

# Modélisation spatialement explicite de la croissance du pin blanc dans l'est du Canada

Laurence Larose, candidate à la maîtrise en Géographie Environnementale

François Girard, Directeur ; Sylvain Delagrangé, Co-directeur



## CONTEXTE:

Le pin blanc est une espèce à haut rendement forestier qui gagne à être valorisé au Québec. Peu d'études sur la croissance radiale du pin blanc ont été effectuées dans cette province, alors qu'elle importe la moitié de ces produits de pin de l'Ontario et des États-Unis. Pourtant, c'est l'arbre qui a le meilleur taux de croissance au Québec. Les sites à forts potentiels de régénération et croissance, c'est-à-dire les sites de sables sur plateau, sont favorables à la régénération naturelle, même à la suite de travaux par dégagement mécanique. Dans ce contexte, il serait intéressant d'identifier et décrire les facteurs susceptibles d'influencer la croissance du pin blanc sur sites de sable. Cette étude est une première étape pour l'élaboration d'un modèle prédictif de rendement.

## OBJECTIFS:

Il a été démontré que la compétition est un facteur important à considérer dans un modèle de croissance radiale des arbres. Il existe deux grands types d'indices de compétition: les modèles dépendant de la distance (spatial) et ceux non dépendant de la distance (non-spatial). Le premier objectif de cette étude est de déterminer si un modèle comprenant un indice de compétition spatial serait plus explicatif et parcimonieux comparativement à un modèle où l'indice de compétition est non-spatial. Le deuxième objectif est d'identifier les variables climatiques mensuelles qui influence le plus la croissance à l'aide d'une fonction de réponse.

## METHODES:

Quatre sites ont été choisis au centre de l'aire de répartition du pin blanc au Québec. La dominance du pin blanc (40%), la pente (<8%), le drainage (modéré) et la classe d'âge (30-80 ans) ont été contrôlés par une analyse multicritère avec ArcMAP 10.2.

48 pins blancs ont été carottés à l'aide d'une sonde de Pressler et la largeur de cernes des 10 dernières années a été mesurée en laboratoire. La distance, le diamètre et l'espèce des compétiteurs dans un rayon allant jusqu'à 10 mètres autour de chaque pin sélectionné ont été notés, ce qui a permis de calculer plus de 200 indices de compétitions, spatiaux et non-spatiaux. Le **Tableau 1** présente les différents types d'indices.

Les variables climatiques ont été obtenus via Environnement Canada (MDDELCC, 2015). Il s'agit des températures minimums, maximums et moyennes et des précipitations totales mensuelles de l'année en cours et précédent la croissance.

Les variables pour le modèle de compétition et la fonction de réponse climatique ont été obtenus par la fonction step() du logiciel statistique R. La fonction sélectionne les variables qui permettront d'obtenir le modèle le plus explicatif avec le choix du AIC le plus bas.

Type d'indice	Source	Formule mathématique	Paramètres
Spatial	Rouvinen et Kuuluvainen (1997)	$CI = n \sum_{j=i} \arctan(DHP/L_{ij})$	non-linéaire, diamètre, distance
	(Canham, LePage and Coates 2004)	$NCI = n \sum_{j=i} DHP_j^2/L_{ij}$	Diamètre, distance
		$GCI = n \sum_{j=i} G_j^2/L_{ij}$	Surface terrière, distance
non-spatial	Hale (2010)	$C_{BAL} = \sum G \cdot Y$	Surface terrière, arbre plus gros
		$NCI = n \sum_{j=i} DHP_j^2/L_{ij}^0$	Diamètre
		$GCI = n \sum_{j=i} G_j^2/L_{ij}^0$	Surface terrière

**Tableau 1** : Indices de compétition spatiale et non-spatiale où DHP=diamètre de l'arbre compétiteur à 1,30 mètre ;  $L_{ij}$ =distance entre l'arbre sujet i et l'arbre compétiteur j ; G=surface terrière des arbres compétiteurs ;  $\gamma = 1$  pour les arbres avec un diamètre plus large que celui de l'arbre sujet, autrement  $\gamma=0$ .

## RESULTATS:

Le modèle de compétition le plus parcimonieux est un modèle tenant compte d'un rayon d'influence de 5 mètres, mais avec un indice de compétition non-spatial (**Tableau 2**) avec un  $R^2$  ajusté de 0,598. Il tient compte du diamètre initial du sujet, du diamètre des compétiteurs feuillus et conifères et des gaules feuillues et conifères. Le modèle spatiale le plus parcimonieux se trouve au 13<sup>e</sup> rang et est  $1,48 \times 10^{14}$  fois moins parcimonieux que le premier modèle.

