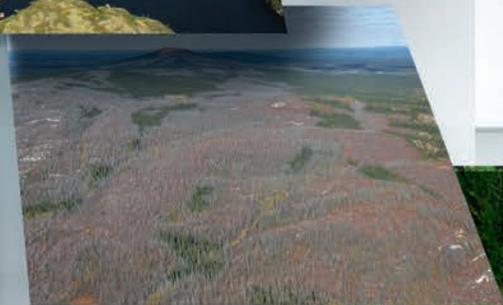


Rapport du Comité scientifique chargé  
d'examiner la limite nordique des  
forêts attribuables

### **ANNEXE 3**

## RÉGÉNÉRATION NATURELLE ET CROISSANCE DE L'ÉPINETTE NOIRE ET DU PIN GRIS APRÈS FEU DANS LE TERRITOIRE D'ÉTUDE





Rapport du Comité scientifique chargé  
d'examiner la limite nordique des  
forêts attribuables

### **ANNEXE 3**

## RÉGÉNÉRATION NATURELLE ET CROISSANCE DE L'ÉPINETTE NOIRE ET DU PIN GRIS APRÈS FEU DANS LE TERRITOIRE D'ÉTUDE

PRÉPARÉ PAR

Rik Van Bogaert, biologiste, *Ph.D.*,  
Dominique Boucher, biologiste, *M.Sc.*,  
Sylvie Gauthier, biologiste, *Ph.D.*,  
et Yves Bergeron, biologiste, *Ph.D.*

CITATION RECOMMANDÉE

Van Bogaert, R., D. Boucher, S. Gauthier et Y. Bergeron, 2013. Régénération naturelle et croissance de l'épinette noire et du pin gris après feu dans le territoire d'étude. *Dans* : Ministère des Ressources naturelles du Québec. Rapport du Comité scientifique chargé d'examiner la limite nordique des forêts attribuables. MRN, Secteur des forêts. Annexe 3. 51 p.

ISBN : 978-2-550-67388-0 (version PDF - Rapport principal)

ISBN : 978-2-550-67391-0 (version PDF - Annexe 3)

© Gouvernement du Québec, 2013



# Table des matières

<b>Résumé</b> .....	7
<b>1. Introduction</b> .....	9
<b>2. Méthodologie</b> .....	11
2.1 Territoire et échantillonnage .....	11
2.1.1 Placettes .....	12
<b>3. Stocking</b> .....	15
3.1 Méthodologie .....	15
3.2 Stocking total en classes .....	17
3.2.1 Portrait général du stocking total avant et après feu .....	17
3.2.2 Variables explicatives du stocking total après feu .....	20
3.2.3 Effet des strates sur le stocking total après feu .....	20
3.2.4 Interprétation des résultats .....	22
3.3 Analyse par espèce .....	22
3.3.1 Stocking de l'épinette noire .....	23
3.3.1.1 Portrait général du stocking de l'épinette noire avant et après feu .....	23
3.3.1.2 Variables explicatives du stocking de l'épinette noire .....	24
3.3.1.3 Effet des strates sur le stocking de l'épinette noire .....	25
3.3.2 Stocking du pin gris .....	27
3.3.2.1 Portrait général du stocking du pin gris avant et après feu .....	27
3.3.2.2 Variables explicatives du stocking du pin gris .....	27
3.3.2.3 Effet des strates sur le stocking du pin gris .....	29
<b>4. Croissance</b> .....	31
4.1 Définition et méthodologie .....	31
4.2 Épinette noire .....	32
4.2.1 Portrait général de la croissance avant et après feu pour l'épinette noire .....	32
4.2.2 Variables explicatives du taux de croissance initial de l'épinette noire après feu .....	35
4.2.3 Effet de la strate sur le taux de croissance de l'épinette noire après feu ...	35

4.3	Pin gris .....	37
4.3.1	Portrait général de la croissance avant et après feu pour le pin gris .....	37
4.3.2	Variables explicatives du taux de croissance initial du pin gris après feu ...	40
4.3.3	Effet de la strate sur le taux de croissance du pin gris après feu .....	40
<b>5.</b>	<b>Faits saillants</b> .....	43
<b>6.</b>	<b>Références</b> .....	45
	<b>Matériel supplémentaire</b> .....	47



## Liste des tableaux

<b>Tableau 1.</b>	Codes des huit strates étudiées et leur signification. ....	12
<b>Tableau 2.</b>	Variables considérées dans les analyses pour expliquer le stocking ou la croissance en hauteur après feu dans les arbres de régression et les modèles de régression ordinale. ....	16
<b>Tableau 3.</b>	Stocking total avant et après feu. ....	18
<b>Tableau 4.</b>	Principaux résultats obtenus par la régression ordinale et les arbres de régression pour le stocking total après feu (n = 158 placettes). ....	20
<b>Tableau 5.</b>	Fréquence absolue (fréquence relative) de placettes selon la classe de stocking total (toutes espèces confondues) après feu par espèce dominante avant feu. ....	23
<b>Tableau 6.</b>	Stocking de l'épinette noire avant et après feu. ....	24
<b>Tableau 7.</b>	Principaux résultats obtenus par la régression ordinale et les arbres de régression pour le stocking de l'épinette noire après feu (n = 145 placettes). ....	25
<b>Tableau 8.</b>	Stocking du pin gris avant et après feu. ....	28
<b>Tableau 9.</b>	Principaux résultats obtenus par la régression ordinale et les arbres de régression pour le stocking du pin gris après feu (n = 89 placettes). ....	28
<b>Tableau 10.</b>	Classification du taux de croissance (temps (ans) requis pour atteindre 200 cm) pour l'épinette noire et le pin gris. ....	31
<b>Tableau 11.</b>	Croissance de l'épinette noire avant et après feu (n = 70 placettes). ....	33
<b>Tableau 12.</b>	Principaux résultats obtenus par l'arbre de régression pour le taux de croissance de l'épinette noire après feu. ....	35

<b>Tableau 13.</b> Croissance du pin gris avant et après feu (n = 54 placettes). .....	38
<b>Tableau 14.</b> Principaux résultats obtenus par l'arbre de régression pour le taux de croissance du pin gris après feu. ....	40
<b>Tableau A1.</b> Liste des espèces présentes dans les placettes avant et après feu. ....	47
<b>Tableau A2.</b> Stabilité de la composition de la forêt boréale après une perturbation (espèce dominante avant et après feu). ....	47



## Liste des figures

<b>Figure 1.</b> Répartition spatiale des 158 placettes analysées. ....	13
<b>Figure 2.</b> Nombre de placettes où les différentes espèces étaient présentes avant et après feu (n = 158 placettes). ....	17
<b>Figure 3.</b> Stocking avant feu et après feu. ....	18
<b>Figure 4.</b> Répartition spatiale du stocking total. ....	19
<b>Figure 5.</b> Stocking total après feu des différentes strates. ....	21
<b>Figure 6.</b> Différence entre le stocking absolu avant et après feu. ....	21
<b>Figure 7.</b> Répartition spatiale des différences en stocking total absolu avant et après feu. ....	22
<b>Figure 8.</b> Arbre de régression du stocking total impliquant trois divisions (n = 158 placettes). ....	23
<b>Figure 9.</b> Stocking de l'épinette noire après feu au sein des différentes strates. ....	26
<b>Figure 10.</b> Différence entre le stocking absolu avant et après feu pour l'épinette noire. ....	26
<b>Figure 11.</b> Classification de la différence entre le stocking absolu avant et après feu de l'épinette noire. ....	27
<b>Figure 12.</b> Stocking du pin gris après feu au sein des différentes strates. ....	29
<b>Figure 13.</b> Différence entre le stocking absolu avant et après feu pour le pin gris. ....	30
<b>Figure 14.</b> Classification des différences entre le stocking absolu avant et après feu du pin gris. ....	30
<b>Figure 15.</b> Proportion des placettes d'épinette noire avec un taux de croissance après feu inférieur, identique ou supérieur par rapport au taux de croissance avant feu (n = 70 placettes). ....	32
<b>Figure 16.</b> Répartition spatiale du taux de croissance pour les 70 placettes d'épinette noire. ...	34

<b>Figure 17.</b>	Taux de croissance de l'épinette noire après feu au sein des différentes strates, présentés en pourcentage de placettes. ....	36
<b>Figure 18.</b>	Comparaison du taux de croissance de l'épinette noire par strate avant et après feu. ....	36
<b>Figure 19.</b>	Comparaison du taux de croissance de l'épinette noire avant et après feu. ....	37
<b>Figure 20.</b>	Proportion relative des changements du taux de croissance du pin gris après feu par rapport au taux avant feu (n = 54 placettes). ....	38
<b>Figure 21.</b>	Répartition spatiale du taux de croissance avant et après feu pour les 54 placettes de pin gris. ....	39
<b>Figure 22.</b>	Taux de croissance du pin gris après feu au sein des différentes strates, présentés en pourcentage de placettes. ....	41
<b>Figure 23.</b>	Comparaison du taux de croissance du pin gris par strate avant et après feu. ....	41
<b>Figure 24.</b>	Comparaison du taux de croissance avant et après feu pour le pin gris. ....	42
<b>Figure A1.</b>	Changement de l'espèce dominante après feu pour toutes les placettes (n = 158 placettes). ....	48
<b>Figure A2.</b>	Stocking total après feu lié à la proportion de la placette qui a brûlé. ....	48
<b>Figure A3.</b>	Répartition spatiale du stocking de l'épinette noire. ....	49
<b>Figure A4.</b>	Répartition spatiale des strates et leur qualité en ce qui concerne la régénération naturelle (c'est-à-dire le stocking) après feu pour l'épinette noire. ....	50
<b>Figure A5.</b>	Répartition spatiale du stocking du pin gris. ....	51



## Résumé

Dans le contexte de l'aménagement durable des forêts, il est essentiel de se questionner sur la capacité de la forêt à se régénérer après une perturbation. Il importe aussi de distinguer diverses sources qui permettent à la forêt de se reconstituer : a) le nombre de semis qui s'établissent suite à la perturbation (c'est-à-dire le stocking); et b) leur taux de croissance. Cette étude porte sur les résultats d'analyse de 158 placettes établies au nord de la limite nordique des forêts attribuables adoptée en 2002 par le ministère des Ressources naturelles (MRN, 2000) dans des feux récents (datant de 10 à 30 ans au moment de l'échantillonnage) et mesurées dans le cadre du programme d'inventaire écoforestier nordique, le PIEN (latitudes 50,9° à 53,0° Nord et longitudes 60,0° à 78,0° Ouest). L'analyse vise à étudier la qualité de la régénération forestière après feu en forêt boréale nordique, ainsi que la croissance qu'on y observe dans les premières années suivant cette perturbation. On s'est concentré sur les deux espèces dominantes de la forêt boréale, c'est-à-dire l'épinette noire et le pin gris.

