

Effets positifs du mélèze laricin en peuplement mixte avec l'épinette noire dans la forêt boréale québécoise

Par Samuel Roy Proulx

Alain Leduc (UQAM)

Nelson Thiffault (RNCan)

Raphaël D. Chavardès (RNCan, UQAT)



UQÀM



Natural Resources
Canada

Ressources naturelles
Canada

Canada

UQAT

Gatineau 2 mai 2024

Crédit photo: Todor¹Minchev

Contexte forêt boréale

Conditions de croissance difficiles

- 🌲 Saison de croissance courte (Saucier et al. 2015)
- 🌲 Sols froids et gorgés d'eau (Saucier et al. 2015)
- 🌲 Faible taux de décomposition (Saucier et al. 2015)
- 🌲 Compétition de plantes concurrentes (Thiffault & Jobidon, 2006; Purdon et al. 2004; Lecomte and Bergeron 2005)



Contexte forêt boréale

- ✦ Très peu de diversité des essences utilisés
reboisement en forêt boréale
- ✦ Épinette noire (*Picea mariana*) (EPN)
56.9% (Salmon 2017)
- ✦ Mélèze laricin (*Larix laricina*) (MEL)
1.1% (Salmon 2017)



Contexte forêt boréale

🌲 Menace des changements globaux

🌲 Épisode de sécheresse réduisant la croissance (Deslauriers et al. 2014)



🌲 Épidémie d'insecte (Bentz *et al.* 2010, Seidl et al. 2016)



🌲 Augmentation du risque de feu (Flannigan *et al.* 2013, Seidl et al. 2016)



🌲 Réduction de la croissance à haute température (Girardin et al. 2016,

Chaste et al. 2019)



Contexte forêt boréale

⚡ Menace des changements globaux **avec les peuplements mixtes**

⚡ **Réduction de la susceptibilité** aux épisodes de sécheresse (Steckel et al. 2020)



⚡ **Réduction de la susceptibilité** aux épidémies d'insectes (Jactel et Brockerhoff 2007)



⚡ **Augmentation de la résilience** face aux feux (Hély et al. 2000)



⚡ **Stabilisation** de la croissance (Aussenac et al. 2019, Chavardès et al. 2022)



⚡ Possibilité de surproductivité avec l'augmentation de la diversité en forêt boréale (Paquette et Messier 2011, Hisano et al. 2019)

Contexte forêt boréale

- ✦ Une urgence grandissante d'agir face changements climatiques
- ✦ Besoin de diversification des essences plantées en forêt boréale québécoise (Thiffault et al. 2004)



Crédit photo: Todor Minchev



Est-ce que le mélèze laricin pourrait être
utilisé davantage en forêt boréale?

Pourquoi étudier les interactions entre l'épinette et le mélèze



Épinette noire (*Picea mariana* (Mill.) B.S.P.)



Mélèze laricin (*Larix laricina* [Du Roi] K. Koch)

Caractéristiques physiologiques et morphologiques

- 1 Transpiration et système racinaire
- 2 Croissance différente
- 3 Différente tolérance à l'ombre
- 4 Moins affecté par les éricacées
- 5 Différents feuillages

Gower & Richard 1990; Jutras et al. 2006; Moroni et al. 2009

Strong & La Roi 1983

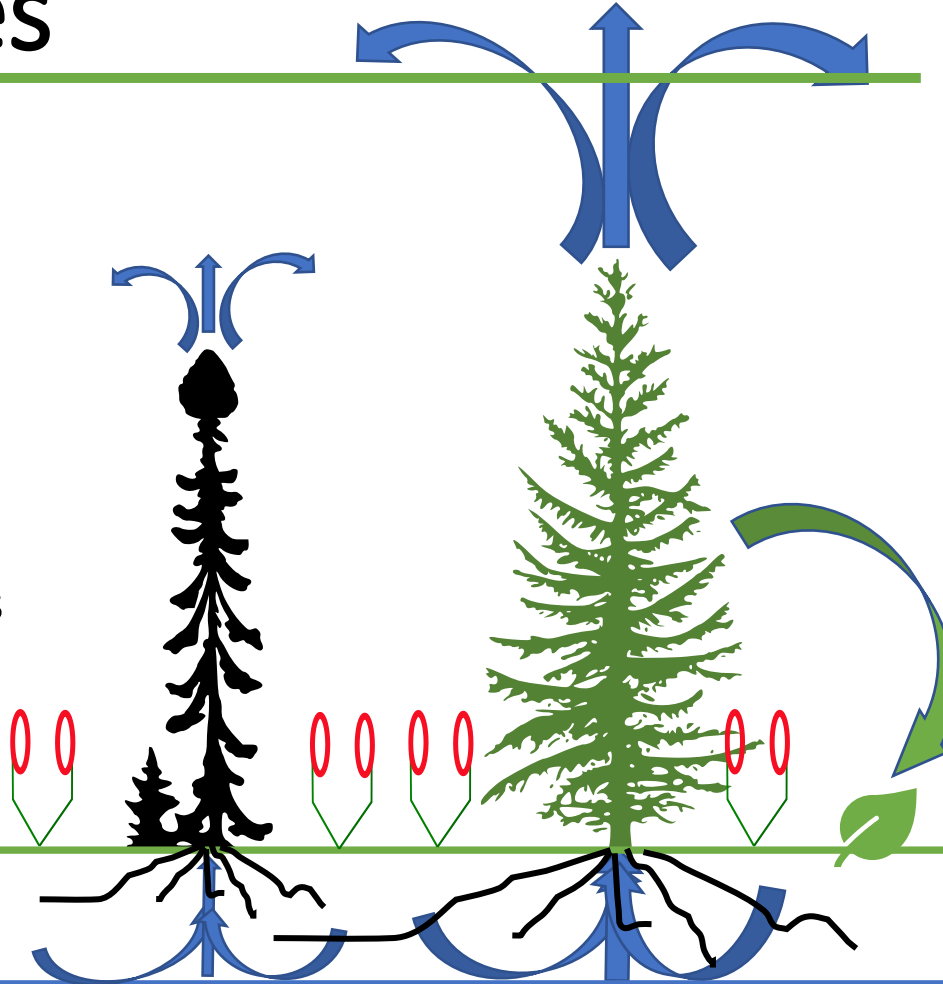
Strong & La Roi 1983

Thiffault et al. 2013; 2017

Strong & La Roi 1983

Sol organique

Nappe phréatique



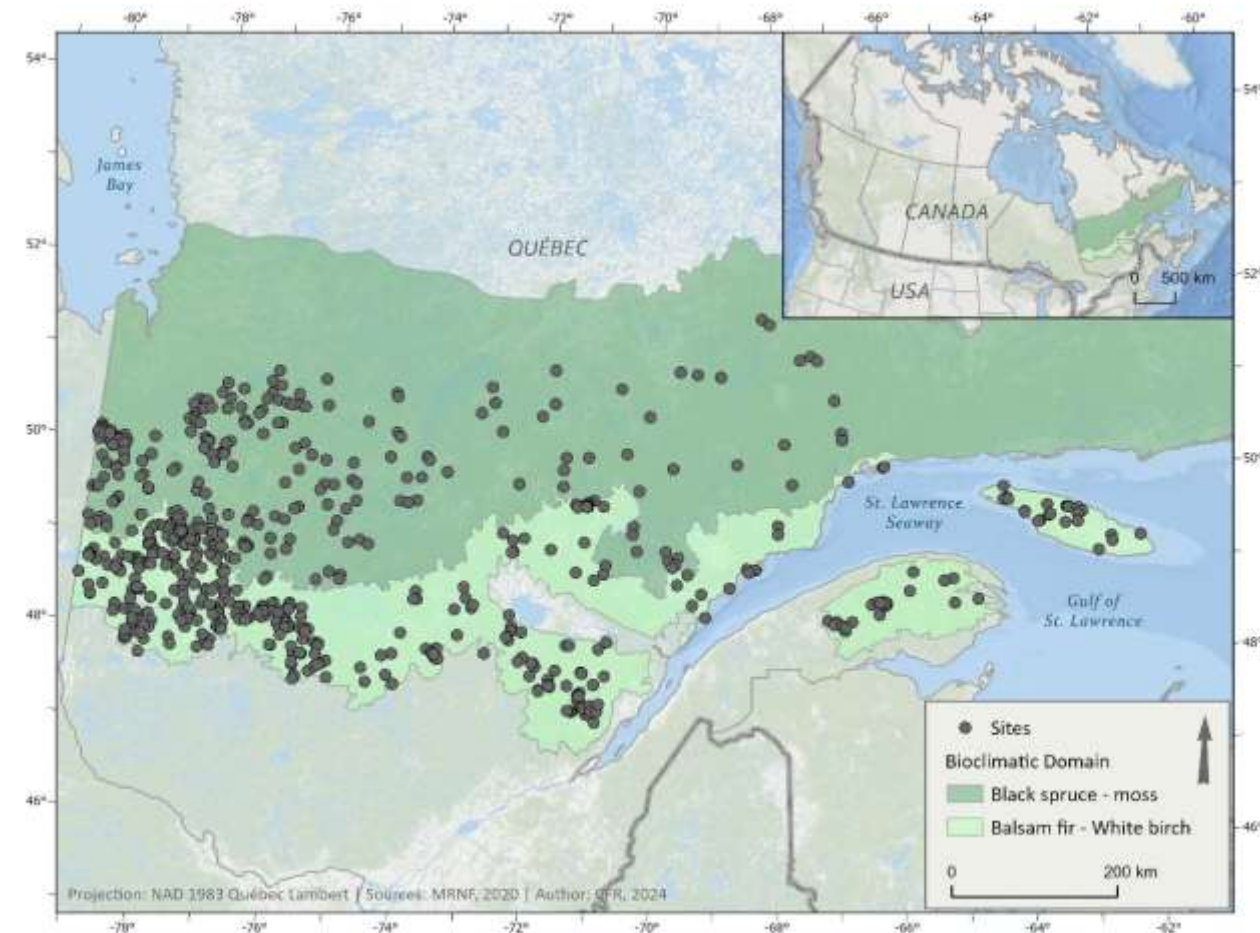
Caractéristiques physiologiques

- ✦ Ils ont plusieurs différences dans leur développement laissant croire une bonne complémentarité de leur niche de croissance (Boyden et al. 2009, Dijkstra et al. 2009)



Objectif

- Évaluer la productivité des peuplements de la forêt boréale québécoise selon un gradient de mixité MEL—EPN selon les facteurs climatiques et édaphiques sur l'ensemble de la forêt boréale québécoise.

