaire forestier, qualité de la fibre de bois, spectroscopie proche infrarouge

Estimation of black spruce (*Picea mariana* (Mill.) BSP) wood properties: from the tree to stands.

Abstract:

In its provincial mandate of forest ecosystem inventory and mapping, the Division of forest inventories of the Quebec's Department of Forests, Wildlife and Parks (DFWP) places great emphasis in the acquisition of data related to the composition and structure of stands as well as to the ecology and productivity of forest sites. However, DFWP did not produce, until recently, geographic information on wood fiber quality for strategic, tactical or operational purposes. Yet the fiber quality is a key element of wood transformation by influencing the entire value chain of products. The main objective of this Ph.D. thesis was to evaluate and suggest methods and tools applicable to the context of the provincial inventory, in order to predict the fibre quality of black spruce at the tree-level and stand-level. Specifically, this project aimed: (1) to evaluate the potential of the near-infrared spectroscopy to estimate, quickly and accurately, wood density, modulus of elasticity and microfibril angle from a core harvested in a tree; (2) and to develop models to estimate these properties at the tree-level and stand-level using inventory data. These tools are currently being implemented within the Division of forest inventories.

Keywords: forest inventory, wood fiber quality, near infrared spectroscopy

Vers un centre logistique régional : Conception et pilotage

**François SARRAZIN - Consortium de recherche FORAC
/Université Laval**

Contact scientifique - Nadia Lehoux : nadia.lehoux@cirrelt.ca

Résumé :

Les préoccupations croissantes concernant les questions écologiques mettent une pression de plus en plus grande sur l'industrie forestière pour revoir ses pratiques, notamment au niveau de l'optimisation de ses opérations de transport. Également, la transition de systèmes de production en flux poussés vers des systèmes en flux tirés rend plus pertinent d'examiner des façons de mieux tirer profit de la ressource forestière. À cet égard, la création de cours de triage et de consolidation distinctes des sites en forêt et aux usines offre des opportunités de maximisation de la valeur et de minimisation des coûts tout en représentant un défi quant à leur gestion quotidienne et à leur insertion dans le réseau logistique déjà en place.

Les facteurs qui favorisent ce type d'installation sont complexes. Par exemple, plus la diversité de la matière première est grande, plus il sera intéressant de procéder à un triage exhaustif alors que si elle est très faible, voire nulle, il ne sera plus intéressant de mettre en place une cour spécifiquement dédiée à cette activité. Il en est de même pour les coûts de manutention. Ainsi, il existe une « frontière » où selon le niveau de ces deux facteurs, il deviendra rentable ou non d'utiliser une cour de triage. Ce principe peut être appliqué aux autres paramètres pertinents. Face à cette problématique, nous croyons qu'il devient important de définir de façon exhaustive les conditions favorisant la création d'un centre logistique commun à plusieurs entreprises forestières et offrant des services de triage, de « merchandising », de planification du transport et de stockage.

L'objectif de notre projet de recherche est donc d'identifier et d'évaluer les facteurs les plus pertinents quant à la rentabilité d'une telle structure. Pour effectuer cette analyse, nous avons conçu un modèle d'optimisation maximisant les profits du réseau logistique entre les sites de récolte en forêt et les usines de première transformation. Les coûts intégrés au modèle sont ceux relatifs au transport, aux récoltes, au stockage, au triage et à la transformation des billes. Des résultats préliminaires ont été obtenus à partir de données générées. Pour assurer le réalisme des données utilisées, une recension des paramètres pertinents fut effectuée dans la littérature.

Nous déterminerons ainsi les différents scénarios rendant possible, voire souhaitable la création d'un tel centre du point de vue de la maximisation des profits. Les résultats de notre projet auront des incidences sur la pérennité des ressources forestières. L'impact des différents paramètres sur la rentabilité d'une telle structure n'a jamais été mesuré de façon systématique dans le monde forestier. Notre projet aurait également comme avantage d'accélérer la transition nécessaire du monde forestier d'un mode de production en flux poussés à un mode en flux tirés.

Mots-clés : Logistique, foresterie, transport, stockage, optimisation, modélisation, triage

Towards a Regional Logistical Center: Design and Management

Abstract :

The growing concerns regarding ecological questions are putting an added pressure on the forestry sector to review its practices, most notably in regards to its transportation operations. Also, the transition of push production systems toward pull systems makes it more relevant to examine ways to maximize value recovery of forest resources. In this regard, the creation of sorting and concentration yard that are distinct of forests sites and Mills offers opportunities to maximize value and minimizing costs and represent as well as representing a challenge as to their daily management and their insertion in the logistical network already in place.

The factors that favor the use of such a structure are complex. For instance, the greater the diversity of the raw materials is, the more interesting it will be to do an extensive sorting while if this diversity is weak, it will not be affordable to operate a yard dedicated to such an activity. We have the same phenomena with handling costs. There is therefore a “border” where depending on those two factors, it will become profitable or not to use a yard dedicated to sorting. This principle can be applied to other relevant parameters. We therefore believe that it is time to define in an exhaustive way the conditions that favor the creation of a logistical center which could be used by several forest companies. Such a center would offer sorting, merchandising and transportation planning services.

The objective of our project is therefore to identify and evaluate the factors which are the most relevant in regards to the profitability of such a structure from the perspective of profit maximization. To achieve this analysis, we have conceived an optimization model for the forestry network between the forest sites and the primary wood processing mills. The model includes harvesting, inventory, transportation and sorting/transformation costs. To guarantee the realism of the data used, we have conducted a thorough census of the relevant parameters in the literature.

