

An aerial photograph of a dense forest with a winding road. The trees are mostly green, with some yellowing, suggesting autumn. The road is a light brown color and curves through the forest. The text 'INFO FORAC' is overlaid on the right side of the image.

INFO FORAC

2023

LAU-1334**8 h 00** Accueil des participants**8 h 45** **Luc LeBel, directeur de FORAC**
Mot de bienvenue**9 h 00** **Jean-Thomas Sexton**
Vers une raboteuse intelligente : modélisation, simulation et optimisation**9 h 30** **Vincent Grondin**
Apprentissage profond pour la détection d'arbres**10 h 00** PAUSE-SANTÉ**LAU-1334****10 h 30** **Flash talk**
Mahtab Mousavi, Rahul Iyer & Julien St-Louis**11 h 00** **Rémy Huot & Nicolas Meagher**
Utilisation de RFID pour monitorer une flotte de transport : l'expérience Domtar**11 h 45** **Elaheh Ghasemi**
Optimization of production-inventory-distribution with mixed production strategies: a case study in the pulp and paper industry**12 h 15** DÎNER**LAU-1334****12 h 45** Sessions d'affiches**13 h 45** **Yves Dessureault**
Titre à venir**14 h 30** PAUSE-SANTÉ**LAU-1334****15 h 00** **Panel sur l'automatisation et l'intelligence artificielle de la forêt aux clients**
Philippe Giguère, Université Laval
Nadia Lehoux, Université Laval
Jonathan Gaudreault, Université Laval
Pierre Cormier, Produits Forestier Résolu
Émilie Lachance, Oikos Construction
Rémi Georges, Université Laval (anciennement FPInnovations)**16 h 30** Mot de la fin

LES SYSTÈMES DE PRODUCTION ET L'ÉQUATION HUMAINE

Elon Musk lui-même disait dans un tweet (évidemment !) que les humains étaient sous-estimés [« Humans are underrated »]. Il faisait référence au zèle excessif que Tesla avait déployé pour automatiser ses usines. Il jugeait que ce zèle expliquait en partie les retards de production du Modèle 3. Toujours selon Musk, la grande force des humains est qu'ils tolèrent mal les problèmes récurrents, ce qui les pousse à innover. Selon la légende, les problèmes de production chez Tesla ont été en partie réglés après de nombreuses nuits blanches passées par Musk lui-même sur le plancher de l'usine avec les équipes de production. La référence à l'équation humaine dans le titre est pour sa part un clin d'œil à l'image même de la Faculté des sciences et de génie de l'Université Laval. On y reconnaît que sans la contribution de personnes bien formées, motivées et appuyées, l'innovation, qui mène entre autres choses à l'automatisation, ne se produit pas.

Le consortium a dépassé cette année la marque de mi-parcours de son programme de recherche FORAC 4.0 et l'équation humaine y est bien présente. Plus de 40 étudiants des cycles supérieurs (M. Sc. et Ph. D.) et 23 stagiaires se sont joints à notre équipe multidisciplinaire au cours des trois dernières années. Plusieurs étudiants ont terminé leurs parcours et certains sont maintenant à l'emploi d'un des partenaires du consortium. En cette époque où la pénurie de main-d'œuvre se fait criante, FORAC réalise donc sa mission : contribuer à la compétitivité du secteur, par l'innovation et la formation de personnes hautement qualifiées. Comme vous le constaterez en lisant cet Info-FORAC, plusieurs projets mèneront à mieux utiliser et valoriser la main-d'œuvre disponible dans l'industrie.

Autre signe des temps, FORAC accueille actuellement l'une des plus fortes proportions d'étudiants et d'étudiantes provenant de l'étranger depuis sa création il y a 20 ans. Ces personnes ont choisi le Canada, l'Université Laval et FORAC pour développer leurs compétences et préparer une vie professionnelle stimulante. En respect de l'équation humaine, nous souhaitons leur offrir un environnement stimulant qui leur permettra de se réaliser. En retour, nous comptons sur leur énergie, intelligence et passion pour favoriser les innovations nécessaires à un avenir prospère et durable.

PRODUCTION SYSTEMS AND THE HUMAN EQUATION

Elon Musk tweeted—obviously!—that humans were underrated. He was referring to Tesla's obsessive efforts to automate its factories, believing this zeal was partly the reason for Model 3 production delays. According to Musk, the human great strength lies in a low tolerance for recurring problems. This leads people to innovate. Rumour has it that Tesla's production problems were partly solved after Musk spent many sleepless nights on the ground with his production teams. The human equation reference in the title truly reflects the science and engineering faculty at Université Laval. The faculty acknowledges that innovation, which may in part lead to automation, cannot happen without the contribution of beneficiaries who are well trained and motivated.

