



INFO FORAC

2022



Salle 308A**8 h 15** Accueil des participants**8 h 45** **Luc LeBel, directeur de FORAC**
Mot de bienvenue**9 h 05** **Paul Stuart**
L'évolution de l'industrie des produits forestiers au Canada : Grappes de bioéconomie et cartographie des chaînes de valeur**9 h 55** **Luc LeBel et Mikael Rönqvist**
Évolution de la chaîne de valeur forestière : « regard croisé sur la Suède et le Québec »**10 h 45** PAUSE-SANTÉ**Salle 308A****11 h 00** **Olivier Couture**
Acquisition et exploitation d'information pour une meilleure visibilité et prévisibilité**11 h 30** **Samuel Pilote**
Automatisation de la caractérisation des inventaires de bois en bordure de route**Salle 308B****11 h 00** **Philippe Marier**
Stratégies pour coordonner l'approvisionnement en fibre**11 h 30** **Luc Foster**
Optimisation de l'allocation des modes de transport dans la chaîne de distribution de Kruger Inc.**12 h 00** DÎNER**Salle 308A****13 h 15** **Bryan-Elliott Tam**
Digital twin comme assistant personnel pour opérateur forestier/opératrice forestière**13 h 45** **Jean-Michel Fortin**
Automatisation de la saisie de billes au sol**14 h 15** **François-Alexandre Tremblay**
Pilotage d'une ligne de rabotage avec séchoir en continu à l'ère de l'Industrie 4.0**Salle 308B****13 h 15** **Olivier Bélanger**
Réingénierie de la production de plants forestiers au sein d'une pépinière forestière québécoise privée**13 h 45** **Mahtab Mousavi**
Améliorer la performance du reboisement au Québec**14 h 15** **Gabriel Verret**
Suivi et gestion de la performance d'une flotte d'entrepreneurs forestiers**14 h 45** PAUSE-SANTÉ**Salle 308A****15 h 00** **Perspectives industrielles avec Maxime Renaud (MFFP)**
Acteur de premier plan dans la modernisation de la chaîne d'approvisionnement**16 h 15** Retour sur la journée et remerciements

MOT DES TITULAIRES

Notre avenir est arrivé

Déjà 20 ans se sont écoulées depuis la création du consortium en 2002 ! Quel incroyable parcours notre consortium de recherche a connu. Grâce à l'expertise diversifiée de notre équipe, ce sont plus de 110 étudiants de cycles supérieurs qui ont développé des compétences clés au cœur des réalités de notre société et pas moins de 200 activités de recherche qui ont été menées de front pour améliorer la compétitivité d'une industrie indispensable à notre économie.

Faire partie d'un groupe comme le consortium, c'est avoir accès à une structure unique, des expertises diversifiées et de haut niveau, des équipements spécialisés, un réseau de savoir étendu, mais avant tout, à l'opportunité d'explorer des problématiques stimulantes et pertinentes.

Quel est le secret de la longévité derrière FORAC ? Elle vient très certainement d'une motivation constamment renouvelée à vouloir répondre à des besoins fondés dans la pratique, des préoccupations grandissantes, et des défis de taille pour lesquels nos partenaires ont besoins de solutions. De tels défis apparaissent parfois insurmontables, mais en équipe, nous avons su développer des outils, des modèles et des techniques hors du commun pour y faire face. L'implication de nos partenaires, la passion et le talent de nos étudiants, de même que notre besoin insatiable de nourrir notre esprit scientifique nous ont guidé dans la bonne direction et c'est cette recette gagnante que nous sommes honorés de célébrer aujourd'hui.

Déjà le bilan de mi-parcours de FORAC 4.0 nous force à réfléchir aux enjeux futurs. Comment doit-on soutenir l'avancement de l'industrie pour que celle-ci puisse mieux faire face à des enjeux criant de main d'œuvre, à une omniprésence de données encore sous-utilisées, à une ouverture vers la robotisation des processus, à imbriquer au cœur de l'activité humaine ? Grâce à la nature multidisciplinaire de notre équipe et à notre approche de travail collaborative, nous sortons plus fort de la pandémie et résolvons des problèmes réels nécessitant des solutions concrètes. Nous faisons preuve d'une grande capacité d'adaptation pour nous ajuster aux demandes de nos partenaires. Cette agilité est l'une des clés de notre succès. Nous accueillons encore des étudiants hautement motivés qui ne demandent qu'à apprendre et à relever des défis. Ces étudiants sont notre avenir. La voie est donc toute tracée pour maintenir le niveau d'excellence attendu de FORAC. Un pour tous, tous pour un !

WORD FROM THE TEAM

Our future is here

Twenty years have gone by since our research consortium's inception in 2002. We have been on such an incredible journey! As a result of our team's diverse expertise, over 110 graduate students have developed key skills and over 200 research activities were conducted to improve the competitiveness of an industry essential to our economy.

Participation in a group such as the consortium provides access to a unique structure, diversified and high-level expertise, specialized equipment, an extensive knowledge network, and above all, the opportunity to explore stimulating and relevant issues.

What is the recipe for FORAC's longevity? It is most certainly a renewed motivation to constantly address practical needs, growing concerns, and major challenges partners face to look for much-needed solutions. Although these challenges may sometimes be insurmountable, our team has developed exceptional tools, models, and techniques to address them. The involvement of our partners, the passion and talent of our students, and our insatiable desire to nurture our scientific spirit have guided us in the right direction. We are honoured to celebrate this winning recipe today.

The FORAC 4.0 mid-term review has challenged us to think about future issues. How should we support industry advancement to ensure the industry can better face gaping labour challenges? the omnipresence of underused data? the growing interest in automation processes? incorporation into human activity? As a result of our team's multidisciplinary nature and our collaborative working approach, we have emerged stronger from the pandemic and solved real problems requiring concrete solutions. We have shown that we can adapt to the needs of our partners. Agility is one of the keys to our success. We still welcome highly motivated students who are eager to learn and take on challenges. These students are our future. The groundwork has been laid to maintain the level of excellence set by FORAC. One for all and all for one!

**Daniel, Jonathan, Luc, Michael,
Mikael, Nadia, Philippe**

Équipe des titulaires FORAC
FORAC's team of grant holders

OUTILS DE GESTION POUR LA PRÉVISIBILITÉ DES APPROVISIONNEMENTS

Pour donner suite aux recommandations proposées par Etienne Thivierge-Robitaille en 2018 lors de sa maîtrise visant à favoriser une meilleure prévisibilité des approvisionnements, Domtar a implanté des outils de gestion permettant l'analyse de la prévisibilité des approvisionnements lors d'un stage à l'été 2019. Les trois outils développés et implantés sont le suivi des livraisons totales, la matrice de positionnement des fournisseurs et la courbe incrémentale des fournisseurs en fonction de leur coût et de leur volume (CIFCV). Ces trois outils sont automatisés et liés à la base de données de Domtar.

Tout d'abord, le suivi des livraisons totales illustre une comparaison entre la prévision et les livraisons réelles d'un fournisseur ou d'un groupe de fournisseurs. Les bandes représentent les tonnes métriques anhydres (TMA) de fibres livrées par mois, alors que les courbes représentent le cumulatif des livraisons de fibres en TMA. Cet outil permet de visualiser rapidement les retards ou les avances dans les livraisons de fibres.

Ensuite, la matrice de positionnement des fournisseurs illustre le positionnement des fournisseurs selon leur coût par tonne métrique anhydre et leur taux de livraisons réussies annuellement. La taille des ronds représente la quantité des volumes livrés et à livrer selon le plan d'approvisionnement. Cet outil permet de repérer rapidement les fournisseurs avec lesquels il faut travailler davantage et y mettre plus d'efforts pour améliorer leur taux de livraisons réussies.

