



Tendances des grands incendies de forêts au Canada, de 1959 à 2007

C.C. Krezek-Hanes¹, F. Ahern², A. Cantin¹ et M.D. Flannigan¹

Biodiversité canadienne : état et tendances des écosystèmes en 2010

Rapport technique thématique n° 6

Publié par les Conseils canadiens des ministres des ressources

¹ Service canadien des forêts, Ressources naturelles Canada

² TerreVista Earth Imaging, Cormac, Ontario

Catalogage avant publication de Bibliothèque et Archives Canada

Tendances des grands incendies de forêts au Canada, de 1959 à 2007.

Publ. aussi en anglais sous le titre :

Trends in large fires in Canada, 1959-2007.

Monographie électronique en version PDF.

ISBN 978-1-100-97613-6

N° de cat. : En14-43/6-2011F-PDF

Le contenu de cette publication ou de ce produit peut être reproduit en tout ou en partie, et par quelque moyen que ce soit, sous réserve que la reproduction soit effectuée uniquement à des fins personnelles ou publiques, mais non commerciales, sans frais ni autre permission, à moins d'avis contraire.

On demande seulement :

- de faire preuve de diligence raisonnable en assurant l'exactitude du matériel reproduit;
- d'indiquer le titre complet du matériel reproduit et l'organisation qui en est l'auteur;
- d'indiquer que la reproduction est une copie d'un document officiel publié par le gouvernement du Canada et que la reproduction n'a pas été faite en association avec le gouvernement du Canada ni avec l'appui de celui-ci.

La reproduction et la distribution à des fins commerciales sont interdites, sauf avec la permission écrite de l'administrateur des droits d'auteur de la Couronne du gouvernement du Canada, Travaux publics et Services gouvernementaux Canada (TPSGC). Pour de plus amples renseignements, veuillez communiquer avec TPSGC au 613-996-6886 ou à droitdauteur.copyright@tpsgc-pwgsc.gc.ca.

Ce rapport devrait être cité comme suit :

Krezek-Hanes, C.C., Ahern, F., Cantin, A. et Flannigan, M.D. 2011. Tendances des grands incendies de forêts au Canada, de 1959 à 2007. Biodiversité canadienne : état et tendances des écosystèmes en 2010, Rapport technique thématique n° 6. Conseils canadiens des ministres des ressources. Ottawa, (Ont.). vi + 56 p.

<http://www.biodivcanada.ca/default.asp?lang=Fr&n=137E1147-1>

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2011

Also available in English

ERRATA

Le 22 juin 2012

Le document « *Tendances des grands incendies de forêts au Canada, de 1959 à 2007* » comporte une erreur quant au pourcentage de la superficie boisée ayant brûlé annuellement dans l'écozone⁺ des plaines boréales et dans l'ensemble du Canada. Cette information figure dans le Tableau 1 du rapport. Les corrections suivantes doivent donc être apportées au Tableau 1 :

Écozone ⁺	Superficie moyenne brûlée annuellement (km ²)	Proportion de la superficie boisée brûlée annuellement (%)	Répartition relative par écozone ⁺ de la superficie totale brûlée annuellement au Canada (%)
Plaines boréales	2 214	0,15 0,47	11,4
CANADA	18 471	0,35 0,43	100,0

Cette erreur touche également certaines parties du document où sont comparées les superficies brûlées annuellement dans les plaines boréales et dans les autres écozones⁺. Le tableau ci-dessous présente le texte à corriger ainsi que les corrections proposées par les auteurs du document :

Pages	Texte actuel	Texte corrigé
20-21	La proportion des combustibles forestiers qui brûlent chaque année dans cette écozone ⁺ (0,15 %) n'est pas aussi élevée que dans les écozones ⁺ avoisinantes : la taïga de la Cordillère, la Cordillère boréale et les plaines hudsoniennes (0,47 %, 0,38 % et 0,17 % respectivement) (voir le Tableau 1 à la page 6). Cet écart pourrait être attribuable aux niveaux de protection contre les incendies et aux types de combustibles forestiers qui se trouvent dans les plaines boréales. Une proportion d'environ 90 % des plaines boréales est protégée par des efforts de suppression des incendies, comparativement à 0 % dans la taïga de la Cordillère, à 41 % dans la Cordillère boréale et à 0 % dans les plaines hudsoniennes (Parisien <i>et al.</i> , 2006). De plus, 24 % des forêts des plaines boréales sont composés d'essences à feuilles caduques (Parisien <i>et al.</i> , 2006; Amiro <i>et al.</i> , 2009) qui ont moins tendance à brûler (Burton <i>et al.</i> , 2008). Bien que la proportion des forêts des écozones ⁺ de la taïga de la Cordillère, de la Cordillère boréale et des plaines hudsoniennes qui brûle chaque année soit plus élevée que dans les plaines boréales, la superficie totale brûlée chaque année dans cette dernière écozone ⁺ est beaucoup plus élevée (voir le Tableau 1 à la page 6).	La proportion des combustibles forestiers qui brûlent chaque année dans cette écozone ⁺ (0,47 %) est semblable à celle observée dans deux des écozones ⁺ avoisinantes, celles du Bouclier boréal (0,49 %) et de la taïga de la Cordillère (0,47 %) (voir le Tableau 1 à la page 6). Une proportion d'environ 90 % des plaines boréales est protégée par des efforts de suppression des incendies, comparativement à 0 % dans la taïga de la Cordillère et 62 % dans le Bouclier boréal (Parisien <i>et al.</i> , 2006). Bien que la proportion des forêts qui brûle chaque année soit similaire pour ces trois écozones ⁺ , la superficie totale brûlée chaque année dans les plaines boréales est beaucoup plus élevée que dans la taïga de la Cordillère et beaucoup plus faible que dans le Bouclier boréal (voir le Tableau 1 à la page 6).

ERRATA

Pages	Texte actuel	Texte corrigé
31	En effet, la proportion de la superficie brûlée annuellement dans les plaines hudsoniennes est de 0,17 %, ce qui est légèrement supérieur à la superficie brûlée dans les plaines boréales (0,15 %), dont la superficie brûlée annuellement est pourtant supérieure à 2 000 km ² .	En effet, la proportion de la superficie brûlée annuellement dans les plaines hudsoniennes est de 0,17 %, ce qui est beaucoup moins que dans les plaines boréales, où cette proportion est de 0,47 %.

PRÉFACE

Les Conseils canadiens des ministres des ressources ont élaboré un Cadre axé sur les résultats en matière de biodiversité¹ en 2006 pour mettre l'accent sur les mesures de conservation et de restauration conformément à la *Stratégie canadienne de la biodiversité*². Le rapport *Biodiversité canadienne : état et tendances des écosystèmes en 2010*³ a été le premier rapport rédigé suivant ce cadre. Il permet d'évaluer les progrès réalisés en vue d'atteindre l'objectif du cadre, à savoir des « écosystèmes sains et diversifiés » et obtenir les deux résultats souhaités en matière de conservation : i) des écosystèmes productifs, résilients et diversifiés capables de se rétablir et de s'adapter et ii) la restauration des écosystèmes endommagés.

Les 22 constatations clés récurrentes présentées dans *Biodiversité canadienne : état et tendances des écosystèmes en 2010* sont issues de la synthèse et de l'analyse des rapports techniques préparés dans le cadre du présent projet. Plus de 500 experts ont participé à la rédaction et à l'examen de ces documents de base. Le présent document, *Tendances des grands incendies de forêts au Canada, de 1959 à 2007*, s'inscrit au nombre de plusieurs rapports préparés sur la situation et les tendances de thèmes nationaux intersectoriels. Il a été préparé et révisé par des experts du domaine d'étude et reflète les points de vue des auteurs. Puisque l'analyse de ce rapport a été achevée en 2009, les tendances à l'égard du total de la superficie brûlée par décennie au Canada ont été calculées en incluant les données jusqu'à l'année 2010. Les résultats se trouvent à la page 96 du rapport *Biodiversité canadienne : état et tendances des écosystèmes en 2010* à l'adresse <http://www.biodivcanada.ca/default.asp?lang=Fr&n=83A35E06-1> (Les gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux du Canada, 2010).

Remerciements

Nous remercions les réviseurs du présent rapport.

¹ Environnement Canada. 2006. Un cadre axé sur les résultats en matière de biodiversité pour le Canada. Conseils canadiens des ministres des ressources. Ottawa, ON. 8 p. <http://www.biodivcanada.ca/default.asp?lang=Fr&n=F14D37B9-1>

² Groupe de travail fédéral-provincial-territorial sur la biodiversité. 1995. *Stratégie canadienne de la biodiversité : réponse du Canada à la Convention sur la diversité écologique*. Environnement Canada, Bureau de la Convention sur la biodiversité. Ottawa, ON. 80 p. <http://www.biodivcanada.ca/default.asp?lang=Fr&n=560ED58E-1>

³ Les gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux du Canada. 2010. *Biodiversité canadienne : état et tendances des écosystèmes en 2010*. Conseils canadiens des ministres des ressources. Ottawa, ON. vi + 148 p. <http://www.biodivcanada.ca/default.asp?lang=Fr&n=83A35E06-1>

Système de classification écologique – écozones⁺

Une version légèrement modifiée des écozones terrestres du Canada, décrite dans le *Cadre écologique national pour le Canada*⁴, a permis de déterminer les zones représentatives d'écosystèmes pour tous les rapports compris dans le présent projet. Les modifications comprennent : un ajustement des limites terrestres pour tenir compte des améliorations résultant des activités de vérification au sol; la fusion des trois écozones de l'Arctique en une seule écozone; l'utilisation de deux écoprovinces, à savoir le bassin intérieur de l'Ouest et la forêt boréale de Terre-Neuve; l'ajout de neuf zones marines représentatives d'écosystèmes; et l'ajout de l'écozone des Grands Lacs. Ce système de classification modifié est appelé « écozones⁺ » dans ces rapports afin d'éviter toute confusion avec les « écozones » mieux connues du cadre initial⁵.



⁴ Groupe de travail sur la stratification écologique. 1995. *Cadre écologique national pour le Canada*. Agriculture et Agroalimentaire Canada, Direction générale de la recherche, Centre de recherches sur les terres et les ressources biologiques et Environnement Canada, Direction générale de l'état de l'environnement, Direction de l'analyse des écozones. Ottawa/Hull, ON. 144 p. Rapport et carte nationale 1/7 500 000.

⁵ Rankin, R., Austin, M. et Rice, J. 2011. *Système de classification écologique pour le Rapport sur l'état et les tendances des écosystèmes*. Biodiversité canadienne : état et tendances des écosystèmes en 2010, Rapport technique thématique n° 1. Conseils canadiens des ministres des ressources. Ottawa, ON.

<http://www.biodivcanada.ca/default.asp?lang=Fr&n=137E1147-1>

Table des matières

PRÉFACE	I
Remerciements	i
Système de classification écologique – écozones ⁺	ii
LISTE DES FIGURES	III
LISTE DES TABLEAUX	V
INTRODUCTION	1
MÉTHODOLOGIE	4
TENDANCES À L'ÉCHELLE DU PAYS	6
Résumé	13
TENDANCES LIÉES AUX ÉCOZONES ⁺	14
Écozone ⁺ du Bouclier boréal	14
Écozone ⁺ boréale de Terre-Neuve	19
Écozone ⁺ des plaines boréales	20
Écozone ⁺ de la taïga des plaines	24
Écozone ⁺ de la taïga du Bouclier	28
Écozone ⁺ des plaines hudsoniennes	31
Écozone ⁺ de la taïga de la Cordillère	34
Écozone ⁺ de la Cordillère boréale	38
Écozone ⁺ de la Cordillère montagnarde	41
Écozone ⁺ du bassin intérieur de l'Ouest	44
Écozone ⁺ maritime du Pacifique	47
Écozone ⁺ maritime de l'Atlantique	49
RÉFÉRENCES	52

Liste des figures

Figure 1. Superficie brûlée au Canada par les grands incendies, de 1959 à 2007.	7
Figure 2. Répartition des grands incendies dans tout le Canada, des années 1980 aux années 2000.	8
Figure 3. Statistiques par écozone ⁺ de la superficie brûlée au Canada, des années 1960 aux années 2000.	9
Figure 4. Total de la superficie brûlée par les grands incendies au Canada, par décennie, des années 1960 aux années 2000.	10
Figure 5. Superficie brûlée annuellement par les grands incendies dans l'écozone ⁺ du Bouclier boréal, de 1959 à 2007.	15
Figure 6. Proportion des grands incendies qui se produisent chaque mois dans l'écozone ⁺ du Bouclier boréal et durée moyenne de la saison active des feux (ligne mauve), des années 1960 aux années 1990.	16
Figure 7. Total de la superficie brûlée par les grands incendies dans l'écozone ⁺ du Bouclier boréal, par décennie, des années 1960 aux années 2000.	17

Figure 8. Superficie brûlée annuellement par les grands incendies dans l'écozone ⁺ boréale de Terre-Neuve, de 1959 à 2007.	19
Figure 9. Total de la superficie brûlée par les grands incendies dans l'écozone ⁺ boréale de Terre-Neuve, par décennie, des années 1960 aux années 2000.	20
Figure 10. Superficie brûlée annuellement par les grands incendies dans l'écozone ⁺ des plaines boréales, de 1959 à 2007.	21
Figure 11. Proportion des grands incendies qui se produisent chaque mois dans l'écozone ⁺ des plaines boréales et durée moyenne de la saison active des feux (ligne mauve), des années 1960 aux années 1990.	23
Figure 12. Total de la superficie brûlée par les grands incendies dans l'écozone ⁺ des plaines boréales, par décennie, des années 1960 aux années 2000.	24
Figure 13. Superficie brûlée annuellement par les grands incendies dans l'écozone ⁺ de la taïga des plaines, de 1959 à 2007.	25
Figure 14. Total de la superficie brûlée par les grands incendies dans l'écozone ⁺ de la taïga des plaines, par décennie, des années 1960 aux années 2000.	26
Figure 15. Proportion des grands incendies qui se produisent chaque mois dans l'écozone ⁺ de la taïga des plaines et durée moyenne de la saison active des feux (ligne mauve), des années 1960 aux années 1990.	27
Figure 16. Superficie brûlée annuellement par les grands incendies dans l'écozone ⁺ de la taïga du Bouclier, de 1959 à 2007.	29
Figure 17. Total de la superficie brûlée par les grands incendies dans l'écozone ⁺ de la taïga du Bouclier, par décennie, des années 1960 aux années 2000.	29
Figure 18. Proportion des grands incendies qui se produisent chaque mois dans l'écozone ⁺ de la taïga du Bouclier et durée moyenne de la saison active des feux (ligne mauve), des années 1960 aux années 1990.	30
Figure 19. Superficie brûlée annuellement par les grands incendies dans l'écozone ⁺ des plaines hudsoniennes, de 1959 à 2007.	32
Figure 20. Total de la superficie brûlée par les grands incendies dans l'écozone ⁺ des plaines hudsoniennes, par décennie, des années 1960 aux années 2000.	33
Figure 21. Proportion des grands incendies qui se produisent chaque mois dans l'écozone ⁺ des plaines hudsoniennes et durée moyenne de la saison active des feux (ligne mauve), des années 1960 aux années 1990.	34
Figure 22. Superficie brûlée annuellement par les grands incendies dans l'écozone ⁺ de la taïga de la Cordillère, de 1959 à 2007.	35
Figure 23. Total de la superficie brûlée par les grands incendies dans l'écozone ⁺ de la taïga de la Cordillère, par décennie, des années 1960 aux années 2000.	36
Figure 24. Proportion des grands incendies qui se produisent chaque mois dans l'écozone ⁺ de la taïga de la Cordillère et durée moyenne de la saison active des feux (ligne mauve), des années 1960 aux années 1990.	37
Figure 25. Superficie brûlée annuellement par les grands incendies dans l'écozone ⁺ de la Cordillère boréale, de 1959 à 2007.	38
Figure 26. Total de la superficie brûlée par les grands incendies dans l'écozone ⁺ de la Cordillère boréale, par décennie, des années 1960 aux années 2000.	39

Figure 27. Proportion des grands incendies qui se produisent chaque mois dans l'écozone ⁺ de la Cordillère boréale et durée moyenne de la saison active des feux (ligne mauve), des années 1960 aux années 1990.	40
Figure 28. Superficie brûlée annuellement par les grands incendies dans l'écozone ⁺ de la Cordillère montagnarde, de 1959 à 2007.	41
Figure 29. Total de la superficie brûlée par les grands incendies dans l'écozone ⁺ de la Cordillère montagnarde, par décennie, des années 1960 aux années 2000.	42
Figure 30. Proportion des grands incendies qui se produisent chaque mois dans l'écozone ⁺ de la Cordillère montagnarde et durée moyenne de la saison active des feux (ligne mauve), des années 1960 aux années 1990.	43
Figure 31. Superficie brûlée annuellement par les grands incendies dans l'écozone ⁺ du bassin intérieur de l'Ouest, de 1959 à 2007.	44
Figure 32. Total de la superficie brûlée par les grands incendies dans l'écozone ⁺ du bassin intérieur de l'Ouest, par décennie, des années 1960 aux années 2000.	45
Figure 33. Proportion des grands incendies qui se produisent chaque mois dans l'écozone ⁺ du bassin intérieur de l'Ouest et durée moyenne de la saison active des feux (ligne mauve), des années 1960 aux années 1990.	46
Figure 34. Superficie brûlée annuellement par les grands incendies dans l'écozone ⁺ maritime du Pacifique, de 1959 à 2007.	48
Figure 35. Total de la superficie brûlée par les grands incendies dans l'écozone ⁺ maritime du Pacifique, par décennie, des années 1960 aux années 2000.	48
Figure 36. Superficie brûlée annuellement par les grands incendies dans l'écozone ⁺ maritime de l'Atlantique, de 1959 à 2007.	49
Figure 37. Proportion des grands incendies qui se produisent chaque mois dans l'écozone ⁺ maritime de l'Atlantique et durée moyenne de la saison active des feux (ligne mauve), des années 1960 aux années 1990.	50
Figure 38. Total de la superficie brûlée par les grands incendies dans l'écozone ⁺ maritime de l'Atlantique, par décennie, des années 1960 aux années 2000.	51

Liste des tableaux

Tableau 1. Superficie moyenne brûlée chaque année par les grands incendies, pourcentage des terres forestières qui brûlent chaque année et répartition par écozone ⁺ de la superficie totale brûlée chaque année, au Canada, de 1959 à 2007.	6
Tableau 2. Cause, durée et saisonnalité des grands incendies dans chaque écozone ⁺ , de 1959 à 1999.	12
Tableau 3. Proportion du nombre de grands incendies allumés par la foudre comparativement à ceux allumés par l'humain, et total de la superficie brûlée par chaque source d'inflammation dans l'écozone ⁺ du Bouclier boréal, par décennie, des années 1960 aux années 1990.	17
Tableau 4. Proportion du nombre de grands incendies allumés par la foudre comparativement à ceux allumés par l'humain, et total de la superficie brûlée par chaque source	

d'inflammation dans l'écozone ⁺ des plaines boréales, par décennie, des années 1960 aux années 1990.	22
Tableau 5. Proportion du nombre de grands incendies allumés par la foudre comparativement à ceux allumés par l'humain, et total de la superficie brûlée par chaque source d'inflammation dans l'écozone ⁺ de la taïga des plaines, par décennie, des années 1960 aux années 1990.....	27
Tableau 6. Proportion du nombre de grands incendies allumés par la foudre comparativement à ceux allumés par l'humain, et total de la superficie brûlée par chaque source d'inflammation dans l'écozone ⁺ de la taïga du Bouclier, par décennie, des années 1960 aux années 1990.....	31
Tableau 7. Proportion du nombre de grands incendies allumés par la foudre comparativement à ceux allumés par l'humain dans l'écozone ⁺ des plaines hudsoniennes, par décennie, des années 1960 aux années 1990.	33
Tableau 8. Proportion du nombre de grands incendies allumés par la foudre comparativement à ceux allumés par l'humain dans l'écozone ⁺ de la taïga de la Cordillère, par décennie, des années 1960 aux années 1990.....	37
Tableau 9. Proportion du nombre de grands incendies allumés par la foudre comparativement à ceux allumés par l'humain dans l'écozone ⁺ de la Cordillère boréale, par décennie, des années 1960 aux années 1990.	40
Tableau 10. Proportion du nombre de grands incendies allumés par la foudre comparativement à ceux allumés par l'humain dans l'écozone ⁺ de la Cordillère montagnarde, par décennie, des années 1960 aux années 1990.	43
Tableau 11. Proportion du nombre de grands incendies allumés par la foudre comparativement à ceux allumés par l'humain dans l'écozone ⁺ du bassin intérieur de l'Ouest, par décennie, des années 1960 aux années 1990.....	46
Tableau 12. Proportion du nombre de grands incendies allumés par la foudre comparativement à ceux allumés par l'humain, et total de la superficie brûlée par chaque source d'inflammation dans l'écozone ⁺ maritime de l'Atlantique, par décennie, des années 1960 aux années 1990.....	50

INTRODUCTION

Le feu est un facteur important de perturbation des écosystèmes forestiers du Canada. Chaque année, le feu détruit en moyenne 18 471 km² de forêt canadienne, 92 % de cette superficie se trouvant en région boréale. Le feu étant depuis très longtemps partie intégrante des écosystèmes forestiers boréaux, de nombreuses espèces d'arbres sont devenues dépendantes de cet élément pour l'accomplissement de diverses fonctions écologiques importantes, dont la régulation des insectes et des maladies, le cycle des éléments nutritifs, influençant la composition et la structure d'âge des espèces, et conservant la diversité et la productivité des habitats (Weber et Flannigan, 1997; McCullough *et al.*, 1998; Volney et Hirsch, 2005; Parker *et al.*, 2006; Soja *et al.*, 2007). Les forêts boréales canadiennes se trouvent principalement dans les écozones⁺ de la taïga des plaines, de la taïga du Bouclier, de la taïga de la Cordillère, des plaines boréales, du Bouclier boréal, boréale de Terre-Neuve, de la Cordillère boréale et des plaines hudsoniennes. Du point de vue écologique, les feux peuvent être un facteur indispensable dans les processus écosystémiques de ces écozones⁺ et d'autres.

Il a été établi que les caractéristiques des régimes de feux (fréquence, ampleur, intensité, type, saisonnalité et sévérité) ont une incidence sur l'écologie et la composition des espèces d'arbres (Vaillancourt *et al.*, 2009). Dans les zones où les incendies sont fréquents, les espèces ayant un cycle vital court, comme le peuplier faux-tremble (*Populus tremuloides* Michx) (de Groot *et al.*, 2003), sont avantagées. D'autres, comme le sapin baumier (*Abies balsamea* (L.) Mill.), se rencontrent plutôt dans des zones moins souvent touchées par le feu, comme l'écozone⁺ maritime de l'Atlantique (Weber et Flannigan, 1997).

L'ampleur des incendies a un effet sur la répartition du paysage en influençant les distances sur lesquelles aura lieu la régénération des espèces. Les zones où, d'ordinaire, les incendies atteignent une grande ampleur, par exemple dans l'écozone⁺ du Bouclier boréal, abritent généralement des espèces dont les graines peuvent être disséminées sur de grandes distances (par exemple le bouleau (*Betula papyrifera* Marsh)) (de Groot *et al.*, 2003) ou qui ont un réservoir de graines aérien, comme le pin gris (*Pinus banksiana*) et l'épinette noire (*Picea mariana*) (Chabot *et al.*, 2009).

L'intensité est une mesure de la quantité d'énergie dégagée pendant un feu. Elle est fonction de la charge de combustible, du relief du terrain et des conditions météorologiques. Les perturbations survenues antérieurement dans la forêt peuvent également avoir une incidence sur l'intensité d'un incendie. Certaines espèces sont très sensibles à l'intensité du feu, dont le pin rouge (*Pinus resinosa* Aiton) (Flannigan et Bergeron, 1998) qui, bien qu'il dépende du feu pour se régénérer, celui-ci ouvrant des trouées dans le couvert et réduisant la concurrence, est cependant, limité par les feux de cime intenses qui causent de la mortalité chez l'espèce. Les pins matures peuvent survivre aux feux de surface d'intensité modérée qui leur permet de subsister et agissent comme un régénérateur de graines pour la prochaine génération (Flannigan et Bergeron, 1998). Un autre exemple de répercussion écologique causée par l'intensité est illustré par le pin gris (*Pinus banksiana* Lamb) et le pin tordu latifolié (*Pinus contorta* Dougl.), dont les graines emmagasinées dans le couvert ont besoin de feux de cime

d'intensité modérée qui se produisent au cycle intermédiaire (puisque'ils commencent à produire des graines vers l'âge de 20 à 25 ans) (Amiro *et al.*, 2004; Burton *et al.*, 2008) pour la dispersion des graines (Weber et Flannigan, 1997; Flannigan *et al.*, 2000; Gauthier *et al.*, 2009). Chez ces espèces, les graines sont enfermées dans des cônes sérotineux qui ne s'ouvrent que sous l'action d'une chaleur intense pour permettre aux graines de se disperser (Beaufait, 1960; Gauthier *et al.*, 1996).

L'intensité du feu peut également être liée au type d'incendie. Les incendies de forêts sont classés en trois catégories : feux de profondeur, feux de surface et feux de cime (Brown et Davis, 1973). Les feux de profondeur consomment la matière organique située sous la litière la plupart du temps par combustion couvante. Les feux de surface brûlent la litière, les débris morts ou vivants du tapis forestier, et/ou la basse végétation à la surface ou près de la surface du sol. Ils sont généralement accompagnés de flammes. Les feux de cime sont des feux de flammes brûlant dans la cime des arbres. Ils restent liés au feu de surface qui lui ont donné naissance ou, ce qui est rare, ils peuvent se propager de façon indépendante du feu de surface, courant au devant de lui de cime en cime. Les feux de cime brûlent avec plus d'intensité que les feux de profondeur ou les feux de surface. La majorité des grands incendies qui surviennent dans les forêts boréales du Canada comportent à la fois des feux de cime continus, des feux de cime intermittents et des feux de surface, formant dans la forêt une mosaïque de feux de différentes intensités. La saison au cours de laquelle survient l'incendie a aussi une incidence écologique, car elle détermine les trajectoires de succession post-incendie et peut déterminer l'intensité du feu et la capacité de régénération de la forêt. Ainsi, les feux de faible intensité se produisant au printemps, avant le débourrement, peut causer de la mortalité chez le peuplier faux-tremble et le bouleau (de Groot *et al.*, 2003). Les incendies survenant avant le débourrement peuvent causer une activité annulaire sur la tige des arbres et inhiber la production de rejets, tandis que ceux qui se produisent après la feuillaison peuvent roussir les feuilles et provoquer le drageonnement chez le tremble (Weber, 1990).

Enfin, la sévérité de l'incendie, qui dépend de la quantité de combustible brûlé et se mesure par la profondeur de brûlage, a une incidence sur la structure et les fonctions post-incendie de l'écosystème. La sévérité de l'incendie a un impact sur les racines, les organes de régénération souterrains et le réservoir de graines des végétaux (McLean, 1969; Greene *et al.*, 2007). Ainsi, la profondeur de brûlage dans les couches superficielles de matières organiques affecte le taux de recrutement chez l'épinette noire (*Picea Mariana* (Mill.)) de même que le rétablissement de la végétation après le passage du feu (Landhaeusser et Wein, 1993; Gauthier *et al.*, 1996). Greene *et al.* (2007) ont observé, dans les cas d'incendies sévères où le feu couve longuement autour des troncs d'arbres, un amincissement de la couche de matières organiques autour des troncs, ce qui favorise la colonisation de ces zones par des espèces à petites graines, comme le tremble.

