







Vieux, mais à quel point? Identifier les aînés des forêts anciennes à l'aide du LiDAR aérien

Maxence Martin & Osvaldo Valeria

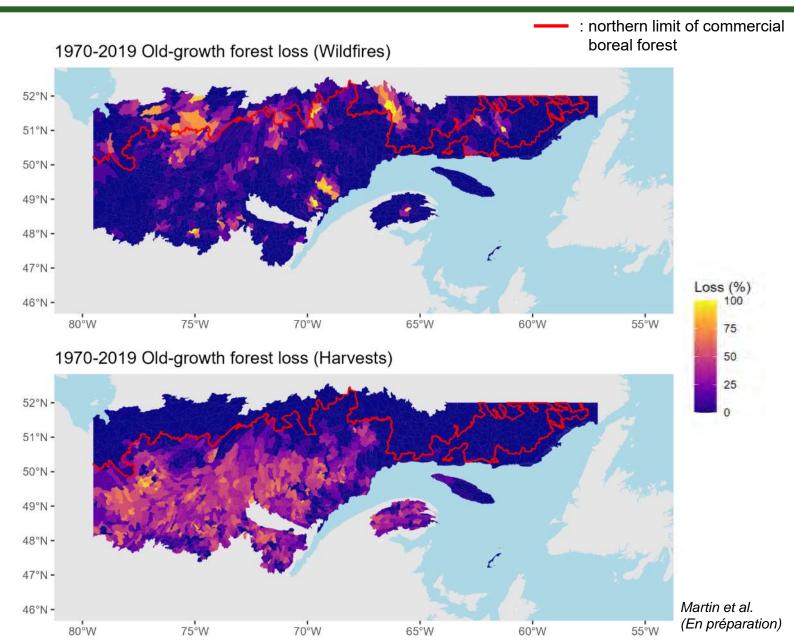
Colloque de la Chaire AFD 2021



Contact: maxence.martin@ugat.ca



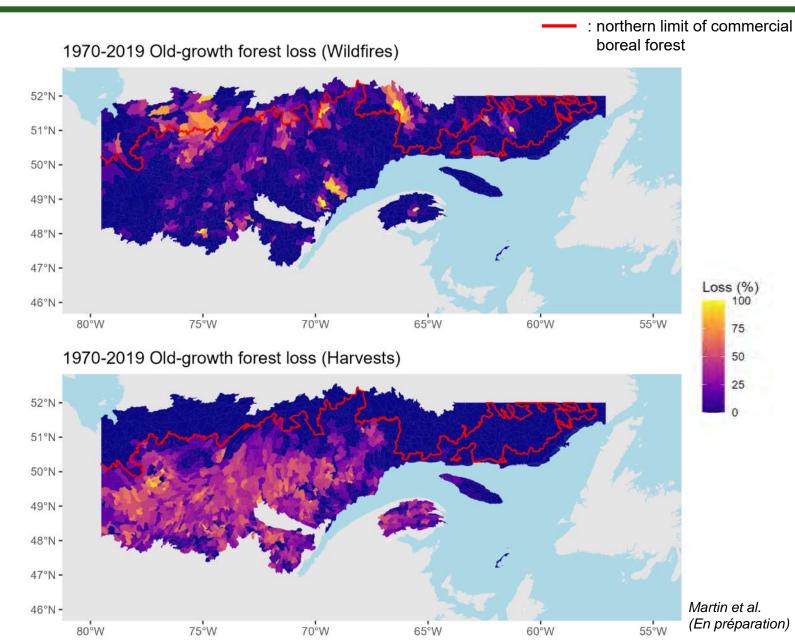
Les forêts anciennes (FA) disparaissent





Les forêts anciennes (FA) disparaissent

Perturbation moyenne des FA dans les districts écologiques aménagés:



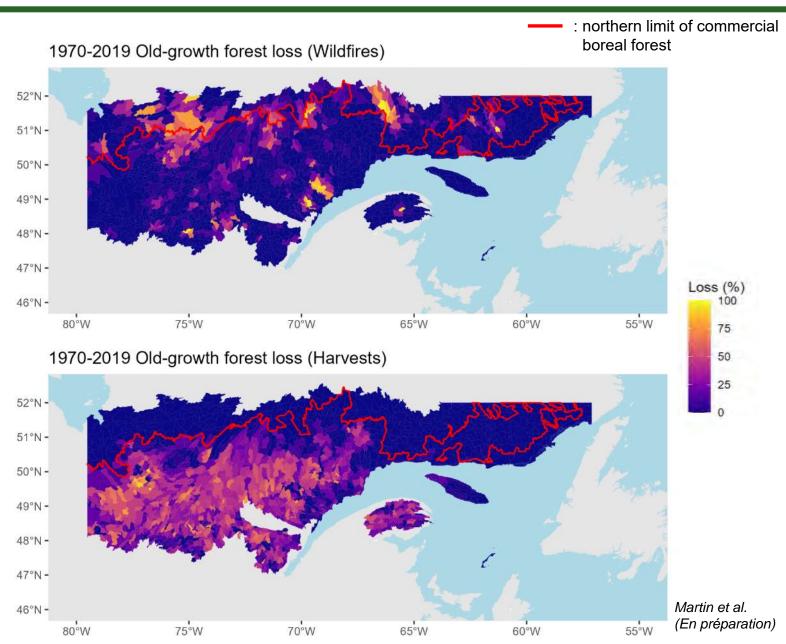


Les forêts anciennes (FA) disparaissent

Perturbation moyenne des FA dans les districts écologiques aménagés:

Feu: 0.16%/an

• Coupe: 0.67%/an





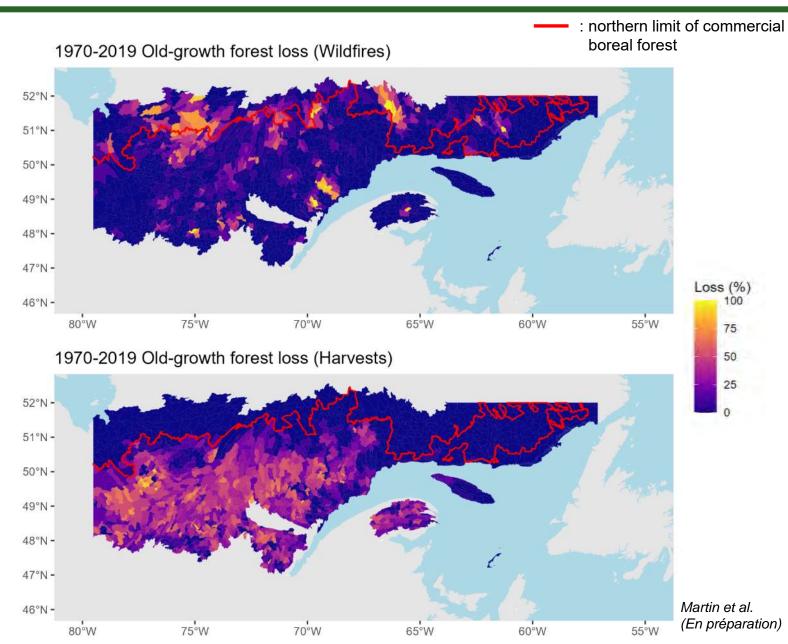
Les forêts anciennes (FA) disparaissent

Perturbation moyenne des FA dans les districts écologiques aménagés:

• Feu: 0.16%/an

• Coupe: 0.67%/an

→ 4.25 fois plus de coupes que de feux





Les forêts anciennes (FA) disparaissent

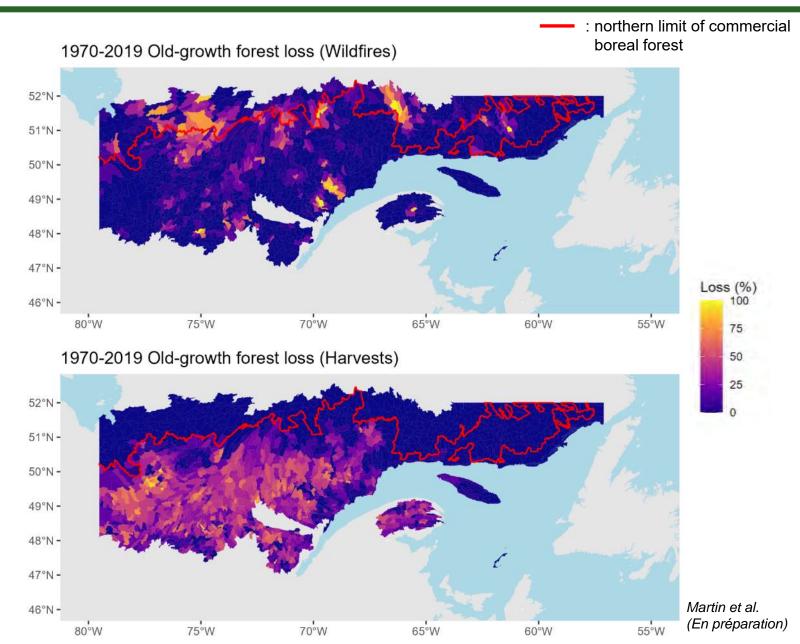
Perturbation moyenne des FA dans les districts écologiques aménagés:

• Feu: 0.16%/an

• Coupe: 0.67%/an

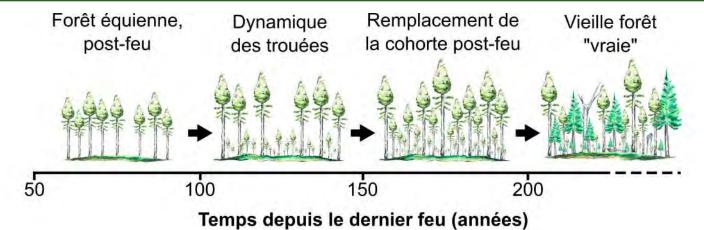
→ 4.25 fois plus de coupes que de feux

→ Cumul des coupes et des feux



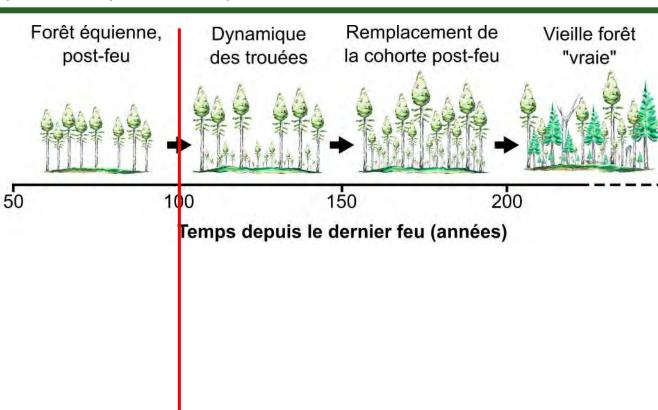


Complexité sous-estimée des FA





Complexité sous-estimée des FA



1: MFFP (2017)

Seuil de forêt ancienne dans la pessière à mousse¹



Forêt équienne, Remplacement de Dynamique Vieille forêt Complexité sous-estimée des FA la cohorte post-feu post-feu des trouées "vraie" 50 150 200 Temps depuis le dernier feu (années) Dendromicrohabitats² Bois mort² Espèces à faible dispersion³

1: MFFP (2017)

3: Fenton and Bergeron (2011) Silva Fennica

Seuil de forêt ancienne dans la pessière à mousse¹

^{2:} Martin et al. (2021) Ecological Indicators



Forêt équienne, Remplacement de Dynamique Vieille forêt Complexité sous-estimée des FA la cohorte post-feu post-feu des trouées "vraie" 50 150 200 Temps depuis le dernier feu (années) Dendromicrohabitats² Bois mort² Espèces à faible dispersion³ Stock de carbone4

1: MFFP (2017)

Seuil de forêt ancienne dans la pessière à mousse¹

^{2:} Martin et al. (2021) Ecological Indicators

^{3:} Fenton and Bergeron (2011) Silva Fennica

^{4:} Miquelajauregui et al. (2019) Ecosystems

Vieille forêt

"vraie"



1. Contexte | 2. Matériel et méthodes | 3. Résultats | 4. Discussion | 5. Conclusion

Complexité sous-estimée des FA Forêt équienne, post-feu Dynamique des trouées la cohorte post-feu

