

Avis technique

SSRF-32

Direction de la recherche forestière

Titre :	Évolution des dommages causés par le longicorne et les champignons de dégradation sur les produits du bois à la suite d'un feu de printemps
Auteur(s) :	Julie Barrette et Simon Fortier
Date :	Novembre 2023

Les feux qui ont dévasté les forêts du Québec au printemps 2023 ont marqué le territoire et affecté plusieurs milliers d'arbres. À la suite de leur passage, les conifères ont rapidement été colonisés par des insectes xylophages. Parmi ceux-ci, le longicorne noir (*Monochamus scutellatus* (Say)) est connu pour les importantes pertes qu'il cause dans l'industrie du sciage. Cet avis technique présente une revue de littérature sur l'évolution des dommages causés par le longicorne ainsi que par les champignons qui dégradent les produits du bois à la suite d'un feu de printemps.

1. Contexte

La durée de la période opportune pour récupérer le bois de feu est directement influencée par la saison pendant laquelle le feu s'est déclenché. Pour les feux de printemps comme ceux que nous avons connus en 2023 au Québec, les études menées semblent indiquer que la période de récupération pour le bois destiné au sciage de qualité est d'environ un an (Barrette *et al.* 2015). Le longicorne noir (*Monochamus scutellatus* (Say), figure 1) est reconnu comme étant l'insecte le plus dommageable pour le bois d'œuvre et celui destiné aux pâtes et papiers (Bélanger 2013). Cette espèce xylophage fait partie des premiers insectes capables d'introduire des champignons et des micro-organismes responsables de dégrader le bois (Lowell 1992). Selon la littérature, l'étendue des dégâts causés par cet insecte serait principalement déterminée par la saison au cours de laquelle l'arbre meurt, l'intensité du feu (Raske 1972), le diamètre de l'arbre (Gervais *et al.* 2012), l'essence (Bélanger 2013), la distance de la forêt verte la plus proche (Saint-Germain *et al.* 2004) et la durée de la période d'émergence des adultes (Peddle 2000).



Figure 1. Avant le stade adulte (à gauche), les larves du longicorne noir (*Monochamus scutellatus* (Say)) vivent dans le bois et y creusent des galeries (à droite). Photos : MRNF.

2. Effet de la température saisonnière sur le cycle et l'activité du longicorne noir

Le cycle du longicorne est souvent observé sur deux années, mais il peut également être raccourci sur une année lorsque les températures estivales sont très élevées (Peddle 2000). Le temps de développement des larves varie donc en fonction des facteurs climatiques (Peddle 2000, Raske 1972) et des espèces d'arbres (Breton *et al.* 2013). Selon une étude menée en conditions de températures contrôlées, la progression des galeries du longicorne noir est nettement plus rapide lorsque les températures dépassent 24 °C (figure 2, Bélanger 2013). Cette progression est également plus rapide dans le bois des épinettes noires que dans celui des pins gris (Bélanger 2013). Toutefois, la différence entre les essences s'amenuise avec l'augmentation en température (Bélanger 2013). Breton *et al.* (2013) ont aussi observé que les larves de longicorne se développent plus vite dans les épinettes noires que dans les pins gris. De plus, Berthiaume *et al.* (2011) ont noté des dommages plus importants chez les épinettes que chez les pins dans des forêts composées de ces deux essences. Lorsque le temps est frais, le développement larvaire semble peu probable, car Bélanger (2013) n'a observé aucune larve à des températures inférieures à 12 °C.

Avec les températures élevées que le Québec a connues à l'été 2023, on peut se demander si le cycle du longicorne noir a pu être raccourci dans les régions où il a fait très chaud. De même, on peut se demander si les galeries creusées par les larves ont pu se former plus rapidement que dans le passé.