La proportion des dix microplacettes de 9 m<sup>2</sup> ayant un semis établi après feu (ci-après le stocking), au sein de chacune des placettes, a été calculée. De même, le stocking avant feu a été calculé en établissant la proportion de microplacettes ayant un arbre tué lors du feu. De plus, le temps pour atteindre 200 cm a été identifié pour les deux individus les plus grands établis après le feu, de même que pour les deux plus gros arbres morts de la cohorte en place lors du feu. Pour faciliter l'interprétation, le stocking et le taux de croissance ont été divisés en trois classes (bon, moyen et mauvais). Plusieurs variables édaphiques, biologiques et géographiques ont été échantillonnées (ou dérivées) dans les placettes afin d'expli-

quer la variabilité de ces deux variables (c'est-à-dire le stocking et le taux de croissance de la régénération) après feu. Des régressions ordinales ont ensuite été effectuées pour identifier les variables explicatives et leur importance pour le stocking et la croissance après feu. Pour chaque variable significative, des arbres de régression ont aussi été effectués pour déterminer les seuils de chacune des variables permettant de distinguer les trois classes de stocking et de croissance.

En ce qui concerne la régénération, on notait que la proportion de placettes avec un mauvais stocking après feu avait légèrement augmenté (de 22 à 27 %) comparativement à celle observée avant le feu. Toutefois, si on tenait compte du fait que 49 % des placettes se trouvent dans le quart du territoire le plus à l'ouest, où le stocking avant et après feu est significativement plus élevé que dans le reste du territoire, la proportion de placettes ayant un mauvais stocking après feu serait vraisemblablement plus élevée.

Considérant la croissance des espèces, le temps médian que prenait un semis d'épinette noire pour atteindre 200 cm après feu était de 30 ans (premier quartile : 22 ans; troisième quartile : 40 ans), comparativement à 17 ans (premier quartile : 12 ans; troisième quartile : 22 ans) pour un semis de pin gris. La croissance après feu de l'épinette noire et du pin gris était négativement influencée par l'altitude, la seule variable qui a montré un effet significatif. Dans le cas de l'épinette noire, la meilleure croissance était observée dans le quart le plus à l'ouest du territoire, mais au total 57 % des placettes avaient un taux de croissance inférieur après feu, comparativement à celui avant feu. Pour le pin gris, ce pourcentage était de 77 % sans distinction spatiale.

Il est à noter toutefois que, compte tenu du nombre relativement faible de placettes sur un aussi grand territoire, il faut être prudent dans l'interprétation des résultats. De plus, les placettes ne sont pas réparties équitablement dans le territoire, et ce, notamment parce qu'il y a moins de feux à l'est. Un échantillon plus important aurait sans doute été nécessaire. Finalement, il aurait été intéressant d'avoir des placettes de feu au sud de la limite nordique adoptée en 2002, ce qui aurait pu permettre de révéler certains patrons latitudinaux.



## Introduction

La résilience correspond à la capacité de la forêt à retrouver un état forestier rapidement après le passage d'une perturbation comme le feu (Arseneault et Payette, 1992). Après feu, cette capacité dépendra entre autres choses du stock de propagules disponible pour régénérer le site (Greene et Johnson, 1999), de la présence de bons lits de germination qui accumulent assez de nutriments et d'humidité, et des conditions de croissance du site (Black et Bliss, 1980; Thomas et Wein, 1985). Par la suite, les conditions de croissance seront affectées par la capacité du milieu physique à retenir l'eau et à fournir les éléments nutritifs nécessaires à la croissance des différentes espèces installées (par exemple Arnup *et al.*, 1988; Buse et LeBlanc, 1990).

Dans le contexte de l'aménagement forestier durable, il est essentiel de se questionner sur la capacité de la forêt à se régénérer après une perturbation. Il importe aussi de distinguer diverses sources qui permettent à la forêt de se reconstituer : a) le nombre de semis qui s'établissent suite à la perturbation; et b) leur taux de croissance.

C'est dans cet esprit qu'a été entrepris ce travail. Cette étude porte sur les résultats d'analyse de 158 des 168 placettes établies dans des feux récents (datant de 10 à 30 ans au moment de l'échantillonnage)<sup>1</sup> et mesurées dans le cadre du programme d'inventaire écoforestier nordique, le PIEN (latitudes 50,9° à 53,0° Nord et longitudes 60,0° à 78,0° Ouest).

<sup>1</sup> Initialement, il y avait 168 placettes brûlées, mais 10 placettes ont été exclues pour différentes raisons : (a) la placette n'avait pas vraiment brûlé dans la période de 10 à 30 ans avant l'échantillonnage, ou (b) on ne pouvait pas déterminer si les arbres étaient des survivants ou s'ils s'étaient établis après feu.





## Méthodologie

### 2.1 Territoire et échantillonnage

Lors des étés 2006 à 2009, 168 placettes ont été réparties sur le territoire dans des sites ayant subi des feux lors des 10 à 30 années précédant l'année d'échantillonnage. Les placettes ont été échantillonnées en fonction des strates, qui sont des combinaisons de dépôts de surface et de classes de drainage. Les huit strates échantillonnées sont présentées au tableau 1. Il faut noter que les types de dépôts présents dans le territoire n'ont pas tous été échantillonnés. Par exemple, les dépôts organiques et littoraux ainsi que les tills épais xériques et hydriques, sont absents de notre échantillon. Ainsi, les superficies relatives présentées au tableau 1 sont calculées en fonction des huit strates échantillonnées qui, ensemble, représentaient 67 % de la superficie totale du territoire. Bien que, lors de la première année d'échantillonnage, les dépôts de surface n'aient pas été mesurés de manière séparée, ils l'ont été subséquentement, divisant la strate F1 (till épais) en F1M (drainage plus rapide) et F1S (drainage moins rapide). Nous avons attribué cette subdivision aux données de l'an 1 en utilisant la classe de régime hydrique à partir des données cartographiques. Finalement, le protocole d'échantillonnage exigeait un nombre minimal de huit placettes par strate.

Le tableau 1 montre que la strate F1M est la plus importante parmi les strates étudiées en ce qui concerne la superficie (40,5 %), représentant 34,2 % des placettes échantillonnées. L'import-

tance de la strate F1M est encore plus élevée si on considère seulement la superficie du territoire qui a brûlé il y a 10 à 30 ans (44,5 %). Comme cette strate est particulièrement présente dans la région comprise entre les longitudes 73° et 76° Ouest, où la forêt brûle souvent (voir le rapport principal, carte 16), il est pertinent d'en étudier la résilience face au feu. Ensemble, les strates F1M et F2 représentent 61,7 % de la superficie totale dans le territoire et 51,9 % de la superficie du territoire qui a brûlé il y a 10 à 30 ans. Les strates plus rares comme F6, F8 et F9 se trouvent surreprésentées en ce qui concerne la superficie totale au sein de notre échantillonnage : ensemble, ces trois strates représentent 20,3 % des placettes et 9,3 % de la superficie totale. Par contre, ces trois strates représentaient 18,0 % de la superficie du territoire qui a brûlé il y a 10 à 30 ans.

Finalement, on notera à la figure 1 que les placettes ne sont pas réparties également dans le territoire, notamment dû à l'absence de feux datant de 10 à 30 ans dans le territoire à l'est de la longitude 72° Ouest. Ainsi, 49 % des placettes sont situées entre les longitudes 75° et 80° Ouest, 28 % entre 70° et 75°, 15 % entre 65° et 70° et seulement 8 % entre 60° et 65°. Précisons que, généralement, la région à l'est de la longitude 73° Ouest a un cycle de feu plus long que celui de la région à l'ouest de ce méridien (voir le rapport principal, carte 16).

## TABLEAU 1

### Codes des huit strates étudiées et leur signification.

La superficie relative des strates au sein du territoire total et au sein du territoire qui a brûlé il y a 10 à 30 ans est indiquée, ainsi que le nombre absolu (et relatif) de placettes échantillonnées pour chacune d'elles.

Code de strate	Signification	Superficie relative des strates dans tout le territoire*	Superficie relative des strates échantillonnées (brûlées il y a 10 à 30 ans) dans le territoire	Nombre absolu (relatif) de placettes dans les strates échantillonnées (brûlées il y a 10 à 30 ans)
F1M	Till épais mésique	40,5 %	44,5 %	54 (34,2 %)
F1S	Till épais subhydrique	9,8 %	6,3 %	13 (8,2 %)
F2	Fluvioglacière de contact ou moraine de décrépitude	21,2 %	12,2 %	28 (17,7 %)
F3	Épandage fluvioglacière ou fluviale ancien	8,6 %	3,3 %	17 (10,8 %)
F4	Till mince	10,6 %	15,7 %	14 (8,9 %)
F6	Moraine de Rogén	3,2 %	9,1 %	11 (7,0 %)
F8	Sable fluviale ou glaciolaestre et marin	3,8 %	7,0 %	13 (8,2 %)
F9	Argile marine ou glaciolaestre	2,3 %	1,9 %	8 (5,1 %)

\* La superficie totale des huit grands groupes de dépôts représente 67 % du territoire situé au nord de la limite nordique adoptée en 2002.