	50 1		50 20 ernier feu (années)	
Dendromicrohabitats ²	1	1	1	\angle
Bois mort ²	1	1	1	4
Espèces à faible dispersion ³	1	1	1	1
Stock de carbone ⁴	1	1	1	4
Photo-interprétation ⁵	Jeune équienne	Vieille équienne	Vieille équienne	Vieille équienne

Seuil de forêt ancienne dans la pessière à mousse¹

^{1:} MFFP (2017)

^{2:} Martin et al. (2021) Ecological Indicators

^{3:} Fenton and Bergeron (2011) Silva Fennica

^{4:} Miquelajauregui et al. (2019) Ecosystems

^{6:} Martin et al. (2020) Canadian Journal of Forest Research

Vieille forêt

"vraie"

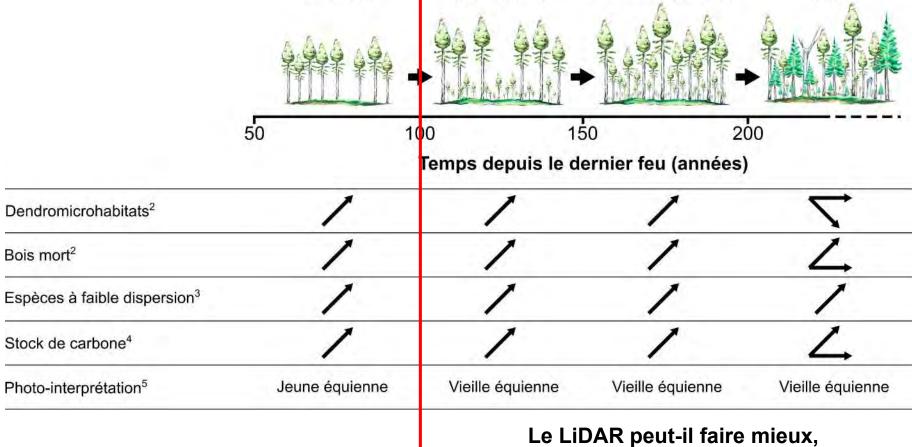


1. Contexte | 2. Matériel et méthodes | 3. Résultats | 4. Discussion | 5. Conclusion

Forêt équienne,

post-feu

Complexité sous-estimée des FA



Dynamique

des trouées

Remplacement de

la cohorte post-feu

plus rapidement et plus facilement?

1: MFFP (2017)

Seuil de forêt ancienne dans la pessière à mousse¹

^{2:} Martin et al. (2021) Ecological Indicators

^{3:} Fenton and Bergeron (2011) Silva Fennica

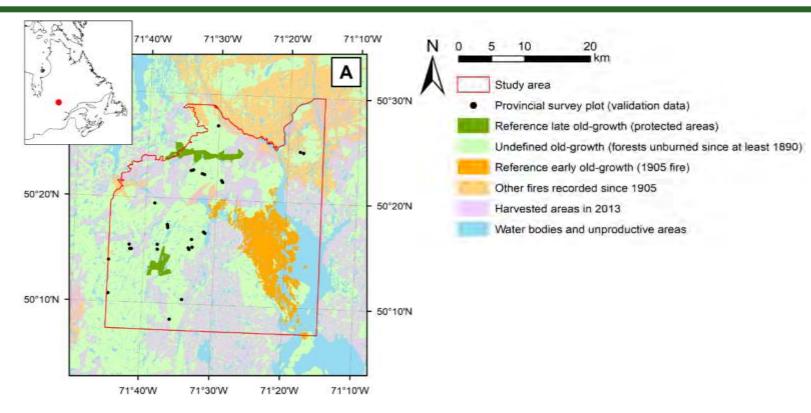
^{4:} Miquelajauregui et al. (2019) Ecosystems

^{6:} Martin et al. (2020) Canadian Journal of Forest Research



Territoire d'étude

459 km² de forêts intactes au Québec:

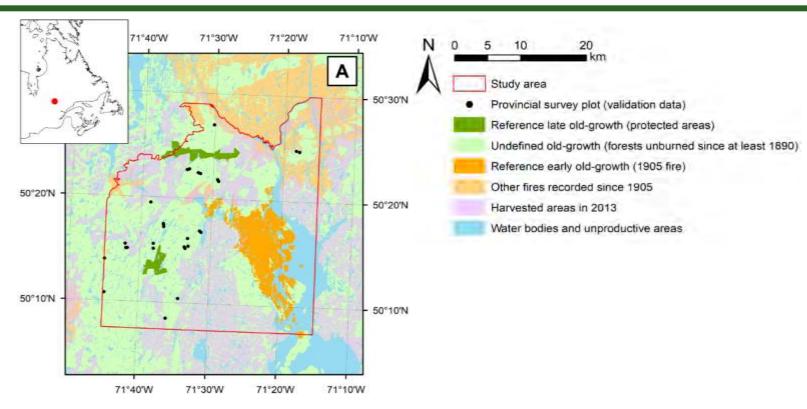




Territoire d'étude

459 km² de forêts intactes au Québec:

• 118 km² brûlées il y a 115 ans (référence « jeune » forêt ancienne)

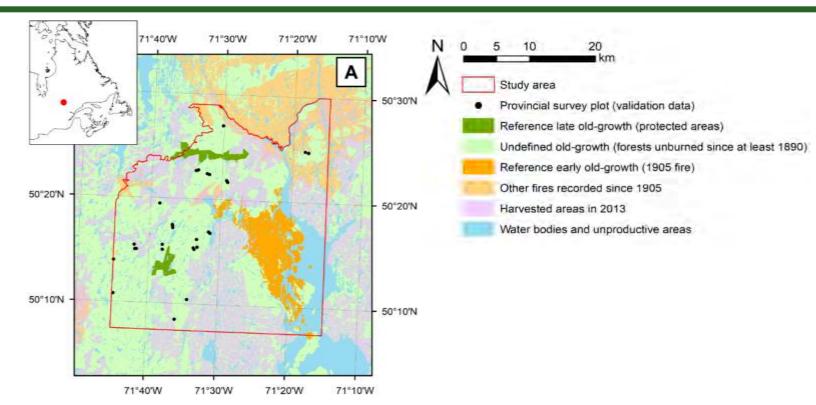




Territoire d'étude

459 km² de forêts intactes au Québec:

- 118 km² brûlées il y a 115 ans (référence « jeune » forêt ancienne)
- 26 km² non-brûlées depuis >250 ans (référence « vieille » forêt ancienne)

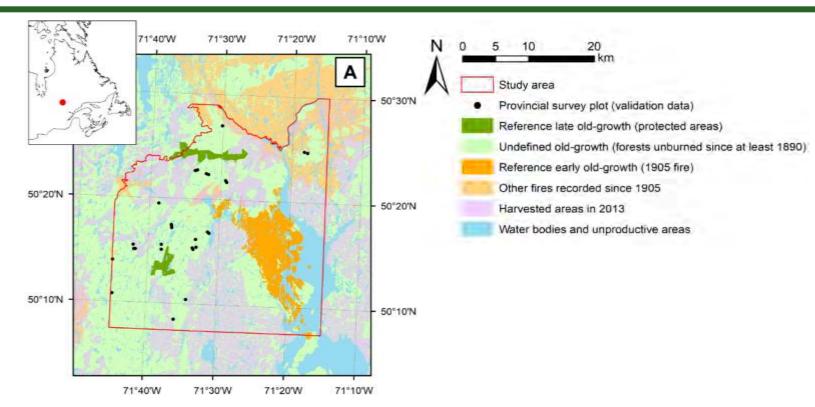




Territoire d'étude

459 km² de forêts intactes au Québec:

- 118 km² brûlées il y a 115 ans (référence « jeune » forêt ancienne)
- 26 km² non-brûlées depuis >250 ans (référence « vieille » forêt ancienne)
- 315 km² non-brûlées depuis >125 ans (forêt ancienne indéterminée)



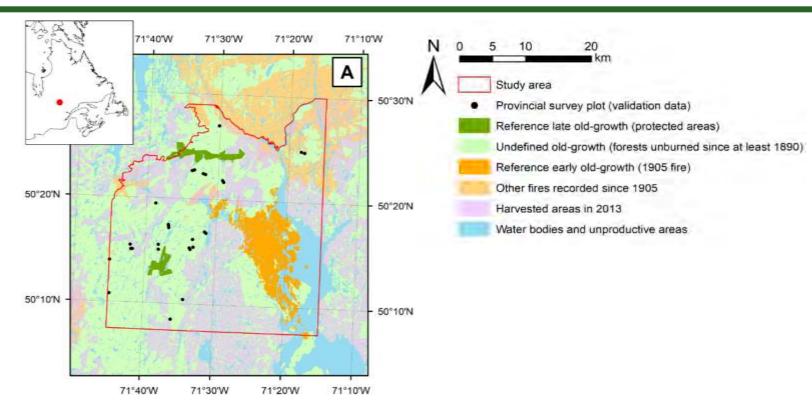


Territoire d'étude

459 km² de forêts intactes au Québec:

- 118 km² brûlées il y a 115 ans (référence « jeune » forêt ancienne)
- 26 km² non-brûlées depuis >250 ans (référence « vieille » forêt ancienne)
- 315 km² non-brûlées depuis >125 ans (forêt ancienne indéterminée)

Validation terrain:





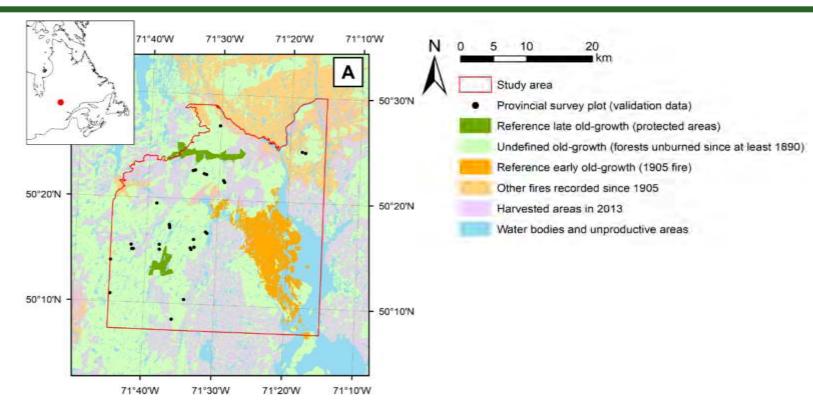
Territoire d'étude

459 km² de forêts intactes au Québec:

- 118 km² brûlées il y a 115 ans (référence « jeune » forêt ancienne)
- 26 km² non-brûlées depuis >250 ans (référence « vieille » forêt ancienne)
- 315 km² non-brûlées depuis >125 ans (forêt ancienne indéterminée)

Validation terrain:

 28 placettes dans le territoire d'étude (inventaires provinciaux)





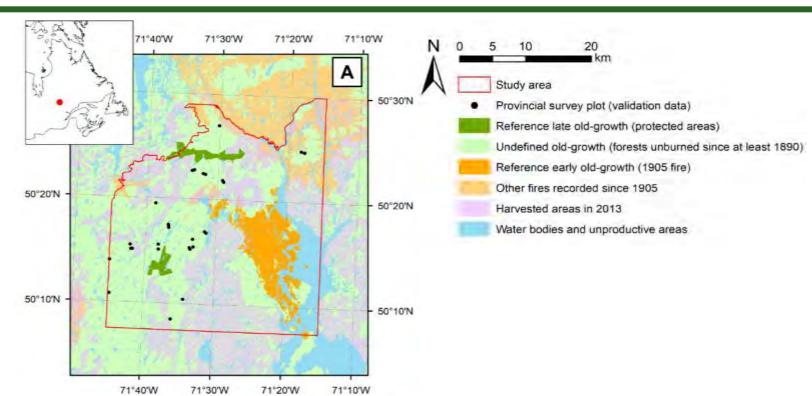
Territoire d'étude

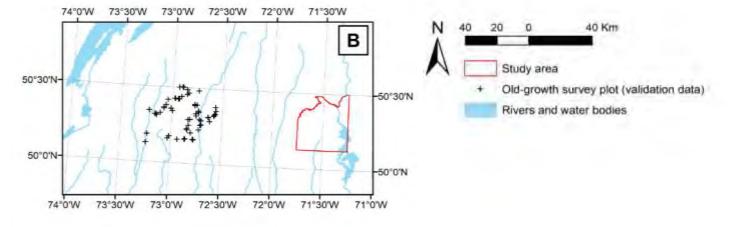
459 km² de forêts intactes au Québec:

- 118 km² brûlées il y a 115 ans (référence « jeune » forêt ancienne)
- 26 km² non-brûlées depuis >250 ans (référence « vieille » forêt ancienne)
- 315 km² non-brûlées depuis >125 ans (forêt ancienne indéterminée)

Validation terrain:

- 28 placettes dans le territoire d'étude (inventaires provinciaux)
- 58 placettes à l'Ouest (inventaire de forêts anciennes, Martin et al. 2018)



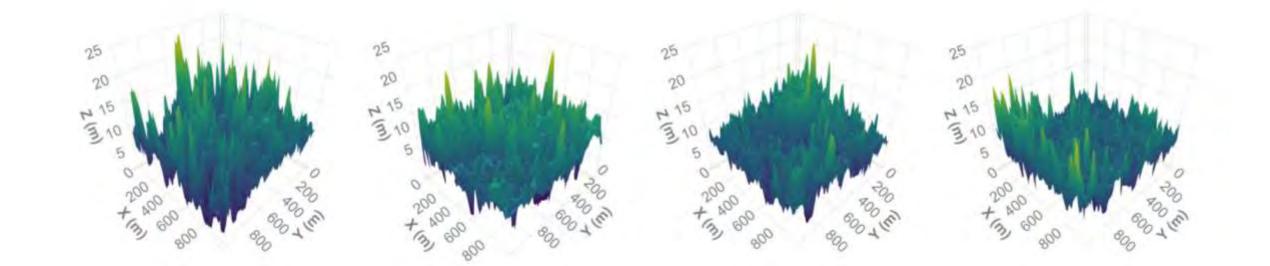




Données et analyses

Indices LiDAR:

• Tessels de 1ha (100x100m)

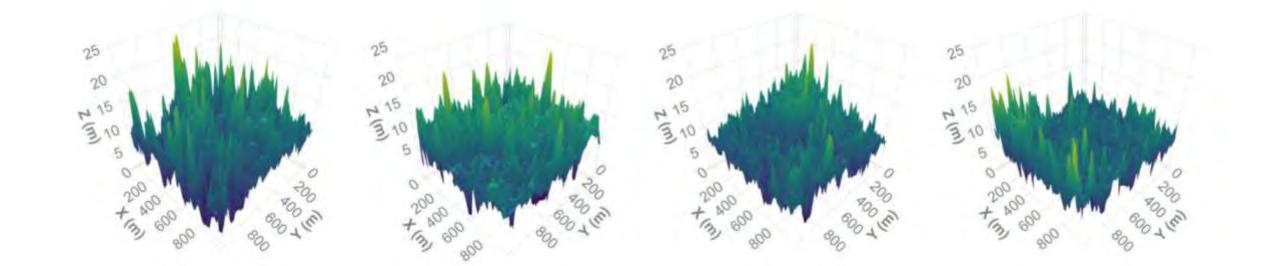




Données et analyses

Indices LiDAR:

- Tessels de 1ha (100x100m)
- Modèles de hauteur de canopée LiDAR du MFFP

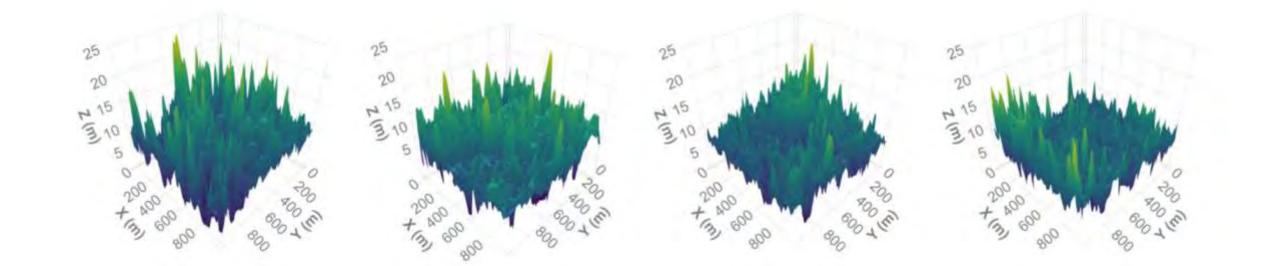




Données et analyses

Indices LiDAR:

- Tessels de 1ha (100x100m)
- Modèles de hauteur de canopée LiDAR du MFFP
- 7 indices (Martin et al. 2021 Remote Sensing of Environment)





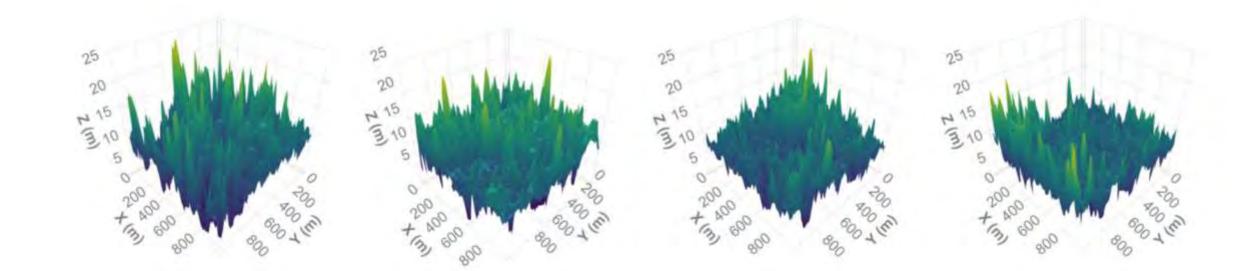
Données et analyses

Indices LiDAR:

- Tessels de 1ha (100x100m)
- Modèles de hauteur de canopée LiDAR du MFFP
- 7 indices (Martin et al. 2021 Remote Sensing of Environment)

