

INFO
FORAC

2017

EXPO-CONFÉRENCE 2017

RÉCOLTER, TRANSFORMER ET LIVRER
DES DONNÉES, DE LA FORÊT AU CLIENT

Mercredi 1^{er} février 2017
Pavillon La Laurentienne

Salle 1334	
8 h 00	Accueil des participants
8 h 45	Mot de bienvenue de Luc LeBel, directeur de FORAC
9 h 00	Alain Paradis, directeur général, Coopérative Forestière de Petit Paris Des coopératives compétitives !
9 h 45	Luc LeBel, professeur titulaire, Département des sciences du bois et de la forêt, Université Laval Vers un réseau d'approvisionnement « connecté » et plus performant

10 h 30 PAUSE-SANTÉ - AGORA LA LAURENTIENNE

Salle 1416	Salle 1430	Salle 1435
Centres de tri et de transfert du bois	Outils & logiciels d'aide à la décision	Étude de cas industriels
11 h 00	Marta Trzcianowska Portait général et benchmark de la performance des plus grandes cours à bois SEPM au Québec	Vanessa Simard Réingénierie du processus de planification du séchage et du rabotage pour un système de production multi-usines
11 h 30	François Sarrazin Implantation d'un centre de tri et de transfert : coûts, bénéfices et mise en œuvre	Marc-André Ménard et Yassine Attik Interaction humain-ordinateur pour raffiner la planification des opérations de séchage
		Maxime Leclerc et Issam Laqidi Retour en charge et collaboration en transport

12 h 00 DÎNER – SALLE À MANGER LA LAURENTIENNE

	Salle 1416	Salle 1430	Salle 1435
	Planification intégrée des approvisionnements	Design réseaux	Transformation
13 h 15	Maxime Auger Bénéfices de l'utilisation d'un outil d'optimisation pour l'allocation des blocs de récolte aux usines : application chez un industriel	Gautier Daras <i>(présenté par Bruno Agard)</i> Vers un outil d'analyse géospatiale de la demande	Maha Ben Ali Développement d'une approche pour la gestion de la demande dans l'industrie du bois d'œuvre
13 h 45	François Morin Intégrateur-système dans la chaîne d'approvisionnement forestier : facteurs de succès	Riadh Azouzi Concevoir une usine pilote pour le bioraffinage des ressources forestières	Ludwig Dumetz Développement d'une plateforme de simulation pour l'évaluation de stratégies de pilotage dans les scieries
14 h 15	Azadeh Mobtaker Sélection de chantiers de coupes et allocation des bois, une approche basée sur l'optimisation multi-objectif <i>(présenté en anglais)</i>	Marc-André Carle Amélioration de la chaîne de valeur du carbone	Jean Wéry Pilotage d'un système de découpe de bois de plancher grâce à la simulation et l'optimisation

14 h 45 PAUSE-SANTÉ - AGORA LA LAURENTIENNE

Salle 1334	
15 h 15	« Mon projet en 180 secondes » Sous forme de compétition amicale, les étudiants sont invités à présenter de manière vulgarisée et accessible à tous leur projet de recherche... en 3 minutes !
16 h 15	Remise de prix et lancement du livre « Forest Value Chain Optimization and Sustainability » par Sophie D'Amours
16 h 30	Réseautage

MOT DES DIRECTEURS

RÉCOLTER, TRANSFORMER ET LIVRER DES DONNÉES, DE LA FORÊT AU CLIENT

La totalité du secteur manufacturier s'éveille actuellement aux possibilités offertes par la science des données. L'avenir est aux industries qui sont en mesure de capter et d'analyser les données afin de permettre une gestion efficiente des ressources, une amélioration continue des procédés, de même que le développement de nouveaux marchés et de nouvelles relations avec les clients.

Le secteur des produits forestiers a toujours exploité des données statistiques afin de guider ses opérations (inventaire forestier, modèle de croissance, rendement des usines). Les nouvelles technologies nous offrent la possibilité de passer d'une approche basée sur les statistiques et l'échantillonnage à un paradigme où l'on dispose de toutes les données, lesquelles peuvent être analysées et exploitées en continu. Pensons notamment aux données obtenues par les technologies Lidar, les capteurs des abatteuses, la vision artificielle, les systèmes d'acquisition de données en usine, etc.

Cette collecte de données et son utilisation font appel à la proposition de nouveaux processus de gestion et d'algorithmes pour la prise de décision. Il faut être en mesure de récolter les données brutes, de transformer ces données pour en extraire des informations pertinentes et enfin, de livrer ces données de façon compréhensible aux preneurs de décision. Ces trois étapes sont essentielles au processus et à la mise en œuvre au sein des entreprises.

Les sources de données sont nombreuses mais trop peu valorisées par la chaîne de création de valeur des produits forestiers. À court terme, il faut lier de manière fonctionnelle les données d'inventaires et les plans de production des usines de transformation. Il doit devenir possible de transmettre les données de l'usine de sciage aux planificateurs forestiers pour les aider à combler l'incertitude dans certains secteurs de coupe. Bref, il est possible d'améliorer la performance des différents acteurs de la chaîne de valeur forestière par une meilleure accessibilité aux données. Le défi est de rendre le processus simple et de l'intégrer aux opérations courantes de nos industriels.

Dans le cadre de l'Expo-Conférence FORAC 2017, nos brillants étudiants ont le plaisir de vous proposer certaines de ces technologies de demain !

DIRECTORS' MESSAGE

HARVESTING, TRANSFORMING AND DELIVERING DATA, FROM FOREST TO CUSTOMER

The entire manufacturing sector is now awakening to the possibilities offered by the science of data. Future belongs to industries able to capture and analyze data, which in turn allows for efficient resource management, continuous process improvement, and for the development of new markets and new customer relationships.

The forest products sector has always used statistical data to guide its operations (forest inventory, growth model, plant yield). New technologies allow us to move from a statistical and sampling approach to a paradigm where all data is available and can be analyzed and exploited continually. This includes data obtained from Lidar, harvester sensors, artificial vision, factory data acquisition systems, etc.

This data gathering and its utilization calls for the proposal of new management processes and algorithms for decision-making. It is necessary to be able to harvest the raw data, transform the data to extract relevant information, and deliver it in a comprehensible way to the decision-makers. These three steps are essential to the process and to the implementation within the companies.

The sources of data are numerous but constitute little value within the forest products value chain. In the short term, the inventory data and production plans of processing plants should be operationally linked. Transmitting data from the sawmills to the forest planners must become possible to help them conquer the uncertainty in cutting areas. In short, it is possible to improve the performance of the various actors in the forest value chain by improving the accessibility to data. The challenge is to make the process simple and to integrate it into the day-to-day operations of industry members.

As part of the 2017 FORAC Expo-Conference, our brilliant students are pleased to offer you some of the technologies of tomorrow !