This year, the consortium has gone beyond the midpoint of its FORAC 4.0 research program; the human equation is alive and well. Over 40 MSc and PhD students and 23 interns have joined our multidisciplinary team over the past three years. Many students have completed their studies. Some students are now employed by the consortium's partners. In the midst of a workforce shortage, FORAC is fulfilling its mission to contribute to the sector's competitiveness by innovating and training highly qualified people. Upon reading FORAC News, you will see that many projects lead to better using and appreciating the industrial workforce.

FORAC is currently welcoming one of the largest shares of international students since its inception twenty years ago. These students decided to come to Canada, study at Université Laval, and join FORAC to develop their skills and prepare for a challenging professional life. With respect to the human equation, we hope to offer these students a vibrant environment that will encourage them to fulfill their potential. In return, we are relying on their energy, intelligence, and passion to foster the innovations needed for a prosperous and sustainable future.



Luc LeBel

Directeur

Director

luc.lebel@ulaval.ca

ESTIMATION DE MÉTRIQUES CARBONE AVEC DES MODÈLES D'APPRENTISSAGE AUTOMATIQUE

Le modèle du bilan du carbone du secteur forestier canadien (MBC-SFC3) a été développé en 2005 afin de répondre aux besoins de comptabilité du carbone forestier qu'ont les aménagistes et les analystes forestiers à travers le Canada. Aujourd'hui, le Bureau du Forestier en chef (BFEC) utilise le modèle « *Generic Carbon Budget Model (GCBM)* », une version plus récente et spatialement explicite de MBC-SFC3 pour calculer des métriques carbone associées au calcul des possibilités forestières. Le tout s'effectue à l'aide d'un logiciel de simulation spatialement explicite qui nécessite beaucoup de temps. Ce projet cherche à accélérer ces calculs en estimant ces métriques avec des méta-modèles développés par apprentissage automatique.

Les objectifs principaux du projet étaient d'entraîner des modèles d'apprentissage automatique pour (i) estimer le bilan carbone entre deux strates forestières consécutives et (ii) estimer les principaux réservoirs de carbone à partir des caractéristiques d'une seule strate forestière.

Les travaux ont été effectués en collaboration avec Chaimaa Ghanmi, stagiaire FORAC de 2e cycle à l'été 2021. Un peu plus de 460 expériences ont été effectuées avec différentes approches telles que la régression polynomiale, les forêts aléatoires ainsi que les réseaux de neurones de type MLP (*multilayer perceptron*). Les modèles ayant le mieux performé pour l'estimation du bilan carbone ainsi que pour l'estimation des principaux réservoirs de carbones étaient les réseaux de neurones MLP avec des coefficients de détermination (R-carré) respectifs de 0,87 et de 0,90. En plus des modèles entraînés, la méthodologie utilisée a été documentée et livrée, avec tout le code source nécessaire pour entraîner de nouveaux modèles.

Le transfert technologique avec le BFEC a été effectué avec succès. Les modèles fournis sont maintenant intégrés à la plateforme de planification forestière FMT¹ et ils utilisent actuellement la technologie développée au FORAC pour gérer l'amélioration continue des modèles comme le recommande les pratiques MLOps².

¹ <https://github.com/Bureau-du-Forestier-en-chef/FMT>

² <https://en.wikipedia.org/wiki/MLOps>

ESTIMATING CARBON METRICS WITH MACHINE LEARNING

The Canadian Forest Sector Carbon Budget Model (CBM-CFS3) was developed in 2005 to meet the forest carbon accounting needs of forest managers and analysts across Canada. Nowadays, the BFEC (Bureau du Forestier en chef) uses the Generic Carbon Budget Model (GCBM), a newer and spatially explicit version of CBM-CFS3, to produce carbon metrics used in allowable cut assessment. With the help of carbon metric production, forestry operation planning is carried out with a time-consuming spatially explicit software simulation. This project expedites production by estimating metrics with machine learning-based meta-models.

Main project goals were to train machine-learning models to (i) estimate carbon variation between two consecutive forest stands and (ii) estimate main carbon pools based on characteristics of a given forest stand.

