Vigie des tendances technologiques du secteur de l'aménagement forestier au Québec

Octobre 2025

FORÊT COMPÉTENCES
Comité sectoriel de main-d'œuvre en aménagement forestier

TALSOM

Table des matières

- **Contexte de la vigie**
- **Enjeux et tendances du secteur**
- **Technologies courantes et émergentes par segments de la chaîne de valeur forestière**
  - Planification, supervision et gestion
  - Construction de chemins forestiers
  - Récolte et transport
  - Travaux sylvicoles
  - Transformation et valorisation
- **Sources**

Objectifs de la vigie

Dresser un tableau des enjeux et tendances de l’industrie de l’aménagement forestier

Présenter une revue des **technologies courantes et émergentes** selon les 5 grandes activités de la chaine de valeur

Préparer l'atelier de **projection**

Contexte de la vigie

Pourquoi faire une vigie?

La vigie est la première étape pour mettre au jour les meilleures pratiques, tant dans le secteur visé qu'à l'extérieur de celui-ci.

Elle nous permet de nourrir les participants des ateliers à venir avec des éléments d'inspiration concrets pour les adapter au contexte et aux enjeux de ForêtCompétences.

Nous avons, entre autres, cherché à identifier:

1. Les tendances sociétales qui auront un impact sur le secteur forestier dans les années à venir
2. Les technologies disponibles et celles émergentes ou des exemples de projets pilotes.

La vigie est un outil d'inspiration

Nos sources de données

Pour mener notre vigie technologique, nous avons adopté une approche en deux phases.

Dans un premier temps, nous avons consulté différents experts du domaine, afin de les interroger au sujet de l'état du secteur, des grandes avancées des dernières années ainsi que des prochaines grandes étapes technologiques en foresterie.

Ensuite, nous avons approfondi nos recherches en examinant des **études et diverses sources de presse, incluant la participation à un congrès de Groupements Forestiers Québec,** pour identifier des applications pratiques et des exemples concrets de ces technologies.

Cette méthodologie nous a permis de combiner une vision stratégique avec des cas d'utilisation réels, assurant une compréhension complète et applicable des tendances technologiques.

6 entretiens

1 congrès

+ 40 sources de données

Source: Google Images

La vigie que nous présentons est structurée par **secteurs d'activités de la chaîne de valeur forestière**: de la planification jusqu'à la transformation. Cette approche permet de bien situer chaque technologie dans son contexte opérationnel.

En parallèle, il est utile de prendre du recul et de constater que ces technologies s'inscrivent dans **six grandes familles numériques transversales:**

1. Connectivité, cloud & interopérabilité
2. Internet des objets (IoT)
3. Mécanisation, automatisation & robotique
4. Big Data & analytique
5. Intelligence artificielle
6. Blockchain & traçabilité

Ces familles, déjà reconnues dans d'autres industries, offrent une grille de lecture complémentaire qui aide à comprendre :

- comment les innovations se regroupent,
- comment elles se renforcent mutuellement,
- et comment elles s'articulent dans une véritable chaîne numérique intégrée.

l'image: FPInnovations

Les grandes activités de la chaîne de valeur

Cette vigie explore les technologies présentes à travers les différentes étapes de la chaîne de valeur forestière, depuis la planification des opérations jusqu'à la livraison du bois à l'usine.

Compte tenu de l'importance des échanges et de la circulation de données avec les usines, l'étape de transformation et de valorisation a également été considérée dans l'analyse.

Planification, supervision et gestion

Construction de chemins forestiers

Travaux sylvicoles

Récolte et transport du bois

Transformation et valorisation.

Les métiers forestiers impactés directement ou indirectement

Cette vigie considère également les métiers de la chaîne de valeur forestière impactés par les technologies. L'objectif est de repérer, pour chaque métier, de quelle manière les innovations numériques viennent influencer leur réalité : soit par un impact direct sur les tâches quotidiennes, soit par un effet plus indirect lié à l'évolution des pratiques et des environnements de travail.

Les métiers manuels, comme ceux du reboisement ou du débroussaillage, demeurent pour l'instant les moins touchés par la transformation numérique, les technologies associées à ces activités étant encore à un stade de développement moins avancé que dans les métiers mécanisés ou de supervision.

Métier de supervision, gestion et techniques

Ingénieur forestier

Contremaître forestier

Technicien/ technologue forestier

Gestionnaire d'entreprise/ entrepreneur

Mesureur de bois

Marteleur

Métiers mécanisés

Opérateur de machines en voirie forestière

Opérateur de machines en récolte du bois

Opérateurs de machines pour la préparation de site

Camionneur forestier

Métiers manuels

Débroussailleur

Abatteur manuel

Reboiseur

Enjeux et tendances du secteur

Enjeux et tendances du marché

Une tendance technologique n’arrive d’ailleurs jamais seule : elle évolue en parallèle de changements sectoriels, sociaux et économiques étroitement liés. L’évolution du marché du travail, la montée des exigences environnementales, les perturbations externes et l’innovation rapide représentent autant de variables interreliées, agissant simultanément comme **facteurs de changement** et **catalyseurs d’évolution** pour le secteur forestier.

Dans cette section, nous vous présentons un survol **des tendances qui façonnent l’avenir de la foresterie** au Québec et à l’échelle mondiale, ainsi que les principaux facteurs que les acteurs du milieu devront considérer pour adapter leurs stratégies et tirer parti de ces transformations.

Situation actuelle du secteur:

- Facteurs économiques et commerciaux
- Approvisionnement et environnement
- Cadre légal et gouvernance
- Opportunités malgré l’incertitude

Enjeux et tendances générales

- Automatisation et robotisation
- Données et connectivité
- Intelligence artificielle et analytique
- Durabilité et environnement
- Main-d’œuvre et compétences
- Sécurité et réglementation
- Collaboration et communication

Situation actuelle du secteur

Le secteur de l'aménagement forestier au Québec est marqué par une forte incertitude pour les cinq prochaines années. Plusieurs facteurs économiques, environnementaux et politiques rendent difficile la prévision des tendances de l'emploi, et les entreprises évoluent dans un climat instable où les décisions d'investissement sont freinées.

Facteurs économiques et commerciaux

La dépendance au marché américain fragilise l'industrie, avec le conflit sur le bois d'œuvre et la menace de nouveaux droits tarifaires. La baisse de la demande liée au ralentissement économique et la concurrence européenne maintiennent les prix du bois à un niveau bas, accentuant la vulnérabilité des entreprises.

01

Approvisionnement et environnement

Les feux de forêt de 2023 ont réduit la possibilité de récolte dans plusieurs régions, et les investissements en reboisement demeurent insuffisants. Les mesures de protection du caribou, le Plan Nature 2030 et les revendications autochtones renforcent les incertitudes quant à l'accès à la ressource.

02

Cadre légal et gouvernance

Après le dépôt, en avril 2025, du projet de loi 97 visant à réformer le régime forestier, celui-ci a finalement été abandonné à la suite de vives critiques, notamment de la part des nations autochtones. Le gouvernement demeure toutefois en réflexion quant à la mise en place d'un nouveau régime forestier qui offrirait davantage de stabilité et de flexibilité à l'industrie.

03

Opportunités malgré l'incertitude

Malgré ces défis, la demande pour les travaux sylvicoles s'élargit à d'autres secteurs, tels que les énergies vertes, le transport ferroviaire et les municipalités. Le bois joue aussi un rôle croissant dans la transition climatique, et le programme fédéral de plantation de deux milliards d'arbres ouvre de nouvelles perspectives pour le reboisement et la production de plants.

04

Source des images: Unsplash

Les enjeux et tendances du secteur (1/2)

Automatisation et robotisation

L'automatisation partielle des machines forestières progresse, mais demeure limitée par des contraintes réglementaires et de sécurité. Des fonctions comme les chargeurs automatisés ou le "platooning" (camions en convoi) sont déjà testées, mais toujours avec un conducteur présent. Les perspectives 5–10 ans prévoient davantage de fonctions automatisées, sans atteindre une autonomie complète. Cette tendance vise à **compenser la rareté de main-d'œuvre et à réduire les coûts, mais suscite des résistances chez certains opérateurs expérimentés.**

01

Données et connectivité

La connectivité est un enjeu central. L'arrivée de solutions comme Starlink permet d'assurer un suivi en temps réel des opérations, réduisant les délais de communication et améliorant la coordination sur le terrain. Cependant, **la fragmentation des systèmes et le manque de standardisation limitent encore la valorisation complète des données**. Des initiatives comme l'API de centralisation des bons de transport et les projets de bases de données ouvertes en *cloud* visent à renforcer l'interopérabilité et la fiabilité des données.

02

Intelligence artificielle et analytique

L'IA est perçue comme un levier majeur d'optimisation, notamment pour l'analyse d'images (ex. détection d'erreurs des opérateurs, reconnaissance automatique de superficies travaillées via drones, etc.). Au Québec, plusieurs projets pilotes sont en cours : caméras embarquées pour filmer les opérateurs et améliorer la formation, outils d'IA pour estimer la biomasse ou cartographier la forêt, et collaborations avec des universités (McGill, MILA). **L'adoption reste toutefois freinée par des problèmes de confiance envers certains outils et par la faible capacité des petites entreprises à investir.**

03

Durabilité et environnement

Le Québec se distingue des pays scandinaves par la gestion de forêts naturelles visant à préserver la biodiversité, plutôt que par des plantations intensives. Cela complexifie l'adaptation de technologies développées ailleurs, mais aligne le secteur sur des attentes sociétales croissantes en matière de durabilité. **Les changements climatiques accentuent la rareté de la ressource et imposent de nouvelles pratiques** d'aménagement pour protéger les sols et les cours d'eau. La certification environnementale et les attentes en matière de réduction des GES renforcent la pression pour une foresterie durable.

04

Source des images: Unsplash

Les enjeux et tendances du secteur (2/2)

Main-d'œuvre et compétences

Le secteur fait face à un double défi : vieillissement de la main-d'œuvre et difficulté à attirer des jeunes. Les nouvelles technologies (drones, outils numériques, simulateurs) sont perçues comme des leviers pour séduire la relève, mais l'adoption demeure freinée par la résistance des travailleurs plus âgés et par des programmes de formation parfois en retard sur l'évolution technologique. Le **recrutement et la relève sont parmi les plus grands enjeux**, nécessitant un renforcement de la formation continue et du développement des compétences.

