

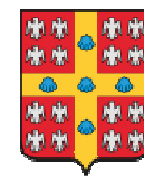
Des femmes, des hommes, des régions, **nos ressources...**



Estimation de la qualité du bois de l'épinette (épicéa) noire et du sapin baumier, à l'échelle de l'arbre et du peuplement, à partir des données de l'inventaire écoforestier du Québec



Guillaume Giroud, ing.f., M.Sc.  
Candidat au doctorat en sciences forestières, Université Laval  
Journée Thèses des bois, Xylofutur - 2 juillet 2015



UNIVERSITÉ  
**LAVAL**

**Ministère des Forêts,  
de la Faune  
et des Parcs**

**Québec** 

# Laboratoire de dendrométrie



## Jean Bégin

Professeur titulaire et directeur du programme en aménagement et environnement forestier

## Coordonnées

Département des sciences du bois et de la forêt  
Pavillon Abitibi-Price, bureau 2159-B  
2405, rue de la Terrasse  
Université Laval  
Québec (Québec) G1V 0A6  
Téléphone: (418) 656-2131 poste 2366  
Télécopieur: (418) 656-5262  
[Jean.Begin@sbf.ulaval.ca](mailto:Jean.Begin@sbf.ulaval.ca)



Expertises

Projets de recherche

Étudiants

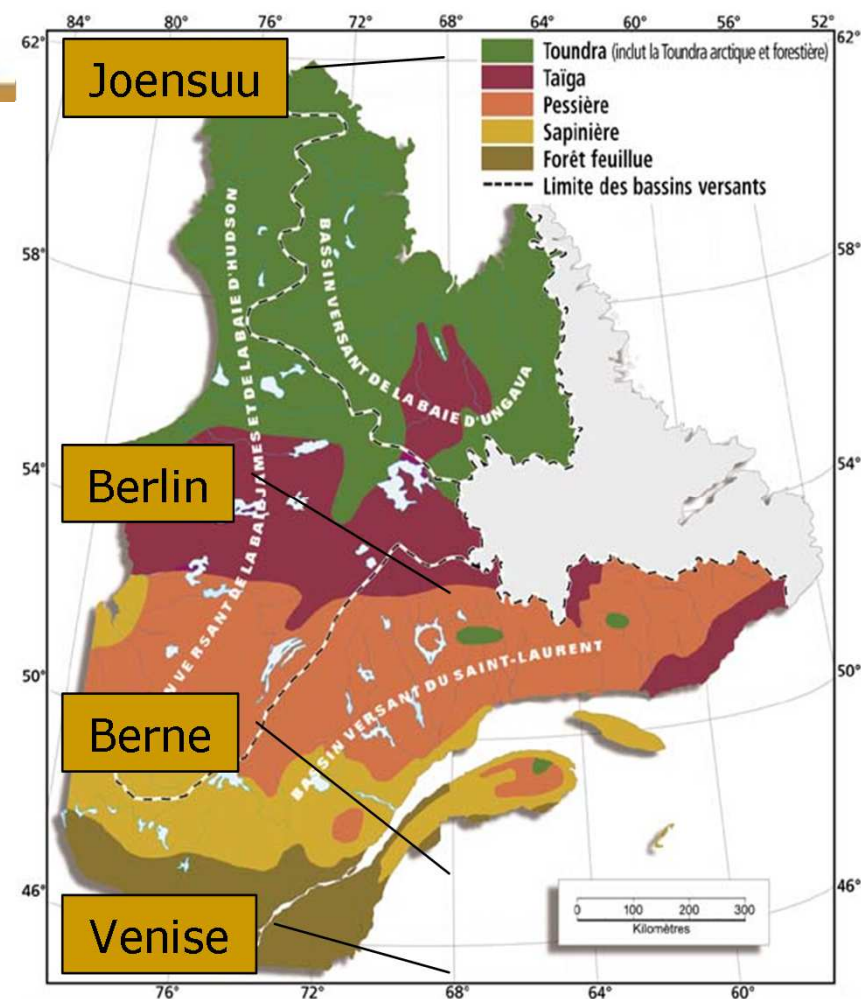
Publications

## Projets de recherche actifs en date du 2014-10-06 auxquels le chercheur participe

- Effectuer des modèles statistiques LiDAR, Subvention, Ministère des ressources naturelles, du 2014-04-15 au 2015-03-15
- Estimation de la qualité du bois de l'épinette noire et du sapin baumier, à l'échelle de l'arbre et du peuplement, à partir des données de l'inventaire écoforestier du Québec, Subvention, Fonds de recherche du Québec - Nature et technologies, Recherche en partenariat sur l'aménagement et l'environnement forestiers IV, du 2012-04-01 au 2015-03-31
- Mise en valeur des inventaires de suivi après coupe pour mieux prédire la distribution de la régénération, la compétition et la composition à partir de l'inventaire écoforestier et du climat régional, Subvention, Fonds de recherche du Québec - Nature et technologies, Recherche en partenariat sur l'aménagement et l'environnement forestiers V, du 2014-05-01 au 2017-04-30
- Vers l'implantation de technologies opérationnelles de la télédétection 3D en inventaire forestier, Subvention, Fonds de recherche du Québec - Nature et technologies, Recherche en partenariat sur l'aménagement et l'environnement forestiers V, du 2013-04-01 au 2016-03-31