En raison de l'influence écologique des feux, les forêts canadiennes d'aujourd'hui ont été modelées par la configuration du régime des feux d'origine naturelle au cours des quelques siècles passés (Weber et Flannigan, 1997; Lertzman *et al.*, 2002; Girardin *et al.*, 2006a; Girardin *et al.*, 2006b). Les données relatives aux incendies survenus il y a plus de 40 ou 50 ans ont été reconstituées à partir de données indirectes obtenues par analyse des gisements de charbon, des cernes de croissance des arbres et des cartes de répartition en fonction de l'âge des forêts

régénérées après un incendie. Ces données peuvent être utilisées pour situer le régime des feux actuel dans un plus vaste contexte temporel. Girardin *et al.* (2006a) ont montré qu'en Ontario (principalement dans l'écozone⁺ du Bouclier boréal) les décennies 1940-1970 ont connu la plus faible fréquence d'incendies de forêts des deux derniers siècles. Ils ont également montré qu'en dépit de l'augmentation enregistrée dans les années 1980, la fréquence des incendies durant cette décennie était toujours inférieure à celle des années 1920, marquées par une augmentation de l'établissement humain, et nettement inférieure à celle des années 1850, qui correspondent à la fin du Petit Âge glaciaire. Ces résultats concordent avec ceux obtenus par d'autres chercheurs pour le Canada boréal (Girardin *et al.*, 2006b) et pour l'est du Canada (Bergeron *et al.*, 2004; Bergeron *et al.*, 2006; Gauthier *et al.*, 2009) boréal. La fréquence des grands incendies a diminué depuis les années 1850, en particulier dans l'est du Canada. Pour ce qui est des zones à l'extérieur de la forêt boréale, Lertzman *et al.* (2002) ont montré qu'il y a eu très peu d'incendies dans les forêts pluviales tempérées de la Colombie-Britannique (écozone⁺ maritime du Pacifique) au cours des 6 000 dernières années, ce qui explique la présence de très gros et vieux spécimens d'essences, comme l'épinette de Sitka (*Picea sitchensis* Bong. Carr.) et la pruche de l'Ouest (*Tsuga heterophylla* (Raf.) Sarg.).

Plus récemment, la présence humaine est devenue un facteur important dans le régime des feux, surtout depuis un siècle. Au début du XX^e siècle, de grands incendies, attribuables en majorité à l'activité humaine, ont détruit des agglomérations et causé la perte de nombreuses vies humaines (Podur *et al.*, 2002; Flannigan *et al.*, 2009). Ces catastrophes ont suscité la mise sur pied de programmes de lutte contre les incendies axés sur la détection et la protection. Les méthodes d'extinction, en particulier depuis les années 1970, avec l'apparition des bombardiers à eau (Bergeron *et al.*, 2001) et l'utilisation d'hélicoptères en première ligne d'attaque, se sont avérées très efficaces dans certaines régions, où elles ont permis de réduire les superficies brûlées. En Alberta et en Ontario, les méthodes d'extinction, en particulier celles appliquées en début d'incendie, ont permis de réduire la proportion d'incendies de grande ampleur et, par conséquent, de réduire les superficies brûlées de ces régions de forêt boréale (Cumming, 2005; Martell et Sun, 2008). Par contre, lors de conditions météorologiques exceptionnelles, les méthodes d'extinction perdent de leur efficacité (Gauthier *et al.*, 2005), et les grands feux se propagent en dépit des interventions. Néanmoins, comme il a été dit précédemment, le feu est un facteur de perturbation nécessaire à la régénération de certaines forêts canadiennes. Afin de trouver l'équilibre entre les bénéfices écologiques positifs et les répercussions socioéconomiques négatives, la lutte contre les incendies de forêts est devenu une question d'équilibre entre le maintien des fonctions écologiques du feu et la protection de la vie humaine et de la propriété (Flannigan *et al.*, 2009).

La fluctuation de la fréquence des incendies d'une année à l'autre dépend d'une combinaison complexe de facteurs qui peut être simplifiée, en quatre catégories : conditions météorologiques et climatiques, combustibles, relief du terrain et activité humaine (Flannigan et Wotton, 2001; Flannigan *et al.*, 2005; Parisien *et al.*, 2006). Les conditions météorologiques déterminent le degré d'humidité des combustibles et la fréquence des feux allumés par la foudre. Des précipitations rares, des températures élevées et des vents forts sont des conditions particulièrement propices à la propagation du feu. Les conditions météorologiques ont une influence à court terme, à

l'échelle de la saison ou sur une période plus courte encore, alors que l'effet du climat sur les conditions atmosphériques peut durer des années, voire des décennies (Flannigan et Wotton, 2001). Le type, la quantité, la structure et le degré d'humidité des combustibles influent sur l'inflammabilité de la forêt. Le relief du terrain a une incidence sur la disponibilité du combustible, la variation de l'humidité des combustibles et la vitesse de propagation des flammes. L'humain peut à la fois déclencher les incendies et lutter contre eux en mettant de l'avant la sensibilisation à la prévention, les politiques sur l'extinction des incendies et les mesures connexes.

Les variations régionales des facteurs déterminant la fréquence des incendies ainsi que les modifications aux facteurs eux-mêmes (par exemple les changements climatiques) ont, avec le temps, modifié le régime des feux à long terme partout au pays. Le présent rapport propose un sommaire national qui fait ressortir les changements et les tendances du régime des feux pour l'ensemble du pays et dégage les particularités du régime des feux des différentes écozones⁺. Une information plus détaillée, notamment sur les tendances à long terme, y est disponible pour chacune des écozones⁺.

MÉTHODOLOGIE

Une analyse des caractéristiques à long terme des incendies de forêts a été menée à partir du contenu de la base de données sur les grands incendies et de données obtenues par des méthodes de télédétection. À ce jour, la principale source d'information sur la fréquence des incendies survenus dans le passé est la base de données sur les grands incendies (Stocks *et al.*, 2003), dans laquelle sont documentés tous les incendies ayant brûlé une superficie supérieure à 2 km², de 1959 à 1999. Bien que les grands incendies ne comptent que pour 3 % environ du nombre total des incendies signalés, ils sont en revanche responsables de 97 % des superficies brûlées. La documentation sur les feux dans la base de données, recueillies par cartographie aérienne et/ou par télédétection, ont été fournies par les provinces, les territoires et Parcs Canada. Une des lacunes de la base de données des grands feux réside dans l'absence de données sur les incendies survenus avant les années 1970 dans les régions du nord (Stocks *et al.*, 2003). Il faut donc faire preuve de prudence en interprétant les résultats de ces années dans les écozones⁺ nordiques. La mise en orbite de satellites dans les années 1970 a permis de corriger cette lacune. En outre, la cartographie complète des polygones des grands incendies a commencé à se faire seulement dans les années 1980, ce qui rendait impossible l'analyse spatiale des grands incendies survenus avant cette période.

Depuis peu, on a davantage recours à la télédétection pour repérer et cartographier les zones brûlées. Aux fins de cette analyse, la télédétection des zones brûlées a été achevée pour la période de 1995 à 2007, à l'aide de la technique HANDS (synergie de différenciation des points chauds et IVN – indice de végétation normalisé) (Fraser *et al.*, 2000), à partir d'images satellitaires AVHRR (radiomètre perfectionné à très haute résolution) ou SPOT-VGT (Système Probatoire d'Observation Terrestre – VEGETATION) obtenues par le Centre canadien de télédétection. Ces méthodes se sont avérées aussi justes que les méthodes classiques de

cartographie des grands feux (Fraser *et al.*, 2000; Fraser *et al.*, 2004). L'opposition aux méthodes fondées sur la télédétection est que les superficies brûlées sont souvent surestimées, le polygone d'incendie pouvant englober de grands îlots épargnés par le feu. De plus, la télédétection ne fournit pas les métadonnées que fournissent les organismes de lutte contre les incendies (provinces, territoires et Parcs Canada), et qui énoncent la cause des incendies. Enfin, comme les cartes des zones brûlées sont établies à la fin de la saison des feux, cette source de données ne donne pas les dates de début ni de fin des incendies.

Afin de tirer le meilleur parti de toutes les données existantes, nous avons utilisé une combinaison de l'information contenue dans la base de données sur les grands incendies et des données issues de la télédétection. Aux fins d'analyse du territoire brûlé, la base de données a été utilisée pour les incendies survenus de 1959 à 1994, et les données de télédétection ont été utilisées pour la période de 1995 à 2007. Une comparaison des polygones d'incendies pour la période de chevauchement (1995-1999) a révélé un écart de 1,7 % entre les résultats obtenus à partir de la base de données et ceux obtenus des données de télédétection.

Pour obtenir la superficie annuelle moyenne de forêt brûlée, nous avons divisé la superficie totale brûlée de 1959 à 2007 par 49 (nombre d'années). Pour obtenir la proportion de la superficie boisée qui est brûlée annuellement, nous avons divisé la superficie boisée par la superficie brûlée annuellement puis multiplié le résultat par 100. Sont inclus dans la superficie boisée toutes les surfaces sur lesquelles se trouvent des combustibles forestiers, à savoir les forêts de conifères et les forêts décidues, les arbustives, les prairies, les zones préalablement brûlées et les boisés intercalés entre des champs cultivés. Pour le calcul de la superficie boisée, les plans d'eau et autres surfaces exemptes de combustibles (terres cultivées, zones urbaines ou bâties, zones couvertes de neige ou de glace, terres dénudées) ont été soustraits de la superficie totale de l'écozone*. Pour obtenir les superficies des occupations du sol, nous avons calculé la moyenne des données des matrices de couvertures terrestres mises au point par F. Ahern (2011) pour la période de 1985 à 2005. Comme nous ne disposons pas de cartes de couverture terrestre pour les années antérieures à 1985, nous avons supposé que la couverture forestière n'avait pas beaucoup changé entre 1959 et 1985.

Les tendances à long terme quant à la superficie brûlée annuellement ont été établies d'après la somme des superficies brûlées au cours d'une décennie. Pour la décennie 2000, le total a été calculé pour dix ans au prorata de la moyenne des années 2000 à 2007. L'information sur la cause des grands incendies (> 2 km²) et sur la saison au cours de laquelle ils se sont produits a été tirée de la base de données sur les grands incendies pour la période 1959-1999 inclus.

TENDANCES À L'ÉCHELLE DU PAYS

La fréquence des incendies est souvent exprimée en termes de pourcentage de la superficie totale brûlée annuellement. Au Canada, la superficie brûlée chaque année, de 1959 à 2007, a été en moyenne de 18 471 km², soit 0,35 % de la superficie boisée (Tableau 1). La superficie brûlée varie considérablement d'une année à l'autre (Figure 1); en 1963 elle n'était que de 1 524 km², alors qu'en 1989 elle a atteint 75 377 km².

Tableau 1. Superficie moyenne brûlée chaque année par les grands incendies, pourcentage des terres forestières qui brûlent chaque année et répartition par écozone⁺ de la superficie totale brûlée chaque année, au Canada, de 1959 à 2007.

Écozone ⁺	Superficie moyenne brûlée annuellement (km ²)	Proportion de la superficie boisée brûlée annuellement (%)	Répartition relative par écozone ⁺ de la superficie totale brûlée annuellement au Canada (%)
Bouclier boréal	6 468	0,49	36,9
Boréale de Terre-Neuve	124	0,13	0,8
Plaines boréales	2 214	0,15	11,4
Taïga des plaines	2 858	0,71	13,8
Taïga du Bouclier	3 789	0,77	17,7
Plaines hudsoniennes	547	0,17	3,3
Taïga de la Cordillère	857	0,47	4,5
Cordillère boréale	1 206	0,38	7,8
Cordillère montagnarde	316	0,10	2,6
Bassin intérieur de l'Ouest	54	0,11	0,4
Maritime du Pacifique	20	0,02	0,3
Maritime de l'Atlantique	38	0,02	0,5
CANADA	18 471	0,35	100,0

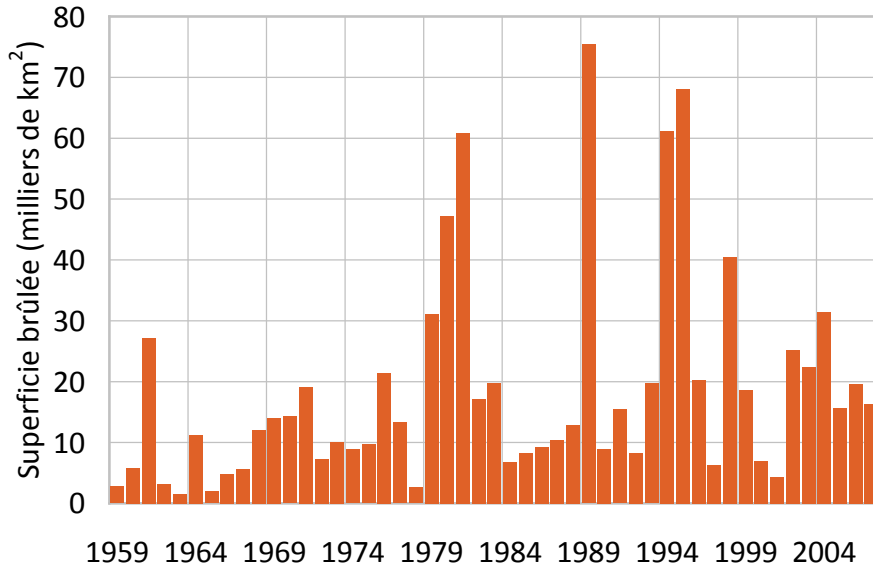


Figure 1. Superficie brûlée au Canada par les grands incendies, de 1959 à 2007.

Source : Pour la période de 1959 à 1994, les données proviennent de la base de données sur les grands incendies; pour la période de 1995 à 2007, les données sont issues de la télédétection.

Les superficies brûlées varient d’une région à l’autre du pays (Figure 2) : elles sont plus importantes dans les écozones⁺ où la présence humaine est la moins forte et dans celles où les conditions météorologiques sont les plus propices au feu (Stocks *et al.*, 2003; Gillett *et al.*, 2004; Parisien *et al.*, 2006). Les plus touchées sont : l’écozone⁺ du Bouclier boréal, qui compte pour 37 % de la superficie totale brûlée chaque année au Canada, suivie des écozones⁺ de la taïga du Bouclier et de la taïga des plaines qui, ensemble, comptent pour 32 % de la superficie totale brûlée (Tableau 1). Il importe de noter que le régime des feux n’est pas uniforme à l’échelle de l’écozone⁺ du Bouclier boréal et de l’écozone⁺ de la taïga du Bouclier : il varie grandement d’est en ouest, la fréquence des incendies étant significativement plus élevée dans la partie ouest de chacune des deux écozones⁺. C’est pourquoi l’est et l’ouest de ces écozones⁺ sont généralement considérées séparément dans la documentation sur les incendies (Amiro *et al.*, 2001; Stocks *et al.*, 2003; Parisien *et al.*, 2006; Burton *et al.*, 2008; Amiro *et al.*, 2009). Les incendies sont également fréquents dans les écozones⁺ des plaines boréales et de la Cordillère boréale, les conditions météorologiques caractéristiques de ces zones étant très propices au feu. Ils sont moins fréquents sous les climats côtiers plus humides des écozones⁺ maritime du Pacifique, maritime de l’Atlantique et boréale de Terre-Neuve. Enfin, les grands incendies de forêts sont rares dans les écozones⁺ du Bas-Arctique, des Prairies, des plaines à forêts mixtes, en raison du manque de combustible susceptible de s’enflammer ou d’une distribution discontinue du combustible.

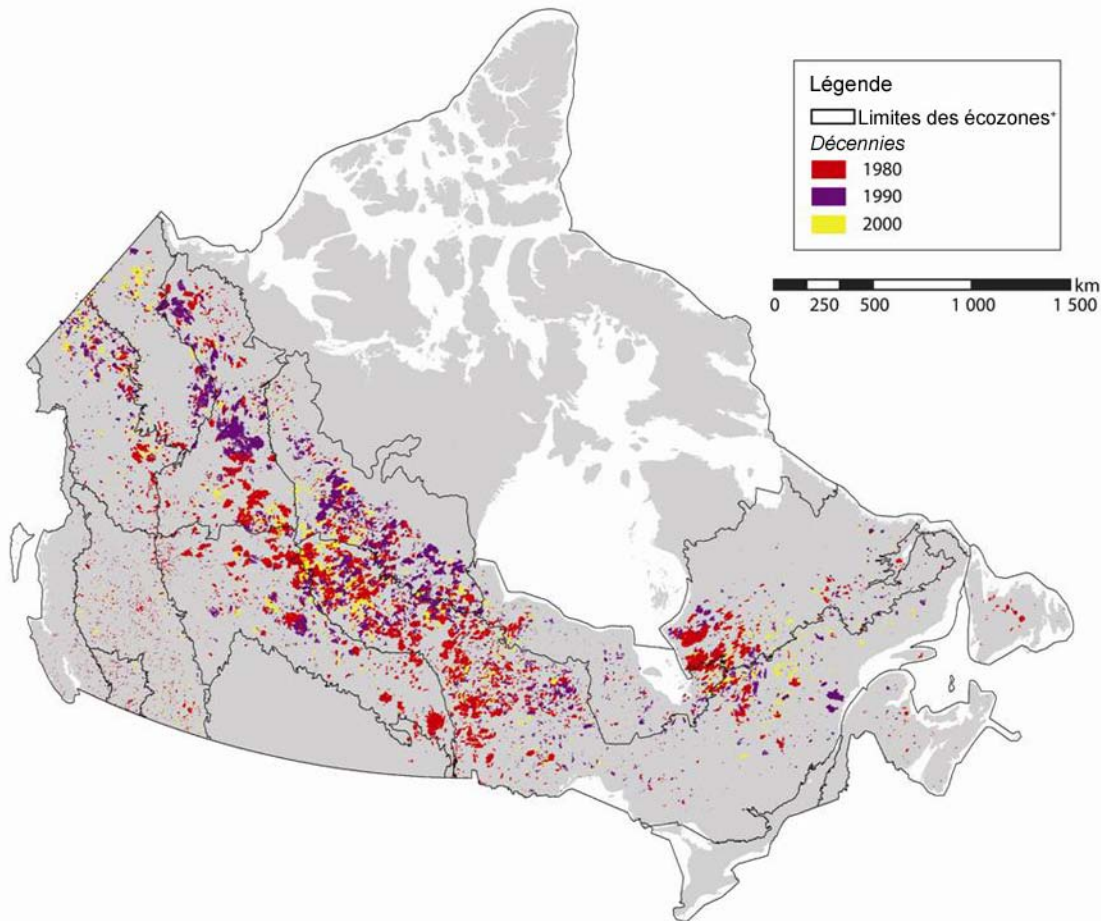


Figure 2. Répartition des grands incendies dans tout le Canada, des années 1980 aux années 2000. Chaque couleur représente la superficie brûlée au cours de la décennie correspondante (années 1980, années 1990 et années 2000).

Pour la décennie 2000, les données proviennent uniquement des années 2000 à 2007.

Puisque l'analyse du présent rapport a déjà été effectuée, les tendances à l'égard du total de la superficie brûlée par décennie au Canada ont été calculées en incluant les données jusqu'à l'année 2010. Les résultats se trouvent à la page 96 du rapport Biodiversité canadienne : état et tendances des écosystèmes en 2010 à l'adresse <http://www.biodivcanada.ca/default.asp?lang=Fr&n=83A35E06-1> (Les gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux du Canada, 2010).

Au cours des 50 dernières années, la distribution par écozone⁺ de la superficie totale brûlée annuellement a varié, sauf pour les écozones⁺ maritime du Pacifique, maritime de l'Atlantique et du bassin intérieur de l'Ouest, où les incendies sont toujours rares (Figure 3). Les tendances correspondent aux moyennes indiquées dans le Tableau 1. L'écozone⁺ du Bouclier boréal est toujours la première en importance et suivie par l'écozone⁺ de la taïga du Bouclier, sauf pour la décennie de 1960 (Figure 3). On peut penser que la faible fréquence enregistrée pour cette écozone⁺ au cours des années 1960 est attribuable à la faible surveillance exercée dans le nord du pays (Stocks *et al.*, 2003). D'autres tendances, qui ne ressortent pas dans le Tableau 1, peuvent néanmoins être dégagées, notamment l'accroissement dans le temps de la représentation de l'écozone⁺ des plaines hudsoniennes. La part de la superficie totale brûlée se trouvant dans l'écozone⁺ des plaines hudsoniennes est passée de 1,9 % dans les années 1960

à 4,8 % dans les années 2000. Mais ces données peuvent être liées à une surveillance insuffisante pendant cette période. Une autre tendance est la diminution importante de territoire brûlé dans l'écozone⁺ boréale de Terre-Neuve depuis les années 1960. La valeur élevée pour cette décennie est attribuable aux grands incendies anthropiques survenus en 1961, et qui ne se sont pas reproduits (pour plus de détails, voir la section consacrée à l'écozone⁺ boréale de Terre-Neuve, à la page 19).

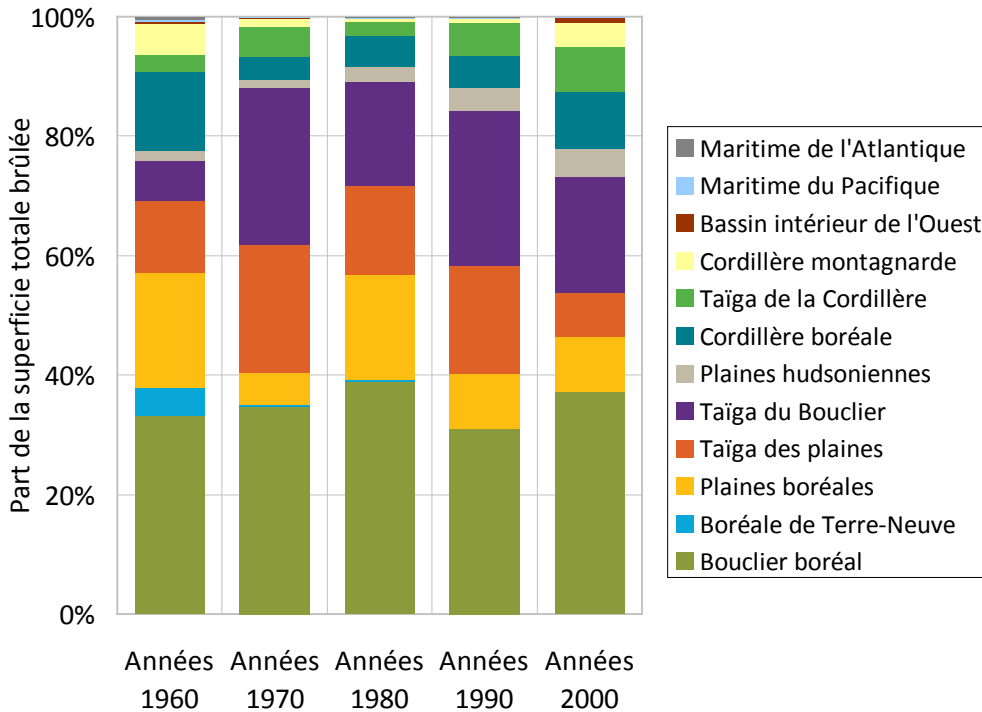


Figure 3. Statistiques par écozone⁺ de la superficie brûlée au Canada, des années 1960 aux années 2000. Pour la décennie 2000, les données proviennent uniquement des années 2000 à 2007.

La Figure 4 montre les tendances relatives à la superficie brûlée pour les cinq dernières décennies. On constate une augmentation depuis les années 1960 jusqu'aux années 1980, un plateau dans les années 1990, puis une diminution dans les années 2000 (Figure 4). Stocks *et al.* (2003) attribuent l'augmentation enregistrée jusque dans les années 1980 à une augmentation de la présence humaine dans les forêts et à une amélioration des moyens de surveillance et de détection des incendies. D'autres études montrent que cette augmentation ne peut être attribuée uniquement à l'amélioration des moyens de détection des incendies, mais qu'elle est plutôt liée à une augmentation des températures au cours des 40 dernières années (Podur *et al.*, 2002; Gillett *et al.*, 2004; Skinner *et al.*, 2006; Girardin, 2007). À première vue, cette récente diminution ne semble pas concorder avec l'augmentation qui l'a précédée ni avec les prédictions d'une augmentation continue à mesure que le réchauffement planétaire s'accroît (Weber et Flannigan, 1997; Gillett *et al.*, 2004; Flannigan *et al.*, 2005; Flannigan *et al.*, 2009). Un examen plus approfondi de ces dernières révèle qu'elles ne prédisent une augmentation ni linéaire, ni uniforme à l'échelle du pays. La diminution de la superficie brûlée observée pour les années 2000 pourrait être attribuée en partie à d'autres facteurs climatiques, notamment aux régimes de circulation océanique à grande échelle, comme l'El Niño-oscillation australe (ENSO),

l'oscillation décennale du Pacifique (PDO) et l'oscillation multidécennale de l'Atlantique (Flannigan et Wotton, 2001; Skinner *et al.*, 2002; Girardin *et al.*, 2006b). L'augmentation enregistrée pour les années 1970 et les années 1980 correspond à une phase chaude (ou positive) de la PDO. Skinner *et al.* (2006) ont montré qu'il existe un rapport positif entre les phases chaudes de l'ENSO et de la DPO et des valeurs élevées de l'indice saisonnier de sévérité (ISS) (élément de la Méthode canadienne d'évaluation des dangers d'incendie de forêts (MCEDIF)) dans l'ouest, le nord-ouest et le nord-est du Canada. L'ISS donne une estimation de la difficulté de maîtriser les incendies, d'après l'intensité que ceux-ci peuvent prendre dans les conditions météorologiques données (Van Wagner, 1987; Flannigan *et al.*, 2000). Au milieu des années 1990, la PDO est passée à une phase froide, puis phases chaudes et phases froides se sont ensuite succédées. En étudiant les données historiques, Skinner *et al.* (2006) ont constaté qu'une phase froide de la PDO s'accompagnait d'étés plus humides et de valeurs moins élevées de l'indice ISS dans l'ouest du Canada. Les fluctuations des grandes circulations atmosphériques pourraient modifier la tendance à la hausse des superficies brûlées que laisse présager le réchauffement planétaire. Il faudrait approfondir les recherches pour pouvoir dire si la diminution récente de la superficie totale brûlée est ou non liée aux circulations atmosphériques à grande échelle (pour plus d'information sur les oscillations climatiques à grande échelle, voir Bonsal et Shabbar, 2011).