#### 2.1.1 Placettes

Chaque placette de 11,28 m de rayon (c'est-à-dire axe principal), soit 1/25 ha ou 400 m<sup>2</sup>, était constituée de différentes unités d'échantillonnage circulaires :

- dix microplacettes de 1,69 m de rayon (placées le long de l'axe principal avec une longueur totale de 39,38 m), soit 1/1111 ha ou 9 m<sup>2</sup>;
- une sous-placette de 3,57 m de rayon (se trouve dans la placette de 11,28 m de rayon; c'est-à-dire cercle concentrique), soit 1/250 ha ou 40 m<sup>2</sup>.

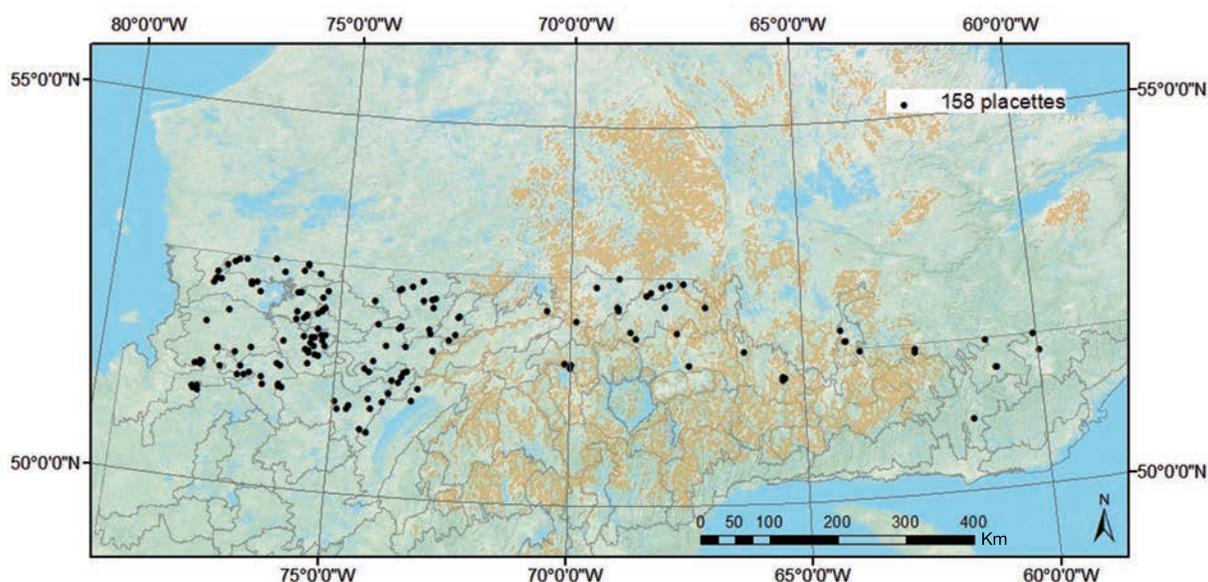
Dans chacune des microplacettes (voir Berger *et al.*, 2008), les individus >15 cm de hauteur présents avant feu et les recrues établies après feu ont été dénombrés. La hauteur des semis (hauteur >15 cm et DHP<sup>2</sup> ≥ 1 cm) a été mesurée au centimètre près, tandis que les gaules (1 cm < DHP < 9 cm) et les arbres (DHP ≥ 9 cm) ont été classifiés par classe de 2 cm de DHP. De plus, l'état des arbres a été indiqué : vivant, mort-chicot, mort-renversé, mort par le feu, mort par une autre cause. Dans chacune des sous-placettes, les gaules vivantes ont été dénombrées par classe de DHP et par essence.

<sup>2</sup> DHP : diamètre d'un arbre mesuré à la hauteur de poitrine (1,3 m au-dessus du sol).

## FIGURE 1

### Répartition spatiale des 158 placettes analysées.

L'isoligne de 600 m d'altitude est indiquée en brun pâle; les placettes à l'ouest de la longitude 72,5° Ouest et à l'est de 62° Ouest se trouvent en deçà de 600 m d'altitude tandis que les placettes centrales se trouvent au-delà de 600 m d'altitude. Les polygones gris représentent les unités de paysage. Il est à noter que 120 des 158 placettes (76 %) se trouvent à l'ouest de la longitude 72° Ouest, région où les feux sont plus fréquents qu'à l'est (voir le rapport principal, carte 16).



Également, dans chacune des placettes de 400 m<sup>2</sup>, tous les arbres vivants et morts ont été dénombrés par essence et par classe de DHP. Aussi, les deux arbres morts présentant les plus gros DHP de la placette ont été sectionnés pour effectuer des analyses de tige (récolte de rondelles à plusieurs hauteurs pour déterminer l'accroissement en diamètre). On notait également la hauteur et la densité des strates ligneuses, la présence d'espèces non ligneuses, la strate d'échantillonnage,

la pente, l'exposition, le dépôt, le drainage, l'altitude, l'épaisseur de la couche organique et du sol minéral, le pourcentage de pierres dans le sol, la longitude et la latitude, le temps depuis le feu (données cartographiques), la sévérité du feu (site brûlé au complet ou partiel), la situation sur la pente, le stocking avant feu (en comptant les arbres morts), l'âge et l'espèce dominante avant feu (tableau 2).





## Stocking

La présente analyse vise à cerner les principaux paramètres explicatifs de la régénération forestière après feu en forêt boréale nordique. Les analyses porteront donc principalement sur la comparaison du stocking avant et après feu, et ce, par strate d'échantillonnage (définie *a priori* sur la base de combinaisons dépôt-drainage), selon la localisation géographique et selon la composition avant feu (section 3). Nous évaluerons également la croissance en hauteur (section 4), toujours par strate d'échantillonnage et selon la localisation géographique et la composition avant feu.

Pour qu'un peuplement se rétablisse après le passage du feu, il faut qu'une quantité suffisante de recrues s'établissent tout en étant bien réparties dans le peuplement. Le coefficient de distribution (nommé ci-après « stocking ») est une mesure de la répartition des arbres ou semis, utilisée en foresterie pour juger si la régénération est répartie adéquatement dans le peuplement. Cette variable nous permet d'évaluer si les semis sont présents en quantité suffisante pour assurer la régénération du peuplement, et ce, de manière uniforme dans le peuplement.

Dans cette section, notre objectif est d'évaluer le stocking dans les placettes échantillonnées. Dans un premier temps, en utilisant le stocking total observé dans les placettes, nous visons à décrire l'état de la régénération après le feu par rapport à ce qui était présent avant le feu. Par la suite, nous évaluerons l'effet individuel ou combiné de différents facteurs sur le stocking après feu. Après l'analyse du stocking total, les analyses porteront sur le stocking des deux principales espèces, soit l'épinette noire (EPN) et le pin gris (PIG).

### 3.1 Méthodologie

Pour cette partie du travail, le stocking total d'une placette a été calculé en comptant la proportion des dix microplacettes où l'on observait de la régénération naturelle après feu, principalement en épinette noire et en pin gris, mais aussi pour d'autres espèces d'arbres. Par exemple, si une placette comptait deux microplacettes avec semis d'épinette noire et trois autres avec semis de pin gris, le stocking total était de 50 %. Le stocking par espèce est le pourcentage de microplacettes contenant de la régénération d'une seule espèce. Le stocking total et le stocking par espèce avant feu ont également été calculés de la même façon en comptant la proportion de microplacettes où l'on observait des arbres morts tués par le feu ou des arbres vivants établis avant feu. En accord avec la littérature, le stocking a été divisé en trois classes : bon (70-100 %), moyen (40-60 %) et mauvais (0-30 %).

Pour identifier les facteurs qui influencent le stocking (en classes), on a effectué (i) la régression ordinale et (ii) l'arbre de régression. Les variables considérées pour ces analyses sont présentées au tableau 2. Dans un premier temps, une régression ordinale pas à pas a été utilisée pour identifier les variables qui expliquent significativement le stocking après feu. Par la suite, pour chaque variable significative, un arbre de régression a été effectué pour déterminer le seuil de chaque facteur permettant de distinguer les trois classes de stocking. L'arbre de régression divise les valeurs d'une variable en deux pour expliquer le maximum de variance de la classe de stocking après feu. Ensuite, on a effectué une deuxième division dans le même arbre de régres-

## TABLEAU 2

Variables considérées dans les analyses pour expliquer le stocking ou la croissance en hauteur après feu dans les arbres de régression et les modèles de régression ordinale.

