



NOTE DE RECHERCHE

MARS 2015 • V.2, N°3.

LE BOIS AFFECTÉ PAR LA TORDEUSE DES BOURGEONS DE L'ÉPINETTE : PEUT-IL SERVIR À LA PRODUCTION DE BIOÉNERGIE?

Les arbres morts suite aux perturbations naturelles ont été reconnus par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) comme une source importante de biomasse pour la production de bioénergie à l'échelle mondiale, ce qui pourrait contribuer à la lutte aux changements climatiques. Au Québec et ailleurs au Canada, d'importants volumes de bois mort sont générés par les épidémies d'insectes; ce bois est souvent mal-aimé par les industries traditionnelles de sciage et de pâte en raison de la dégradation de la qualité de la fibre. L'objectif de ce projet de recherche était d'évaluer les caractéristiques de la fibre d'arbres affectés à divers degrés (vigoureux, sénescents, mort récente, mort ancienne) par la tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana* (Clemens)) pour la production de bioénergie. Pour ce faire, 36 sapins baumiers (*Abies balsamea* (L.) Mill) et 12 épinettes noires (*Picea mariana* (Mill.)) en provenance de 3 sites d'étude ont été abattus à des fins d'analyses physiques (proportion de carie, densité basale, teneur en humidité), chimiques (cendres) et thermiques (pouvoir calorifique). Suite à la mort de l'arbre, les résultats indiquent, chez les deux espèces, une légère baisse de la densité basale, une augmentation de la proportion de la carie du bois et une diminution substantielle de la teneur en humidité. Le bois de l'épinette noire était moins humide et plus dense que celui du sapin baumier. Le pouvoir calorifique variait peu entre les stades de dégradation du bois et les espèces. Les taux de cendres étaient plus élevés chez les arbres sénescents et les arbres de mort ancienne. La technologie de conversion de la biomasse en produits de bioénergie pourrait donc varier selon l'état de la dégradation des arbres.

INTRODUCTION

Les arbres morts suite aux perturbations naturelles ont été reconnus par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) comme une source importante de biomasse pour la production de bioénergie à l'échelle mondiale, et donc comme moyen de lutte aux changements climatiques¹. Au Québec, deux types de perturbations naturelles sont particulièrement susceptibles de générer des volumes de biomasse importants : le feu et les épidémies de tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana* (Clemens)). Suite à de telles perturbations, les usines de sciage et de pâte et papier ont généralement l'obligation de récolter ce type de bois pour une certaine période de temps. Toutefois, plusieurs se plaignent de la qualité marginale de la fibre qui nuit à la rentabilité de leurs opérations. La bioénergie pourrait ainsi s'avérer un coproduit intéressant, permettant d'optimiser l'utilisation de la ressource forestière en offrant une voie de valorisation pour cette fibre de faible qualité, et de diversifier les produits pouvant en être tirés. L'objectif de ce projet de recherche était d'évaluer la qualité de la fibre d'arbres affectés à divers degrés par la tordeuse des bourgeons de l'épinette pour des fins de bioénergie.

I. MATÉRIEL ET MÉTHODE

À proximité d'un dispositif expérimental déjà en place sur la Côte-Nord, des arbres échantillons associés à 4 stades de dégradation du bois (vigoureux, sénescents, mort récente et mort ancienne; Figure 1) ont été sélectionnés en provenance de 3 placettes. Deux d'entre elles étaient composées essentiellement de sapin baumier (*Abies balsamea* (L.) Mill) alors que la

troisième comprenait un mélange de sapin et d'épinette noire (*Picea mariana* (Mill.) BSP). Dans chacune de ces placettes, trois arbres par espèce (lorsque les deux espèces étaient présentes) ont été abattus par stade de dégradation et deux rondelles échantillons de 2.5 cm d'épaisseur ont été récoltées à hauteur de poitrine (1.3 m de haut) pour fins d'analyses.

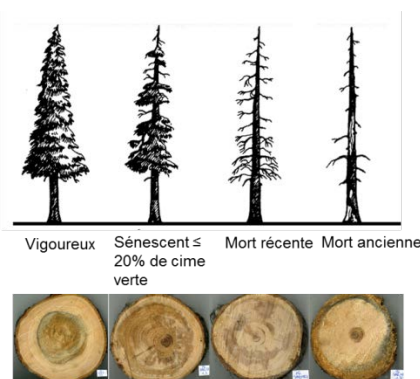


Figure 1. Classification visuelle de l'état de dégradation des arbres en forêt (adapté de Hunter 1990⁵) et exemples de rondelles récoltées par classe de dégradation.