Luc LeBel

Professeur titulaire, directeur de FORAC
Professor, Director FORAC



Jonathan Gaudreault

Professeur, codirecteur de FORAC
Professor, Codirector FORAC



CONCEPTION DE RÉSEAUX DE FIBRES FORESTIÈRES : ÉTUDE DE CAS À TERRE-NEUVE

La chaîne d'approvisionnement forestière de Terre-Neuve comprend une usine de pâtes et papiers appartenant à Kruger et trois scieries (propriétés privées). L'usine de pâtes et papiers est d'une importance vitale pour la région car : (i) elle est la seule consommatrice de copeaux de bois et (ii) elle détient un contrat d'approvisionnement et d'aménagement équivalent à environ 30 % de la superficie totale de la forêt publique. Cependant, la diminution dramatique de la demande en papier journal ainsi que la dispersion des ressources en fibres à Terre-Neuve mettent en péril la rentabilité de toutes les parties prenantes. Dans de telles conditions, la restructuration de la planification dans un environnement de collaboration pour stabiliser l'état actuel de l'industrie est une action nécessaire. Les étapes d'amélioration comprennent l'utilisation des résidus forestiers dans le nouveau procédé biologique pour produire de l'énergie et des produits biologiques pour renforcer la position de la chaîne d'approvisionnement sur le marché.

Nous avons développé un modèle d'optimisation pour (1) redéfinir le réseau afin de soutenir de nouvelles opportunités et (2) adapter la nouvelle planification pour le nouveau design. Pour fournir une solution applicable à tous et spécialement à l'usine de Kruger, nous avons examiné leurs contraintes spécifiques sur la caractérisation des fibres requises ainsi que leur réglementation de transport. Ainsi, la possibilité de création de valeur par la localisation de nouveaux centres de triage est considérée.

À la fin de l'été 2016, nous avons participé à une table ronde réunissant les parties prenantes pour présenter nos résultats. Nous avons fourni une solution de localisation des nouveaux terminaux et de la bioraffinerie, identifié quels processus pourraient affectés à la bioraffinerie et à l'usine de Kruger ainsi que comment fournir la fibre dans la conception du nouveau réseau. Notre travail s'intéresse aussi aux façons de partager les ressources du réseau pour maximiser le rendement et minimiser le coût de transport. Un potentiel d'amélioration allant jusqu'à 23 % pour la chaîne de valeur a été estimé.

FOREST FIBRE NETWORK DESIGN: A CASE STUDY IN NEWFOUNDLAND

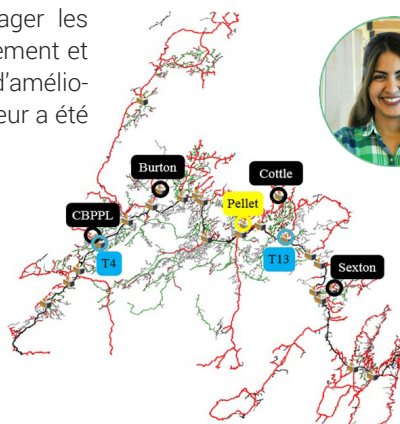
The Newfoundland forest supply chain includes one pulp and paper mill owned by Kruger Company and three sawmills (privately owned). The pulp and paper mill has a vital importance to the Newfoundland forest industry since: (i) it is the only consumer of woodchips, and (ii) it holds around 30% of the tenure of crown forest land. However, the dramatic decrease in newsprint demand, as well as the dispersion of the fibre resources in Newfoundland endanger the profitability of all the stakeholders. In such conditions, re-engineering of the planning in a collaborative environment to stabilize the current state of the industry is required. Next, improvement steps comprise the utilization of forest residues in the new bio-process to produce energy and bio-products to strengthen the supply chain position in the market.

We have developed an optimization model to (1) re-design the network to support new opportunities, and (2) adapt the new planning for the new design. To provide an applicable solution for all stakeholders and especially Kruger mill, we have considered their specific restrictions on the required fibre characterization as well as their hauling regulation. Moreover, the possibility of value creation by locating new sorting yards has been considered.

At the end of summer 2016, we participated in a round table meeting with all stakeholders to present the results of our case study. We provided the solution on where to locate new terminals and the biorefinery, which processes could be assigned to the biorefinery and to the Kruger mill, and how to provide the fibre in the new network. How to share the network resources to maximize yield and minimize transportation cost was also included. A potential of up to 23% profitability increase for the entire value chain was estimated.

Emplacement des installations sélectionnées
dans différents scénarios.

Selected facilities location in different scenarios.
(photo : FPInterface™)



Foroogh Abasian

Étudiante au doctorat, FORAC
Doctoral Student, FORAC
foroogh.abasian.1@ulaval.ca

BENCHMARK ET GUIDE DES BONNES PRATIQUES POUR LES CENTRES DE TRI/TRANSIT

Un centre de tri (ou cour de triage) a pour but de maximiser la valeur du bois. C'est un lieu où le bois est regroupé et où les tiges sont examinées pour en déterminer leur potentiel (pâte, sciage, déroulage) avant qu'elles ne soient transformées. Une cour de transit vise à permettre le transit du bois d'une origine vers une destination en réduisant les coûts de transport. L'idéal serait d'avoir un centre de tri/transit qui combine ces deux fonctions dans un même lieu. Or, ce type de centre n'existe pas actuellement au Québec.

En collaboration avec les industriels du Groupe Initiative Mauricie (GIM), ce projet nous a permis d'identifier les opportunités offertes par l'utilisation des centres de tri/transit pour le secteur des produits forestiers. Nous avons identifié les pratiques et les processus qui permettent d'améliorer le fonctionnement de ces centres et de développer des méthodes permettant le suivi de leur performance pour le bois des forêts mixtes (résineux et feuillus).

Notre méthodologie s'est appuyée sur la visite de huit cours à bois. À partir des informations recueillies dans les questionnaires et lors de nos visites de sites, nous avons dressé un portrait des cours. Ce portrait regroupe les principales caractéristiques et pratiques selon 7 catégories. En parallèle, nous avons calculé 18 indicateurs pour évaluer la performance des cours et enfin, nous avons fait le croisement entre les éléments du portrait des cours et les indicateurs. Ainsi, trois facteurs d'influence ont été identifiés. Ces facteurs nous ont permis d'ajuster les cibles des indicateurs pour s'assurer d'une évaluation juste des cours. Un benchmark personnalisé des cours visitées a été réalisé. Pour chaque indicateur du benchmark, chaque cour a été évaluée selon son rang par rapport aux autres cours et selon son atteinte de la cible fixée.

L'élaboration d'un guide des bonnes pratiques est presque terminé. Des conseils sur comment mettre en place les stratégies gagnantes seront fournies dans un guide d'implantation personnalisé à chaque cour.

Ce projet a été financé en partie par le Centre d'innovation en logistique et chaîne d'approvisionnement durable (CILCAD) visant la réduction des gaz à effets de serre.