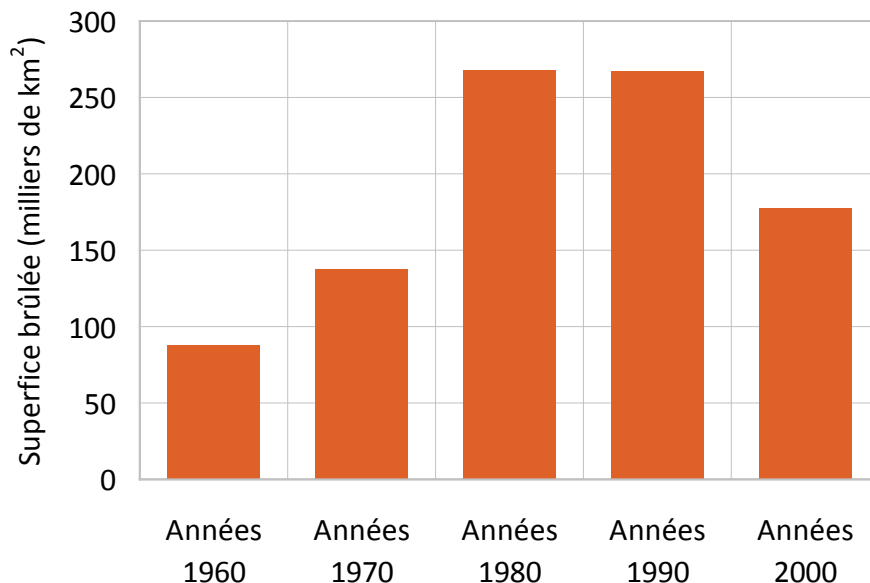


Figure 4. Total de la superficie brûlée par les grands incendies au Canada, par décennie, des années 1960 aux années 2000.

La valeur indiquée pour les années 2000 a été établie pour dix ans au prorata de la moyenne des années 2000 à 2007.

Puisque l'analyse du présent rapport a déjà été effectuée, les tendances à l'égard du total de la superficie brûlée par décennie au Canada ont été calculées en incluant les données jusqu'à l'année 2010. Les résultats se trouvent à la page 96 du rapport Biodiversité canadienne : état et tendances des écosystèmes en 2010 à l'adresse <http://www.biodivcanada.ca/default.asp?lang=Fr&n=83A35E06-1>. La forme de l'histogramme est demeurée la même (Les gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux du Canada, 2010).

À plus petite échelle, la saisonnalité des incendies est fonction des variations régionales des conditions météorologiques. En règle générale, la saison des feux commence en avril dans le sud du pays et se prolonge jusqu'à la mi-octobre dans les écozones⁺ des plaines boréales, du Bouclier boréal et de la Cordillère montagnarde (Tableau 2). La saison des feux est à son sommet en juillet. La saison des feux est beaucoup plus courte dans les régions situées plus au nord, notamment dans les écozones⁺ de la taïga des plaines et de la taïga du Bouclier, et plus courte encore dans les régions où les incendies sont en majorité causés par l'activité humaine, notamment dans les écozones⁺ maritime de l'Atlantique, maritime du Pacifique et boréale de Terre-Neuve. Selon les statistiques produites par Weber et Flannigan (1997), l'activité humaine est à l'origine d'environ 65 % de l'ensemble des incendies (< 2 km² et > 2 km²) survenant au Canada. La majorité de ces incendies touchent une superficie inférieure à 2 km² et ne sont donc pas pris en compte dans la présente analyse. Dans l'ensemble, ils comptent pour seulement 15 % de la superficie totale brûlée (Stocks *et al.*, 2003). Les humains allument des feux dans le cadre d'activités récréatives (camping, etc.) ou industrielles (exploitation forestière, transport ferroviaire, etc.) ou par malveillance (incendies criminels) (Wotton *et al.*, 2003). Les activités humaines se déroulant généralement non loin d'établissements, un incendie est vite détecté et les services d'incendie peuvent intervenir rapidement pour l'empêcher de se propager. Les incendies déclenchés par l'humain ont un caractère saisonnier : ils se produisent davantage au printemps (Stocks *et al.*, 2003; Kasischke et Turetsky, 2006; Burton *et al.*, 2008), comme en témoigne le mois de la plus forte activité des feux dans les écozones⁺ maritime de l'Atlantique et boréale de Terre-Neuve, où le rapport entre les incendies causés par l'humain et ceux causés par la foudre est élevé (Tableau 2). On peut trouver plus de détails sur les tendances et les variations des causes et de la saisonnalité des incendies dans les rapports techniques sur les différentes écozones⁺.

Tableau 2. Cause, durée et saisonnalité des grands incendies dans chaque écozone⁺, de 1959 à 1999.

Écozone ⁺	N ^{bre} d'allumages par les humains/n ^{bre} d'allumages par la foudre	Durée de la saison active des feux (jours)	Mois de la plus forte activité de feu
Bouclier boréal	0,26	143	Juin
Boréale de Terre-Neuve	27,0	35	Mai
Plaines boréales	1,40	158	Mai
Taïga des plaines	0,16	81	Juillet
Taïga du Bouclier	0,08	75	Juillet
Plaines hudsoniennes	0,10	40	Juillet
Taïga de la Cordillère	0,05	44	Juillet
Cordillère boréale	0,29	37	Juin
Cordillère montagnarde	1,00	101	Août
Bassin intérieur de l'Ouest	3,38	45	Juillet
Maritime du Pacifique	1,85	54	Juillet
Maritime de l'Atlantique	4,06	32	Mai
CANADA	0,36	199	Juillet

La cause des incendies est exprimée par le rapport du nombre de feux allumés par les humains au nombre de feux allumés par la foudre.

La saisonnalité est établie d'après la durée des feux (différence moyenne entre les dates de début et de fin des incendies pour chaque année) et le mois de la plus forte activité des feux.

Source : Les données proviennent de la base de données sur les grands incendies.

La deuxième cause d'incendies au Canada est la foudre. Selon Stocks *et al.* (2003), la foudre serait responsable de 85 % de la superficie totale brûlée au Canada de 1959 à 1997. La foudre provoque des incendies surtout dans les régions nordiques, notamment dans les écozones⁺ de la taïga des plaines, de la taïga du Bouclier, du Bouclier boréal, de la Cordillère boréale et des plaines hudsoniennes (Tableau 2). Dans certaines de ces écozones⁺, il n'y a aucune ou pratiquement aucune intervention contre les incendies, et permettent aux feux allumés par la foudre de brûler naturellement et de détruire de vastes étendues. Les feux allumés par la foudre surviennent généralement plus tard dans la saison que ceux allumés par l'humain, soit au cours de l'été (Flannigan et Wotton, 2001; Stocks *et al.*, 2003). Ils sont souvent plus sévères et plus intenses que ceux qui surviennent au printemps, en raison du taux plus faible d'humidité des combustibles (Amiro *et al.*, 2001). Amiro *et al.* (2004) ont calculé les indices d'intensité du front de feu (élément de la MCEDEF donnant une estimation de l'intensité à la tête de l'incendie en fonction des conditions météorologiques). Ils ont obtenu les indices les plus élevés pour l'écorégion des terres boréales de l'Ouest. Ils ont également observé une tendance positive significative des indices pour la taïga du Bouclier, à partir des données de 1959 à 1999.

La sévérité des conditions météorologiques relativement aux incendies, exprimée par l'indice saisonnier de sévérité (ISS), varie grandement à l'échelle du Canada. Parisien *et al.* (2006) ont calculé l'ISS moyen pour les écozones du Système de classification écologique national (Groupe de travail sur la stratification écologique, 1995) (légèrement différent du système du cadre des écozones⁺ utilisé pour la présente étude; voir la Préface à la page i) d'après les conditions météorologiques, pour les années 1959 à 1997. Les moyennes sur le long terme se situaient entre 0 et 5, les valeurs supérieures correspondant à un risque plus élevé d'incendies intenses.

L'écozone de la Cordillère montagnarde a obtenu la valeur d'ISS la plus élevée (4,7). Venait ensuite l'écozone des plaines boréales (3,7). La partie est de l'écozone de la taïga du Bouclier a obtenu la valeur la plus faible, soit 0,7, comparativement à 2,8 pour la partie ouest. Bien que la Cordillère montagnarde ait le risque d'incendie intense le plus élevé, elle compte pour la part la plus faible de la superficie totale brûlée, ce qui s'explique par son relief montagneux, qui limite la propagation des flammes. Burton *et al.* (2008) ont également utilisé les valeurs ISS calculées par Parisien *et al.* (2006) dans une analyse de la sévérité des incendies survenus dans les différentes régions du pays, aspect restreint traité à des échelles plus grandes dans la documentation sur les feux. Ils ont établi, en comparant la productivité primaire nette avant et après l'incendie, que les incendies les plus sévères se produisaient dans l'ouest de la taïga du Bouclier et de la taïga des plaines, tandis que les plaines boréales connaissaient les incendies les moins sévères. L'analyse individuelle de tous les grands incendies survenus au Canada les a menés à la conclusion que la sévérité des incendies est un facteur déterminant de la diversité écologique des forêts, ce qui s'observe dans la mosaïque de zones brûlées et de zones intactes.

Résumé

Une analyse a été réalisée sur l'état et les tendances des grands incendies de forêts (> 2km²) survenus au Canada, à partir du contenu de la base de données sur les grands incendies (Stocks *et al.*, 2003) et de données de télédétection. Cette analyse ne tient pas compte de tous les incendies qui surviennent chaque année au Canada, mais seulement des grands incendies. Bien que ceux-ci ne comptent que pour 3 % environ du nombre total d'incendies signalés, ils sont responsables de 97 % des superficies brûlées. La superficie de forêt brûlée dans l'ensemble du Canada varie considérablement d'une année à l'autre. Elle a déjà été aussi faible que 1 500 km² mais a aussi atteint un record de 75 000 km². La majorité des grands incendies surviennent dans des zones de la forêt boréale et de la taïga, éloignées des autres régions du pays où il n'y a pratiquement aucune intervention pour les éteindre et où règnent souvent des conditions météorologiques très propices au feu. Dans ces régions, la plupart des incendies sont allumés par la foudre, comparativement à ceux allumés par les humains, ce qui explique qu'à l'échelle nationale la saison des feux atteigne son apogée en juillet. Les feux allumés par les humains expliquent la longue durée de la saison des feux, qui commence en avril et dure jusqu'à la mi-octobre.

En dépit des lacunes de la base de données sur les grands incendies pour la période antérieure aux années 1980, la documentation disponible a permis d'établir que l'augmentation des superficies brûlées depuis les années 1960 jusqu'aux années 1990 est liée à une augmentation générale des températures partout au pays (Podur *et al.*, 2002; Gillett *et al.*, 2004; Skinner *et al.*, 2006; Girardin, 2007). Les données récentes révèlent une diminution des superficies brûlées pour les années 2000 à 2007. Celle-ci peut paraître en contradiction avec les conséquences prévues d'un réchauffement planétaire, mais une recherche documentaire plus approfondie révèle que les effets prévus d'une élévation des températures ne seraient ni linéaires ni uniformes à l'échelle du pays (Weber et Flannigan, 1997; Gillett *et al.*, 2004; Flannigan *et al.*, 2005; Flannigan *et al.*, 2009). Seules des recherches plus poussées et un ensemble complet de données

pour toutes les années de la décennie 2000 permettront de déterminer si les superficies brûlées ont diminué de façon importante⁶ et d'en déterminer les causes.

Vu la grande variation des statistiques annuelles sur les incendies, il faudrait des données sur une plus longue période pour pouvoir dégager les tendances des régimes de feux dans toutes les régions du Canada. Il est donc nécessaire de poursuivre le perfectionnement des méthodes de surveillance et de collecte de données sur les petits incendies de forêts comme sur les grands (< 2km²). Les technologies, comme la télédétection, qui permettent la détection et la surveillance de régions auxquelles l'accès était auparavant limité, comme Le Nord, sont des outils importants pour la collecte de données sur les incendies de forêts. Le mieux serait que les données obtenues au moyen de ces technologies continuent d'être complétées et validées par des données qualitatives et quantitatives fournies par les organismes de lutte contre les incendies de forêts. Enfin, il faut que les méthodes de synthèse et de cartographie des deux types de données soient uniformisées à l'échelle du pays afin qu'on puisse suivre l'évolution du régime des incendies de forêts pour l'ensemble du Canada.

TENDANCES LIÉES AUX ÉCOZONES⁺

Écozone⁺ du Bouclier boréal

Les incendies dans l'écozone⁺ du Bouclier boréal sont caractérisés par des feux de cime intenses (Amiro *et al.*, 2004; Beverly et Martell, 2005) dont la gravité est modérée par rapport aux incendies qui se produisent dans les autres écozones⁺ (Burton *et al.*, 2008). Pour de nombreuses essences boréales, notamment le pin gris (*Picea banksiana*) et l'épinette noire (*Pinus mariana* (Mill.) B.S.P.), ce type de feu est indispensable pour la germination des graines. De plus, ces essences ainsi que d'autres essences boréales dépendent d'incendies intenses qui se produisent périodiquement et qui, dans le passé, ont permis le renouvellement des peuplements en brûlant de grandes superficies (Bergeron *et al.*, 2001; de Groot *et al.*, 2003). Même si cette écozone⁺ se trouve dans une région où la plupart des incendies sont combattus activement, sa part de la superficie totale brûlée au Canada reste toujours la plus élevée. En effet, la superficie brûlée annuellement et à long terme pour cette écozone⁺ est de 6 467 km², ce qui représente 37 % de la superficie totale brûlée au Canada (voir le Tableau 1 à la page 6 et la Figure 3 à la page 9). Conformément aux tendances observées à l'échelle nationale, il y a une grande variabilité de la superficie brûlée d'une année à l'autre (Figure 5). L'année d'activité de feu la plus exceptionnelle a eu lieu en 1989, lorsque près de 28 000 km² ont brûlé. En comparaison, au cours des années de faible activité, la superficie brûlée a été inférieure à 1 000 km² (par exemple en 1982).

⁶ Une analyse par décennie portant sur l'ensemble complet de données pour toutes les années de la décennie 2000 a été effectuée dans le cadre du rapport *Biodiversité canadienne : état et tendances des écosystèmes en 2010* (Les gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux du Canada, 2010). Les résultats confirment cette diminution.

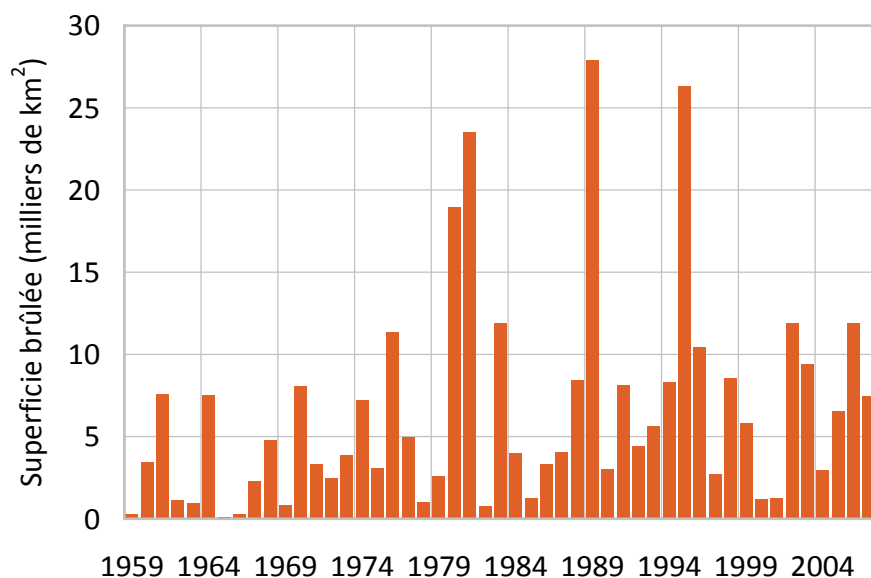


Figure 5. Superficie brûlée annuellement par les grands incendies dans l'écozone⁺ du Bouclier boréal, de 1959 à 2007.

Source : Pour la période de 1959 à 1994, les données proviennent de la base de données sur les grands incendies; pour la période de 1995 à 2007, les données sont issues de la télédétection.

La fréquence des incendies dans l'écozone⁺ du Bouclier boréal, représentée par la proportion de la superficie boisée brûlée chaque année, n'est pas la plus élevée au pays. En effet, avec 0,49 % de sa superficie boisée brûlée, l'écozone⁺ du Bouclier boréal brûle moins fréquemment que les écozones⁺ de la taïga des plaines (0,71 %) et de la taïga du Bouclier (0,77 %) (voir le Tableau 1 à la page 6). Cette plus faible proportion de la superficie brûlée pourrait être liée aux niveaux plus élevés de protection contre les incendies que l'on trouve dans l'écozone⁺ du Bouclier boréal, surtout dans la partie sud, ou encore à la variabilité régionale des conditions météorologiques propices au feu (Girardin et Wotton, 2009). Environ 64 % du Bouclier boréal est protégé grâce aux efforts de suppression des incendies, comparativement à 20 % dans la taïga des plaines et à 2 % dans l'écozone⁺ de la taïga du Bouclier (Parisien *et al.*, 2006).

Le Bouclier boréal constitue la plus grande des écozones⁺ et comporte deux régimes de feux distincts. Pour cette raison, la plupart des analyses portant sur les feux divisent l'écozone⁺ en deux parties : l'ouest et l'est (Stocks *et al.*, 2003; Beverly et Martell, 2005; Flannigan *et al.*, 2005; Kasischke et Turetsky, 2006; Parisien *et al.*, 2006; Burton *et al.*, 2008; Flannigan *et al.*, 2009). La ligne de démarcation se situe juste à l'est du lac Nipigon, dans le nord-ouest de l'Ontario. Stocks *et al.* (2003) ont calculé séparément la proportion de la superficie brûlée annuellement pour l'ouest et pour l'est du Bouclier boréal en utilisant les données provenant de la base de données sur les grands incendies. Ils ont constaté que la proportion de la superficie boisée brûlée annuellement de l'ouest du Bouclier boréal était semblable à celle des écozones⁺ de la taïga (de 0,60 à 0,80 %), tandis que la proportion de l'est du Bouclier boréal était considérablement plus faible (de 0,00 à 0,20 %). L'analyse de Stocks *et al.* (2003) comprenait l'écozone⁺ boréale de Terre-Neuve, située dans la partie est du Bouclier boréal.

La différence entre les régimes de feux du Bouclier boréal est attribuable aux conditions météorologiques plus propices au feu, telles que de plus longues périodes sèches et de faibles précipitations dans l'ouest du Bouclier boréal (Beverly et Martell, 2005; Girardin et Wotton, 2009), ainsi qu'au nombre plus élevé d'essences de conifères par rapport aux essences à feuilles caduques dans l'est du Bouclier boréal (Parisien *et al.*, 2006; Amiro *et al.*, 2009). Un autre facteur contribuant à la différence entre les régimes de feux est le fait qu'une plus grande proportion de l'est du Bouclier boréal est protégée par des efforts de suppression des incendies, comparativement à la partie ouest de l'écozone⁺ (70 % et 54 % respectivement), et ce, en raison de la plus forte densité de population que l'on trouve dans l'est de l'Ontario et l'ouest du Québec. Par conséquent, la superficie moyenne brûlée annuellement dans l'est du Bouclier boréal est inférieure à la superficie moyenne brûlée annuellement dans la partie ouest de l'écozone⁺ (soit 772 km² par rapport à 5 147 km²) (Parisien *et al.*, 2006). Cette plus faible fréquence des feux dans l'est du Bouclier boréal a entraîné des cycles de feux plus longs qui ont accru la proportion de forêts anciennes inéquiennes, caractérisées par des essences plus tolérantes à l'ombre et moins vulnérables aux incendies, comme le sapin baumier (*Abies balsamea* (L.) Mill), par rapport à la partie ouest de l'écozone⁺ (Bergeron *et al.*, 2001; de Groot *et al.*, 2003).

D'après l'information provenant de la base de données sur les grands incendies, entre 1959 et 1999, la durée moyenne de la saison des feux était de 143 jours et les feux se produisaient surtout de mai à août (Figure 6). Bien que des incendies puissent survenir dès le mois de mars et jusqu'en novembre, ils sont rares à ces périodes. Juin est le mois de la plus forte occurrence de feux. Entre les années 1960 et les années 1990, peu de changements se sont produits quant à la saisonnalité de la fréquence des incendies dans cette écozone⁺ (Figure 6).

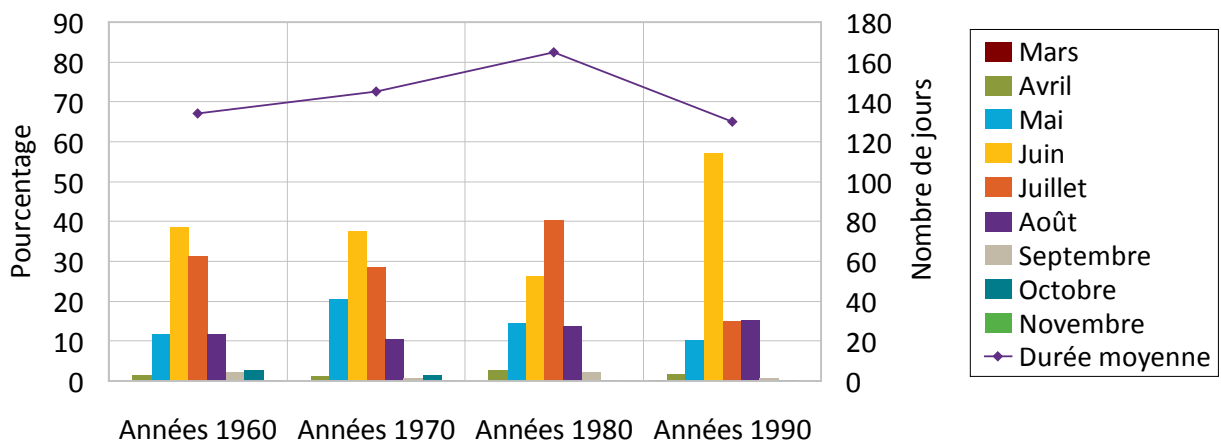


Figure 6. Proportion des grands incendies qui se produisent chaque mois dans l'écozone⁺ du Bouclier boréal et durée moyenne de la saison active des feux (ligne mauve), des années 1960 aux années 1990. Le pourcentage par mois correspond au pourcentage du nombre total de feux survenus durant le mois. Source : Les données proviennent de la base de données sur les grands incendies.

Les tendances à long terme de la superficie brûlée dans le Bouclier boréal suggèrent qu'une augmentation significative de cette superficie a eu lieu entre les années 1960 et les années 1980 (Figure 7). Cette augmentation est due à des facteurs similaires à ceux qui régissent les changements à l'échelle du Canada : soit des températures plus chaudes (Podur *et al.*, 2002; Gillett *et al.*, 2004) et des changements liés aux méthodes de détection et à l'exhaustivité de la surveillance des incendies, en particulier dans les secteurs situés en dehors des zones de protection, comme le nord du Québec et de l'Ontario (Podur *et al.*, 2002; Stocks *et al.*, 2003). Il est peu probable que l'accroissement de l'activité humaine, qui est l'une des raisons attribuées à l'augmentation de la superficie brûlée à l'échelle nationale, soit responsable des changements dans cette écozone⁺, puisque la superficie brûlée par les feux causés par des humains a diminué entre les années 1960 et les années 1990 (Tableau 3).

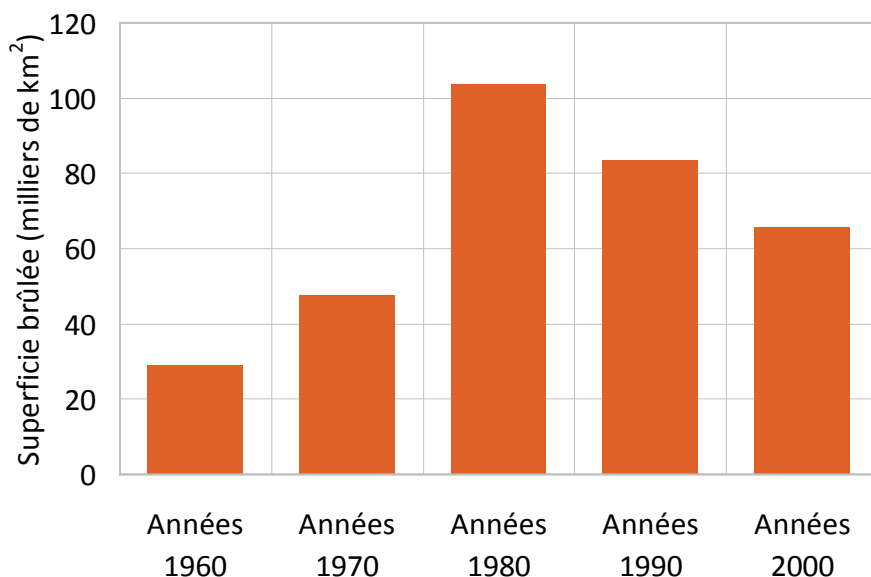


Figure 7. Total de la superficie brûlée par les grands incendies dans l'écozone⁺ du Bouclier boréal, par décennie, des années 1960 aux années 2000.

La valeur indiquée pour les années 2000 a été établie pour dix ans au prorata de la moyenne des années 2000 à 2007.

Tableau 3. Proportion du nombre de grands incendies allumés par la foudre comparativement à ceux allumés par l'humain, et total de la superficie brûlée par chaque source d'inflammation dans l'écozone⁺ du Bouclier boréal, par décennie, des années 1960 aux années 1990.

Décennie	Nombre d'incendies	Proportion des feux allumés par la foudre (%)	Proportion des feux allumés par les humains (%)	Superficie totale brûlée à la suite d'allumages par la foudre (km ²)	Superficie totale brûlée à la suite d'allumages par les humains (km ²)
1960	673	62	38	19 231,9	9 701,9
1970	828	71	29	37 198,2	10 581,5
1980	1 356	85	15	87 392,2	16 559,5
1990	1 159	89	11	68 120,3	11 301,2
Total	4 016	77*	23*	211 942,6	48 144,2

* désigne la moyenne et non le total

Source : Les données proviennent de la base de données sur les grands incendies.

Après les sommets atteints dans les années 1980, une diminution de la superficie brûlée s'est clairement produite pour le reste de la période d'étude (Figure 7). Cette baisse n'est pas aussi marquée que l'augmentation qui s'est produite entre les années 1960 et les années 1980, similaire à l'échelle nationale (voir la Figure 4 à la page 10). Toutefois, le moment de cette diminution dans le Bouclier boréal diffère par rapport à la tendance nationale : la diminution de la superficie brûlée commence dans les années 1990 dans le Bouclier boréal, tandis qu'elle commence dans les années 2000 à l'échelle nationale. Une telle baisse, se produisant plus tôt par rapport à la tendance nationale, est également observée pour l'écozone⁺ des plaines boréales, mais ne l'est pas pour l'écozone⁺ de la taïga du Bouclier ou pour celle de la taïga des plaines (voir les sections respectives sur ces écozones⁺), cette dernière suivant les tendances nationales. L'une des principales différences entre ces écozones⁺ est qu'une plus grande proportion du Bouclier boréal et des plaines boréales est protégée par des efforts de suppression des incendies, comparativement à la taïga des plaines et à la taïga du Bouclier. En outre, les plaines boréales et le Bouclier boréal influencent une plus grande proportion de la superficie des écozones⁺, comme le démontrent les statistiques relatives au pourcentage de l'utilisation des terres dans Parisien *et al.* (2006). La baisse de la superficie brûlée entre les années 1980 et les années 1990 pourrait être due aux efforts de suppression des incendies de forêts (Cumming, 2005; Martell et Sun, 2008). La baisse qui s'est poursuivie dans les années 2000 pourrait, quant à elle, être due à une combinaison des oscillations climatiques qui, comme il a été montré, ont une incidence sur les conditions météorologiques propices aux feux dans le Bouclier boréal (Flannigan et Wotton, 2001; Skinner *et al.*, 2002; Girardin *et al.*, 2006a; Girardin *et al.*, 2006b), et d'une meilleure gestion des effets de l'activité humaine.

