

### LiDAR aéroporté : Avons-nous atteint l'inventaire numérique dans les forêts feuillues de structure irrégulière au Québec?

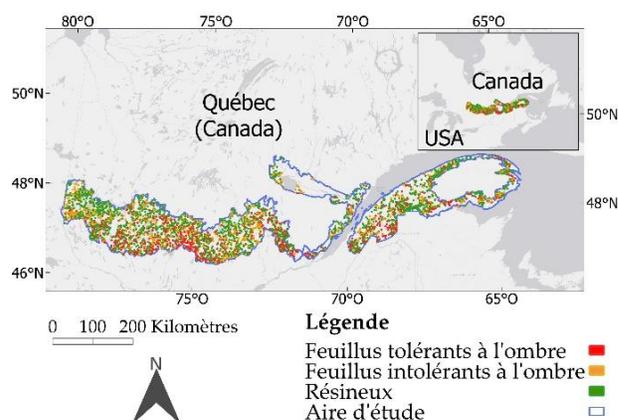
David Normandeau, Daniel Beaudoin (directeur) et Martin Riopel (codirecteur)

#### Introduction

Une nouvelle méthode développée par la Direction des Inventaires Forestier du Québec (DIF) utilisant la télédétection par laser aéroporté (LiDAR) a montré des résultats prometteurs pour les peuplements résineux dans le nord du Québec (Leboeuf et al., 2022). La précision de cette méthode reste toutefois à vérifier dans les peuplements feuillus du sud du Québec. Cette étude vise à : (i) Mesurer l'exactitude des prédictions de surface terrière obtenues à partir du modèle LiDAR actuel dans trois types de peuplements: feuillus mixtes, feuillus intolérants à l'ombre et feuillus tolérants à l'ombre. (ii) Analyser les intrants du modèle et en chercher de nouveaux. (iii) Proposer des corrections au modèle LiDAR actuel pour augmenter la précision des prédictions.

#### Méthode

L'aire d'étude se situe au Québec dans le domaine bioclimatique de la sapinière à bouleau jaune. Ce domaine est intéressant, car il constitue la zone de transition entre la forêt boréale du Québec et la forêt feuillue. Des données au sol provenant des inventaires gouvernementaux ont été utilisées pour valider l'exactitude des prédictions basées sur le LiDAR. Au total, 12 506 parcelles de validation ont été choisies pour correspondre au passage du LiDAR entre 2011 et 2020. La différence de temps entre les acquisitions LiDAR et la prise de mesure au sol étaient de maximum cinq ans et aucune intervention ou perturbation naturelle ne devait avoir eu lieu entre les deux récoltes de données.



Distribution des parcelles de vérification par composition d'essence (Points de couleurs) dans le domaine bioclimatique de la sapinière à bouleau jaune (aire d'étude).

La mesure de l'exactitude des prédictions a été réalisée pour les trois types de peuplement par le biais de  $R^2$ . Ensuite, l'analyse des intrants s'est déroulée en trois étapes : premièrement, en examinant la corrélation entre chaque intrant du modèle et les observations ; deuxièmement, en évaluant l'influence de la composition des principales espèces d'arbres sur l'exactitude du modèle ; et troisièmement, en testant de nouveaux intrants pour identifier la combinaison optimale. Ensuite, trois approches d'amélioration ont été testées sur le modèle : la mise à jour du modèle paramétrique linéaire, l'exploration de modèles paramétriques non linéaires et l'utilisation d'une approche d'apprentissage automatique automatisée. Par la suite, ces approches ont été comparées entre elles pour déterminer la plus efficace.

## Résultats

Le modèle de la DIF basé sur le LIDAR a été testé dans trois types de peuplements : feuillus tolérants à l'ombre, feuillus intolérants à l'ombre et conifères, avec des valeurs de  $R^2$  respectives de 25 %, 47 % et 53 %. Les résultats obtenus permettent d'observer une faiblesse quant aux prédictions du modèle dans les peuplements de feuillus tolérants à l'ombre. Lors de notre recherche de nouveaux intrants, nous avons identifié trois facteurs qui ont contribué à améliorer la précision des prédictions : la proportion de la surface terrière occupée par chaque essence, les coordonnées géographiques et les données météorologiques associées à l'emplacement. Ensuite, les méthodes paramétriques linéaire et quadratique, ainsi que l'apprentissage automatique ont été utilisées pour améliorer la précision des prédictions.

Tableau : Correction sur le modèle initial par différentes approches pour l'ensemble des espèces commerciales

Approches	Toute essence commercial			
	N	MAE	Biais	$R^2$
Model initial	2482	5,38	0,11	44,3%
H2O AutoML	2482	4,71	0,06	56,9%
Linéaire	2482	4,96	0,14	52,8%
Quadratique	2482	4,94	-0,10	53,0%

## Discussion

Les résultats de l'étude montrent un écart de précision de la surface terrière pour les peuplements d'espèces tolérantes à l'ombre dans la prédiction utilisant le modèle LiDAR de la DIF. Cela correspond aux observations de d'autres études sur le sujet (Spriggs et al., 2019). L'incorporation de nouveaux intrants dans un modèle d'apprentissage automatisé a été la solution retenue pour améliorer le modèle. L'objectif de ses nouveaux intrants géoréférencés étaient catégoriser les données à plus fine échelle pour permettre à l'apprentissage automatique de personnaliser le modèle selon le type de peuplement. La méthode pour déterminer la proportion de la surface terrière occupée par chaque essence montre encore une limitation, alors qu'elle est actuellement déterminée à partir de la photo-interprétation et groupé par

peuplement ce qui ne permet pas d'utiliser l'apprentissage automatique à son plein potentiel.

Les corrections ont entraîné des améliorations significatives de la précision dans les feuillus tolérants à l'ombre, mais pas suffisante pour atteindre le même niveau de confiance que celui qu'il est présentement possible d'atteindre dans les peuplements boréaux. Néanmoins, les améliorations obtenues en utilisant l'apprentissage automatique ont surpassé celles obtenues à l'aide des méthodes paramétriques traditionnelles pour tous les types de forêts, suggérant des avancées potentielles dans les pratiques d'inventaire forestier. Ceci est particulièrement pertinent dans des zones dans le sud du Québec, où les forêts feuillues tolérantes à l'ombre sont répandues.

## Conclusion

Bien que l'utilisation du LiDAR pour générer des prédictions de la surface terrière en forêt boréale ait fait ses preuves, une amélioration reste nécessaire dans les forêts feuillues de structure irrégulière. L'apprentissage automatique a montré le meilleur potentiel d'amélioration pour les peuplements de toutes compositions et son efficacité dépend des intrants fournis au modèle. En plus des intrants ajoutés dans la présente étude, des avancées telles que la reconnaissance d'essences à partir de LiDAR ou l'utilisation de données tirées d'imagerie satellitaire constituent des pistes d'amélioration pour le futur en permettant d'ajouter des intrants à échelle spatiale fine.

## Bibliographie

Leboeuf, A., et al. 2022.  
[doi.org/10.3390/F13070985](https://doi.org/10.3390/F13070985)

Spriggs, R.A., et al. 2019.  
[doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0215238](https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0215238)

Évaluateur 1 : Alexandre Morin-Bernard

Éditeur : Shuva Gautam