Variables considérées	Origine
Strate d'échantillonnage	Dérivée de dépôt et drainage (déterminée <i>in situ</i> )
Stocking avant feu	Déterminé <i>in situ</i>
Espèce dominante avant feu	Déterminée <i>in situ</i>
Âge du peuplement avant feu	Déterminé par la dendrochronologie des arbres morts par le feu
Brûlis complet ou partiel	Déterminé <i>in situ</i>
Temps depuis feu (10-30 ans)	Déterminé par les données cartographiques sur les feux
Drainage	Déterminé <i>in situ</i>
Altitude	Déterminée <i>in situ</i>
Pente	Déterminée <i>in situ</i>
Situation sur la pente	Déterminée <i>in situ</i>
Exposition	Déterminée <i>in situ</i>
Épaisseur de la couche organique	Déterminée <i>in situ</i>
Épaisseur du sol minéral	Déterminée <i>in situ</i>
Pourcentage de pierres (sol)	Déterminé <i>in situ</i>
Latitude	Déterminée <i>in situ</i>
Longitude	Déterminée <i>in situ</i>
Aridité	Logiciel BioSIM (données dérivées des coordonnées géographiques)
Température juin, juillet, août	Logiciel BioSIM (données dérivées des coordonnées géographiques)
Précipitations juin, juillet, août	Logiciel BioSIM (données dérivées des coordonnées géographiques)

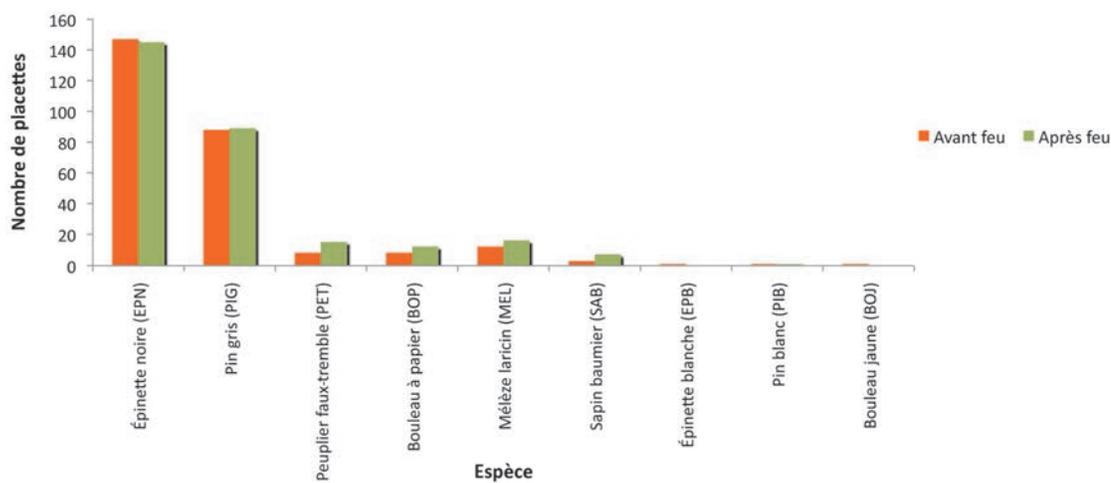
sion pour identifier les seuils qui distinguent la plus grande proportion de placettes avec un bon stocking et un mauvais stocking, respectivement.

Comme l'échantillonnage a été fait sur différentes strates de dépôt-drainage et que la résilience de ces strates nous intéressait, nous avons fait différentes analyses comparatives. Dans un premier temps, nous avons comparé la proportion de placettes au sein des trois classes de stocking après feu entre les différentes strates. Des tests de  $\chi^2$  et des arbres de régression ont été effectués pour identifier les strates dont le stocking ou le taux de croissance (défini comme le temps nécessaire à un

individu pour atteindre une hauteur de 200 cm) était significativement plus ou moins élevé que les autres. Ensuite, pour évaluer de manière absolue les conditions de régénération après feu, nous avons tenu compte de l'état du peuplement avant feu. Toutefois, l'utilisation des classes de stocking permet difficilement d'évaluer à quel point une augmentation ou une diminution par rapport au stocking avant feu a eu lieu. Nous avons donc calculé, pour chaque peuplement, la différence entre le stocking observé avant le feu et celui observé après le feu. Ces résultats ont ensuite été compilés par strate d'échantillonnage.

**FIGURE 2**

Nombre de placettes où les différentes espèces étaient présentes avant et après feu (n = 158 placettes).



### 3.2 Stocking total en classes

#### 3.2.1 Portrait général du stocking total avant et après feu

Les compositions avant et après feu sont très comparables. L'abondance et la proportion des deux espèces dominantes ont très peu changé (figure 2 et tableau A1 dans le matériel supplémentaire). L'espèce dominante avant feu dans une placette est aussi généralement l'espèce dominante après feu (figure A1 et tableau A2 dans le matériel supplémentaire).

La figure 3 permet de comparer la proportion de placettes selon leur stocking avant et après feu. Notons qu'il est probable que l'on sous-estime le stocking avant feu à cause de la longue période de temps qui s'est écoulée depuis la mort des arbres (une partie du bois mort risque d'être décomposée après 10 à 30 ans). Le stocking avant feu représenterait donc un stocking minimal. Par contre, le stocking après feu est peu susceptible de s'améliorer naturellement dans les prochaines années, le recrutement cessant habituellement dans les cinq premières années après le feu.

La figure 3 indique que la proportion de placettes avec un mauvais stocking total après feu a augmenté, comparativement à celui avant feu (27 %

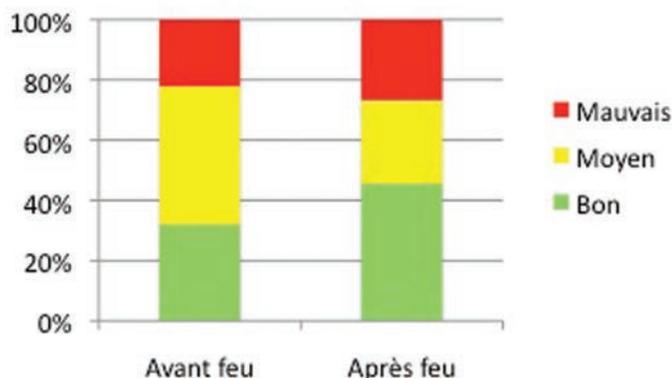
contre 22 %, tableau 3). Même si on note une augmentation dans la proportion de placettes avec un bon stocking (46 % après feu contre 32 % avant feu), la proportion avec un stocking  $\geq 40\%$  (c'est-à-dire *moyen* et *bon*) a diminué de 78 % à 73 % (figure 3 et tableau 3). Si on tient compte du fait que 49 % des placettes se trouvent dans le quart du territoire le plus à l'ouest<sup>3</sup> (c'est-à-dire à l'ouest de la longitude 75° Ouest), où le stocking avant et après feu est assez élevé (figure 4; voir prochain paragraphe), la proportion réelle de placettes ayant un mauvais stocking avant et après feu est vraisemblablement plus élevée.

De manière générale, le tableau 3 montre que le stocking après feu peut augmenter, diminuer ou rester égal par rapport au stocking avant feu, mais quand le stocking avant feu est bon (70-100 %), la probabilité d'avoir un bon stocking après feu est plus élevée (62 % des placettes avec un bon stocking avant feu avaient un bon stocking après feu). Géographiquement, on note que la qualité du stocking avant et après feu est assez semblable (figure 4), et que le stocking a généralement augmenté à l'ouest de la longitude 76° Ouest, alors qu'il a surtout diminué à l'est de 67° Ouest. Finalement, une détérioration du stocking après feu apparaît dans la région autour de la latitude 52° Nord et de la longitude 75,5° Ouest (figure 4).

<sup>3</sup> L'échantillonnage était plus important dans la région ouest parce que la majorité des feux de 1976 à 1996 (10 à 30 années au moment de l'échantillonnage) se trouvaient dans cette région.

**FIGURE 3**  
**Stocking avant feu et après feu.**

Il est à noter qu'il est probable que l'on sous-estime le stocking avant feu à cause de la longue période de temps qui s'est écoulée depuis la mort des arbres (une partie du bois mort risque d'être décomposée après 10 à 30 ans). Le stocking avant feu représenterait donc un stocking minimal. Par contre, le stocking après feu est peu susceptible de s'améliorer naturellement dans les prochaines années, le recrutement cessant habituellement dans les cinq premières années après le feu.