Modélisation (random forest models):

• Entraînement du modèle sur les FA de références (jeunes et vieilles)





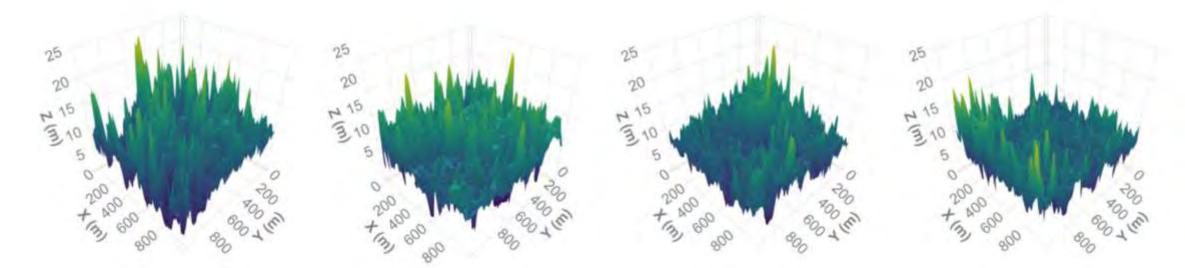
Données et analyses

Indices LiDAR:

- Tessels de 1ha (100x100m)
- Modèles de hauteur de canopée LiDAR du MFFP
- 7 indices (Martin et al. 2021 Remote Sensing of Environment)

Modélisation (random forest model):

- Entraînement du modèle sur les FA de références (jeunes et vieilles)
- Prédiction pour les FA non-définies et les placettes terrain (3 classes: jeune, intermédiaire, vieux)





Performances du modèle

Attribute	Mean ± Std.Dev
Out-of-bag estimate error rate (%)	4.97 ± 0.94
Area under the ROC curve	0.98 ± 0.00
Proximity with spatially-explicit model (%)	95.01 ± 0.93



Performances du modèle

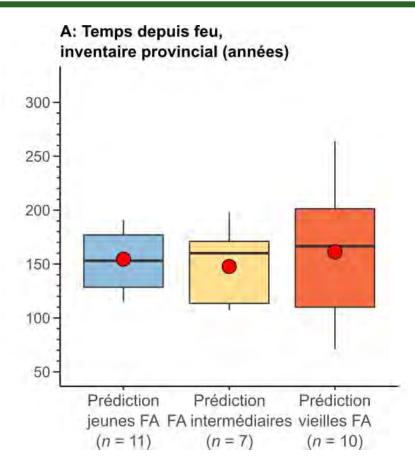
Attribute	Mean ± Std.Dev
Out-of-bag estimate error rate (%)	4.97 ± 0.94
Area under the ROC curve	0.98 ± 0.00
Proximity with spatially-explicit model (%)	95.01 ± 0.93

- Discrimination presque parfaite entre jeunes et vieilles FA
- Les indices LiDAR permettent une discrimination efficace de FA de différents âges



Validation terrain

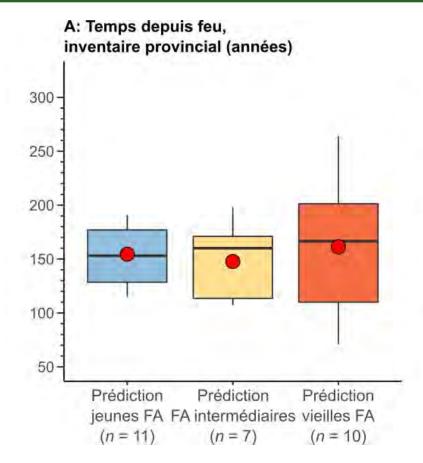
 Pas de différence de temps depuis feu pour l'inventaire provincial

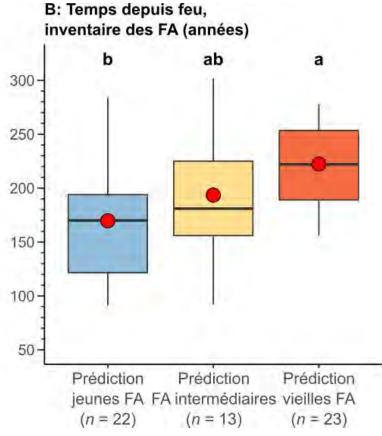




Validation terrain

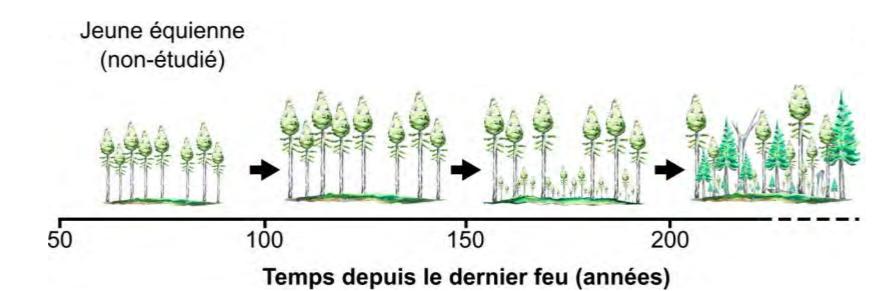
- Pas de différence de temps depuis feu pour l'inventaire provincial
- Différence significative de temps depuis feu pour l'inventaire des FA