Sur le terrain, les rondelles ont été placées dans des sacs hermétiques et ensuite conservées au congélateur. Au laboratoire, une des rondelles a servi à mesurer la proportion de carie à hauteur de poitrine ainsi que ses propriétés physiques (densité basale et teneur en humidité) alors que l'autre rondelle a été broyée suivant une granulométrie de 0.5 mm pour des mesures de propriétés chimiques (cendres) et thermiques (pouvoir calorifique supérieur sec).

Afin de mesurer la densité basale et la teneur en humidité des rondelles de bois, des sections

triangulaires partant de la moelle vers l'écorce ont été préparées. La densité basale ainsi que la teneur en humidité sur base sèche ont été déterminées à partir des normes ASTM D 2395-07² et ASTM D 4442-07³. Le pouvoir calorifique supérieur sec a été déterminé à l'aide d'une bombe calorimétrique (Parr 6400) en utilisant 0.7 gramme de poudre de bois par échantillon. Les mesures de cendres ont été obtenues suite à la combustion de 2 grammes de poudre de bois à 600°C pour une période de 6 heures (méthode dérivée de la norme ASTM D1102-84⁴).

Les données ont ensuite été analysées à partir du logiciel R. La fonction « lme » de la librairie « nlme » a été utilisée afin de comparer la variation entre les données des arbres de sapin baumier en provenance des trois placettes. Un test de vraisemblance a permis d'évaluer l'effet de la placette. La librairie « multcomp » avec test de Tukey a également été utilisée afin de discerner les différences entre les diverses classes de dégradation.

II. RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les résultats du Tableau 1 indiquent que la teneur en humidité du sapin baumier diminuait de façon importante avec l'état de la dégradation des arbres et qu'elle variait en fonction des parcelles. De façon générale, on observe une augmentation de la proportion de la carie du bois du stade vigoureux au stade mort, de même qu'une augmentation du taux de cendres. La densité basale et le pouvoir calorifique sont demeurés relativement stables entre les classes de dégradation.

Tableau 1 : Moyennes et écarts-types des différentes propriétés du bois mesurées pour les trois placettes de sapin baumier (n=36 arbres).

Classe de dégradation	Carie (%)	Densité	Pouvoir Calorifique Supérieur Sec		
			Humidité (%)	(MJ/Kg)	Cendre (%)
Vigoureux	9.13±18.30 ^{ab}	0.35±0.02	103.44±11.94 ^a	20.19±0.28	0.34±0.06
Sénescent	6.23±15.64 ^a	0.37±0.03	84.30±28.37 ^{ab}	20.18±0.18	0.35±0.15
Mort récente	30.65±26.34 ^{bc}	0.38±0.03	69.40±21.76 ^b	20.18±0.14	0.41±0.12
Mort ancienne	41.50±22.70 ^c	0.34±0.04	67.06±38.94 ^b	20.11±0.13	0.46±0.29

* indique qu'il y a une différence significative entre les parcelles (Test de vraisemblance, niveau de probabilité de 0.05)
^a, ^b et ^c: indiquent les différences entre les classes de dégradation (Test de Tukey, niveau de probabilité de 0.05)

Le Tableau 2 indique que seuls la densité, l'humidité et le pouvoir calorifique sont différents entre les espèces. L'épinette noire était significativement plus dense et moins humide que le sapin baumier. La proportion de carie était à son maximum chez les vieux arbres morts pour les deux espèces. Le pouvoir calorifique est demeuré constant entre les classes de dégradation et les taux de cendres étaient supérieurs dans les arbres sénescents et les arbres de mort ancienne, quoique les différences fussent non significatives entre les classes de dégradation étant donné la grande variabilité des mesures à l'intérieur d'une même classe.

Tableau 2 : Moyennes et écarts-types des différentes propriétés du bois mesurées pour la placette mixte (n=24 arbres).