BENCHMARK AND BEST PRACTICES GUIDE FOR SORTING/TRANSIT YARDS

A sorting (or merchandizing) yard aims to maximize the wood value. It is a place where wood is regrouped and where the potential (pulp, lumber, veneer) of each stem is reviewed before its transformation. A transit yard allows the transit of wood from an origin to a destination by reducing transportation costs. Having a sorting/transit yard that combines these two functions would be ideal. However, there is no such yard in the province of Quebec.

In collaboration with industry members from Groupe Initiative Mauricie (GIM), this project allowed us to identify the opportunities that sorting/transit yards could provide to the forest products sector. We have identified the practices and processes which allow for improvement in the operations of these centres, and the development of methods for monitoring the performance of mixed forest wood (softwood and hardwood).

Our methodology is based on the visit of eight wood yards. From information gathered in questionnaires and during our visits, we have established a portrait of the yards. This portrait includes characteristics and practices divided into 7 categories. In parallel, we have calculated 18 indicators to assess the overall yard performance and we compared the information for each yard with the indicators. As a result, three influence factors have been identified. These factors have allowed us to adjust indicator targets for a fair assessment of the yard performance. A personalized benchmark of each of the visited yards was realized. For each indicator of the benchmark, each yard was evaluated according to its rank compared to other yards, and its performance based on its target.

The development of a best practices guide is underway. Advice on how to implement a winning strategy will be provided in a personalized implementation guide for each visited yard.

Marie-Lou Gravel

Professionnelle de recherche, FORAC
Research Professional, FORAC
marie-lou.gravel.1@ulaval.ca



Edith Brotherton

Coordonnatrice de recherche, FORAC
Research Coordinator, FORAC
edith.brotherton@forac.ulaval.ca



CRÉATION DE VALEUR DURABLE PAR L'INTRODUCTION DE NOUVEAUX PRODUITS

L'introduction de nouveaux produits à une chaîne de valeur existante est souvent envisagée par les organisations pour améliorer leur compétitivité. Aujourd'hui, les entreprises peuvent acquérir un avantage concurrentiel en intégrant le concept de développement durable dans la définition de leur portefeuille de produits et le déploiement de leurs réseaux logistiques.

Dans le cadre de ce projet, nous allons déterminer : *comment maximiser la création de valeur d'un réseau de chaînes d'approvisionnement régionales existant et ce, en introduisant de nouveaux produits et en considérant le développement durable ?* Dans le contexte d'une économie régionale, l'allocation stratégique des ressources naturelles et des produits issus de leur transformation entre les acteurs de la chaîne pourrait générer de meilleures retombées économiques pour l'ensemble des parties prenantes en optimisant la chaîne de création de valeur.

Afin de maximiser la valeur, les décisions stratégiques doivent être planifiées en tenant compte de la modification du portefeuille de produits. Le principal défi est de savoir comment configurer les nouvelles technologies et les technologies existantes au sein d'un réseau industriel régional afin de créer une valeur durable, tout en tenant compte des synergies et de la concurrence. Créer une valeur durable revient à prendre en compte les aspects économiques, environnementaux et sociaux dans les décisions de la chaîne de valeur et contribuer ainsi au développement économique régional.

Pour aider les organisations à relever ces défis, nous avons élaboré un outil d'aide à la décision stratégique qui permet aux acteurs régionaux d'évaluer l'impact de l'intégration de nouveaux produits. Cet outil permet de réaliser une représentation virtuelle d'un réseau donné, composé d'un ensemble de procédés de fabrication, de nomenclatures et de nœuds de distribution. L'utilisateur peut choisir d'introduire différents produits dans le réseau existant, d'optimiser la chaîne de valeur et de comparer l'impact des produits sur le profit global ou individuel généré. Par exemple, nous pouvons étudier la possibilité d'introduire différents produits bioénergétiques dans une région donnée : *est-il plus profitable de produire dans la région de la Mauricie des granules de bois, des nanofilaments de cellulose ou du biodiesel ?*

CREATING SUSTAINABLE VALUE THROUGH THE INTRODUCTION OF NEW PRODUCTS

The introduction of new products into an existing value chain network is often considered by organizations to improve competitiveness. Nowadays, companies can also acquire a competitive advantage by integrating the concept of sustainable development into their product portfolio and logistics networks.

The question to be explored is: *how to maximize the value creation of an existing regional supply chain network by introducing new products while considering sustainable development?* In the context of a regional economy, the strategic allocation of natural resources and their products between value chain actors could generate better economic benefits for all stakeholders by optimizing the value chain.

In order to maximize the value, strategic decisions have to be planned considering the modification of the product portfolio. The main challenge is how to configure both new and existing technologies within the regional network, considering synergies and competition, in order to produce sustainable value. Creating sustainable value means considering economic, environmental and social aspects in value chain decisions, and thus contributing to regional economic development.

To help organizations with these challenges, we developed a strategic decision support tool that enables regional actors to assess the impact of integrating new products. This tool creates a virtual representation of a given network composed of manufacturing processes, bill of materials and distribution nodes. The user can choose to introduce different products into the existing network, to optimize the value chain and to compare the impact of the products on the overall profit or individual profit generated. The possibility of introducing different bioenergy products in a given region can be explored. For example: *is it more beneficial to produce wood pellets, cellulose nanofilaments or biodiesel in the Mauricie region?*



Louis-Alexandre Lapointe

Étudiant à la maîtrise, FORAC

Master Student, FORAC

louis-alexandre.lapointe-pelletier.1@ens.etsmtl.ca

CONCEVOIR UNE USINE PILOTE POUR LE BIORAFFINAGE DES RESSOURCES FORESTIÈRES

Le bioraffinage des ressources forestières est une avenue explorée pour diversifier les produits générés. De nouveaux procédés technologiques voient le jour et nécessitent d'être mis à l'échelle commerciale. Les coûts élevés associés à la production pilote et à la démonstration sont l'obstacle majeur empêchant les échantillons de matières fabriqués en laboratoire de devenir des produits commerciaux. *Quelle est la capacité requise ? Quel budget faudrait-il engager pour cette phase ? Comment évaluer les opportunités et mitiger les risques ?*

Nous devons tenir compte de plusieurs facteurs liés aux considérations d'ingénierie et de marché. L'usine pilote doit être une source d'information, incluant des informations pour la conception de l'usine commerciale ; l'impact des paramètres d'opération sur l'efficacité du procédé et la qualité du produit ; la qualification des matières ligneuses ; l'évaluation des coûts d'immobilisation et d'exploitation. L'usine pilote exige la mise en place d'éléments de la chaîne de valeur tels des services de marketing, de distribution et de vente afin d'explorer de nouveaux marchés et d'amener les clients à faire des essais d'utilisation de nouveaux produits.