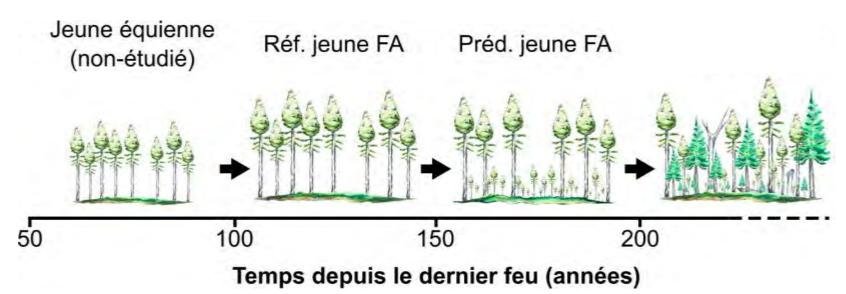


Classes de FA prédites



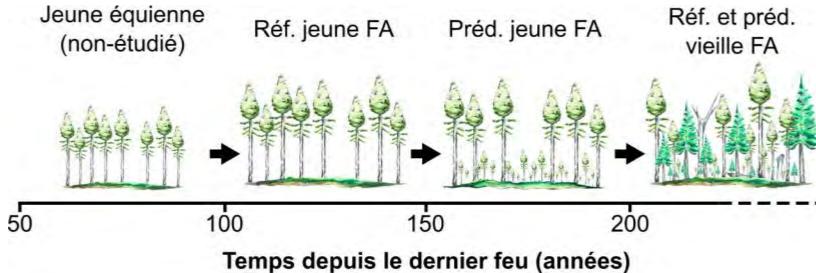


Classes de FA prédites



• Différences de structure et d'âge entre les jeunes FA références et prédites

Classes de FA prédites

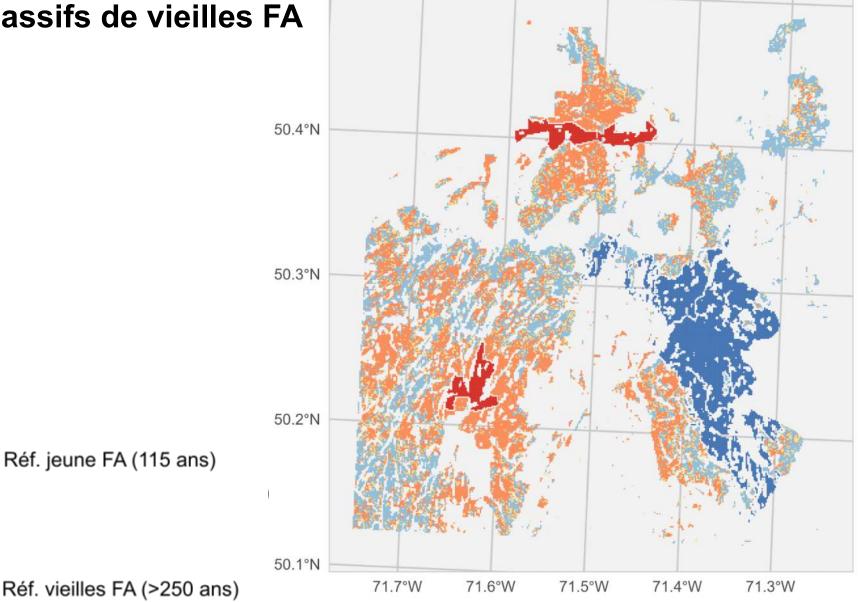


- Différences de structure et d'âge entre les jeunes FA références et prédites
- Pas de différence de structure entre vieilles FA références et prédites



Réf. jeune FA (115 ans)

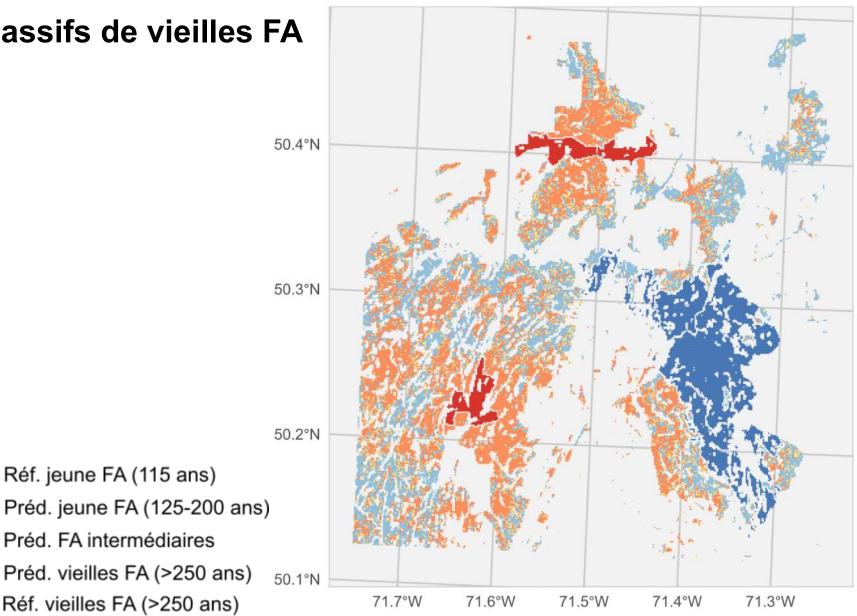






Identification de vastes massifs de vieilles FA

• >17 000 ha de vieilles FA





Réf. jeune FA (115 ans)

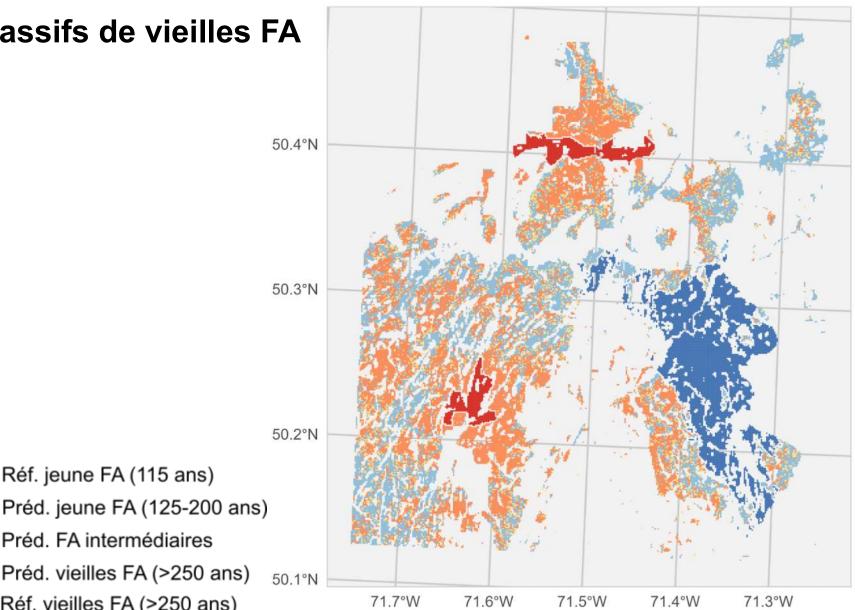
Préd. FA intermédiaires

Préd. vieilles FA (>250 ans)