This project was carried out in collaboration with Chaimaa Ghanmi, a FORAC master's degree intern, during the summer of 2021. More than 460 training experiments were conducted with various approaches such as polynomial regression, random forests, and multilayer perceptron (MLP) type neuron networks. With the given dataset, MLP type neuron networks gave best results for carbon variation estimation and main carbon pools estimation with respective r-squared values of 0.87 and 0.90. The methodology used was documented and delivered with the complete source code needed to train new models.

The project technology was successfully transferred to the BFEC. Trained models are integrated into the forest management tool FMT¹ and are currently using technology developed by the FORAC to manage ongoing model improvement as recommended by MLOps² best practices.



Alexandre Morneau, ing.

Professionnel de recherche
Software engineer, research professional
alexandre.morneau@forac.ulaval.ca

ÉTUDE COMPARATIVE SUR LA PRODUCTIVITÉ DES ENTREPRENEURS FORESTIERS DU QUÉBEC

Le manque de connaissances des facteurs affectant la productivité des équipes de récolte du Québec, combiné à un manque d'information factuelle sur le contexte opérationnel des entrepreneurs forestiers induit une lacune quant à l'identification d'actions pouvant améliorer l'efficacité des opérations de récolte. Le but de la présente recherche est de mettre en fonction une méthode permettant de mesurer la performance relative des entrepreneurs de récolte. Pour y parvenir, le moyen retenu est de créer le premier outil de benchmarking visant les entrepreneurs forestiers de toute la province. Il sera alors possible d'établir des relations entre les différentes variables qui affectent les procédés d'opérations dans un contexte favorisant le partage des données et l'amélioration continue.

L'initiative du benchmark québécois fut inspirée d'un benchmarking à succès réalisé depuis plusieurs années en Nouvelle-Zélande. Les variables utilisées, qui affectent la productivité des équipes de récolte, furent adaptées au contexte opérationnel québécois et le benchmark fut même initié au sein de l'industrie à l'hiver 2020. Essentiellement, la participation des membres consiste à recueillir des données sur les caractéristiques du peuplement, le système de récolte utilisé et la productivité de l'équipe, et ce, en toute confidentialité. Les participants peuvent ensuite interpréter leur productivité en se comparant aux autres. Les résultats ont confirmé les besoins du secteur, et surtout, le potentiel d'implantation à plus grande échelle.

La continuité du projet, soit la mise en œuvre efficace et généralisée du benchmark, requiert l'atteinte de deux objectifs spécifiques. D'une part, l'élaboration d'une stratégie facilitant la collecte de données, et d'une autre, la validation de l'utilité du benchmark par le biais de l'industrie. Pour atteindre ces objectifs, une stratégie innovante est retenue afin de susciter l'intérêt des partenaires, en plus de faciliter la collecte de données. Il s'agit de la création d'une application mobile adaptée pour devenir un véritable outil de gestion entre les gestionnaires et les entrepreneurs forestiers. Les résultats attendus avec cet outil sont la mise en place d'un benchmark pratique et appliqué aux opérations courantes de récolte forestière dans le but d'améliorer la productivité et la rentabilité de toute la chaîne d'approvisionnement.

PRODUCTIVITY BENCHMARK FOR QUEBEC HARVESTING CONTRACTORS

The lack of knowledge on factors and factual information that affect the harvest contractors' productivity in Quebec leads to a gap in identifying actions that can improve the efficiency of harvesting operations. The purpose of this research is to implement a method measuring the relative harvesting contractors' performance. To achieve this, the goal is to create the first benchmarking tool used by and for forestry contractors throughout the province. It will then be possible to establish relationships between different variables affecting ground-based operations, in a context that promotes data sharing and continuous improvement.

The Quebec benchmark initiative was inspired by successful benchmarking carried out several years ago in New Zealand. The productivity factors were then adapted to the Quebec operational context, in order to initiate the benchmark into Quebec industry in the 2020 season. Essentially, member's participation consists of collecting data on the characteristics of the stand, the harvesting system used and the productivity of the team, all in complete confidentiality. Participants can then interpret their productivity by comparing themselves to others. The results confirmed the high demand from the industry, and above all, the potential for implementing on a larger scale.

The continuity of the project requires the achievement of two specific objectives. First, developing an innovative strategy for collecting data by creating a mobile application will become a real management tool for harvesting contractors. Second, validating the process with feedback from the industry will be crucial for the success of the benchmark. The results expected through this tool are the establishment of a practical benchmark applied to current forest harvesting operations while aiming at improving the productivity and profitability of the entire supply chain.



