



RÉSEAU  
REBOISEMENT  
LIGNICULTURE  
QUÉBEC

# Réponse contrastée de la croissance du mélèze hybride (*Larix × marschlinsii*), du pin gris (*Pinus banksiana*) et de l'épinette blanche (*Picea glauca*) à l'application de cendres de bois en Abitibi-Témiscamingue

Nicolas Bélanger<sup>1</sup>, Gustavo Palma Ponce<sup>2</sup> et Suzanne Brais<sup>2</sup>

*Article d'origine : Bélanger, N., Palma Ponce, G., and Brais, S. (2021). Contrasted growth response of hybrid larch (Larix × marschlinsii), jack pine (Pinus banksiana) and white spruce (Picea glauca) to wood ash application in northwestern Quebec, Canada. iForest-Biogeosciences and Forestry, 14(2), 155.*

<sup>1</sup> Département Science et Technologie, Université TÉLUQ, 5800, rue Saint-Denis, bureau 1105, Montréal (Québec) H2S 3L5, Canada ; <sup>2</sup> Institut de recherche sur les forêts, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, 445, boul. de l'Université, Rouyn-Noranda (Québec) J9X 5E4, Canada.

## Contexte

L'application des cendres de bois comme amendement de sol en sylviculture est une pratique répandue en Europe qui permet d'améliorer la disponibilité des éléments nutritifs et la croissance des arbres. Cette pratique permet aussi de valoriser les matières résiduelles de l'industrie forestière et de bioénergie ainsi que de réduire les coûts d'élimination. Au Canada, les cendres de bois sont considérées comme des déchets, et leur utilisation en milieu forestier n'est pas particulièrement encouragée par la majorité des législations provinciales. Même si elles restent majoritairement appliquées en milieu agricole, les cendres de bois gagnent en popularité dans le domaine de la foresterie au Québec.

Les cendres de bois sont généralement riches en calcium (Ca), en magnésium (Mg), en potassium (K) et en phosphore (P), mais pauvres en azote (N), et peuvent contenir des micronutriments (comme le manganèse, le cuivre et le zinc) ainsi que des métaux toxiques, tels que le cadmium et le plomb. Cependant, certaines études ont rapporté un déclin de la croissance des arbres, particulièrement à des taux élevés d'application de cendres. Ce déclin est vraisemblablement dû à un effet toxique des micronutriments et des métaux lourds, et semble toucher certaines espèces (*Picea* spp.) plus que d'autres. Par ailleurs, un retard de la réponse des arbres à l'application des cendres a été rapporté, et était attribuable au délai de transfert et de réaction avec le sol. Cela laisse présager que l'effet de l'application sur les arbres s'observe dans le moyen et le long terme. Ainsi, le suivi de la réponse de la croissance des arbres durant plusieurs années après la



plantation est nécessaire pour comparer la réponse des espèces d'arbres à différents taux d'application de cendres.

Cette étude a évalué sur une période de huit ans le taux de mortalité, la croissance, la nutrition foliaire et la composition chimique du sol de plantations de mélèze hybride, de pin gris et d'épinette blanche en réponse à l'application de cendres de bois en forêt boréale au Québec. L'objectif principal de ce travail était de comparer la productivité de ces trois espèces, ainsi que d'évaluer les nutriments foliaires et du sol en réponse à différents taux d'application de cendres de bois pour expliquer les éventuelles différences de croissance.

## Méthodologie

L'étude a été réalisée sur deux sites de la région de l'Abitibi-Témiscamingue au Québec (Canada) : Pascalis (48°12' N, 77°27' W; Altitude = 345 m) et Senneterre (48°24' N, 77°04' W; Altitude = 380 m). Trois plantations d'une superficie de 30 à