Comme il a été mentionné précédemment, le nombre de grands incendies causés par les humains a diminué au cours de la période d'étude, passant de 38 % dans les années 1960 à 14 % dans les années 1990 ($R^2 = 0,95$, $p = 0,019$) (Tableau 3). Il est important de noter que ces données ne comprennent pas les petits feux qui pourraient avoir été allumés par les humains, mais qui ont été éteints avant d'atteindre l'ampleur pour être consignés dans la base de données. Cette diminution concorde avec les constatations de Kasischke et Turetsky (2006), qui affirment que les politiques gouvernementales mises en œuvre à l'échelle du pays dans les années 1970 et les années 1980 ont entraîné une réduction de 50 % des feux allumés par les humains. Les feux causés par les humains, à la fois petits et grands, demeurent la principale cause d'incendies au Canada. Cependant, la superficie brûlée par ces feux est beaucoup moins grande que celle brûlée par les feux allumés par la foudre (Weber et Flannigan, 1997; Wotton *et al.*, 2003). Des années 1960 aux années 1990, les feux allumés par la foudre ont été responsables de 80 % des grands feux de forêts et de la majorité de la superficie brûlée dans l'écozone⁺ du Bouclier boréal (Tableau 3).

Écozone⁺ boréale de Terre-Neuve

Comme dans le cas des autres écozones⁺ côtières, le feu ne constitue pas une perturbation naturelle d'importance dans l'écozone⁺ boréale de Terre-Neuve. En moyenne, la superficie brûlée de cette écozone⁺ est de 123 km² par année, ce qui est supérieur à celle des écozones⁺ maritime du Pacifique et maritime de l'Atlantique. La proportion de sa superficie brûlée annuellement est également plus élevée, à 0,13 %, mais la part de cette écozone⁺ dans la superficie totale brûlée au Canada est inférieure à 1 % (voir le Tableau 1 à la page 6). La part de cette écozone⁺ à la superficie totale brûlée au Canada a changé au fil du temps (voir la Figure 3 à la page 9) et était plus élevée dans les années 1960, c'est-à-dire à 4,7 %. Cette part élevée est due à une année de feux exceptionnelle, en 1961, au cours de laquelle 3 962 km² ont brûlé. À part cette exception, la superficie brûlée annuellement de cette écozone⁺ est peu variable. En effet, le plus souvent, pour de nombreuses années tout au long de la période d'étude, aucun grand feu n'a été répertorié dans l'écozone⁺ boréale de Terre-Neuve (Figure 8).

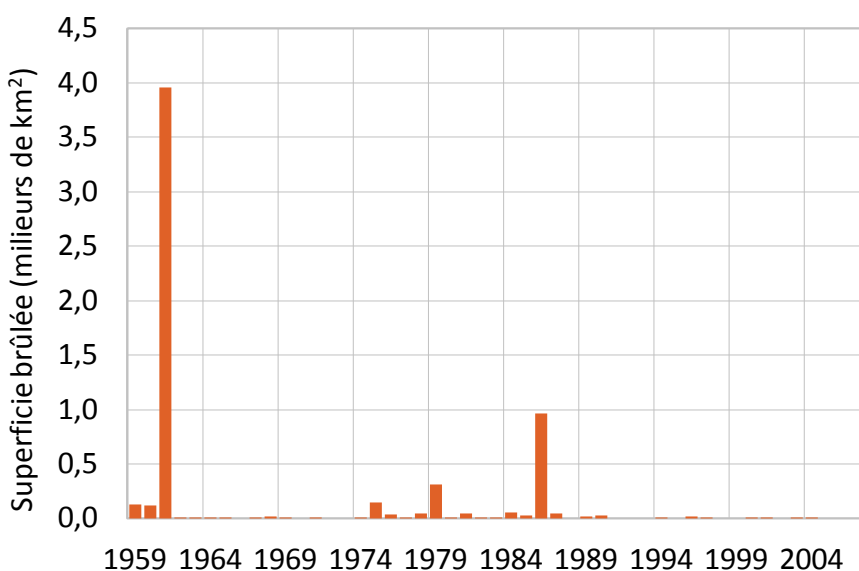


Figure 8. Superficie brûlée annuellement par les grands incendies dans l'écozone⁺ boréale de Terre-Neuve, de 1959 à 2007.

Source : Pour la période de 1959 à 1994, les données proviennent de la base de données sur les grands incendies; pour la période de 1995 à 2007, les données sont issues de la télédétection.

La durée moyenne de la saison des feux, dans l'écozone⁺ boréale de Terre-Neuve, est de 35 jours, ce qui est semblable à celle de l'écozone⁺ maritime de l'Atlantique (voir le Tableau 2 à la page 12). La plus forte activité de feu survient en mai, mais les incendies se produisent le plus couramment entre mai et juillet. De plus, comme dans les écozones⁺ maritime de l'Atlantique et maritime du Pacifique, la principale cause d'incendies est l'humain, estimée à 96 %. Les feux causés par la foudre sont des événements rares qui n'ont été documentés que quatre fois dans la base de données sur les grands incendies pour l'écozone⁺ boréale de Terre-Neuve.

Depuis les années 1960, la superficie brûlée a diminué de façon spectaculaire dans cette écozone⁺ (Figure 9). Cette baisse est probablement due à des politiques gouvernementales

efficaces visant à prévenir et à combattre les incendies (Stocks *et al.*, 2003) ainsi qu'à l'année de feux exceptionnelle survenue en 1961. Le doublement de la superficie brûlée entre les années 1970 et les années 1980 pourrait être lié à des températures plus élevées (Podur *et al.*, 2002; Gillett *et al.*, 2004), qui ont provoqué un plus grand nombre d'incendies qui se sont propagés malgré les efforts de suppression. La superficie brûlée a diminué de nouveau dans les années 1990 et est restée faible dans les années 2000 : seuls 12 grands incendies se sont produits entre 2000 et 2007. Ces tendances, semblables à celles des écozones⁺ maritime de l'Atlantique et maritime du Pacifique, devraient toutefois être évaluées avec prudence, puisqu'elles sont fondées sur un faible nombre de feux, particulièrement dans les dernières décennies.

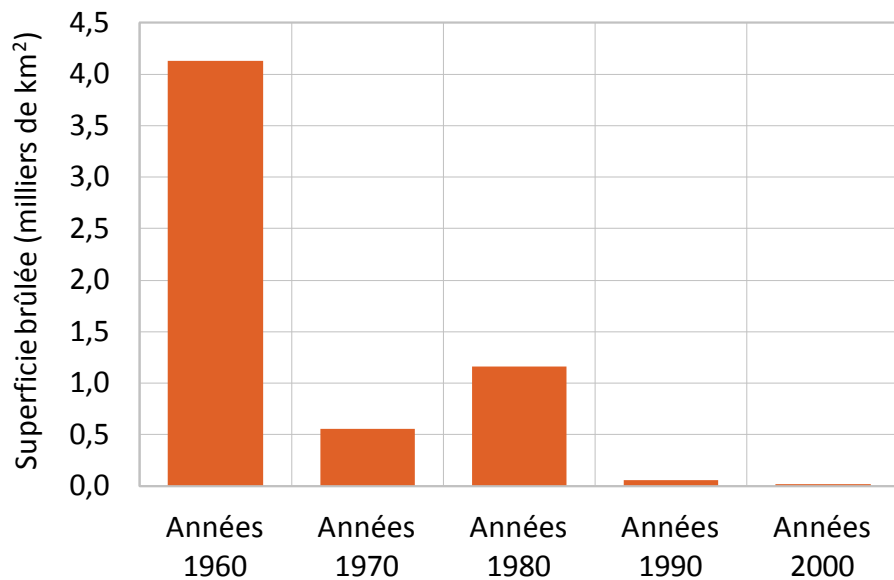


Figure 9. Total de la superficie brûlée par les grands incendies dans l'écozone⁺ boréale de Terre-Neuve, par décennie, des années 1960 aux années 2000.

La valeur indiquée pour les années 2000 a été établie pour dix ans au prorata de la moyenne des années 2000 à 2007.

Écozone⁺ des plaines boréales

Comme pour d'autres zones de la forêt boréale au Canada, le feu constitue une perturbation naturelle importante dans l'écozone⁺ des plaines boréales. En moyenne, 2 213 km² brûlent chaque année dans cette écozone⁺, mais cette superficie varie, selon l'année, entre moins de 200 km² et plus de 6 000 km² (Figure 10). L'année de feux la plus exceptionnelle eu lieu en 1981, lorsque 18 760 km² ont brûlé. À l'échelle nationale, la superficie brûlée dans les plaines boréales constitue une part importante de la superficie totale brûlée au Canada. En effet, avec une superficie brûlée de 11 %, cette écozone⁺ est la quatrième en importance quant aux superficies brûlées au pays (voir le Tableau 1 à la page 6). Au fil du temps, cette proportion a fluctué. Elle a atteint un sommet dans les années 1960, avec 19 %, et elle a été à son plus bas dans les années 1970, avec 5 % (voir la Figure 3 à la page 9). La proportion des combustibles forestiers qui brûlent chaque année dans cette écozone⁺ (0,15 %) n'est pas aussi élevée que dans les écozones⁺ avoisinantes : la taïga de la Cordillère, la Cordillère boréale et les plaines

hudsoniennes (0,47 %, 0,38 % et 0,17 % respectivement) (voir le Tableau 1 à la page 6). Cet écart pourrait être attribuable aux niveaux de protection contre les incendies et aux types de combustibles forestiers qui se trouvent dans les plaines boréales. Une proportion d'environ 90 % des plaines boréales est protégée par des efforts de suppression des incendies, comparativement à 0 % dans la taïga de la Cordillère, à 41 % dans la Cordillère boréale et à 0 % dans les plaines hudsoniennes (Parisien *et al.*, 2006). De plus, 24 % des forêts des plaines boréales sont composés d'essences à feuilles caduques (Parisien *et al.*, 2006; Amiro *et al.*, 2009) qui ont moins tendance à brûler (Burton *et al.*, 2008). Bien que la proportion des forêts des écozones⁺ de la taïga de la Cordillère, de la Cordillère boréale et des plaines hudsoniennes qui brûle chaque année soit plus élevée que dans les plaines boréales, la superficie totale brûlée chaque année dans cette dernière écozone⁺ est beaucoup plus élevée (voir le Tableau 1 à la page 6).

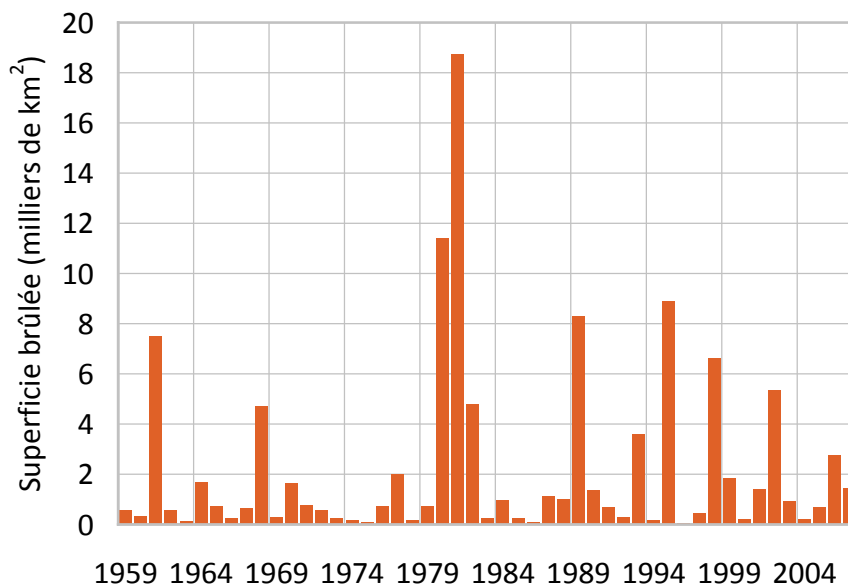


Figure 10. Superficie brûlée annuellement par les grands incendies dans l'écozone⁺ des plaines boréales, de 1959 à 2007.

Source : Pour la période de 1959 à 1994, les données proviennent de la base de données sur les grands incendies; pour la période de 1995 à 2007, les données sont issues de la télédétection.

De toutes les écozones⁺ de la forêt boréale, celle des plaines boréales est assujettie au niveau le plus élevé de protection contre les incendies (Parisien *et al.*, 2006), et ce, afin de compenser la forte interaction humaine dans la forêt et les valeurs à risque élevé des zones avoisinantes (Stocks *et al.*, 2003). Par conséquent, le régime des feux dans les plaines boréales est fortement influencé par les humains. En plus des efforts de suppression des incendies, les humains ont également une incidence significative sur le régime des feux en raison des incendies qu'ils allument. Entre les années 1960 et les années 1990, les feux allumés par les humains comptaient pour 57 % du nombre total des grands incendies qui sont survenus dans cette écozone⁺ (Tableau 4). Au cours de cette période, la proportion d'incendies causés par les humains a diminué de façon importante ($R^2 = 0,98$, $p = 0,004$), de telle sorte que, dans les années 1990, la foudre était devenue la principale cause d'incendies. Dans l'ensemble, les feux allumés par la

foudre ont été responsables d'une plus grande superficie brûlée; 42 % des incendies ont été causés par la foudre, mais ces incendies ont été responsables de 69 % de la superficie brûlée (Tableau 4). Cet écart s'explique par le fait que la plupart des incendies causés par les humains surviennent souvent non loin d'établissements humains, ce qui permet de les détecter et d'intervenir rapidement. Ainsi, le taux de réussite des méthodes d'extinction est souvent plus élevé pour ces incendies, ce qui empêche leur propagation sur une plus grande superficie par rapport aux feux allumés par la foudre, qui peuvent, eux, survenir dans des endroits éloignés (Stocks *et al.*, 2003).

Tableau 4. Proportion du nombre de grands incendies allumés par la foudre comparativement à ceux allumés par l'humain, et total de la superficie brûlée par chaque source d'inflammation dans l'écozone⁺ des plaines boréales, par décennie, des années 1960 aux années 1990.

Décennie	Nombre d'incendies	Proportion des feux allumés par la foudre (%)	Proportion des feux allumés par les humains (%)	Superficie totale brûlée à la suite d'allumages par la foudre (km ²)	Superficie totale brûlée à la suite d'allumages par les humains (km ²)
1960	444	26	74	4 334,3	12 560,9
1970	321	40	60	3 846,5	3 310,7
1980	468	47	53	35 177,3	11 773,4
1990	380	58	42	26 375,2	3 214,4
Total	1 613	43*	57*	69 733,3	30 859,5

* désigne la moyenne et non le total

Source : Les données proviennent de la base de données sur les grands incendies.

La saison des feux dans l'écozone⁺ des plaines boréales dure plus longtemps que dans toutes les autres écozones⁺ (voir le Tableau 2 à la page 12). Entre 1959 et 1999, la durée moyenne de la saison des feux était de 158 jours (environ 5 mois). La plupart des incendies se produisent d'avril à août, mais ils peuvent survenir jusque dans le mois de décembre (Figure 11). Mai est le mois de la plus grande fréquence des feux (Figure 11). La prédominance des feux de printemps fait en sorte que les incendies sont moins sévères dans cette écozone⁺ que dans les autres (Burton *et al.*, 2008). D'après les indicateurs portant sur les conditions météorologiques propices au feu, les plaines boréales présentent en fait des conditions météorologiques qui sont très propices au feu. Cette situation n'entraîne cependant pas d'incendies sévères (Amiro *et al.*, 2004; Parisien *et al.*, 2006; Burton *et al.*, 2008). La longue saison des feux est attribuable au fait que des incendies sont allumés par la foudre et par les humains. Les incendies causés par les humains sont plus fréquents en début de saison, tandis que ceux causés par la foudre se produisent le plus souvent tard dans la saison. D'après les 40 années pendant lesquelles les données sont disponibles, seuls des changements mineurs se sont produits quant à la durée de la saison des feux ou à la saisonnalité de la fréquence des incendies.

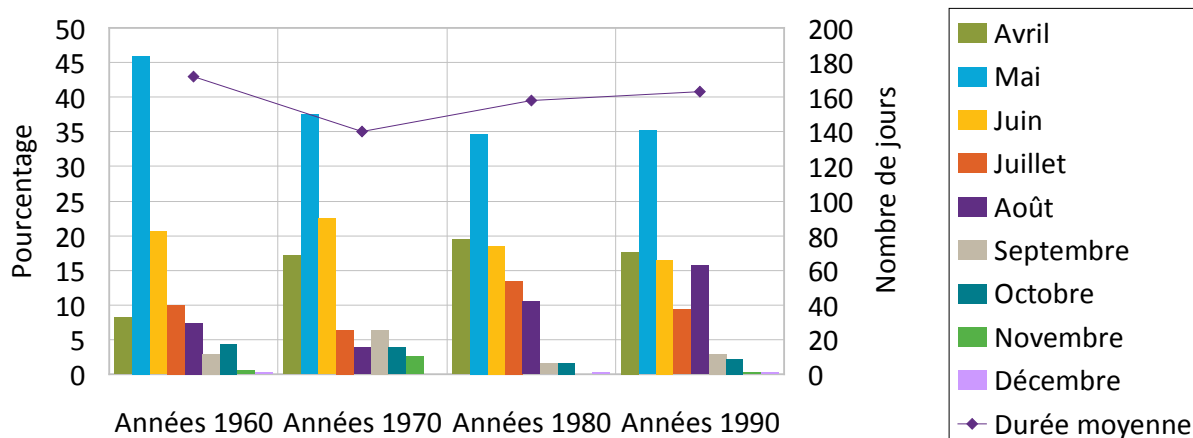


Figure 11. Proportion des grands incendies qui se produisent chaque mois dans l'écozone⁺ des plaines boréales et durée moyenne de la saison active des feux (ligne mauve), des années 1960 aux années 1990. Le pourcentage par mois correspond au pourcentage du nombre total de feux survenus durant le mois. Source : Les données proviennent de la base de données sur les grands incendies.

Des tendances peuvent être observées en ce qui concerne la superficie brûlée au cours des 50 dernières années, et bon nombre de ces tendances sont liées aux interactions humaines au sein de l'écozone⁺. La superficie brûlée dans l'écozone⁺ des plaines boréales a atteint un sommet dans les années 1980 (Figure 12), après avoir connu une baisse dans les années 1970 par rapport aux années 1960. Une baisse semblable a également eu lieu dans les écozones⁺ de la Cordillère boréale, de la Cordillère montagnarde, boréale de Terre-Neuve et maritime de l'Atlantique (voir les sections sur ces écozones⁺), où les effets de l'activité humaine sur les feux de forêts sont importants en raison des efforts de suppression ou des allumages. Ainsi, cette baisse pourrait être attribuable à un changement dans le comportement humain; soit dans les méthodes avancées de lutte contre le feu, soit dans les efforts de prévention accrus. Elle pourrait aussi être attribuable aux méthodes de surveillance et de détection, qui présentaient des lacunes pendant les premières années de la période d'étude (Podur *et al.*, 2002; Stocks *et al.*, 2003). Pour le reste de la période d'étude, la tendance observée dans cette écozone⁺ est similaire à celle du Bouclier boréal, située à proximité. Le sommet atteint dans les années 1980 a été attribué à une combinaison de facteurs, notamment le réchauffement du climat (Podur *et al.*, 2002; Gillett *et al.*, 2004), l'utilisation accrue de la forêt par les humains et l'amélioration des méthodes de détection (Stocks *et al.*, 2003). Depuis les années 1980, la superficie brûlée a diminué dans les plaines boréales, ce qui est semblable à ce qui a été observé dans le Bouclier boréal. Comme l'indique la section « Écozone⁺ du Bouclier boréal », cette baisse pourrait être attribuable, en partie, à une meilleure gestion des effets de l'activité humaine et aux changements dans les conditions météorologiques propices au feu (Flannigan et Wotton, 2001; Skinner *et al.*, 2002; Cumming, 2005; Girardin *et al.*, 2006b).

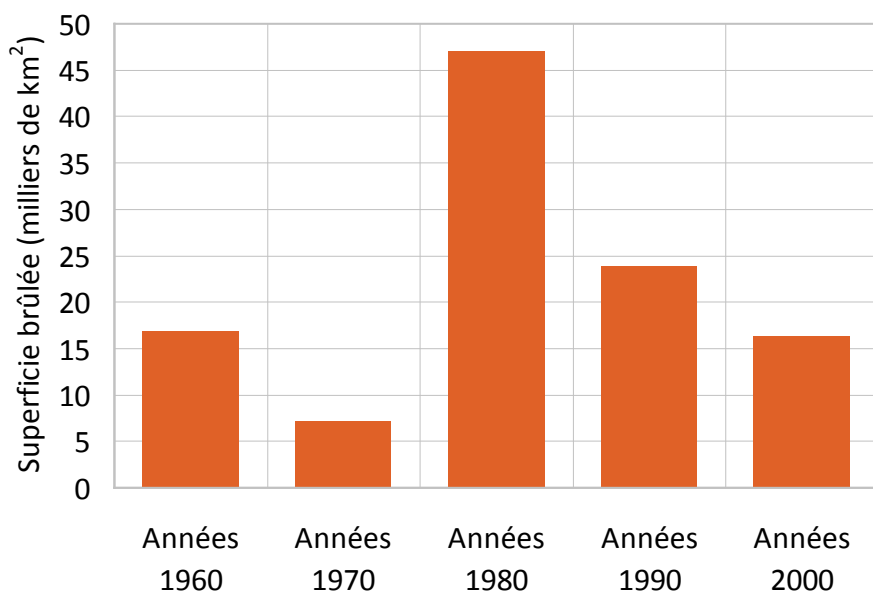


Figure 12. Total de la superficie brûlée par les grands incendies dans l'écozone⁺ des plaines boréales, par décennie, des années 1960 aux années 2000.

La valeur indiquée pour les années 2000 a été établie pour dix ans au prorata de la moyenne des années 2000 à 2007.

Écozone⁺ de la taïga des plaines

Certains des plus grands incendies du pays se produisent dans l'écozone⁺ de la taïga des plaines (Parisien *et al.*, 2006; Burton *et al.*, 2008), et ce, en raison d'une accumulation de facteurs, dont les suivants : un climat continental sec (Stocks *et al.*, 2003); la situation géographique éloignée, où peu d'efforts de suppression sont déployés (environ 20 % de la superficie est protégée par de tels efforts) (Parisien *et al.*, 2006) et les types de combustibles qui s'y trouvent, soit principalement des combustibles présents dans la forêt boréale à des charges moyennes relativement élevées qui entraînent des taux de combustion supérieurs (Amiro *et al.*, 2001; Amiro *et al.*, 2009). Ainsi, ces facteurs se traduisent par des incendies relativement sévères qui brûlent sur de grandes superficies. Burton *et al.* (2008) ont observé que certains des incendies les plus sévères du pays se produisaient dans la taïga des plaines.

En moyenne, 2 858 km² brûlent chaque année dans cette écozone⁺, mais cette superficie peut varier grandement d'une année à l'autre (Figure 13). En effet, il y a de nombreuses années où la superficie brûlée a été inférieure à 100 km², tandis que pour d'autres années, elle a été beaucoup plus élevée, notamment en 1995 où elle a atteint 17 354 km². Certaines années présentant une faible fréquence des feux, au début de la période d'étude, pourraient s'expliquer par le fait que la surveillance était limitée dans cette écozone⁺ nordique. Toutefois, cette tendance s'est poursuivie au cours des dernières décennies, ce qui indique qu'il est effectivement possible que seule une très petite superficie ait été brûlée au cours de certaines années (par exemple en 1991, en 1997 et en 2002). Malgré ces années présentant une faible fréquence des feux, la proportion de la superficie boisée brûlée annuellement pour cette écozone⁺ est de 0,71 %, ce qui est élevé

par rapport à d'autres écozones⁺ (voir le Tableau 1 à la page 6). Il s'agit en fait de la deuxième proportion la plus élevée – seule l'écozone⁺ de la taïga du Bouclier compte une proportion de superficie boisée brûlée supérieure, avec 0,77 %. À l'échelle nationale, l'écozone⁺ de la taïga des plaines compte pour 14 % de la superficie brûlée au Canada, ce qui en fait la troisième en importance après les écozones⁺ du Bouclier boréal et de la taïga du Bouclier. Au fil du temps, la part de la taïga des plaines concernant la superficie totale brûlée au Canada a varié. En effet, à son plus faible, dans les années 2000, elle était de 7,5 % et à son sommet, dans les années 1970, elle était de 21,5 % (voir la Figure 3 à la page 9). Aucune tendance n'a été observée pour cette variation. La faible valeur indiquée pour les années 2000 devrait être considérée avec prudence, car elle ne comprend pas les données pour toute la décennie.

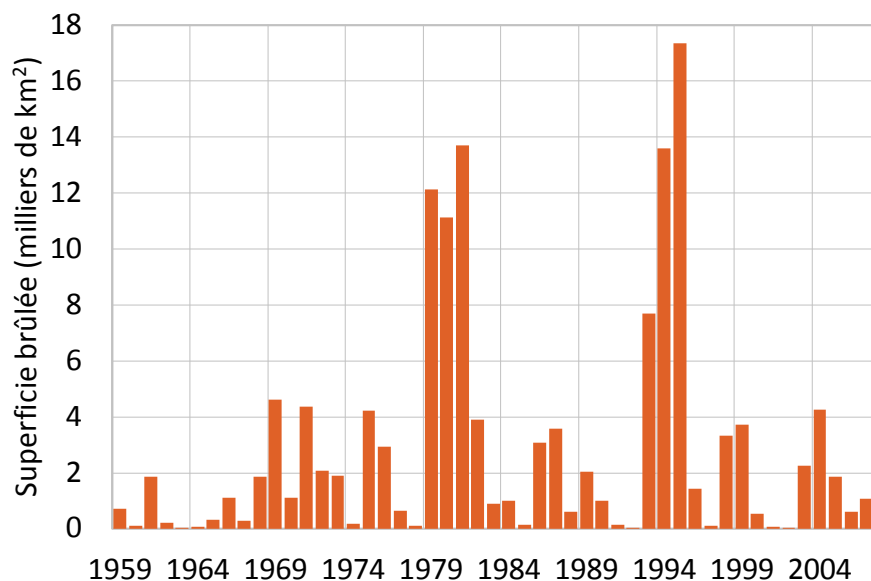


Figure 13. Superficie brûlée annuellement par les grands incendies dans l'écozone⁺ de la taïga des plaines, de 1959 à 2007.

Source : Pour la période de 1959 à 1994, les données proviennent de la base de données sur les grands incendies; pour la période de 1995 à 2007, les données sont issues de la télédétection.

La tendance à long terme de la superficie brûlée pour cette écozone⁺ est semblable aux tendances observées à l'échelle nationale (Figure 14). La superficie brûlée a augmenté à partir des années 1960 et jusque dans les années 1990, puis elle a brutalement chuté dans les années 2000. Puisque l'écozone⁺ de la taïga des plaines est située dans le nord du Canada, les faibles valeurs obtenues au début de la période d'étude pourraient être attribuables aux techniques de collecte des données, qui se sont améliorées à compter des années 1970 (Stocks *et al.*, 2003). Même si les valeurs indiquées pour les années 2000 devraient être considérées avec prudence, puisqu'elles ne comprennent pas les données pour toute la décennie, davantage de recherche est nécessaire pour faire toute la lumière sur la raison expliquant la récente baisse, qui pourrait, cependant, être liée à des changements concernant les oscillations atmosphériques à grande échelle, comme l'indique la section sur les tendances à l'échelle du pays, à la page 6.