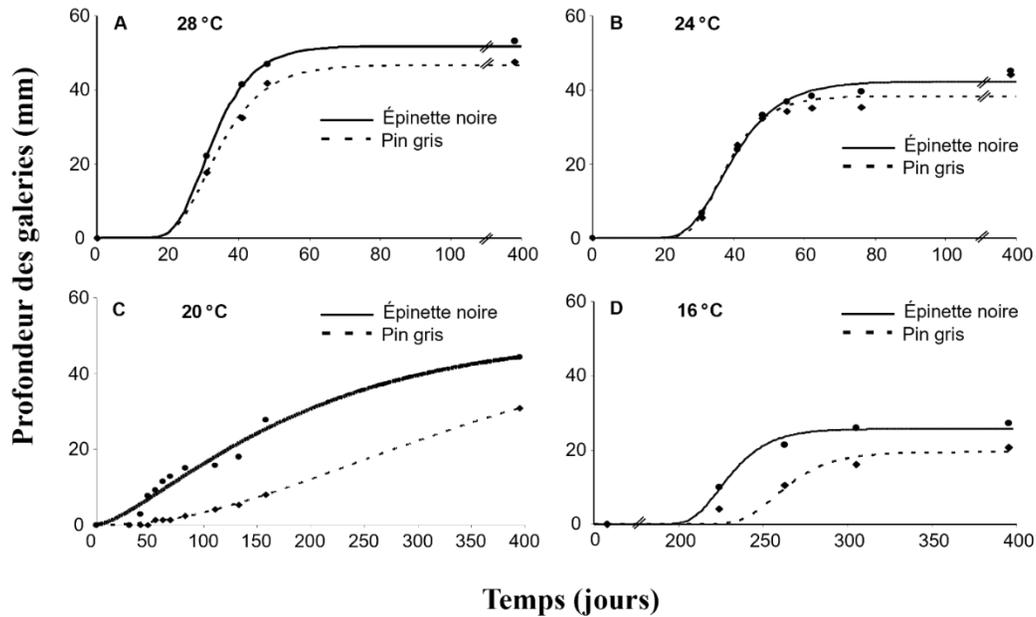


Figure 2. Évolution de la profondeur des galeries causées par les larves de longicorne noir dans une expérience à températures contrôlées. Figure réalisée par Sébastien Bélanger et ses collaborateurs (Bélanger 2013; Bélanger *et al.* 2013).

3. Dommages et pertes causés par le longicorne noir

Pour l'industrie forestière, le nombre de trous ainsi que la grosseur et la profondeur des galeries causées par le longicorne noir peuvent sérieusement compromettre la production de sciages de qualité (figure 3). Un nombre excessif de trous ou un diamètre de trous supérieur à la limite permise entraînera un déclassement des sciages et une perte considérable de valeur monétaire. Le diamètre des trous de vers admissible par pied linéaire est spécifié dans le guide établi par l'agence canadienne National Lumber Grades Authority (NLGA). À titre d'exemple, dans un colomage de 2 po × 6 po × 8 pi (5,08 cm × 15,24 cm × 2,44 m), on accepte 2 po (5,08 cm) de trous par pied linéaire, ou l'équivalent de 16 po (40,64 cm) de trous sur l'ensemble de la pièce. Toutefois, pour qu'un sciage de cette taille soit classé comme un colomage, le diamètre maximal des trous ne doit pas dépasser 2 po (5,08 cm) (NLGA 2022).



Figure 3. Sciages récoltés 1 an après feu (à gauche) et 2 ans après feu (au centre), et exemple d'un tronc avec fendillement (à droite). Photos : MRNF.

Selon une étude réalisée par FP-Innovations (Chabot *et al.* 2007; Corneau et Lévesque 2008) portant sur des sciages de bois vivants chauffés (VC), roussis (R : morts, mais pas trop brûlés) et calcinés (C : morts, mais portant encore des branches principales) provenant d'un feu allumé au nord du lac Saint-Jean en mai 2005, la production de sciages de première qualité (« premium ») chuterait de 50 % à moins de 10 % pour les épinettes noires et les pins gris de type R et C, et ce, dès l'automne suivant le passage du feu de printemps. En ce qui concerne les sciages issus des arbres VC, les baisses étaient moins importantes, soit de l'ordre de 10 % pour l'épinette noire et de 20 % pour le pin gris. L'année après le passage du feu, la possibilité de produire des sciages de première qualité était pratiquement inexistante, quel que soit le type d'arbre (VC, R, C). Les pertes économiques découlant des dégâts causés par le longicorne varient dans le temps et selon les essences. Selon les critères établis par la classification de la NLGA, la perte en valeur monétaire (ou le pourcentage de perte par rapport à la valeur des sciages classés, sans égard aux défauts causés par le feu) se chiffrait comme suit :