William Tardif

Étudiant à la maîtrise

Master's student

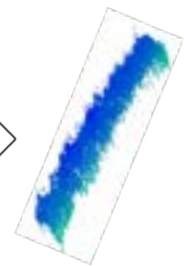
william.tardif.1@ulaval.ca

DÉTECTION ET LOCALISATION DE BILLOTS DE BOIS

Les récents progrès en robotique et en intelligence artificielle nous invitent à croire que l'automatisation des machines forestières est à nos portes. Le porteur forestier, qui ramasse et transporte les billots jusqu'au bord de route, requiert moins de complexité en termes de prise de décision, car il suit les traces de l'abatteuse. L'un des défis importants à surmonter est la détection et la localisation des billots de bois dans l'environnement immédiat du porteur. En effet, bien que l'intelligence artificielle ait atteint des résultats impressionnants en vision numérique, ses performances sont incertaines sur le cas spécifique de la détection des billes de bois.

Notamment, les billots se retrouvent généralement empilés en désordre dans la zone de coupe. Du point de vue d'une caméra, cela signifie d'être en mesure de détecter des objets condensés, allongés et orientés aléatoirement, trois cas où les réseaux de neurones modernes éprouvent des difficultés. Afin d'évaluer la faisabilité d'une approche de détection de billots par vision numérique, le premier objectif du projet de recherche vise à évaluer divers réseaux de neurones de segmentation d'instances. Cela correspond à prédire le contour de chaque billot individuel présent dans l'image. Pour ce faire, un jeu de données d'images de billots de bois dans diverses conditions a été assemblé et densément annoté pour entraîner le détecteur.

Le second objectif du projet consiste à estimer la position en 3D des billots prédits par le détecteur. Pour ce faire, il a été choisi d'utiliser une caméra stéréo, qui permet d'obtenir la distance approximative entre chaque pixel de l'image et l'objectif de la caméra, tel que montré à la figure ci-dessous. On extrait le contour prédit d'un billot du nuage de points fourni par la caméra stéréo et on extrait la position du centre, l'orientation, le diamètre et la longueur du billot à partir de ces points. Les résultats sont jusqu'ici très encourageants, avec une précision de détection avoisinant les 85 %.



WOOD LOG DETECTION AND LOCALISATION

Recent developments in robotics and artificial intelligence are making us believe that forestry machine automation is just around the corner. The forwarder in charge of collecting and transporting logs to the roadside requires less decision-making complexity because it follows the harvester's tracks. Detecting and localising logs in the immediate forwarder environment is one of the major challenges to overcome. Though artificial intelligence has achieved impressive results in computer vision, its performance is uncertain in the specific case of log detection.

More specifically, logs are generally cluttered in the cutting area. From a camera's point of view, modern neural networks currently struggle with three cases of detecting condensed, elongated, and randomly positioned objects. To evaluate the feasibility of a computer vision-based log detection approach, the first research project objective is to evaluate various instances segmentation neural networks, predicting the contour of each individual log in the image. A dataset of log images under various conditions has been assembled and densely annotated to train the detector.

The second project objective is to estimate the logs' 3D position predicted by the detector. We chose to use a stereo camera that gives the approximate distance between each image pixel and the camera lens, as shown in the figure below. The log's predicted contour is extracted from the point cloud provided by the stereo camera; the log's centre, orientation, diameter, and length are extracted from these points. So far, results are very encouraging, as detection accuracy is nearly 85%.



Jean-Michel Fortin

Étudiant à la maîtrise
Master's student
jean-michel.fortin@norlab.ulaval.ca

ALLOCATION DES RESSOURCES FORESTIÈRES DANS DES CONDITIONS D'INCERTITUDE

Les chaînes de valeur forestières sont généralement déséquilibrées en termes d'offre et de demande. Souvent, l'offre disponible dans les forêts dépasse la demande confirmée dans les usines. Lors de l'utilisation de la planification à court terme, on a tendance à utiliser les zones de récolte proches des points de demande. Cela conduit à ce que l'on appelle l'écrémage où la distance de transport moyenne et le travail de transport moyen augmenteront avec le temps en raison de la surutilisation des zones de récolte proches. Cela entraîne une demande à la hausse pour les ressources de transport ainsi qu'une augmentation des coûts de transport à la hausse.

Nous pensons que si nous pouvons trouver un moyen d'intégrer les décisions de la période future dans la planification actuelle, cela pourrait fournir un transport plus équilibré.