05

Sécurité et réglementation

Le cadre réglementaire québécois encadre strictement l'utilisation des machines forestières et la santé des travailleurs, mais il n'est pas encore adapté à l'automatisation et à la téléopération. Les normes actuelles exigent la présence d'un opérateur et limitent ainsi l'expérimentation de machines semi-autonomes, freinant l'innovation. Dans le même temps, la mise à jour des règles sur la sécurité en forêt (ex. premiers secours, équipements) souligne la **nécessité de moderniser le cadre légal afin de concilier la protection des travailleurs avec l'intégration progressive des nouvelles technologies.**

06

Collaboration et communication

Le secteur forestier québécois fonctionne encore trop souvent en silos, chaque organisation protégeant ses données et ses pratiques. Cette fragmentation limite l'efficacité collective et freine l'adoption des innovations. **Une meilleure collaboration et un partage plus ouvert des données permettraient d'optimiser la planification et la logistique à l'échelle de l'industrie**. À titre d'inspiration, la Suède a développé Biometria, une co-entreprise regroupant coopératives et entreprises forestières, qui gère de façon centralisée la collecte, l'échange et la validation des données de récolte. Un modèle similaire au Québec pourrait renforcer la transparence, réduire les coûts et accélérer l'innovation.

07

Source des images: Unsplash

Sommaire exécutif

Sommaire de la transformation à chaque étape de la chaîne forestière

PLANIFICATION, SUPERVISION ET GESTION	**Vers une planification proactive et intelligente** Les technologies actuelles (LiDAR, SIG, GPS, drones, images satellites) permettent déjà d'obtenir une cartographie fine et des modèles 3D, de suivre l'état des peuplements et d'appuyer la planification opérationnelle. Avec l'IA et les outils prédictifs, on se dirige vers une capacité accrue d'anticiper les rendements, d'identifier plus tôt les anomalies et de simuler des scénarios de gestion.
CONSTRUCTION DE CHEMINS FORESTIERS	**Moderniser la construction tout en limitant les impacts** L'usage de cartes topographiques et de données LiDAR soutient aujourd'hui la localisation et la conception des routes forestières. Demain, les engins autonomes ou téléopérés et l'analyse prédictive de zones sensibles.
RÉCOLTE ET TRANSPORT DU BOIS	**Vers une logistique hautement automatisée et connectée** Aujourd'hui, les abatteuses informatisées, applications mobiles, bons de transport numériques et capteurs embarqués assurent un suivi plus précis des opérations et des flux de bois. Les prochaines innovations – porteurs semi-autonomes, *platooning* de camions, scan automatique des chargements et suivi en temps réel des flottes – ouvriront la voie à une récolte et un transport beaucoup plus efficace et intégré.
TRAVAUX SYLVICOLES	**Entre modernisation et amélioration du travail manuel** Les équipements motorisés et les drones facilitent déjà les travaux sylvicoles non commerciaux. De nouvelles solutions comme les planteuses semi-autonomes, les drones semeurs et les exosquelettes permettent d'« augmenter » le travail manuel plutôt que de le remplacer. Leur efficacité reste toutefois limitée, ce qui pose un dilemme : investir dès maintenant dans ces innovations ou concentrer les efforts sur des maillons plus critiques de la chaîne.
TRANSFORMATION ET VALORISATION	**Continuité numérique et réduction des silos** Les technologies de traçabilité et d'intégration permettent déjà de relier forêt et usine pour améliorer la qualité, la conformité et l'optimisation des volumes ainsi que le lien entre le bois récolté et le panier de produit devant être produit par la scierie. Les prochaines avancées viseront surtout à réduire les silos et à instaurer une véritable continuité numérique, du bois sur pied jusqu'au produit fini.

Résumé des technologies courantes et émergentes

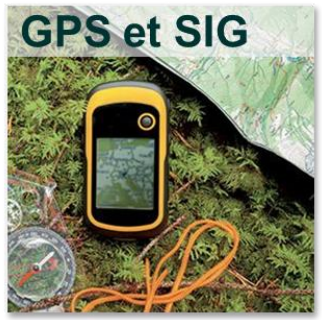
PLANIFICATION, SUPERVISION ET GESTION

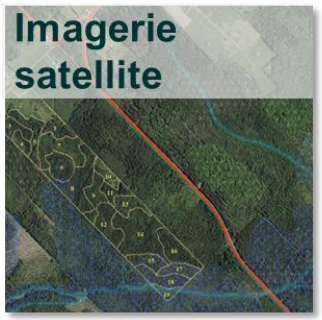
CONSTRUCTION DE CHEMINS FORESTIERS

RÉCOLTE ET TRANSPORT DU BOIS

TRAVAUX SYLVICOLES

TRANSFORMATION ET VALORISATION.





COURANTES

- **Connectivité satellite (ex. Starlink):** permet la communication en temps réel, même en zones reculées, une condition essentielle pour superviser et automatiser les opérations.
- **LiDAR :** permet une cartographie fine de la forêt et une estimation précise des volumes et de la biomasse, ce qui améliore la qualité de la planification.
- **GPS & SIG :** assurent une localisation précise et une gestion spatiale intégrée des activités forestières, facilitant la prise de décision terrain.
- **Drones :** offrent une couverture rapide pour cartographier les travaux et suivre leur progression avec un haut niveau de détail.
- **Images satellites/aériennes :** utiles pour inventorier et suivre de vastes superficies et détecter des anomalies.
- **Compas numériques :** remplacent les outils de mesure traditionnels en forêt, réduisent les erreurs de mesure et augmentent la productivité.

ÉMERGENTES

- **IA :** capable d'interpréter automatiquement les données issues de drones et de LiDAR, réduisant le temps d'analyse humaine.
- **Outils prédictifs :** anticipent le rendement et identifient plus tôt les menaces, ouvrant la voie à une gestion proactive.
- **Détection de superficies par drones et IA:** projet pilote par le CERFO qui permet de capter des images aériennes, ensuite analysées par des modèles d'intelligence artificielle capables de délimiter automatiquement les zones travaillées.
- **Imagerie satellite:** projet pilote par le MNRF qui permet de surveiller de vastes superficies de forêt de manière continue, rapide et économique.

Résumé des technologies courantes et émergentes

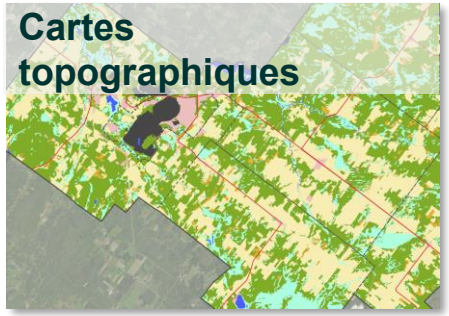
PLANIFICATION, SUPERVISION ET GESTION

CONSTRUCTION DE CHEMINS FORESTIERS

RÉCOLTE ET TRANSPORT DU BOIS

TRAVAUX SYLVICOLES

TRANSFORMATION ET VALORISATION.



COURANTES

- **Cartes topographiques & SIG :** apportent une base solide pour concevoir et planifier les routes en fonction du relief et des contraintes du terrain.

ÉMERGENTES

- **Engins autonomes/téléopérés :** réduisent les risques pour les opérateurs en limitant leur exposition aux environnements difficiles.
- **Détection automatisée des chemins les plus vulnérables à la dégradation:** projet pilot lancé par le CERFO pour développer une méthode automatisée d'identification et de classification des chemins forestiers selon leur potentiel de dégradation.

Résumé des technologies courantes et émergentes

PLANIFICATION, SUPERVISION ET GESTION

CONSTRUCTION DE CHEMINS FORESTIERS

RÉCOLTE ET TRANSPORT DU BOIS

TRAVAUX SYLVICOLES

TRANSFORMATION ET VALORISATION.

COURANTES

- **Abatteuse avec ordinateur de bord**
  - Abatteuses équipées d'ordinateurs de bord et de télémétrie pour optimiser la coupe.
  - Suivi centralisé des opérations et performance en temps réel.
- **Tableaux de bord de gestion de flotte**
  - Agrègent et visualisent les données collectées par les ordinateurs de bord et la télémétrie.
  - Permettent aux gestionnaires de suivre la productivité, l'état mécanique et les temps d'arrêt des machines.
- **Logiciels de logistique et de traçabilité**
  - Applications mobiles (ex. Kizeo Forms) pour saisir et partager les données terrain.
  - Capteurs et caméras embarqués (ex. Dryade AI / CARVI) pour calculer automatiquement les volumes de bois.

ÉMERGENTES

- **Feuillets de transport numériques**
  - Digitalisation des bons de transport pour fluidifier la logistique.
  - Intégration avec les usines pour assurer traçabilité et conformité.
- **Camionnage autonome/téléopéré :**
  - Réduisent les risques pour les opérateurs en limitant leur exposition aux environnements difficiles.
- **Machinerie hybride/électrique**
  - Premiers tests de porteurs et abatteuses hybrides/électriques.
  - Réduction de l'empreinte carbone et des coûts de carburant, tout en améliorant l'efficacité énergétique.

Résumé des technologies courantes et émergentes

PLANIFICATION, SUPERVISION ET GESTION

CONSTRUCTION DE CHEMINS FORESTIERS

RÉCOLTE ET TRANSPORT DU BOIS

TRAVAUX SYLVICOLES

TRANSFORMATION ET VALORISATION.

COURANTES

- **Scarificateurs mécanisés**
  - Préparent efficacement le sol avant la plantation.
  - Remplacent une partie du travail manuel intensif et accélèrent les opérations.
- **Débroussailleuses motorisées**
  - Outils standards, simples et fiables pour l'entretien des peuplements.
  - Restent très répandus grâce à leur efficacité et accessibilité.

ÉMERGENTES

- **Machines planteuses semi-/automatisées**
  - Accélèrent le reboisement en mécanisant une partie du processus.
  - Encore peu répandues et parfois moins efficaces que le travail manuel à court terme.
- **Drones semeurs**
  - Automatisent partiellement le semis à grande échelle.
  - Potentiel prometteur, mais encore en phase de tests et d'optimisation.
- **Exosquelettes**
  - Soutiennent physiquement les travailleurs dans les tâches manuelles.
  - Réduisent la fatigue, améliorent l'ergonomie et prolongent la capacité de travail.

Résumé des technologies courantes et émergentes

PLANIFICATION, SUPERVISION ET GESTION

CONSTRUCTION DE CHEMINS FORESTIERS

RÉCOLTE ET TRANSPORT DU BOIS

TRAVAUX SYLVICOLES

TRANSFORMATION ET VALORISATION

COURANTES

Infonuagique (Cloud)

- Centraliser de grandes quantités de données (inventaires, LiDAR, GPS, télémétrie, compas numériques)
- Nettoyer et partager les données rapidement entre les différents acteurs de la chaîne de valeur

ÉMERGENTES

Systèmes interconnectés

- Brisent les silos entre la forêt et l'usine.
- Ouvrent la voie à une continuité numérique du bois, de la coupe au produit fini.
- Gestion du flux de bois / Cour intelligente / Gestion intelligente entre le matériau et les besoins en produits

⚠ ***Note de portée de la vigie***

•Cette vigie se concentre principalement sur les étapes forestières.