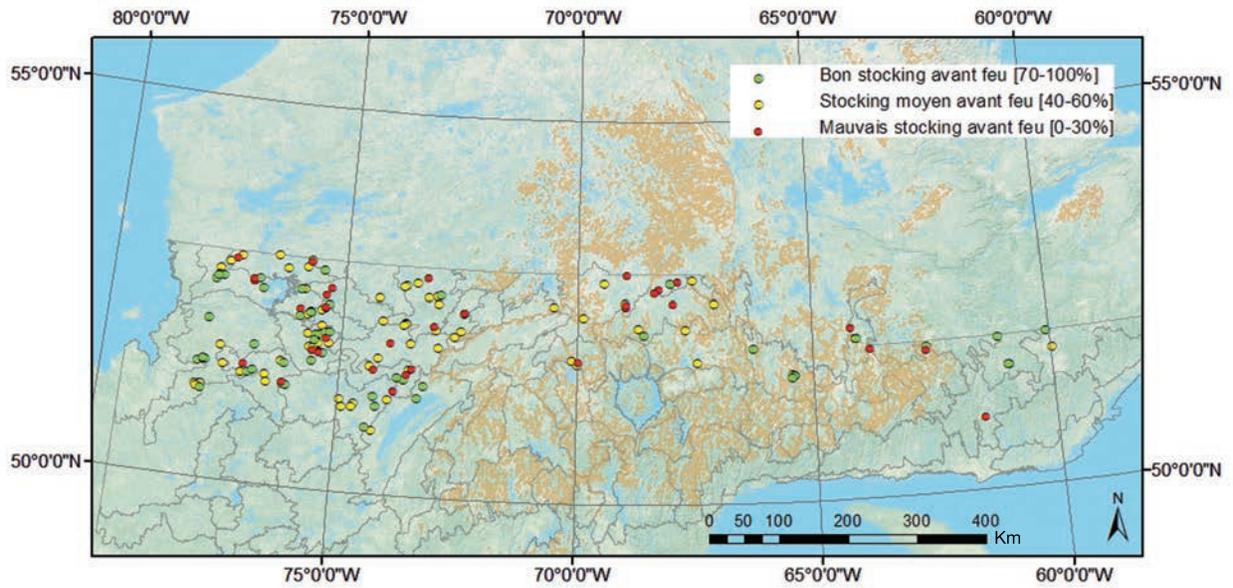


**TABLEAU 3**  
**Stocking total avant et après feu.**

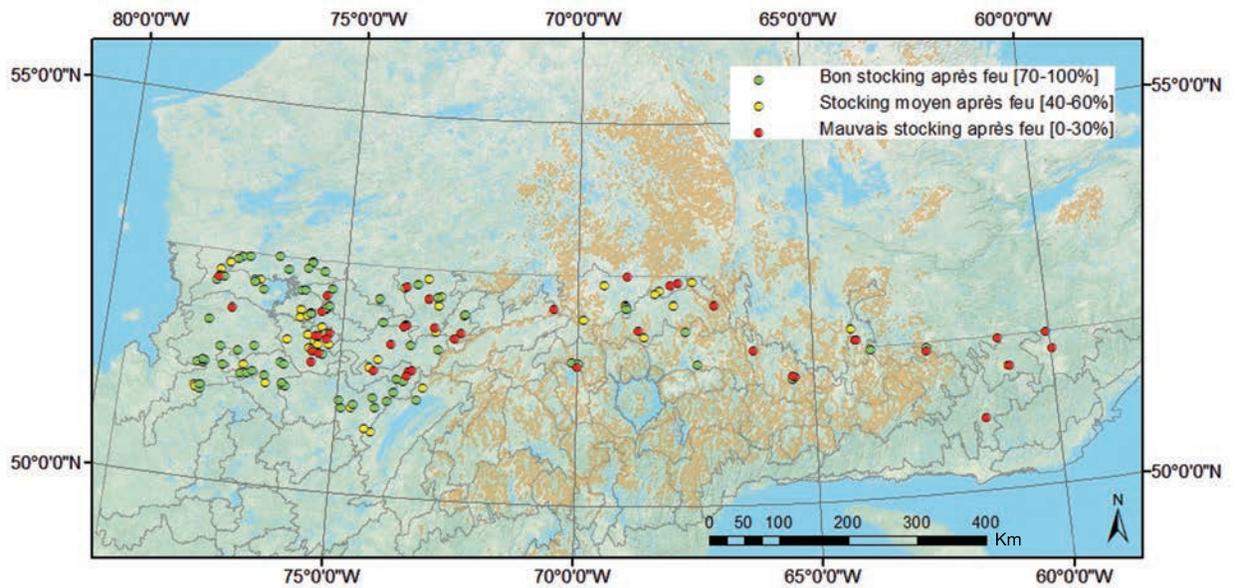
On pouvait déterminer le stocking avant et après feu sur 153 des 158 placettes. Le haut du tableau présente le nombre absolu de placettes, le bas le nombre relatif (%) en fonction du stocking avant feu. Les valeurs représentant un stocking similaire avant et après feu sont indiquées en gris.

		Valeur absolue (nombre de placettes)			
		Après feu			
		Bon	Moyen	Mauvais	Total
Avant feu	Bon	30	9	10	49 (32 %)
	Moyen	28	24	18	70 (46 %)
	Mauvais	12	9	13	34 (22 %)
	Total	70 (46 %)	42 (27 %)	41 (27 %)	153 (100 %)
		Valeur relative (%)			
		Après feu			
		Bon	Moyen	Mauvais	Total
Avant feu	Bon	62 %	18 %	20 %	100 %
	Moyen	40 %	34 %	26 %	100 %
	Mauvais	35 %	27 %	38 %	100 %
	Total	46 %	27 %	27 %	100 %

**FIGURE 4**  
Répartition spatiale du stocking total.



a) avant feu



(b) après feu

**TABLEAU 4**

**Principaux résultats obtenus par la régression ordinale et les arbres de régression pour le stocking total après feu (n = 158 placettes).**

L'ordre des variables significatives ( $P \leq 0,05$ ) représente aussi l'ordre d'importance de leur effet sur le stocking (du plus important au moins important). Les valeurs de « bon stocking » et « mauvais stocking » sont obtenues à la première division tandis que les valeurs « meilleur stocking » et « pire stocking » sont obtenues à la deuxième division de l'arbre de régression. Dans tous les cas, les seuils présentent les valeurs associées au-delà ou en deçà desquelles une prépondérance de sites avec un stocking  $\geq 70\%$  ou un stocking  $\leq 30\%$  est retrouvée.

Variable	Valeur explicative (R <sup>2</sup> cumulé)	Seuil	Bon stocking	Mauvais stocking	Meilleur stocking	Pire stocking
Longitude (° O)	0,143	75,7	$\geq 75,7$	$< 75,7$	$\geq 75,7$	$< 75,7$
Brûlis total ou partiel	0,177	-	Brûlis partiel	Brûlis total	Brûlis partiel	Brûlis total
Pente (%)	0,203	4	$\leq 4$	$> 4$	$< 2$	$> 20$
Stocking avant feu (%)	0,239	70	$\geq 70$	$< 70$	70-100	0-40

### 3.2.2 Variables explicatives du stocking total après feu

Le tableau 4 présente les variables qui ont un effet significatif sur le stocking total après feu. On notera les effets, en ordre décroissant d'importance, de la longitude, du type de brûlis, de la pente et du stocking avant feu. Les quatre variables expliquent ensemble 24 % de la variance. Comme on peut le noter à la figure 4, le stocking total après feu est caractérisé par un patron longitudinal important : à l'ouest de 75,7° Ouest, le stocking est généralement bon, tandis qu'à l'est de cette longitude il est beaucoup moins élevé. La probabilité d'avoir un bon stocking total après feu est significativement plus élevée lorsque les sites avaient seulement brûlé partiellement (la pente était  $\leq 4\%$  et le stocking avant feu était  $\geq 70\%$ ). Selon les résultats de la deuxième division du même arbre de régression, on note qu'il est très probable que le stocking après feu soit mauvais si la pente est  $> 20\%$  et le stocking avant feu  $\leq 40\%$ .

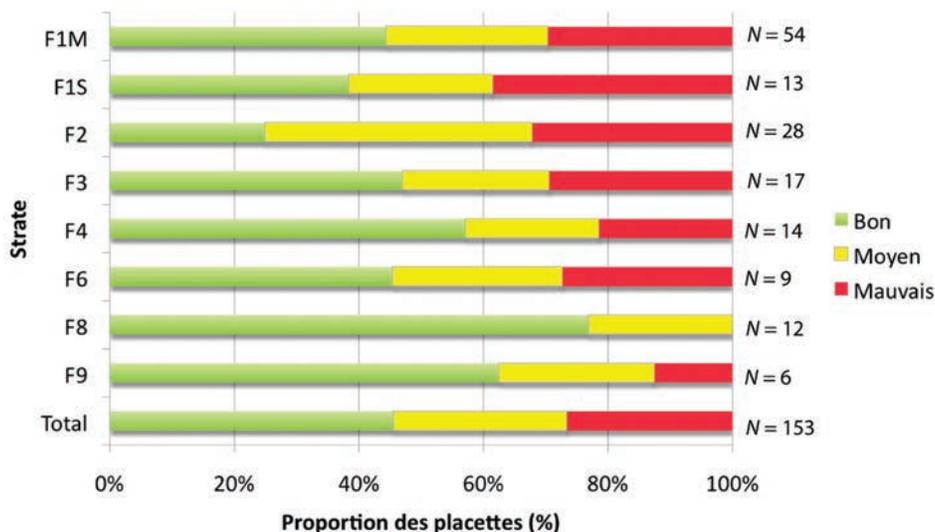
### 3.2.3 Effet des strates sur le stocking total après feu

L'effet des strates sur le stocking total après feu s'est avéré presque significatif ( $P = 0,07$ ) selon l'analyse de régression ordinale. Le  $\chi^2$ -test a révélé deux strates qui avaient un stocking significativement ( $P \leq 0,05$ ) différent comparativement aux autres strates : F8 ayant un meilleur stocking et F2 ayant un pire stocking (figure 5).

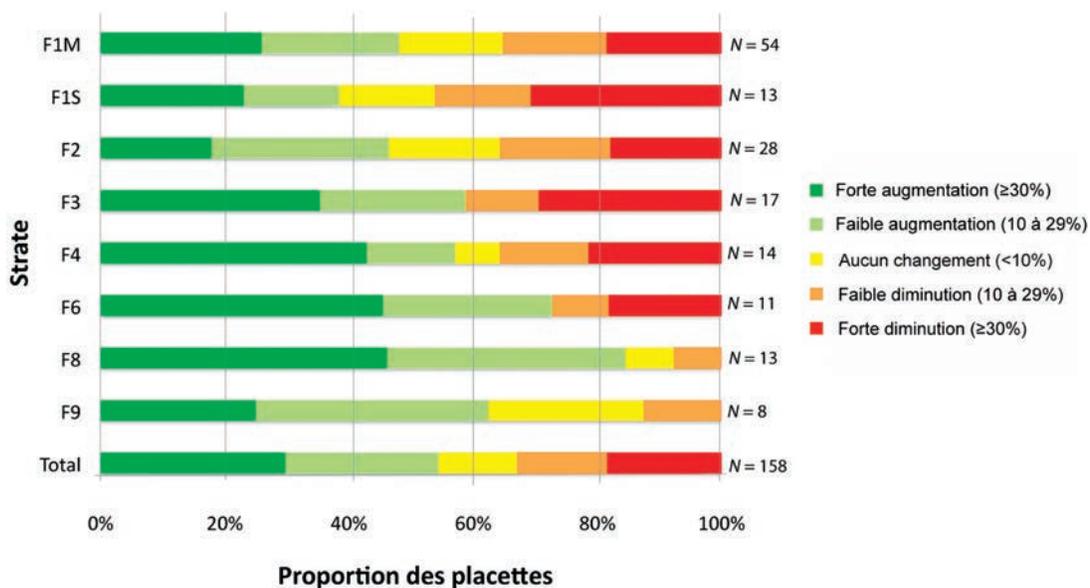
En regardant la figure 6, où l'on compare le changement de stocking absolu (et non en classes) avant et après feu, on remarque que le stocking dans la strate F8 a augmenté davantage que dans les autres strates ( $P \leq 0,05$ ,  $\chi^2$ -test) et représente ainsi une très bonne strate en ce qui concerne la résilience au feu. Il est à noter cependant que la strate F8 représente seulement 7,0 % de la superficie du territoire qui a brûlé il y a 10 à 30 ans. Le stocking dans la strate F1M, qui représente 44,5 % de la superficie du territoire qui a brûlé il y a 10 à 30 ans, est moins favorable; il s'est détérioré dans 36 % des cas et amélioré dans 48 % des cas (figure 6). La répartition spatiale de ces différences est illustrée à la figure 7.