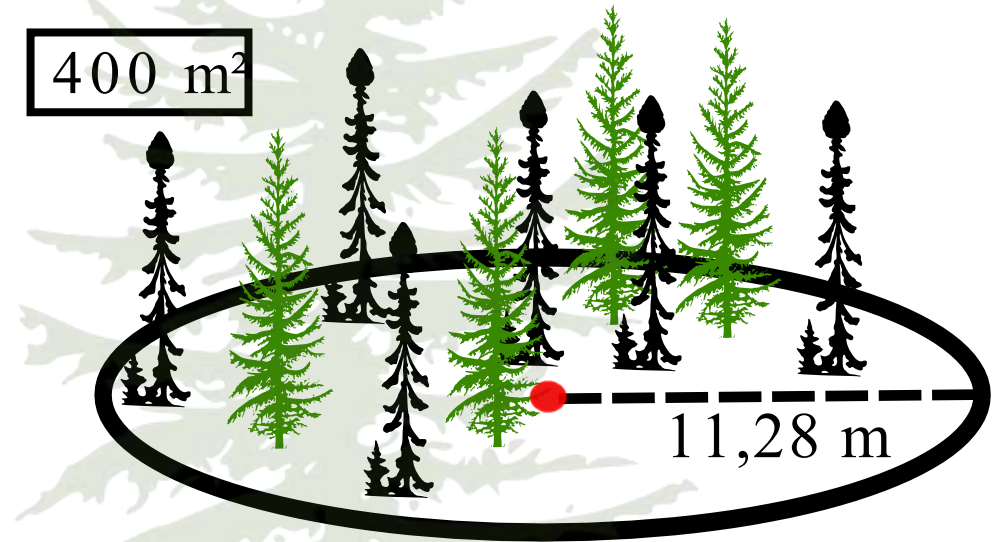


Hypothèses

- ✦ Effet positif du MEL sera maximal à des proportions intermédiaires de mixité
- ✦ L'ajout de MEL n'affectera pas négativement l'EPN
- ✦ La surface terrière sera modulée par les variables climatiques
- ✦ Les conditions de sites auront un impact sur les variations de surface terrière des peuplements mixtes

Méthode

- Placettes d'inventaires temporaires (N= 756)
- Variables climatiques (ClimateNA, 1981-2010)
 - Température annuelle moyenne
 - Précipitation annuelle moyenne
 - Degrés-jours $> 5^{\circ}\text{C}$
- Dépôt de surface
- Drainage
- Peuplements mixtes MEL-EPN $> 75\%$
 - MEL $\leq 75\%$
 - EPN $\leq 90\%$



Méthode

Analyses statistiques

- ✦ Régressions des percentiles

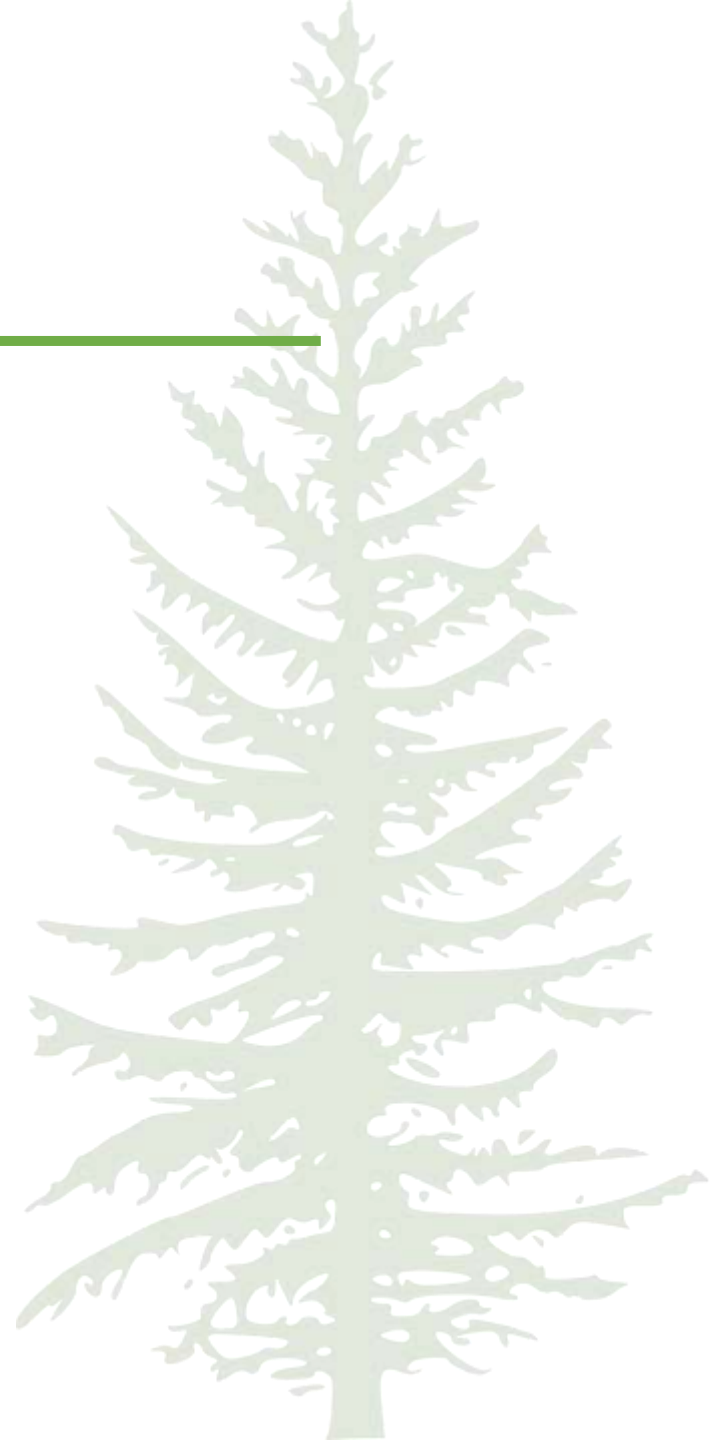
 - ✦ 6 niveaux de MEL

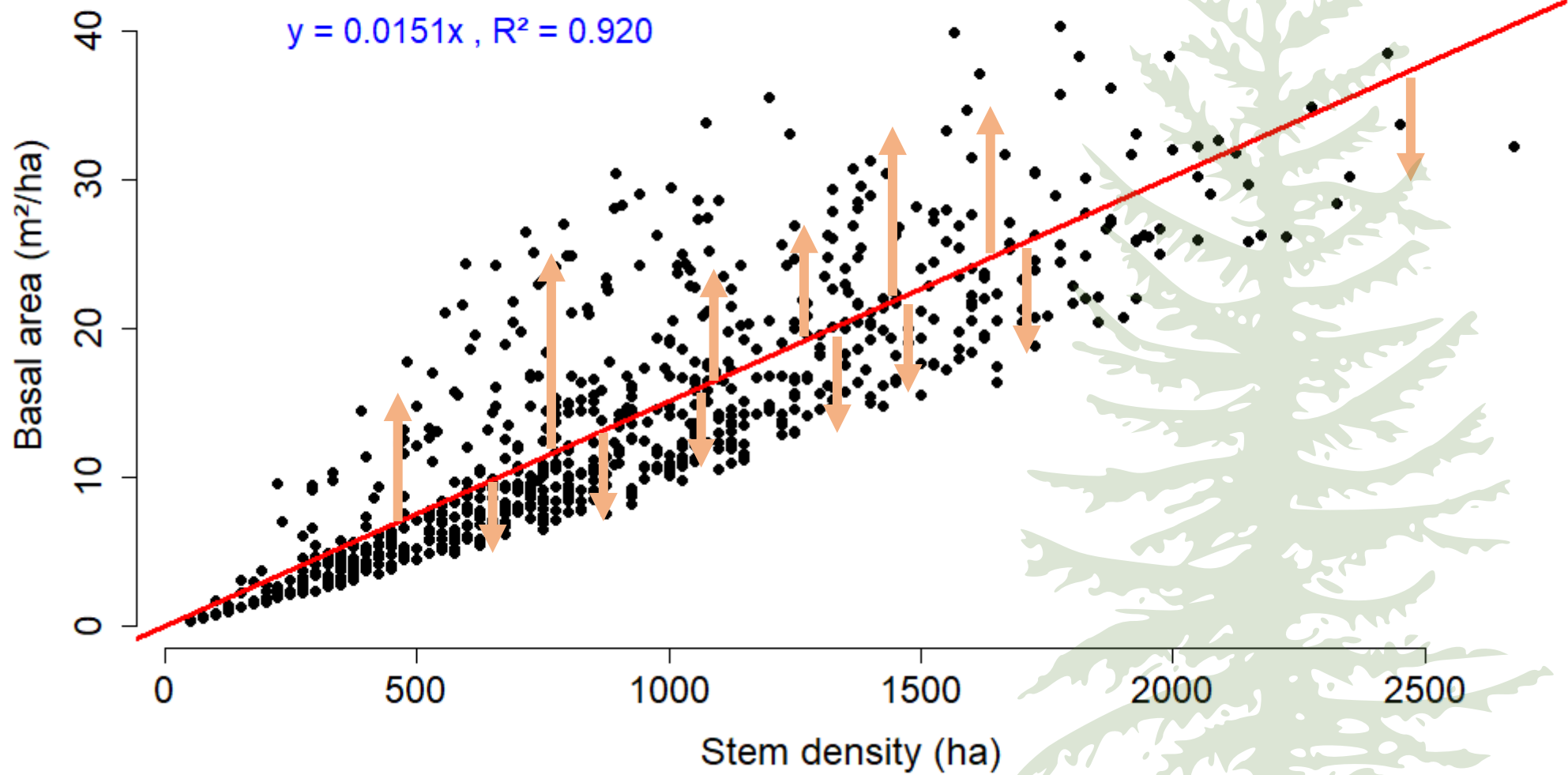
 - ✦ Régression au 90^e surface terrière totale et surface terrière résiduelle

 - ✦ Régression au 50^e diamètre quadratique moyen et nombre de tiges (EPN)