- **L'année du feu (automne 2005)**, les pins gris VC montraient une perte de 2,40 \$/m³ de tige (2,2 %) alors que les tiges R et C montraient une perte d'environ 4 \$/m³ (environ 3,8 %). Les pertes étaient moindres pour l'épinette noire, soit environ 1 \$/m³ (0,9 %) pour les tiges VC, 4 \$/m³ (3,9 %) pour les tiges C et 5 \$/m³ (4,6 %) pour les tiges R.
- **L'année après le feu (automne 2006)**, les pertes étaient déjà 3 fois plus importantes que celles de la première année. Pour les pins gris, les tiges VC affichaient une perte de 7,46 \$/m³ (6,3 %), alors que les tiges R affichaient une perte d'environ 13 \$/m³ (11,3 %) et les tiges C, une perte de 12 \$/m³ (10,2 %). Cette fois, les pertes étaient plus importantes pour l'épinette noire, soit de 8,34 \$/m³ (6,7 %) pour les tiges VC, de 16 \$/m³ (14,1 %) pour les tiges R et de 10,52 \$/m³ (8,7 %) pour les tiges C (Corneau et Lévesque 2007).
- **Deux années après le feu (automne 2007)**, les pertes monétaires étaient de 3 à 4 fois plus importantes que celles de la première année. Les raisons principales du déclassement étaient les trous de vers, la roulure et la carie de couronne. Les trous de vers étaient nettement plus gros et

plus fréquents, mais sur le plan de l'apparence, il y avait peu de différence entre les sciages de la deuxième ou de la troisième année (Corneau et Lévesque 2008).

La transformation du bois issu de feux peut engendrer son lot de complications, ralentir le travail et réduire la productivité des scieries. La présence de carbone sur les billes et pièces de bois engendre des coûts supplémentaires (usure des équipements, arrêts plus fréquents pour nettoyage), notamment pour des affûtages plus nombreux (Corneau et Lévesque 1996). Des blocages significatifs lors du processus de sciage ont déjà été signalés (Goulet 2011). De plus, des poussières de cendres sont une source de problèmes potentiels de sécurité pour les travailleurs qui traitent le bois brûlé (Watson et Potter 2004).

Cela étant dit, l'abondance du longicorne et l'ampleur des dommages qu'il cause varient en fonction de plusieurs facteurs. L'épaisseur de l'écorce (reliée au degré d'isolation fourni par celle-ci) et l'intensité du feu ont une grande influence sur la densité de colonisation par l'insecte (figure 4). Ces variables peuvent donc influencer la durée de la période pendant laquelle le bois brûlé est récupérable. Les conifères dotés d'une écorce fine, tels que le sapin baumier, sont plus enclins à être colonisés après des feux de faible intensité. Les feux plus violents consomment rapidement leur écorce et leurs tissus sous-corticaux, rendant ces tissus inhospitaliers pour le longicorne. Pour les espèces dotées d'une écorce plus épaisse, comme le pin gris, un feu intense est généralement requis pour que le longicorne noir puisse s'installer. L'écorce de l'épinette noire, offrant un degré d'isolation intermédiaire par rapport au sapin baumier et au pin gris, est plus affectée par les feux d'intensité légère à modérée (Saint-Germain 2007). Notons que l'épaisseur de l'écorce varie aussi en fonction de l'âge et du diamètre de l'arbre.

4. Variations des dommages selon l'état des tiges

Tous les arbres ne subissent pas les mêmes dommages lors d'un feu (figure 5). Les arbres roussis constituent les milieux les plus favorables pour la colonisation et le développement des larves de longicornes. Les arbres calcinés sont souvent trop secs et ont une écorce trop mince pour permettre une bonne colonisation par les longicornes. Les arbres vivants léchés par le feu ne sont pas attaqués, ou très peu (surtout sur la portion chauffée/noircie du bas de la tige), mais ils risquent de dépérir et mourir à court terme (quelques années), devenant alors intéressants pour le longicorne. De plus, les arbres de plus grande taille semblent être plus vulnérables aux attaques des xylophages que les plus petits (Gervais *et al.* 2012, Saint-Germain 2007). Globalement, quelle que soit la gravité du feu de forêt, le taux de pénétration des larves et la profondeur finale des galeries du longicorne demeurent assez semblables (Gervais *et al.* 2012).

Figure 4. Modèle conceptuel présentant la densité prévue de colonisation d'une tige par le longicorne noir immédiatement après le passage d'un feu, en fonction de la sévérité de celui-ci et du potentiel isolant de l'écorce (tiré de Saint-Germain 2007).