Le cadre que nous proposons permet de configurer et de simuler différentes stratégies par rapport à différents scénarios d'environnement d'affaires, et de les évaluer économiquement. À cette fin, des tableaux Excel intégrant des résultats obtenus de la plateforme LogiLab sont mis à contribution. L'implantation d'un tel cadre décisionnel exige l'implication de professionnels et de décideurs de l'organisation ainsi que des données permettant de calibrer les modèles. Notre méthodologie fournit un appui significatif pour relever ce défi.

DESIGNING A PILOT PLANT FOR THE BIOREFINING OF FOREST RESOURCES

Biorefining forest resources is a new avenue being explored to diversify generated products. New technological processes are emerging and need to be scaled up to commercial plants. The largest barrier preventing laboratory samples from becoming commercial products is the high cost associated with pilot production and demonstration. *How much capacity is needed? What budget should be committed to this phase? How can the opportunities be assessed and the risks mitigated?*

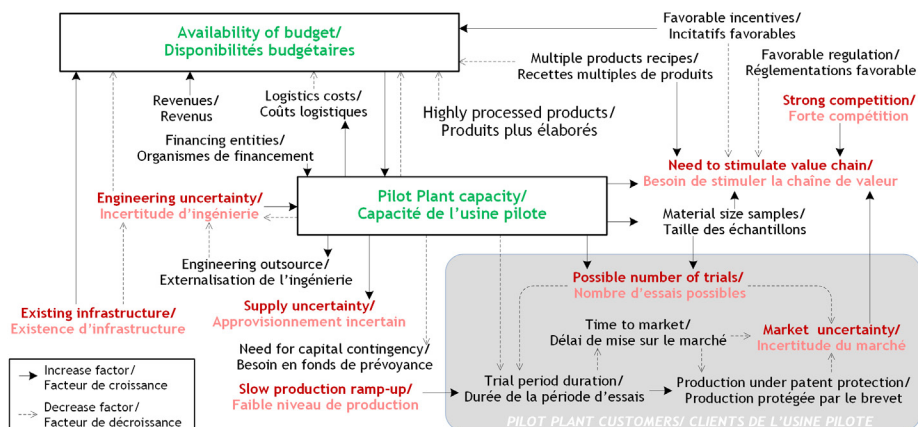
We need to consider many factors linked to engineering considerations and market considerations. The pilot plant is a data source, including design information for the commercial plant; impact of operating parameters on process efficiency and product quality; feedstock qualification; and assessment of capital and operating costs. Many value chain elements need to be established including marketing, distribution, and sales to explore new markets and get customers to conduct tests and product development trials.

The proposed framework can be used to configure and simulate different strategies with different business environment scenarios, and to carry out economic assessments. We used Excel spreadsheets to integrate results obtained from LogiLab. The implementation of such a framework requires the involvement of professionals and managers from the plants, and also requires data in order to calibrate the models. Our approach is significant in meeting this challenge.



Riadh Azouzi

Professionnel de recherche, FORAC
Research Professional, FORAC
riadh.azouzi@gmc.ulaval.ca



Modèle d'influence montrant des facteurs qui impactent la capacité de l'usine pilote.
Influence model depicting factors that impact pilot plant capacity.

AUTOMATISATION DU PRÉTRAITEMENT DES DONNÉES SPATIALISÉES

L'analyse des données spatialisées peut permettre de mieux comprendre les effets de l'environnement local sur les performances d'une activité. Pour procéder à une telle analyse, les données relatives aux éléments susceptibles d'influencer l'activité doivent être rassemblées. Il faut ensuite effectuer différents prétraitements afin de pouvoir utiliser ces données dans les outils classiques d'analyses de données. Ces prétraitements sont aujourd'hui des tâches qui demandent des compétences techniques complexes et qui sont très gourmandes en temps.

Pour pallier à cela, nous proposons une approche qui permet d'automatiser en grande partie le processus de prétraitement des données spatialisées. Cette approche permet à tout utilisateur non-initié aux systèmes d'informations géographiques d'extraire les données transformées les plus pertinentes pour son analyse. Au travers de l'outil que nous développons, l'utilisateur a accès à une interface qui lui permet de sélectionner les données qu'il souhaite étudier. L'outil calcule plusieurs transformations associées à ces données et indique pour chacune des transformations si elle est pertinente. Ensuite, l'utilisateur n'a qu'à sélectionner les données transformées qu'il souhaite utiliser pour la réalisation de ses analyses.

Différentes analyses pourront se baser sur ces jeux de données, par exemple, évaluer le potentiel de clientèle de chaque zone géographique. Enfin, les résultats des analyses peuvent être intégrés dans la plateforme que nous avons mise en place lors de recherches précédentes (constituée de logiciels *open source*). Ainsi, il est possible de visualiser ces résultats au travers d'outils adaptés et de fournir ces résultats à des outils d'aide à la décision.

AUTOMATIZATION OF SPATIALIZED DATA PREPROCESSING

Analyzing spatialized data can provide a better understanding of the local environmental effects on the performance of an activity. To perform such an analysis, data on the elements that might influence the activity must be collected. It is then necessary to preprocess the raw datasets in order to be able to use that information with classical data analysis tools. At present, these pretreatments are tasks that require complex technical skills and are very time consuming.

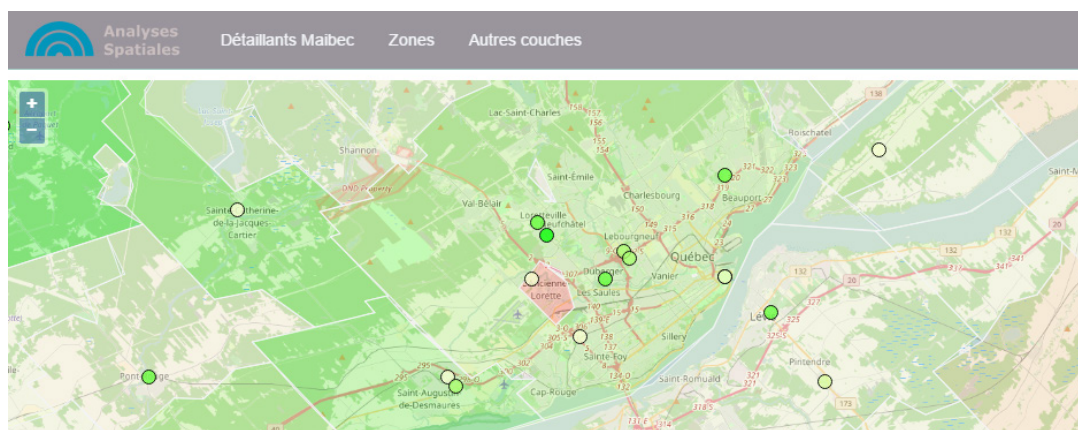
To overcome this, we propose an approach that automates spatial data preprocessing. This approach allows any beginner user of geographic information systems to extract the most relevant data for analysis. Using the tool that we develop, the user has access to an interface that allows them to select the environmental data they wish to study. The tool calculates several transformations associated with this data and indicates the relevance for each transformation. Then the user is able to select the transformed data they wish to use in further analysis.