Le modèle de compétition climatique (**Ci-dessous**) tient compte de la température minimale du mois de juin, de la température maximale du mois d'octobre et des précipitations totales de septembre pour l'année précédente. Il tient compte de la température maximale d'avril et la température minimale de juillet pour l'année de la croissance. Son  $R^2$  ajusté est de 0,249.

$$Tmin\_06\_1 + Tmax\_04 + Ptot\_09\_1 + Tmin\_07 + Tmax\_10\_1$$

## DISCUSSION ET CONCLUSION:

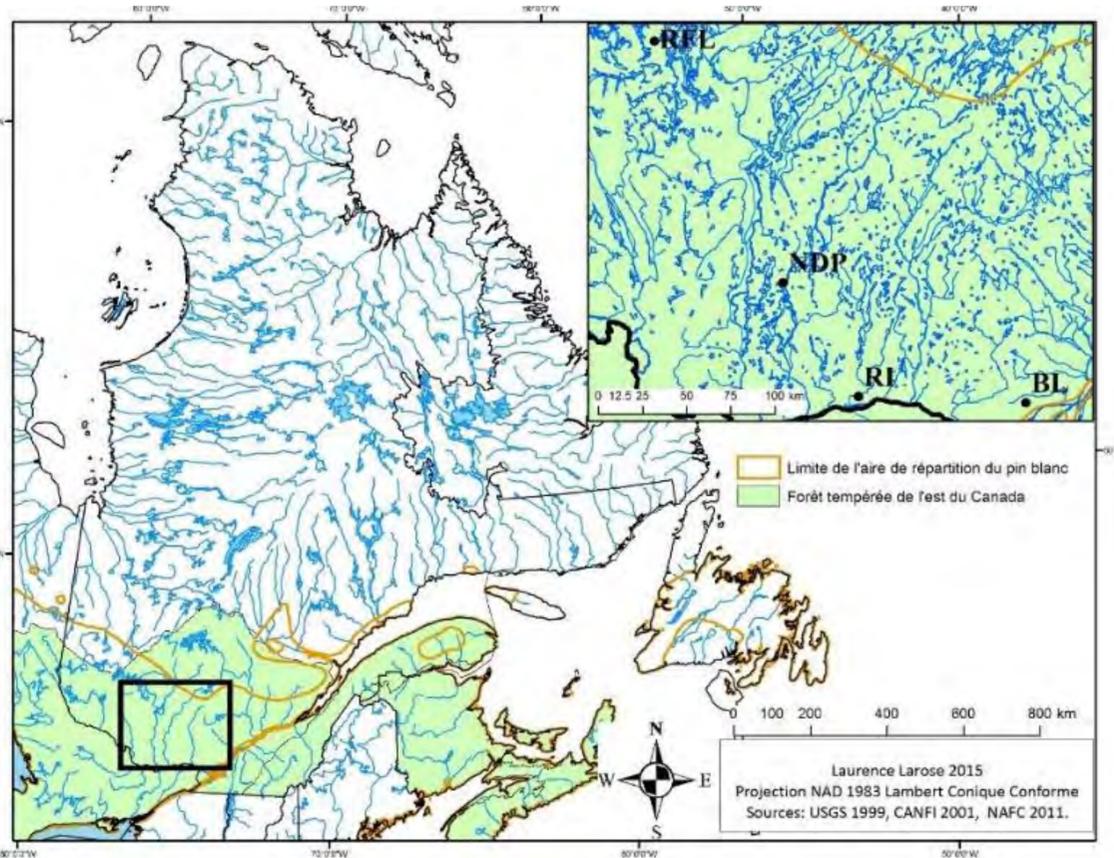
Dans un peuplement plutôt homogène, la position à laquelle se trouve le compétiteurs est non nécessaire pour obtenir un indice de compétition adéquat. Tout comme les résultats le démontrent, un rayon d'influence est suffisant.

Il se peut que certaines composantes importantes n'ont pas été prises en considération dans le modèle. On pourrait s'interroger sur la nécessité d'inclure un arbre caché par un autre dans le calcul de l'indice de compétition spatiale. Il serait aussi intéressant de vérifier si un indice de compétition spatiale tenant compte de la compétition racinaire serait plus explicatif qu'un modèle non-spatial.

Les températures minimums élevées du mois de juin et maximum d'octobre de l'an précédent et les précipitations abondantes de septembre de l'an précédent serait pré déterminantes à la croissance radiale du pin blanc, ce qui est vérifié dans la littérature pour d'autres espèces. Les cellules cambiales sont initiées au cours de l'été et de l'automne chez plusieurs espèces de feuillus et conifères. La température chaude d'avril permettrait une bonne croissance du bois initial et les températures douces d'été de poursuivre cette croissance. Les températures chaudes augmentent le taux de photosynthèse des végétaux qui permet à certains arbres l'accumulation d'une quantité de carbone plus importante dans le bois. Il est à noter que le moment des précipitations de l'année en cours n'est pas un facteur d'influence de la croissance. Cela pourrait s'expliquer par la grande résistance du pin blanc à la sécheresse mais aussi par un choix de gradient restreint. Cela pourrait aussi expliquer le faible  $R^2$  du modèle. Il serait intéressant d'observer l'effet du climat dans un gradient climatique et édaphique plus grand.