Finalement, la CIFCV est un graphique qui illustre l'importance de chaque fournisseur sur l'approvisionnement en fibre. La hauteur de la colonne représente son coût, tandis que sa largeur représente la quantité des volumes livrés et à livrer selon le plan d'approvisionnement. Une ligne représente la moyenne des coûts par TMA de tous les fournisseurs.

Actuellement, Domtar utilise toujours ces outils de gestion pour faire les suivis des approvisionnements avec leurs fournisseurs leur permettant d'avoir une meilleure prévisibilité.

MANAGEMENT TOOLS FOR SUPPLY PREDICTABILITY

Further to recommendations made by Etienne Thivierge-Robitaille in his 2018 master's thesis on fostering better supply predictability, Domtar put management tools in place to analyze supply predictability during an internship in the summer of 2019. The monitoring of total deliveries, the supplier positioning matrix, and the incremental curve of suppliers according to their cost and volume (ICSCV) are the three developed tools put in place. These tools are automated and linked to the Domtar database.

The tracking of total deliveries makes a comparison between the forecast and the actual deliveries from a supplier or a group of suppliers. The bars represent anhydrous metric tonnes (AMT) of fibre delivered per month, whereas the curves represent the cumulative fibre deliveries in AMT. This tool can view delays or advances in fibre deliveries quickly.

The supplier positioning matrix shows the positioning of suppliers according to their cost per AMT and their rate of successful deliveries annually. Circle size represents the quantity of volumes delivered and to be delivered according to the supply plan. The matrix quickly identifies suppliers who need to work more to improve their rate of successful deliveries.

The ICSCV is a graph that illustrates the importance of each supplier on fibre supply. The height of the column represents its cost; the width, the quantity of volumes delivered and to be delivered according to the supply plan. A line represents the average cost per AMT of all suppliers.

Domtar continues to use these management tools to track supplies with their suppliers and enable better predictability.



Nicolas Meagher

Partenaire industriel, DOMTAR
Industrial partner, DOMTAR
nicolas.meagher@domtar.com



Samuel Pilote

Étudiant à la maîtrise
Master's student
samuel.pilote.1@ulaval.ca

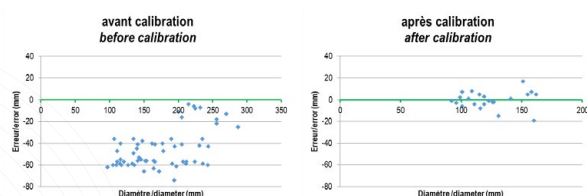
LECTEUR DE FICHIER .KTR : ÉVALUER LA PRÉCISION DES DONNÉES DE MESURAGE

Au Québec, la majorité du bois résineux est récolté avec des abatteuses-façonneuses dotées d'un système de mesure de haute précision pouvant enregistrer les dimensions des billes tronçonnées. Plusieurs initiatives visant à connecter la forêt à l'usine reposent sur la capacité à générer ces données en continu. Pour s'assurer que les données soient fiables, il est primordial que le système de mesure soit étalonné et que la précision de données soit vérifiée.

Un fichier .ktr contient les données d'étalonnage selon le standard original StanForD 2010, développé par Skogforsk. Pour exploiter ces données, un outil qui permet de lire et d'extraire les valeurs, puis d'évaluer l'écart entre les dimensions réelles des billes et les valeurs mesurées par la machine est requis. Ainsi, FORAC a développé un outil (lecteur de fichier .ktr) permettant de convertir les données brutes des fichiers lus, en valeurs lisibles pour un utilisateur, soit un tableau et un nuage de points qui montre les écarts de mesure par essence. Cet outil a été utilisé pour évaluer les écarts de mesure avant et après des procédures d'étalonnage dans le cadre de la maîtrise de Étienne Pilon (figure).

La conversion et l'interprétation des fichiers .ktr permettent également de supporter la gestion des opérations forestières, la validation de l'application des procédures terrains d'étalonnage mis en œuvre par les entrepreneurs forestiers ou celles demandées par les donneurs d'ouvrages. Les données .ktr sont utiles pour confirmer l'atteinte des critères de précisions. Ceux-ci permettent notamment d'alimenter les processus de calculs de la bonification accordée en \$/m³. L'outil de FORAC peut aussi servir toute initiative qui vise à mesurer la distribution diamétrale et des longueurs des billots façonnés en permettant à l'utilisateur de corriger l'estimation de ses données volumétriques par essence.

La précision et la fiabilité des données sont à la base de tout système d'acquisition de connaissances provenant des abatteuses-façonneuses. C'est pourquoi le lecteur de fichier .ktr sera éventuellement intégré à la plateforme de collecte et d'intégration de données ForacID.



.KTR FILE READER: EVALUATING THE ACCURACY OF MEASUREMENT DATA

Most softwood in Quebec is harvested using a harvester equipped with a high precision measuring system. It stores bucked log dimensions. Many initiatives connecting forests with mills are based on the ability to continuously generate data. Harvesters must be calibrated and provided data must be verified to ensure data reliability.

A .ktr file contains calibration data in the original StanForD 2010 format created by Skogforsk. A tool that reads and extracts data and determines gaps between actual log dimensions and values measured by the machine is required to use the data. FORAC developed a tool (.ktr reader) to convert raw data into readable information for a user, taking the form of a table and a scatter graph to show the measurement deviations per species. As part of Étienne Pilon's master's project (figure), the tool was used to assess gaps before and after calibration.

In addition, converting and reading .ktr files supports forestry operations, validates the application of calibration procedures implemented by forestry contractors, and validates procedures requested by clients. .ktr data is useful to prove that precision criteria have been met. These criteria are especially used to calculate bonuses given in \$/m³. The FORAC tool can measure diameter distribution and log lengths by enabling the user to correct volumetric data estimates by species.

Data accuracy and reliability are the foundation of all knowledge acquisition systems from harvesters. The .ktr file reader will eventually be integrated into the ForacID data acquisition and integration platform.



Rémy Huot

Professionnel de recherche
Research professional
remy.huot.1@ulaval.ca



Clément Aubin

Partenaire industriel, FQCF
Industrial partner, FQCF
caubin@fqcf.coop

Dispersion de l'erreur en fonction du diamètre
Error dispersion according to diameter

MÉTHODES DE TRAVAIL ADAPTÉES AUX PEUPELEMENTS POUR LES OPÉRATEURS D'ABATTEUSE-FAÇONNEUSE

Le peuplement récolté et l'opérateur ont un impact important sur la productivité des abatteuses-façonneuses. L'un des éléments affectant la productivité des opérateurs est la méthode de travail. Les recherches antérieures sur les méthodes de travail se sont concentrées sur l'identification de la méthode la plus productive à utiliser dans toutes les conditions de peuplement. Dans notre contexte de forêts naturelles, il est possiblement plus avantageux d'utiliser plusieurs méthodes de travail en s'adaptant aux caractéristiques du peuplement récolté. Pour évaluer ce gain de productivité, nous avons développé un simulateur d'une abatteuse-façonneuse. Au total, 36 méthodes de travail ont été simulées dans 50 corridors de récolte ayant des densités et hauteurs d'arbres couvrant l'éventail des conditions prévalentes dans la province, dans des scénarios de coupe totale.