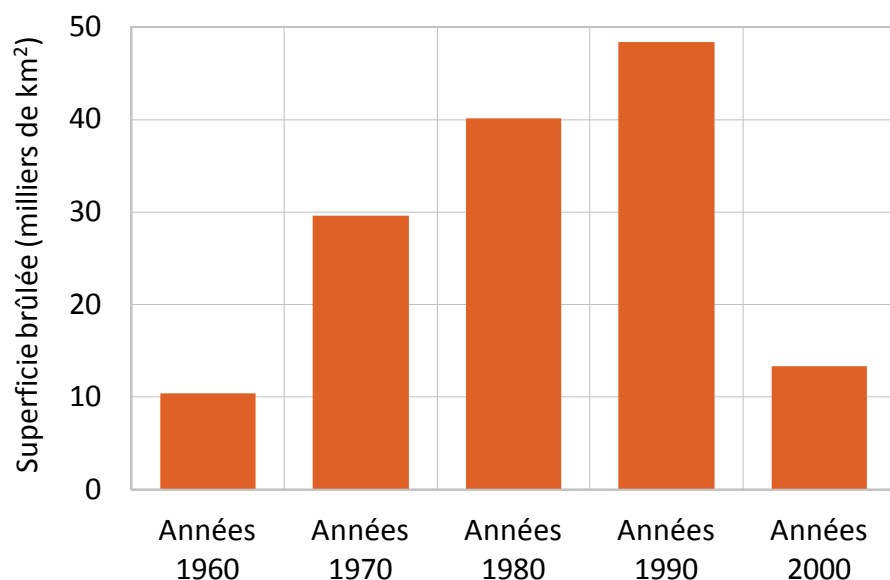


Figure 14. Total de la superficie brûlée par les grands incendies dans l'écozone⁺ de la taïga des plaines, par décennie, des années 1960 aux années 2000.

La valeur indiquée pour les années 2000 a été établie pour dix ans au prorata de la moyenne des années 2000 à 2007.

Des années 1960 aux années 1990, la durée moyenne de la saison des feux était de 81 jours (environ 4 mois) et elle n'a pas vraiment varié au cours de cette période. La plupart des incendies se produisent de juin à août, mais ils peuvent se produire dès avril et jusqu'en septembre (Figure 15). Bien que la durée moyenne de la fréquence des feux n'ait pas varié, la répartition des incendies pendant la saison des feux a, pour sa part, connu de faibles changements au cours de la période d'étude de 40 ans. La proportion des incendies qui ont eu lieu en avril est passée de 0 % dans les années 1960 à 1,2 % dans les années 1990. La proportion des incendies qui ont eu lieu en mai a, quant à elle, augmenté de façon constante ($R^2 = 0,93$, $p = 0,035$) (Figure 15). Tous les incendies qui ont eu lieu en avril ont été causés par les humains tandis que les incendies survenus en mai ont été causés par les humains et par la foudre, à parts égales. Davantage de données sont nécessaires pour déterminer si ces petits changements constituent le début d'un phénomène réel, tel que l'allongement de la saison des feux, ou s'ils traduisaient en fait les limites de la base de données sur les grands incendies.

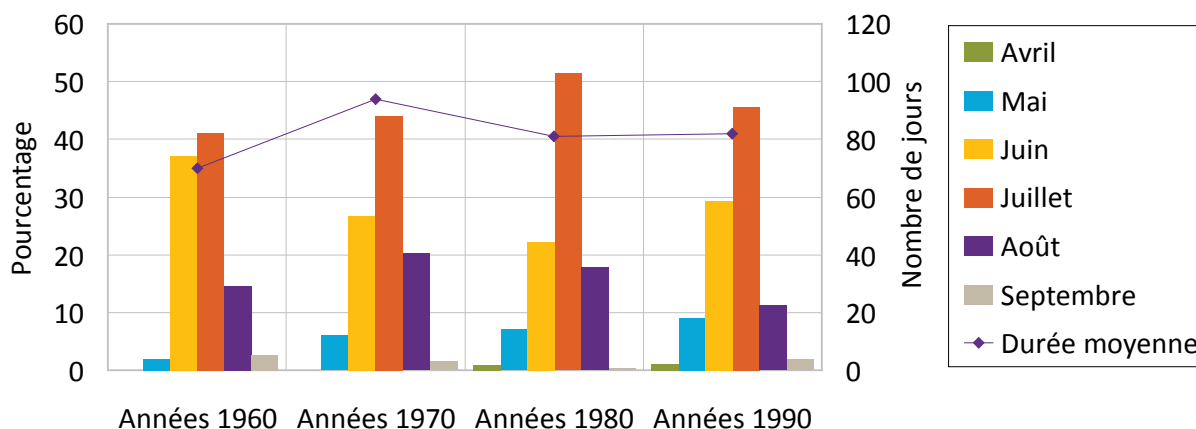


Figure 15. Proportion des grands incendies qui se produisent chaque mois dans l'écozone⁺ de la taïga des plaines et durée moyenne de la saison active des feux (ligne mauve), des années 1960 aux années 1990. Le pourcentage par mois correspond au pourcentage du nombre total de feux survenus durant le mois. Source : Les données proviennent de la base de données sur les grands incendies.

La répartition des incendies qui se produisent plus tard dans la saison ne semble pas avoir changé (Figure 15). Ces incendies sont principalement causés par la foudre – en moyenne, 83 % du nombre total des incendies survenus dans la taïga des plaines, des années 1960 aux années 1990, ont été allumés par la foudre (Tableau 5). Le Tableau 5 montre que la proportion d'incendies causés par la foudre a augmenté par rapport au nombre d'incendies causés par les humains. Le nombre d'allumages d'incendies par la foudre ne montre aucune tendance claire qui diffère des augmentations constatées par Kasischke et Turetsky (2006) sur les forêts en Amérique du Nord, et par Stocks *et al.* (2003) sur les forêts au Canada ces dernières années. La superficie totale brûlée à la suite d'allumages par la foudre a augmenté au cours de la période de 40 ans (Tableau 5). Cette augmentation de la superficie brûlée par des incendies causés par la foudre est tout probablement due à des températures plus élevées au cours de la saison des incendies dans les années 1990 (Podur *et al.*, 2002; Gillett *et al.*, 2004).

Tableau 5. Proportion du nombre de grands incendies allumés par la foudre comparativement à ceux allumés par l'humain, et total de la superficie brûlée par chaque source d'inflammation dans l'écozone⁺ de la taïga des plaines, par décennie, des années 1960 aux années 1990.

Décennie	Nombre d'incendies	Proportion des feux allumés par la foudre (%)	Proportion des feux allumés par les humains (%)	Superficie totale brûlée à la suite d'allumages par la foudre (km ²)	Superficie totale brûlée à la suite d'allumages par les humains (km ²)
1960	149	58	42	3 455,6	6 987,9
1970	262	87	35	27 463,5	2 199,3
1980	326	96	13	39 920,4	217,8
1990	254	91	22	54 691,9	1 282,6
Total	991	83*	17*	125 531,4	10 687,6

* désigne la moyenne et non le total

Source : Les données proviennent de la base de données sur les grands incendies.

Écozone⁺ de la taïga du Bouclier

Le régime des feux dans l'écozone⁺ de la taïga du Bouclier, similaire à celui de la taïga des plaines, se caractérise par de grands incendies sévères (Stocks *et al.*, 2003; Parisien *et al.*, 2006; Burton *et al.*, 2008). La superficie brûlée annuellement dans la taïga du Bouclier, qui s'établit à 3 789 km², est supérieure à la superficie brûlée dans la taïga des plaines avoisinante (2 858 km²), mais arrive derrière la superficie brûlée dans le Bouclier boréal, qui est de 6 467 km². Une telle superficie correspond à une part de 18 % de la superficie totale brûlée au Canada (voir le Tableau 1 à la page 6). La faible part de la taïga du Bouclier dans la superficie brûlée annuellement dans les années 1960 est probablement attribuable aux méthodes de détection limitées de l'époque. En moyenne, à l'échelle de l'écozone⁺, 0,77 % de la superficie boisée brûle annuellement, ce qui correspond à la plus grande proportion de la superficie boisée brûlée annuellement au Canada (voir le Tableau 1 à la page 6).

Tout comme pour le Bouclier boréal, l'écozone⁺ de la taïga du Bouclier est généralement divisée en deux parties distinctes pour l'analyse de la documentation sur les incendies (Amiro *et al.*, 2001; Stocks *et al.*, 2003; Parisien *et al.*, 2006; Burton *et al.*, 2008; Amiro *et al.*, 2009). Les deux parties, l'est et l'ouest, correspondent à un régime des feux différent et sont séparées par l'écozone⁺ des plaines hudsoniennes. La différence entre les régimes s'explique par des climats substantiellement différents. Cette différence existe en dépit d'autres similitudes entre les deux parties, notamment : les types de combustibles comportent principalement des combustibles provenant de conifères (Parisien *et al.*, 2006; Amiro *et al.*, 2009); les causes d'allumage sont surtout causés par la foudre et l'influence de l'activité humaine, et l'extinction des incendies est inexistante ou presque (Parisien *et al.*, 2006). L'ouest de la taïga du Bouclier est caractérisé par des conditions météorologiques plus propices au feu en raison de sa situation continentale, par rapport à la partie est, où le climat est plus frais et plus humide en raison de sa situation côtière (Parisien *et al.*, 2006; Burton *et al.*, 2008). Par conséquent, le régime des feux de l'ouest de la taïga du Bouclier est caractérisé par des incendies plus étendus, plus sévères et plus fréquents que celui de la partie est (Stocks *et al.*, 2003; Amiro *et al.*, 2004; Parisien *et al.*, 2006; Burton *et al.*, 2008). Burton *et al.* (2008) ont calculé que la proportion de la superficie brûlée annuellement était de 0,83 % dans l'ouest de la taïga du Bouclier et de 0,25 % dans l'est (d'après les données de 1959 à 1999), en utilisant une superficie moyenne brûlée annuellement de 2 632 et de 1 126 km² respectivement.

Dans l'écozone⁺ de la taïga du Bouclier, la superficie brûlée varie considérablement d'année en année. Certaines années, au début de la période d'étude, n'indiquent aucun incendie de plus de 2 km², comparativement aux années exceptionnelles de la fréquence des feux de 1989 et de 1994, au cours desquelles 28 120 km² et 31 279 km² ont brûlé respectivement (Figure 16). Les valeurs extrêmement faibles observées dans les années 1960 ne se sont pas reproduites dans le reste de la période d'étude; on peut donc supposer qu'elles sont dues à des problèmes de détection (Podur *et al.*, 2002; Stocks *et al.*, 2003). À long terme, la superficie brûlée a augmenté des années 1960 aux années 1990 (Figure 17). La même tendance a été révélée dans la taïga des plaines. L'augmentation a été attribuée à une combinaison de facteurs, notamment les changements apportés aux méthodes de détection et les températures élevées pendant cette

période (Podur *et al.*, 2002; Gillett *et al.*, 2004). La baisse observée depuis les années 1990 est également semblable à celle observée dans la taïga des plaines. L'ampleur de la baisse correspond à l'ampleur des changements observés entre les décennies précédentes; par conséquent, il est possible qu'il s'agisse bel et bien d'une réponse réelle, même si elle n'est fondée que sur sept années de données pour la décennie. La baisse pourrait être liée à des changements concernant les oscillations atmosphériques à grande échelle, comme l'indique la section sur les tendances à l'échelle du pays, à la page 6.

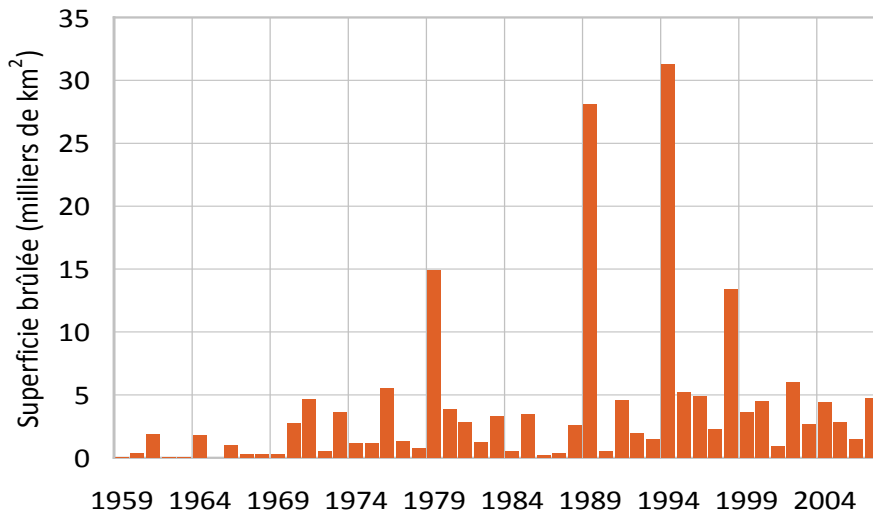


Figure 16. Superficie brûlée annuellement par les grands incendies dans l'écozone⁺ de la taïga du Bouclier, de 1959 à 2007.

Source : Pour la période de 1959 à 1994, les données proviennent de la base de données sur les grands incendies; pour la période de 1995 à 2007, les données sont issues de la télédétection.

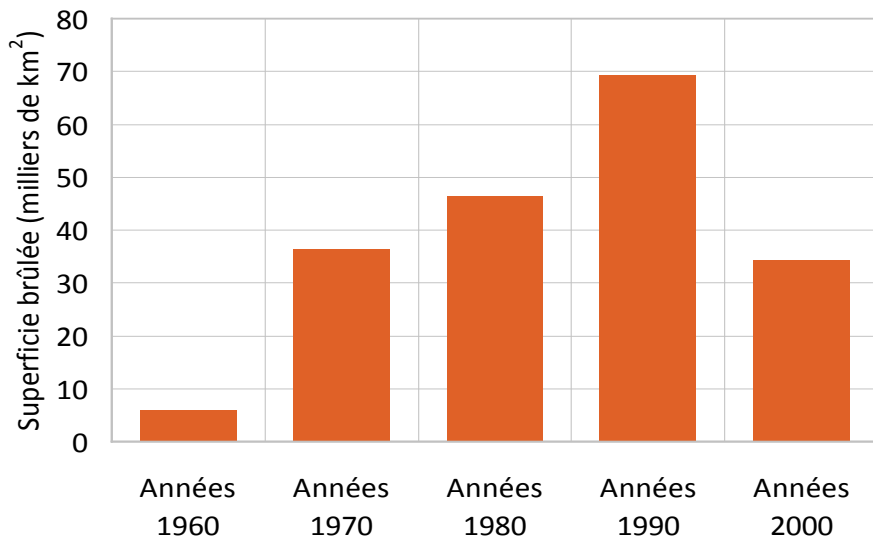


Figure 17. Total de la superficie brûlée par les grands incendies dans l'écozone⁺ de la taïga du Bouclier, par décennie, des années 1960 aux années 2000.

La valeur indiquée pour les années 2000 a été établie pour dix ans au prorata de la moyenne des années 2000 à 2007.

La durée moyenne de la saison des feux dans la taïga du Bouclier est relativement courte par rapport à la durée moyenne dans les autres écozones⁺ boréales (voir le Tableau 2 à la page 12). À long terme, entre 1959 et 1999, la moyenne était de 75 jours, ce qui n'a pas beaucoup changé depuis les années 1970. La plupart des incendies se produisent entre juin et août, et juillet est le mois de la plus forte fréquence des feux (Figure 18). On a observé une augmentation importante de la fréquence des incendies au mois de mai ($R^2 = 0,99$, $p = 0,002$). En effet, dans les années 1960, aucun feu ne se produisait en mai, tandis que dans les années 1990, 2,4 % des feux survenaient pendant ce mois (Figure 18). Les incendies dans l'est de la taïga du Bouclier se produisent généralement plus tôt que les incendies dans l'ouest de la taïga du Bouclier (Kasischke et Turetsky, 2006); c'est pourquoi la partie est de l'écozone⁺ pourrait être responsable de cette augmentation du nombre de feux en mai. Il y a également eu une augmentation des incendies à la fin de la saison des feux (août).

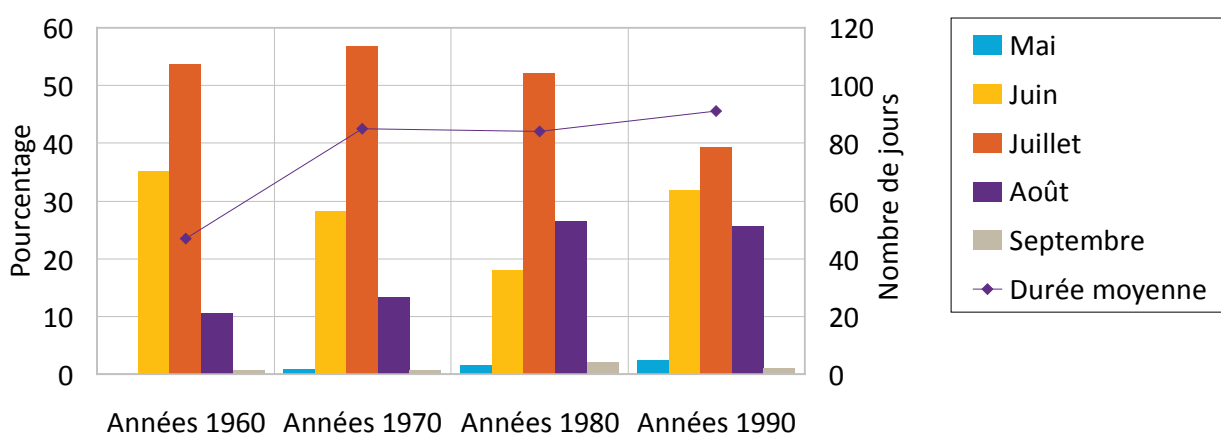


Figure 18. Proportion des grands incendies qui se produisent chaque mois dans l'écozone⁺ de la taïga du Bouclier et durée moyenne de la saison active des feux (ligne mauve), des années 1960 aux années 1990. Le pourcentage par mois correspond au pourcentage du nombre total de feux survenus durant le mois. Source : Les données proviennent de la base de données sur les grands incendies.

Comme dans les autres écozones⁺ boréales, les feux dans la taïga du Bouclier sont principalement causés par la foudre. En effet, en moyenne, 92 % des grands incendies qui s'y produisent sont causés par la foudre (Tableau 6). Le ratio des incendies causés par les humains par rapport à ceux qui sont causés par la foudre est semblable dans les deux parties de l'écozone⁺ (Parisien *et al.*, 2006). La proportion d'incendies causés par la foudre (en raison d'une baisse des incendies causés par les humains) et le nombre d'incendies causés par la foudre ont augmenté à partir des années 1960 jusqu'aux années 1990, mais cette augmentation n'est pas significative du point de vue stratégique. Kasischke et Turetsky (2006) ont également constaté une augmentation des allumages par la foudre au fil du temps. La superficie moyenne brûlée par des incendies causés par la foudre a augmenté entre les années 1960 et les années 1990, mais, encore une fois, l'augmentation n'était pas significative.

Tableau 6. Proportion du nombre de grands incendies allumés par la foudre comparativement à ceux allumés par l'humain, et total de la superficie brûlée par chaque source d'inflammation dans l'écozone⁺ de la taïga du Bouclier, par décennie, des années 1960 aux années 1990.

Décennie	Nombre d'incendies	Proportion des feux allumés par la foudre (%)	Proportion des feux allumés par les humains (%)	Superficie totale brûlée à la suite d'allumages par la foudre (km ²)	Superficie totale brûlée à la suite d'allumages par les humains (km ²)
1960	151	88	12	4 739,2	1 263,6
1970	468	87	13	32 711,1	3 627,2
1980	509	95	5	44 744,6	1 830,1
1990	583	97	3	68 358,6	121,8
Total	1 711	92*	8*	150 553,6	6 842,7

* désigne la moyenne et non le total

Source : Les données proviennent de la base de données sur les grands incendies.

Écozone⁺ des plaines hudsoniennes

L'écozone⁺ des plaines hudsoniennes renferme l'un des plus grands réseaux de milieux humides au monde, qui traversent un paysage plat (Amiro *et al.*, 2001; Parisien *et al.*, 2006). En raison de ce vaste réseau de milieux humides, la distribution des combustibles est discontinue, ce qui fait en sorte que les feux dans les plaines hudsoniennes sont plus petits que ceux qui surviennent dans les écozones⁺ avoisinantes du Bouclier boréal et de la taïga du Bouclier. La superficie moyenne brûlée annuellement de 547 km² dans les plaines hudsoniennes ne représente que 3 % de la superficie totale brûlée au Canada, comparativement à 18 % dans la taïga du Bouclier et à 37 % dans le Bouclier boréal (voir le Tableau 1 à la page 6). Au fil du temps, la part des plaines hudsoniennes pour ce qui est de la superficie totale brûlée au Canada s'est accrue, passant de 1,5 % dans les années 1960 à 4,8 % dans les années 1990 (voir la Figure 3 à la page 9). En comparaison, à l'échelle de l'écozone⁺, la proportion de la superficie brûlée est plus grande. En effet, la proportion de la superficie brûlée annuellement dans les plaines hudsoniennes est de 0,17 %, ce qui est légèrement supérieur à la superficie brûlée dans les plaines boréales (0,15 %), dont la superficie brûlée annuellement est pourtant supérieure à 2 000 km². La différence pourrait être due au vaste réseau de milieux humides qui, comme il a été montré, résistent mieux aux incendies (Burton *et al.*, 2008). Burton *et al.* (2008) ont également montré que la sévérité des incendies dans les plaines hudsoniennes était modérée par rapport aux incendies qui se produisent dans les autres écozones⁺, et que les feux individuels étaient plus homogènes quant à leur sévérité, ce qui est probablement dû à la grande étendue des milieux humides relativement homogènes qui s'y trouvent.

D'une année à l'autre, la superficie brûlée dans les plaines hudsoniennes varie beaucoup (Figure 19). Par exemple, certaines années, particulièrement au début de la période d'étude, aucun feu de plus de 2 km² n'a été relevé. Des années de faible activité de feu ont également eu lieu plus récemment, notamment en 1993 et en 2004, ce qui indique qu'une faible activité de feu est un phénomène courant dans cette écozone⁺, et non pas un simple problème lié au fait que la surveillance était limitée au début de la période d'étude. Les années 1989 et 2003 constituent

pour leur part des années de feux exceptionnelles au cours desquelles 4 572 km² et 3 455 km² ont brûlé respectivement. Les tendances dans les données décennales indiquent une augmentation importante de la superficie brûlée après les années 1970 (Figure 20). En tenant compte de la faible superficie brûlée dans les années 1960 et 1970 ainsi que de la situation géographique éloignée et nordique de cette écozone⁺, on peut présumer que la fréquence de faibles valeurs de superficie brûlée est due aux méthodes de détection limitées. En grande partie, les incendies qui surviennent dans les plaines hudsoniennes ne sont pas combattus (Ministère des Richesses naturelles de l'Ontario, 2004; Parisien *et al.*, 2006; Burton *et al.*, 2008), et d'autres auteurs ont documenté que, au début des enregistrements dans la base de données sur les grands incendies, la détection était inexistante ou limitée dans les zones où les incendies n'étaient pas combattus, notamment au Québec et en Ontario (Stocks *et al.*, 2003). L'augmentation de la superficie brûlée, entre les années 1980 et les années 1990, pourrait être liée au climat (Podur *et al.*, 2002; Gillett *et al.*, 2004; Girardin, 2007), ce qui correspond aux tendances observées à l'échelle nationale. Enfin, les données montrent une légère baisse au cours de la dernière décennie, même si cette baisse n'est pas aussi marquée que les changements observés entre les autres décennies. Par conséquent, il est difficile de déterminer s'il s'agit d'une tendance réelle ou du résultat du calcul au prorata des données pour les années de la décennie 2000 en fonction des sept premières années seulement.

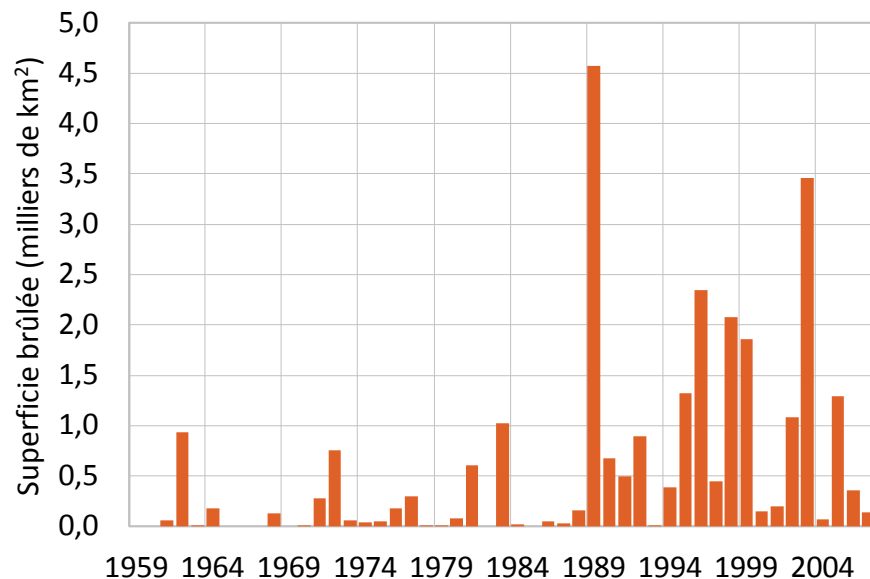


Figure 19. Superficie brûlée annuellement par les grands incendies dans l'écozone⁺ des plaines hudsoniennes, de 1959 à 2007.

Source : Pour la période de 1959 à 1994, les données proviennent de la base de données sur les grands incendies; pour la période de 1995 à 2007, les données sont issues de la télédétection.

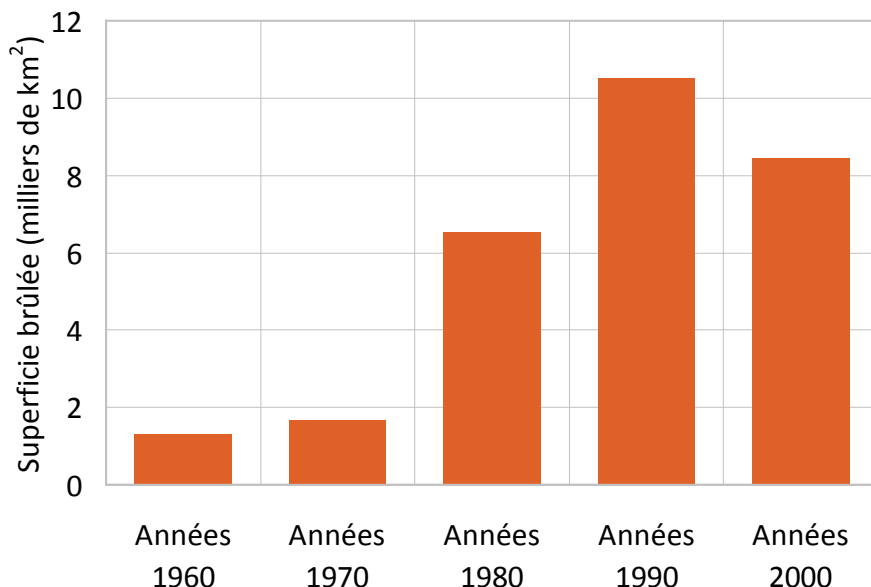


Figure 20. Total de la superficie brûlée par les grands incendies dans l'écozone⁺ des plaines hudsoniennes, par décennie, des années 1960 aux années 2000.