Méthode

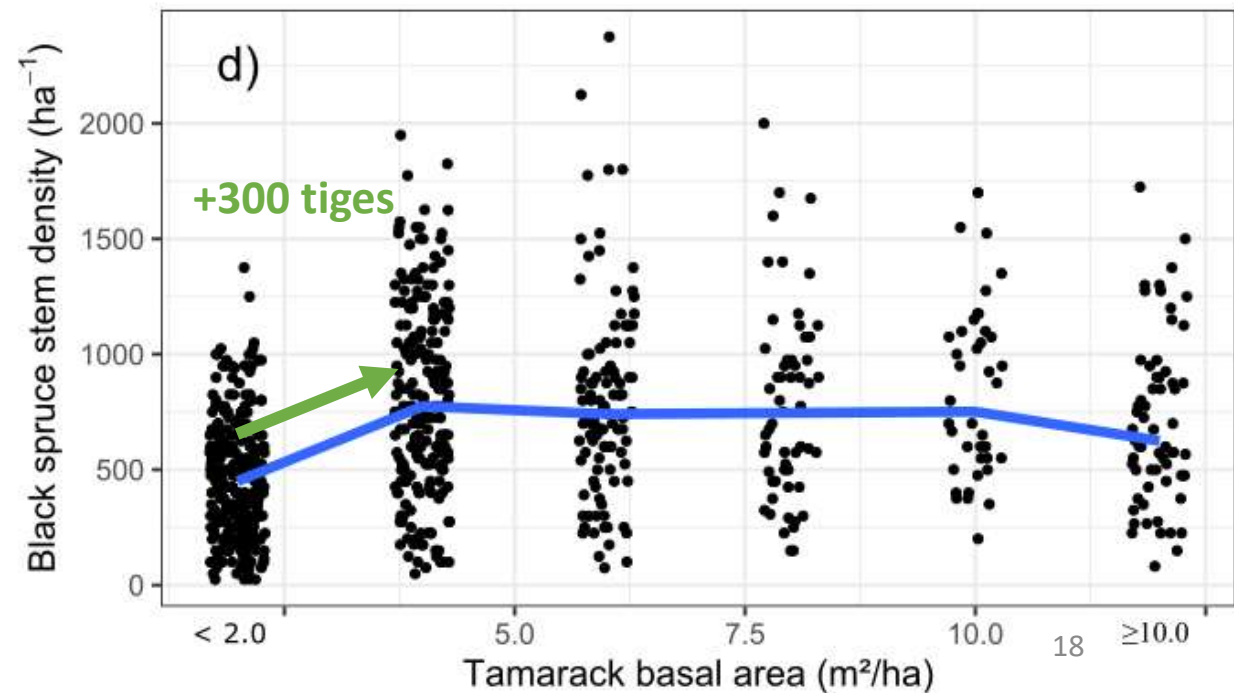
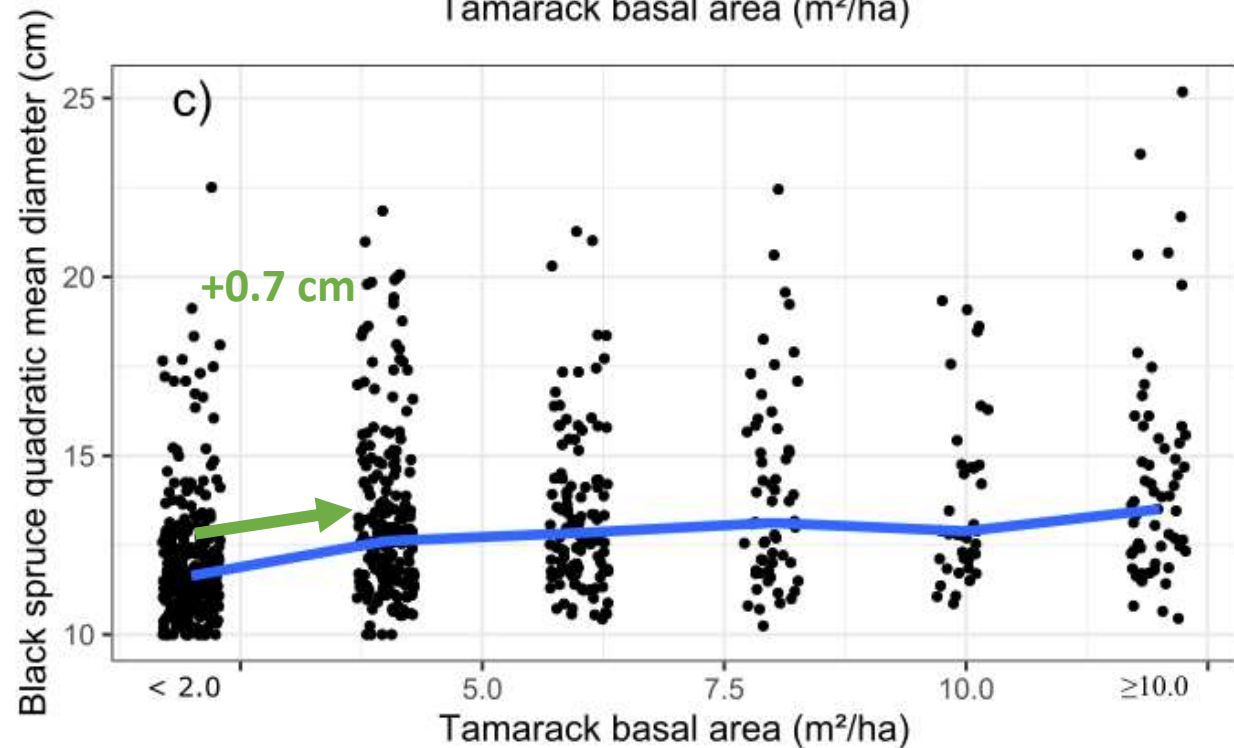
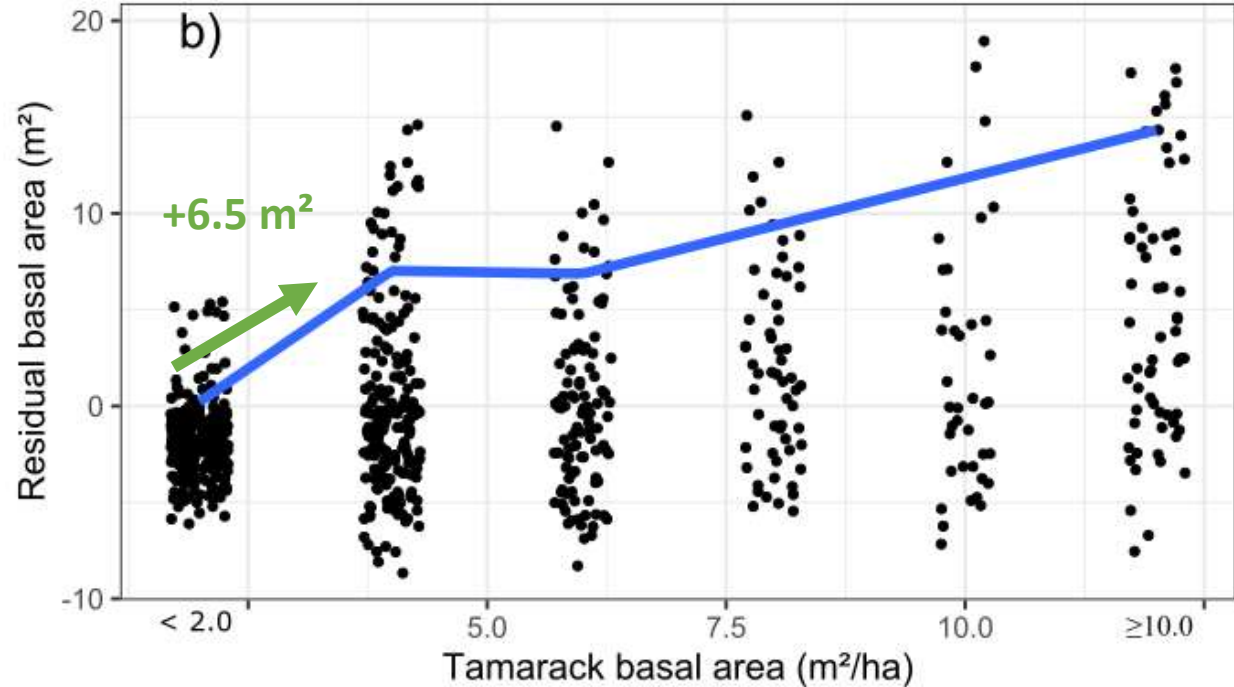
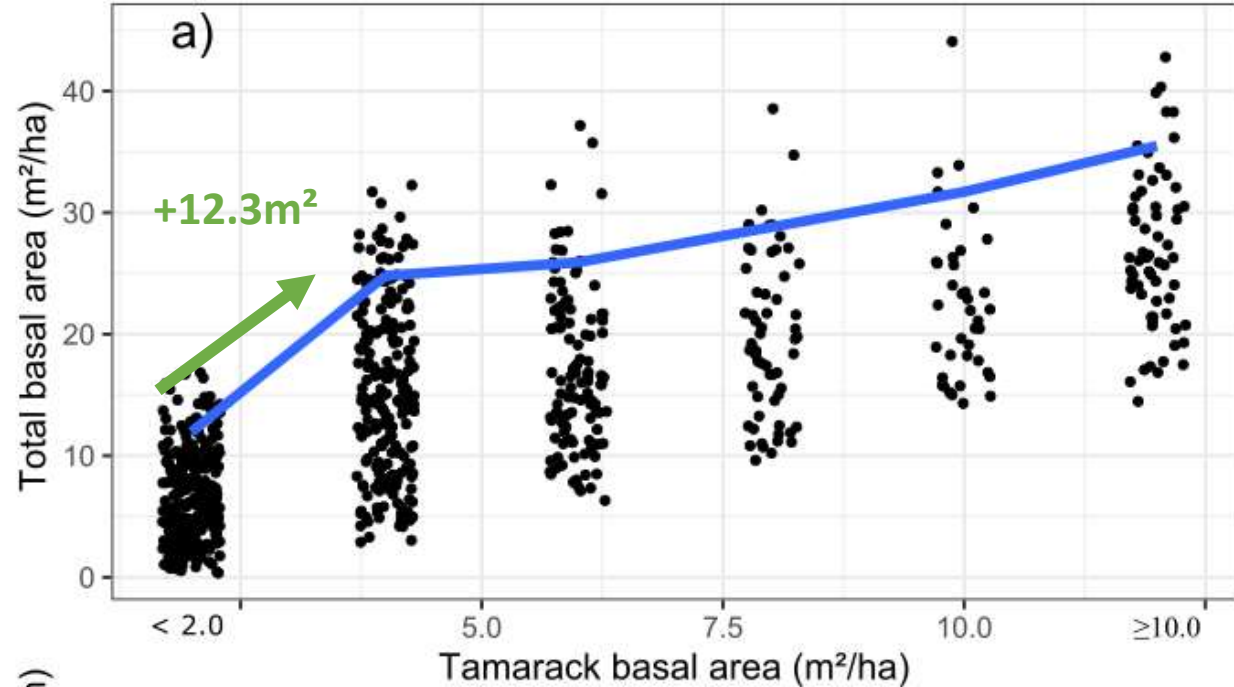
- ‡ Modèle additif généralisé
- ‡ Sélection modèle BIC
- ‡ Variable réponse: Surface terrière résiduelle