40 hectares (ha) chacune ont été établies sur des peuplements de pin gris récoltés en 2005. Trois traitements de cendres ont été appliqués aux trois espèces : le mélèze hybride (*Larix × marschlinii*), le pin gris (*Pinus banksiana*) et l'épinette blanche (*Picea glauca*). Les cendres provenaient d'une installation de production d'énergie à partir de résidus de bois de scieries (Tableau 1), et les traitements consistaient en un témoin et deux doses de cendres : (i) une dose élevée permettant de ramener le pH de l'horizon minéral supérieur (horizon B) du sol à 5,5; et (ii) une demi-dose qui représente la moitié de la dose élevée. La dose élevée correspondait à 14 tonnes/ha de cendres (matière sèche) à Senneterre et à 5,0 tonnes/ha à Pascalis, alors que la demi-dose correspondait respectivement à 7,0 et à 2,5 tonnes/ha. Les cendres ont été appliquées à l'automne 2006 en utilisant une récolteuse forestière équipée d'un épandeur de sable pour route, et incorporées dans l'horizon minéral du sol à l'aide d'une charrue à disques. Les arbres ont été plantés au mois de mai et de juin de l'année suivante (2007). Un suivi de la mortalité et de la croissance a été réalisé dès la fin de la 1<sup>re</sup> saison de croissance (2007), ainsi qu'à la 2<sup>e</sup>, à la 3<sup>e</sup> et à la 8<sup>e</sup> année de croissance.

**Tableau 1.** Propriétés chimiques de cendres utilisées dans l'étude.

Propriétés	Variable	Value
Physico-chemical properties (%)	Calcium carbonate equivalent	31
	Fineness (particles < 2mm)	92
	Organic matter	22
Macroéléments (mg g <sup>-1</sup> )	Calcium	67
	Magnesium	4
	Nitrogen	<1
	Phosphorus	1
	Potassium	9
Microéléments (µg g <sup>-1</sup> )	Sodium	2
	Arsenic	2
	Bore	62
	Barium	1516
	Cadmium	3
	Chromium	11
	Cobalt	10
	Copper	20
	Iron	1216
	Lead	10
	Manganese	7350
	Mercury	0
	Molybdenum	4
	Nickel	12
	Rubidium	90
Strontium	582	
Zinc	286	