Several analyses can be based on these datasets, for example, evaluating the customer potential in each geographical area. Finally, the results of the analysis can be integrated into the platform we developed in previous research (comprising open source software). Thus, these results can be viewed through adapted software and they can be used with decision-making tools.



Gautier Daras

Étudiant au doctorat, FORAC
Doctoral Student, FORAC
gautier.daras@polymtl.ca



RÉOPTIMISATION EN TEMPS-RÉEL DE PLANS D'APPROVISIONNEMENT

La planification de l'approvisionnement forestier multi-usine constitue un problème ardu. Deux approches différentes sont utilisées par les entreprises. Le plan peut être obtenu « manuellement » par un planificateur assisté d'un logiciel, ou encore, généré à l'aide d'un algorithme. Bien que les systèmes automatiques fournissent en théorie une solution optimale (ou quasi-optimale), certaines contraintes réelles des preneurs de décisions n'y sont généralement pas considérées.

De multiples logiciels ont été développés pour visualiser une solution mais ils ne permettent pas de modifier de manière conviviale la solution obtenue. Pour répondre à ces limitations, nous avons développé une extension Excel permettant aux preneurs de décisions d'interagir avec une solution dans un tableau de bord interactif.

Les données utilisées pour créer le tableau de bord sont générées en résolvant à de multiples reprises le modèle mathématique. Ces solutions sont ensuite importées dans Excel et elles sont utilisées pour générer le tableau de bord.

Une fois le tableau de bord créé, les décideurs peuvent modifier la valeur d'une variable pour considérer d'autres contraintes réelles ou pour inclure leurs préférences à la solution. Modifier la valeur d'une variable est aussi simple que de modifier la valeur d'une cellule dans Excel. Notre extension détecte le changement de valeur et recalcule une nouvelle solution optimale qui satisfait la préférence de l'utilisateur. De plus, la nouvelle solution trouvée minimise les changements par rapport à la solution courante.

Avec les approches traditionnelles, l'ajout de préférences des preneurs de décisions demande en général d'attendre plusieurs heures avant l'obtention d'une nouvelle solution. Notre extension permet d'éviter ces attentes et facilite les analyses de nouvelles solutions en temps réel.

REAL-TIME REOPTIMIZATION OF FOREST SUPPLY PLANS

Supply planning for multi-factory is a challenging problem. Two different approaches are used by companies. Planning can be done "manually" by a human planner using a software tool or with an algorithm. Even though automatic systems can find an optimal (or near optimal) solution, their usage is limited because some of the decision-makers' constraints are not considered explicitly.

Multiple software tools have been developed to visualize solutions, but they do not allow for easy modifications of the solution. To overcome these limitations, we have introduced an Excel add-in allowing decision-makers to work on a solution within an interactive dashboard.

The data used to create the dashboard are generated by solving a mathematical model multiple times. The solutions are then imported into the add-in and are used to generate the dashboard.

Once the dashboard is created, decision-makers can modify the value of a variable to consider other real-time constraints or to include their preferences to the solution. Changing a value is as simple as changing the value of an Excel cell. The add-in detects the value change and it computes a new optimal solution satisfying the new user preference. The new solution also minimizes the changes with the current solution.

With the traditional methods and software, incorporating decision-makers' preferences requires a waiting time of several hours to obtain a new solution. Our add-in extension prevents these waiting times and facilitates analysis of new solutions in real-time.



Jean Bouchard

Étudiant à la maîtrise, FORAC
Master Student, FORAC
jean.bouchard.7@ulaval.ca

L'OPTIMISATION DE L'APPROVISIONNEMENT EN BOIS : BÉNÉFICES ET EXIGENCES

La planification des approvisionnements représente un grand défi pour l'industrie forestière surtout dans un contexte de forêts naturelles caractérisées par une grande hétérogénéité de la matière première. L'élaboration de plans pour satisfaire la demande des usines est un problème complexe. Comme l'optimisation permet de tenir compte de plusieurs facteurs, son application pourrait être utile pour résoudre des problèmes complexes de la planification. Dans la littérature, plusieurs modèles ont été proposés, mais il semble que très peu de ces modèles sont actuellement utilisés par les entreprises. La complexité du problème, l'environnement naturel en constante évolution et l'expertise nécessaire pour utiliser ces modèles limitent leur application dans un contexte industriel. Néanmoins, la mise en œuvre de ces outils pourrait améliorer significativement le bénéfice des entreprises forestières.

Les objectifs de ce projet sont : (i) de quantifier les gains potentiels associés à l'utilisation d'un modèle d'optimisation pour la planification de l'approvisionnement en bois et (ii) d'identifier les ressources nécessaires pour implémenter une approche d'optimisation en entreprise.

Un logiciel d'optimisation (LogiLab) développé par le consortium de recherche FORAC a été utilisé conjointement avec les outils FPInterface et Optitek de FPInnovations. LogiLab permet de maximiser le profit généré sur la chaîne d'approvisionnement grâce à une allocation optimale de la matière première vers les usines du réseau. Le modèle considère simultanément la récolte, le transport, l'hétérogénéité de la forêt et la performance des usines. Dans ce projet, nous avons analysé les bénéfices générés et évalué le potentiel de mise en œuvre de cet outil d'aide à la décision pour notre partenaire Produits forestiers Résolu. Pour réaliser le deuxième objectif, nous avons étudié la méthode de planification actuelle de l'entreprise et nous l'avons comparé à l'approche d'optimisation utilisée pour générer le plan optimal.

Tel qu'attendu avec l'approche de planification optimisée, un bénéfice net plus élevé a été généré par rapport au plan manuel préparé. Cette différence est due, en partie, à une allocation plus efficace de la matière première aux usines. Nous avons trouvé d'autres avantages tels que la réduction du temps nécessaire pour produire un plan. En outre, même si des coûts de mise en œuvre sont à prévoir, les gains devraient compenser les dépenses dès la première année.

OPTIMIZATION OF WOOD PROCUREMENT: BENEFITS AND REQUIREMENTS

Wood procurement planning is a major challenge for the forestry industry, especially in the context of natural forests characterized by high wood heterogeneity. Developing plans to meet mills demand is a complex problem. Optimization includes a number of factors that are important for planning. In the literature, several models have been proposed but it seems that very few of these models are currently being used by companies. The complexity of the problem, the changing natural environment, and the expertise needed to use these models limit their application in an industrial setting. Nevertheless, the implementation of these tools could significantly improve the profits of forestry companies.

The objectives of this project are to: (i) quantify the potential gains associated with using an optimization model for wood procurement, and (ii) identify the resources needed to implement an optimization planning in an industrial setting.