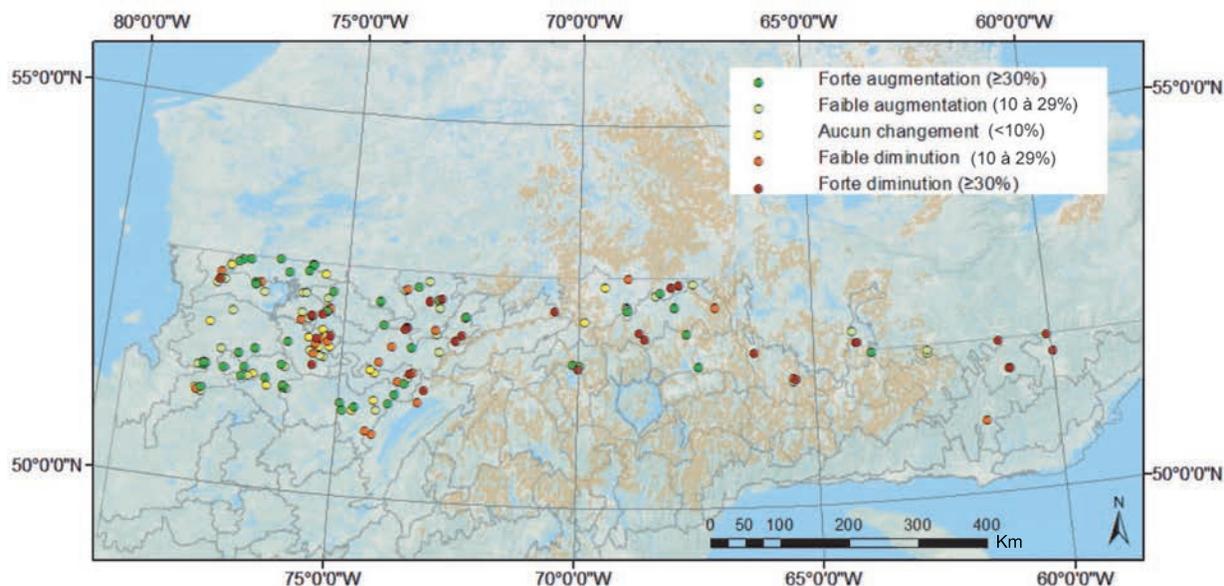
**FIGURE 5**  
**Stocking total après feu des différentes strates.**

Le stocking total est divisé en trois classes : bon, moyen et mauvais. Le nombre de placettes est indiqué pour chacune des strates.



**FIGURE 6**  
**Différence entre le stocking absolu avant et après feu.**



**FIGURE 7****Répartition spatiale des différences en stocking total absolu avant et après feu.**

### 3.2.4 Interprétation des résultats

La longitude était la variable qui expliquait le mieux la variabilité dans le stocking après feu : la région à l'ouest de la longitude 75,7° Ouest avait une régénération beaucoup plus élevée que celle à l'est. Le fait que la longitude se soit avérée la variable la plus significative, au-delà des variables liées aux conditions édaphiques, écologiques ou climatiques, peut s'expliquer par le fait que plusieurs de ces variables – comme la pente, la proportion de placettes de brûlis partiel, le stocking avant le feu et la strate – sont plus favorables dans la région ouest.

Plus précisément, la pente médiane dans la région ouest (4,0 %) est significativement ( $P \leq 0,05$ ) plus faible que celle de la région est (7,0 %), ce qui favorise un bon stocking notamment chez le pin gris (voir section 3.3.2). Le stocking moyen avant feu (58 %) y était d'ailleurs significativement ( $P \leq 0,05$ ) plus élevé que celui de la région est (50 %; figure 4a). Aussi, il y a relativement plus de placettes en brûlis partiel dans la région ouest qui ont généralement un meilleur stocking<sup>4</sup>

(65 % des placettes en brûlis partiel avaient un bon stocking (70-100 %; étoiles vertes), comparativement à seulement 39 % pour les placettes en brûlis total (cercles verts); figure A2 dans le matériel supplémentaire). Finalement, la strate F8, qui a montré la meilleure amélioration de stocking, se situe surtout dans la région ouest (voir aussi figure A4 dans le matériel supplémentaire).

### 3.3 Analyse par espèce

Bien que les analyses (régressions ordinales et arbres de régression) n'aient pas montré d'effet significatif de la composition initiale sur le stocking total après feu, il est tout de même intéressant de s'y attarder. Parmi les sites dominés par le pin gris, 52 % montraient un bon stocking total après feu contre 42 % parmi ceux dominés par l'épinette noire, tandis que 31 % des sites dominés par l'épinette noire présentaient un stocking moyen contre seulement 22 % parmi les sites de pin gris, même si la différence entre les deux espèces n'était pas significative lorsque testée par arbre de régression ( $P = 0,35$ ; tableau 5). Par contre,

<sup>4</sup> Notons que pour les placettes en brûlis partiel, on a porté une attention particulière à ne compter que les arbres qui se sont établis après feu pour que ce soit comparable aux données recueillies après brûlis total.

**TABLEAU 5**

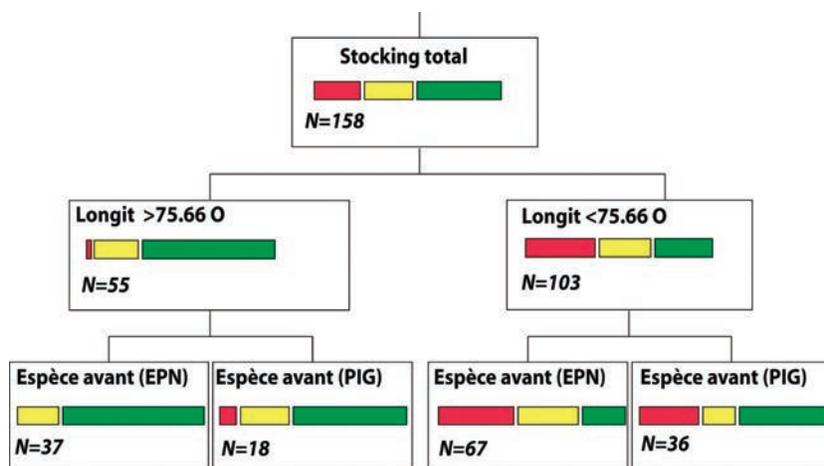
Fréquence absolue (fréquence relative) de placettes selon la classe de stocking total (toutes espèces confondues) après feu par espèce dominante avant feu.

Espèce dominante avant feu	Classe de stocking total après feu			Total
	Bon ( $\geq 70$ %)	Moyen (40-60 %)	Mauvais ( $\leq 30$ %)	
EPN	44 (42 %)	32 (31 %)	28 (27 %)	104 (100 %)
PIG	28 (52 %)	12 (22 %)	14 (26 %)	54 (100 %)

**FIGURE 8**

Arbre de régression du stocking total impliquant trois divisions (n = 158 placettes).

La portion verte représente la partie de placettes avec un bon stocking (70-100 %), la proportion jaune avec un stocking moyen (40-60 %) et la proportion rouge avec un mauvais stocking (0-30 %).



lorsque l'on tenait compte de la zone (seuil de la longitude 75,7° Ouest) *a priori* dans l'arbre de régression, on observait une différence significative (P = 0,02) entre les deux espèces (figure 8) : dans la région est, lorsque l'espèce dominante avant feu était le pin gris, le stocking total après feu était plus élevé que si l'espèce dominante avant feu était l'épinette noire. Néanmoins, le stocking de pin gris après feu est très modeste, principalement parce que les peuplements étaient déjà ouverts avant le feu dans la région comprise entre les longitudes 70,0° et 75,7° Ouest (figure A5 dans le matériel supplémentaire). Par contre,

dans la région ouest, le stocking des deux espèces était relativement bon (figure 8). Aussi, pour mieux comprendre les facteurs qui contrôlent la régénération naturelle après feu chez les deux espèces dominantes de la forêt boréale, des analyses séparées pour l'épinette noire (EPN) et le pin gris (PIG) ont été menées.

### 3.3.1 Stocking de l'épinette noire

#### 3.3.1.1 Portrait général du stocking de l'épinette noire avant et après feu

La matrice de transition au tableau 6 permet de voir le nombre de sites où le stocking en épinette

**TABLEAU 6**

**Stocking de l'épinette noire avant et après feu.**

La partie du haut du tableau présente le nombre absolu de placettes, la partie du bas le nombre relatif (%) en fonction du stocking avant feu. Les valeurs représentant un stocking similaire avant et après feu sont indiquées en gris. L'épinette noire était présente dans 122 sur 158 placettes avant feu.

		Valeur absolue (nombre de placettes)			
		Après feu			
		Bon	Moyen	Mauvais	Total
Avant feu	Bon	14	6	6	26 (21 %)
	Moyen	16	12	19	47 (39 %)
	Mauvais	11	15	23	49 (40 %)
	Total	41 (34 %)	33 (27 %)	48 (39 %)	122 (100 %)
		Valeur relative (%)			
		Après feu			
		Bon	Moyen	Mauvais	Total
Avant feu	Bon	54 %	23 %	23 %	100 %
	Moyen	34 %	26 %	40 %	100 %
	Mauvais	22 %	31 %	47 %	100 %
	Total	34 %	27 %	39 %	100 %

noire a augmenté, diminué ou est resté semblable après le feu comparativement à avant. La répartition spatiale des sites selon leur stocking avant et après est également présentée dans le matériel supplémentaire à la figure A3. Le stocking de l'épinette noire après feu a surtout augmenté dans l'ouest (figure A3). À l'est de la longitude 75,7° Ouest, le patron est moins clair. Il est intéressant de noter que la classe de stocking avant feu pour une placette d'épinette noire ne détermine pas sa classe de stocking après feu : 46 % des placettes qui avaient un bon stocking avant le feu se sont détériorées, tandis que 53 % des placettes avec un mauvais stocking avant feu se sont améliorées. Comparativement à l'état avant feu, une proportion relativement grande de sites avec un stocking moyen (40-60 %) avant feu s'est transformée en sites avec un bon stocking après feu (augmentation de 21 à 34 %). Néanmoins, la fréquence relative de placettes avec un mauvais stocking est demeurée élevée (39 %).