La valeur indiquée pour les années 2000 a été établie pour dix ans au prorata de la moyenne des années 2000 à 2007.

Comme pour les autres écozones⁺ nordiques et éloignées, les feux dans les plaines hudsoniennes sont principalement causés par la foudre. Les allumages par la foudre sont responsables, en moyenne, de 89 % des grands incendies qui se produisent (Tableau 7). Cette proportion varie légèrement d'une décennie à l'autre, mais la foudre demeure la principale cause des incendies. La proportion d'incendies causés par la foudre ne semble pas avoir changé, mais le nombre de grands incendies causés par la foudre a quant à lui augmenté. Dans les années 1980, seuls 80 incendies ont été causés par la foudre. Ce chiffre est passé à 143 dans les années 1990, soit presque le double. Davantage de données sont nécessaires pour déterminer s'il s'agit d'une tendance à la hausse significative de la fréquence des feux causés par la foudre.

Tableau 7. Proportion du nombre de grands incendies allumés par la foudre comparativement à ceux allumés par l'humain dans l'écozone⁺ des plaines hudsoniennes, par décennie, des années 1960 aux années 1990.

Décennie	Nombre d'incendies	Proportion des feux allumés par la foudre (%)	Proportion des feux allumés par les humains (%)
1960	12	92	8
1970	46	80	20
1980	90	89	11
1990	150	95	5
Total	298	89*	11*

* désigne la moyenne et non le total

Source : Les données proviennent de la base de données sur les grands incendies.

Comme la foudre constitue la principale cause d'incendies dans cette écozone⁺, les incendies se produisent principalement plus tard dans la saison. La plupart des incendies dans les plaines hudsoniennes se produisent entre mai et août, atteignant un sommet en juillet (Figure 21). La durée de la saison des feux est en moyenne de 40 jours, ce qui est plus court que la saison des feux dans les écozones⁺ avoisinantes de la taïga du Bouclier et du Bouclier boréal (voir le Tableau 2 à la page 12). La durée de la saison des feux est passée de 9 jours dans les années 1960 à 59 jours dans les années 1990. Cette augmentation est significative ($R^2 = 0,97$, $p = 0,026$), mais les résultats devraient être considérés avec prudence en raison de la forte probabilité d'un manque de données pour les années 1960 et 1970 (Stocks *et al.*, 2003). Enfin, la saisonnalité des incendies semble subir des changements : les incendies se produisent plus tard dans la saison (Figure 21), avec un nombre accru survenant en août, mais cette tendance n'est pas significative sur le plan statistique. Ces changements concordent avec les changements constatés par Kasischke et Turetsky (2006) et avec les prévisions faites par Wotton et Flannigan (1993), selon lesquelles le réchauffement des températures, dû au changement climatique, se traduirait par une extension de la saison des feux plus tard dans l'année dans l'est du Canada.

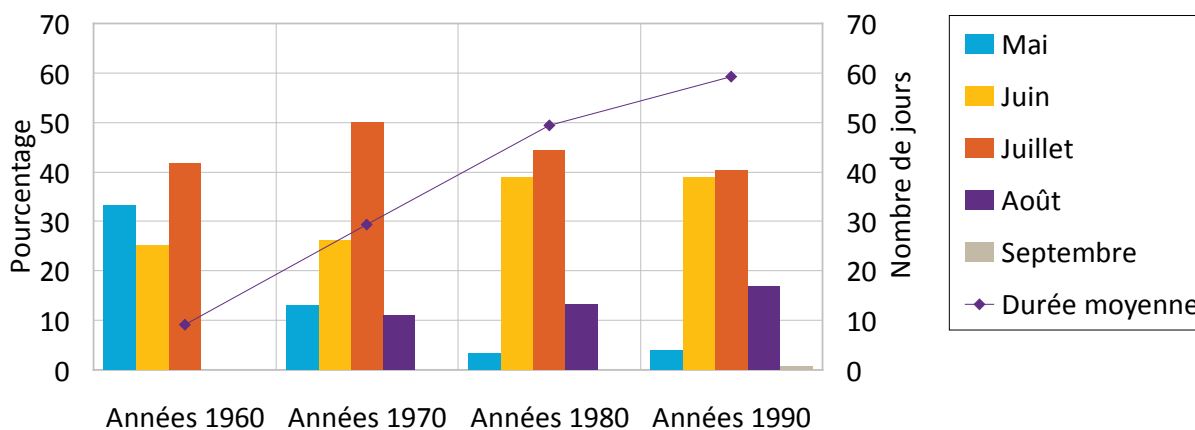


Figure 21. Proportion des grands incendies qui se produisent chaque mois dans l'écozone⁺ des plaines hudsoniennes et durée moyenne de la saison active des feux (ligne mauve), des années 1960 aux années 1990.

Le pourcentage par mois correspond au pourcentage du nombre total de feux survenus durant le mois. Source : Les données proviennent de la base de données sur les grands incendies.

Écozone⁺ de la taïga de la Cordillère

L'écozone⁺ de la taïga de la Cordillère présente des similitudes avec les autres écozones⁺ de la taïga quant au type de combustible qui s'y trouve. Malgré ces similitudes, Parisien *et al.* (2006) ont montré que les incendies dans les régions montagneuses de la taïga de la Cordillère ressemblent davantage aux incendies qui surviennent dans la Cordillère montagnarde et dans la Cordillère boréale qu'à ceux qui surviennent dans les écozones⁺ de la forêt boréale ou de la taïga. En raison de leur situation continentale, les zones de la Cordillère présentent des conditions plus sèches qui sont propices au feu (Burton *et al.*, 2008), et leur relief montagneux crée une discontinuité du combustible qui limite la propagation du feu (Parisien *et al.*, 2006). Les

incendies sont donc plus petits, mais plus sévères et se produisent moins souvent (Amiro *et al.*, 2001; Stocks *et al.*, 2003; Burton *et al.*, 2008).

En moyenne, 857 km² brûlent dans l'écozone⁺ de la taïga de la Cordillère chaque année, ce qui représente 4,5 % de la superficie totale brûlée au Canada (voir le Tableau 1 à la page 6). Au fil du temps, cette part de la superficie totale brûlée au Canada a changé. En effet, à son plus faible, elle était de 2,2 % dans les années 1980 et, à son sommet, elle était de 7,4 % dans les années 2000 (voir la Figure 3 à la page 9). Sur une base annuelle, la superficie brûlée d'année en année varie beaucoup, comme dans toutes les autres écozones⁺ (Figure 22). Notamment, au cours de l'année de feux exceptionnelle de 2004, 7 000 km² ont brûlé, tandis qu'en 1970 et en 1997, aucun gros incendie n'est survenu. En ce qui concerne la proportion de la superficie brûlée par rapport à la superficie boisée totale de l'écozone⁺, la taïga de la Cordillère surpasse la moyenne nationale, avec 0,47 % de sa superficie boisée brûlée annuellement (voir le Tableau 1 à la page 6). Elle surpasse également de beaucoup la Cordillère montagnarde (0,10 %) et la Cordillère boréale (0,38 %). Cette proportion plus élevée pourrait être liée aux différences dans les efforts de suppression. Les incendies dans la taïga de la Cordillère reflètent un régime des feux naturel, puisque aucune zone n'est protégée par des activités intensives de suppression des incendies; comparativement à la Cordillère montagnarde et à la Cordillère boréale, qui sont protégées à 100 % et à 41 % respectivement (Parisien *et al.*, 2006).

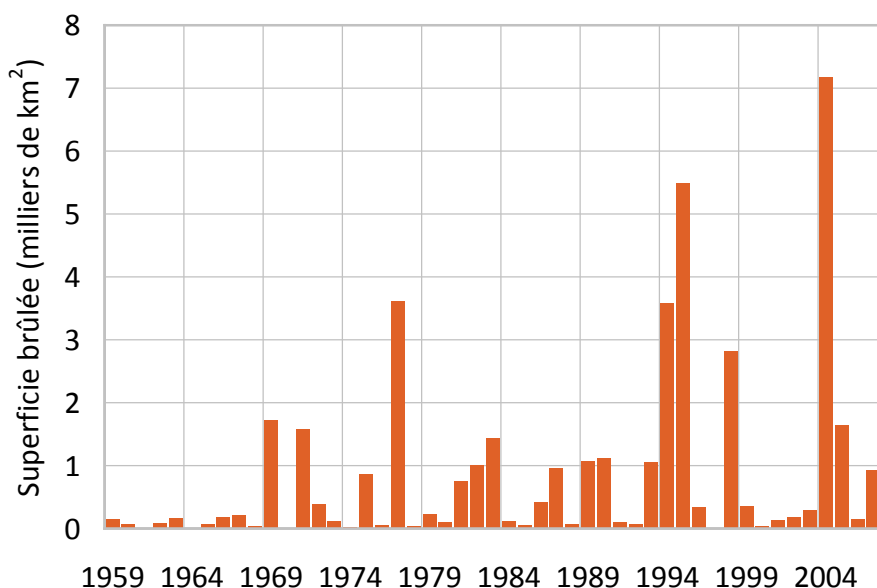


Figure 22. Superficie brûlée annuellement par les grands incendies dans l'écozone⁺ de la taïga de la Cordillère, de 1959 à 2007.

Source : Pour la période de 1959 à 1994, les données proviennent de la base de données sur les grands incendies; pour la période de 1995 à 2007, les données sont issues de la télédétection.

À l'échelle décennale, il n'existe pas de tendance constante de la superficie brûlée dans l'écozone⁺ de la taïga de la Cordillère (Figure 23). L'augmentation observée entre les années 1960 et 1970 est très probablement due à la surveillance limitée dans cette écozone⁺ nordique, ce qui constitue un problème partout au pays (Podur *et al.*, 2002; Stocks *et al.*, 2003).

Le léger recul observé dans les années 1980 n'a pas eu lieu dans les autres écozones⁺ où les efforts de suppression sont limités ou inexistants (voir les sections sur les écozones⁺ des plaines hudsoniennes ou de la taïga du Bouclier) et qui montrent toutes des augmentations de leur superficie brûlée attribuables aux conditions climatiques plus chaudes (Podur *et al.*, 2002; Gillett *et al.*, 2004). La superficie brûlée a doublé entre les années 1980 et les années 1990 et est restée élevée, mais elle a diminué légèrement dans les années 2000. L'augmentation observée dans les années 1990 concorde avec ce qui s'est passé dans la Cordillère boréale et la Cordillère montagnarde, ce qui n'est pas le cas pour la baisse observée dans les années 2000. Toutefois, une diminution de la superficie brûlée a été observée dans les écozones⁺ de la forêt boréale et de la taïga. Ainsi, il est possible que l'écozone⁺ de la taïga de la Cordillère soit régie par les mêmes tendances climatiques que les autres régions boréales, ou que la baisse soit attribuable au fait que seulement huit années de données sont utilisées pour représenter les années 2000.

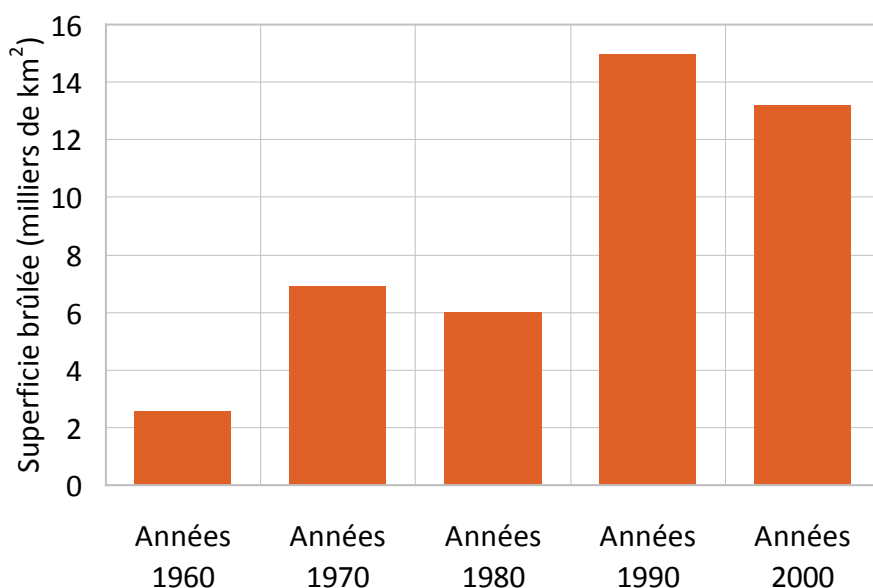


Figure 23. Total de la superficie brûlée par les grands incendies dans l'écozone⁺ de la taïga de la Cordillère, par décennie, des années 1960 aux années 2000.

La valeur indiquée pour les années 2000 a été établie pour dix ans au prorata de la moyenne des années 2000 à 2007.

La durée moyenne de la saison des feux dans l'écozone⁺ de la taïga de la Cordillère est de 44 jours, ce qui est relativement court (voir le Tableau 2 à la page 12). Des années 1960 aux années 1980, la durée de la saison des feux est restée d'environ 41 jours. Puis, elle a augmenté de 14 jours dans les années 1990 (Figure 24). Davantage de données sont nécessaires pour déterminer si cette augmentation est significative. Dans cette écozone⁺, la plupart des incendies se produisent généralement en juin et juillet. Il y a eu une augmentation constante du nombre de feux survenant au mois d'août ($R^2 = 0,91$, $p = 0,04$). En effet, le nombre d'incendies survenus au cours de ce mois a triplé entre les années 1960 et les années 1990 (Figure 24).

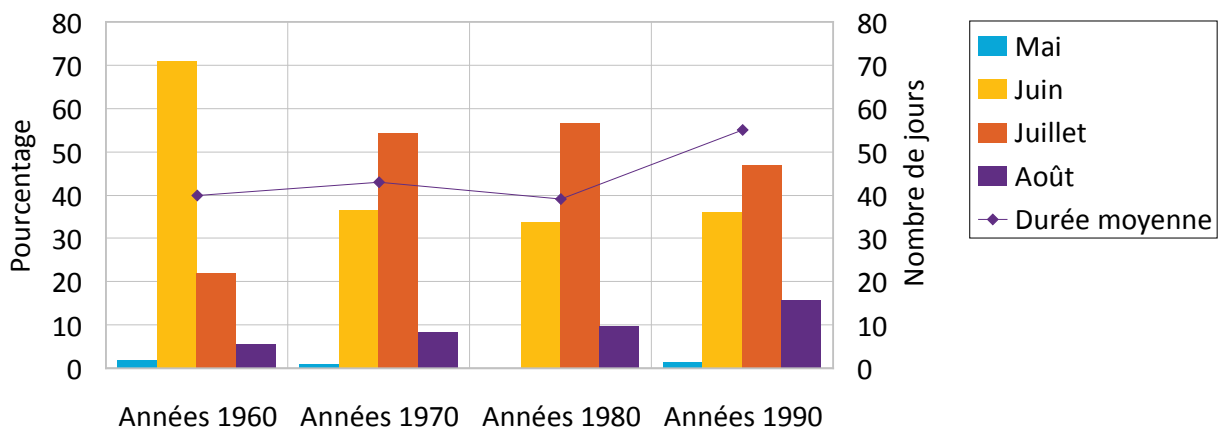


Figure 24. Proportion des grands incendies qui se produisent chaque mois dans l'écozone⁺ de la taïga de la Cordillère et durée moyenne de la saison active des feux (ligne mauve), des années 1960 aux années 1990.

Le pourcentage par mois correspond au pourcentage du nombre total de feux survenus durant le mois. Source : Les données proviennent de la base de données sur les grands incendies.

La courte durée pendant laquelle les incendies se produisent et le fait qu'ils surviennent vers la fin de la saison des feux sont dus à la prédominance des allumages par la foudre dans cette écozone⁺. En effet, dans la taïga de la Cordillère, 95 % des incendies sont causés par la foudre (Tableau 8). Les grands incendies causés par les humains sont rares et semblent diminuer encore plus avec le temps (Tableau 8), même si cette baisse n'a pas été démontrée comme étant significative. Le ratio d'incendies causés par les humains par rapport à ceux qui sont causés par la foudre, dans la taïga de la Cordillère, est le plus faible du pays, soit 0,05 (voir le Tableau 2 à la page 12).

Tableau 8. Proportion du nombre de grands incendies allumés par la foudre comparativement à ceux allumés par l'humain dans l'écozone⁺ de la taïga de la Cordillère, par décennie, des années 1960 aux années 1990.

Décennie	Nombre d'incendies	Proportion des feux allumés par la foudre (%)	Proportion des feux allumés par les humains (%)	Superficie totale brûlée à la suite d'allumages par la foudre (km ²)	Superficie totale brûlée à la suite d'allumages par les humains (km ²)
1960	55	93	7	2 480,8	70,4
1970	96	95	5	6 636,5	286,1
1980	157	95	5	5 697,5	311,3
1990	139	99	1	16 839,9	539,0
Total	428	95*	5*	31 654,7	1 206,9

* désigne la moyenne et non le total

Source : Les données proviennent de la base de données sur les grands incendies.

Écozone⁺ de la Cordillère boréale

Les régimes de feux dans les écozones⁺ de la Cordillère se sont révélés être uniques par rapport à ceux que l'on observe dans la forêt boréale (Parisien *et al.*, 2006). La situation continentale des zones de la Cordillère entraîne des conditions plus sèches qui sont propices au feu (Burton *et al.*, 2008) et le relief montagneux crée une discontinuité du combustible qui limite la propagation du feu (Parisien *et al.*, 2006). Parmi les trois écozones⁺ de la Cordillère, la Cordillère boréale est celle qui présente la plus grande superficie brûlée et les incendies les plus sévères (Stocks *et al.*, 2003; Parisien *et al.*, 2006; Burton *et al.*, 2008). La superficie brûlée annuellement est de 1 206 km² (voir le Tableau 1 à la page 6) et elle varie chaque année d'aussi peu que 10 km² (par exemple en 1973 et en 1987) à autant que 11 014 km² (en 2004), au cours d'années de feux exceptionnelles (Figure 25). La superficie brûlée de cette écozone⁺ représente, en moyenne, 8 % de la superficie totale brûlée au Canada, ce qui est essentiellement deux fois plus élevé que pour les deux autres écozones⁺ de la Cordillère (voir le Tableau 1 à la page 6). À l'échelle de l'écozone⁺, la proportion moyenne de la superficie boisée qui brûle chaque année est de 0,38 %, ce qui est légèrement supérieur à la moyenne canadienne.

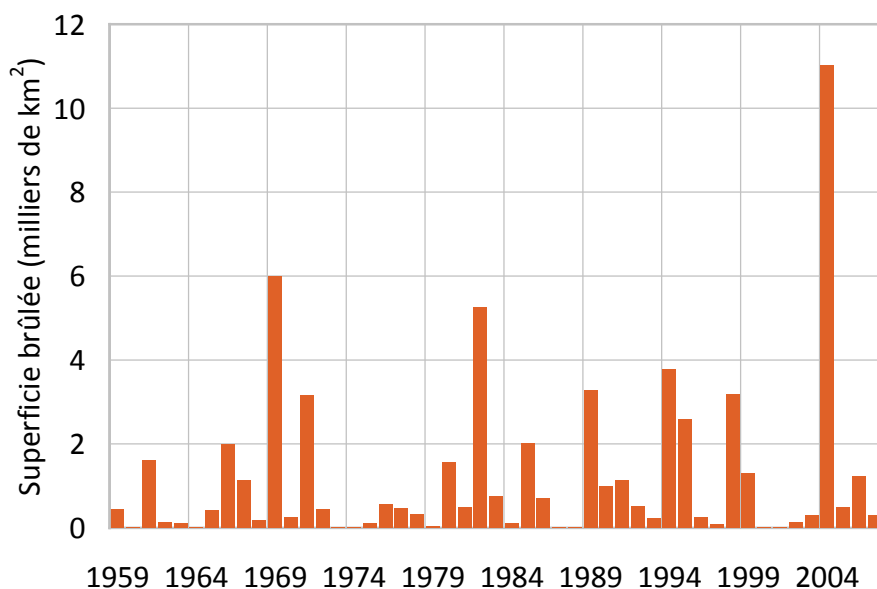


Figure 25. Superficie brûlée annuellement par les grands incendies dans l'écozone⁺ de la Cordillère boréale, de 1959 à 2007.

Source : Pour la période de 1959 à 1994, les données proviennent de la base de données sur les grands incendies; pour la période de 1995 à 2007, les données sont issues de la télédétection.

La superficie brûlée au cours des cinq dernières décennies a peu changé, sauf dans les années 1970 (Figure 26). La baisse de la superficie brûlée dans les années 1970 pourrait être attribuable à un changement du comportement humain, concernant les méthodes avancées de lutte contre le feu ou les efforts de prévention accrus. Cette tendance est également apparente dans d'autres écozones⁺ qui sont protégées par un certain niveau d'efforts de suppression des incendies (comme les écozones⁺ de la Cordillère montagnarde et des plaines boréales). Selon Parisien *et al.* (2006), 41 % de la Cordillère boréale est protégée par des activités intensives de

suppression des incendies. L'augmentation du taux de réussite des efforts de suppression a été attribuée à l'arrivée des bombardiers à eau dans les années 1970 (Bergeron *et al.*, 2001). Les mauvaises méthodes de détection qui ont mené à des valeurs douteuses pour les années 1960 et 1970, en particulier dans les régions nordiques, pourraient également expliquer la baisse de la superficie brûlée dans les années 1970 (Podur *et al.*, 2002; Stocks *et al.*, 2003). La superficie totale brûlée a augmenté d'environ 9 000 km² entre les années 1970 et les années 1980, après quoi elle est restée stable dans les années 1990, et a légèrement augmenté à nouveau dans les années 2000 (Figure 26). La forte augmentation relevée entre les années 1970 et les années 1980 n'a toutefois pas été observée dans la taïga de la Cordillère ni dans la Cordillère montagnarde. Cette tendance a également été observée dans certaines écozones⁺ boréales et été attribuée à une combinaison de facteurs, notamment un climat plus chaud (Podur *et al.*, 2002; Gillett *et al.*, 2004), l'utilisation accrue de la forêt par les humains et l'amélioration des méthodes de détection (Stocks *et al.*, 2003). L'augmentation de la superficie brûlée dans les années 2000 est, quant à elle, évidente dans toutes les écozones⁺ de l'ouest. Un certain nombre de facteurs pourraient être à l'origine de ces augmentations (voir la section sur l'écozone⁺ de la Cordillère montagnarde, à la page 41). Les changements dans les oscillations climatiques sont la cause la plus probable de cette augmentation dans la Cordillère boréale (Volney et Hirsch, 2005).

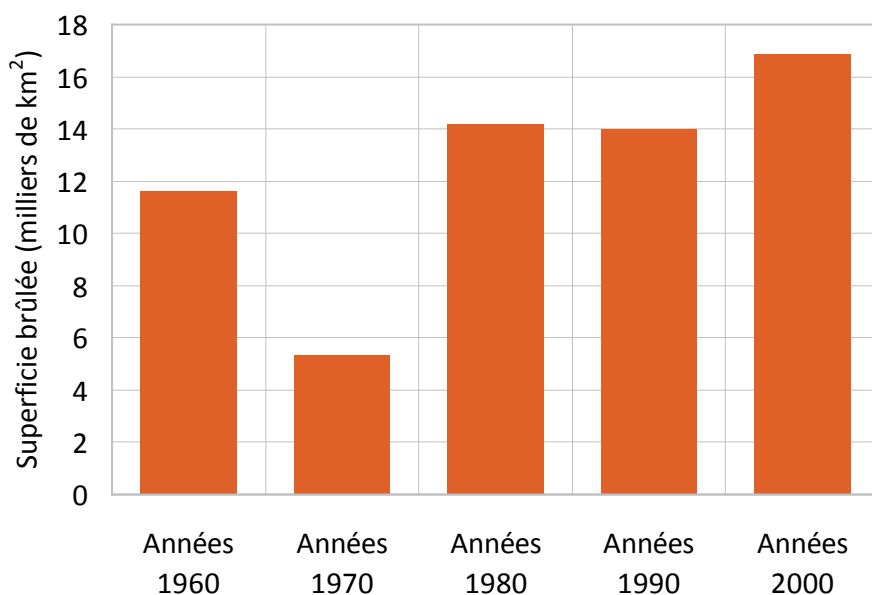


Figure 26. Total de la superficie brûlée par les grands incendies dans l'écozone⁺ de la Cordillère boréale, par décennie, des années 1960 aux années 2000.

La valeur indiquée pour les années 2000 a été établie pour dix ans au prorata de la moyenne des années 2000 à 2007.

La durée de la saison des feux de cette écozone⁺ est en moyenne de 37 jours, ce qui est relativement court comparativement à la durée de la saison des feux des écozones⁺ avoisinantes de la taïga de la Cordillère (44 jours), de la taïga des plaines (81 jours) et de la Cordillère montagnarde (101 jours) (voir le Tableau 2 à la page 12). Le plus souvent, les incendies se produisent entre mai et août, atteignant un sommet en juin ou juillet (Figure 27). Des incendies ont été enregistrés dès le mois d'avril et jusqu'en septembre, mais ces cas sont rares. Aucun

changement significatif n'a été observé entre les années 1960 et les années 1990 en ce qui concerne la durée de la saison des feux ou la saisonnalité des incendies dans la Cordillère boréale (Figure 27).

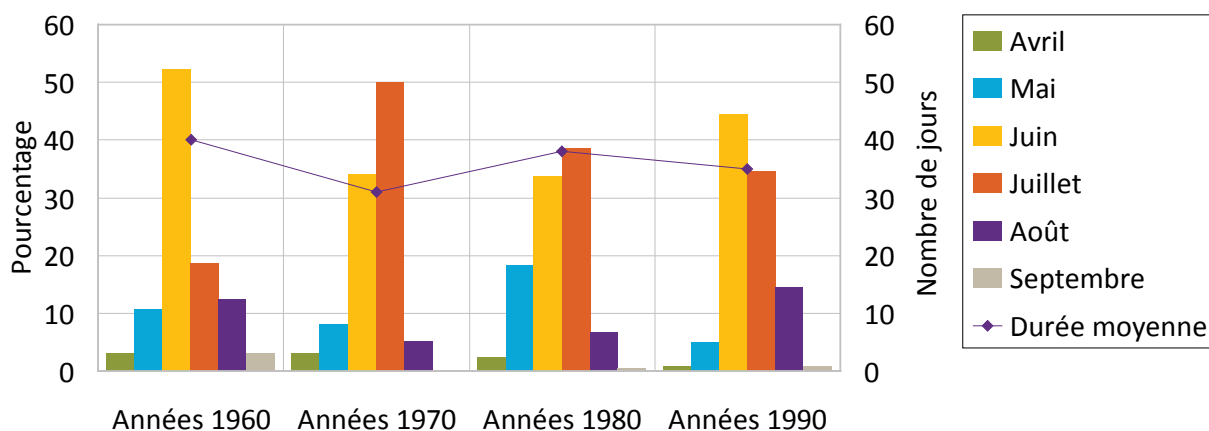


Figure 27. Proportion des grands incendies qui se produisent chaque mois dans l'écozone⁺ de la Cordillère boréale et durée moyenne de la saison active des feux (ligne mauve), des années 1960 aux années 1990. Le pourcentage par mois correspond au pourcentage du nombre total de feux survenus durant le mois. Source : Les données proviennent de la base de données sur les grands incendies.