# Le Québec forestier

- Québec : 1 667 712 km<sup>2</sup>
- 8,2 millions d'habitants
- Domaine de l'état : 93%
- 761 000 km<sup>2</sup> de forêt (2%)
- 424 000 km<sup>2</sup> de forêt productive
- 45 millions de m<sup>3</sup> de possibilité
- 26 millions de m<sup>3</sup> récoltés
- 42 750 km<sup>2</sup> → tordeuse (2014)
- 650 km<sup>2</sup> → feux (2014)



Ministère des Forêts,  
de la Faune  
et des Parcs

Québec





# Ministère des forêts, de la faune et des parcs

- Inventaire écoforestier du Québec méridional (IÉQM)
- 50 ans d'inventaire, 4 cycles
- Mandat provincial et non fédéral
- Système de classification écologique
- 8 millions de peuplements photo-interprétés et mis à jour annuellement
- 3 000 à 5 000 placettes par an
- 10 000 à 15 000 carottes récoltées par an



# État des connaissances

- Très bonnes connaissances des superficies forestières, de la composition en essences, de l'écologie et de la productivité des stations. Bonnes estimations des volumes et amélioration prévisible avec l'utilisation du lidar aéroporté pour l'ensemble du territoire d'ici 5 ans.
- Absence d'information sur la variabilité géographique de la qualité de la fibre et connaissance très limitée en raison des contraintes opérationnelles et budgétaires associées à l'analyse des propriétés du bois.

# Opportunité

Un inventaire provincial  
...  
des milliers de carottes récoltées annuellement

...  
Pourquoi ne pas caractériser  
la qualité de la fibre de ces carottes  
pour en connaître la variabilité  
géographique?



<http://quirecherche.info/garder-son-idee-pour-soi-une-erreur-a-ne-pas-commettre/>

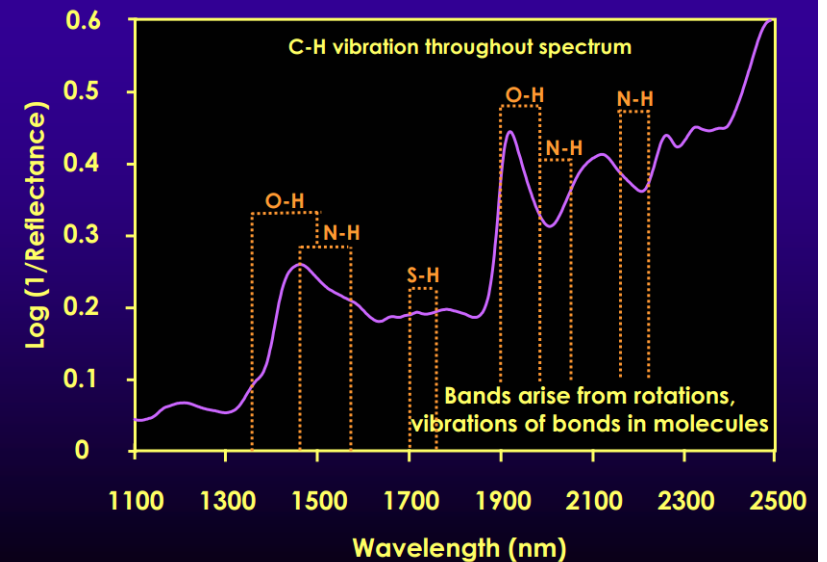
# Méthode

## Spectroscopie proche infrarouge

- Méthode basée sur l'absorption de la lumière par la matière en fonction de la vibration des molécules.
- Complexité : plusieurs bandes d'absorption pour une même composante
- Nécessite l'utilisation d'analyses statistiques multivariées (PLS)



NIR spectrum of a typical wood sample



# Méthode

Tableau A1. Performances des modèles de la SPIR pour la prédiction de la densité du bois et de l'angle des microfibrilles.