•La transformation et la valorisation du bois n'ont pas été analysées en détail à ce stade.

Vigie détaillée

Instructions pour la lecture de la vigie

Pour faciliter votre lecture, nous avons structuré cette vigie en sections, appuyées par des codes de couleur. Cela permet de naviguer plus facilement dans le document, de repérer rapidement les éléments clés et d'aller directement aux sections qui vous intéressent le plus.

Étape de la chaîne de valeur forestière et nom de la technologie présentée

2 codes de couleurs:
Vert: Technologies courantes
Jaune: Technologies émergentes ou projet pilote

Survol général de la technologie et de son contexte d'utilisation

Cas d'usages concrets et exemples d'utilisation

Liste des métiers impactés par cette technologie à cette étape de la chaîne de valeur forestière

PLANIFICATION, SUPERVISION ET GESTION

PLANIFICATION, SUPERVISION ET GESTION

Technologies courantes

Connectivité satellite (Starlink)

La connectivité satellite, notamment via Starlink, permet d'apporter l'internet haute vitesse dans les camps et chantiers forestiers isolés. Elle soutient la coordination des opérations, la communication entre les équipes et le transfert de données en temps réel (plans, rapports, suivi machine).

Au Québec, son adoption s'accélère depuis 2021, particulièrement dans les régions sans couverture cellulaire. Alors que la communication en forêt était historiquement limitée à la radio ou au cellulaire sporadique, l'arrivée de solutions satellitaires accessibles a transformé la gestion des opérations. Cette technologie est aujourd'hui courante et considérée comme un standard pour de nombreux entrepreneurs.

Source de l'image: Google images

Utilisation dans le secteur

Communication

Relier en permanence les équipes sur le terrain avec les bureaux de gestion.

Sécurité des travailleurs

Offrir des canaux fiables de communication pour les équipes en région isolée.

Transmission de données

Envoyer et recevoir en temps réel les cartes, rapports et directives opérationnelles.

Coordination logistique

Optimiser le transport du bois et l'approvisionnement grâce à une meilleure circulation de l'information.

Suivi des machines

Assurer la remontée continue des données de télémétrie et de positionnement des équipements forestiers.

Métiers impactés

Impact direct

Impact indirect

Tous les métiers forestiers sont impactés.

PLANIFICATION, SUPERVISION ET GESTION

Technologies courantes

LiDAR

Le LiDAR (Light Detection and Ranging) est une technologie de télédétection qui utilise des faisceaux laser pour produire des modèles 3D précis du couvert forestier. En foresterie québécoise, le LiDAR fournit des données très précises sur la topographie (modèles numériques de terrain, pentes) et la structure des peuplements (hauteur, densité des arbres), ce qui facilite la planification des routes, l'inventaire forestier et la gestion des opérations.

Il est reconnu comme une avancée majeure, mais son exploitation demeure limitée. En Scandinavie et en Europe, les données sont déjà traitées par des algorithmes pour produire automatiquement des cartes opérationnelles prêtes à l'emploi, alors qu'au Québec, l'interprétation reste largement manuelle.

Source de l'image: LBprofor

Utilisation dans le secteur

Inventaire forestier

Permet d'estimer le volume de bois sur pied, la hauteur des arbres et la densité des peuplements, avec une précision supérieure aux relevés traditionnels.

Analyse de la structure forestière

Repérage des zones plus fragiles, des structures des peuplements et des zones de régénération.

Planification des coupes

Utilisé pour cartographier les peuplements et déterminer les blocs d'intervention en fonction de la biomasse disponible.

Suivi des opérations

Les données LiDAR intégrées dans les systèmes SIG permettent de valider les volumes et d'ajuster la planification.

Calibration et supervision

Certaines abatteuses utilisent déjà les données LiDAR embarquées pour ajuster leurs opérations.

Métiers impactés

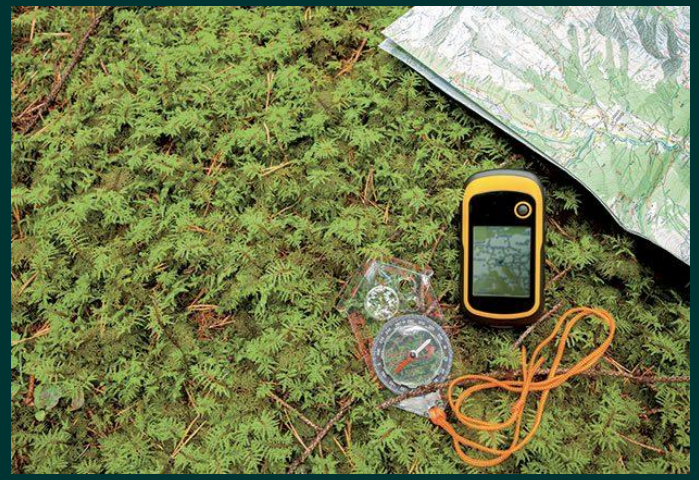
Impact direct

Impact indirect

PLANIFICATION, SUPERVISION ET GESTION

Technologies courantes

GPS et SIG



Le GPS (Global Positioning System) et les SIG (systèmes d'information géographique) sont largement intégrés dans les pratiques de planification et de supervision forestière. Le GPS fournit une localisation précise sur le terrain, tandis que les SIG permettent d'analyser, de stocker et de visualiser spatialement les données collectées.

En forêt publique, l'usage du GPS est déjà généralisé, alors que dans la forêt privée, l'adoption demeure plus progressive. L'interopérabilité entre systèmes reste un défi, plusieurs entreprises utilisant encore des logiciels fragmentés.

Source de l'image: Fédération des producteurs forestiers du Québec

Utilisation dans le secteur

Délimitation des blocs

Tracer précisément les limites des coupes et des zones d'intervention

Traçabilité et conformité

Documenter les interventions afin de répondre aux audits réglementaires et environnementaux.

Planification des infrastructures

Concevoir et ajuster les chemins forestiers en fonction du relief et des contraintes environnementales.

Intégration de données multiples

Combiner les relevés LiDAR, les images satellites et les observations terrain dans une même plateforme de gestion

Supervision en temps réel

Suivre la localisation des machines et des opérateurs pour améliorer la coordination et la sécurité.

Métiers impactés

Impact direct

Impact indirect

PLANIFICATION, SUPERVISION ET GESTION

Technologies courantes

Drones

Les drones, équipés de caméras RGB ou multispectrales, sont de plus en plus utilisés pour collecter rapidement des données visuelles et géospatiales. Ils permettent une inspection sécuritaire des chantiers et produisent des orthophotos et modèles 3D précis pour la planification, le suivi et la conformité des travaux. Leur usage s'étend également aux travaux sylvicoles, notamment pour le suivi de régénération, la mesure de la densité des plantations et la détection des zones manquantes.

Au Québec, le CERFO et FPInnovations mènent plusieurs projets visant à intégrer l'IA pour automatiser l'analyse des images captées, tandis que certaines entreprises forestières commencent à utiliser les drones pour remplacer ou compléter les inventaires manuels.

En Scandinavie, les drones sont déjà pleinement intégrés aux suivis de régénération à grande échelle, illustrant le potentiel de cette technologie pour une sylviculture de précision.

Source de l'image: LBprofor

Utilisation dans le secteur

Cartographie de précision

Produire des orthophotos géoréférencées, des modèles 3D pour planification, suivi et conformité de travaux.

Surveillance de la régénération

Évaluer la reprise des plantations ou la densité des rejets après coupe. Identifier les zones où la régénération est insuffisante.

Suivi sylvicole

Mesurer automatiquement les superficies reboisées ou débroussaillées, souvent avec le support d'algorithmes d'IA. Mesurer la densité et la vigueur des plantations au fil du temps.

Optimisation des déplacements

Limiter les tournées pédestres des techniciens et réduire le temps nécessaire à la collecte de données

Inspection des chantiers

Détecter les chablis, les zones non traitées ou les dommages causés par des événements climatiques.

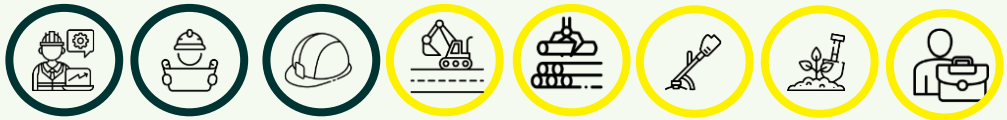
Reboisement par drone

Expérimenter le semis automatisé dans les zones brûlées.

Métiers impactés

Impact direct

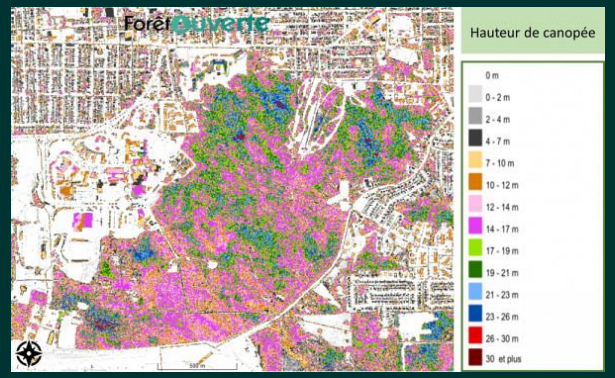
Impact indirect



PLANIFICATION, SUPERVISION ET GESTION

Technologies courantes

Images satellites ou aériennes



Les images satellites et les photos aériennes fournissent une vision globale et continue de l'état du territoire. Elles sont particulièrement utiles à l'échelle régionale et complètent les relevés drones et LiDAR.

Les images satellites deviennent de plus en plus accessibles grâce à des plateformes commerciales offrant des données prétraitées. Au Québec, elles sont surtout mobilisées par les grands donneurs d'ouvrage, mais leur intégration gagne du terrain dans les PME forestières.

Source de l'image: Wikimedia Commons

Utilisation dans le secteur

Surveillance sanitaire et climatique

Détecter rapidement les sécheresses, maladies et infestations d'insectes (p. ex. tordeuse des bourgeons de l'épinette).

Ciblage des interventions prioritaires

Repérer les zones à risque (stress hydrique, mortalité d'arbres) afin d'orienter les équipes terrain.

Détection d'anomalies

Comparer des images prises à intervalles réguliers pour identifier les anomalies dans le couvert forestier.