## Références:

- Burns, R. M., and Barbara H. Honkala, tech. coords. 1990. Silvics of North America: 1. Conifers; 2. Hardwoods. . In *Agriculture Handbook 654*, 877 p. Washington, DC : U.S. Department of Agriculture, Forest Service.
- Delagrangé, S., Montpied, P. Dreyer, E., Messier, C. and H. Sinoquet (2006). "Does shade improve light interception efficiency? A comparison among seedlings from shade tolerant and intolerant temperate deciduous tree species." *New Phytologist* 172: 293-304.
- Gagnon, D. (2004) La forêt naturelle du Québec, un survol. *Rapport préparé pour la Commission d'étude sur la gestion de la forêt publique québécoise. Groupe de recherche en écologie forestière interuniversitaire Université du Québec à Montréal.*
- Girard, F., M. Beaudet, D. Mailly & C. Messier (2014) Integrating climatic response in competition dependent tree-level growth models for northern hardwoods. *Forest Ecology and Management*, 323, 138-147.
- Girard, F., S. Payette & R. Gagnon (2011) Dendroecological analysis of black spruce in lichen-spruce woodlands of the closed-crown forest zone in eastern Canada. *Ecoscience*, 18, 279-294.
- Legendre, P. & L. F. Legendre. 2012. *Numerical ecology*. Elsevier.
- MFFP (2013) 4e Inventaire Écoforestier du Québec méridionale.
- Québec, L. M. d. R. N. d. 2013. *Le guide sylvicole du Québec. Tome 1 Les fondements biologiques de la sylviculture*. - Les publications du Québec. Ventura-Giroux, C. 2012. Le potentiel de croissance du pin blanc (*Pinus strobus* L.) à la limite nordique de son aire de distribution. Université Laval.
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la lutte contre les changements climatiques, 2015. *Données du programme de surveillance du climat*. Direction du suivi de l'état de l'environnement, Québec.



Rang	Nombre d'années	Modèles les plus parcimonieux	p-value <0.05	AIC	ΔAIC	Akaike	Ratio d'évidence
1	5	DBHi_m + NCI15.F + NCI15.C + SFG + SCG	*	-223.83	0	-1.58333E+45	1
2	5	DBHi_m + GCI15.F + GCI15.C + SFG + SCG	*	-223.83	0	-1.58333E+45	1
3	5	DBHi_m + NCI15.F + SFG + SCG	*	-218.85	-4.98	-1.31273E+44	12
4	5	DBHi_m + GCI15.F + SFG + SCG	*	-218.85	-4.98	-1.31273E+44	12
5	6	DBHi_m + NCI15.F + NCI15.C + SFG + SCG	*	-202.79	-21.04	-4.27358E+40	37049
6	6	DBHi_m + GCI15.F + GCI15.C + SFG + SCG	*	-202.79	-21.04	-4.27358E+40	37049
7	6	DBHi_m + NCI15.F + SFG + SCG	*	-199.03	-24.8	-6.52107E+39	242802
8	6	DBHi_m + GCI15.F + SFG + SCG	*	-199.03	-24.8	-6.52107E+39	242802
9	4	DBHi_m + NCI15.F + NCI15.C + SFG + SCG	*	-172.55	-51.28	-1.15947E+34	136555914810
10	4	DBHi_m + GCI15.F + GCI15.C + SFG + SCG	*	-172.55	-51.28	-1.15947E+34	136555914810
11	4	DBHi_m + NCI15.F + SFG + SCG	*	-170.38	-53.45	-3.91787E+33	404129011772
12	4	DBHi_m + GCI15.F + SFG + SCG	*	-170.38	-53.45	-3.91787E+33	404129011772
13	5	DBHi_m + CI10 + SFG + SCG	*	-163.17	-60.66	-1.06517E+32	14864545548539

**Tableau 2.** Modèles de compétition. Les modèles sont classés selon le rang du AIC. Le nombre d'années correspond au nombre d'années de croissance présente dans le modèle. DBHi\_m: Diamètre initial du pin sujet; NCI15: Indice de compétition non-spatiale dans un rayon d'influence de 5 mètres tenant compte du diamètre des compétiteurs. GCI15: Indice de compétition non-spatiale dans un rayon d'influence de 5 mètres tenant compte de la surface terrière des compétiteurs; F:Feuillus; ;C: Conifères; SFG: Abondance des gaules feuillus; SCG: Abondance des gaules conifères; CI10: Indice de compétition spatiale non-linéaire tenant compte du diamètre et de la distance des compétiteurs dans un rayon de 10 mètres.