Bien que nous ayons observé des différences de productivité allant jusqu'à 18,56 % entre les méthodes de travail dans un même corridor, aucune méthode n'a surpassé les autres dans toutes les conditions. Les méthodes qui amenaient les arbres jusqu'à l'empilement de bois de l'autre côté du sentier de récolte étaient toujours improductives, tandis que l'utilisation d'une séquence de récolte par balayage antihoraire était la stratégie de séquençage la plus productive.

La densité de peuplement affecte la méthode de travail à privilégier. Dans des densités de peuplement de 600 tiges/ha ou moins, les empilements d'un côté du sentier et l'utilisation d'une portée de flèche de 75-100 % étaient les méthodes les plus productives. Dans des densités de 800 tiges/ha et plus, les empilements des deux côtés du sentier et l'utilisation de la portée entre 50-75 % caractérisaient les méthodes les plus productives. La densité de peuplement peut être utilisée comme critère pour choisir la méthode à mettre en œuvre dans un peuplement, contrairement à la hauteur des arbres qui n'influencerait pas le choix de la méthode.

Pour les corridors simulés, éviter les méthodes non productives a mené à des gains de productivité allant jusqu'à 15,90 %, tandis que la capacité d'utiliser deux méthodes de travail permettait de l'améliorer jusqu'à 2,66 % de plus en adaptant la méthode aux conditions du peuplement. Il n'y a pas eu de gain majeur à utiliser plus de 2 méthodes de travail.

STAND-SPECIFIC WORKING METHODS FOR HARVESTER OPERATORS

The stand harvested and the operator greatly impact harvester productivity. The operators' work method is one of the elements that affect productivity. Previous research on working methods placed emphasis on the most productive method to use in every stand condition. It is perhaps more beneficial to use many working methods in our context of natural forests, adapting them to the characteristics of the stand being harvested. To assess the potential gain in productivity of such adaptations, we developed a harvester simulator. In total, 36 working methods were simulated in 50 forest corridors of varying tree densities and heights, covering the range of prevailing conditions in clear-cut scenarios across the province.

Though we observed productivity differences between working methods in the same corridor up to 18.56%, no method outperformed the others in every condition. Methods that brought the trees to the woodpile on the opposite side of the harvesting trail always performed poorly, whereas a counter clockwise sweep harvesting sequence was the most productive sequencing strategy.

Stand density has an impact on the preferred working method. In stand densities of 600 stems/ha or less, piling on one side of the trail and using a boom reach of 75–100% were the most productive methods. In densities of 800 stems/ha and above, piling on both sides of the trail and limiting the reach to 50–75% were the most productive methods. Unlike tree height, which does not influence the chosen method, stand density can be the go-to criterion to choose the implemented method in a corridor.

The avoidance of unproductive methods in simulated corridors led to productivity gains of up to 15.90%, whereas the ability to use two working methods resulted in further gain improvements of up to 2.66% when adapting the method to stand conditions. No major gain was shown when more than two working methods were used.



Simon Schmiedel

Étudiant à la maîtrise
Master's student
simon.schmiedel.1@ulaval.ca

SUIVI ET GESTION DE LA PERFORMANCE D'UNE FLOTTE D'ENTREPRENEURS FORESTIERS

La mesure de la performance des entrepreneurs forestiers dans les opérations mécanisées exige un suivi systématique et rigoureux des activités de récolte. Cependant, malgré les améliorations technologiques, certaines informations clés, telles que les données de production et de productivité spécifiques au site, sont rarement utilisées à leur plein potentiel. Pour faciliter le suivi, les données collectées et traitées nécessitent des outils de visualisation, tels qu'un tableau de bord, pour permettre une meilleure prévisibilité et proposer des actions d'amélioration. Par conséquent, l'objectif principal de cette maîtrise est de développer des méthodes pour suivre la performance d'une flotte d'entrepreneurs forestiers. De nouvelles méthodes de collecte et de traitement des données, efficaces et conviviales, sont mises au point pour faciliter l'élaboration d'indicateurs de performance. À terme, les industriels forestiers disposeront d'une méthode simple et peu coûteuse permettant le suivi d'une flotte d'entrepreneurs forestiers pouvant compter plusieurs dizaines de machines.

Les données sont d'abord traitées avec le logiciel *Analyseur de temps et mouvement* de FORAC qui fournit le statut (production, pause, arrêt, traction) de chaque point GPS des machines. Ensuite, un modèle graphique QGIS est utilisé pour fusionner les points GPS de la machine avec les informations écoforestières, dendrométriques, météorologiques et spécifiques au chantier telles que le type de coupe fourni par le partenaire. Finalement, le logiciel Microsoft Power BI Desktop est utilisé pour créer le tableau de bord à l'aide des données traitées.

Le tableau de bord développé offre de nombreuses possibilités comme la comparaison de la performance de l'entrepreneur avec les facteurs influençant sa productivité. L'approche repose principalement sur des données et des outils largement accessibles dans l'industrie canadienne. Au final, une meilleure prévisibilité de l'approvisionnement en bois dans l'espace et le temps devrait être possible une fois que les facteurs qui influencent la production d'une machine et d'une flotte seront surveillés de manière permanente.

MONITORING AND MANAGING THE PERFORMANCE OF A FOREST ENTREPRENEUR FLEET

Measuring the performance of forest entrepreneurs in mechanized operations requires systematic and rigorous monitoring of harvesting activities. Despite technological improvements, key information such as site-specific production and productivity data is seldom used to their full potential. Collecting and processing data requires visualization tools such as a dashboard to facilitate monitoring, enable better predictability, and suggest improvement actions. The main goal of this master's thesis is to develop methods to keep track of forest entrepreneur fleet performance. New efficient, user-friendly data collections and processing methods are developed to facilitate the creation of performance indicators. Forestry companies will eventually have an easy and inexpensive way to monitor a forestry entrepreneur fleet with many machines.

The data are initially processed with the FORAC *Time and Motion Analyzer* software that provides the status of all machine GPS points, which are production, pause, stop, and traction. A QGIS graphical model merges the machine GPS points with ecoforestal, dendrometric, meteorological, and specific site information such as the type of cutting provided by the partner, and the Microsoft Power BI Desktop software creates the dashboard.

The developed dashboard opens up many possibilities such as comparing entrepreneurs' performance with factors influencing their productivity. The approach relies primarily on data and tools widely available in the Canadian industry. Ultimately, better wood supply predictability over distance and time should be possible once the factors influencing machine and fleet production, have been monitored permanently.



Gabriel Verret

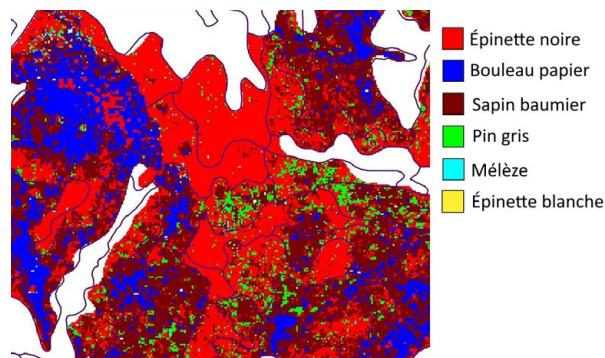
Étudiant à la maîtrise
Master's student
gabriel.verret.1@ulaval.ca

PRODUCTION DE CARTES ÉCOFORESTIÈRES ASSISTÉE PAR RÉSEAUX DE NEURONES LINÉAIRES

Le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) a le mandat de développer et de distribuer des produits de connaissance sur les écosystèmes forestiers québécois. Il procède à un inventaire périodique des forêts de la partie méridionale du Québec, ce qui représente environ 550 000 km². Cet inventaire est disponible sous la forme d'une carte écoforestière présentant diverses caractéristiques décrivant la forêt. Le processus de cartographie actuel repose sur l'interprétation de photos aériennes par des photos-interprètes. La photo-interprétation est une activité manuelle, lente et coûteuse.