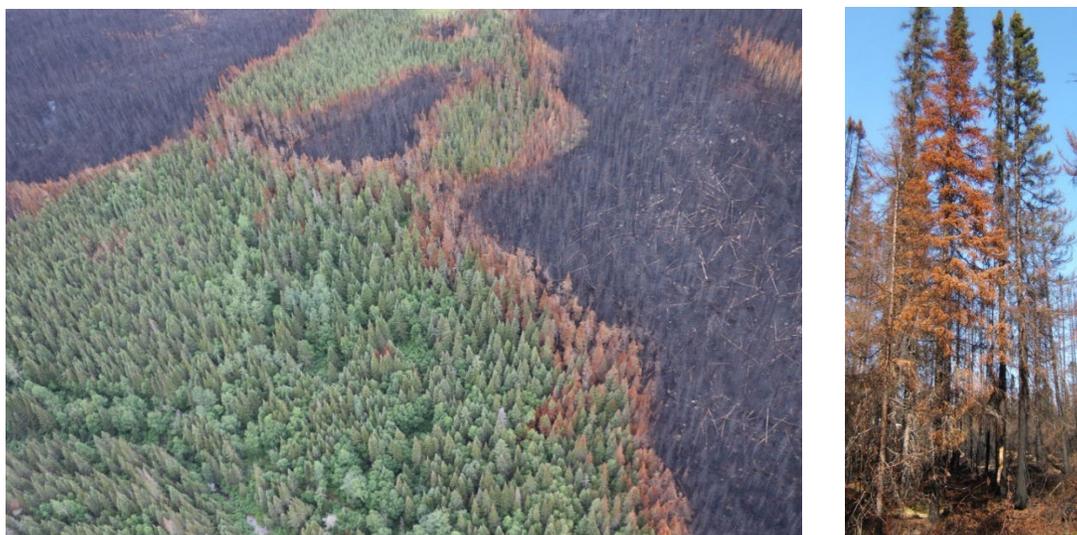
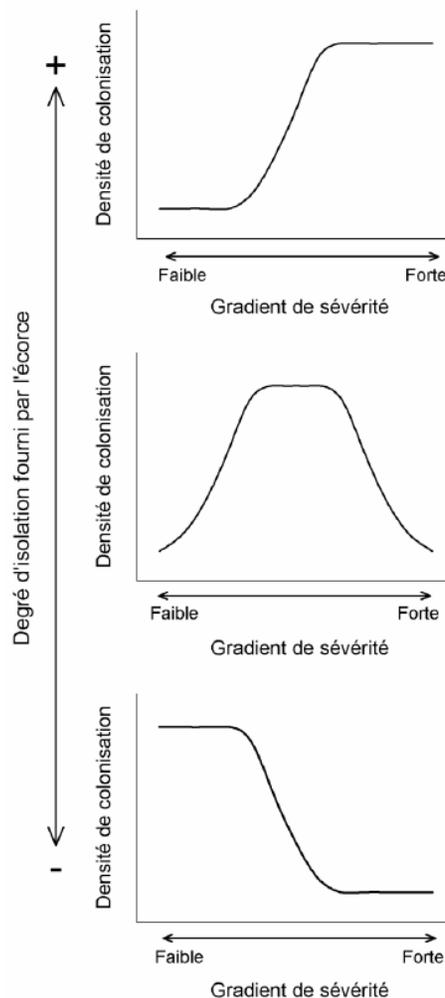


Figure 5. Gradient des dommages causés par le feu à l'échelle du paysage (à gauche) et à l'échelle de l'arbre (à droite). Photos : MRNF.

Il est connu que les insectes xylophages facilitent la colonisation du bois par des champignons de bleuissement et des champignons de dégradation comme la pourriture brune ou blanche (Basham 1957). La coloration du bois peut débuter dès la première année de la mort de l'arbre, soit l'année du feu (p. ex. Basham 1957). Généralement, dans les feux de forte intensité, le bois peut devenir excessivement sec, ce qui défavorise le développement des scolytes (Richmond et Lejeune 1945) et des champignons (Skolko 1947).