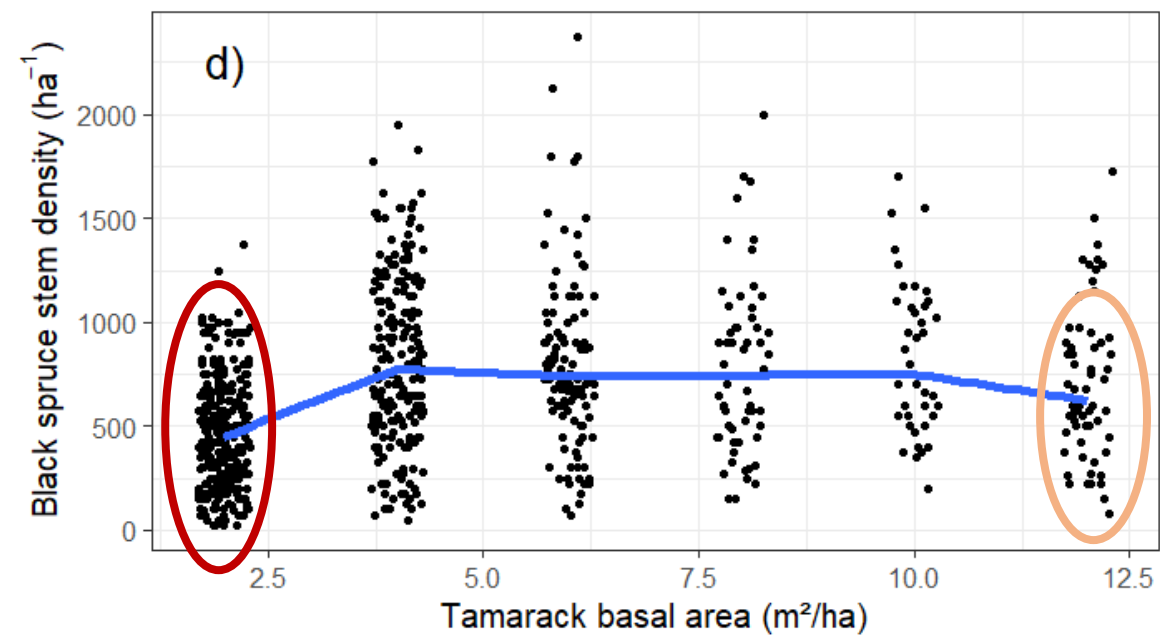
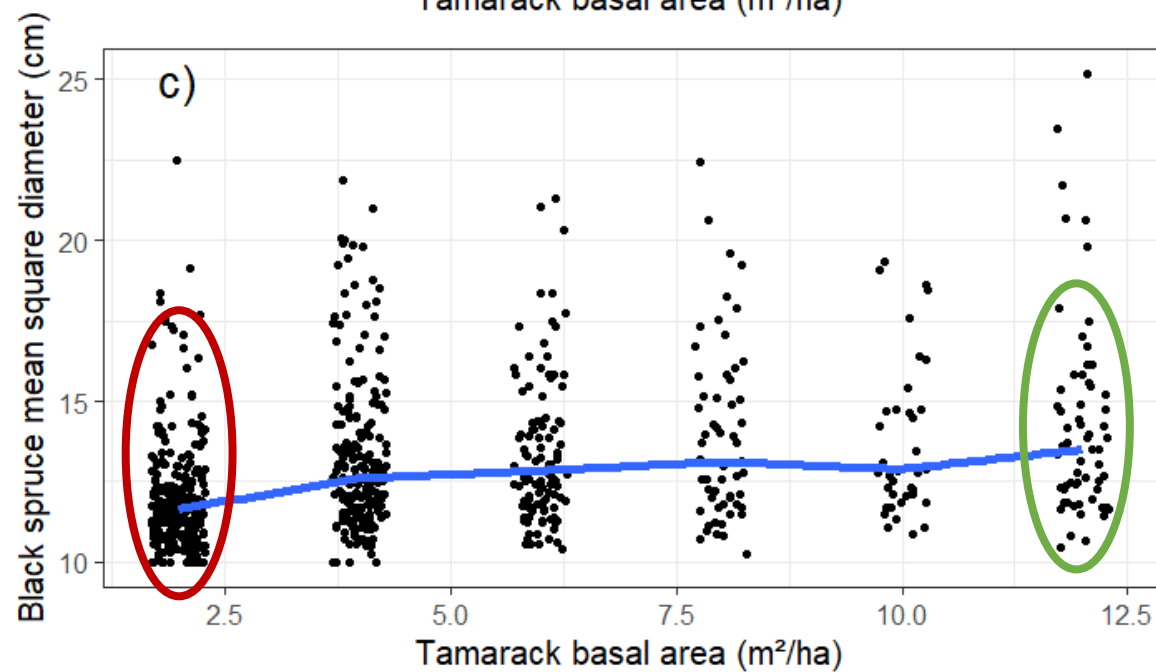
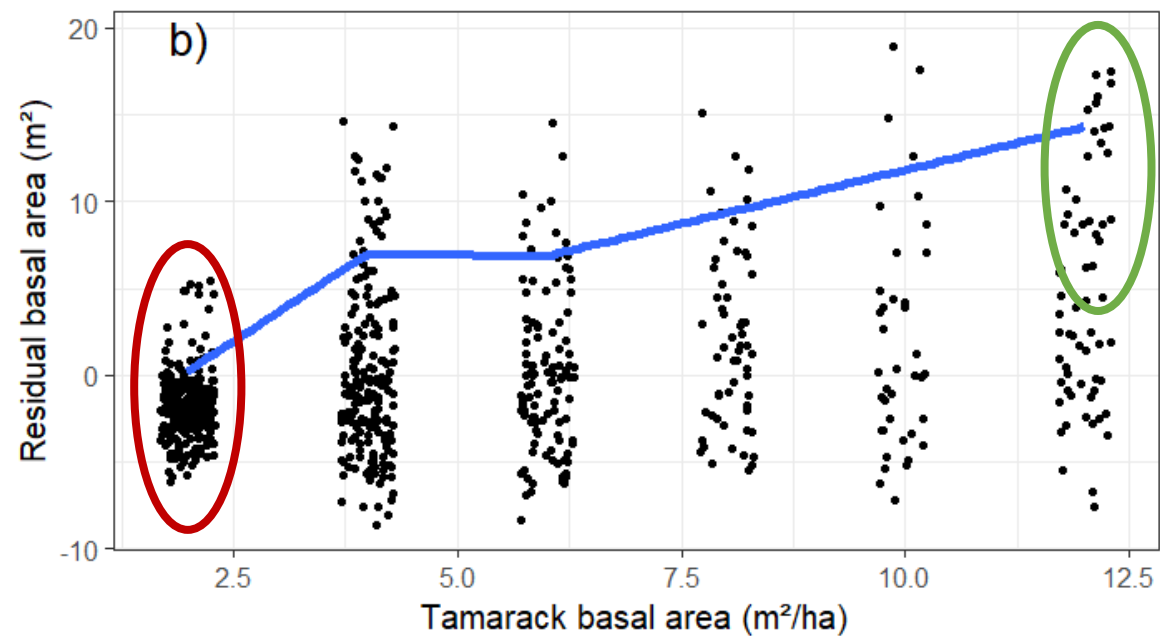
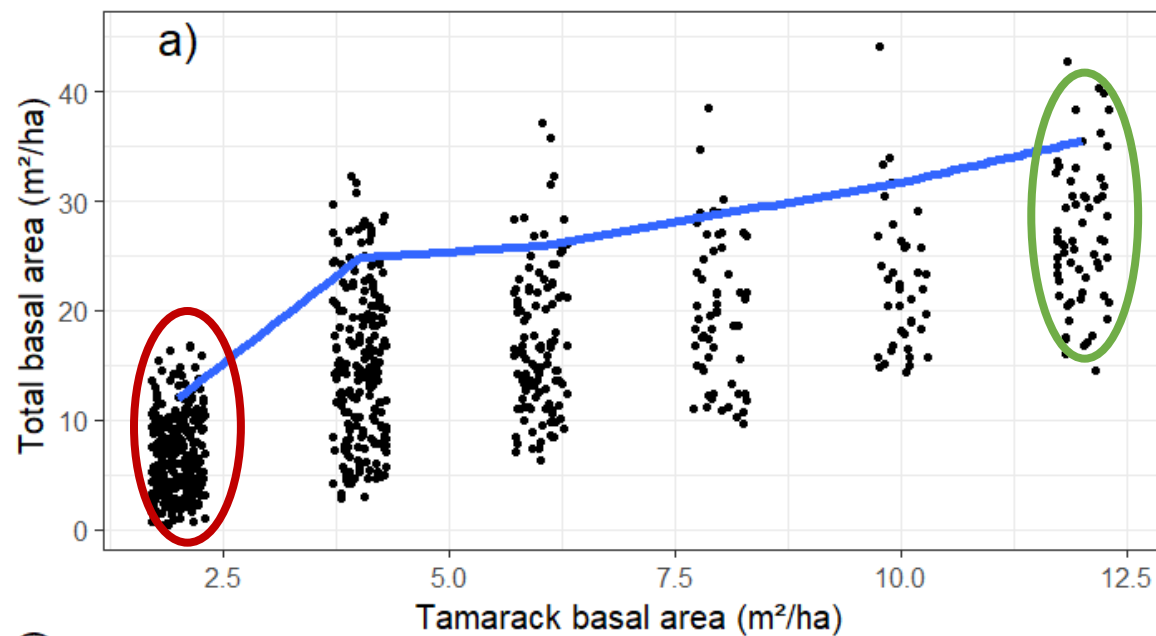