Appui à la planification stratégique

Surveiller de vastes massifs forestiers et ajuster la planification annuelle en fonction de l'évolution des peuplements.

Mise à jour des plans d'aménagement

Actualiser la cartographie de référence en fonction des changements observés, parfois à une fréquence de trois jours (ex. projet pilote Solifar).

Estimation de la biomasse par satellite

Utiliser l'imagerie multispectrale et radar pour mesurer la hauteur du couvert et la biomasse.

Métiers impactés

Impact direct

Impact indirect

PLANIFICATION, SUPERVISION ET GESTION

Technologies courantes

Compas numériques

Le compas forestier numérique est un outil électronique portable utilisé pour mesurer le diamètre des arbres sur pied lors des inventaires forestiers ou dans tout autre contexte comme le mesurage des bois abattus. Il permet de réaliser des relevés plus rapidement et avec une précision accrue par rapport aux méthodes traditionnelles. Il enregistre automatiquement les données (diamètre, essence, position GPS) et les exporte vers des logiciels de traitement.

Au Québec, son usage se répand dans les inventaires forestiers, les suivis de régénération et les chantiers de martelage. Ces appareils améliorent la qualité et la fiabilité des données recueillies, tout en facilitant leur transfert et leur stockage dans les bases de données.

Source de l'image: Agriexpo

Utilisation dans le secteur

Délimitation des placettes

Repérer et géoréférencer avec précision les points d'échantillonnage pour les inventaires forestiers.

Traçabilité et conformité

Assurer une meilleure qualité des données transmises aux systèmes de planification, en réduisant les erreurs de transcription.

Inventaires forestiers

Collecter les données de régénération et de croissance des plantations, d'azimuts, de distances, etc. dans des applications intégrées.

Formation et transfert de compétences

Faciliter l'apprentissage des nouveaux techniciens en standardisant les méthodes de prise de données.

Suivi des travaux

Vérifier en temps réel les zones mesurées et éviter les doublons dans les relevés terrain.

Métiers impactés

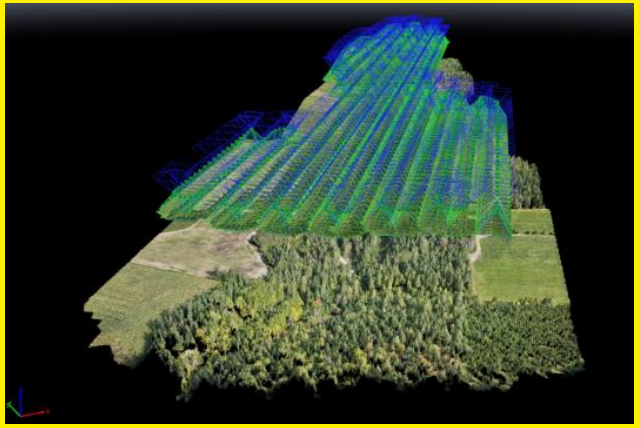
Impact direct

Impact indirect

PLANIFICATION, SUPERVISION ET GESTION

Technologies émergentes

Intelligence artificielle (IA)



L'IA est de plus en plus utilisée pour automatiser le traitement des données massives produites par le LiDAR, les drones et l'imagerie satellite. Dans le secteur forestier québécois, elle permet d'accélérer l'analyse, de réduire la dépendance aux relevés manuels et d'améliorer la précision des diagnostics en planification.

L'IA est encore à l'étape expérimentale dans plusieurs organisations forestières du Québec. Elle est surtout déployée dans des projets pilotes, par exemple avec le CERFO ou l'Université Laval. Bien que le potentiel de l'IA soit clair, deux défis persistent: le manque de jeux de données bien annotés et la difficulté à transférer les résultats de recherche dans des outils opérationnels accessibles aux PME.

Source de l'image: CERFO

Utilisation dans le secteur

Analyse automatisée des images drones

Identifier les zones reboisées, mesurer la superficie traitée et produire des rapports plus rapides.

Détection précoce d'anomalies

Repérer des anomalies au niveau du peuplement ou opérationnel (système, outils) à partir d'images satellites ou drones analysées par algorithmes.

Interprétation des nuages de points LiDAR

Extraire automatiquement la hauteur des arbres, la densité et les volumes exploitables sans traitement manuel.

Classification des essences

Distinguer automatiquement les types d'essences forestières à partir de données multispectrales combinées avec IA.

Suivi des travaux

Vérifier en temps réel les zones traitées et éviter les doublons dans les relevés terrain.

Métiers impactés

Impact direct

Impact indirect

PLANIFICATION, SUPERVISION ET GESTION

Technologies émergentes

Outils prédictifs

Les outils prédictifs exploitent des modèles statistiques et de l'apprentissage automatique pour anticiper le rendement, prévoir les volumes de fibre disponibles et détecter en amont les problèmes qui pourraient affecter la productivité.

Les acteurs forestiers du Québec montrent un intérêt croissant pour ces approches, surtout dans un contexte d'incertitude accrue liée aux changements climatiques et à la disponibilité de la ressource. Toutefois, la maturité varie : certains outils comme Groupe Système Forêt (GSF) sont déjà bien implantés dans la pratique, tandis que d'autres (ex. PlanifGPS, modèles climatiques ou projets IA appliqués) demeurent en phase pilote et nécessitent des efforts de transfert technologique pour être généralisés.

Source de l'image: GSF

Exemples d'outils

Analyse automatisée des images drones

Outil de planification prédictive permettant d'optimiser les itinéraires des machines et la logistique de récolte, en tenant compte des contraintes de terrain et de rendement attendu.

Logiciel cartographique

Solution de cartographie intégrée avec une couche prédictive permettant de visualiser les données, simuler des scénarios d'exploitation et d'approvisionnement, et soutenir la planification stratégique.

Utilisation dans le secteur

Prévision du rendement

Estimer le volume récoltable à partir des données historiques et LiDAR, afin d'orienter la planification forestière.

Surveillance de la santé forestière

Anticiper l'impact des changements climatiques ou des infestations d'insectes grâce à l'intégration de couches de données prédictives.

Optimisation des scénarios

Simuler différentes trajectoires de coupe ou de reboisement pour choisir les plus rentables ou durables.

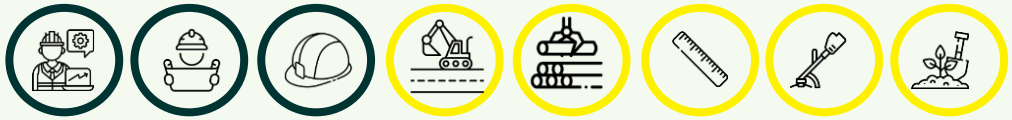
Prévision des besoins logistiques

Anticiper les volumes à transporter et ajuster l'organisation des chantiers pour réduire les risques de goulots d'étranglement.

Métiers impactés

Impact direct

Impact indirect



PLANIFICATION, SUPERVISION ET GESTION

Projets pilotes

Source de l'image: Cerfo

Détection de superficies par drones et intelligence artificielle - *CERFO*

La vérification des superficies réellement traitées en forêt (préparation de terrain, coupe, plantation) demande aujourd'hui des relevés manuels coûteux et parfois risqués pour les travailleurs. Automatiser cette étape permettrait de gagner en précision et en efficacité.
Ce projet pilote explore l'utilisation de drones équipés de caméras pour capter des images aériennes, ensuite analysées par des modèles d'intelligence artificielle capables de délimiter automatiquement les zones travaillées.

Avantages :

- Un suivi plus précis et objectif, des économies sur les coûts de terrain
- Une meilleure sécurité pour les travailleurs.

Prochaines étapes:

La solution est en cours d'expérimentation sur différents types de chantiers forestiers

Source de l'image: MRNF

Cartographie à haute résolution des essences forestières - *MRNF*

Ce projet pilote vise à améliorer la cartographie des essences forestières du Québec en combinant des données LiDAR, des images aériennes et des algorithmes d'intelligence artificielle afin de produire des cartes à haute résolution. S'appuyant sur les travaux de Reisi et al. (2024) et de Sylvain et al. (2024), la Direction des inventaires forestiers a réalisé un projet pilote de 10 000 km² pour tester l'opérabilité et la reproductibilité de cette méthode à grande échelle.

Avantages :

- Offre une représentation plus précise du couvert forestier ;
- Répond d'intégrer l'approche dans les processus de cartographie officielle du gouvernement du Québec
- mieux aux besoins des clientèles forestières.

Prochaines étapes

Présenter la cartographie aux clientèles, intégrer la méthode dans les processus de vérification du MRNF et étendre l'expérimentation à d'autres territoires, notamment dans la zone boréale couverte par le LiDAR.

CONSTRUCTION DE CHEMINS FORESTIERS

CONSTRUCTION DES CHEMINS FORESTIERS

Technologies courantes

Les cartes topographiques, SIG et les données LiDAR

Les cartes topographiques, les systèmes d'information géographique (SIG) et les données LiDAR sont des outils essentiels pour planifier le tracé des chemins forestiers. Ils permettent d'analyser le relief, de repérer les contraintes du territoire (zones humides, cours d'eau, pentes abruptes) et de choisir les parcours offrant le meilleur équilibre entre coûts, accessibilité et impacts environnementaux.

En foresterie québécoise, l'utilisation des SIG et des cartes est bien implantée, tandis que l'intégration des données LiDAR progresse rapidement grâce aux initiatives du MRNF et du CERFO. Comparativement à la Scandinavie, où le traitement automatisé du LiDAR génère déjà des cartes opérationnelles, le Québec en est encore à une phase d'adoption progressive.

Source de l'image: Environmental Systems Research Institute (ESRI)

Utilisation dans le secteur

Analyse du relief

Évaluer les pentes et les conditions de sol afin de choisir les tracés les plus adaptés.

Conformité réglementaire

Vérifier le respect des normes de protection environnementale avant d'autoriser les travaux.

Identification des zones sensibles

Repérer les cours d'eau, zones humides et secteurs à risque d'érosion.

Cartes opérationnelles

Produire des cartes de terrain détaillées à destination des opérateurs et contremaîtres.

Optimisation des tracés

Déterminer les corridors les plus efficaces en équilibrant coûts et impacts environnementaux.

Métiers impactés

Impact direct

Impact indirect

CONSTRUCTION DES CHEMINS FORESTIERS

Technologies émergentes

Engins autonomes/téléopérés

Les engins autonomes ou téléopérés sont des machines de chantier (excavatrices, bulldozers, niveleuses) équipées de systèmes électroniques et de capteurs qui permettent soit un contrôle à distance par un opérateur, soit une exécution partiellement automatisée de certaines tâches. Ces engins utilisent des caméras, capteurs de position et parfois de l'intelligence artificielle pour fonctionner sans intervention directe dans la cabine.