5. Dégradation du bois après feu

Au Québec, peu d'études ont évalué la dégradation du bois pendant les années suivant le passage du feu. Selon les observations de Chabot *et al.* (2007) en lien avec l'étude de FP-Innovations citée plus haut (Corneau et Lévesque 2008), seuls des champignons de bleuissement dans l'aubier ont été observés pendant l'année suivant le passage du feu. Aucun effet sur les propriétés mécaniques du bois n'avait été rapporté pendant ces deux premières années. À partir de la troisième et de la quatrième année, des champignons de dégradation étaient présents, et la carie d'aubier était observable (Chabot *et al.* 2007). Toutefois, aucune information concernant leurs effets possibles sur les propriétés mécaniques du bois n'a été rapportée pour ces années. Skolko (1947), de son côté, avait observé des signes de dégradation du bois dans l'aubier d'épinettes noires dès l'année suivant le passage du feu, principalement dans un site légèrement brûlé au nord du lac Saint-Jean. Cependant, ce n'est qu'à partir de la troisième année qu'une dégradation généralisée du bois d'aubier a été constatée dans la plupart des sites étudiés.

Le plus souvent, la pourriture s'étend verticalement dans la section inférieure de la tige (Basham 1957, Skolko 1947), dans une zone qui coïncide avec la plus grande abondance de longicorne (Cadorette-Breton *et al.* 2016). Comme il s'agit aussi de la partie la plus précieuse de l'arbre, cette détérioration peut entraîner d'importantes pertes financières pour l'industrie du bois (Barrette *et al.* 2012). La détérioration progresse plus rapidement vers le cœur chez les arbres à croissance rapide (Basham 1957) et sur les sites où les populations d'insectes xylophages sont déjà établies (Prebble et Gardiner 1958). Pour l'épinette, le sapin baumier et le pin gris, la dégradation du bois d'aubier semble plus importante sur les sites ayant subi des feux de faible intensité et sur des sites humides (Skolko 1947). Après des feux d'intensité modérée, le sapin baumier se détériore plus rapidement que l'épinette ou le pin gris (Skolko 1947). De plus, après des feux de forte intensité, les taux de dégradation du bois semblent similaires pour les épinettes, le sapin baumier et le pin gris, et ce, pendant les 4 premières années après la mort de l'arbre (Skolko 1947).

Les arbres affectés par le feu peuvent mettre environ un an à sécher jusqu'au point de saturation des fibres (soit une teneur en eau d'environ 30 %) (Neilson 1998). Cependant, ce temps dépendra de plusieurs facteurs tels que l'épaisseur de l'écorce, l'humidité initiale, la composition chimique, la densité du bois, la profondeur des racines, l'âge, l'espèce, l'intensité du feu, la durée d'exposition au feu et le type de feu. À des teneurs en eau inférieures au point de saturation des fibres, le bois d'aubier, plus humide que le bois de cœur, rétrécit et commence à se fendre et à craquer, ce qui réduit la qualité du bois d'œuvre (NLGA 2022).

En général, la démarcation entre le bois brûlé endommagé et le bois non endommagé est visible, mais extrêmement mince, se limitant à quelques millimètres d'épaisseur (Zicherman et Williamson 1981). Cela laisse penser que le bois récolté après un feu pourrait être transformé pour la production de pâtes et papiers une fois que la couche extérieure carbonisée a été enlevée lors de l'écorçage (Goulet 2011). Cependant, une fois la couche carbonisée enlevée, le bois brûlé demeure problématique en raison de son faible taux d'humidité (Chabot *et al.* 2011; Goulet 2011). Ces changements, associés à la décoloration causée par les champignons et aux galeries creusées par les xylophages, peuvent limiter l'utilisation des arbres endommagés par le feu dans l'industrie des pâtes et papiers. Des réductions de la luminosité du papier, de la viscosité de la pâte et des résistances à la déchirure et à la traction ont également été signalées pour du papier fabriqué à partir de copeaux de bois brûlé (Watson et Potter 2004).

Normalement, la transformation en pâte et le blanchiment des copeaux de bois issus d'arbres fraîchement brûlés devraient demeurer possibles, à condition que le taux d'humidité soit suffisamment élevé et que la couche extérieure carbonisée soit enlevée avant le processus de transformation en pâte (Watson et Potter 2004).