Auteur(s)	Espèce(s)		Méthode	SPIR	Calibration		Prédiction		
	Nom commun	Nom scientifique			R <sup>2</sup>	SEC/RMSEC	R <sup>2</sup>	SEP/RMSEP	RPD
<b>Densité (kg/m<sup>3</sup>)</b>									
Jiang et al. (2007)	Paulownia	<i>Paulownia elongata</i>		500-2500	0,9	12	0,83	16	
Haartveit et Flæte (2006)	Épinette de Norvège	<i>Pinus abies</i>					0,79	20,3	
Defo et al. (2007)	Chêne rouge	<i>Quercus rubra</i>		1000-2300	0,91		0,86	19,8	
Xu et al. (2011)	Épinette noire et sapin baumier	<i>Picea mariana et Abies balsamea</i>	SilviScan	650-1150	0,79	4	0,86		
Jones et al. (2005a)	Pinus à encens	<i>Pinus taeda</i>	SilviScan	1100-2100	0,83		0,81		2,69
Antony et al. (2009)	Pinus à encens	<i>Pinus taeda</i>	SilviScan	1100-2100	0,83	5,7	0,81	6,8	1,6
Via et al. (2005)	Pin des marais	<i>Pinus palustris</i>		100-2500	0,71	2	0,79	5,5	
Mora et al. (2011)	Pinus à encens	<i>Pinus taeda</i>			0,8		0,77	21,3	
Watanabe et al. (2012)	Sugi	<i>Cryptomeria japonica</i>		715-2500	0,85	17,4	0,81	15,3	2,14
Kothiyal et al. (2011)	Eucalyptus	<i>Eucalyptus tereticornis</i>					0,58-0,75	20-22	2,67-3
Gindl et Teisberg (2007)	Meule de l'épave	<i>Pinus sylvestris</i>		1000-1961	0,97	18	0,95	23	
Thygesen (1999)	Épinette de Norvège	<i>Pinus abies</i>		1200-2400			0,842615	17	
Santos et al. (2012)	Acacia	<i>Acacia melanoxylon</i>		1000-1961			0,92	15	3,5
Medler et al. (2007)	Pin de Monterey	<i>Pinus radiata</i>			0,93	21,6	0,77	36,9	
Hoffmeyer et Pederson (2005)	Épinette de Norvège	<i>Pinus abies</i>		1200-2400		19	0,94	19	
Inagaki et al. (2012)	Eucalyptus	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>		1000-2500	0,91	19	0,91	17	3,8
<b>Angle des microfibrilles (°)</b>									
Jiang et al. (2006)			DRX		0,86		0,82		
Kelley et al. (2004a)	Pinus à encens	<i>Pinus taeda</i>	DRX		0,82	5,7	0,68	6,8	
Xu et al. (2011)	Épinette noire et sapin baumier	<i>Picea mariana et Abies balsamea</i>	SilviScan		0,58	1,3	0,76	1,2	
Jones et al. (2005a)	Pinus à encens	<i>Pinus taeda</i>	SilviScan		0,9	2,42	0,82	1,86	2,82
Hein et al. (2010a)	Eucalyptus	<i>Eucalyptus urophylla</i>	DRX	800-2850	0,7	0,65	0,63	0,94	1,6
Antony et al. (2009)	Pinus à encens	<i>Pinus taeda</i>	SilviScan	1100-2500	0,87	2,2	0,83	2,4	1,8
Schimleck et al. (2005)	Pin de Monterey	<i>Pinus radiata</i>	SilviScan				0,79-0,99	0,4-1,9	2,2-9,1
Schimleck et al. (2005a)	Pinus à encens	<i>Pinus taeda</i>					0,41-0,96	1,1-3,4	1,9-4,9
Schimleck and Evans (2002)	Pin de Monterey	<i>Pinus radiata</i>	SilviScan				0,96-0,98	1-2,5	

Ministère des forêts, de la faune et des parcs 2013. Étude de faisabilité.