Dans notre approche, nous introduisons des périodes de planification futures supplémentaires et faisons des prévisions de la demande de telle sorte que toute l'offre disponible satisfasse la demande prévue. En d'autres termes, nous formulons un modèle où il y a un équilibre entre l'offre et la demande. Il existe quelques approches différentes avec différentes tailles de modèles d'optimisation sous-jacents. Nous testons trois approches (A1-A2) où le nombre de périodes et les méthodes de prévision diffèrent. Ces approches sont ensuite comparées dans un processus de simulation avec la stratégie de planification à court terme existante (E) avec une offre et une demande déséquilibrées et une solution oracle (O) qui fournit une solution théoriquement optimale, car toutes les informations seraient disponibles à l'avance. Comme le montrent les chiffres, les résultats obtenus confirment l'efficacité de la technique décrite. Essentiellement, ils montrent que nous pouvons maintenir la distance moyenne équilibrée dans le temps par rapport à la planification à court terme où la distance moyenne augmente avec le temps. Cela conduira à une meilleure utilisation de la flotte de transport.

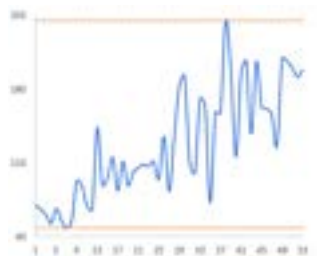


Figure 1. Average distances in Simple Scenario

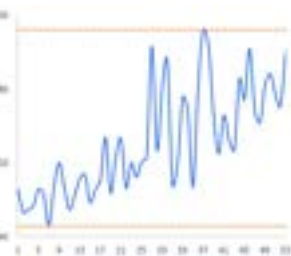


Figure 2. Average distances in 4-AP Scenario

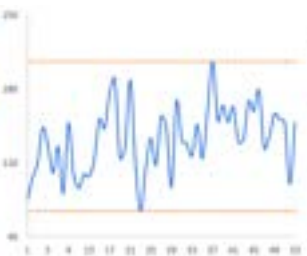


Figure 3. Average distances in N-AP Scenario

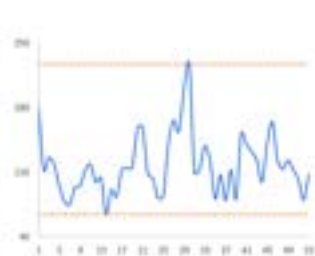


Figure 4. Average distances in the Optimal Solution

FOREST RESOURCE ALLOCATION IN UNCERTAIN ENVIRONMENTS

In terms of supply and demand, forest value chains are typically unbalanced. Available forest supply often exceeds confirmed demand in mills. A trend for using harvest areas close to demand points is seen when using short-term planning, which leads to creaming, where the average transportation distance and average transportation work will increase over time because close harvest areas are overused. Creaming leads to an increase in transportation resource demand and an increase in transportation cost.

If we can find a way to incorporate future period decisions into current planning, we believe transportation could be more balanced.

To ensure all available supply needs satisfied forecasted demand, we have introduced additional future planning periods and made demand forecasts in our approach. In other words, we have formulated a model where there is a balance between supply and demand. A number of various approaches with different underlying optimization model sizes were available. We tested three approaches (A1-A2) where the number of periods and forecast methods differed. In a simulation process, these approaches were compared with the existing short-term planning strategy (E), unbalanced supply and demand, and an oracle solution (O), providing a theoretically optimal solution as all information would be available in advance. Obtained results supported the efficiency of the described technique, as shown in the data. Results showed we could keep the average distance balanced over time compared with the short-term planning, where average distance increases over time. This would lead to a better use of the transportation fleet.



Amirhossein Kazemisaboour

Étudiant au doctorat
Doctoral student
amirhossein.kazemisaboour.1@ulaval.ca

PROBLÈME TACTIQUE DE TRANSPORT DU BOIS AVEC GESTION DES FILES D'ATTENTE

Dans l'industrie des produits forestiers, la ressource naturelle subit une série de transformations afin d'obtenir les produits finaux. Chaque processus de transformation nécessite des équipements spécifiques qui dépendent également des caractéristiques de l'essence opérée. Par exemple, une scierie pourrait être très performante à transformer les billes de gros diamètre, mais inefficace pour les billes de bois de faible diamètre. Pour mieux tirer profit de la spécialisation des scieries et bien répartir les capacités de production, des flux de produits semi-finis sont prévus entre les scieries. Selon la taille du réseau et les quantités transportées, le transport de produits semi-finis peut alors représenter une large partie des coûts opérationnels.