En 2019 et 2020, FORAC et le CERFO, en collaboration avec le MFFP, ont effectué un projet pilote afin d'explorer l'utilisation de réseaux de neurones linéaires pour identifier des essences d'arbres à partir d'imagerie satellitaire et aérienne. Ce projet se voulait être un premier pas dans une démarche visant à explorer le potentiel des technologies basées sur les réseaux de neurones dans le processus de photo-interprétation.

Cette première étape a été très bénéfique à plusieurs niveaux. Le cheminement effectué avec FORAC et le CERFO a beaucoup contribué à développer l'expertise du MFFP dans la préparation des jeux de données pour l'apprentissage machine et dans l'automatisation de cette dernière. Ensemble, nous avons adressé différents enjeux tels que l'autocorrélation spatiale et l'apprentissage actif. Les prototypes développés peuvent photo-interpréter de façon reproductible entre 10 et 3 000 km² à l'heure selon la technologie spectrale utilisée. Les résultats obtenus sont prometteurs et ont permis la poursuite des travaux de recherche qui visent, à terme, une photo-interprétation plus précise que la norme actuelle.



LINEAR NEURAL NETWORK ASSISTED ECOFORESTRY MAP PRODUCTION

The MFFP (Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs) develops and allocates knowledge products for Quebec's forest ecosystems. The Ministère conducts an inventory of Southern Quebec forests periodically, representing approximately 550,000 km². This inventory exists in the form of an ecoforestry map that displays the characteristics describing these forests. The current mapping process relies on the interpretation of air photos by photo-interpreters. Photointerpretation is manual, slow, and costly.

In 2019 and 2020, FORAC and CERFO, in collaboration with the MFFP, carried out a pilot project to explore the use of linear neural networks and identify tree species from satellite and aerial imagery. This project was the first step in exploring the potential of neural network-based technologies in the photointerpretation process.

This first step was very beneficial in many ways. FORAC and CERFO developed MFFP's expertise in preparing data sets for machine and automation learning. We collectively addressed various topics such as spatial autocorrelation and active learning. The developed prototypes can reproducibly photo interpret between 10 and 3,000 km² per hour depending on the spectral technology used. The achieved results are promising and have enabled research studies to continue, which will eventually make photointerpretation more accurate than current practices.



Philippe Bournival

Partenaire industriel, MFFP
Industrial partner, MFFP
philippe.bournival@mffp.gouv.qc.ca



Alexandre Morneau

Professionnel de recherche
Research professional
alexandre.morneau@forac.ulaval.ca

Exemple d'une photo-interprétation par le réseau de neurones développé
Example of a photo-interpretation made by the developed neural network model

L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE AU SERVICE DES MESUREURS : VALIDER L'ESSENCE D'UN CHARGEMENT DE BOIS

L'Intelligence Artificielle (IA) est omniprésente dans les discours. Toutefois sans un exemple concret dans une industrie, ce concept demeure abstrait. L'une des tâches d'un mesureur à la balance consiste à confirmer l'essence contenue dans un chargement qui entre à l'usine. Notre projet consiste, via l'apprentissage automatique, à entraîner un modèle profond afin d'identifier les essences des billes de bois via l'écorce, sur un camion au moment où celui-ci circule sur une balance.

Un jeu de données précédent, collecté par l'Université Laval, avait démontré la capacité d'une telle approche, mais pour des billes debout sans dommages mécaniques provoqués par l'abattage. La collecte de nouvelles photos fut donc nécessaire, afin d'avoir des billes plus représentatives, c'est-à-dire endommagées. Quatre sites différents furent visités, augmentant l'éventail d'essences possible. De plus, comme les modèles d'IA évoluent très rapidement, nous avons choisi un modèle plus récent, le DenseNet121.

Les résultats sur la matrice de confusion furent concluants. La majorité des cas ayant un taux de succès à plus de 90 %. Les visites sur les nombreux sites nous ont permis de constater que le modèle s'améliore avec l'ajout de photos, confirmant le rôle clef des données en IA. Ces travaux doivent cependant se poursuivre pour en valider la portée réelle.

Cette phase du projet devait confirmer le potentiel de cette approche sur le terrain, ce qui fut le cas. Les prochains travaux consisteront à bonifier les jeux de données selon les saisons, les conditions météo, les différentes essences, et les différents sites afin de poursuivre l'entraînement du modèle. Ces prises de photos seront automatisées afin de valider par le fait même l'opérationnalisation de la solution sur le marché.

L'intelligence artificielle aux bénéfices des mesureurs, une réalité bientôt possible.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE SUPPORTING SCALERS: VALIDATING SPECIES OF A LOAD OF WOOD

Artificial intelligence (AI) is a ubiquitous topic. It remains abstract but without a concrete example in an industry. One of the responsibilities of a scaler is confirming the species contained in a load entering the mill. We used machine learning in our project to train a deep model and point out the species of logs through bark on a truck as it is driven on a scale.

A previous dataset collected by Université Laval had demonstrated the ability to point out species in upright logs without mechanical damages caused by harvesting. We needed to collect new photos to have more representative logs, namely damaged logs. Four different sites were visited to increase the range of species. Because AI models change very quickly, we chose DenseNet121, a newer model.

Confusion matrix results were conclusive. In most cases, the success rate was over 90%. Visits to many sites have shown us that the model improves when photos are added, confirming the key role of data in AI. However, research must continue to determine its real scope.

This phase of the project confirmed the potential of this approach in the field. The next steps will improve datasets in line with seasons, weather conditions, different species, and different sites to continue training the model. The next photoshoot will be automated to validate the operationalization of the solution on the market.

It will soon be possible for scalers to enjoy the benefits of artificial intelligence.



Julie Gagnon

Partenaire industriel, Groupe PG
Industrial partner, Groupe PG
jgagnon@groupepg.com

Philippe Giguère

Professeur en robotique
Professor in robotics
philippe.giguere@ift.ulaval.ca





20

FORAC

DE LA FORÊT AU CLIENT, DEPUIS 20 ANS

26
partenaires

600
publications écrites

300
communications orales

250+
étudiants aux cycles supérieurs

FORAC a 20 ans !

En 2002, une vision devenait réalité : un partenariat entre universitaires et industriels pour accélérer la transformation du secteur forestier canadien. FORAC était né ! Par ses réalisations, le consortium s'est rapidement établi comme un pôle de formation et d'innovation unique en son genre. Afin de souligner notre parcours hors du commun, nous souhaitons vous inviter à célébrer avec nous. Nous aurons le plaisir d'accueillir des leaders de l'industrie forestière et du milieu académique, de mettre en lumière de jeunes talents issus de FORAC et de réfléchir collectivement à l'avenir de l'industrie.

Retrouvez-nous les 31 mai, 1^{er} et 2 juin 2022,
sur le Campus de l'Université Laval.

150+
stagiaires



55
professionnels de recherche

19M\$
subventions reçues

50
professeurs

UN OUTIL D'OPTIMISATION POUR L'ALLOCATION DE LA PRODUCTION ET LA DISTRIBUTION DU BOIS D'OEUVRE

Chez Produits forestiers Résolu, les départements des ventes, de la logistique et celui de la planification de la production doivent chaque semaine allouer manuellement des centaines de commandes aux inventaires disponibles ou à la production projetée d'une trentaine de centres de production et d'entreposage en considérant la disponibilité des transporteurs tout en minimisant les coûts. Cette tâche est complexe, entre autres due de la grande quantité de données à considérer, de l'incertitude relative à la planification de la production et des implications de ces décisions.