DRX = Diffraction aux rayons x

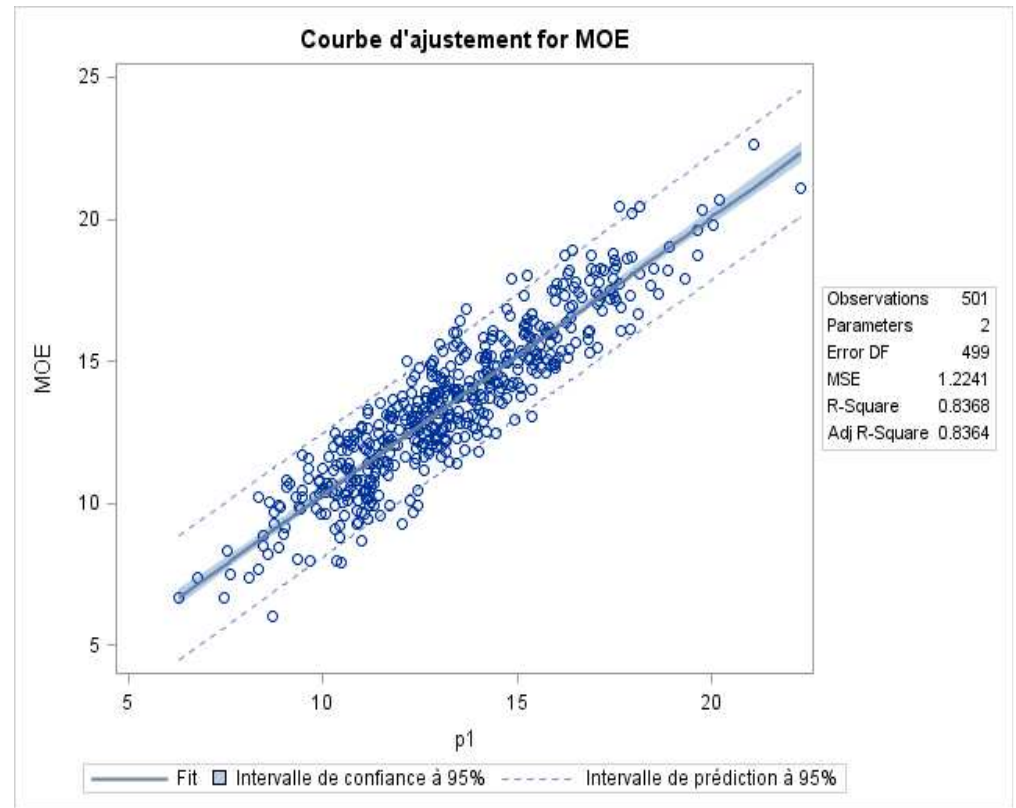


# Objectifs de la thèse

1. Développer des calibrations proche infrarouge pour prédire la densité et les propriétés mécaniques du bois (MOE, MFA)
2. Utiliser ces calibrations sur les carottes de l'inventaire forestier provincial
3. Développer une approche permettant de séparer le bois juvénile du bois mature par le biais de la spectroscopie proche infrarouge
4. Évaluer l'influence de la station écologique sur les propriétés de la fibre
5. Cartographier les propriétés de la fibre à une échelle régionale