Selon Araki (2002), les conifères de petits diamètres se dessèchent plus rapidement que ceux de gros diamètres. Deux ans après la mort de l'arbre, les petits conifères avaient une teneur en eau (15 à 21 %) inférieure au point de saturation des fibres et n'étaient plus utilisables pour la transformation en pâte à papier. Les plus gros conifères, quant à eux, avaient des teneurs en eau de 16 à 30 %, soit à peine le seuil minimal d'humidité (30 %) requis pour la production de pâte à papier suivant un procédé chimico-thermomécanique. Par conséquent, la période et les possibilités de récupération du bois destiné à la production de pâtes et papiers dépendront probablement de plusieurs facteurs.

6. Conclusion

En résumé, le tableau 1 ci-dessous présente l'évolution du longicorne et des champignons de dégradation colonisateurs à la suite d'un feu de forêt allumé au printemps, de même que leurs effets sur les produits du bois (sciages et pâtes et papiers).

Tableau 1. Colonisation des arbres par le longicorne noir et les champignons de dégradation à la suite d'un feu de forêt déclenché au printemps, et effets de ceux-ci sur les produits du bois (sciages et pâtes et papiers).

	L'année de la mort (année du feu)	Un an après la mort (année suivant le feu)	Deux ans après la mort (deux ans après le feu)
Colonisation par le longicorne noir et les champignons de dégradation	<p>Le longicorne noir commence à creuser des galeries dans le bois.</p> <p>La colonisation est plus importante après les feux de forte intensité qu'après ceux de faible intensité (Saint-Germain <i>et al.</i> 2004).</p>	<p>La colonisation par le longicorne noir se poursuit, et celle par les champignons de dégradation commence (Skolko 1947).</p>	<p>Les dégâts causés par le longicorne noir sont normalement complétés.</p> <p>Les longicornes adultes émergent des tiges et se dispersent pour coloniser de nouveaux arbres moribonds ou récemment morts.</p> <p>Des champignons de dégradation sont présents (Basham 1957, Skolko 1947).</p>
Décoloration du bois	<p>La colonisation par les champignons de coloration est possible (Basham 1957).</p>	<p>La coloration par les champignons de dégradation est possible (Skolko 1947).</p>	<p>La coloration par les champignons de dégradation continue d'apparaître (Skolko 1947).</p>
Effet sur le classement visuel des sciages	<p>Peu d'effet.</p> <p>Une grande partie des dégâts sont superficiels et disparaissent lors de l'équarrissage des billes (c'est-à-dire quand les dosses sont enlevées).</p>	<p>Des galeries de longicorne sont présentes sur les pièces de bois, et des champignons de coloration diminuent le classement et la valeur des billes.</p> <p>Des fentes et des fissures de séchage peuvent causer du déclassement (Chabot <i>et al.</i> 2007).</p> <p>La proportion du volume représenté par les sciages de première qualité (« premium ») est d'environ 5 % (Chabot <i>et al.</i> 2007).</p>	<p>La présence plus grande de fentes et de craques de séchage peut causer du déclassement (Chabot <i>et al.</i> 2007).</p> <p>La carie d'aubier peut aussi être présente (Corneau et Lévesque 2008).</p> <p>Il n'est plus possible de générer des sciages de première qualité (« premium ») (Chabot <i>et al.</i> 2007).</p>
Effet sur les pâtes et papier	<p>Pas d'effet.</p>	<p>Réduction importante de la teneur en eau du bois, qui peut descendre sous le point de saturation des fibres (environ 30 %) (Neilson 1998).</p> <p>Les arbres avec présence de charbon ne peuvent être utilisés (Watson et Potter 2004).</p>	<p>La transformation en pâtes et papiers demeure possible tant que la teneur en eau du bois reste au-dessus du point de saturation des fibres (environ 30 %) (Araki, 2002).</p> <p>Néanmoins, des réductions dans les propriétés physiques et optiques peuvent être observées (Watson et Potter 2004).</p>

7. Remerciements

Nous aimerions remercier Louis Morneau pour ses précieux commentaires et suggestions qui ont contribué à améliorer cet avis technique. Également, nous tenons à souligner le travail d'édition accompli par Denise Tousignant et Armelle Ginet.