Une première phase de résolution concerne la partie tactique du plan de transport qui vise la répartition des besoins de transport sur les jours de l'horizon, tout en respectant des contraintes telles que le niveau minimum d'inventaire et les dates d'échéance, toutes deux fournies par le plan de production. L'objectif est la minimisation des coûts de transport ainsi que les coûts de stockage.

Une fois l'allocation journalière de besoins de transport établie, le niveau opérationnel s'intéresse à la construction des tournées de camions ainsi que l'ordonnement des opérations de chargement et déchargement aux scieries. La particularité du problème que nous étudions est l'intégration de l'aspect files d'attente aux moments des chargements et déchargements. La majorité des travaux dans la littérature ont eu recours pour résoudre le problème à des solveurs d'optimisation tels que la génération de colonnes, la programmation par contraintes, des programmes linéaires en nombres entiers, ou bien des heuristiques simples (gloutonnes). En plus de la minimisation de la durée des trajets, qui implique la minimisation des temps d'attente, notre approche vise également la minimisation du nombre de camions et les heures supplémentaires.

Les tests de la méthode de routage sont menés sur des instances construites à partir de données réelles de deux partenaires du milieu forestier, soit le Syndicat des producteurs forestiers du Sud du Québec et Domtar. Nous comparons la métaheuristique contre une implémentation d'une méthode gloutonne existante (ASICAM). Les résultats préliminaires montrent l'apport considérable de notre approche.

TACTICAL LOG-TRUCK SCHEDULING AND ROUTING PROBLEM WITH QUEUING

In the forest product industry, raw materials undergo various transformations to get the final products. Each transformation process requires specific equipment that relies on wood characteristics. For instance, sawmills may be efficient when changing large-diameter wood blocks but inefficient when changing small-diameter wood blocks. A flow of semi-finished products among sawmills is anticipated to reap the benefits of factory specialization and better balance production capacity. Transporting semi-finished products may be a large part of operational costs depending on network size and transported quantities.

Tactical transportation planning is the first resolution phase. This phase targets daily transportation needs, all the while facing constraints such as minimum inventory levels and due dates, both provided by the production plan. The objective is to minimize transportation and storage costs, with the possibility of displacing inventory to locations with lower unit costs for future use. The transportation plan also aims at balancing the transportation workload over the planning horizon.

Once the daily transportation allocation has been established, the operational level examines track route construction and the scheduling of sawmill loading and unloading. More specifically, we considered the matter of *queuing* during loading and unloading operations in sawmills. Many research papers have been interested in queuing, and most of the contributions are based on mathematical solvers, such as integer programming, column generation, and constraint programming. In addition to minimizing trip duration, which minimizes wait times, our approach minimizes the number of trucks as well as extra hours.

Routing method tests have been conducted on instances based on real data provided by the SPFSQ (Syndicat des producteurs forestiers du Sud du Québec) and Domtar, two forest industry partners. We compared our metaheuristic with the implementation of an existing greedy heuristic (ASICAM). Preliminary results have clearly shown that our method outperformed the greedy heuristic.



Ala-Eddine Yahiaoui

Stagiaire postdoctoral
Postdoctoral fellow

ÉLABORATION DE STRATÉGIES DE TRIAGE ET DE TRANSPORT FORÊT-USINES

Les chaînes d'approvisionnement forestières comportent de nombreux types d'opérations. Le transfert du bois entre les points d'offre et de demande est une étape fondamentale de ces chaînes d'où l'importance d'optimiser cette opération.

Dans le but d'augmenter la valeur tirée du bois de la chaîne d'approvisionnement, nous avons opté pour l'étude des stratégies de triage. Pour ce faire, nous avons étudié diverses façons de trier le bois en forêt et de le transporter efficacement aux bonnes usines pour maximiser la valeur générée. L'objectif de notre projet consiste à mettre en évidence la méthode de tri à appliquer dans chaque forêt, les chemins à emprunter, la quantité de bois à envoyer à chaque usine et la quantité de bois à échanger entre les installations.

Nous avons d'abord développé un outil de traitement de données sous le langage de programmation Python permettant de générer les fichiers nécessaires pour alimenter un modèle d'optimisation élaboré sous GUSEK. Nous avons par la suite mis sur pied un modèle cherchant à choisir les bonnes méthodes de tri à appliquer dans chaque forêt et les bonnes méthodes de transport du bois de la forêt aux usines et interusines afin de minimiser les coûts encourus. Nous avons validé nos hypothèses en testant des scénarios et avons vérifié la robustesse de notre solution par la réalisation d'une analyse de sensibilité.