Au Québec, il n'existe pas encore de déploiement concret dans le secteur forestier : les entrepreneurs utilisent toujours des machines manuelles. Toutefois, FPInnovations et certains chercheurs suivent de près les innovations venues du secteur minier et des pays nordiques, où des prototypes sont testés dans des environnements comparables (ex. engins téléopérés pour le terrassement en Suède, camions miniers autonomes au Canada). Ces solutions sont vues comme une réponse potentielle à la pénurie de main-d'œuvre en voirie forestière et aux risques pour la sécurité des opérateurs.

Source de l'image: FPInnovations

Utilisation dans le secteur

Opération à distance

Permettre à un opérateur de contrôler un engin depuis un poste sécurisé.

Travaux en zones à risque

Réaliser des interventions dans des terrains instables ou isolés sans exposer les travailleurs.

Supervision multi-machines

Offrir la possibilité à un technicien de gérer plusieurs engins simultanément.

Appui à la main-d'œuvre

Réduire les impacts des pénuries d'opérateurs qualifiés en automatisant certaines tâches.

Métiers impactés

Impact direct

Impact indirect

CONSTRUCTION DES CHEMINS FORESTIERS - *Projets pilotes*

Détection automatisée des chemins les plus vulnérables à la dégradation

Dans un contexte où le réseau routier forestier atteint près de 478 000 km, mais demeure souvent mal cartographié et insuffisamment entretenu, le CERFO s'est penché sur la détection automatisée des chemins les plus vulnérables à la dégradation.

Source de l'image: Cerfo

Le CERFO a lancé un projet pilote visant à développer une **méthode automatisée d'identification et de classification des chemins forestiers selon leur potentiel de dégradation**.

1. La détection repose sur des données **LiDAR brutes** combinées à des outils géospatiaux permettant d'extraire les chemins existants.
2. Les segments identifiés sont ensuite analysés en fonction de **facteurs de vulnérabilité** : pente, sinuosité, proximité des milieux humides, position topographique, écoulement potentiel de l'eau.
3. Chaque segment de chemin est **classifié par niveau de risque** (faible, moyen, élevé).

Résultats obtenus

Dans la zone d'essai de **Portneuf**, environ **721 km de chemins** ont pu être détectés automatiquement par la méthode. L'analyse a montré que près de **19 % des segments** sont considérés à **haut risque de dégradation**, nécessitant une attention particulière pour l'entretien ou la restauration.

Avantages attendus

- **Prédiction proactive** : repérer les zones les plus vulnérables avant que la dégradation ne devienne critique ou coûteuse.
- **Optimisation des ressources** : cibler les travaux de maintenance sur les segments prioritaires.
- **Sécurité accrue** : réduire les risques d'accidents et améliorer la fiabilité des accès.
- **Protection de l'environnement** : limiter l'érosion et les impacts sur les milieux aquatiques.

Prochaines étapes: Affiner le modèle avec de nouvelles variables, valider la méthode sur le terrain et l'étendre progressivement à d'autres régions du Québec.

RÉCOLTE ET TRANSPORT DU BOIS

RÉCOLTE ET TRANSPORT DU BOIS

Technologies courantes

Abatteuses avec ordinateurs de bord et télémétrie

Les machines forestières modernes sont équipées d'ordinateurs de bord qui collectent une multitude de données, notamment, les dimensions des billots façonnés et la consommation de carburant, les heures de fonctionnement et la localisation GPS. Les données sont stockées dans la machine, mais la télémétrie est de plus en plus utilisée pour rendre les données disponibles à des systèmes de gestion centralisés, permettant un suivi précis des opérations et de la performance des équipements à distance.

Un des éléments clés est le standard de base de données StanforD 2010, un format international de fichiers utilisé pour décrire le contenu des systèmes de mesurage électronique des têtes d'abattage multifonctionnelles. Ce standard agit comme un langage ou une structure universelle entre les fabricants de machines forestières, facilitant l'échange et l'analyse des données entre les flottes de machines, les entrepreneurs et les donneurs d'ordres. Il améliore ainsi la compatibilité, la transparence et la valeur opérationnelle des données collectées.

Au Québec, ces outils sont intégrés à la majorité des abatteuses et des transporteurs forestiers, mais leur pleine exploitation demeure inégale. Les données sont parfois sous-utilisées ou non mises à jour, limitant leur plein potentiel.

Source de l'image: Operations forestières et de scierie

Utilisation dans le secteur

Suivi de la production

Enregistrer automatiquement les volumes récoltés et leurs caractéristiques.

Gestion mécanique

Collecter les informations sur l'état des machines pour planifier la maintenance.

Localisation GPS

Suivre les déplacements des machines en temps réel.

Transmission des données

Envoyer l'information aux gestionnaires via télémétrie pour appuyer la prise de décision.

Métiers impactés

Impact direct

Impact indirect

RÉCOLTE ET TRANSPORT DU BOIS

Technologies courantes

Vernier numérique

Le vernier électronique (ou calibre numérique) est un instrument de mesure de précision utilisé, notamment, pour étalonner les systèmes de mesurage des bois des têtes d'abattage multifonctionnelles. Il permet de mesurer le diamètre et la longueur des billes de bois, puis de communiquer ces valeurs à l'ordinateur de bord.

Le processus d'étalonnage des têtes d'abattage est essentiel pour assurer la fiabilité des systèmes embarqués et la précision des données stockées. Certains verniers sont munis de la technologie Bluetooth et peuvent communiquer avec plusieurs terminaux informatiques différents selon la marque de la machine. Ce type de vernier électronique est aussi utilisé pour mesurer le diamètre et la longueur des bois dans un contexte autre que l'étalonnage d'ordinateurs.

Source de l'image: Google images

Utilisation dans le secteur

Étalonner des têtes d'abattage

Le vernier produit des mesures réelles (diamètre et longueur) afin de les comparer à celles mesurées par la tête d'abattage (ordinateur de bord) et ainsi ajuster la précision du système.

Transfert numérique directe

Dans un contexte d'étalonnage, le vernier est adapté pour transférer les mesures dans l'ordinateur de bord. Ainsi le vernier automatise en partie le processus d'étalonnage et élimine les erreurs de transcriptions des données.

Métiers impactés

Impact direct

Impact indirect

RÉCOLTE ET TRANSPORT DU BOIS

Technologies courantes

Tableaux de bord entrepreneurs forestiers (TBEF)

Aussi appelé TBEF, ces tableaux de bord connectés sont des interfaces logicielles qui agrègent et visualisent les données collectées par les ordinateurs de bord et la télémétrie pour une flotte de machines. Ils permettent aux propriétaires de machines et aux gestionnaires de suivre la productivité, l'état mécanique et d'estimer, notamment, les temps d'arrêt des machines en temps réel ou sur des périodes données.

Au Québec, le développement de cette catégorie de tableaux de bord est supporté par le Consortium de recherches FORAC. Le TBEF est de plus en plus implanté par les donneurs d'ordres, notamment via les initiatives de FPInnovations et des grandes entreprises forestières. Toutefois, plusieurs autres systèmes qui alimentent des tableaux de bord existent dans l'écosystème entrepreneurial forestier. Ces derniers sont souvent moins complexes, mais ils restent des outils de gestion utiles.

Source de l'image: Clément Aubin

Utilisation dans le secteur

Suivi de performance

Évaluer la productivité des machines forestières (abatteuses, transporteurs forestiers, etc.) ou des camions forestiers.

Planification de la maintenance

Suivre l'état mécanique des machines et anticiper les réparations.

Analyse des arrêts

Suivre et caractériser les déplacements des machines en temps réel afin d'analyser leur comportement, notamment, les temps d'arrêt.

Optimisation des opérations

Utiliser les données consolidées pour améliorer la logistique de récolte.

Métiers impactés

Impact direct

Impact indirect

RÉCOLTE ET TRANSPORT DU BOIS

Technologies courantes

Logiciels de logistique et de traçabilité

Les logiciels de logistique et de traçabilité centralisent les données liées au transport et à l'approvisionnement en bois. Ils intègrent les feuillets numériques, la localisation GPS des camions et les quotas d'approvisionnement des usines pour optimiser la chaîne entre la forêt et l'usine.

Au Québec, plusieurs solutions sont en cours de déploiement, notamment celles développées par G.A. Logix Logiciels, une entreprise spécialisée dans la gestion et la traçabilité du transport forestier. Ces outils permettent une meilleure coordination entre entrepreneurs et donneurs d'ordres. Leur adoption est plus avancée chez les grands industriels, tandis que les plus petits entrepreneurs progressent plus lentement dans l'intégration de ces technologies.

Source de l'image: G.A. Logix

Utilisation dans le secteur

Optimisation du transport

Attribuer efficacement les camions aux trajets selon les quotas et besoins des usines.

Suivi en temps réel

Offrir une visibilité complète sur l'état des livraisons et anticiper les retards.

Centralisation des données

Rassembler les informations des feuillets, du GPS et des inventaires en un seul système.

Planification de l'approvisionnement

Coordonner les flux entre les chantiers et les usines pour éviter les surplus ou pénuries.

Métiers impactés

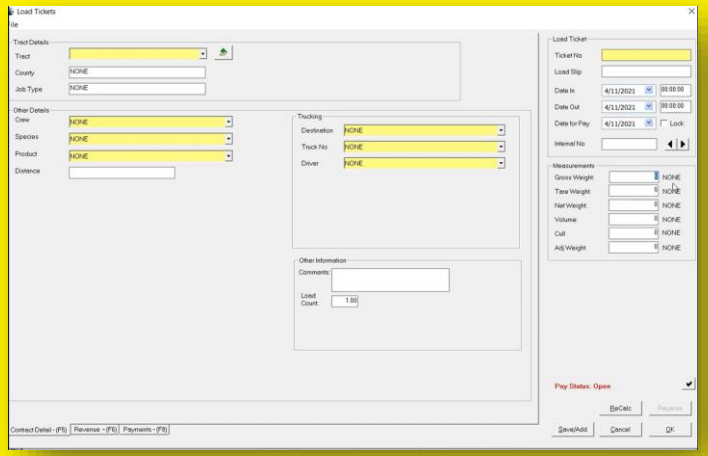
Impact direct

Impact indirect

RÉCOLTE ET TRANSPORT DU BOIS

Technologies émergentes

Feuillets de transport numériques



Les feuillets de transport numériques remplacent les bons papiers utilisés pour suivre les chargements de bois entre les chantiers et les usines. Ils consignent électroniquement l'origine, le volume et la destination du bois transporté, permettant une meilleure traçabilité et une transmission plus rapide des données.