**3.3.1.2 Variables explicatives du stocking de l'épinette noire**

Le tableau 7 présente les variables qui ont un pouvoir explicatif sur le stocking de l'épinette noire après feu, selon la régression ordinale et leurs seuils selon l'arbre de régression. La classe de drainage, l'épaisseur de la couche organique et le type de brûlis sont les variables qui expliquent le plus le stocking de l'épinette noire (tableau 7). Les trois variables expliquent ensemble 24 % de la variance. Ainsi, les sites mal drainés, dont la couche organique est épaisse et qui ont été brûlés partiellement, sont plus propices à la régénération naturelle de l'épinette noire après feu. Ces sites plus humides sont favorables à l'établissement de l'épinette noire, qui est sensible à la sécheresse. Notons que, mis à part le type de brûlis, les variables les plus explicatives pour le stocking de l'épinette noire sont différentes de celles expliquant le stocking total (voir tableau 4).

**TABLEAU 7**

**Principaux résultats obtenus par la régression ordinale et les arbres de régression pour le stocking de l'épinette noire après feu (n = 145 placettes).**

L'ordre des variables significatives ( $P \leq 0,05$ ) représente aussi l'ordre d'importance de leur effet sur le stocking (du plus au moins important). Les valeurs de « bon stocking » et « mauvais stocking » sont obtenues à la première division tandis que les valeurs « meilleur stocking » et « pire stocking » sont obtenues à la deuxième division de l'arbre de régression. Dans tous les cas les seuils présentent les valeurs associées au-delà ou en deçà desquelles une prépondérance de sites avec un stocking  $\geq 70\%$  et un stocking  $\leq 30\%$  respectivement est retrouvée.

Variable	Valeur explicative (R <sup>2</sup> cumulé)	Seuil	Bon stocking	Mauvais stocking	Meilleur stocking	Pire stocking
Classe de drainage	0,136	4	$\geq 4$	$< 4$	5	$< 3$
Épaisseur de la couche organique (cm)	0,205	9	$\geq 9$	$< 9$	$\geq 25$	$< 9$
Brûlis total ou partiel	0,239	-	Brûlis partiel	Brûlis total	Brûlis partiel	Brûlis total

**3.3.1.3 Effet des strates sur le stocking de l'épinette noire**

Pour avoir une bonne idée de l'effet des strates sur le stocking de l'épinette noire, nous avons ajouté une quatrième classe de stocking (en plus des classes « bon », « moyen » et « mauvais ») pour les sites dont certaines microplacettes étaient occupées seulement par le pin gris. Ainsi, si le stocking en EPN était mauvais à moyen (0-60 %), mais que le stocking total (EPN + PIG) était bon (70-100 %), le stocking de la placette était classifié « compétition » : la présence du PIG ayant possiblement diminué le stocking de l'EPN dû à la compétition entre ces deux espèces (figure 9). Ces résultats doivent être toutefois interprétés avec prudence.

Seule la strate F8 a montré un stocking d'épinette noire qui différait significativement ( $P \leq 0,05$ ,  $\chi^2$ -test) des autres strates, présentant ainsi le meilleur stocking. Cette strate, qui représente seulement 7,0 % de la superficie du territoire qui a brûlé il y a 10 à 30 ans, est aussi la meilleure strate en ce qui concerne la régénération naturelle après feu pour le stocking total (figures 5 et 6).

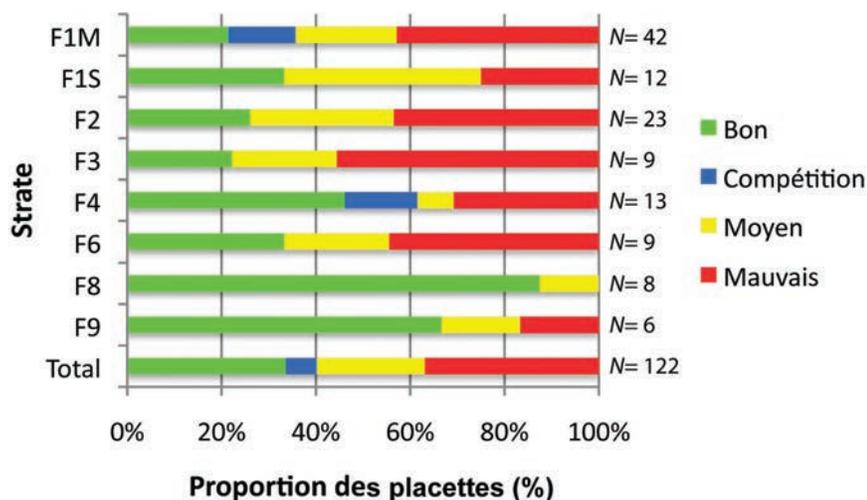
Par contre, la strate la plus commune, F1M (till épais mésique), représentant 44,5 % de la superficie du territoire qui a brûlé il y a 10 à 30 ans, est apparue comme une strate plutôt mauvaise en ce qui concerne la régénération de l'épinette noire après feu : 43 % des placettes avaient un mauvais stocking et seulement 22 % avaient un bon stocking.

Lorsque l'on considère le stocking de l'épinette noire en ce qui concerne la différence absolue entre le stocking avant et après le feu, tel que présenté à la figure 10, on constate les mêmes patrons que l'on observait lorsque le stocking avant feu n'était pas considéré. La strate F8 (sable fluvial ou glaciolacustre et marin) est la strate la plus résiliente au feu, le stocking s'étant amélioré dans toutes les placettes. Cette strate était la seule qui était significativement différente (c'est-à-dire meilleure) des autres strates. La strate la plus commune, F1M, se présente comme une strate plutôt mauvaise avec 51 % des placettes qui se sont détériorées après feu en ce qui concerne le stocking de l'épinette noire. La répartition spatiale des différences de stocking est illustrée à la figure 11.

**FIGURE 9**

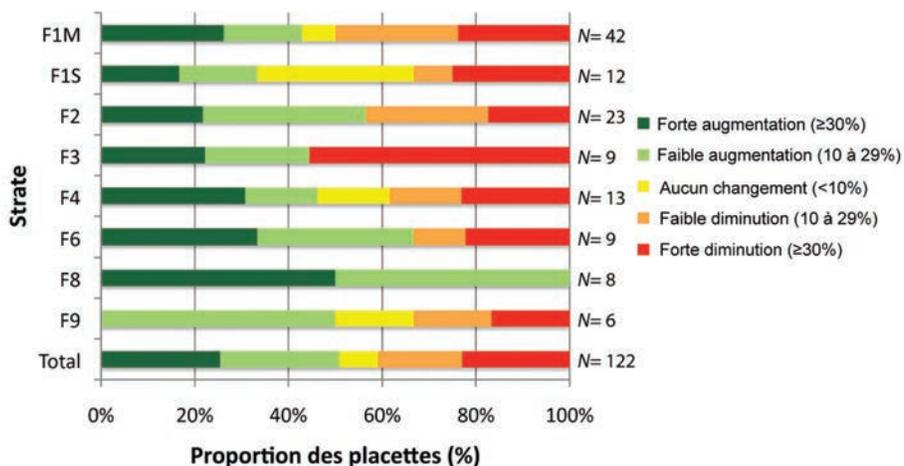
**Stocking de l'épinette noire après feu au sein des différentes strates.**

Le stocking est exceptionnellement divisé en quatre classes (bon, compétition, moyen et mauvais) pour vérifier si le stocking du pin gris (PIG) avait un effet compétitif sur le stocking de l'épinette noire. Si le stocking en EPN était mauvais à moyen (0-60 %), mais que le stocking total (EPN + PIG) était bon (70-100 %), le stocking de la placette était classifié « compétition » : la présence du PIG a possiblement diminué le stocking de l'EPN dû à la compétition. Dans ces cas, le stocking de l'EPN pourrait vraisemblablement s'améliorer si on enlevait l'espèce compétitive.



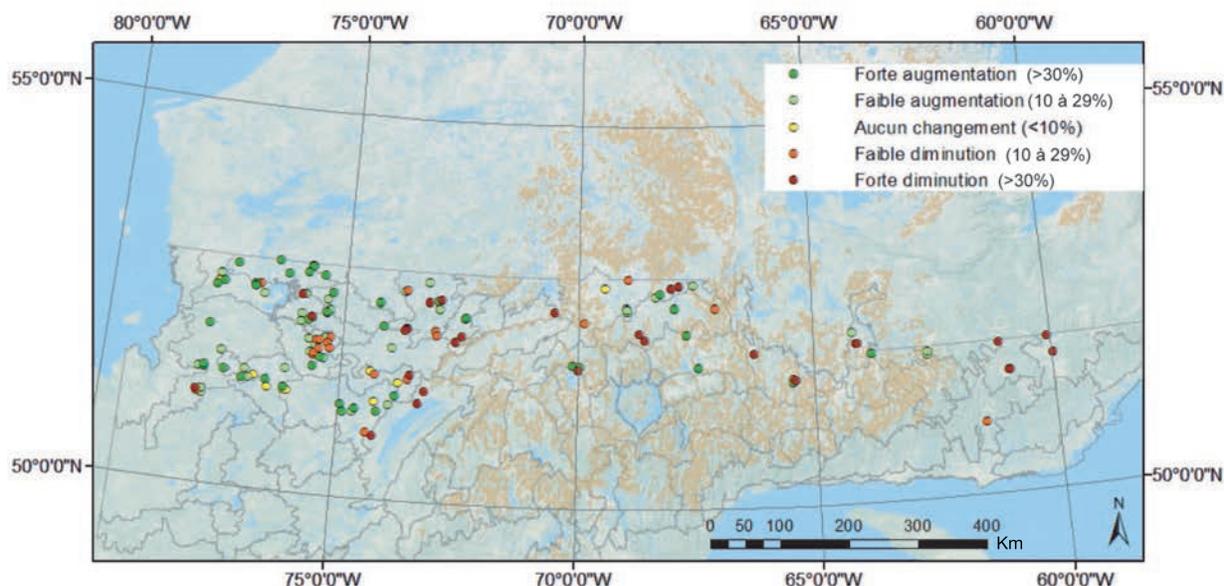
**FIGURE 10**

**Différence entre le stocking absolu avant et après feu pour l'épinette noire.**



**FIGURE 11**

**Classification de la différence entre le stocking absolu avant et après feu de l'épinette noire.**  
La classification utilisée est la même qu'à la figure 10.