La majorité des grands incendies (78 % en moyenne) qui surviennent dans la Cordillère boréale sont causés par la foudre (Tableau 9) et l'influence de l'activité humaine est relativement faible. Parisien *et al.* (2006) ont déterminé que 19 % de la superficie était touchée par l'utilisation des terres par les humains. Cette proportion est similaire à celle de l'ouest du Bouclier boréal et de la taïga des plaines. Entre 1959 et 1999, aucun changement significatif dans le ratio des incendies causés par la foudre et par les humains n'a été observé (Tableau 9). La superficie moyenne brûlée par des incendies causés par les humains a, quant à elle, augmenté au fil des années, mais cette tendance n'est pas significative sur le plan statistique.

Tableau 9. Proportion du nombre de grands incendies allumés par la foudre comparativement à ceux allumés par l'humain dans l'écozone⁺ de la Cordillère boréale, par décennie, des années 1960 aux années 1990.

Décennie	Nombre d'incendies	Proportion des feux allumés par la foudre (%)	Proportion des feux allumés par les humains (%)	Superficie totale brûlée à la suite d'allumages par la foudre (km ²)	Superficie totale brûlée à la suite d'allumages par les humains (km ²)
1960	161	76	24	10 978,5	611,61
1970	100	84	16	5 242,5	84,0
1980	213	69	31	10 581,1	3 630,6
1990	264	84	16	13 934,3	1538,4
Total	738	78*	22*	40 736,3	5864,5

* désigne la moyenne et non le total

Source : Les données proviennent de la base de données sur les grands incendies.

Écozone⁺ de la Cordillère montagnarde

De toutes les écozones⁺, la Cordillère montagnarde est celle qui présente les conditions météorologiques les plus propices au feu. Or, malgré cette forte influence positive du climat, le régime des feux dans cette écozone⁺ est caractérisé par un grand nombre de petits feux de faible intensité (Stocks *et al.*, 2003; Parisien *et al.*, 2006). La topographie et l'activité humaine ont davantage d'influence sur les incendies dans la Cordillère montagnarde, ce qui contribue à limiter la propagation du feu. La superficie brûlée de cette écozone⁺ varie de 0 km² (1993) à environ 2 500 km² (1961 et 2003) pendant les années de feux exceptionnelles (Figure 28), la moyenne à long terme s'établissant à 316 km² par année. La part de cette écozone⁺ dans la superficie totale brûlée au Canada est en moyenne de près de 3,0 % (voir le Tableau 1 à la page 6), et elle a changé au fil des années : à son plus haut, elle était de 5 % (dans les années 1960); à son plus bas, elle était de 0,6 % (dans les années 1980 et 1990) (voir la Figure 3 à la page 9). La proportion de la superficie boisée qui brûle annuellement est également faible, à 0,10 % en moyenne (voir le Tableau 1 à la page 6).

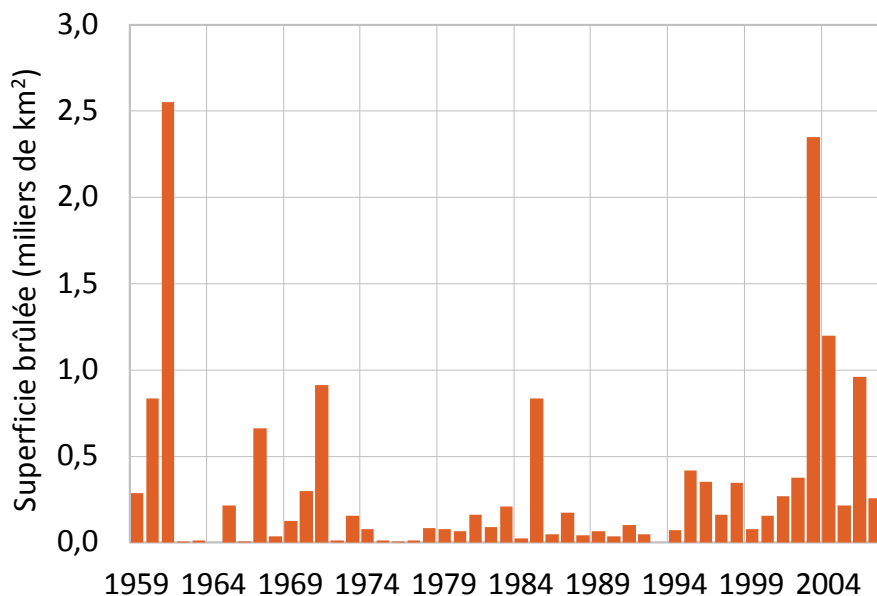


Figure 28. Superficie brûlée annuellement par les grands incendies dans l'écozone⁺ de la Cordillère montagnarde, de 1959 à 2007.

Source : Pour la période de 1959 à 1994, les données proviennent de la base de données sur les grands incendies; pour la période de 1995 à 2007, les données sont issues de la télédétection.

La Cordillère montagnarde est la seule écozone⁺ qui est entièrement protégée par des activités de suppression des incendies (Parisien *et al.*, 2006). Les effets de ces efforts de gestion forestière sont évidents dans la tendance à long terme de la superficie brûlée (Figure 29), qui est fortement influencée par l'activité humaine. Une forte baisse de la superficie brûlée a eu lieu des années 1960 aux années 1970, probablement en raison de la gestion accrue des incendies et à une augmentation des efforts de suppression (Stocks *et al.*, 2003). La superficie brûlée est restée stable au cours des trois décennies qui ont suivi, ce qui diffère par rapport à toutes les autres écozones⁺. Une fois de plus, cette stabilité est probablement liée à l'efficacité des efforts de

suppression des incendies, motivée par les valeurs à risque élevé présentes dans cette écozone⁺ (Stocks *et al.*, 2003; Parisien *et al.*, 2006). Au cours des années 2000, il y a eu une augmentation spectaculaire de la superficie brûlée (Figure 29). Les années de feux exceptionnelles de 2003, de 2004 et de 2006 ont contribué à cette hausse (Figure 28). Un certain nombre de facteurs pourraient être responsables de cette augmentation, dont les oscillations climatiques comme El Niño en 2002-2003 et une phase chaude de l'oscillation décennale du Pacifique de 2003 à 2005 (Volney et Hirsch, 2005), l'augmentation des charges de combustibles dans la forêt en raison de la suppression à long terme des incendies (Allen, 2001; Parker *et al.*, 2006) et une interaction positive entre les feux de forêts et l'épidémie du dendroctone du pin ponderosa qui a frappé cette écozone⁺ au cours de la dernière décennie (Jenkins *et al.*, 2008).

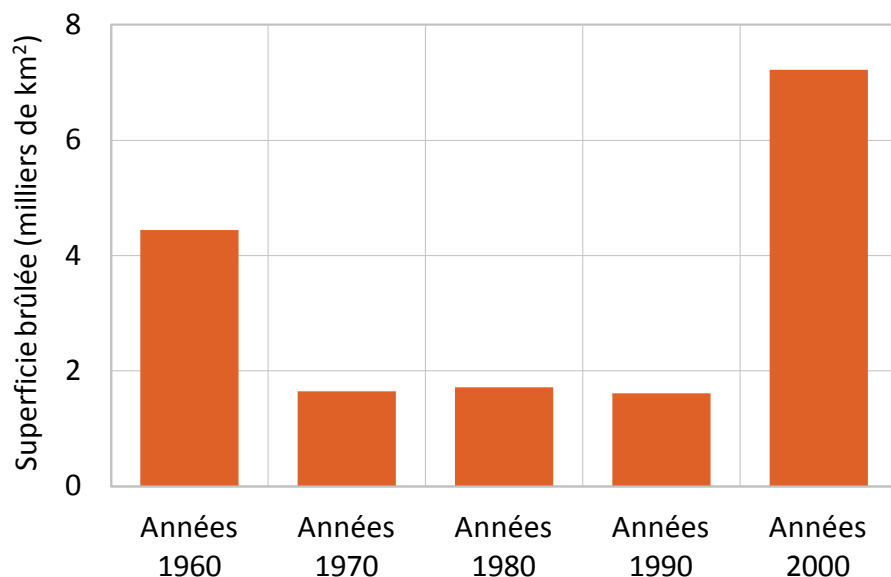


Figure 29. Total de la superficie brûlée par les grands incendies dans l'écozone⁺ de la Cordillère montagnarde, par décennie, des années 1960 aux années 2000.

La valeur indiquée pour les années 2000 a été établie pour dix ans au prorata de la moyenne des années 2000 à 2007.

La saison des feux dans la Cordillère montagnarde s'étend d'avril à novembre et dure en moyenne 101 jours (Figure 30). Les incendies se produisent le plus fréquemment entre juin et août, atteignant un sommet à la fin de l'été, mais ils peuvent survenir jusqu'en novembre. Entre les années 1960 et les années 1990, la durée de la saison active des feux est restée la même, mais la répartition des feux pendant la saison a changé. En effet, depuis les années 1960, la proportion des feux qui se produisent au printemps et à l'automne s'est accrue (Figure 30). La proportion des incendies se produisant au cours du mois de mai est passée de 2,7 % à 17,9 % ($R^2 = 0,94$, $p = 0,03$) et celle du mois de septembre est passée de 3,2 à 17,9 % ($R^2 = 0,93$, $p = 0,03$). Ces changements sont conformes aux prévisions de Wotton et Flannigan (1993) selon lesquelles la saison des feux en Colombie-Britannique s'allongerait à la fois au printemps et à l'automne en raison de la hausse des températures à l'échelle planétaire.

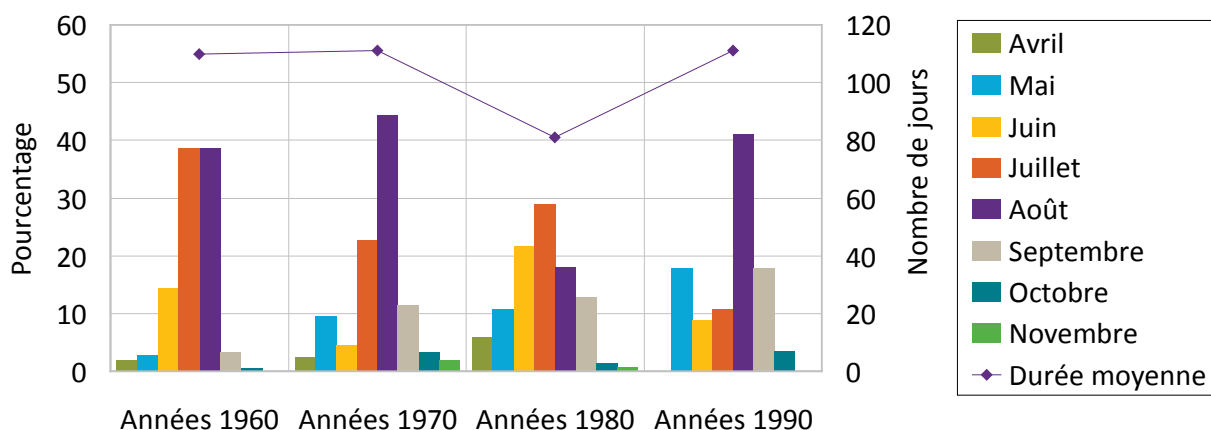


Figure 30. Proportion des grands incendies qui se produisent chaque mois dans l'écozone⁺ de la Cordillère montagnarde et durée moyenne de la saison active des feux (ligne mauve), des années 1960 aux années 1990.

Le pourcentage par mois correspond au pourcentage du nombre total de feux survenus durant le mois. Source : Les données proviennent de la base de données sur les grands incendies.

En moyenne, à long terme, les feux ont été causés à parts égales par les humains et par la foudre dans cette écozone⁺ (Tableau 10), ce qui explique l'augmentation observée au cours des deux saisons. Comme l'indique la section « Tendances à l'échelle du pays », les feux sont essentiellement causés par les humains au printemps, et principalement par la foudre en été (Stocks et al., 2003). En moyenne, entre les années 1960 et les années 1990, la foudre a causé légèrement plus de grands incendies que les humains (52,8 % et 47,2 % respectivement) (Tableau 10). Au fil du temps, ces proportions ont considérablement changé. Au début de la période d'étude, les feux causés par la foudre étaient responsables de 61 % des grands incendies, puis ce pourcentage a chuté à seulement 27 % dans les années 1990 ($R^2 = 0,95$, $p = 0,03$) (Tableau 10). La superficie brûlée par les feux causés par la foudre a également diminué de manière significative au cours de la période d'étude de 40 ans, soit de plus de 2 000 km² (Tableau 10). Malgré l'augmentation de la proportion des feux allumés par les humains, une baisse de la superficie brûlée par de tels feux s'est tout de même produite. Cette diminution n'est cependant pas significative. Les deux sources d'allumage sont responsables d'une superficie brûlée semblable.

Tableau 10. Proportion du nombre de grands incendies allumés par la foudre comparativement à ceux allumés par l'humain dans l'écozone⁺ de la Cordillère montagnarde, par décennie, des années 1960 aux années 1990.

Décennie	Nombre d'incendies	Proportion des feux allumés par la foudre (%)	Proportion des feux allumés par les humains (%)	Superficie totale brûlée à la suite d'allumages par la foudre (km ²)	Superficie totale brûlée à la suite d'allumages par les humains (km ²)
1960	222	61	39	2 345,5	2 095,6
1970	159	55	45	1 073,2	578,0
1980	137	45	55	817,0	901,0
1990	62	27	73	181,6	314,2
Total	580	47*	53*	4 417,4	3 888,9

* désigne la moyenne et non le total

Source : Les données proviennent de la base de données sur les grands incendies.

Écozone⁺ du bassin intérieur de l'Ouest

Les grands feux de forêts ne jouent pas un rôle important dans le régime de perturbation du bassin intérieur de l'Ouest. Comme les classifications écologiques précédentes incluaient cette zone dans l'écozone⁺ de la Cordillère montagnarde (voir la Préface à la page i), l'information supplémentaire sur le bassin intérieur de l'Ouest qui se trouve dans la documentation sur les incendies est la même que l'information présentée pour la Cordillère montagnarde. Ainsi, on peut supposer que des conditions similaires s'appliquent. Les conditions météorologiques sont très propices au feu dans cette région (Parisien *et al.*, 2006), mais le nombre de grands incendies qui s'y produisent est encore moindre que dans la Cordillère montagnarde. Les incendies, dans le bassin intérieur de l'Ouest, varient d'une année à l'autre. Certaines années, aucun grand feu n'est relevé, tandis que jusqu'à 800 km² peuvent brûler au cours des années de feux exceptionnelles (Figure 31). En moyenne, seulement 54 km² brûlent chaque année. La part de cette zone dans la superficie totale brûlée au Canada est de moins de 1 % (voir le Tableau 1 à la page 6) et elle n'a pas beaucoup varié au cours des 40 dernières années (voir la Figure 3 à la page 9). À l'échelle de l'écozone⁺, la proportion de la superficie boisée qui brûle chaque année est de 0,11 % par année, ce qui est légèrement supérieur à celle de la Cordillère montagnarde.

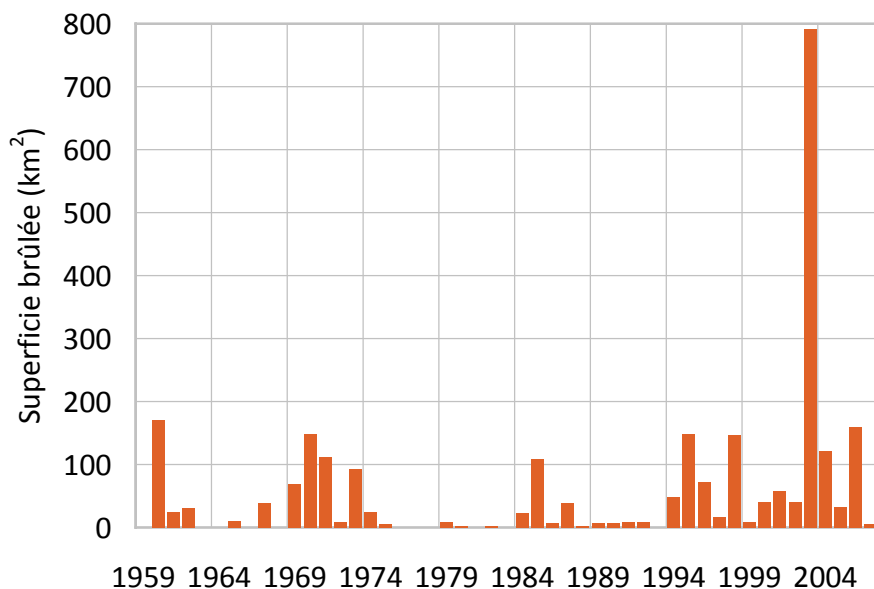


Figure 31. Superficie brûlée annuellement par les grands incendies dans l'écozone⁺ du bassin intérieur de l'Ouest, de 1959 à 2007.

Source : Pour la période de 1959 à 1994, les données proviennent de la base de données sur les grands incendies; pour la période de 1995 à 2007, les données sont issues de la télédétection.

Jusque dans les années 2000, la superficie brûlée dans le bassin intérieur de l'Ouest était relativement stable (Figure 32). Une légère baisse s'est produite dans les années 1980 (tendance également observée dans l'écozone⁺ maritime du Pacifique avoisinante). Cette baisse a été attribuée à une réduction du nombre d'incendies en raison d'efforts de sensibilisation à la prévention et d'une lutte intensive contre les incendies (Stocks *et al.*, 2003). Dans les années 1990, cette baisse ne s'est toutefois pas maintenue, et la superficie brûlée a augmenté,

atteignant des niveaux similaires à ceux des années 1960 et 1970. Cette augmentation modeste dans les années 1990 pourrait être attribuable à des températures plus élevées (Stocks *et al.*, 2003; Gillett *et al.*, 2004). Le changement le plus important au cours des cinq dernières décennies s'est produit des années 1990 aux années 2000. La superficie brûlée a alors augmenté de plus de 1 000 km². Cette augmentation a également été observée dans l'écozone⁺ de la Cordillère montagnarde et les mêmes facteurs pourraient l'expliquer, notamment : les oscillations climatiques positives comme El Niño et la phase chaude de l'oscillation décennale du Pacifique (Volney et Hirsch, 2005), l'augmentation des charges de combustibles dans la forêt en raison de la suppression à long terme des incendies (Allen, 2001; Parker *et al.*, 2006) et l'interaction positive entre les feux de forêts et l'épidémie du dendroctone du pin ponderosa (Jenkins *et al.*, 2008).

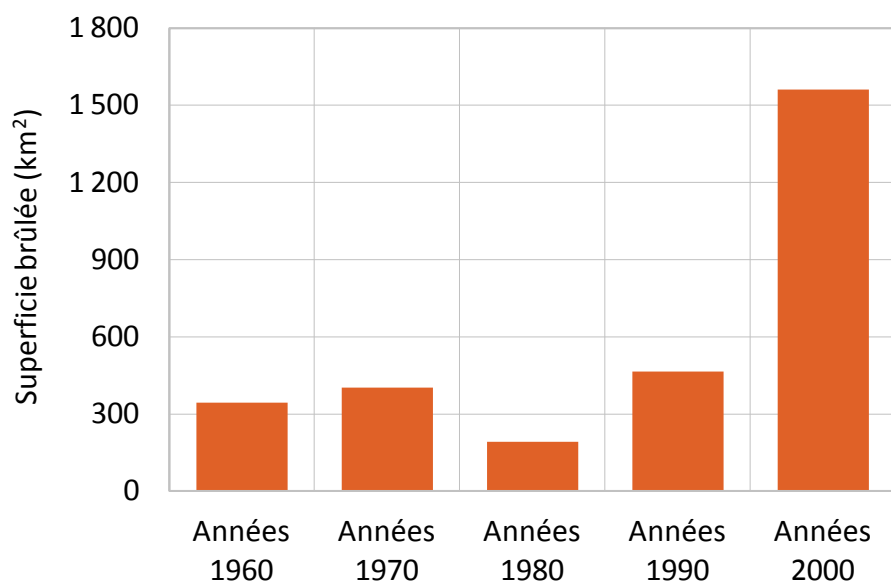


Figure 32. Total de la superficie brûlée par les grands incendies dans l'écozone⁺ du bassin intérieur de l'Ouest, par décennie, des années 1960 aux années 2000.

La valeur indiquée pour les années 2000 a été établie pour dix ans au prorata de la moyenne des années 2000 à 2007.

Le niveau de suppression des incendies et d'utilisation des terres par les humains est également élevé dans le bassin intérieur de l'Ouest. Des secteurs tels que la vallée de l'Okanagan sont caractérisés par des valeurs à risque élevé pour la protection et une concentration accrue de terres utilisées, et ce, en raison de la densité de la population à cet endroit. Toute la zone est protégée par des activités de suppression des incendies, d'après les données statistiques sur la Cordillère montagnarde (Stocks *et al.*, 2003; Parisien *et al.*, 2006). La durée moyenne de la saison active des feux est beaucoup plus courte dans cette zone – 45 jours – comparativement à 101 jours dans la Cordillère montagnarde (voir le Tableau 2 à la page 12). La plupart des incendies se produisent de juin à août, atteignant un sommet en juillet, mais des feux ont été enregistrés aussi tôt qu'en avril et aussi tard qu'en octobre (Figure 33). Entre 1959 et 1999, aucun changement significatif n'a été observé en ce qui a trait à la durée de la saison des feux ou à la répartition des feux pendant celle-ci. La durée de la saison active des feux a diminué de

27 jours, mais cette baisse n'est pas significative sur le plan statistique et pourrait être liée à une diminution importante du nombre d'incendies qui se sont produits au cours des deux dernières décennies (Figure 33). Davantage de données sont nécessaires pour bien comprendre ces changements.

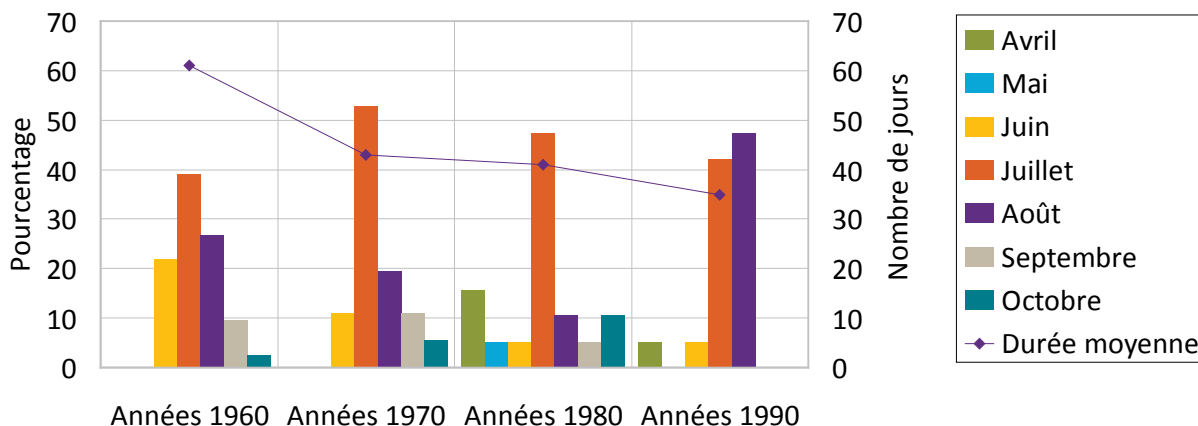


Figure 33. Proportion des grands incendies qui se produisent chaque mois dans l'écozone⁺ du bassin intérieur de l'Ouest et durée moyenne de la saison active des feux (ligne mauve), des années 1960 aux années 1990.

Le pourcentage par mois correspond au pourcentage du nombre total de feux survenus durant le mois. Source : Les données proviennent de la base de données sur les grands incendies.

L'activité humaine constitue la principale cause d'incendies dans le bassin intérieur de l'Ouest (Tableau 11). Cette tendance s'observe des années 1960 aux années 1990. Les incendies provoqués par la foudre sont moins fréquents dans cette zone que dans la Cordillère montagnarde. À cet égard, le bassin intérieur de l'Ouest ressemble plus à l'écozone⁺ maritime du Pacifique.

Tableau 11. Proportion du nombre de grands incendies allumés par la foudre comparativement à ceux allumés par l'humain dans l'écozone⁺ du bassin intérieur de l'Ouest, par décennie, des années 1960 aux années 1990.

Décennie	Nombre d'incendies	Proportion des feux allumés par la foudre (%)	Proportion des feux allumés par les humains (%)	Superficie totale brûlée à la suite d'allumages par la foudre (km ²)	Superficie totale brûlée à la suite d'allumages par les humains (km ²)
1960	38	21	79	75,5	268,6
1970	36	28	72	54,0	346,8
1980	20	25	75	82,3	108,5
1990	20	15	85	22,4	265,2
Total	114	22*	78*	234,2	989,1

* désigne la moyenne et non le total

Source : Les données proviennent de la base de données sur les grands incendies.

Écozone⁺ maritime du Pacifique

Le feu n'est pas une perturbation naturelle significative dans l'écozone⁺ maritime du Pacifique (Stocks *et al.*, 2003; Amiro *et al.*, 2009), et ne l'a pas été non plus, même en remontant loin dans le passé (plus de 6 000 ans) (Lertzman *et al.*, 2002). La part de cette écozone⁺ dans la superficie totale brûlée annuellement au pays n'est que de 0,3 %, ce qui constitue la plus faible part de toutes les écozones⁺ (voir le Tableau 1 à la page 6). La superficie brûlée à l'échelle de l'écozone⁺ est également négligeable : en moyenne, annuellement, seulement 0,02 % de la superficie boisée de l'écozone⁺ est touchée par des incendies. Malgré la présence de certaines essences montagnardes et subalpines le long de la limite orientale, essences qui brûlent facilement dans la Cordillère montagnarde voisine, le feu ne constitue pas une caractéristique dominante de l'écozone⁺ maritime du Pacifique, dont le climat humide et marin est peu propice au feu.

Les incendies qui se produisent dans l'écozone⁺ maritime du Pacifique sont principalement causés par les humains (72 %) et sont dus aux activités récréatives et aux pratiques d'exploitation forestière (Pew et Larsen, 2001). En moyenne, la superficie brûlée annuellement est de seulement 20,8 km² et peut varier de 0 km² certaines années à 144 km² (année de feux exceptionnelle de 1961) (Figure 34). De plus, la majorité des incendies qui se produisent dans cette écozone⁺ sont très petits, soit de 0,1 hectare ou moins (Pew et Larsen, 2001). Ces petits feux ne sont pas inclus dans les données pour la période de 1959 à 1994. Au cours des cinq dernières décennies, certains changements dans la superficie brûlée annuellement se sont produits (Figure 35). Des années 1960 aux années 1980, la superficie brûlée a diminué. Cette diminution est probablement due à une réduction des incendies causés par les humains résultant des efforts de sensibilisation à la prévention et d'une lutte intensive contre les incendies (Stocks *et al.*, 2003). Depuis les années 1980, la superficie brûlée a augmenté de 84 km², ce qui ne constitue pas une augmentation significative sur plus de 20 ans. À ce stade, les tendances concernant les superficies brûlées à long terme sont purement hypothétiques, car il est difficile de dégager des tendances lorsque l'activité du feu est rare et que la superficie brûlée est si petite.