Selon une étude menée par FPInnovations, plusieurs entreprises forestières au Canada ont amorcé la mise en œuvre de bordereaux numériques, mais l'adoption demeure limitée. Les principaux freins sont l'absence d'exigence réglementaire, les coûts de déploiement et la priorité accordée à d'autres investissements numériques jugés plus stratégiques à court terme.

Source de l'image: Olivier Couture

Utilisation dans le secteur

Dématérialisation

Remplacer les feuillets papier par des formulaires numériques.

Transmission instantanée

Envoyer les données aux usines et aux gestionnaires dès le chargement.

Réduction des erreurs

Limiter les saisies manuelles et améliorer la fiabilité de l'information.

Traçabilité accrue

Suivre l'origine et la destination des bois transportés.

Métiers impactés

Impact direct

Impact indirect

RÉCOLTE ET TRANSPORT DU BOIS

Technologies émergentes

Machinerie hybride/électrique

Les abatteuses et porteurs hybrides combinent un moteur diesel avec un générateur électrique, tandis que les modèles électriques purs utilisent des batteries rechargeables. L'objectif est de réduire la consommation de carburant, les émissions de gaz à effet de serre et d'améliorer l'efficacité énergétique sans compromettre la puissance nécessaire aux opérations forestières.

Au Québec, trois abatteuses hybrides Logset 12H GTE Hybrid ont été mises à l'essai en 2023-2024 dans différentes régions (Saguenay, Mauricie, réserve faunique des Laurentides, Centre-du-Québec). Ce projet, soutenu par le CIFQ, l'Université Laval et le MRNF, vise à mesurer la productivité, la consommation et la durabilité en conditions réelles.

Source de l'image: Logset

Utilisation dans le secteur

Réduction de la consommation

Abaisser la dépendance au diesel grâce à l'apport électrique, notamment lors des cycles de levage.

Amélioration de l'efficacité énergétique

Optimiser l'utilisation de l'énergie lors des cycles de récolte.

Diminution des émissions

Réduire l'empreinte carbone des opérations forestières.

Suivi de la durabilité

Collecter et comparer les données de consommation et de productivité en conditions réelles.

Métiers impactés

Impact direct

Impact indirect

RÉCOLTE ET TRANSPORT DU BOIS - *Projets pilotes*

Camionnage autonome

Depuis 2016, FPInnovations pilote le développement du camionnage autonome pour le secteur forestier. De la circulation en peloton aux camions complètement autonomes, l'objectif est de moderniser sécuritairement cette partie importante de la chaîne forestière en visant le lancement d'une solution commerciale d'ici 2026.

Source de l'image: Google images

Le projet vise à déployer des **camions de classe 8 autonomes (niveau SAE 4)** adaptés aux conditions nordiques, en collaboration avec partenaires technologiques, industriels et réglementaires. Le transport autonome pourrait se dérouler selon **deux scénarios :**

- ***Peloton* :** un camion de tête avec conducteur, suivi de camions sans conducteur reliés électroniquement.
- ***Autonomie complète* :** camions circulant sans conducteur, équipés de systèmes avancés.

Les camions autonomes combinent des capteurs (radar, lidar, caméras HD) pour analyser leur environnement et assurer la détection d'obstacles. Leur positionnement repose sur le GPS appuyé par des unités inertielles, tandis que la communication radio et cellulaire permet de coordonner les véhicules et de les relier aux postes de supervision.

Avantages attendus :

- Réduction des coûts de transport et de main-d'œuvre.
- Utilisation accrue des équipements (quarts doubles).
- Sécurisation des approvisionnements et continuité des opérations.
- Amélioration de la sécurité et baisse potentielle des coûts d'assurance.

Étapes franchies :

- *2018–2019* : essais à La Tuque (peloton avec camions Peterbilt 579).
- *2022* : essais de référence avec Forterra (2500 km balayés, SCM avec capteurs autonomes).
- *2023* : phase 1 (peloton sur routes forestières privées, >1400 km en mode autonome, tests hivernaux -22 °C).

Prochaine étape : déploiement progressif vers une solution commerciale de camionnage autonome d'ici **2026**.

RÉCOLTE ET TRANSPORT DU BOIS

Projets pilotes

Source de l'image: FORAC

Détection des arbres sur pied par IA

L'automatisation des opérations forestières exige des machines capables de « voir » et mesurer les arbres avec fiabilité. Jusqu'ici, les solutions reposaient surtout sur des capteurs lidar coûteux. Cette recherche explore l'utilisation de l'intelligence artificielle appliquée à l'imagerie pour détecter et caractériser les arbres.
Deux bases de données d'images ont été créées afin d'« entraîner » un système d'intelligence artificielle pour qu'il apprenne à reconnaître les arbres, à distinguer leurs troncs et à estimer automatiquement leur taille, leur angle et l'endroit où les couper. Le projet a permis d'atteindre une précision de 90 % pour repérer les arbres et d'estimer leur diamètre avec une marge d'erreur de seulement quelques centimètres.

Avantages attendus :

- Réduction de la dépendance aux opérateurs humains.
- Accélération de l'abattage et amélioration de la productivité.
- Plus de sécurité dans les opérations forestières.

Prochaine étape : améliorer la capacité de généralisation des modèles pour des environnements forestiers plus variés.

Source de l'image: CARVI

Détection des billes de bois au sol par dashcam

La manipulation des billes de bois (ou *logs*) est une étape clé des opérations forestières qui repose encore largement sur l'expérience humaine. L'automatisation de cette tâche pourrait améliorer à la fois la productivité et la sécurité, mais elle nécessite des systèmes de vision artificielle fiables. Des chercheurs ont entraîné un modèle d'intelligence artificielle (basé sur des réseaux de neurones de segmentation d'instances) pour analyser automatiquement des images de terrain et (1) **détecter** les billes de bois présentes, (2) **segmenter** chaque bille de manière précise dans l'image et (3) **estimer** leur diamètre, leur orientation et le point optimal pour la saisie.

Avantages attendus :

- Automatisation d'une tâche répétitive et exigeante physiquement.
- Gains de productivité et réduction de la dépendance à l'expertise humaine.
- Plus grande sécurité pour les opérateurs.

Prochaine étape : enrichir les bases d'images et tester ces modèles directement sur des machines forestières équipées de grappins automatisés.

RÉCOLTE ET TRANSPORT DU BOIS

Projets pilotes

Source de l'image: Kodama system

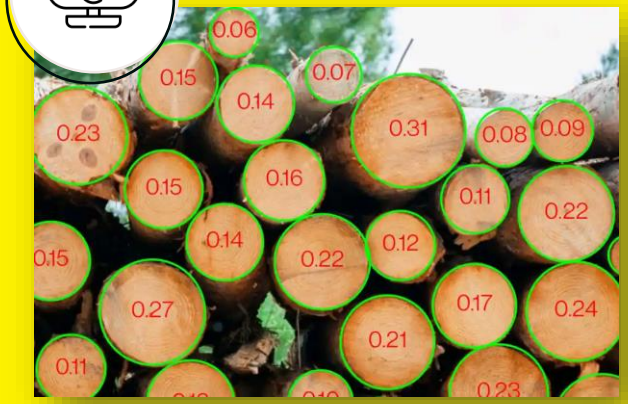
Kodama system – débardage téléopéré

La téléopération des débardeurs constitue une innovation importante dans le secteur forestier, en permettant de contrôler les machines à distance depuis un bureau ou le domicile de l'opérateur. Grâce à des technologies combinant connectivité satellite (ex. Starlink), caméras, GPS et LiDAR, le système assure la transmission vidéo en temps réel, la navigation autonome et la détection des obstacles.

Avantages attendus :

- Utilisation prolongée des machines pour accroître la productivité et réduire les coûts.
- Amélioration de la sécurité, particulièrement pour les opérations en pentes fortes ou dans des environnements difficiles.
- Possibilité d'élargir le bassin de main-d'œuvre, par exemple, des personnes à mobilité réduite.
- Rentabilité accrue grâce à la réduction des déplacements et à l'optimisation de l'utilisation des équipements.
- Déploiement d'une autonomie supervisée, permettant à un seul opérateur de surveiller et contrôler plusieurs machines en parallèle.

Prochaine étape : Multiplier les projets pilotes et démonstrations afin de valider la robustesse des systèmes et l'étendre à plusieurs types d'équipement.



Source de l'image: Timbeter

Driad AI – Mesurage de bois

Le projet **Driad IA** développe une solution de vision artificielle capable d'automatiser le **mesurage du bois** à l'aide de caméras et d'algorithmes d'intelligence artificielle. À partir d'images captées sur les parcs à bois ou les chantiers, le système estime automatiquement et en temps réel le volume, le diamètre et la longueur des billes récoltées. Cette approche permet de remplacer les mesures manuelles par une méthode numérique rapide et uniforme, tout en facilitant la transmission des données vers les plateformes logistiques et les usines.

Avantages attendus :

- Automatisation du mesurage pour réduire les interventions humaines et accélérer le traitement des volumes.
- Précision et uniformité accrues, limitant les écarts entre les données terrain et industrielles.
- Intégration numérique avec les logiciels logistiques, facilitant la transmission des données vers les usines.
- Amélioration de la sécurité en diminuant les déplacements et les manipulations sur les chantiers.
- Optimisation du suivi de production, grâce à une meilleure visibilité sur les volumes récoltés en temps réel.

Prochaine étape : Valider la fiabilité des modèles d'IA dans divers contextes forestiers et poursuivre l'intégration avec les systèmes de gestion existants.

RÉCOLTE ET TRANSPORT DU BOIS

Projets pilotes

Source de l'image: G.A.Logix

Collecte et intégration des données des têtes d'abattage - *G.A.Logix*

Le projet vise à automatiser la collecte, l'intégration et l'analyse des données générées par les têtes d'abattage forestières. Ces données (volumes coupés, essences, dimensions, productivité, etc.) sont centralisées et traitées par des algorithmes d'intelligence artificielle. L'IA permet ensuite de relier ces données à d'autres informations opérationnelles, telles que les feuilles de temps, la maintenance des équipements, la consommation de carburant et les revenus associés à chaque chantier. Cette approche crée un portrait complet et dynamique de la performance de l'entrepreneur forestier.

Avantages attendus :

- Automatisation de la collecte et de l'intégration des données terrain
- Réduction des erreurs et uniformisation des formats entre machines et entrepreneurs
- Analyse en temps réel de la performance des chantiers
- Optimisation des coûts d'exploitation (main-d'œuvre, carburant, entretien)
- Amélioration de la planification et du suivi des opérations
- Création d'un historique de données pour la prise de décision stratégique

Prochaine étape :

- Valider les modèles d'IA sur plusieurs types d'équipements et environnements
- Étendre l'analyse aux indicateurs économiques et environnementaux

La collecte et l'intégration des données des têtes d'abattage sont des projets également en cours chez FPInnovations et Groupe Carvi.