Les résultats ont montré que le coût de la chaîne d'approvisionnement est sensible à la modification de certains paramètres tels que le coût de la méthode de tri. Une légère augmentation du coût de cette méthode engendre l'élimination de son application dans quelques forêts, en plus de l'augmentation du coût total de la chaîne. Dans les recherches futures, nous proposons d'intégrer dans notre modèle l'aspect flux de transport pour améliorer les durées de transfert et d'échange de bois.

DEVELOPING SORTING AND TRANSPORTATION STRATEGIES FROM FORESTS TO MILLS

Forest supply chains involve many types of operations. Transferring wood between supply and demand points is a fundamental step in these chains; consequently, optimizing this operation is important.

We chose to study sorting strategies to increase value extracted from wood in the supply chain. We studied many ways to sort wood in forests and efficiently transport it to the right mills to maximize generated value. Our project objective is to highlight the applied sorting method in each forest, routes taken, amount of wood to be sent to each mill, and the quantity of wood to be exchanged among facilities.

We initially developed a data processing tool with the Python programming language to generate the files necessary to feed an optimization model developed in GUSEK. We set up a model to select the right sorting methods to apply in each forest and the right wood transportation methods from forests to mills and among mills to minimize incurred costs. We validated our hypotheses by testing scenarios and tested the robustness of our solution by performing a sensitivity analysis.

Results showed that supply chain cost is sensitive to modifications of some parameters such as sorting method cost. A slight increase in the cost of this method led to its application being eliminated in some forests and the total chain cost being increased. In future research, we suggest integrating the transport flow aspect into our model to improve wood transfer and exchange times.



Mohamed Dhia Eddine Baccouche

Étudiant à la maîtrise

Master's student

mohamed-dhia-eddine.baccouche.1@ulaval.ca

DESIGN D'UN RÉSEAU DE CHAMBRES FROIDES POUR L'ENTREPOSAGE DES PLANTS EMBALLÉS

De nombreux défis sont présents dans le processus de reboisement établi au Québec. Il existe notamment des problèmes de propagation de maladies par le transfert des récipients entre plusieurs sites. Néanmoins, un des plus grands obstacles observés dans le domaine forestier, tout comme dans plusieurs autres industries, est la disponibilité de la main-d'œuvre, autant dans les pépinières que sur les sites de reboisement.

Le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) souhaite augmenter la distribution de plants emballés congelés pour pallier à certaines de ces difficultés. En effet, l'emballage permet d'éliminer le transfert de récipients alors que la congélation offre plus de flexibilité au moment de cueillette et de la plantation, permettant ainsi d'utiliser les ressources lorsqu'elles sont disponibles et d'atteindre des sites plus éloignés avec des plants encore viables.

Le réseau de pépinières publiques du Québec inclut déjà plusieurs chambres froides dont la plupart ont la capacité de congeler les plants. Certaines chambres froides sont également disponibles dans le réseau privé, moyennant un coût de location. Le but du projet est, dans un premier temps, de déterminer comment utiliser le réseau actuel de chambres froides pour répondre aux demandes de plants emballés et dans un deuxième temps, de déterminer le réseau idéal pour répondre à une demande plus grande. Afin de répondre à cette question, il convient de développer un modèle de localisation et d'allocation qui permet de définir l'emplacement des chambres froides à ajouter au réseau ainsi que leur capacité, en plus de déterminer le flux des plants devant y être entreposés.

Le modèle est développé et solutionné grâce au logiciel AMPL. Plusieurs scénarios sont testés pour voir l'impact des différentes priorités du design, soit la réduction des coûts, la minimisation des risques et la proximité aux sites de reboisement. Des scénarios d'augmentation de la demande sont également évalués pour assurer que le réseau soit viable à plus long terme. Le réseau actuel, incluant les locations de chambres froides privées, peut répondre aux besoins, mais il est attendu que le réseau final proposé inclura l'ouverture ou l'agrandissement de chambres froides publiques.

DESIGNING A COLD ROOM NETWORK TO STORE PACKAGED SEEDLINGS

Many challenges exist in Quebec's reforestation process. For example, diseases can be spread by seedling containers among a number of locations. Like many other industries, workforce availability is the biggest problem in the forest industry, both in nurseries and on reforestation sites.

The MFFP (Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs) would like to increase the distribution of frozen packaged seedlings to overcome some of these difficulties. Packaging makes it possible to eliminate container transfers, whereas freezing offers more flexibility when it is time to collect and plant, making it possible to use resources when they are available and reach more remote reforestation sites with seedlings that are still viable.