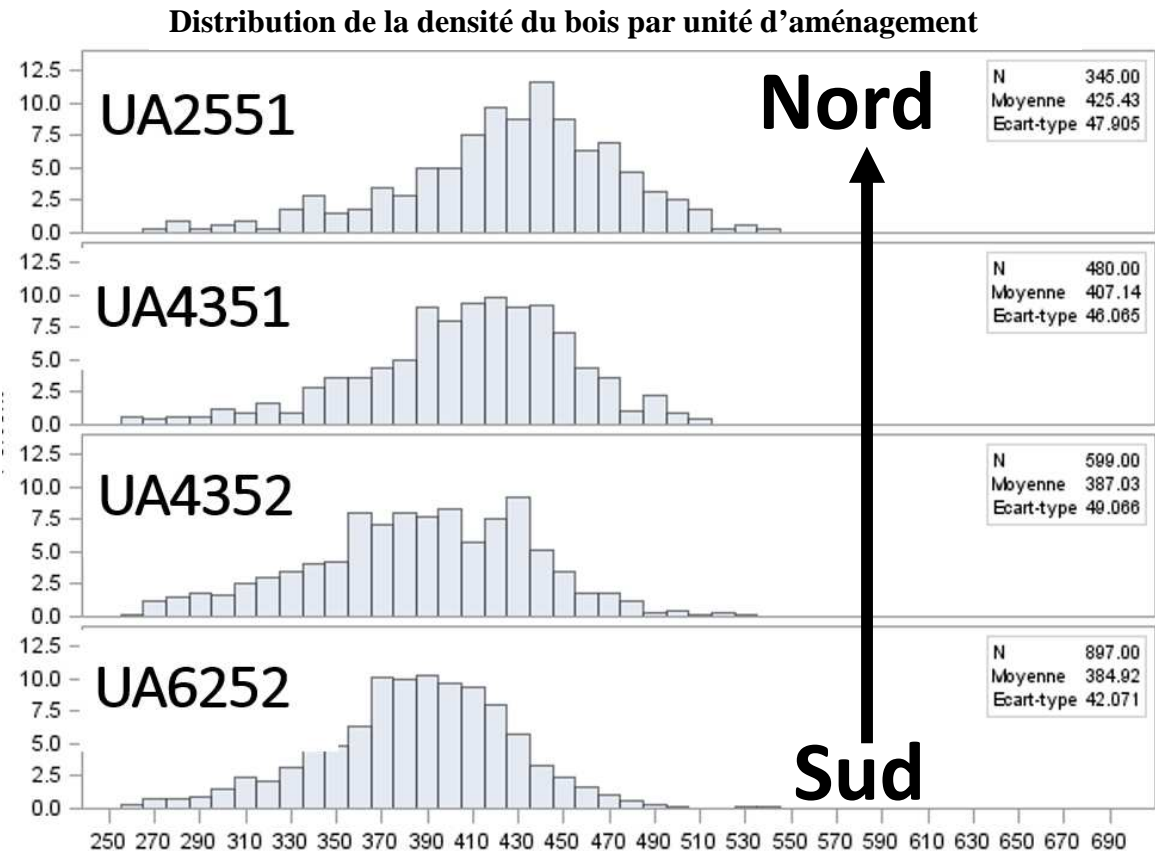
# 1. Calibrations proche infrarouge

- Journal of NIRS (en rédaction)
- Modèles pour les 6 principales essences de la forêt boréale
- Trois modèles multiessence pour DEN, MOE, MFA
- Utilisation de SilviScan comme technologie de référence
- n=1096 (calibration, ~180 par essence), n=501 (validation)



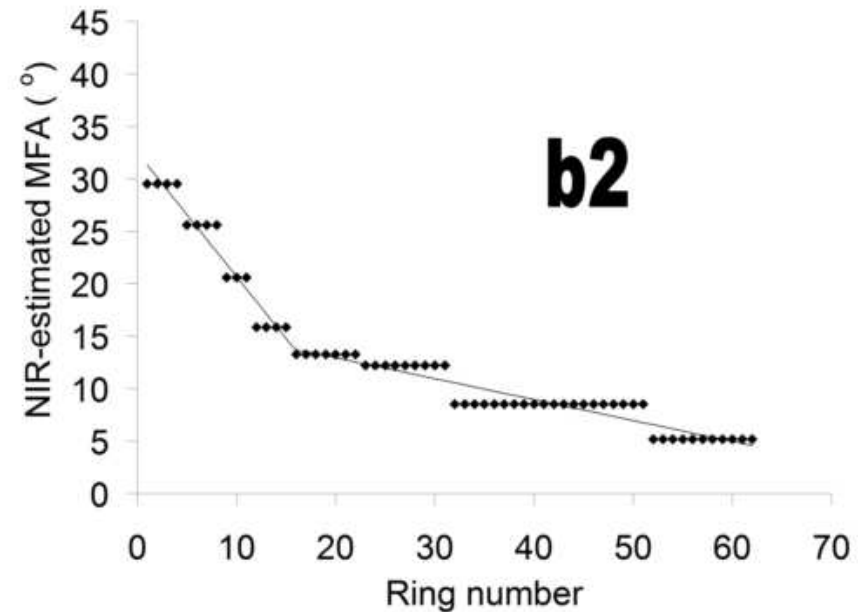
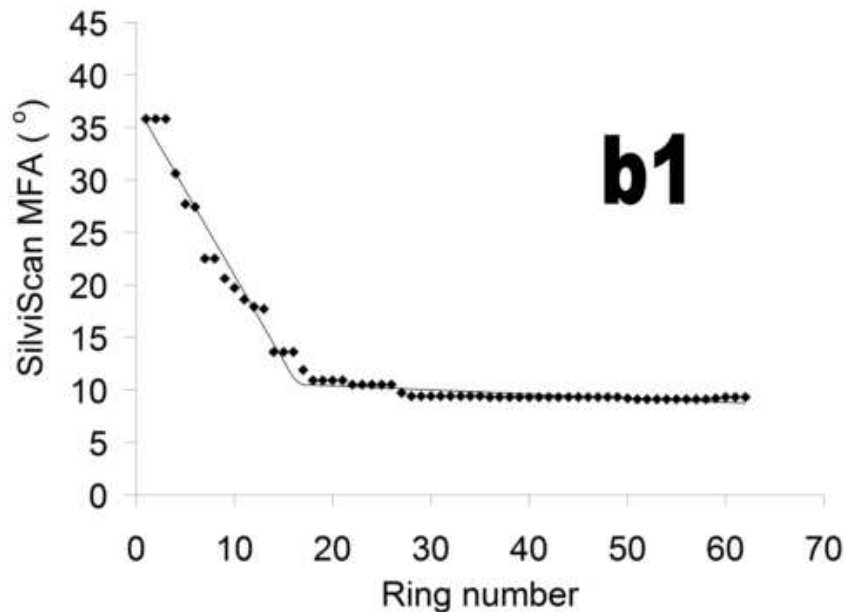
## 2. Application des modèles