TRAVAUX SYLVICOLES

TRAVAUX SYLVICOLES

Technologies courantes

Scarificateurs mécanisés (préparation du sol)

Les scarificateurs mécanisés sont des équipements montés sur des porteurs ou tracteurs forestiers, conçus pour créer des microsites propices au reboisement en modifiant la surface du sol après la coupe. Ils permettent de dégager le sol minéral en sillons ou en monticules, et de former des andains en regroupant les débris ligneux. Ces microsites favorisent la mise en terre et la croissance des plants forestiers lors des opérations de reboisement à grande échelle.

Au Québec, les scarificateurs à sillons et à monticules sont des technologies largement utilisées, surtout dans les parterres de coupe de régénération. Elles améliorent grandement la productivité des reboiseurs et le taux de survie des plants, notamment en réduisant la compétition végétale. La photo montre un scarificateur à monticules.

Source de l'image: Operations forestières et de scierie

Utilisation dans le secteur

Scarification

Retirer la couche organique pour permettre un meilleur enracinement.

Formation d'andains

Regrouper les résidus de coupe afin de libérer des zones propices à la plantation.

Monticules

Rehausser les plants pour réduire la compétition végétale et éviter le gel au sol.

Métiers impactés

Impact direct

Impact indirect

TRAVAUX SYLVICOLES

Technologies courantes

Débroussailleuses motorisées

Les débroussailleuses motorisées sont des outils portatifs utilisés pour contrôler la végétation concurrente autour des jeunes plants ou pour réaliser des éclaircies pré-commerciales. Elles fonctionnent avec un moteur portatif et une lame ou un fil adapté pour couper les herbacées, arbustes et feuillus concurrents.

Au Québec, elles demeurent la principale technologie pour le dégagement manuel. Elles sont essentielles au succès de la sylviculture, mais leur utilisation implique des coûts élevés et un travail physiquement exigeant.

Source de l'image: Rainer Herzog, Fédération des producteurs forestiers du Québec.

Utilisation dans le secteur

Réduction de la compétition végétale

Éliminer les végétaux qui nuisent à la croissance des plants.

Éclaircie pré-commerciale

Réduire les risques de blessures chez les planteurs.

Amélioration de la survie des plants

Accroître la reprise et la croissance des plantations.

Métiers impactés

Impact direct

Impact indirect

TRAVAUX SYLVICOLES

Technologies émergentes

Machines planteuses semi-/automatisées

Les machines planteuses semi- ou automatisées (ex. PlanteMax) permettent de mécaniser partiellement ou totalement la mise en terre des plants. Elles combinent un système de préparation localisée du sol avec des bras ou systèmes mécaniques qui déposent les plants.

Au Québec, leur utilisation reste très limitée. Quelques tests ont été réalisés, mais la topographie et la nature des sols rendent la mécanisation difficile sur plusieurs sites. Elles sont surtout utilisées comme complément à la plantation manuelle, sur des terrains accessibles et relativement homogènes. En Scandinavie, ces machines sont plus répandues et intégrées dans une sylviculture fortement mécanisée.

Source de l'image: Radio-Canada

Utilisation dans le secteur

Mise en terre mécanisée

Planter automatiquement les plants dans les sols préparés.

Amélioration de la productivité

Augmenter le nombre de plants mis en terre par heure. Permet de reboiser en tout temps même la nuit.

Complément à la plantation manuelle

Réduire la main-d'œuvre nécessaire sur de grandes surfaces.

Métiers impactés

Impact direct

Impact indirect

TRAVAUX SYLVICOLES

Technologies émergentes

Drones semeurs

Les drones semeurs sont conçus pour réaliser l'ensemencement aérien de sites forestiers en dispersant des graines ou capsules biodégradables. Ils permettent d'atteindre des zones difficiles d'accès et de couvrir rapidement de grandes superficies.

Au Québec, cette technologie est encore au stade expérimental. Des tests sont menés par le CERFO et FPInnovations, mais les contraintes climatiques (gel, prédation des semences) et l'absence de préparation de terrain faisant en sorte que le sol minéral n'est pas exposé, limitent l'efficacité actuelle.

Source de l'image: Radio-Canada

Utilisation dans le secteur

Ensemencement aérien

Disperser des semences sur de grandes superficies rapidement.

Accès aux zones difficiles

Reboiser des sites où la plantation manuelle est impossible.

Complément aux méthodes classiques

Accélérer le reboisement après perturbation.

Métiers impactés

Impact direct

Impact indirect

TRAVAUX SYLVICOLES

Technologies émergentes

Exosquelettes

Les exosquelettes sont des dispositifs portatifs conçus pour réduire la pénibilité physique des travaux sylvicoles, notamment lors de la plantation manuelle et du débroussaillage. Ils soutiennent les bras, les jambes ou le dos pour limiter la fatigue et prévenir les blessures musculosquelettiques.

Au Québec, leur utilisation n'est pas encore déployée, mais des discussions existent dans le cadre des vigies technologiques pour répondre aux enjeux de santé et sécurité des planteurs.

Source de l'image: Google images

Utilisation dans le secteur

Réduction de la pénibilité

Alléger l'effort physique associé aux travaux répétitifs de plantation et de débroussaillage pour aider les reboiseurs et débroussailleurs à conserver un rythme plus soutenu.

Prévention des blessures

Diminuer les risques musculosquelettiques.

Métiers impactés

Impact direct

Impact indirect

TRAVAUX SYLVICOLES – *Projets pilotes*

Géorepérage de chantiers – COOP forestières

Le **géorepérage de chantier** consiste à définir des **périmètres virtuels (géofences)** sur une zone de travail à l'aide de coordonnées GPS. Reliée à des capteurs, à des appareils mobiles ou à de la machinerie équipée de télémétrie, cette technologie permet de **surveiller en temps réel l'entrée, la sortie et la localisation d'équipements, de matériaux ou de travailleurs**.

Source de l'image: Komatsu forest

Le géorepérage crée une **couche numérique de contrôle** sur le chantier. Lorsqu'un actif ou un employé franchit un périmètre prédéfini, le système déclenche automatiquement une alerte, enregistre un événement ou active une action (ex. verrouillage d'accès, signalement au gestionnaire).

Avantages attendus :

- Amélioration de la sécurité en prévenant l'accès non autorisé aux zones dangereuses.
- Suivi et traçabilité des équipements pour réduire les pertes et optimiser l'utilisation.
- Automatisation de la saisie des heures de présence et gestion plus fine des sous-traitants.
- Renforcement de la conformité réglementaire grâce à la preuve numérique des pratiques.

Défis rencontrés :
La précision dépend de la qualité du GPS et de la connectivité, ce qui peut générer des faux positifs ou négatifs. Les coûts d'équipement et de maintenance freinent l'adoption, tout comme les craintes de surveillance excessive de la part des employés.

Étapes franchies :
Depuis quelques années, plusieurs chantiers pilotes intègrent le géorepérage avec des solutions de gestion de flotte ou de santé-sécurité. Des intégrations avec des ERP sont aussi en cours pour fluidifier l'usage.

Prochaine étape :
Étendre l'utilisation du géorepérage en combinant **IA et analytique prédictive** pour optimiser les flux de matériaux et améliorer la prévention des incidents, tout en travaillant à l'acceptabilité sociale de ces outils.

TRANSFORMATION ET VALORISATION

TRANSFORMATION ET VALORISATION

Technologies courantes

Infonuagique (Cloud)

L'infonuagique (cloud) désigne l'hébergement et le traitement des données sur des serveurs distants accessibles via Internet. Dans le secteur forestier québécois, cette technologie permet de centraliser de grandes quantités de données (inventaires, LiDAR, GPS, télémétrie, compas numériques), de les nettoyer et de les partager rapidement entre les différents acteurs de la chaîne de valeur. L'adoption progresse au Québec grâce à l'amélioration de la connectivité en région (ex. Starlink), mais demeure inégale selon les organisations.

Les solutions commerciales disponibles incluent Trimble, Sticks (Forest PHD), Silvismart (Nibio), CGI (Silvia 7), auxquelles s'ajoutent des systèmes utilisés localement comme G.A. Logix Logiciels. Ces plateformes infonuagiques sont essentielles pour alimenter l'analytique avancée, l'intelligence artificielle et les outils de planification prédictive.

Source de l'image: Google images

Utilisation dans le secteur

Stockage centralisé

Héberger et organiser de vastes ensembles de données (inventaires forestiers, mesures LiDAR, données machines).

Partage en temps réel

Permettre aux différents acteurs (entrepreneurs, coopératives, industriels, gouvernement) d'accéder simultanément aux mêmes données actualisées.

Nettoyage des données

Traiter et uniformiser l'information brute issue des machines et capteurs pour la rendre exploitable.

Interopérabilité

Relier des systèmes hétérogènes (planification forestière, transport, ERP en usine) à travers une infrastructure commune.

Sécurité et sauvegarde

Réduire les risques de perte de données en remplaçant les fichiers locaux par des plateformes sécurisées et sauvegardées.

Métiers impactés

Impact direct

Impact indirect

Tous les métiers forestiers sont impactés.

TRANSFORMATION ET VALORISATION

Technologies émergentes

Systèmes interconnectés

Les systèmes forestiers et industriels fonctionnent souvent en silos : les données de planification, de récolte, de transport et de transformation ne circulent pas toujours facilement d'une organisation à l'autre. L'interopérabilité des systèmes visent à créer des plateformes intégrées où les informations sont automatiquement partagées entre les différents maillons de la chaîne de valeur.

Au Québec, cette tendance est encore émergente, mais suscite un intérêt grandissant. Des initiatives comme l'API centralisée des bons de transport ou les projets pilotes d'interopérabilité (ex. coopératives forestières, FPInnovations) démontrent le potentiel d'une meilleure circulation de l'information. Le modèle suédois Biometria, où une plateforme unique regroupe les données forêt-transport-usine, est souvent cité comme référence.

Source de l'image: Google images

Utilisation dans le secteur

Interopérabilité accrue

Relier automatiquement les logiciels de planification forestière, de transport et les ERP en usine pour éliminer la saisie manuelle.

Prévisions de production

Améliorer l'anticipation des besoins industriels grâce à une vision consolidée des approvisionnements en temps réel.

Inventaires harmonisés

Assurer la cohérence entre les volumes récoltés, transportés et transformés grâce à une base de données commune.