8. Références bibliographiques

- Araki, D.S, 2002. *Fibre recovery and chip quality from de-barking and chipping fire-damaged stems*. FERIC, Foothills Model Forest. 31 p.
https://friresearch.ca/data/null/FRI_2002_03_Rpt_FibreRecoveryandChipQualityfromDeBarkingandChippingFireDamagedStems.pdf
- Barrette, J., D. Pothier, D. Auty, A. Achim, I. Duchesne et N. Gélinas, 2012. *Lumber recovery and value of dead and sound black spruce trees grown in the North Shore region of Québec*. Ann. For. Sci. 69: 603-615. <https://doi.org/10.1007/s13595-011-0178-8>
- Barrette, J., E. Thiffault, F. Saint-Pierre, S. Wetzel, I. Duchesne et S. Krigstin, 2015. *Dynamics of dead tree degradation and shelf-life following natural disturbances: Can salvaged trees from boreal forests “fuel” the forestry and bioenergy sectors?* Forestry 88(3): 275-290. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpv007>
- Basham, J.T., 1957. *The deterioration by fungi of jack, red, and white pine killed by fire in Ontario*. Can. J. Bot. 35(2) : 155-172. <https://doi.org/10.1139/b57-016>
- Bélanger S., 2013. *Activité saisonnière de trois espèces de longicornes et suivi de la progression des dégâts causés par le longicorne noir après le passage du feu en forêt boréale*. Université Laval. Mémoire de maîtrise Québec. 91 p. <https://www.collectionscanada.gc.ca/obj/thesescanada/vol2/QQLA/TC-QQLA-29452.pdf>
- Bélanger, S., É. Bauce, R. Berthiaume, B. Long, J. Labrie, L.-F. Daigle et C. Hébert, 2013. *Effect of temperature and tree species on damage progression caused by whitespotted sawyer (Coleoptera: Cerambycidae) larvae in recently burned logs*. J. Econ. Entomol. 106(3) : 1331-1338.
<https://doi.org/10.1603/ec12372>
- Berthiaume, R., C. Hébert, J. Boucher, É. Bauce et J. Ibarzabal, 2011. « Peut-on prédire les dommages des perceurs du bois chez les arbres tués par le feu? » Dans : *Actes du colloque Les feux de forêt : sciences et défis d'aménagement. 23-24 mars 2011*. Saint-Félicien (Québec). p. 84-88.
https://publications.gc.ca/collections/collection_2011/rncan-nrcan/Fo114-12-2011-fra.pdf
- Breton, Y., C. Hébert, J. Ibarzabal, R. Berthiaume et É. Bauce, 2013. *Host tree species and burn treatment as determinants of preference and suitability for Monochamus scutellatus scutellatus (Coleoptera: Cerambycidae)*. Environ. Entomol. 42(2): 270-276. <https://doi.org/10.1603/en12201>
- Cadorette-Breton, Y., C. Hébert, J. Ibarzabal, R. Berthiaume et É. Bauce, 2016. *Vertical distribution of three longhorned beetle species (Coleoptera: Cerambycidae) in burned trees of the boreal forest*. Can. J. For. Res. 46(4): 564-571. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2015-0402>