Réf. vieilles FA (>250 ans)

Identification de vastes massifs de vieilles FA

- >17 000 ha de vieilles FA
- Blocs de vieilles FA au sein d'une matrice de FA de 125-200 ans





Les données LiDAR sont efficaces pour différencier les FA



Les données LiDAR sont efficaces pour différencier les FA

• Bonne description des structures avec les modèles de hauteur de canopée



Les données LiDAR sont efficaces pour différencier les FA

- Bonne description des structures avec les modèles de hauteur de canopée
- L'utilisation d'aires de référence permet une bonne calibration des modèles



Les données LiDAR sont efficaces pour différencier les FA

- Bonne description des structures avec les modèles de hauteur de canopée
- L'utilisation d'aires de référence permet une bonne calibration des modèles
- Fournit des résultats écologiques cohérents

Les données LiDAR sont efficaces pour différencier les FA

- Bonne description des structures avec les modèles de hauteur de canopée
- L'utilisation d'aires de référence permet une bonne calibration des modèles
- Fournit des résultats écologiques cohérents

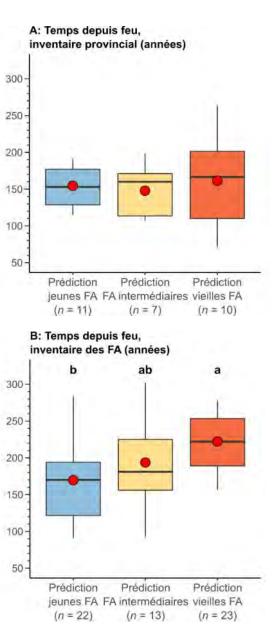
Le problème des données de validation terrain



Les données LiDAR sont efficaces pour différencier les FA

- Bonne description des structures avec les modèles de hauteur de canopée
- L'utilisation d'aires de référence permet une bonne calibration des modèles
- Fournit des résultats écologiques cohérents

Le problème des données de validation terrain





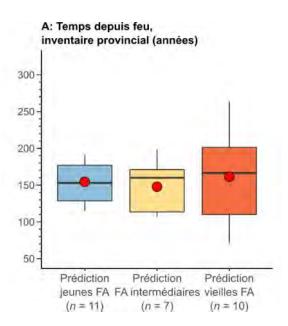
1. Contexte | 2. Matériel et méthodes | 3. Résultats | 4. DISCUSSION | 5. Conclusion

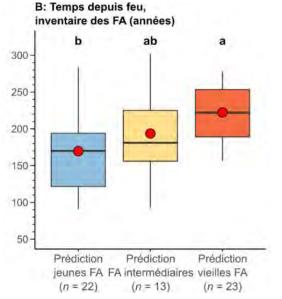
Les données LiDAR sont efficaces pour différencier les FA

- Bonne description des structures avec les modèles de hauteur de canopée
- L'utilisation d'aires de référence permet une bonne calibration des modèles
- Fournit des résultats écologiques cohérents

Le problème des données de validation terrain

• Inventaire provincial: fort biais d'âge pour forêts de plus de 150 ans (Garet et al. 2012)





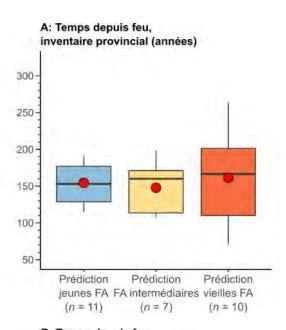


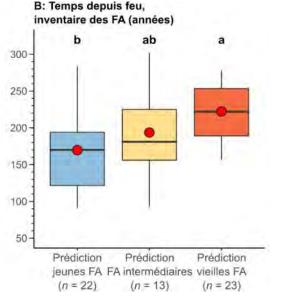
Les données LiDAR sont efficaces pour différencier les FA

- Bonne description des structures avec les modèles de hauteur de canopée
- L'utilisation d'aires de référence permet une bonne calibration des modèles
- Fournit des résultats écologiques cohérents

Le problème des données de validation terrain

- Inventaire provincial: fort biais d'âge pour forêts de plus de 150 ans (Garet et al. 2012)
- Les inventaires détaillés des FA sont rares et coûteux







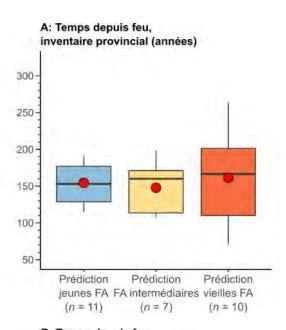
1. Contexte | 2. Matériel et méthodes | 3. Résultats | 4. DISCUSSION | 5. Conclusion

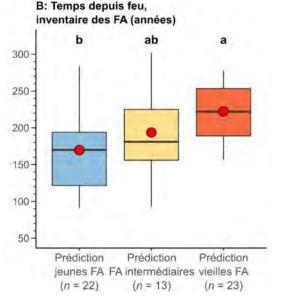
Les données LiDAR sont efficaces pour différencier les FA

- Bonne description des structures avec les modèles de hauteur de canopée
- L'utilisation d'aires de référence permet une bonne calibration des modèles
- Fournit des résultats écologiques cohérents

Le problème des données de validation terrain

- Inventaire provincial: fort biais d'âge pour forêts de plus de 150 ans (Garet et al. 2012)
- Les inventaires détaillés des FA sont rares et coûteux
 - → Besoin d'étendre les données de terrain fiables sur les FA







• Première étape pour une cartographie plus fine des forêts anciennes



- Première étape pour une cartographie plus fine des forêts anciennes
- Peut-être ensuite raffinée



- Première étape pour une cartographie plus fine des forêts anciennes
- Peut-être ensuite raffinée
- Dépend de la disponibilités en aires de référence



- Première étape pour une cartographie plus fine des forêts anciennes
- Peut-être ensuite raffinée
- Dépend de la disponibilités en aires de référence
- Outil très important pour un aménagement écosystémique maintenant la diversité des FA



https://streamlit.gishub.org/