- Journal of NIRS (en rédaction)
- Gradient latitudinal d'environ 800 km sapinière-pessière
- Exemple pour le sapin baumier et la densité du bois (2321 carottes de bois)



### 3. Transition bois juvénile/bois mature

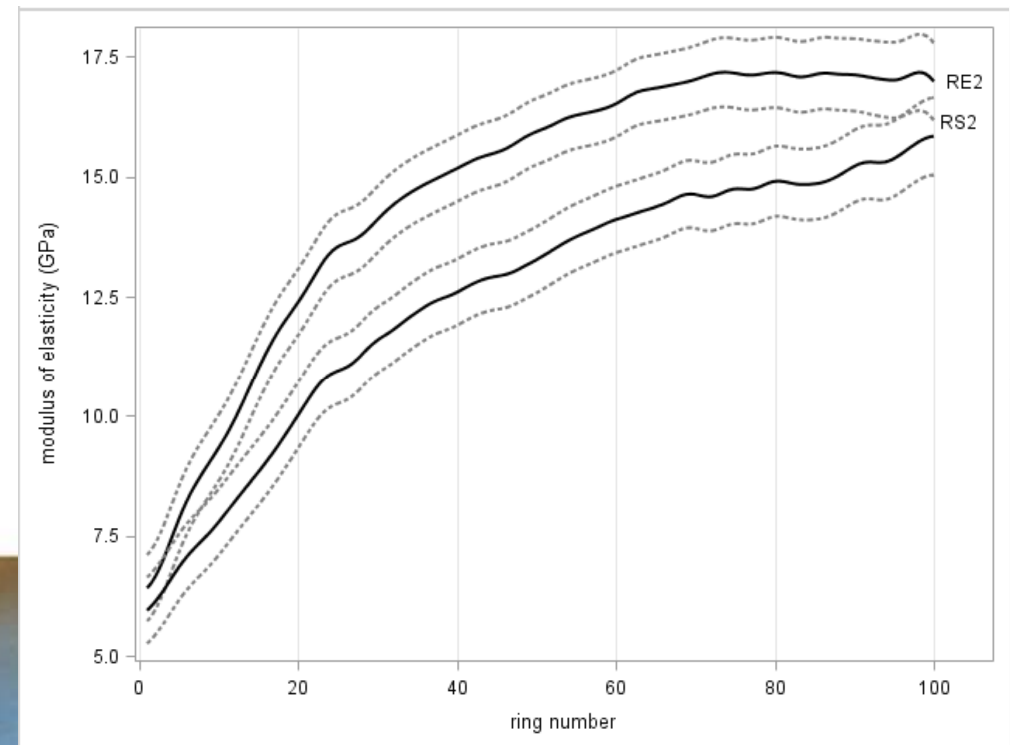
- Forest Products Journal
- Régression segmentée appliquée sur la distribution radiale de l'angle des microfibrilles
- Méthode testée avec succès sur des valeurs prédites par spectroscopie, en comparant à celles obtenues par SilviScan





## 4. Influence de la station écologique

- For. Ecol. Manage. (à soumettre)
- Le bois de la pessière à sapins (RS2) a des fibres plus longues, mais une densité et des propriétés mécaniques plus faibles que celui de la pessière à mousses et à éricacées (RE2) (station plus pauvre).
- L'effet de la station écologique est également significatif sur la distribution des propriétés du bois de la moelle à l'écorce.