We will determine the different scenarios making it profitable to create of such a center from the perspective of profit maximization. The results of our project will have an influence on the sustainability of the forest network. The impact of a wide range of parameters on the profitability of such a structure has never been measured in a systematic way in the forestry world. Our project would also have the added benefit to accelerate the necessary transition of this industry from a push based to a pull based production mode.

Keywords : Logistics, forestry, transportation, inventory, optimization, modeling, sorting

Évaluation du revenu potentiel associé à l'ajout de bois classé mécaniquement (bois MSR) au panier de produits d'une usine de sciage située sur la Côte-Nord (Québec, Canada)

Normand PARADIS - Université Laval, Centre de recherche sur les matériaux renouvelables (CRMR)

Contact Scientifique : Normand.Paradis@sbf.ulaval.ca

Résumé :

Dans le contexte d'une production de bois d'ingénierie destiné à une application structurale, de nouveaux outils de mesure et d'optimisation ont été développés afin de mieux analyser la chaîne de création de valeur. La mesure de la vitesse du son dans le bois permet d'évaluer la qualité de la ressource de manière non destructive, ce qui peut s'avérer utile afin de prédire le potentiel de production de bois classé mécaniquement (bois MSR). De son côté, le logiciel LogiLab permet d'optimiser la chaîne de valeur en fonction à la fois de la qualité de la ressource et de la demande. L'objectif général de cette étude était d'évaluer le revenu potentiel associé à l'ajout de produits MSR au panier de produits d'une usine de sciage située sur la Côte-Nord (Québec, Canada). Pour atteindre cet objectif, deux étapes ont été nécessaires, soit l'évaluation de la qualité du bois à l'échelle du peuplement en se basant sur la mesure de la vitesse du son dans le bois et l'utilisation du logiciel LogiLab afin d'estimer le revenu potentiel additionnel associé à la production de bois MSR. Trois grades MSR ont été analysés (1650Fb-1.5E, 2100Fb-1.8E et 2400Fb-2.0E), soit ceux les plus en demande sur le marché nord-américain. Les mesures de vitesse du son ont été prises sur 330 épinettes noires [*Picea mariana* (Mill.) B.S.P.]. Trente-neuf billes de 1,8 m ont été récoltées puis sciées en colombages de 38 mm par 89 mm à l'aide d'une scierie mobile. Les propriétés mécaniques des 77 pièces produites ont été testées en flexion statique selon la norme ASTM D-4761. Un modèle de régression linéaire a été développé permettant de déterminer les proportions des grades MSR en se basant sur deux variables : la vitesse du son mesurée sur le fût de l'arbre et le diamètre à hauteur de poitrine ($R^2=0,42$). Les résultats montrent qu'au niveau régional, 92% de la ressource en épinette noire satisferait aux exigences du grade MSR 1650Fb-1.5E, alors que les grades 2100Fb-1.8E et 2400Fb-2.0E ont respectivement des taux de passage moyen de 64% et 34%. Une analyse d'optimisation avec le logiciel LogiLab (revenu maximum) a permis d'estimer les revenus potentiels associés à une production de bois MSR par rapport à une production de bois d'œuvre classé visuellement. Une usine ayant une capacité de transformation de 100 000 m³, pourrait générer un revenu additionnel pouvant atteindre jusqu'à \$420 000 annuellement.

Assessment of the potential income associated with the addition of machine stress rated wood (MSR) to the products basket of a sawmill located in the North Shore (Quebec, Canada)

Normand PARADIS - Université Laval, Centre de recherche sur les matériaux renouvelables (CRMR)

Contact Scientifique : Normand.Paradis@sbf.ulaval.ca

Abstract :

In the context of engineered wood production for structural applications, new measurement and optimization tools have been developed to analyze the forest value chain. Measuring the speed of sound in wood allows to evaluate the properties of the resource in a nondestructive manner, which can be useful for predicting the potential production of machine stress rated wood (MSR). For its part, the Logilab software can be used to optimize the value chain according to the characteristics of the resource and market conditions. The general aim of this study was to evaluate the potential revenue associated with the addition of MSR products to the products basket of one sawmill located in the North Shore (Quebec, Canada). To achieve this, two steps were required i.e., the assessment of wood properties at the stand level based on acoustic speed measurements and the estimation of the additional potential income associated with the MSR products using the Logilab software. The three most common MSR grades on the North American market were included in the analysis (1650Fb-1.5E, 2100Fb-1.8E and 2400Fb-2.0E-). The acoustic speed measurements were taken on 330 black spruce trees [*Picea mariana* (Mill.) BSP]. Thirty-nine 1.8-m logs were harvested and sawn in 38 mm by 89 mm lumber pieces using a portable sawmill. The mechanical properties of 77 pieces produced were tested in static bending according to the ASTM D-4761 standard. A linear regression model was developed to determine the proportions of MSR grades based on two variables: the speed of sound measured in the tree stem and the diameter at breast height ($R^2 = 0.42$). The results show that at the regional level, 92% of the black spruce resource satisfies the requirements of MSR grade 1650Fb-1.5E, while 2100Fb-1.8E and 2400Fb-2.0E grades respectively have average pass rates of 64 % and 34%. An optimization analysis with the Logilab software was used to estimate the additional income associated with the MSR lumber production compared to a production of visually-graded lumber exclusively. Results show that a sawmill with a processing capacity of 100,000 m³, could generate an additional income of up to \$ 420,000 annually with MSR products.