Résultats







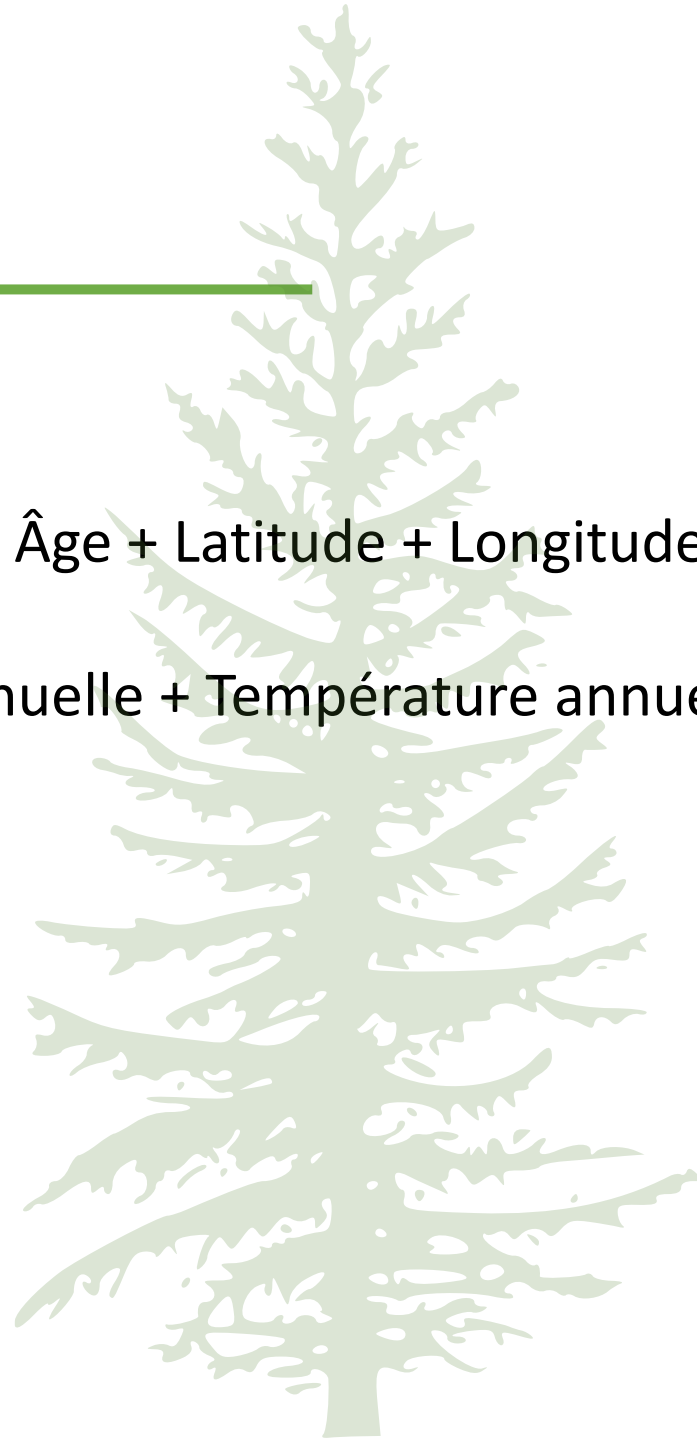
Résultats

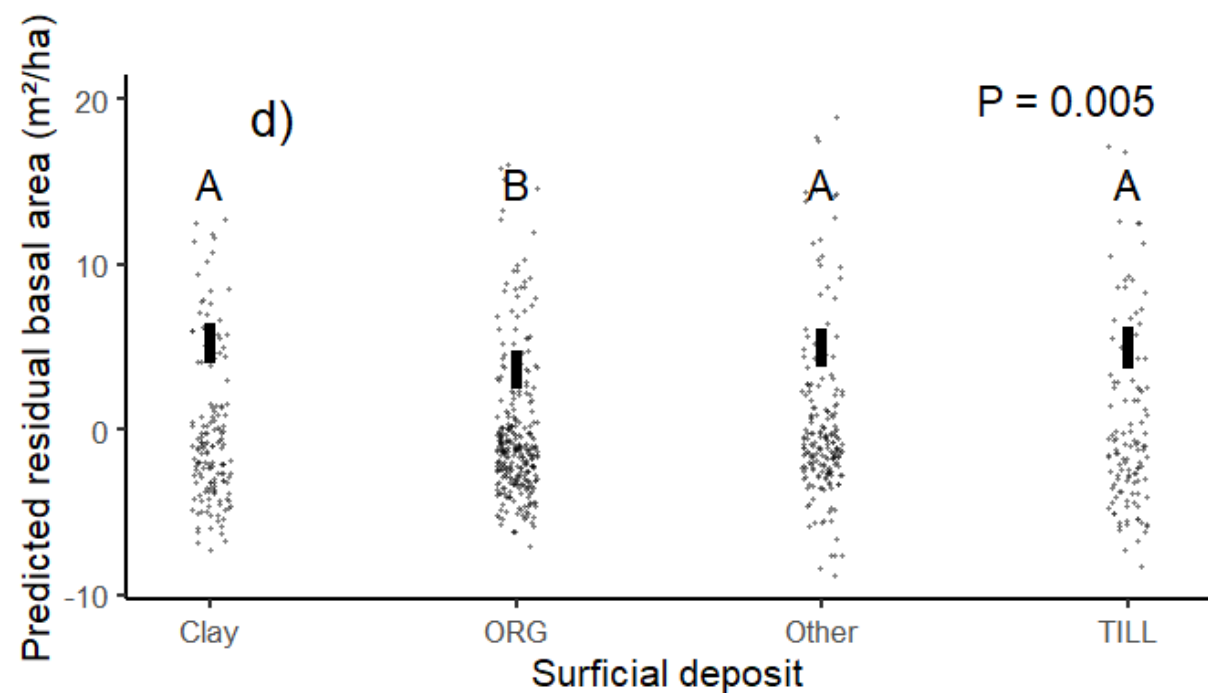
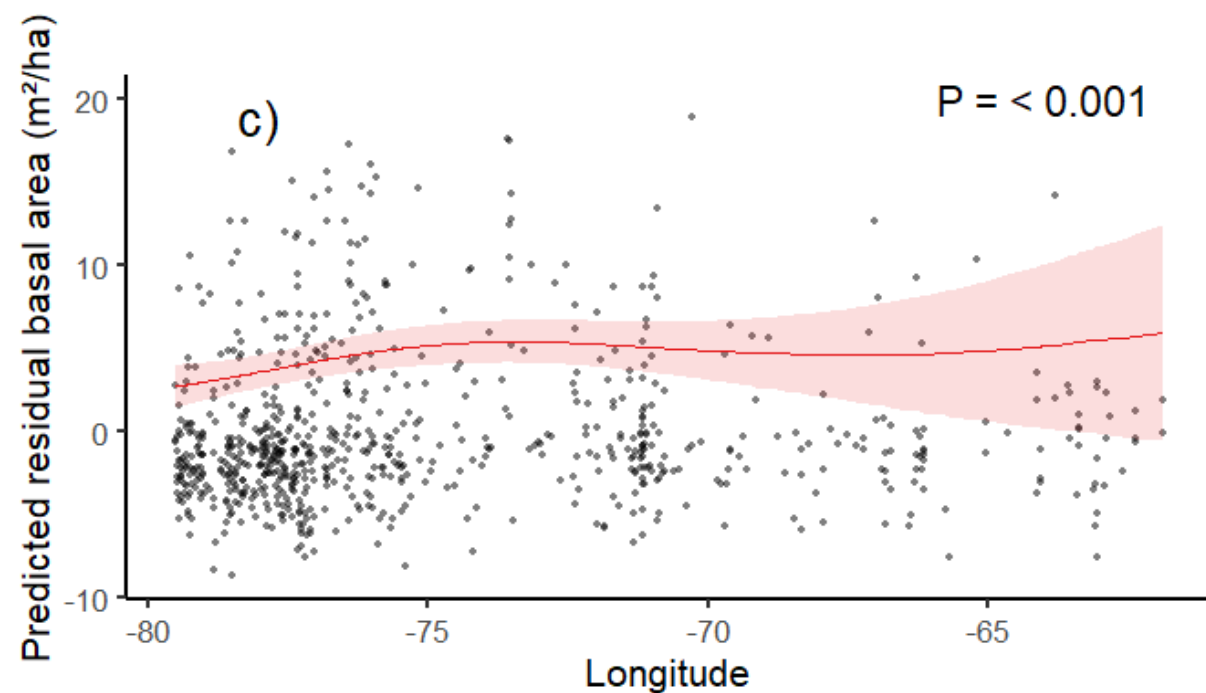
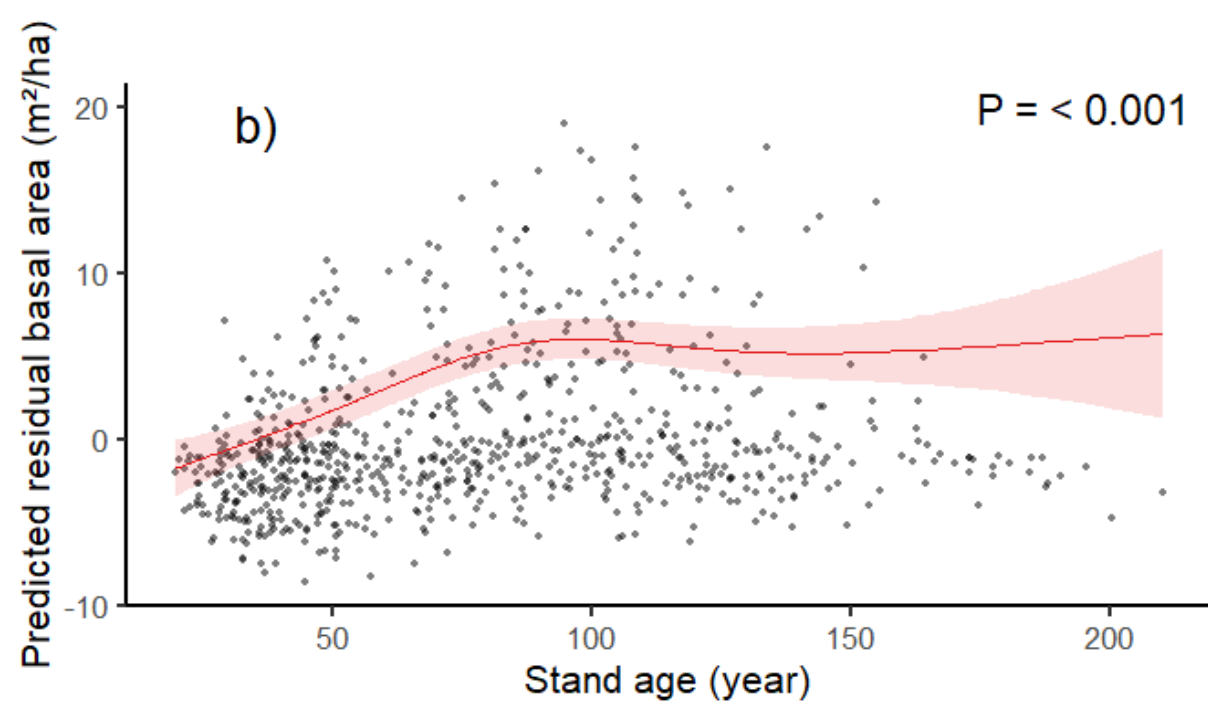
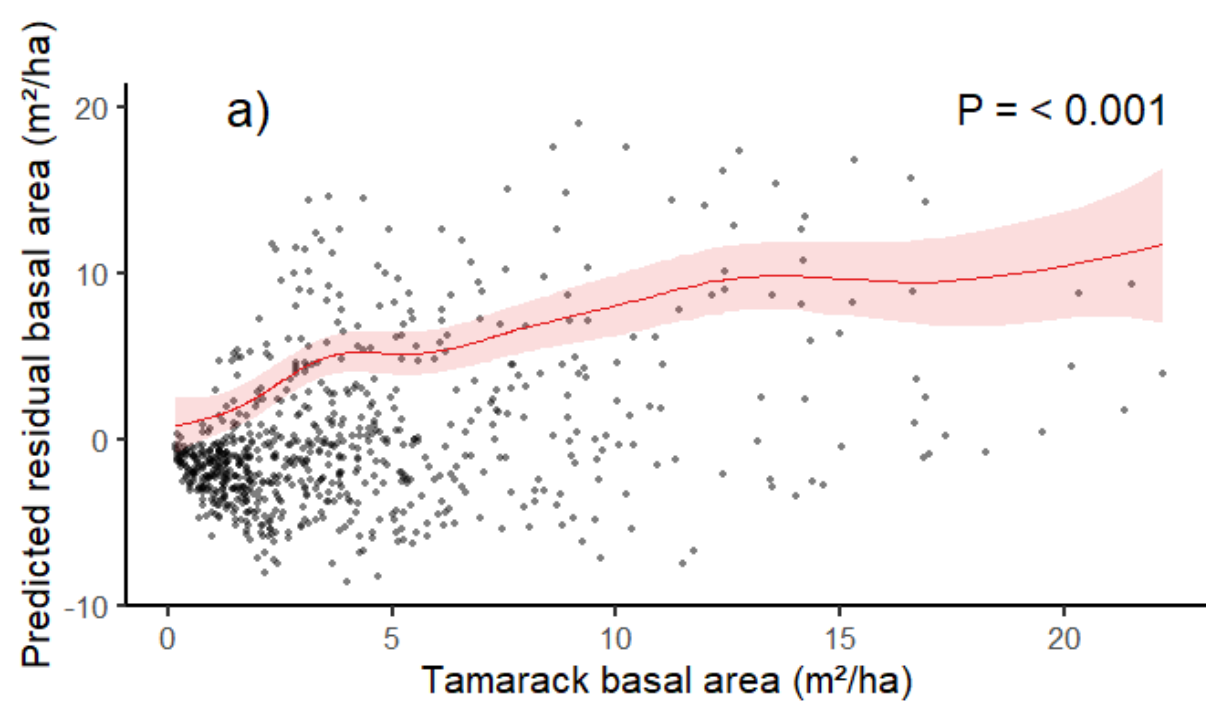
Modèle additif généralisé sélectionné:

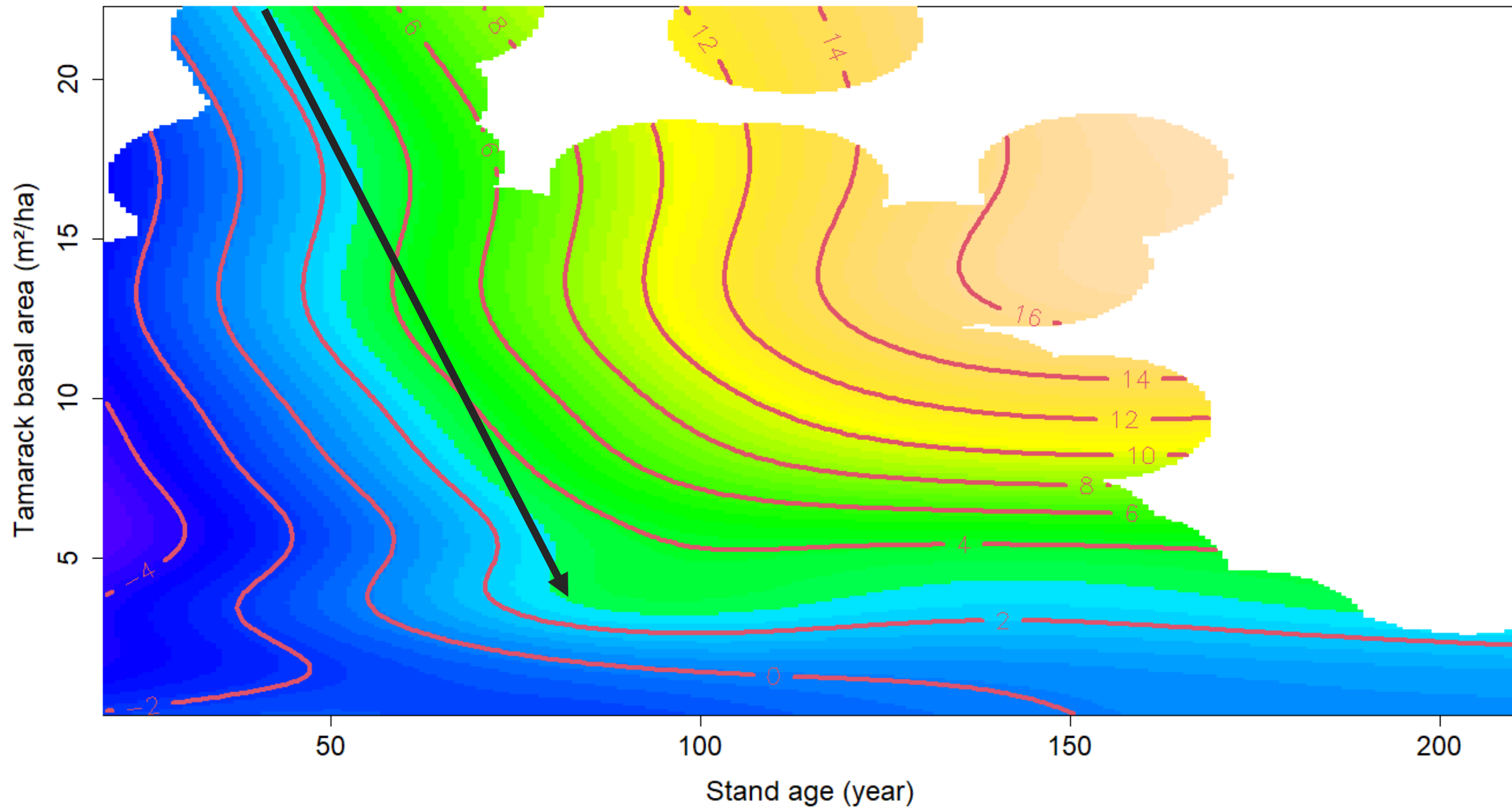
Surface terrière résiduelle $\sim$ Surface terrière MEL + Âge + Latitude + Longitude + Dépôt
de surface + Degrés jours $> 5^{\circ}\text{C}$ + Précipitations annuelle + Température annuelle
moyenne + Surface terrière MEL * Âge

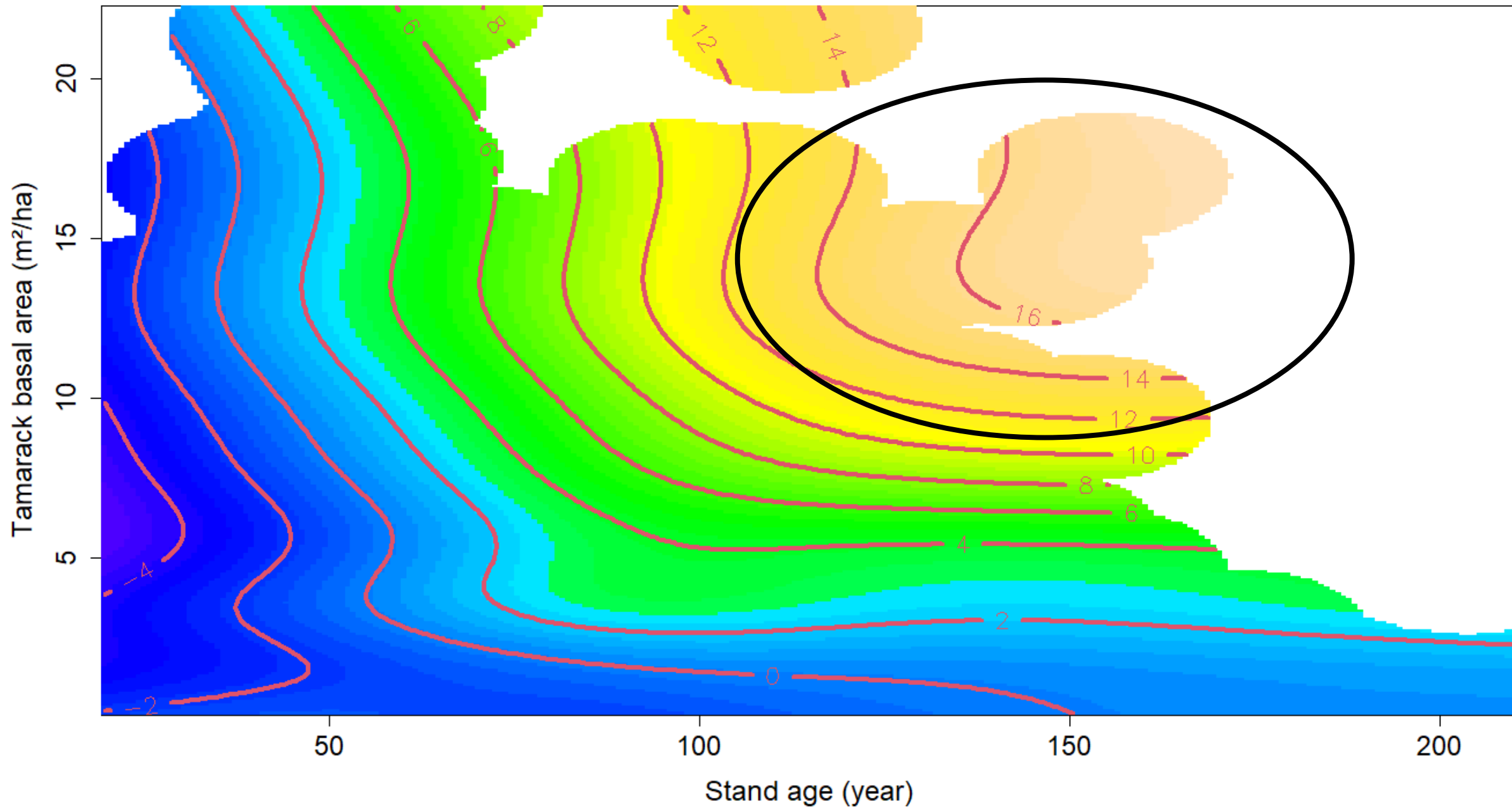
Effets significatifs:

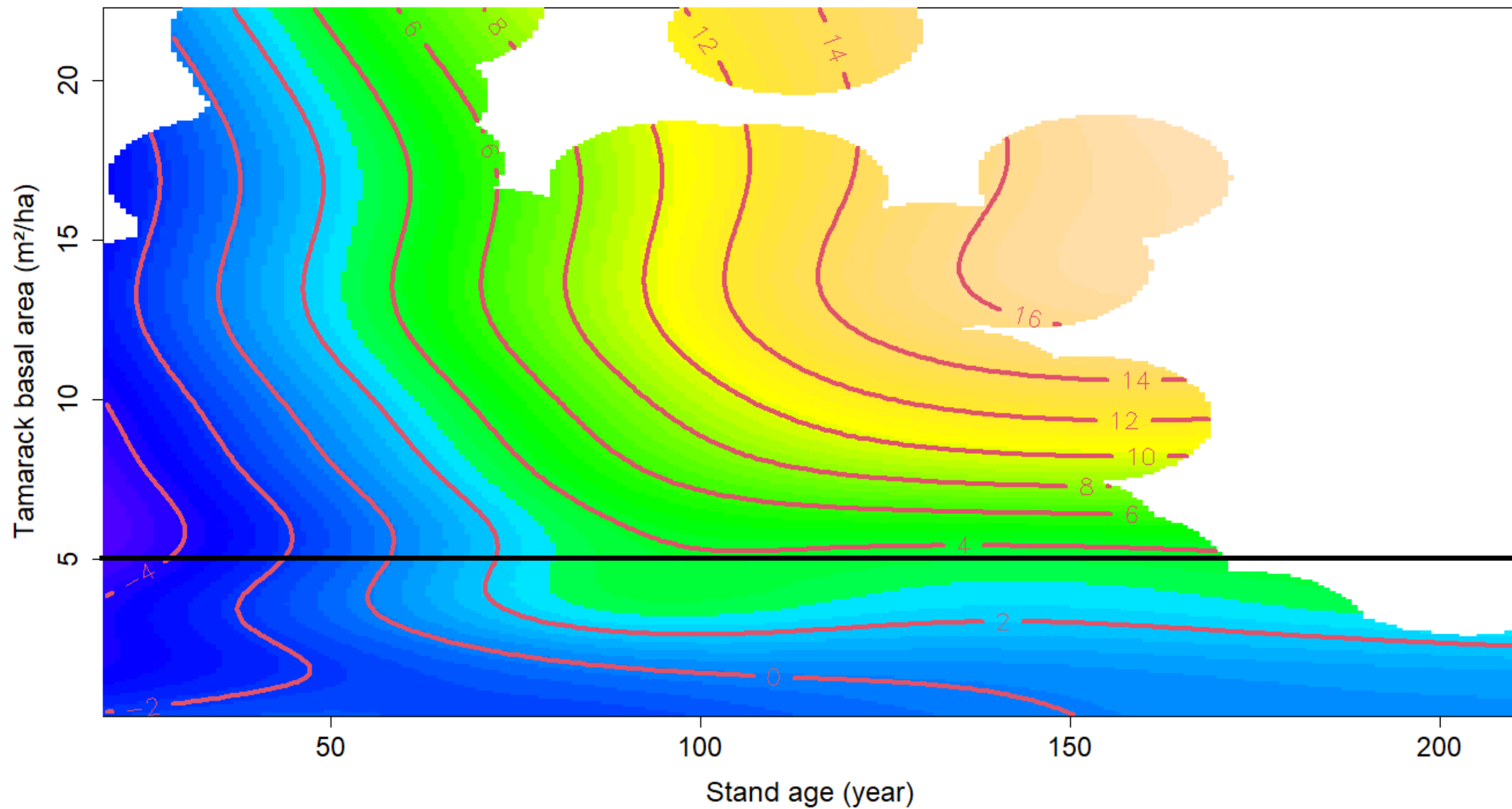
- ‡ Surface terrière MEL
- ‡ Âge du peuplement
- ‡ Longitude
- ‡ Dépôt de surface
- ‡ Surface terrière MEL * Âge











Limites

- Structure du peuplement
 - Régénération
 - Structure inéquienne vs équien
- Une sous-estimation des variations négative en surface terrière résiduelle
- Utilisation de surface terrière vs croissance annuelle
- Moyennes climatiques entre 1981 et 2010

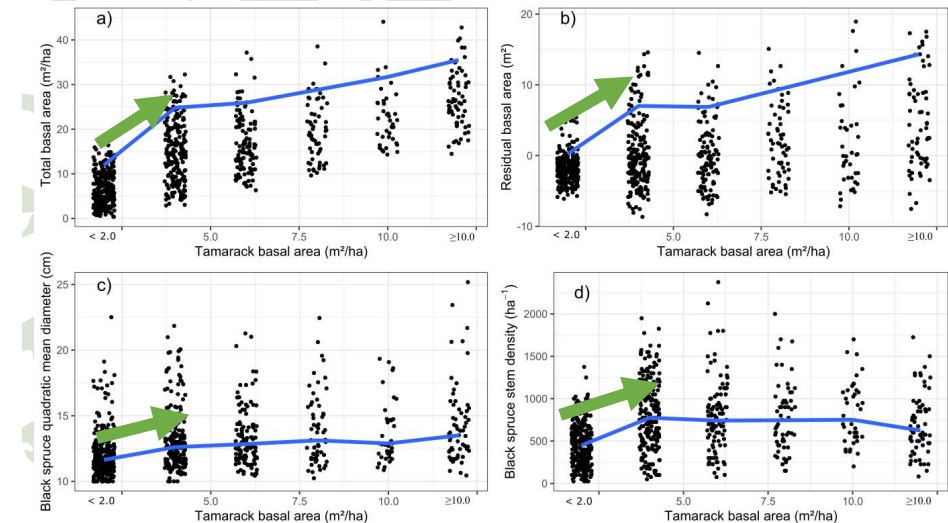
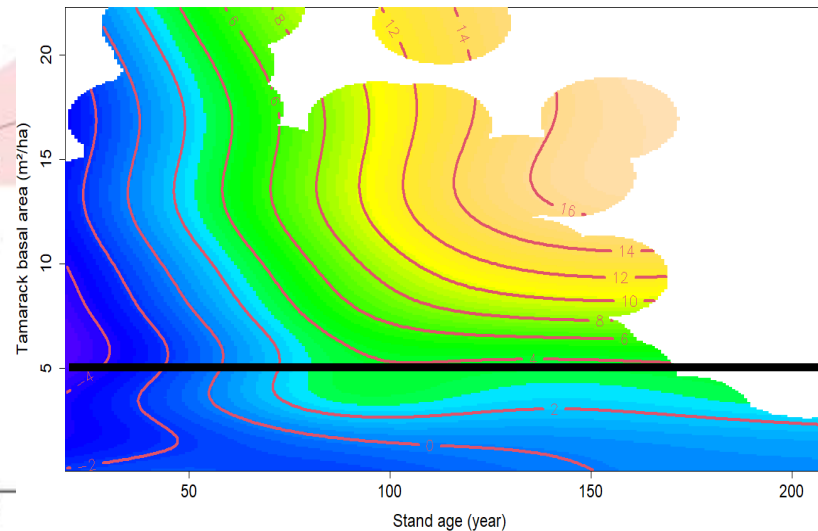
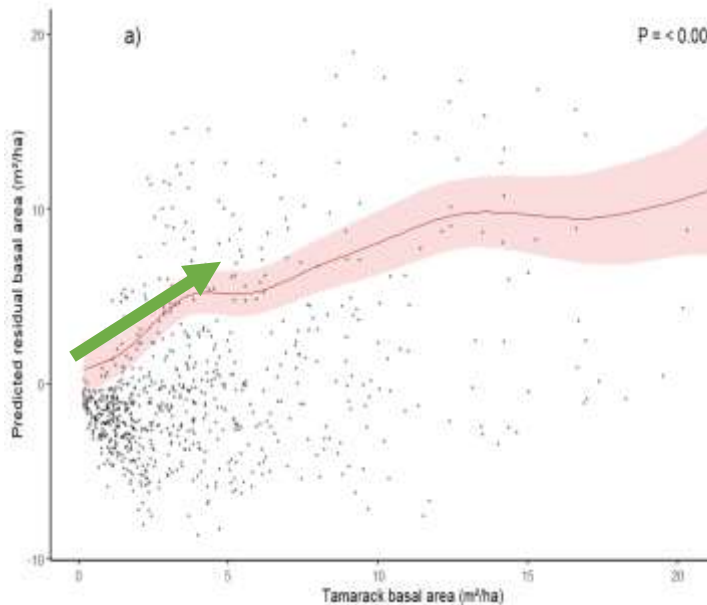


Retour hypothèses

- ✦ Effet positif du MEL sera maximal à des proportions intermédiaires de mixité **Non 25% EPN et 75% MEL**
- ✦ L'ajout de MEL n'affectera pas négativement l'EPN **OUI!**
- ✦ La surface terrière sera modulée par les variables climatiques **NON**
- ✦ Les conditions de sites auront un impact sur les variations de surface terrière des peuplements mixtes **OUI**

Perspectives

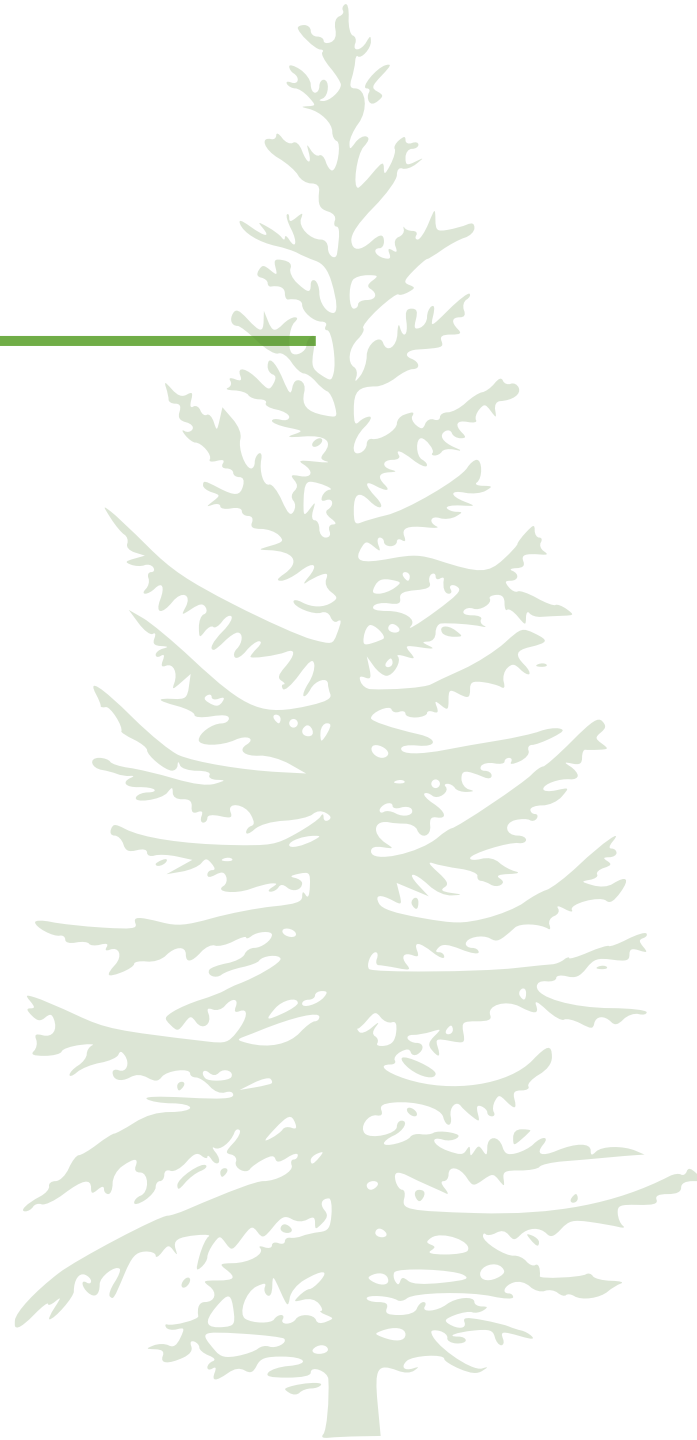
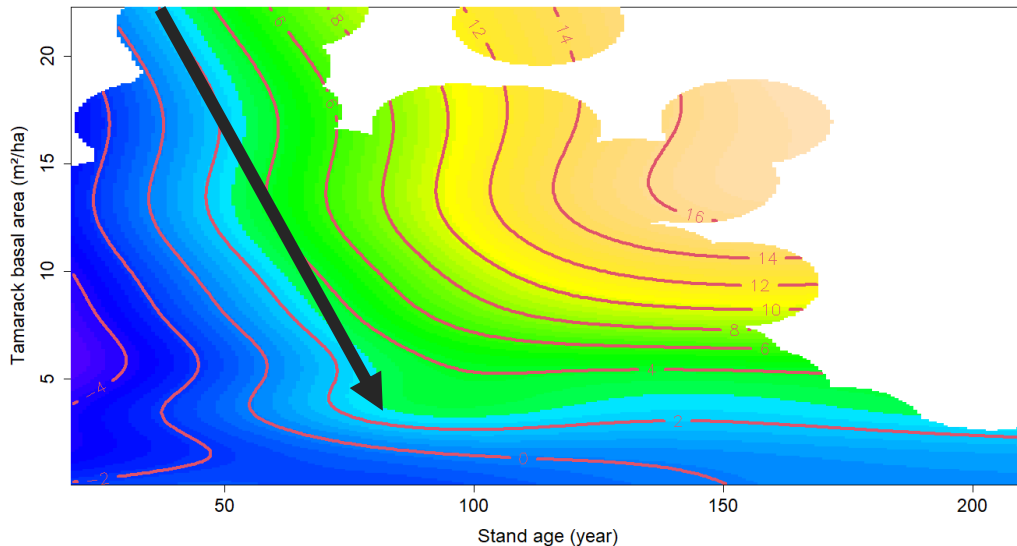
- ▲ Effet intéressant du MEL
- ▲ Sur taille et densité de tiges de l'EPN
- ▲ Sur les variations en surface terrière