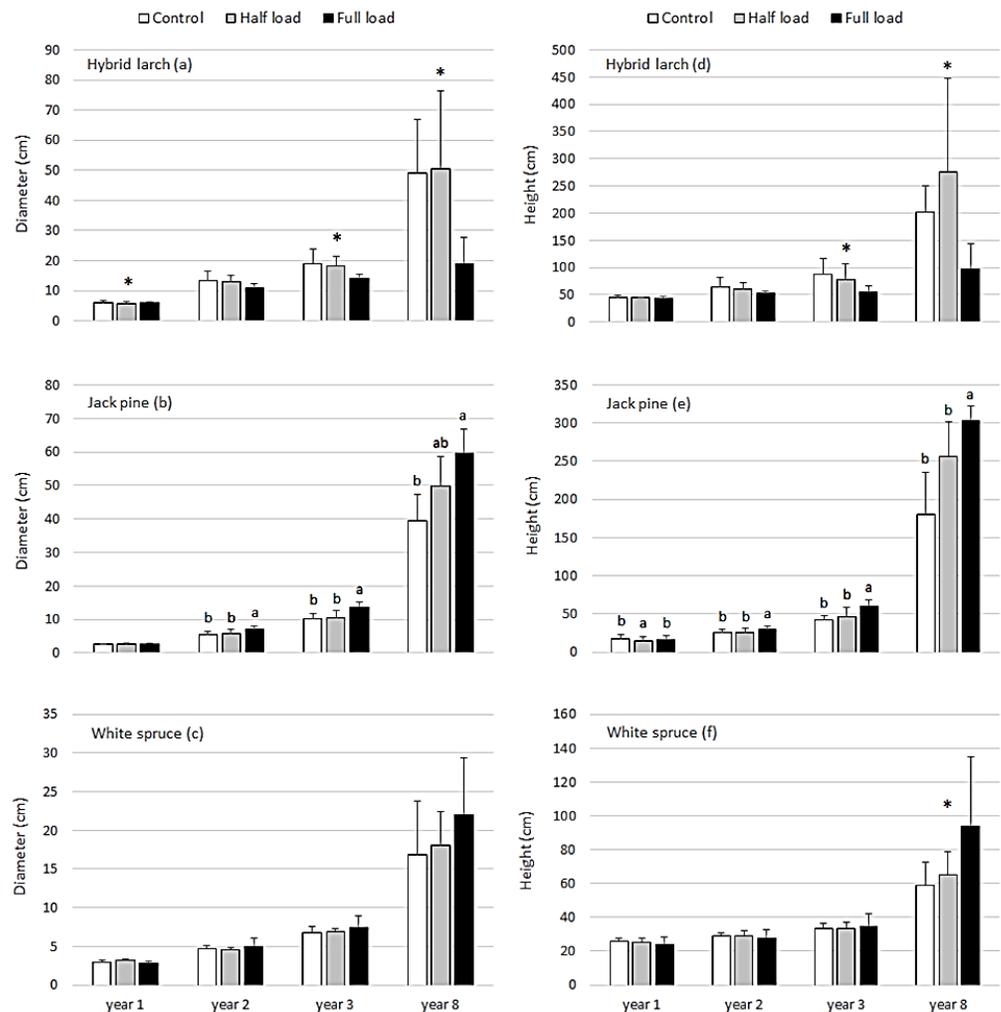


# Résultats

## Croissance

Concernant le mélèze hybride, les arbres des parcelles ayant reçu la dose élevée de cendres ont eu un taux de mortalité plus élevé, et des diamètres et des hauteurs inférieurs aux arbres des parcelles témoins après huit années de croissance. L'effet de la dose moyenne de cendres sur la survie et la croissance était positif sur deux sites, mais négatif sur le troisième site (Figure 1).

**Figure 1.** Diamètre et hauteur (moyenne et écart standard) du mélèze hybride (a et d), pin gris (b et e) et épinette blanche (c et f) en réponse aux traitements de cendres à la 1<sup>re</sup>, 2<sup>e</sup>, 3<sup>e</sup> et 8<sup>e</sup> année après la plantation. Les interactions significatives (traitement × site) sont représentées par des astérisques.



L'ajout de cendres aux parcelles a eu un effet positif sur le diamètre et la hauteur des arbres de pin gris après huit années de croissance, sans effet significatif sur le taux de mortalité. La dose élevée de cendres permettait souvent d'avoir les meilleurs taux de croissance (Figure 1).

Pour l'épinette blanche, le taux de mortalité était plus important avec l'apport élevé de cendres, comparativement à l'apport moyen et au traitement témoin. À la 8<sup>e</sup> année de croissance, la hauteur des arbres des parcelles ayant reçu la dose



**Tableau 2.** Variation moyenne (%) des concentrations et des teneurs foliaires en N, P, K, Ca et Mg à la 3<sup>e</sup> année pour les traitements de cendres par rapport au traitement témoin.

élevée de cendres était supérieure à celle des deux autres traitements, mais seulement sur un des trois sites.

### Nutriments foliaires

Généralement, il y avait peu de différences entre les traitements concernant les teneurs foliaires en macronutriments. L'une des exceptions concernait la teneur en calcium pour le mélèze hybride à la 3<sup>e</sup> année de croissance avec la dose élevée de cendres, qui était supérieure à celle des arbres témoins (Tableau 2).