- Chabot, M., L. Morneau et Y. Corneau, 2007. La détérioration des arbres tués par des feux de forêts. Dans : *Ministère des Ressources naturelles et Faune*. Présentation faite le 1^{er} mai 2007.
- Chabot, M., L. Morneau et Y. Corneau, 2011. « Impact économique de la dégradation des bois affectés par le feu ». Dans : *Actes du colloque Les feux de forêt : science et défis d'aménagement*. 23-24 mars 2011. Saint-Félicien (Québec). p. 70-81. https://publications.gc.ca/collections/collection_2011/rncan-nrcan/Fo114-12-2011-fra.pdf
- Corneau, Y. et Y. Lévesque, 1996. *Problématique de la récupération et de la transformation des bois affectés par le feu*. Forintek Canada Corp. Québec. 46 p.
- Corneau, Y. et Y. Lévesque, 2007. *Impact des dommages causés par le feu et les volumes, la qualité et la valeur des sciages de résineux — année 2*. Forintek Canada Corp. Québec. 45 p.
- Corneau, Y. et Y. Lévesque, 2008. *Impact des dommages causés par le feu sur le volume, la qualité et la valeur des sciages résineux*. FPInnovations, Fortintek. Québec. 47 p.
- Gervais, D.J., D.F. Greene et T.T. Work, 2012. *Causes of variation in wood-boring beetle damage in fire-killed black spruce (Picea mariana) forests in the central boreal forest of Quebec*. *Ecoscience* 19(4): 398-403. <https://doi.org/10.2980/19-4-3568>
- Goulet, S., 2011. « Le bois brûlé et l'industrie. Le cas de produits forestiers ARBEC ». Dans : *Actes du colloque Les feux de forêt : science et défis d'aménagement*. 23-24 mars 2011. Saint-Félicien (Québec). p. 139-140. https://publications.gc.ca/collections/collection_2011/rncan-nrcan/Fo114-12-2011-fra.pdf
- Lowell, E.C., 1992. *Deterioration of fire-killed and fire-damaged timber in the western United States*. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. PNW-GTR-292. 36 p.
- Neilson, R., 1998. « The effects of fire on wood properties ». Dans : Sambo, S. (édit.), *Operational solutions to salvaging and processing burned timber workshop*. Whitecourt (Alberta), 18 juin 1998. FERIC Special Report SR-127, p. 986-991.
- NLGA [National Lumber Grades Authority], 2022. *Standard grading rules for canadian lumber, effective. December 1, 2022*. 238 p. <https://nlga.org/wp-content/uploads/2023/01/NLGA-GR-2022-version-Website-Pages-1-238.pdf>
- Peddle, S.M., 2000. *Host selection, oviposition behaviour, and inter- and intra-specific competition in the white-spotted pine sawyer beetle, Monochamus scutellatus (Say) (Coleoptera: Cerambycidae)*. Mémoire de maîtrise, Graduate Faculty of Forestry, University of Toronto, Toronto (Ontario). 95 p. <https://hdl.handle.net/1807/14458>
- Prebble, M.L. et L.M. Gardiner, 1958. *Degrade and value loss in fire-killed pine in the Mississagi area of Ontario*. *For. Chron.* 34(2) : 139-158. <https://doi.org/10.5558/tfc34139-2>
- Raske, A.G., 1972. *Biology and control of Monochamus and Tetropium, the economic wood borers of Alberta (Coleoptera: Cerambycidae)*. Department of the Environment, Canadian Forestry Service, Northern Forest Research Centre, Edmonton (Alberta). Internal Report NOR-9. 48 p. <https://d1ied5g1xfqpx8.cloudfront.net/pdfs/12051.pdf>

- Richmond, H.A. et R.R. Lejeune, 1945. *The deterioration of fire-killed white spruce by wood-boring insects in northern Saskatchewan*. For. Chron. 21(3) : 168-192. <https://doi.org/10.5558/tfc21168-3>
- Saint-Germain, M., 2007. *Réponse des insectes aux feux de forêt, écologie des espèces impliquées dans la dépréciation des bois brûlés et méthode d'échantillonnage applicables à ces espèces* — revue de littérature. Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de l'environnement et de la protection des forêts. 43 p.
- Saint-Germain, M., P. Drapeau et C. Hébert, 2004. *Comparison of Coleoptera assemblages from a recently burned and unburned black spruce forests of northeastern North America*. Biol. Conserv. 118(5): 583-592. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2003.10.007>
- Skolko, A.J., 1947. *Deterioration of fire-killed pulpwood stands in eastern Canada*. For. Chron. 23(2) : 128-145. <https://doi.org/10.5558/tfc23128-2>
- Watson, P. et S. Potter, 2004. *Burned wood in the pulp and paper industry: A literature review*. For. Chron. 80(4) : 473-477. <https://doi.org/10.5558/tfc80473-4>
- Zicherman, J.B. et R.B. Williamson, 1981. *Microstructure of wood char: Part 1: Whole wood*. Wood Sci. Technol. 15(4): 237-249. <https://doi.org/10.1007/BF00350942>

Julie Barrette (ing.f., Ph. D.)

Service de la sylviculture et rendement des forêts,
Direction de la recherche forestière

Simon Fortier (ing.f.)

Service de la gestion des ravageurs forestiers,
Direction de la protection des forêts

Correspondance :

Julie Barrette
Ministère des Ressources naturelles et des Forêts
Direction de la recherche forestière
2700, rue Einstein, bureau B.1.145
Québec (Québec) G1P 3W8
Tél. : 418 643-7994 poste 706578
Courriel : julie.barrette@mrf.gouv.qc.ca

On peut citer ce texte et ses extraits en indiquant la référence. Citation recommandée :

Barrette, J. et S. Fortier, 2023. *Évolution des dommages causés par le longicorne et les champignons de dégradation sur les produits du bois à la suite d'un feu de printemps*. Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles et des Forêts, Direction de la recherche forestière. Avis technique SSRF-32. 12 p.