Quebec's public nursery network is currently equipped with a number of cold rooms; most of these rooms have the ability to freeze seedlings. Some cold rooms are also available in the private network for a rental cost. Firstly, the project will determine how the current cold room network can be used to meet packaged seedling demand. Secondly, the project will determine the ideal network to meet greater demand. To answer this question, a location and allocation model must be developed; this model will make it possible to select cold room locations, determine room capacity, and the flow of stored seedlings.

The model is developed and solved using AMPL software. A number of scenarios are tested to assess the impact of various design priorities such as cost reduction, risk minimization, and proximity to reforestation sites. Demand increase scenarios are also assessed to ensure the network is sustainable in the long term. The current network that includes private cold room rentals can meet needs, but there is an expectation that the proposed final network will include the opening or expansion of public cold rooms.



Tatiana Grimard

Étudiante à la maîtrise
Master's student
tatiana.grimard.1@ulaval.ca

OUTIL DE FORMATION EN LIGNE NOUVELLE GÉNÉRATION POUR LA LOGISTIQUE FORESTIÈRE

Le Virtual Wood Supply Arena (VWSA) est un outil de formation en ligne pour la gestion de l'approvisionnement du bois rond. L'environnement de formation simule des périodes de douze semaines avec des objectifs de livraison mensuels aux usines tout en gérant les conditions météorologiques et la traficabilité du site pour la récolte et le transport.

Le VWSA est conçu pour se rapprocher le plus possible de la réalité dans un environnement en ligne. Il comprend trois rôles par entreprise (choix des zones de récolte, planification de la récolte et du transport) gérant dix équipes de récolte et dix camions sur quatre régions d'approvisionnement et deux zones climatiques. Les livraisons de 5 groupes d'essences sont gérées vers cinq usines (deux papetières et trois scieries). Les objectifs de l'équipe incluent la précision de la livraison mensuelle aux usines, l'utilisation de la capacité, les distances de relocalisation des équipements et du transport.

Chaque scénario de formation de douze semaines peut être sélectionné parmi quatre cycles météorologiques annuels. La formation comprend à la fois le développement d'objectifs mensuels ainsi que des décisions hebdomadaires pour chacune des trois fonctions.

Dans le cadre de la formation universitaire, le VWSA offre un haut niveau de réalisme et un apprentissage accéléré basé sur l'expérience. Les participants réagissent aux variations hebdomadaires typiques et atypiques de l'environnement d'exploitation et apprennent l'allocation géographique efficace des ressources, ainsi que la gestion adaptative des stocks en bordure de route pour assurer des livraisons fiables.

L'exercice convient aux participants qui ont une compréhension de base de la gestion de la production et du transport dans les systèmes d'approvisionnement par bois tronçonnés. Une seule séance d'entraînement nécessite 4 à 6 heures et est suivie d'une analyse post-session des performances de l'équipe. Les premiers prototypes ont été implantés à SLU (Swedish University of Agricultural Sciences) et à l'Université Laval en 2022. Une fonction de benchmarking est en cours de développement afin que les équipes concurrentes puissent comparer leur performance à une solution optimale.

NEXT-GENERATION ONLINE TRAINING TOOL FOR FOREST LOGISTICS

The Virtual Wood Supply Arena (VWSA) is an online training tool for managing roundwood supply. The training environment simulates twelve-week periods with monthly mill delivery goals while handling weekly weather conditions and site trafficability for harvesting and hauling.

The VWSA is designed to reflect an online environment reality as much as possible. The VWSA includes three roles per company—purchase, production, and transport managers—each managing ten harvesting teams and ten trucks in four supply regions and two climatic zones. Deliveries of five assortments are managed to five mills: two pulp mills and three sawmills. Team KPIs include monthly delivery precision per mill assortment, capacity utilization, as well as equipment relocation and hauling distances.

Each twelve-week training scenario may be selected among four annual seasonal changes. Training includes monthly goal development and weekly decisions for the three functions.

In the context of academic training, the VWSA provides a high level of realism and accelerated experience-based learning. Participants react to typical and atypical weekly variation in the operating environment and learn effective geographical resource allocation. They also learn adaptive roadside stock management to ensure reliable deliveries.

The exercise is suitable for participants with a basic understanding of production and transport management in CTL supply systems. One session requires four to six hours of training. This is followed by a post-mortem analysis of team performance. The first prototypes were implemented in forestry training at SLU (Swedish University of Agricultural Sciences) and Université Laval in 2022. A benchmarking function is under development for competing teams to compare their performance with an optimal solution.



Philippe Marier, ing., M.B.A.

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



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