Classe de dégradation	Espèce	Carie (%)	Densité *	Humidité (%) *	Pouvoir Calorifique Supérieur Sec	
					(MJ/Kg) *	Cendre (%)
Vigoureux	EPN	0±0 ^a	0.44±0.07	72.03±27.10	19.80±0.03	0.32±0.03
Vigoureux	SAB	0±0 ^a	0.36±0.01	102.85±13.30	20.26±0.48	0.31±0.04
Sénescent	EPN	58.70±50.97 ^{ab}	0.43±0.08	50.97±15.38	19.68±0.30	0.70±0.31
Sénescent	SAB	20.75±25.47 ^{ab}	0.34±0.03	115.52±29.25	20.13±0.13	0.51±0.18
Mort récente	EPN	31.92±32.65 ^{ab}	0.40±0.07	60.46±30.91	19.84±0.15	0.33±0.08
Mort récente	SAB	31.01±26.70 ^{ab}	0.36±0.04	75.43±32.93	20.12±0.09	0.49±0.14
Mort ancienne	EPN	76.73±40.30 ^b	0.40±0.03	33.78±10.15	20.13±0.05	0.43±0.06
Mort ancienne	SAB	50.80±36.43 ^b	0.38±0.05	84.03±45.75	20.03±0.09	0.64±0.51

* indique qu'il y a une différence significative entre les espèces (Test d'ANOVA, niveau de probabilité de 0.05)

^a, ^b et ^c: indiquent les différences entre les classes de dégradation (Test de Tukey, niveau de probabilité de 0.05)

EPN= épinette noire, SAB= sapin baumier

III. CONCLUSIONS

Les bois morts suite à une attaque de la tordeuse des bourgeons de l'épinette pourraient s'avérer une ressource de biomasse fort intéressante pour la production de bioénergie. Suite à la mort de l'arbre, on observe :

- Une diminution importante et rapide de la teneur en humidité qui pourrait réduire le temps de séchage requis pour fins de production énergétique;
- Une perte minime de densité, surtout chez l'épinette noire, et une augmentation de la carie du bois susceptible d'affecter la qualité des produits traditionnels (sciage et pâte), mais qui n'affecte pas le pouvoir calorifique;
- Une légère augmentation du taux de cendres chez les arbres sénescents et les arbres de mort ancienne, surtout dans la placette mixte, ce qui pourrait être à surveiller lors de la production de granules résidentielles de la classe ENPlus-A1 pour l'exportation vers l'Europe où la limite de cendre acceptée est de 0.7%.

Remerciements : Ce projet a été financé par le Service canadien des forêts, les programmes ECOEII et PERD du Bureau de recherche et de développement énergétiques de Ressources naturelles Canada et Biofuelnet.

¹Chum, H., et al. 2011. Bioenergy. In: IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation. Cambridge University Press, Cambridge, UK/New York, NY, USA, pp. 214-331.

²ASTM D 2395-07. 2009. Standard Test Methods for Specific Gravity of Wood and Wood-Based Materials. pp. 298-306. ASTM, Philadelphia, PA.

³ASTM D 4442-07. 2009. Standard Test Methods for Direct Moisture Content Measurement of Wood and Wood-Base Materials. pp. 450-455. ASTM, Philadelphia, PA.

⁴ASTM D1102-84. 2001. Standard Test Methods for ash in wood, ASTM International, West Conshohocken, PA.

⁵Hunter ML Jr. 1990. Wildlife, forests, and forestry: principles of managing forests for biological diversity. Prentice Hall, Englewood Cliffs NJ.

⁶Hugues, N.M., Shahi, C., and Pulkki, R. 2014. A review of the wood pellet value chain, modern value/supply chain management approaches, and value/supply chain models. *J. Renewable Energy*. 14 pp. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/654158>.

Auteurs: Julie Barrette Ph.D., Evelyne Thiffault Ph.D., David Paré Ph.D. et Isabelle Duchesne Ph.D

Pour plus d'informations: Evelyne Thiffault, professeure adjointe
Evelyne.Thiffault@sbf.ulaval.ca ; (418) 656-2131 poste 5405

Centre de recherche sur les matériaux renouvelables, Pavillon Gene-H.-Kruger,
 2425 rue de la Terrasse, Université Laval, Québec, Qc, Canada G1V 0A6
<http://www.materiauxrenouvelables.ca>