An optimization software tool (LogiLab) developed by the FORAC Research Consortium was used together with FPInterface and Optitek from FPInnovations. LogiLab maximizes the profit generated in the supply chain by optimally allocating the raw material to the mills of the network. The model simultaneously considers harvesting, transport, heterogeneity of the forest and plant performance. In this project, we analyzed the benefits generated, and evaluated the potential of implementing this decision-support tool for our partner, Resolute Forest Products. To achieve the second objective, we studied the current planning method of the company and compared it with the optimization approach used to generate the optimal plan.

As expected, the optimized planning approach generated a higher net profit compared to the manual plan. This difference is due, in part, to a more efficient allocation of wood to factories. We found other benefits such as reducing the time needed to produce a plan. In addition, although implementation costs are expected, gains should compensate the costs within the first year.



Maxime Auger

Étudiant à la maîtrise, FORAC
Master Student, FORAC
maxime.auger.1@ulaval.ca

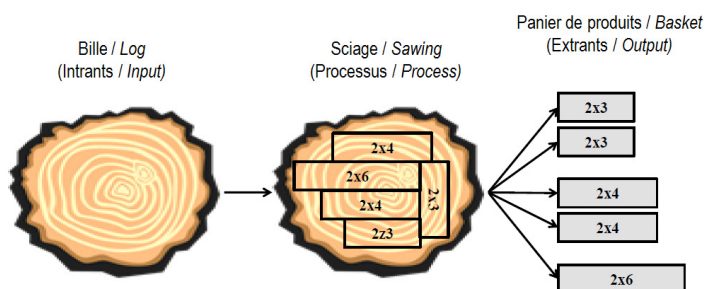
ANTICIPER LA PRODUCTION DU SCIAGE POUR UNE MEILLEURE ALLOCATION FORÊT-USINE

L'allocation du bois aux usines est un processus qui consiste à déterminer les flux des blocs de coupe vers les usines de sciage. Le choix des usines à approvisionner à partir d'un bloc de coupe dépend de contraintes telles que : les capacités de transport, d'inventaire et de production. L'allocation optimale du bois aux usines est celle qui maximise les bénéfices totaux obtenus de la vente (produits du sciage, billes et sous-produits) en considérant les coûts (de récolte, de transport, de production et d'inventaire).

Même si des modèles mathématiques et des logiciels de planification existants peuvent être utilisés pour allouer le bois aux usines (par exemple LogiLab), les données qu'ils requièrent ne sont pas facilement obtenues. C'est le cas entre autres de la valeur marchande d'une bille, une fois transformée à une usine, qui est souvent inconnue. Par conséquent, les bénéfices de l'allocation sont eux aussi incertains.

Les simulateurs de scierie, tels qu'Optitek (FPIInnovations), sont utilisés en industrie pour prévoir le résultat de la transformation d'une bille en produits finis et ainsi estimer la valeur du panier de produits obtenu. Ces simulateurs sont très utiles pour le design, mais ils sont lourds lorsqu'utilisés conjointement avec l'optimisation, en particulier lorsqu'une décision nécessite une réponse rapide.

Nous avons proposé et validé des méthodes alternatives pour approximer la sortie d'un simulateur de sciage et ainsi faciliter la phase d'obtention des données nécessaire à l'optimisation de l'allocation des bois aux usines. Nous utilisons l'apprentissage statistique pour construire des approximations efficaces et les utilisons pour estimer les valeurs numériques utilisées par le modèle d'optimisation. L'apprentissage automatique, lorsque comparé à une méthode basée sur la moyenne historique de production, permet d'obtenir plus de 80 % du gain qui pourrait être obtenu en utilisant les données exactes.



ANTICIPATING LUMBER PRODUCTION FOR A BETTER WOOD ALLOCATION

Wood allocation is a process that determines the flows from the cutblocks to the sawmills. The choice of which sawmill to supply from a given cutblock depends on constraints such as transportation, storage, and production capacities. Optimal wood allocation maximizes the total benefits from sales (lumber products, unprocessed logs, and by-products), while considering the costs (harvesting, transportation, production, and storage).

Although existing models and planning software (such as LogiLab) can be used for the allocation of wood to sawmills, the data required to feed them is not readily available. This is the case for the market value of a log once processed at a given plant, which is often unknown. Consequently, the benefits of the given wood allocation cannot be known with certainty.

Sawmill simulators such as Optitek (FPIInnovations), are used in the industry to forecast the result of the transformation of logs into finished products, and therefore estimate the value of the basket of products obtained. These simulators are very useful design tools, but they trigger a heavy workload when they are used jointly with optimization. This is especially true when the decision to be made requires a rapid response.

We have proposed and validated alternative data-driven techniques to approximate a sawmill simulator's output and facilitate the data-gathering phase for the optimization of wood allocation. We use machine learning to calculate effective approximations of numerical data used by the optimization model. When compared to an allocation method based on the mean historical production, the machine learning allocation achieves more than 80 % of the benefits which could be obtained using exact data.



Michael Morin

Stagiaire postdoctoral, FORAC
Postdoctoral Fellow, FORAC
michael.morin.3@ulaval.ca

SURVOL D'INITIATIVES DE RECHERCHE EN COURS EN TRANSPORT ROUTIER COLLABORATIF

Le transport représente une part importante du coût d'approvisionnement en fibre. En réduisant la distance parcourue à vide des camions, les retours en charges génèrent des gains qui s'amplifient généralement par la collaboration interentreprises d'un regroupement d'expéditeurs et/ou de transporteurs. L'étude des données historiques de transport avec un modèle d'optimisation apte à déterminer une planification du transport collaboratif permet d'estimer le maximum théorique de gains conjoints d'un regroupement. Si ce potentiel est jugé d'intérêt, il faut établir comment cette collaboration peut être mise en place et maintenue profitable au fil du temps d'une manière équitable et durable.

Dans leurs projets, les étudiants suivant abordent des questions de recherche soulevées par ce sujet en apparence trivial. Ces projets sont réalisés sous forme d'études de cas avec des partenaires industriels. Issam Laqidi (M.Sc.) définit un cadre méthodologique de mesure multicritères de la performance en transport collaboratif tandis que Guillermo Conte Moraga (M.Sc.) conçoit des approches d'opérationnalisation suivant un continuum croissant dans l'intensité de collaboration entre les décideurs. L'essai terrain d'une approche situe sa performance par rapport au maximum théorique afin de mener les décideurs à une approche consensuelle par l'arbitrage entre les gains et les efforts requis. Xiao-Tong Guo (Ph.D.) étudie la formation des regroupements et le partage des gains. Élisabeth Mathieu (M.Sc.) mène une étude logistico-économique sur le déploiement de remorques multi-produits où des gains supplémentaires sont visés par un transport collaboratif de différentes matières. Sättar Ezzati (postdoc) et Maxime Leclerc (M.Sc.) développent des outils d'aide à la décision basés sur des modèles d'optimisation intégrant des considérations de transport avec la planification de l'approvisionnement, de la production et des ventes. Ceci permet, par exemple, d'accéder à de nouveaux fournisseurs/clients qui autrement auraient été situés au-delà de la limite d'approvisionnement/marché profitable.