Perspectives

Stabilité faces aux variables climatiques

Interactions mélèze et âge du peuplement



Perspectives

🌲 Est-ce que le MEL serait une espèce à utiliser davantage en forêt boréale?

🌲 Est-ce que les forêts mixtes EPN—MEL sont plus résilientes faces aux changements climatiques?

🌲 Établissement de plantation mixtes comme mesure holistique de réduction de la susceptibilité des forêts aux changements globaux (Hisano et al. 2018, Hisano et al. 2019)

Partenaires et organismes du projet

UQÀM



Natural Resources
Canada

Ressources naturelles
Canada

Canada



**NSERC
CRSNG**

SCIERIE
LANDRIENNE

RYAM

Gestion
forestière



UQAT

cef
Centre d'étude de la forêt

Chaire
INDUSTRIELLE CRSNG - UQAT - UQAM
en aménagement
forestier durable

Merci !

A photograph of a man standing in a forest. He is wearing a plaid shirt, a hat, and dark pants. He is holding a large, green evergreen branch in front of him. The background is a dense forest of tall trees.

Questions?

Crédit photo: Todor Minchev

Références

- Akaike, H. 1973. Information theory and an extension of the maximum likelihood principle. Pages 199-213 Selected papers of hirotugu akaike. Springer.
- Bergeron, Y., and N. J. Fenton. 2012. Boreal forests of eastern Canada revisited: old growth, nonfire disturbances, forest succession, and biodiversity. *Botany* **90**:509-523.
- Bradshaw, C. J., I. G. Warkentin, and N. S. Sodhi. 2009. Urgent preservation of boreal carbon stocks and biodiversity. *Trends in Ecology & Evolution* **24**:541-548.
- Canham, C. D., M. J. Papaik, M. Uriarte, W. H. McWilliams, J. C. Jenkins, and M. J. Twery. 2006. Neighborhood analyses of canopy tree competition along environmental gradients in New England forests. *Ecological Applications* **16**:540-554.
- Chaste, E., Girardin, M. P., Kaplan, J. O., Bergeron, Y., and Hély, C. (2019). Increases in heat-induced tree mortality could drive reductions of biomass resources in Canada's managed boreal forest. *Landsc. Ecol.* 34, 403–426. doi: 10.1007/s10980-019-00780-4
- Cyr, D., Gauthier, S., Bergeron, Y., & Carcaillet, C. (2009). Forest management is driving the eastern North American boreal forest outside its natural range of variability. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 7(10), 519-524.
- Deslauriers, A., Beaulieu, M., Balducci, L., Giovannelli, A., Gagnon, M. J., and Rossi, S. (2014). Impact of warming and drought on carbon balance related to wood formation in black spruce. *Ann. Bot. London* 114, 335–345. doi: 10.1093/aob/mcu111
- Dijkstra, F.A., West, J.B., Hobbie, S.E., and Reich, P.B. 2009. Antagonistic effects of species on C respiration and net N mineralization in soils from mixed coniferous plantations. *For. Ecol. Manage.* 257(3): 1112-1118. doi:10.1016/j.foreco.2008.11.014.
- Gower, S.T. et Richards, J.H., 1990. Larches: deciduous conifers in an evergreen world. *BioScience* 40, 818-826.
- Jactel, H., and E. G. Brockerhoff. 2007. Tree diversity reduces herbivory by forest insects. *Ecology letters* **10**:835-848.

Références (suite)

- Hély, C., Bergeron, Y., & Flannigan, M. D. (2000). Effects of stand composition on fire hazard in mixed-wood Canadian boreal forest. *Journal of Vegetation Science*, 11(6), 813-824.
- Hisano, M., Chen, H. Y. H., Searle, E. B., and Reich, P. B. (2019). Species-rich boreal forests grew more and suffered less mortality than species-poor forests under the environmental change of the past half-century. *Ecol. Lett.* 22, 999–1008. doi: 10.1111/ele.13259
- Jonsson, R., & Rinaldi, F. 2017. The impact on global wood-product markets of increasing consumption of wood pellets within the European Union. *Energy*, 133, 864-878.
- Jutras, S., Hökkä, H., Bégin, J. et Plamondon, A.P., 2006. Beneficial influence of plant neighbours on tree growth in drained forested peatlands: a case study. *Canadian journal of forest research* 36, 2341-2350.
- Lecomte, N., and Y. Bergeron. 2005. Successional pathways on different surficial deposits in the coniferous boreal forest of the Quebec Clay Belt. *Canadian journal of forest research* 35:1984-1995.
- Macdonald, S.E. et Lieffers, V.J., 1990. Photosynthesis, water relations, and foliar nitrogen of *Picea mariana* and *Larix laricina* from drained and undrained peatlands. *Canadian Journal of Forest Research* 20, 995-1000.
- Morin, X., L. Fahse, M. Scherer-Lorenzen, and H. Bugmann. 2011. Tree species richness promotes productivity in temperate forests through strong complementarity between species. *Ecology letters* 14:1211-1219.
- Moroni, M.T., Thiffault, N., Titus, B.D., Mante, C. et Makeschin, F., 2009. Controlling *Kalmia* and reestablishing conifer dominance enhances soil fertility indicators in central Newfoundland, Canada. *Canadian journal of forest research* 39, 1270-1279.
- Payette, S. 1992. Fire as a controlling process in the North American boreal forest. A systems analysis of the global boreal forest:144-169.

Références (suite)

- Purdon, M., S. Brais, and Y. Bergeron. 2004. Initial response of understorey vegetation to fire severity and salvage-logging in the southern boreal forest of Québec. *Applied Vegetation Science* 7:49-60.
- Salmon, D., 2017. Ressources et industries forestières – Portrait statistique, édition 2017, Ressources naturelles et de la Faune, Direction du développement de l'industrie des produits forestiers. 133
- Saucier, J.-P., Baldwin, K., Krestov, P. et Jorgenson, T., 2015. Boreal forests. In, *Routledge Handbook of Forest Ecology*. Routledge, pp. 23-45.
- Seidl, R., Spies, T. A., Peterson, D. L., Stephens, S. L., and Hicke, J. A. (2016). Searching for resilience: addressing the impacts of changing disturbance regimes on forest ecosystem services. *J. Appl. Ecol.* 53, 120–129. doi: 10.1111/1365-2664.12511
- Strong, W. et Roi, G.L., 1983. Root-system morphology of common boreal forest trees in Alberta, Canada. *Canadian Journal of Forest Research* 13, 1164-1173.
- Thiffault, N., Titus, B.D. et Munson, A.D., 2004. Black spruce seedlings in a Kalmia Vaccinium association: microsite manipulation to explore interactions in the field. *Canadian Journal of Forest Research* 34, 1657-1668.
- Thiffault, N. et Jobidon, R., 2006. How to shift unproductive Kalmia angustifolia–Rhododendron groenlandicum heath to productive conifer plantation. *Canadian Journal of Forest Research* 36, 2364-2376.
- Thiffault, N., Fenton, N.J., Munson, A.D., Hébert, F., Fournier, R.A., Valeria, O., Bradley, R.L., Bergeron, Y., Grondin, P. et Paré, D., 2013. Managing understory vegetation for maintaining productivity in black spruce forests: a synthesis within a multi-scale research model. *Forests* 4, 613-631.
- Thiffault, N., Titus, B.D. et English, B., 2017. Twenty-five years post-treatment conifer responses to silviculture on a Kalmia-dominated site in eastern Canada. *The Forestry Chronicle* 93, 161-170.

Parametric coefficients					
	β	Std. dev	<i>t</i> -value		<i>p</i> -value
Intercept	0.837	0.319	2.63		0.009
Surficial deposit					
Organic	-1.62	0.38	-4.19		<0.001
Other	-0.27	0.46	-0.58		0.560
Till	-0.23	0.47	-0.50		0.619
Smooth terms			EDF	<i>F</i> -value	<i>p</i> -value
Mean Seasonal Precipitation			2.06	2.47	0.091
Day Degrees >5°C			1.70	0.59	0.514
Mean Annual Temperature			3.56	2.05	0.081
Tamarack basal area			7.21	31.1	<0.001
Stand age			3.21	51.7	<0.001
Latitude			3.78	2.21	0.067
Longitude			3.41	4.65	<0.001
Tamarack basal area × Stand age			6.87	14.6	<0.001
Adjusted R ² = 0.464		Deviance explained = 48.8%			N = 756