Treatment	Year 3			Year 8		
	Control	Half load	Full load	Control	Half load	Full load
pH	2.99 ± 0.13 <sup>c</sup>	3.50 ± 0.24 <sup>b</sup>	3.79 ± 0.42 <sup>a</sup>	2.91 ± 0.17 <sup>a</sup>	3.10 ± 0.23 <sup>a</sup>	3.35 ± 0.38 <sup>a</sup>
N <sub>total</sub> (%)	0.79 ± 0.14	0.67 ± 0.16	0.75 ± 0.12	0.88 ± 0.20 <sup>a</sup>	0.69 ± 0.18 <sup>b</sup>	0.72 ± 0.24 <sup>ab</sup>
P <sub>bray</sub> (%)	76.60 ± 14.4 <sup>b</sup>	80.90 ± 20.1 <sup>b</sup>	106.00 ± 23.9 <sup>a</sup>	34.90 ± 15.3	36.10 ± 10.3	59.50 ± 54.3
Ca <sub>e</sub> (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	8.28 ± 2.09 <sup>c</sup>	13.40 ± 5.11 <sup>b</sup>	20.60 ± 6.86 <sup>a</sup>	8.80 ± 3.87	8.69 ± 3.01	12.30 ± 5.84
Mg <sub>e</sub> (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	2.09 ± 0.39 <sup>b</sup>	2.12 ± 0.53 <sup>b</sup>	2.86 ± 0.57 <sup>a</sup>	1.80 ± 0.68	1.29 ± 0.44	1.74 ± 0.77
K <sub>e</sub> (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	1.12 ± 0.36 <sup>b</sup>	1.22 ± 0.40 <sup>ab</sup>	1.24 ± 0.50 <sup>a</sup>	0.86 ± 0.30 <sup>a</sup>	0.48 ± 0.21 <sup>b</sup>	0.49 ± 0.13 <sup>b</sup>
Na <sub>e</sub> (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0.30 ± 0.08 <sup>b</sup>	0.41 ± 0.17 <sup>ab</sup>	0.45 ± 0.14 <sup>a</sup>	0.17 ± 0.12 <sup>a</sup>	0.05 ± 0.02 <sup>c</sup>	0.07 ± 0.02 <sup>b</sup>
Acidity <sub>e</sub> (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	10.10 ± 2.10 <sup>a</sup>	6.08 ± 1.84 <sup>b</sup>	5.13 ± 2.66 <sup>b</sup>	11.60 ± 3.12 <sup>a</sup>	7.96 ± 2.30 <sup>a</sup>	6.67 ± 3.08 <sup>a</sup>
CEC (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	21.90 ± 2.52 <sup>b</sup>	23.2 ± 5.46 <sup>b</sup>	29.50 ± 5.47 <sup>a</sup>	23.20 ± 4.95 <sup>a</sup>	18.50 ± 4.26 <sup>b</sup>	21.30 ± 6.55 <sup>ab</sup>
BS (%)	53.80 ± 7.99 <sup>c</sup>	70.0 ± 9.29 <sup>b</sup>	80.70 ± 12.0 <sup>a</sup>	49.60 ± 12.7 <sup>a</sup>	55.80 ± 10.5 <sup>a</sup>	65.60 ± 12.3 <sup>a</sup>

De plus, la teneur foliaire en azote était supérieure avec la dose moyenne en cendres, comparativement au traitement témoin. Concernant le pin gris, les deux traitements de cendres ont augmenté de façon significative la teneur foliaire en potassium comparativement au traitement témoin, et ce, dans deux des trois sites de l'étude. Aucun effet de l'apport en cendres sur les teneurs foliaires en macronutriments n'a été observé en ce qui concerne l'épinette blanche. Quant au mélèze hybride, les aiguilles des arbres ayant reçu la dose élevée de cendres ont eu une concentration foliaire en manganèse nettement supérieure à celle des arbres témoins (à la 8<sup>e</sup> année après la plantation).

### Propriétés chimiques du sol

Globalement, le pH, le calcium échangeable et la saturation en bases ont augmenté de façon significative avec l'apport de cendres à la 3<sup>e</sup> année de croissance. De plus, le potassium extractible, le magnésium échangeable et la capacité d'échange cationique effective étaient plus élevés dans le sol des parcelles ayant reçu la dose élevée de cendres, comparativement aux parcelles ayant reçu la dose moyenne et aux parcelles témoins.

Après huit années de croissance, cet effet remarquable des cendres sur les propriétés chimiques du sol a commencé à se dissiper pour la majorité des paramètres mentionnés précédemment. Les résultats montrent aussi que les cendres étaient une source significative de manganèse (Mn). Le niveau de Mn dans l'horizon organique était plus élevé dans les échantillons de sol ayant reçu les doses moyenne et élevée de cendres, comparativement au traitement témoin. Le niveau de Mn était plus bas dans l'horizon minéral du sol, comparativement à l'horizon organique.



## Conclusion

Les résultats de cette étude démontrent que l'ajout des amendements en cendres a permis une meilleure croissance des arbres de pin gris et de mélèze hybride. Toutefois, pour le mélèze hybride, des apports élevés ont eu un effet négatif sur la croissance qui semble provenir d'une toxicité dû au manganèse. En revanche, l'effet de l'application des cendres sur la croissance de l'épinette blanche a été très marginal, et le principal avantage des cendres dans les plantations d'épinette semble être de réduire les coûts de transport et de l'enfouissement de ces cendres.