Les contributions attendues seront généralisables à d'autres pratiques logistiques collaboratives pouvant être déployées dans le réseau forestier de création de valeur et ainsi aider les décideurs à acquérir ensemble un avantage concurrentiel.

OVERVIEW OF ONGOING RESEARCH INITIATIVES IN COLLABORATIVE ROAD TRANSPORT

Transport accounts for a significant part of fibre procurement cost. By reducing empty travelling distance, vehicle backhauling generates benefits that will increase through interfirm collaboration in a coalition of shippers and/or carriers. The study of historical transportation data with an optimization model which aids in collaborative transportation planning, allows the user to estimate the theoretical maximum of joint benefits of a coalition. If this initiative proves to be worthwhile, then we must concentrate on the following question: how can such a collaboration be best implemented to remain profitable over time in a fair and sustainable way?

In their projects, the following students address research issues raised by this basic but not trivial question. These projects, carried out as case studies, involve industrial partners. Issam Laqidi (M.Sc.) is creating a methodological framework for multi-criteria performance measurement of collaborative transportation, while Guillermo Conte Moraga (M.Sc.) is designing operationalization approaches following an increasing continuum in the amount of collaboration between decision-makers. Field testing an approach shows how close it is to the theoretical maximum, and thus supports decision-makers in collectively choosing a consensual approach. Xiao-Tong Guo (Ph.D.) is studying the way coalitions are formed and how joint benefits can be fairly shared. Élisabeth Mathieu (M.Sc.) is leading a logistics-economic study on the deployment of multi-products trailers where additional benefits are achieved by collaborative transportation among different product types. Sättar Ezzati (PDF) and Maxime Leclerc (M.Sc.) are developing decision-support tools based on optimization models integrating transportation considerations with supply, production and sales planning. For example, this will allow decision-makers to reach new suppliers/customers who would otherwise have been beyond the economical procurement/market boundary.

The expected outcomes will be applicable to other collaborative logistics practices in the forest value creation network, and thus will help decision-makers to gain competitive advantage.



Jean-François Audy

Professeur, UQTR
Professor, UQTR
jean-francois.audy@uqtr.ca

ÉVALUATION DES STRATÉGIES DE TRANSPORT POUR RÉDUIRE LES ÉMISSIONS DE CARBONE

Depuis 2013, le gouvernement du Québec a mis en place le système de plafonnement et d'échange des droits d'émission de gaz à effet de serre (GES), communément appelé la bourse du carbone. Ce système a d'abord visé les plus grands émetteurs de la province, puis il a été étendu à partir de 2015 pour inclure les distributeurs de carburant qui doivent maintenant couvrir les émissions liées à la consommation du carburant qu'ils vendent. Alors qu'en 2016 le prix de la tonne de GES se situe à environ 16,50 \$, le gouvernement du Canada a annoncé son intention de rehausser progressivement le prix plancher jusqu'à 50 \$ la tonne en 2022. Cela signifie que la gestion des émissions de carbone sera plus importante dans la planification des transports au cours des prochaines années.

Dans ce contexte, toute stratégie de réduction des émissions de carbone se doit d'inclure une dimension associée à la prise de décision en matière de la planification du transport. L'optimisation du transport, particulièrement la réduction du kilométrage effectué à vide constitue un incontournable pour améliorer la performance. Dans notre projet, nous avons analysé quatre stratégies : la conduite à vitesse réduite, la conduite écologique, l'utilisation accrue du transport intermodal et l'optimisation des modes de chargement. Pour évaluer ces stratégies, elles ont été intégrées dans un modèle de planification tactique du transport des produits finis du bois d'œuvre ayant un horizon de 8 semaines. L'ensemble des trajets potentiels ont été obtenus à l'aide de CarbonRoadMap, un outil d'aide à la décision développé par FORAC. En fonction de l'importance relative accordée au coût de transport et aux émissions de carbone, différentes combinaisons de stratégies sont retenues comme étant les plus efficaces. Le modèle peut également proposer un plan de transport détaillé.

Ces stratégies et le modèle de planification tactique du transport ont été testés sur une étude de cas comportant deux scieries et douze clients, où seulement une partie du réseau avait un accès direct au rail. Nos résultats démontrent que le choix des stratégies optimales varie selon cette préférence relative du décideur mais aussi du prix du carbone, qui affecte le transport via les prix de l'essence.

ASSESSING TRANSPORTATION STRATEGIES FOR CARBON EMISSION REDUCTION

Since 2013, the Government of Quebec has implemented the cap-and-trade system for greenhouse gas emissions (GHG). This system first targeted the largest emitters in the province, and was extended in 2015 to include fuel distributors, who must now cover the emissions associated with the consumption of the fuel they sell. While in 2016 the price per tonne of GHG was about \$16.50, the Government of Canada announced its intention to gradually raise the floor price to \$50 per tonne by 2022. This means that carbon emissions management will be more important in transportation planning over the next few years.

In this context, any strategy to reduce carbon emissions must include an element associated with transport planning. The optimization of transport, especially the reduction of empty mileage travels is unavoidable in improving the economic and environmental performance. In our study, we analyzed four strategies: low-speed driving, eco-driving, increased use of intermodal transport, and optimization of loading patterns. To evaluate these strategies, we developed a tactical planning model for the transport of finished lumber products using an 8-week planning horizon. The potential transportation routes were obtained through CarbonRoadMap, a decision support system developed by FORAC. Depending on the relative importance of transportation costs and the carbon emissions target set by the user, the model gathers the strategy combinations considered to be most appropriate. The model can also produce a detailed transportation plan.

These strategies and the tactical transport planning model were tested on a case study involving a set of two sawmills and twelve customers, in which only part of the network had direct access to the railway. Our results show that the choice of optimal strategies varies according to the decision-maker's relative preference, but also according to the price of carbon, which affects transport by gasoline prices.



Mingqian Zhang

Étudiante à la maîtrise, FORAC
Master Student, FORAC
mingqian.zhang.1@ulaval.ca

ACCROÎTRE L'AGILITÉ OU AMÉLIORER LA PRÉVISIBILITÉ DES APPROVISIONNEMENTS ?

Le manque de prévisibilité des fournisseurs de fibres induit des difficultés majeures dans la gestion de l'approvisionnement des usines de transformation. Cette situation, commune à plusieurs entreprises devant faire face à une compétition féroce et à un éventail complexe de fournisseurs, engendre inévitablement une variation imprévue des coûts d'approvisionnement. Comment les industriels peuvent-ils faire face à ce défi ? L'agilité, un concept très en vogue depuis le début du 21^e siècle, est perçue par certains chefs d'entreprises comme la solution à cette difficulté. Est-ce réellement le cas ? Caractérisée par son alignement avec la demande réelle du client et sa nature opportuniste, l'agilité s'avère une piste de solution prometteuse mais qui peut être coûteuse. Ainsi, son utilisation par les dirigeants doit être faite de manière judicieuse.