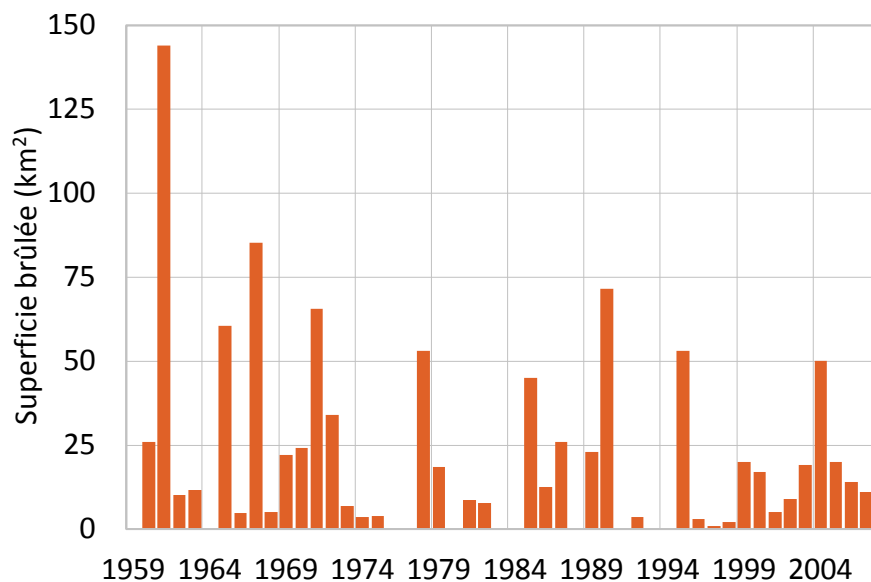


Figure 34. Superficie brûlée annuellement par les grands incendies dans l'écozone⁺ maritime du Pacifique, de 1959 à 2007.

Source : Pour la période de 1959 à 1994, les données proviennent de la base de données sur les grands incendies; pour la période de 1995 à 2007, les données sont issues de la télédétection.

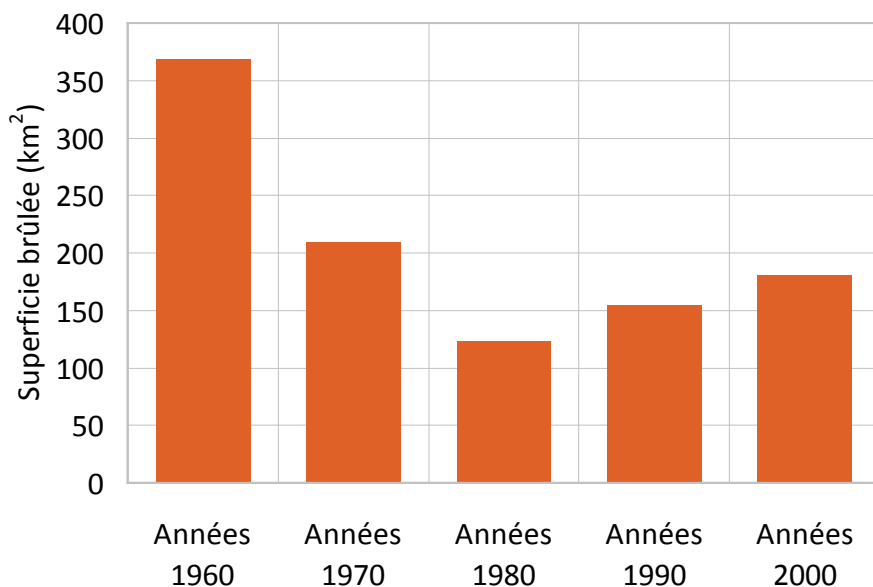


Figure 35. Total de la superficie brûlée par les grands incendies dans l'écozone⁺ maritime du Pacifique, par décennie, des années 1960 aux années 2000.

La valeur indiquée pour les années 2000 a été établie pour dix ans au prorata de la moyenne des années 2000 à 2007.

Écozone⁺ maritime de l'Atlantique

Les incendies de forêts ne constituent pas une perturbation naturelle fréquente ou significative sous le climat côtier de l'écozone⁺ maritime de l'Atlantique. En moyenne, 34 km² brûlent chaque année dans cette écozone⁺. La part de cette écozone⁺ dans la superficie totale brûlée au Canada est de moins de 1 %, et cette valeur ne représente que 0,02 % de la superficie boisée à l'échelle de l'écozone⁺ (voir le Tableau 1 à la page 6). D'une année à l'autre, il y a une certaine variabilité de la superficie brûlée (Figure 36), mais son ampleur est négligeable par rapport aux autres écozones⁺. Au cours des années de feux exceptionnelles de 1986 et de 1995, 374 et 296 km² ont brûlé respectivement. Dans cette écozone⁺, il est fréquent qu'aucun grand incendie ne survienne au cours d'une année.

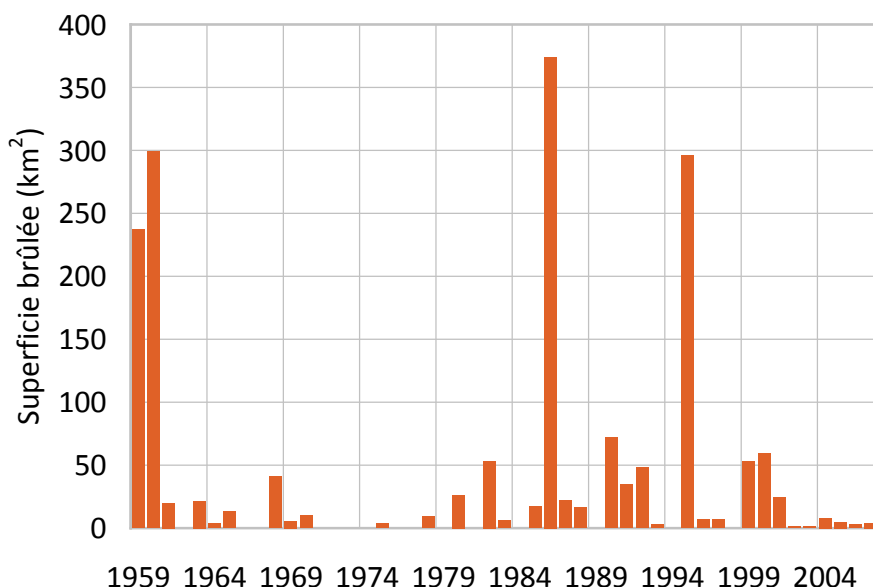


Figure 36. Superficie brûlée annuellement par les grands incendies dans l'écozone⁺ maritime de l'Atlantique, de 1959 à 2007.

Source : Pour la période de 1959 à 1994, les données proviennent de la base de données sur les grands incendies; pour la période de 1995 à 2007, les données sont issues de la télédétection.

La saison active des feux dans l'écozone⁺ maritime de l'Atlantique dure en moyenne 32 jours, et les incendies se produisent le plus souvent de mai à juin, atteignant un sommet en mai (Figure 37). La plus forte activité de feu au début de la saison s'explique par le fait que la principale source d'allumage dans cette écozone⁺ est l'humain (Tableau 12). Les zones où les feux allumés par les humains prédominent ont tendance à connaître une plus grande fréquence des feux plus tôt dans l'année (Stocks *et al.*, 2003). En moyenne, les humains ont été responsables de 86 % des incendies qui sont survenus dans l'écozone⁺ maritime de l'Atlantique entre les années 1960 et les années 1990, et ils contribuent à la plus grande part de la superficie brûlée (Tableau 12). Les incendies allumés par la foudre sont relativement rares dans cette écozone⁺; pendant près de 20 ans, aucun feu n'y a été allumé par la foudre.

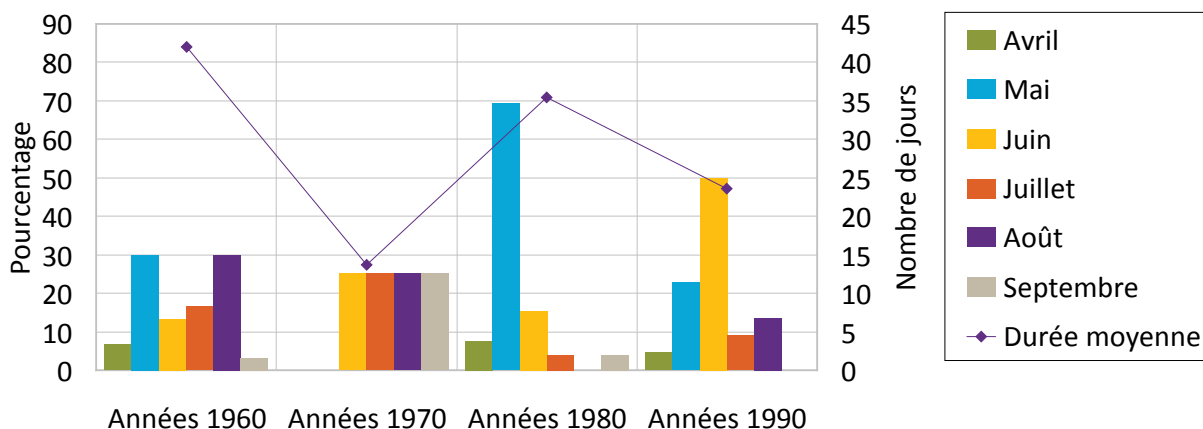


Figure 37. Proportion des grands incendies qui se produisent chaque mois dans l'écozone⁺ maritime de l'Atlantique et durée moyenne de la saison active des feux (ligne mauve), des années 1960 aux années 1990.

Le pourcentage par mois correspond au pourcentage du nombre total de feux survenus durant le mois. Source : Les données proviennent de la base de données sur les grands incendies.

Tableau 12. Proportion du nombre de grands incendies allumés par la foudre comparativement à ceux allumés par l'humain, et total de la superficie brûlée par chaque source d'inflammation dans l'écozone⁺ maritime de l'Atlantique, par décennie, des années 1960 aux années 1990.

Décennie	Nombre d'incendies	Proportion des feux allumés par la foudre (%)	Proportion des feux allumés par les humains (%)	Superficie totale brûlée à la suite d'allumages par la foudre (km ²)	Superficie totale brûlée à la suite d'allumages par les humains (km ²)
1960	30	23	77	48,4	356,0
1970	4	0	100	0	23,1
1980	26	0	100	0	514,9
1990	22	32	68	215,4	235,2
Total	82	14*	86*	263,8	1 129,1

* désigne la moyenne et non le total

Source : Les données proviennent de la base de données sur les grands incendies.

Comme pour l'écozone⁺ maritime du Pacifique, il est difficile d'établir des tendances significatives en ce qui concerne la superficie brûlée à long terme, puisque la fréquence des incendies est si faible. Par exemple, il n'y a eu que quatre incendies dans les années 1970 (Tableau 12). La Figure 38 montre l'évolution de la superficie brûlée au cours des cinq dernières décennies. Il y a eu une forte baisse dans les années 1970, qui pourrait être attribuable aux efforts de prévention et de suppression, mais cela n'explique pas la hausse qui a suivi dans les années 1980 et qui s'est maintenue dans les années 1990. Le déclin relevé dans les années 2000 est semblable à celui qui a été observé à l'échelle nationale, mais une fois de plus, il est difficile d'expliquer la raison derrière ces tendances sans information supplémentaire.

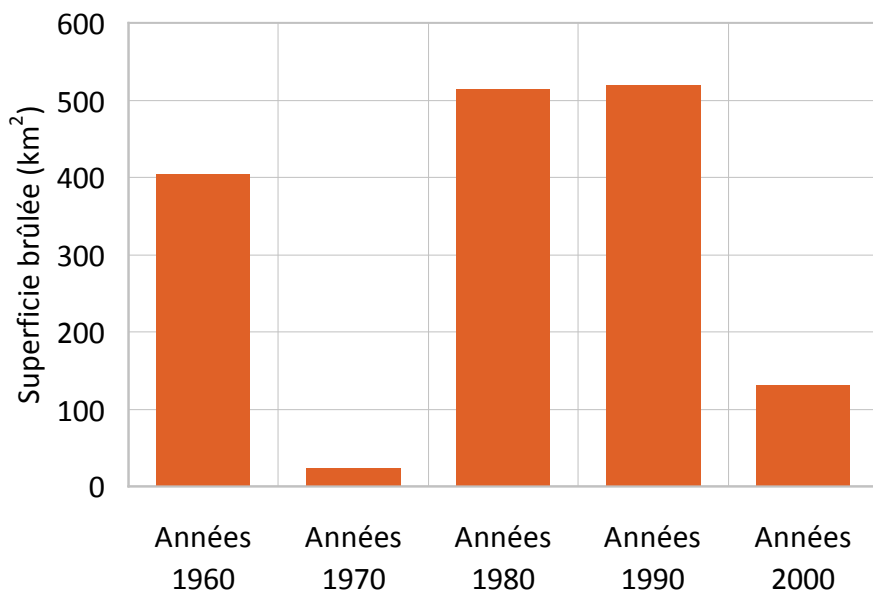


Figure 38. Total de la superficie brûlée par les grands incendies dans l'écozone⁺ maritime de l'Atlantique, par décennie, des années 1960 aux années 2000.

La valeur indiquée pour les années 2000 a été établie pour dix ans au prorata de la moyenne des années 2000 à 2007.

Références

- Ahern, F., Frisk, J., Latifovic, R. et Pouliot, D. 2011. Surveillance à distance de la biodiversité : sélection de tendances mesurées à partir d'observations par satellite du Canada. Biodiversité canadienne : état et tendances des écosystèmes en 2010, Rapport technique thématique n° 17. Conseils canadiens des ministres des ressources. Ottawa, ON.
<http://biodivcanada.ca/default.asp?lang=Fr&n=6F7EB059-1&wsdoc=8CF815E5-D823-47DB-8447-78EE289C8725>.
- Allen, E. 2001. Forest health assessment in Canada. *Ecosystem Health* 7:27-34.
- Amiro, B.D., Cantin, A., Flannigan, M.D. et de Groot, W.J. 2009. Future emissions from Canadian boreal forest fires. *Canadian Journal of Forest Research/Revue canadienne de recherche forestière* 39:383-395.
- Amiro, B.D., Logan, K.A., Wotton, B.M., Flannigan, M.D., Todd, J.B., Stocks, B.J. et Martell, D.L. 2004. Fire weather index system components for large fires in the Canadian boreal forest. *International Journal of Wildland Fire* 13:391-400.
- Amiro, B.D., Todd, J.B., Wotton, B.M., Logan, K.A., Flannigan, M.D., Stocks, B.J., Mason, J.A., Martell, D.L. et Hirsch, K.G. 2001. Direct carbon emissions from Canadian forest fires, 1959-1999. *Canadian Journal of Forest Research/Revue canadienne de recherche forestière* 31:512-525.
- Beaufait, W.B. 1960. Some effects of high temperatures on the cones and seeds of Jack pine. *Forest Science* 6:194-199.
- Bergeron, Y., Cyr, D., Drever, C.R., Flannigan, M., Gauthier, S., Kneeshae, D., Lauzon, E., Leduc, A., Le Goff, H., Lesieur, D. et Logan, K. 2006. Past, current, and future frequencies in Quebec's commercial forests: implications for the cumulative effects of harvesting and fire on age-class structure and natural disturbance-based management. *Canadian Journal of Forest Research/Revue canadienne de recherche forestière* 36:2737-2744.
- Bergeron, Y., Flannigan, M., Gauthier, S., Leduc, A. et Lefort, P. 2004. Past, current, and future fire frequency in the Canadian boreal forest: implications for sustainable forest management. *Ambio* 33:356-360.
- Bergeron, Y., Gauthier, S., Kafka, V., Lefort, P. et Lesieur, D. 2001. Natural fire frequency for the eastern Canadian boreal forest: consequences for sustainable forestry. *Canadian Journal of Forest Research/Revue canadienne de recherche forestière* 31:384-391.
- Beverly, J.L. et Martell, D.L. 2005. Characterizing extreme fire and weather events in the Boreal Shield Ecozone of Ontario. *Agricultural and Forest Meteorology* 133:5-16.

- Bonsal, B. et Shabbar, A. 2011. Oscillations climatiques à grande échelle ayant une incidence sur le Canada, de 1900 à 2008. Biodiversité canadienne : état et tendances des écosystèmes en 2010, Rapport technique thématique n° 4. Conseils canadiens des ministres des ressources. Ottawa, ON. iii + 15 p. <http://biodivcanada.ca/default.asp?lang=Fr&n=6F7EB059-1&wsdoc=3DAFB60A-605E-483A-A55E-EB69FEC09E4E>.
- Brown, A.A. et Davis, K.P. 1973. Forest fire control and use. Édition 2. McGraw-Hill. New York, NY. 686 p.
- Burton, P.J., Parisien, M.A., Hicke, J.A., Hall, R.J. et Freeburn, J.T. 2008. Large fires as agents of ecological diversity in the North American boreal forest. *International Journal of Wildland Fire* 17:754-767.
- Chabot, M., Blanchet, P., Brapeau, P., Fortin, J., Gauthier, S., Imbeau, L., Lacasse, G., Lemaire, G., Nappi, A., Quenneville, R. et Thiffault, E. 2009. Le feu en milieu forestier. *Dans OIFQ, Manuel de foresterie. Édition 2. Éditions MultiMondes. pp. 1037-1090.*
- Cumming, S.G. 2005. Effective fire suppression in boreal forests. *Canadian Journal of Forest Research/Revue canadienne de recherche forestière* 35:772-786.
- de Groot, W.J., Bothwell, P.M., Carlsson, D.H. et Logan, K.A. 2003. Simulating the effects of future fire regimes on western Canadian boreal forests. *Journal of Vegetation Science* 14:355-364.
- Flannigan, M., Logan, K., Amiro, B., Skinner, W. et Stocks, B. 2005. Future area burned in Canada. *Climatic Change* 72:1-16.
- Flannigan, M.D. et Bergeron, Y. 1998. Possible role of disturbance in shaping the northern distribution of *Pinus resinosa*. *Journal of Vegetation Science* 9:477-482.
- Flannigan, M.D., Stocks, B.J., Turetsky, M.R. et Wotton, B.M. 2009. Impact of climate change on fire activity and fire management in the circumboreal forest. *Global Change Biology* 15:549-560. doi:10.1111/j.1365-2486.2008.01660.x.
- Flannigan, M.D., Stocks, B.J. et Wotton, B.M. 2000. Climate change and forest fires. *The Science of the Total Environment* 262:221-230.
- Flannigan, M.D. et Wotton, B.M. 2001. Climate, weather and area burned. *Dans Forest fires: behaviour and ecological effects. Johnson, E.A. et Miyanishi, K. (éd.). Academic Press. San Diego, CA. pp. 335-357.*
- Fraser, R.H., Hall, R.J., Landry, R., Lynham, T., Raymond, D., Lee, B. et Li, Z. 2004. Validation and calibration of Canada-wide coarse-resolution satellite burned-area maps. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 70:451-460.
- Fraser, R.H., Li, Z. et Cihlar, J. 2000. Hotspot and NDVI Differencing Synergy (HANDS): a new technique for burned area mapping over boreal forest. *Remote Sensing of Environment* 74:362-376.

- Gauthier, S., Bergeron, Y. et Simon, J.P. 1996. Effects of fire regime on the serotiny level of Jack pine. *Journal of Ecology* 84:539-548.
- Gauthier, S., Chabon, M., Drolet, B., Plante, C., Coupal, J., Boivin, C., Juneau, B., Lefebvre, F., Ménard, B., Villeneuve, R. et Gagnon, L. 2005. Groupe de travail sur les objectifs opérationnels de la SOPFEU : rapport d'analyse. Société de protection des forêts contre le feu. Québec, QC.
- Gauthier, S., Leduc, A., Bergeron, Y. et Le Goff, H. 2009. Fire frequency and forest management based on natural disturbances. *Dans Ecosystem management in the boreal forest*. Gauthier, S., Vaillancourt, M.A., Leduc, A., De Grandpré, L., Kneeshaw, D., Morin, H., Drapeau, P. et Bergeron, Y. (éd.). Presse de L'Université du Québec. Québec, QC.
- Gillett, N.P., Weaver, A.J., Zwiers, F.W. et Flannigan, M.D. 2004. Detecting the effect of climate change on Canadian forest fires. *Geophysical Research Letters* 31. doi:10.1029/2004GL020876.
- Girardin, M.P. 2007. Interannual to decadal changes in area burned in Canada from 1781 to 1982 and the relationship to Northern Hemisphere land temperatures. *Global Ecology and Biogeography* 16:557-566. doi:10.1111/j.1466-8238.2007.00321.x.
- Girardin, M.P., Tardif, J. et Flannigan, M.D. 2006a. Temporal variability in area burned for the province of Ontario, Canada, during the past 200 years inferred from tree rings. *Journal of Geophysical Research* 111. doi:10.1029/2005JD006815.
- Girardin, M.P., Tardif, J., Flannigan, M.D. et Bergeron, Y. 2006b. Synoptic-scale atmospheric circulation and boreal Canada summer drought variability of the past three centuries. *Journal of Climate* 19:1922-1947.
- Girardin, M.P. et Wotton, B.M. 2009. Summer moisture and wildfire risks across Canada. *Journal of Applied Meteorology and Climatology* 48:517-533.
- Greene, D.F., Macdonald, S.E., Haeussler, S., Domenicano, S., Noël, J., Jayen, R., Charron, I., Gauthier, S., Hunt, S., Gielau, E.T., Bergeron, Y. et Swift, L. 2007. The reduction of organic-layer depth by wildfire in the North American boreal forest and its effect on tree recruitment by seed. *Canadian Journal of Forest Research/Revue canadienne de recherche forestière* 37:1012-1023.
- Groupe de travail sur la stratification écologique. 1995. Cadre écologique national pour le Canada. Agriculture et Agroalimentaire Canada, Direction générale de la recherche, Centre de recherches sur les terres et les ressources biologiques et Environnement Canada, Direction générale de l'état de l'environnement, Direction de l'analyse des écozones. Ottawa/Hull, ON. 144 p. Rapport et carte nationale 1/7 500 000.
- Jenkins, M.J., Hebertson, E., Page, W. et Jorgensen, C.A. 2008. Bark beetles, fuels, fires and implications for forest management in the intermountain west. *Forest Ecology and Management* 254:16-34.

- Kasischke, E.S. et Turetsky, M.R. 2006. Recent changes in the fire regime across the North American boreal region - spatial and temporal patterns of burning across Canada and Alaska. *Geophysical Research Letters* 33. doi:1029/2006GL025677.
- Landhaeusser, S.M. et Wein, R.W. 1993. Postfire vegetation recovery and tree establishment at the Arctic treeline: climate-change-vegetation-response hypotheses. *Journal of Ecology* 81:665-672.
- Lertzman, K., Gavin, D., Hallet, D., Brubaker, L., Lepofsky, D. et Mathewes, R. 2002. Long-term fire regime estimated from soil charcoal in coastal temperate rainforests. *Conservation Ecology* 6:1-5.
- Les gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux du Canada. 2010. Biodiversité canadienne : état et tendances des écosystèmes en 2010. Conseils canadiens des ministres des ressources. Ottawa, ON. vi + 148 p.
<http://www.biodivcanada.ca/default.asp?lang=Fr&n=83A35E06-1>.
- Martell, D.L. et Sun, H. 2008. The impact of fire suppression, vegetation, and weather on the area burned by lightning-caused forest fires in Ontario. *Canadian Journal of Forest Research/Revue canadienne de recherche forestière* 38:1547-1563.
- McCullough, D.G., Werner, R.A. et Neumann, D. 1998. Fire and insects of northern and boreal forest ecosystems of North America. *Annual Review of Entomology* 43:107-127.
- McLean, A. 1969. Fire resistance of forest species as influenced by root systems. *Journal of Range Management* 22:120-122.
- Ministère des Richesses naturelles de l'Ontario. 2004. Forest fire management strategy for Ontario. Ministère des Richesses naturelles de l'Ontario. Sault Ste. Marie, ON. 64 p.
- Parisien, M.A., Peters, V.S., Wang, Y., Little, J.M., Bosch, E.M. et Stocks, B.J. 2006. Spatial patterns of forest fires in Canada, 1980-1999. *International Journal of Wildland Fire* 15:361-374.
- Parker, T.J., Clancy, K.M. et Mathiasen, R.L. 2006. Interactions among fire, insects and pathogens in coniferous forests of the interior western United States and Canada. *Agricultural and Forest Entomology* 8:167-189.
- Pew, K.L. et Larsen, C.P.S. 2001. GIS analysis of spatial and temporal patterns of human-caused wildfires in the temperate rain forest of Vancouver Island, Canada. *Forest Ecology and Management* 140:1-18.
- Podur, J., Martell, D.L. et Knight, K. 2002. Statistical quality control analysis of forest fire activity in Canada. *Canadian Journal of Forest Research/Revue canadienne de recherche forestière* 32:195-205.
- Skinner, W.R., Flannigan, M.D., Stocks, B.J., Martell, D.L., Wotton, B.M., Todd, J.B., Mason, J.A., Logan, K.A. et Bosch, E.M. 2002. A 500 hPa synoptic wildland fire climatology for large Canadian forest fires, 1959-1996. *Theoretical and Applied Climatology* 71:157-169.

- Skinner, W.R., Shabbar, A., Flannigan, M.D. et Logan, K. 2006. Large forest fires in Canada and the relationship to global sea surface temperatures. *Journal of Geophysical Research* 111. doi:10.1029/2005JD006738.
- Soja, A.J., Tchebakova, N.M., French, N.H.F., Flannigan, M.D., Shugart, H.H., Stocks, B.J., Sukhinin, A.I., Parfenova, E.I., Chapin, F.S. et Stackhouse, P.W.Jr. 2007. Climate-induced boreal forest change: predictions versus current observations. *Global and Planetary Change* 56:274-296.
- Stocks, B.J., Mason, J.A., Todd, J.B., Bosch, E.M., Wotton, B.M., Amiro, B.D., Flannigan, M.D., Hirsch, K.G., Logan, K.A., Martell, D.L. et Skinner, W.R. 2003. Large forest fires in Canada, 1959-1997. *Journal of Geophysical Research* 108:8149-8161.
- Vaillancourt, M.A., De Grandpré, L., Gauthier, S., Leduc, A., Kneeshaw, D., Claveau, Y. et Bergeron, Y. 2009. How can natural disturbances be a guide for forest ecosystem management? *Dans Ecosystem management in the boreal forest*. Gauthier, S., Vaillancourt, M.A., Leduc, A., De Grandpré, L., Kneeshaw, D., Morin, H., Drapeau, P. et Bergeron, Y. (éd.). Presse de L'Université du Québec. Québec, QC. pp. 39-56.
- Van Wagner, C.E. 1987. The development and structure of the Canadian forest fire weather index system. Rapport technique de foresterie n° 35. Service canadien des forêts. Ottawa, ON.
- Volney, W.J.A. et Hirsch, K.G. 2005. Disturbing forest disturbances. *The Forestry Chronicle* 81:662-668.
- Weber, M.G. 1990. Response of immature aspen ecosystems to cutting and burning in relation to vernal leaf-flush. *Forest Ecology and Management* 31:15-33.
- Weber, M.G. et Flannigan, M.D. 1997. Canadian boreal forest ecosystem structure and function in a changing climate: impact on fire regimes. *Dossiers environnement* 5:145-166.
- Wotton, B.M. et Flannigan, M.D. 1993. Length of the fire season in a changing climate. *The Forestry Chronicle* 69:187-192.
- Wotton, B.M., Martell, D.L. et Logan, K.A. 2003. Climate change and people-caused forest fire occurrence in Ontario. *Climatic Change* 60:275-295.