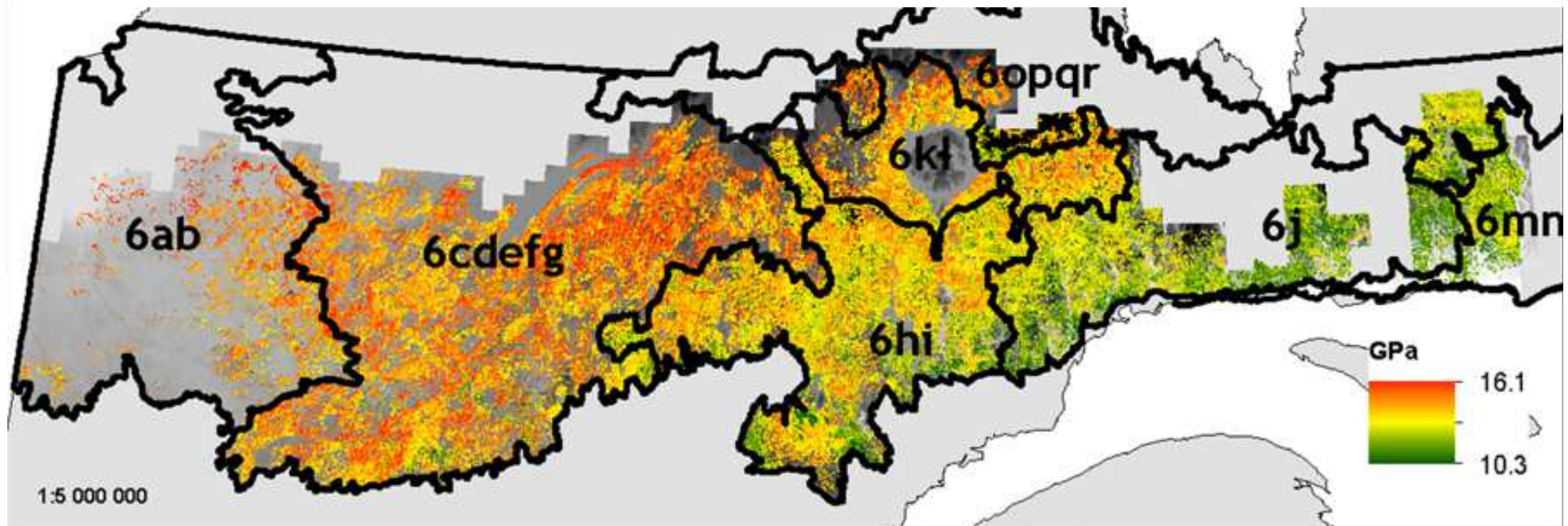


## 5. Approches cartographiques

1. Spectroscopie → carottes → peuplements
  - En développement (Direction des inventaires forestiers)
  
2. Silviscan → carottes → peuplements
  - For. Ecol. Manage. (à soumettre)
  - Caractérisation des deux principales végétations de la pessière
  - Modèles calibrés à l'échelle de la carotte pour l'épinette noire (n=409)
  - Saut d'échelle aux peuplements en s'appuyant sur les carottes de l'inventaire provenant des mêmes types de végétation (10 098 carottes, 3350 placettes)

## 5. Approches cartographiques

- Ci-dessous, exemple de cartographie pour le module d'élasticité pour le domaine de la pessière à mousses



# Conclusions

- La spectroscopie proche infrarouge appliquée aux carottes de l'inventaire est une **approche opérationnelle, économique et suffisamment précise** pour réaliser un inventaire de la qualité de la fibre dans le contexte de l'inventaire écoforestier du Québec méridional.
- La méthode développée permettra de **combler un manque criant de connaissances** sur la variabilité géographique des propriétés du bois au Québec.
- L'information produite aura un impact important sur l'aménagement des forêts, l'allocation et la vente des bois.
- La spectroscopie offre **des perspectives intéressantes** pour caractériser d'autres propriétés