Une étude de cas auprès d'une grande papetière a permis la réalisation d'une cartographie et la formalisation des processus internes de gestion de l'approvisionnement. Ces travaux ont permis l'identification de facteurs susceptibles d'entraîner un manque de prévisibilité. Il nous a donc été possible de proposer des améliorations à certains outils utilisés lors des exercices de planifications budgétaires et de suivi des livraisons, tout en effectuant des recommandations sur les méthodes de travail. Le développement d'une matrice positionnant les fournisseurs selon leurs impacts financiers, le risque qui leur est associé ainsi que leur importance en termes de volume est un résultat majeur de cette portion du projet.

Dans un avenir rapproché, nous allons élaborer des stratégies et déterminer les actions à entreprendre pour rehausser le niveau de prévisibilité des fournisseurs clés. Afin d'y arriver, l'évaluation du coût associé aux écarts entre les prévisions et les livraisons réelles sera d'abord effectuée, suivi de l'identification des sources réelles du manque de prévisibilité. Les stratégies et les actions issues de cette étude, combinées avec des outils d'aide à la décision telle que la matrice des fournisseurs, devraient permettre une diminution du besoin en agilité par une meilleure allocation des volumes, le tout se traduisant par un gain financier à plus ou moins long terme.

SHOULD WE INCREASE AGILITY OR IMPROVE SUPPLY PREDICTABILITY?

The lack of predictability of fibre suppliers creates major difficulties regarding supply management for mills. This situation is common among many companies that face major competition and have complex range of suppliers; it inevitably provokes an unpredictable variation in supply costs. How can industrials deal with this challenge? Agility has been a popular concept since the beginning of the 21st century and is seen by some business leaders as the solution to the issue. Is this really the case? Characterized by its ability to meet real consumer demand and its opportunist nature, agility seems like a promising solution; however, it can be costly. Leaders must therefore use it with great care.

A case study of a major paper mill has allowed us to map and formalize the internal supply management processes. This work identified factors likely to reduce predictability. We were then able to propose improvements for some of the tools used for budget planning and delivery tracking. Recommendations on work methods were also suggested during the study. The development of a matrix classifying suppliers according to their risk, financial impact, and volume is a major output of the project.

In the near future, we will create and carry out strategies and actions towards improving key supplier predictability. To succeed, the assessment of the costs associated with the variation between observed and forecasted deliveries will first be done, followed by the identification of the main causes of unpredictability. The outcome of the study combined with decision-making tools like the supplier matrix, should allow for a decreased need for agility due to a more accurate volume allocation, resulting in a financial gain in the long-term.



Étienne Thivierge-Robitaille

Étudiant à la maîtrise, FORAC

Master Student, FORAC

etienne.thivierge-robitaille.1@ulaval.ca

ESTIMER LE POTENTIEL DE VALEUR À PARTIR DU CALCUL DE POSSIBILITÉ FORESTIÈRE

La dernière génération de modèles d'optimisation de la possibilité forestière au Québec ne comprend pas d'indicateurs de performance financiers. Or, les objectifs financiers sont importants pour la faisabilité des plans d'approvisionnement en fibre et doivent être considérés à tous les niveaux de planification. Nous proposons une méthodologie pour compiler un modèle hybride simulation-optimisation qui peut servir à estimer le potentiel de création de valeur de n'importe quel sous-ensemble de la possibilité forestière (PF).

Notre modèle intègre rétroactivement des indicateurs de coûts et revenus associés à la solution optimale des modèles d'approvisionnement à long-terme développés par le Bureau du forestier en chef (BFEC). Ceux-ci sont ensuite liés à un modèle d'optimisation qui simule la maximisation du profit induit par la consommation des volumes attribués.

Notre méthodologie utilise seulement des données disponibles auprès du Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) afin de faciliter l'implantation du modèle (sans manipulation préalable des données sources) dans n'importe laquelle des 71 unités d'aménagement du Québec. Une des sources d'information utilisée est le modèle d'évaluation de rentabilité des investissements sylvicoles (MERIS) développé par le Bureau de mise en marché des bois (BMMB).

Nous avons simulé plusieurs scénarios pour une unité d'aménagement et rapportons le potentiel de création de valeur (\$) en fonction de la proportion de la superficie disponible récoltée (ha). Nos méthodes permettent d'évaluer le potentiel de création de valeur pour 12 combinaisons essence-produit. L'outil peut servir à déterminer la contribution financière de chaque produit qui peut être extraite de l'allocation du gouvernement. Les bénéfices de la collaboration peuvent aussi être mesurés. Dans d'autres cas, le bénéfice global d'offrir des mesures d'accès au marché peut être établi.

ESTIMATING THE VALUE CREATION OF FIBRE SUPPLY USING THE ANNUAL ALLOWABLE CUT

Current implementation of wood supply optimization models in Quebec do not include financial performance indicators. Nevertheless, financial objectives are key to the feasibility of fibre procurement plans and should be considered at all planning levels. We describe a methodology for compiling a hybrid simulation-optimization model that can be used to estimate the value-creation potential of any subset of the annual allowable cut (AAC) volume.

Our model retrofits financial performance indicators to the optimal solution of the long-term wood supply optimization models developed by the Bureau du forestier en chef (BFEC). They are then linked to a network flow optimization model that simulates profit-maximizing induced by consuming the attributed volumes.

Our methodology uses data that is readily available from Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) staff, such that it can be applied with relative ease (with no prior source data manipulation) to any of the 71 management units in Quebec. One of the data sources used is the model for evaluating the profitability of silvicultural investments (MERIS), developed by the Bureau de mise en marché des bois (BMMB).

We ran a number of scenarios on a management unit and the value-creation potential (\$) is reported based on the proportion of available area (ha) harvested. Our methods evaluate the value creation potential of 12 species-product combinations. Using our approach, it is possible to evaluate the financial contribution of each product generated from the government wood allocation. The benefits of collaboration can also be measured. In other cases, the overall benefit of providing market access measures can be established.



Gregory Paradis

Stagiaire postdoctoral, FORAC
Postdoctoral Fellow, FORAC
gregory.paradis.1@ulaval.ca



**NSERC
CRSNG**



**UNIVERSITÉ
LAVAL**

FPInnovations 

 **résolu**
Produits Forestiers

 **Kruger**

Forêts, Faune
et Parcs
Québec 

CRiQ
PARTENARIAT D'INNOVATION

 **Domtar**

 Fédération québécoise
des coopératives forestières

 **maibec**



CONSORTIUM DE RECHERCHE FORAC

Pavillon Adrien-Pouliot
1065, avenue de la Médecine
Université Laval
Québec (Québec) G1V 0A6
www.forac.ulaval.ca