À l'été 2019, Simon Delisle a débuté sa maîtrise avec comme objectif de concevoir un système d'aide à la décision pour l'allocation de la production et la planification du transport dans une chaîne de valeur à flux poussé-tiré du secteur forestier. Simon a travaillé de près avec le directeur Logistique et Planification de Production (Produits du bois) de l'entreprise afin de bien comprendre la problématique et leurs besoins.

Au-delà du développement d'un modèle mathématique permettant d'optimiser ces décisions, Produits forestiers Résolu souhaitait quantifier les gains potentiels à l'utilisation d'un tel système. L'étude avec des données historiques annualisées de l'entreprise a permis d'estimer une réduction des coûts de distribution d'environ 7 % en comparant les décisions prises manuellement à celles suggérées par le modèle mathématique.

Un stage subséquent a été effectué à l'été 2021 afin d'adapter le modèle annuel pour en faire une version hebdomadaire avec un horizon roulant de 6 à 8 semaines. Cette adaptation est un pas nécessaire vers l'implantation de l'outil par l'entreprise pour une utilisation dans un cadre opérationnel. Dans ce contexte, le modèle mathématique sera exécuté plusieurs fois par semaine pour prendre en compte la réalité changeante des commandes, des inventaires et de la production.

FORAC collabore présentement avec le département des TI de Résolu pour l'automatisation du transfert des données entre le système de gestion de l'entreprise et le modèle mathématique. Ceci va rendre son utilisation plus aisée pour ceux qui l'utiliseront quotidiennement dans le cadre de leur travail afin d'appuyer leurs décisions.

AN OPTIMIZATION TOOL FOR LUMBER PRODUCTION ALLOCATION AND DISTRIBUTION

Sales, logistics, and production planning departments at Resolute Forest Products must manually allocate hundreds of orders each week to available inventories or to approximately thirty production centres and warehouses for projected production, all the while considering the availability of carriers and minimizing costs. This is a complex task because of the large amount of data to consider, planning uncertainty, and involvement in the decision-making process.

In the summer of 2019, Simon Delisle began his master's degree with the purpose of designing a decision support system to allocate transport production and planning in the forest industry's push-pull value chain flow. Simon collaborated closely with the company's logistics and production planning manager in wood products to fully understand the issue and the company's needs.

Resolute Forest Products wanted to quantify the potential gains of using a decision support system beyond developing a mathematical model to optimize decisions. The study featuring the company's annualized historical data estimated a reduction in distribution costs of about 7% when comparing decisions made manually and decisions made with the mathematical model.

A subsequent internship was completed in the summer of 2021 to adapt the annual model to a weekly model, working on a six- to eight-week schedule. This adaptation is a step the company must take to implement a tool for use in an operational setting. The mathematical model will operate many times per week to consider the changing reality of orders, inventories, and production.

FORAC is currently working with the Resolute IT department to automate the data transfer between the company's management system and the mathematical model. Automation will make using the model easier for users who need it for their day-to-day decision making.



Michael Plourde

Partenaire industriel, Produits forestiers Résolu
Industrial partner, Resolute Forest Products
michael.plourde@resolutefp.com



Philippe Marier

Professionnel de recherche
Research professional
philippe.marier@forac.ulaval.ca

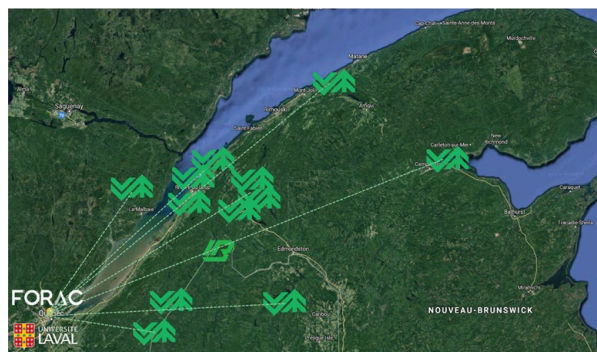
SOUTENIR LA RECHERCHE ET CRÉER DES LIENS SOLIDES AVEC L'INDUSTRIE : UNE STRATÉGIE GAGNANTE !

Le développement de partenariats stratégiques entre la recherche universitaire et l'industrie, voilà l'une des pierres d'assise de la vocation du consortium de recherche FORAC. Parallèlement, les défis pour une entreprise comme le Groupe Lebel, l'un des principaux manufacturiers de bois d'œuvre et de produits de valeur ajoutée au Québec, sont nombreux et variés. Soucieux de contribuer à l'avancement des connaissances et en soutien à la relève, Groupe Lebel fournit temps, efforts et accompagnement à différents projets de recherche.

Groupe Lebel est un partenaire industriel de la Forêt Montmorency depuis 2017 et membre FORAC depuis 2019. Ils s'impliquent activement dans différents comités scientifiques ainsi qu'en enseignement. Des actions concrètes axées sur les résultats sont menées et de vrais problèmes industriels sont abordés.

Que ça soit pour améliorer la mobilisation du bois en forêt privée, analyser le réseau de centres de production, travailler sur le contrôle de la qualité en usine, ou développer des outils de suivi de cours à bois, la collaboration avec l'équipe FORAC a permis d'analyser de nouvelles avenues jusque-là inexplorées. Tant les étudiants, les stagiaires, les professionnels de recherche que les chercheurs de FORAC ont mis leur cerveau au travail afin de rendre le réseau de Groupe Lebel plus performant. Développer des partenariats significatifs et durables permet, pour FORAC, de contribuer à sa mission de formation et de développement des connaissances.

C'est dans cet esprit de collaboration et de synergie que le Groupe Lebel et FORAC ont tissé des liens et qu'ils utilisent leurs expertises complémentaires pour offrir un encadrement à cette relève dont l'industrie a tant besoin. Oui, nous trouvons des solutions à court terme, mais nous réfléchissons à notre avenir... investissons stratégiquement, ça en vaut la peine !



SUPPORTING RESEARCH AND BUILDING STRONG RELATIONSHIPS WITH THE INDUSTRY: IT'S WORTH IT!

Developing strategic partnerships between academic research and industry is one of the foundations of the FORAC research consortium's mission. The challenges for Groupe Lebel, one of the main lumber and added value product manufacturers in Quebec, are many and varied. Groupe Lebel is eager to contribute to advance knowledge and support the next generation, providing time, effort, and support for various research projects.

Groupe Lebel has been a Forêt Montmorency industrial partner since 2017 and a FORAC member since 2019. It is actively involved in various scientific committees and in education. Concrete result-oriented actions are carried out and real industrial issues are tackled.

Collaboration with the FORAC team has made it possible to analyze newly explored areas, whether to improve the mobilization of wood in private forests, analyze production centre networks, control mill quality, or develop tools for woodyard monitoring. Students, interns, research professionals, and professors at FORAC have put their heads together to make the Groupe Lebel network more compelling. Meaningful and long-lasting partnerships have enabled FORAC to contribute to its goal of teaching and developing knowledge.

In this spirit of collaboration and synergy, Groupe Lebel and FORAC have built relationships and built on their complementary expertise to provide much-needed support to the next generation and the industry. Let us find short-term solutions and think about our future. It's worth investing strategically!