Collaboration renforcée

Faciliter le partage d'information entre entrepreneurs, transporteurs, industriels et gestionnaires publics pour mieux coordonner la chaîne. Transitionner d'un flux poussé, dans lequel l'usine transforme le bois disponible, à un flux tiré orienté par la demande réelle de l'usine, afin de maximiser la valorisation des produits.

Métiers impactés

Impact direct

Impact indirect

Tous les métiers forestiers sont impactés.

SOURCES

Sources internes

Les sources internes proviennent d'entretiens et d'échanges de courriels réalisés avec divers acteurs du secteur forestier. Un comité de travail au sein de ForêtCompétences a également grandement contribué à la révision et à la bonification du document.

Bernier-Banville, A. (2025). *Échanges de courriels avec le ministère des Ressources naturelles et des Forêts (MRNF)* [Communication personnelle].

Comité de travail de ForêtCompétences (O. Couture, F. Gallant, F. Auger, C. Flaschner, M. Castonguay & C. Tison). (2025). *Discussions et notes issues du comité de travail* [Communication interne].

Cormier, P. (2025). *Entretien avec Remabec* [Notes d'entretien].

Couture, O. (2025). *Entretien avec le Groupement forestier du Québec* [Notes d'entretien].

Gaudreau, J.-P., & LeBrun-Ruff, A. (2025). *Entretien avec FPInnovations* [Notes d'entretien].

LeBel, L. (2025). *Entretien avec FORAC* [Notes d'entretien].

Moffet, J. (2025). *Entretien avec G.A. Logix* [Notes d'entretien].

Sources publiques fournies par Forêt Compétences

Gamache, O. (2023, 17 novembre). *Influence des nouvelles technologies sur le milieu forestier*. Communication présentée à *Colloque ForêtCompétences – Forestiers de demain*, Québec, Canada.

Labelle, É. R., LeBel, L., & Yadegari, M. (2024, 28 mai). *La transition énergétique : un premier regard sur les abatteuse-façonneuses hybrides dans les forêts québécoises*. Université Laval. Communication présentée à *Congrès du Conseil de l'industrie forestière du Québec (CIFQ 2024) – Le bois : notre avenir*, Québec, Canada.

LeBel, L., & St-Louis, J. (2024, 14 novembre). *Drones et intelligence artificielle : les clés de leur intégration dans les TSNC*. FORAC – Université Laval, Québec, Canada.

Lussier, J.-M. (2024, 14–15 novembre). *Intelligence numérique en opérations forestières*. Centre canadien sur la fibre de bois, Ressources naturelles Canada. Communication présentée à *9e Colloque ForêtCompétences*, Québec, Canada.

Pilon, É. (s.d.). *Impacts et retombées des technologies embarquées* [Présentation PowerPoint]. Québec, Canada.

Renaud, M. (s.d.). *Le MRNF : catalyseur de la modernisation des opérations forestières au Québec*. Direction de l'aménagement et de l'environnement forestiers, Ministère des Ressources naturelles et des Forêts (MRNF), Québec, Canada. [Présentation PowerPoint].

Tanguay-Laflèche, M. (2023, novembre). *Transformation technologique du secteur*. FPInnovations, Québec, Canada.

Toupin, D. (2024, 28 mai). *Gagner en productivité avec les drones et l'intelligence artificielle*. Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy (CERFO). Communication présentée à *Congrès du Conseil de l'industrie forestière du Québec (CIFQ 2024) – Le bois : notre avenir*, Québec, Canada.

Vaidis, M. (2023, 16–17 novembre). *Intelligence artificielle appliquée en foresterie*. Groupe CARVI inc. et Université Laval. Communication présentée à *8e Colloque ForêtCompétences*, Québec, Canada.

Varin, M., & Bour, B. (2022, 18 novembre). *Les drones en foresterie : 10 ans de mise en pratique et perspectives*. Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy (CERFO). Communication présentée à *7e Colloque ForêtCompétences – 25 ans d'innovation*, Lac-Delage, Québec, Canada.

Sources externes

CERFO (2021). *Rapport synthèse: Détection et dénombrement automatisé de monticules de plantation sur des images acquises par drone grâce à l'apprentissage profond*, https://cerfo.qc.ca/wp-content/uploads/2021/09/Rapport_final_CERFO_2021-23.pdf

CERFO (2022*).* *Détection et caractérisation grâce au lidar et à l'IA*, https://cerfo.qc.ca/wp-content/uploads/2022/11/2022-11_Chemins_forestiers_MA_Genest.pdf

CERFO (2024). *TechNote 2024-06 : Développement d'une méthode automatisée d'identification des chemins forestiers à fort potentiel de dégradation,* https://cerfo.qc.ca/wp-content/uploads/2024/11/TECHNOTE_2024-06_CheminsForestiers_Portneuf.pdf

CERFO (2025). *Intelligence géospatiale et drone*, https://cerfo.qc.ca/expertises/teledetection-forestiere/intelligence-geospatiale-et-drone

CERFO (2025). *Vision par ordinateur et intelligence artificielle*, https://cerfo.qc.ca/expertises/teledetection-forestiere/vision-par-ordinateur/

Colombus (2025*).* *Biometria digitises operations to drive transparency and sustainability in forestry*, https://www.columbusglobal.com/insights/cases/Biometria-digitises-operations-to-drive-transparency-and-sustainability-in-forestry/

Flash Forest (2025). *Our tech: UAV, AI, GIS, Engineering, Silviculture & Plant Science*, https://www.flashforest.com/our-tech

FPInnovations (2020*).* *In-forest connectivity: Digital transformation and enhanced safety*, https://web.fpinnovations.ca/in-forest-connectivity-digital-transformation-and-enhanced-safety-in-forest-operations/

FPInnovations (2021). *Parachèvement des essais de référence pour la circulation en peloton*, https://web.fpinnovations.ca/fr/fpinnovations-annonce-le-parachevement-reussi-des-essais-de-reference-pour-le-projet-de-circulation-en-peloton/

FPInnovations (2022). *Transport autonome sur routes forestières*, https://web.fpinnovations.ca/fr/le-transport-autonome-sur-routes-forestieres/

Gouvernement du Canada (2025). *Canada announces support for Quebec's forest sector* (Programme IFIT), https://www.canada.ca/en/natural-resources-canada/news/2025/03/canada-announces-support-for-quebecs-forest-sector0.html

Gouvernement du Québec (2023). *Modernisation des opérations forestières : Investissements de 2,4 M$ pour la mise à l'essai d'abatteuses hybrides,* https://www.quebec.ca/nouvelles/actualites/details/modernisation-des-operations-forestieres-investissements-de-24-m-pour-la-mise-a-lessai-dabatteuses-hybrides-48258

Sources externes

Gouvernement du Québec (2023). *Tables de réflexion sur l'avenir de la forêt (RA-TRAF),* https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/forets/documents/gestion/RA_TRAF_ang.pdf

Gouvernement du Québec (2024). *Rapport : détection satellitaire des aires infestées — livrée 2024*, https://www.quebec.ca/nouvelles/actualites/details/rapport-detection-satellitaire-aires-infestees-livree-2024-61937

Gouvernement du Québec / Agriculture, Environnement et Ressources naturelles (2025). *Technologies utilisées pour l'inventaire forestier*, https://www.quebec.ca/agriculture-environnement-et-ressources-naturelles/forets/recherche-connaissances/inventaire-forestier/technologies-utilisees

Kodama Systems (2025). *Autopilot: Lower harvest costs with remote operation*, https://kodama.ai/autopilot

La Presse (2025). *Des forêts brûlées ensemencées par drones, https://www.lapresse.ca/actualites/environnement/2025-09-30/reboisement/des-forets-brulees-ensemencees-par-drones.php*

La Sentinelle (2023). *Foresterie : Abatteuses hybrides à l'essai,* https://lasentinelle.ca/foresterie-abatteuses-hybrides-a-lessai/

Large Landscapes (2024*).* ***Ecological connectivity in Quebec*, https://largelandscapes.org/news/ecological-connectivity-in-quebec/

Le Devoir (2025). *Reboiser après les Incendies, des drones à la rescousse*, https://www.ledevoir.com/actualites/environnement/896437/reboiser-apres-incendies-drones-rescousse

Lebel-Landry, Stéphanie (2024). *Caractérisation de certains facteurs de la niche de régénération à partir de la télédétection et des SIG dans une forêt ayant une structure complexe*, https://semaphore.uqar.ca/id/eprint/3147/1/Stephanie_Lebel-Landry_juin2024.pdf

Logset (2023). *Deux sur trois abatteuses hybrides livrées au gouvernement du Québec,* https://logset.fi/deux-sur-trois-abatteuses-electriques-hybrides-livrees-au-gouvernement-du-quebec%EF%BF%BC

Ministère des Ressources naturelles et des Forêts (2023). *Chantier sur les forêts feuillues et mixtes Forêts tempérées nordiques,* https://mrnf.gouv.qc.ca/documents/forets/connaissances/RA_CFFM_MRNF.pdf

Ministère des Ressources naturelles et des Forêts (2015). *Sustainable Forest Management Strategy,* https://mrnf.gouv.qc.ca/documents/forest/sustainable-forest-management-strategy.pdf

Sources externes

On the Road Québec (2021). *FPInnovations obtient 2 M$ pour un projet de circulation de véhicules automatisés en chemins forestiers*, https://www.ontheroadquebec.com/post/fpinnovations-obtient-2-m-pour-un-projet-de-circulation-de-v%C3%A9hicules-automatis%C3%A9s-en-chemins-foresti

Oxford University Press / Forestry (2023). *Tree detection and diameter estimation based on deep learning*, https://academic.oup.com/forestry/article-pdf/96/2/264/49572621/cpac043.pdf

Purdue University (n.d.). *The Future of Forestry: Advanced Technologies Redefining Forest Management*, https://ag.purdue.edu/digital-forestry/the-future-of-forestry-advanced-technologies-redefining-forest-management.html

Revue Gestion (2019). *L'intelligence artificielle au service de l'industrie forestière*, https://www.revuegestion.ca/intelligence-artificielle-service-industrie-forestiere

Ressources naturelles Canada (2025). *Intelligence artificielle en foresterie*, https://ressources-naturelles.canada.ca/financement-partenariats/intelligence-artificielle-foresterie

Ressources naturelles Canada (2025). *Surveillance forestière par satellites et radar*, https://ressources-naturelles.canada.ca/forets-foresterie/amenagement-forestier-durable/surveillance-forestiere-satellites-radar

Södra (2025). *Södra introduces new technology for forest management plans*, https://news.cision.com/sodra/r/sodra-introduces-new-technology-for-forest-management-plans%2Cc4168009