Pierre-Olivier Morency

Partenaire industriel, Groupe Lebel
Industrial partner, Groupe Lebel
pierre-olivier.morency@groupelebel.com

Edith Brotherton

Coordonnatrice scientifique
Scientific coordinator
edith.brotherton@forac.ulaval.ca



ACCÉLÉRATION DES SIMULATIONS DE DÉBITAGE À L'AIDE DE L'ANALYSE DES DÉVIATIONS

Dans une scierie, une bille peut être découpée de différentes façons. Ces décisions jouent un rôle important pour maximiser la valeur des billes. En effet, deux combinaisons de décisions de coupe différentes peuvent mener à deux paniers de produits différents qui n'auront pas la même valeur. Pour déterminer la manière optimale de découper une bille, c'est-à-dire trouver la combinaison optimale des décisions de coupe pour chaque machine d'une scierie, il est possible d'utiliser le logiciel Optitek développé par FPIInnovations. Optitek a plusieurs fonctionnalités dont simuler le débitage de billes et optimiser les décisions de coupe des machines. Cependant, selon l'usine et les décisions de coupe possibles, il peut s'avérer long de simuler plusieurs billes pour obtenir l'estimation nécessaire de la performance de chaque décision de coupe.

L'objectif du projet est de réduire le temps requis pour les simulations de débitage et l'optimisation des décisions de coupe des machines d'une scierie.

Pour s'assurer d'avoir les meilleures coupes selon les billes données, Optitek doit tester toutes les possibilités de coupe d'une bille selon les choix de coupe possibles de chaque machine. Cette recherche complète de toutes les possibilités peut prendre plusieurs heures par bille et il n'est pas garanti qu'une coupe de qualité sera rencontrée tôt dans le processus. S'il était possible de s'assurer de rencontrer de bonnes solutions de coupe tôt, l'ajout d'un temps limite à la recherche permettrait de réduire le temps de calcul.

Pour obtenir une bonne solution rapidement, il faut tester les décisions de coupe possibles dans le meilleur ordre, lequel est inconnu. Toutefois, le passé est parfois garant du futur. Nous proposons donc un algorithme adaptatif qui apprend sur les choix passés du simulateur pour guider la résolution des billes suivantes. L'hypothèse étant que pour deux billes identiques, les mêmes décisions de coupe donneront les meilleures valeurs pour nos deux billes. Notre approche a non seulement permis de trouver plus rapidement des solutions de qualité, mais avec un temps limite d'une minute, les solutions de coupe trouvées sont en moyenne à 6,3 % de la meilleure valeur possible. Pour fin de comparaison, l'algorithme existant dans Optitek a des solutions de coupes dont la valeur moyenne est à 21,5 % de la meilleure coupe après une minute de calcul.

ACCELERATION OF DEBITAGE SIMULATIONS USING DEVIATION ANALYSIS

A log can be cut in many ways in a sawmill. Deciding how to cut a log plays a key role in maximizing the value of the logs. Two different combinations of cutting decisions could result in two baskets with different products, and different values. Optitek, developed by FPIInnovations, can be used to determine the best way to cut a log, namely, to find the best combination of cutting decisions for each machine in a sawmill. Optitek has many features, including log cutting simulation and cutting decision optimization for machines. However, simulating multiple logs to get the necessary estimate for the performance of each cutting decision can be time consuming depending on the sawmill and its decision-making process.

The goal of the project is to reduce the time required for simulating debitage and optimizing cutting decisions for sawmill machines.

To ensure the best cuts for the given logs, Optitek must test all log cutting possibilities according to possible cutting choices of each machine. A complete search for all possibilities can take many hours per log; it is not guaranteed that a great cut for a log will be possible early in the process. If it were possible to find the right cutting solutions early, a research time limit could be added to reduce computing time.

To find a good solution quickly, we need to test the possible cutting choices in the best possible order, which is unknown. The past may be indicative of the future, though. Consequently, we have suggested an adaptive algorithm that has picked up the simulator's past choices to resolve the following logs. It is assumed that the same cutting decisions will yield the same values for the same two logs. Our approach has not only made it possible to find quality solutions faster within a one-minute time limit but has also averaged cutting solutions of 6.3%, based on the best possible value. For comparative purposes, the existing algorithm in Optitek has cutting solutions with an average best cut value of 21.5% after one minute.



Marc-André Ménard

Professionnel de recherche
Research professional
marc-andre.menard.2@ulaval.ca

ANALYSE DE LA DEMANDE DES PRODUITS FORESTIERS ET OUTIL PRÉVISIONNEL

L'évolution de l'environnement d'affaire de l'industrie des produits forestiers crée de nombreuses incertitudes en ce qui a trait à l'évolution du marché et des tendances de la demande. Une complexité accrue de la chaîne de valeur forestière, l'apparition de nouveaux produits, le changement des tendances de consommation de certains produits traditionnels et le contexte de globalisation sont parmi les facteurs qui poussent les entreprises actives dans ce secteur à chercher continuellement à améliorer leur compréhension du marché. Aujourd'hui, grâce aux techniques de stockage et d'exploitation des données, il devient possible de transformer les données générées par l'activité commerciale des entreprises forestières (telles que le volume de leurs ventes par type de produit et par destination) pour comprendre et prédire les tendances du marché.

L'objectif de cette maîtrise est d'évaluer le marché des produits forestiers en termes de tendances de la demande et de la concurrence, de même qu'identifier les facteurs qui peuvent les influencer, tout en proposant un outil d'aide à la décision basé sur des analyses et des modèles prévisionnels de la demande et des exportations du bois d'œuvre québécois.

L'analyse de la littérature a fait ressortir huit catégories de facteurs qui influencent le marché des produits forestiers soit : les facteurs économiques, démographiques et sociétaux, politiques et réglementaires, environnementaux, technologiques et scientifiques, mondiaux, de substitution et organisationnels. Le croisement de ces éléments permet de faciliter la compréhension du marché et la prise de décision par les différentes entreprises impliquées dans l'industrie de la transformation primaire du bois. Il fournit également un ensemble de variables explicatives à inclure dans les modèles prévisionnels de la demande.

Afin de rendre les données et les modèles prévisionnels accessibles et facilement utilisables, une plateforme de visualisation des données a été développée. Cet outil est en mesure de bien mettre en relief les prévisions dégagées des modèles tout en facilitant l'extraction d'un maximum d'informations pertinentes grâce aux graphiques interactifs qu'il inclut. De tels outils peuvent guider les entreprises dans leur processus décisionnel lors de la gestion de leur chaîne de valeur.

FOREST PRODUCT DEMAND ANALYSIS AND FORECASTING TOOL

The evolving business environment in the forest product industry creates many uncertainties in market evolution and demand trends. The increased complexity of the forest value chain, emergence of new products, change of consumer trends for some traditional products, and globalization context are some factors that propel companies in the forest industry to continually improve their understanding of the market. As a result of data storage and exploitation techniques, it is now possible to transform data generated by business activity in forest industry companies, such as sales volume by product type and destination, to better understand and predict market trends.

The objective of this master's thesis is to assess the forest product market in terms of demand and competition trends and identify factors influencing these trends, proposing a decision support tool based on analysis and demand and export forecasting models of Quebec lumber.

An analysis of the literature made it possible to identify eight categories of factors that influence the forest product market. These factors are economic, demographic and societal, political and regulatory, environmental, technological and scientific, global, substitutional and organizational. Cross analyzing these elements can facilitate market understanding and decision making for companies involved in the primary wood processing industry and provide a set of explanatory variables to include in demand forecasting models.

To make data and forecasting models accessible and easy to use, a data visualization platform was developed. This tool highlights forecasts from the models while facilitating the extraction of relevant information through interactive graphics. Such tools can guide companies in their decision-making process when managing their value chain.



Mounia Ferguene

Étudiante à la maîtrise
Master's student
mounia.ferguene.1@ulaval.ca

OPTIMISATION DE L'ALLOCATION DES MODES DE TRANSPORT DANS LA CHAÎNE DE DISTRIBUTION DE KRUGER

La logistique du transport représente un défi majeur pour les industriels pour offrir des prix avantageux et compétitifs aux clients. Dans un marché en constante évolution et de plus en plus compétitif, l'allocation du bon mode de transport, soit le train ou le camion, représente un élément important pour minimiser les coûts logistiques totaux et ajouter un maximum de valeur dans le réseau. Pour ce type de problèmes, plusieurs facteurs peuvent influencer l'allocation optimale des modes de transport, dont le volume transporté, le coût de l'essence, le coût contractuel avec les compagnies de transport et le taux de change. Chacun de ces facteurs impacte les décisions stratégiques.

Ce stage avec Kruger visait (i) à analyser les transports effectués dans le réseau de septembre 2020 à avril 2021, (ii) à développer un modèle d'optimisation permettant l'allocation optimale des modes de transport pour chaque client et entrepôt du réseau et finalement, (iii) à développer un modèle permettant d'explorer de nouvelles façons de transporter les produits, des usines jusqu'aux clients.

L'analyse des transports dans la période donnée a permis d'obtenir une base de comparaison des coûts logistiques par mode de transport. Pour ce qui est du scénario permettant l'allocation optimale des modes de transport, une diminution des coûts de 7,7 % a été calculée, alors que le scénario permettant des transports via les entrepôts s'est révélé encore plus intéressant avec une diminution de 17,8 %.

Pour Kruger, l'initiative stratégique aura un impact direct sur l'aspect financier de l'entreprise. À court terme, les changements les plus avantageux pourront être implantés pour optimiser les transports, et pouvoir profiter de gains monétaires. De plus, l'équipe de *Transport & Logistique* utilisera les modèles pour développer une idéologie stratégique par la sélection des modes de transport adaptée, et pour faciliter les décisions de transport à travers les acteurs du réseau. Finalement, l'analyse stratégique pourrait être améliorée davantage avec l'analyse de plusieurs objectifs, comme la minimisation des émissions environnementales, pour former un projet de maîtrise en milieu pratique.

OPTIMIZING THE ALLOCATION OF MODES OF TRANSPORTATION IN THE KRUGER DISTRIBUTION CHAIN

Transport logistics are a major challenge for manufacturers to offer affordable and competitive prices to customers. In a constantly evolving and increasingly competitive market, allocating the best mode of transportation, train or truck, is a key component in minimizing logistics costs and creating value in the transportation network. Many factors such as transport volume, gasoline costs, freight costs dealt with transport companies, and exchange rates can influence the best allocation of modes of transportation.

Each factor impacts strategic decisions.

This internship with Kruger (i) analyzed transportation between September 2020 to April 2021, (ii) developed an optimization model to enable the best allocation of modes of transportation for each customer and warehouse within the network, and (iii) developed a model to explore new ways of transporting products from mills to customers.

An analysis of transportation between September 2020 and April 2021 provided a logistics costs comparison per mode of transportation. The scenario that enabled the best mode of transportation yielded a cost reduction of 7.7%, whereas the scenario that enabled transportation to warehouses yielded a lucrative reduction of 17.8%.

This strategic initiative will directly impact Kruger. The most beneficial changes can be implemented to optimize transportation and achieve monetary payoffs in the short term. The *Transport & Logistics* team will use models to develop a strategic mindset by selecting adapted transportation modes and facilitating transportation decisions for professionals in the network. It will be possible to improve strategic analysis further by analyzing many objectives, such as reducing environmental emissions, to form a master's project in a professional setting.



Luc Foster

Étudiant à la maîtrise
Master's student
lufos1@ulaval.ca



Gabriel Richer

Partenaire industriel, Kruger
Industrial partner, Kruger
gabriel.richer@kruger.com

COLLABORATION POUR UNE BOUCLE DE RÉTROACTION POUR RABOTEUSE INTELLIGENTE

Optimiser les procédés clefs de transformation pour la création de valeur dans l'industrie forestière reste un défi de taille. Minimiser les pertes causées par des erreurs dans l'ajustement d'une machine très complexe, comme une raboteuse, demeure un enjeu important. Présentement, les paramètres de la raboteuse sont ajustés chaque matin à la main par un opérateur lors des maintenances et restent fixes pendant plusieurs heures, pour n'être changés que si un problème au niveau des pièces en sortie est détecté.

Dans l'édition précédente de l'INFO-FORAC (janvier 2021), les défis liés à l'optimisation des paramètres ajustables d'une raboteuse ainsi que notre approche ont été présentés. Or, l'approche a été grandement raffinée à la suite d'une visite à l'usine GDS VALORIBOIS (Division Matane). En effet, cette visite ayant favorisé la synergie entre FORAC et FPIInnovations, a permis l'observation du processus physique du rabotage. Ceci nous a permis d'apporter de nombreuses améliorations à l'approche proposée, notamment au niveau de la détection de problèmes dans les senseurs. La somme des améliorations apportées a permis d'atteindre un niveau de précision théorique beaucoup plus élevé que toute autre approche d'apprentissage automatique jusqu'à présent explorée.

En collaboration avec FPIInnovations, l'approche développée par FORAC a été implémentée à l'usine en tant que système d'aide à la décision et elle est présentement en cours de validation. Une fois cette étape de validation passée, il sera possible d'utiliser directement la recommandation faite par l'algorithme afin d'ajuster les paramètres de la raboteuse presque en temps réel.

Une étude de faisabilité techno-économique réalisée par FPIInnovations a permis de démontrer qu'un tel système de contrôle adaptatif de la raboteuse aurait des retombées très intéressantes pour les scieries. Notre collaboration permet d'entrevoir le grand potentiel des approches d'apprentissage automatique pour faire face aux défis posés par les besoins d'optimisation et d'automation de l'industrie. Il s'agit là d'un exemple par excellence de succès d'un transfert technologique.

COLLABORATION FOR A CONTROL LOOP FOR A SMART PLANER

Optimizing key transformation processes in the forest value chain remains a major challenge. Minimizing losses caused by errors in adjusting very complex machines, such as a planer, remains an important issue. Currently, operators manually adjust the planer parameters each morning during maintenance. Those parameters remain fixed for many hours, being changed only if a problem with the output is detected.

In the previous edition of FORAC-NEWS (January 2021), the challenges related to optimizing planer parameters and our approach were presented. We greatly refined our approach following a visit to the GDS VALORIBOIS mill (Matane Division). This visit has created a synergy between FORAC and FPIInnovations by observing the physical process of planing. This observation enabled us to make many improvements to the proposed approach, especially for detecting problems with the sensors. These improvements made it possible to achieve a level of theoretical precision higher than any other machine learning approach explored so far.

In collaboration with FPIInnovations, the approach developed by FORAC was implemented at the mill as a decision support system and is currently being validated. Once this validation has been completed, it will be possible to use the recommendation made by the algorithm to adjust planer parameters almost in real time.

A techno-economic feasibility study carried out by FPIInnovations showed that such an adaptive planer control system would have very considerable benefits for sawmills. Our collaboration encourages us to see the great potential of machine-learning approaches to address optimization and automation challenges in the industry. This is a great example of successful technology transfer.



Jean-Thomas Sexton

Étudiant à la maîtrise
Master's student
jean-thomas.sexton.1@ulaval.ca

Rémi Georges

Partenaire industriel, FPIInnovations
Industrial partner, FPIInnovations
remi.georges@fpinnovations.ca



NAVIGATION AUTONOME D'UN TRANSPORTEUR FORESTIER

Plusieurs opérations forestières ont la possibilité de passer rapidement vers l'autonomie comme le déplacement du transporteur. En effet, le transport des billes de bois du site de coupe vers la route se fait sur un chemin prédéfini, tracé d'une certaine manière par l'abatteuse. Cette situation rend le tout propice à une technique de navigation simplifiée, appelée *Teach-and-Repeat*. Elle repose en premier lieu sur une conduite manuelle d'un véhicule, ici l'abatteuse, durant laquelle la trajectoire effectuée est enregistrée. Il est possible par la suite de faire répéter cette même trajectoire par un autre véhicule autant de fois que voulu, à l'aide des informations récoltées auparavant. Cependant, l'hiver québécois ainsi que les coupes forestières ne sont que quelques facteurs rendant la localisation du véhicule ardue. Le but de cette maîtrise est donc de rendre l'algorithme plus robuste grâce à l'intelligence artificielle.

Les différentes techniques de localisation et de vision utilisées amèneront les contributions suivantes : (i) l'élaboration d'une technique de vision par caméra pour la localisation dans le milieu forestier en hiver et plus particulièrement le choix du temps d'exposition du capteur caméra; (ii) la création d'un jeu de données en forêt, notamment les chemins forestiers; (iii) l'utilisation d'un réseau de neurones pour détecter les objets stables de l'environnement et permettre d'augmenter la robustesse reliée à la localisation du véhicule.

La réflexion du soleil sur la neige sature souvent l'image de la caméra. Pour atteindre l'objectif (i), la technique choisie est de changer très rapidement le temps d'exposition de la caméra permettant d'obtenir plus d'images avec des illuminations différentes. Ceci permet de faire ressortir différents aspects de l'environnement et de choisir la meilleure image selon le besoin (voir figures). À la suite de cette amélioration, les objectifs (ii) et (iii) seront reliés l'un à l'autre. La création d'un jeu de données en forêt aura pour but d'entraîner un réseau de neurones pour identifier et localiser les objets invariants (p. ex : roches, troncs d'arbre). Le véhicule pourra alors se fier majoritairement sur ces objets lorsqu'il se localisera dans la carte de référence.

AUTONOMOUS NAVIGATION OF A FORWARDER

Many forestry operations, such as a forwarder, have the possibility of moving quickly towards autonomy. The transportation of logs from the cutting site to the road is along a predefined path, marked out specifically by the harvester. This situation is suitable for a simplified navigation technique called *Teach-and-Repeat*. The technique initially hinges on driving a manual vehicle (in this case, the harvester) during the recorded trajectory. The same trajectory can be repeated many times as desired afterwards using the information previously collected. However, Quebec winters and forest cuttings are just a few factors that make locating the vehicle difficult. The goal of this master's thesis is to make the algorithm more robust with the help of artificial intelligence.

The various location and vision techniques used in the framework will lead to the following contributions: (i) developing a camera vision technique for localization in forest environment during winter, more specifically the choice of the exposure time; (ii) creating a forest dataset, especially forest roads; (iii) using a neural network to detect stable objects in the environment and increase robustness in relation to the vehicle's localization.

The sun's reflection on snow often saturates camera images. To achieve the objective (i), the chosen technique is to change the camera's exposure time quickly to obtain more images with different lighting to bring out many environmental aspects and choose the best image according to need (see figures). Objectives (ii) and (iii) will be linked to each other as a result of this improvement. Creating a data set in the forest will train a neural network to identify and locate invariant objects (for example, rocks, tree trunks). The vehicle can rely mainly on these objects whenever it is pinpointed on the reference map.



Olivier Gamache

Étudiant à la maîtrise
Master's student
olivier.gamache.5@ulaval.ca



PILOTAGE STRATÉGIQUE D'UNE COUR À BOIS À DES FINS DE COORDINATION

Les plateformes logistiques assurent une fluidité des flux d'information et de matériel entre les unités d'affaires d'une chaîne de valeur. De nos jours, plusieurs entreprises du secteur forestier visent à appliquer des stratégies pour une gestion efficace de leur système d'approvisionnement. Cependant, les opérations de triage et de gestion des approvisionnements en bois sont complexes étant donné la grande diversité et qualité des essences disponibles. De plus, les grandes distances entre la ressource forestière et les unités responsables de sa transformation entraînent des coûts de transport significatifs. Les cours à bois ont jusqu'à maintenant été peu exploitées comme plateforme logistique, même si elles sont aptes à coordonner l'affectation de la bonne ressource à la bonne unité de transformation.

Cette maîtrise vise à analyser comment la coordination d'un ensemble de cours à bois et la connaissance en temps réel de l'état des stocks de chacune peut contribuer à réduire les distances parcourues de même qu'à mieux gérer les stocks pour répondre aux besoins des scieries.

Les meilleures pratiques observées dans différents secteurs industriels ont d'abord été analysées. Ensuite, un réseau réel formé de trois cours à bois et de trois scieries a été simulé dans un environnement numérique. Le modèle de simulation tente ainsi de refléter le plus fidèlement possible le contexte dans lequel le coordonnateur doit prendre les décisions liées au mouvement des bois. Puis, l'expérimentation de différents scénarios de coordination au sein du réseau de cours à bois a été réalisée et les résultats ont été analysés. Les scénarios de coordination expérimentés ont montré qu'en changeant de stratégies, les distances parcourues pourront être réduites sans nuire au fonctionnement de la chaîne de valeur.

Grâce au modèle de simulation développé, le suivi en temps réel des indicateurs de performance des cours à bois, tels que l'état des stocks, le taux d'occupation, le nombre de camions en attente et le temps d'attente, sera possible. Ainsi, ce modèle servira aux gestionnaires comme outil de prévision pour planifier l'approvisionnement en fonction des conditions courantes et de l'effet sur les opérations à venir. Ceci permettra d'accorder plus de flexibilité dans la prise de décisions.

STRATEGIC MANAGEMENT OF A LOG YARD FOR COORDINATION PURPOSES

Logistics platforms ensure a smooth flow of information and material among business units in a value chain. Nowadays, many forestry companies aim to implement strategies to manage their supply system efficiently. However, sorting and managing log supplies is complex due to the diversity and quality of the species available. In addition, long distances between the forest resource and the processing units result in significant transportation costs. So far, log yards have been rarely exploited as logistics platforms, even though they are able to coordinate the allocation of the right resource to the right processing unit.

This master's degree aims to analyze how coordinating a set of log yards with the real-time knowledge of their inventory status can reduce the travelled distances and better manage the inventories to meet the needs of the sawmills.

The best practices observed in various industrial sectors were analyzed. An actual network of three log yards and three sawmills was simulated in a digital environment. The simulation model seeks to reflect the context in which the coordinator must make decisions related to the movement of logs as closely as possible. Experiments with various coordination scenarios within the log yard network were conducted and the results were analyzed. The tested coordination scenarios showed that distances driven can be reduced by changing strategies without affecting the operation of the value chain.

As a result of the developed simulation model, real-time tracking of log yard performance indicators such as inventory status, occupancy rate, number of trucks waiting, and waiting time will be possible. This model will be a tool for managers to forecast a few months of supply between the spring thaw and possible inter-yard exchanges, providing more flexibility in decision making.



Rami Khayati

Étudiant à la maîtrise
Master's student
rami.khayati.1@ulaval.ca



**NSERC
CRSNG**



**UNIVERSITÉ
LAVAL**



CONSORTIUM DE RECHERCHE FORAC

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