### 3.3.2 Stocking du pin gris

#### 3.3.2.1 Portrait général du stocking du pin gris avant et après feu

La matrice de transition au tableau 8 permet de voir le nombre de sites où le stocking en pin gris a augmenté, diminué ou est resté semblable après feu comparativement à avant feu. On note que 47 % des sites qui avaient un bon stocking en PIG avant feu se sont détériorés, tandis que la majorité (66 %) des sites qui montraient un mauvais stocking avant feu avait aussi un mauvais stocking après feu. Finalement, parmi les sites qui présentaient un mauvais stocking, seulement 36 % se sont améliorés. La répartition spatiale du stocking du pin gris avant et après feu est illustrée à la figure A5 dans le matériel supplémentaire. La carte montre que le stocking du pin gris après feu a surtout augmenté dans le sud du territoire.

#### 3.3.2.2 Variables explicatives du stocking du pin gris

Le tableau 9 présente les variables qui expliquent significativement le stocking du pin gris après feu (en ordre décroissant) : la pente et le stocking avant feu. Ces deux variables expliquent ensemble 30 % de la variance du stocking du pin gris après feu. Ainsi, les sites dont la pente est faible et où le stocking avant feu est élevé sont particulièrement favorables à la régénération naturelle du pin gris après feu. Ces deux variables faisaient aussi partie de celles qui expliquent le stocking total (voir tableau 4).

**TABLEAU 8**

**Stocking du pin gris avant et après feu.**

La partie du haut du tableau présente le nombre absolu de placettes, la partie du bas le nombre relatif (%) en fonction du stocking avant feu. Les valeurs représentant un stocking similaire avant et après feu sont indiquées en gris. Le pin gris était présent dans 76 des 158 placettes avant feu.

		Valeur absolue (nombre de placettes)			
		Après feu			
		Bon	Moyen	Mauvais	Total
Avant feu	Bon	8	5	2	15 (20 %)
	Moyen	10	9	10	29 (38 %)
	Mauvais	3	8	21	32 (42 %)
	Total	21 (28 %)	22 (29 %)	33 (43 %)	76 (100 %)
		Valeur relative (%)			
		Après feu			
		Bon	Moyen	Mauvais	Total
Avant feu	Bon	53 %	34 %	13 %	100 %
	Moyen	34 %	31 %	34 %	100 %
	Mauvais	9 %	25 %	66 %	100 %
	Total	28 %	29 %	43 %	100 %

**TABLEAU 9**

**Principaux résultats obtenus par la régression ordinale et les arbres de régression pour le stocking du pin gris après feu (n = 89 placettes).**

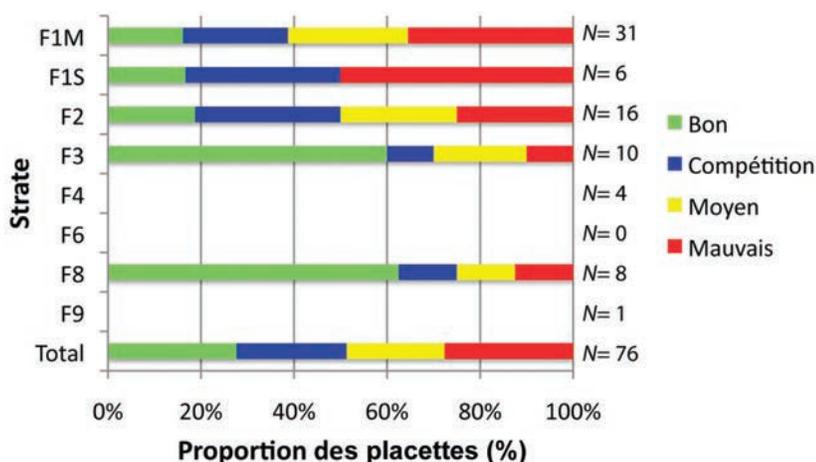
L'ordre des variables significatives ( $P \leq 0,05$ ) représente aussi l'ordre d'importance de leur effet sur le stocking (du plus au moins important). Les valeurs de « bon stocking » et « mauvais stocking » sont obtenues à la première division tandis que les valeurs « meilleur stocking » et « pire stocking » sont obtenues à la deuxième division de l'arbre de régression. Dans tous les cas, les seuils présentent les valeurs associées au-delà ou en deçà desquelles une prépondérance de sites avec un stocking  $\geq 70$  % ou un stocking  $\leq 30$  % est retrouvée.

Variable	Valeur explicative (R <sup>2</sup> cumulé)	Seuil	Bon stocking	Mauvais stocking	Meilleur stocking	Pire stocking
Pente (%)	0,155	3	$\leq 3$	$> 3$	$< 2$	$> 8$
Stocking avant feu (%)	0,298	50	$\geq 50$	$< 50$	$\geq 70$	$\leq 10$

**FIGURE 12**

**Stocking du pin gris après feu au sein des différentes strates.**

Les strates qui comptaient moins de 5 placettes ne sont pas présentées pour éviter de fausses interprétations. Le stocking est exceptionnellement divisé en quatre classes (bon, compétition, moyen et mauvais) pour vérifier si le stocking de l'épinette noire (EPN) avait un effet compétitif sur le stocking du PIG. Si le stocking du PIG était mauvais à moyen (0-60 %), mais le stocking total (EPN + PIG) était bon (70-100 %), le stocking de la placette était classifié « compétition » : la présence de l'EPN a possiblement diminué le stocking du PIG dû à la compétition. Dans ces cas, le stocking du PIG pourrait vraisemblablement s'améliorer si on enlevait l'espèce compétitive.



**3.3.2.3 Effet des strates sur le stocking du pin gris**

Pour avoir une bonne idée de l'effet des strates sur le stocking, nous avons ici aussi ajouté une quatrième classe de stocking (en plus des classes « bon », « moyen » et « mauvais ») pour les sites dont certaines microplacettes étaient occupées seulement par l'épinette noire. Ainsi, si le stocking en PIG était mauvais à moyen (0-60 %), mais que le stocking total (EPN + PIG) était bon (70-100 %), le stocking de la placette était classifié « compétition » : la présence de l'EPN a pu causer l'absence de PIG dû à la compétition (figure 12). Toutefois, ces résultats doivent être interprétés avec prudence.

Les strates F3 (épandage fluvio-glaciaire ou dépôt fluvial ancien) et F8 (sable fluvial ou dépôts glaciolacustre et marin) avaient un stocking de pin gris après feu significativement plus élevé que les autres strates ( $P \leq 0,05$ ,  $\chi^2$ -test; figure 12). Ces deux strates ensemble représentent 10,3 % de la superficie totale des strates échantillonnées qui

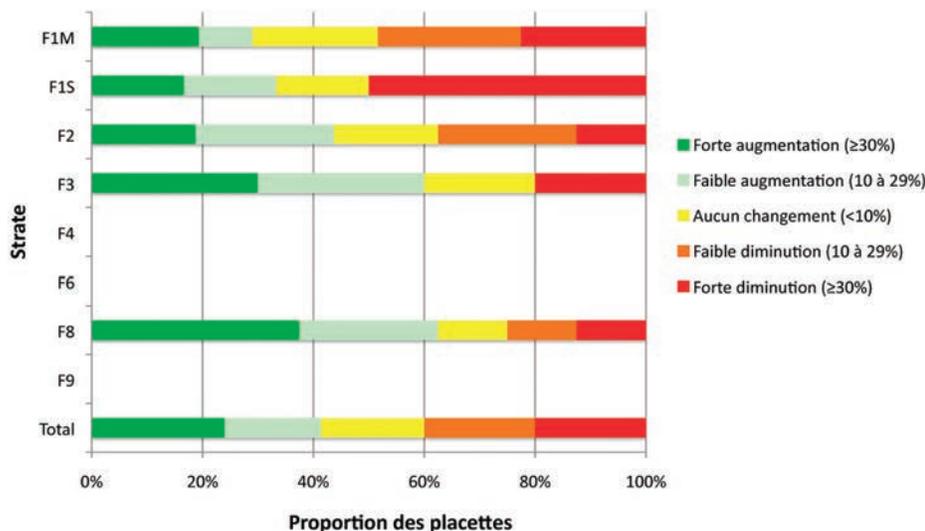
ont brûlé il y a 10 à 30 ans (tableau 1). Soulignons que la strate F8 constitue la meilleure strate à la fois pour le stocking total, le stocking de l'EPN et le stocking du PIG (figure 12). La strate F1M, qui représente 44,5 % de la superficie totale des strates échantillonnées qui ont brûlé il y a 10 à 30 ans, avait un bon stocking après feu dans 16 % des placettes et un mauvais stocking dans 36 % des placettes (figure 12).

La figure 13 présente la différence absolue entre le stocking avant et après feu. Aucune différence significative de stocking après feu n'a été observée entre les strates. Il faut noter que le faible nombre de placettes dans plusieurs types de strates a probablement contribué à cette observation. Pour la strate la plus commune dans le territoire, la F1M, le stocking du pin gris après le feu s'est amélioré dans 29 % de placettes et s'est détérioré dans 48 % de placettes, comparative-ment à celui avant le feu. La répartition spatiale des différences absolues de stocking du pin gris est illustrée à la figure 14.

**FIGURE 13**

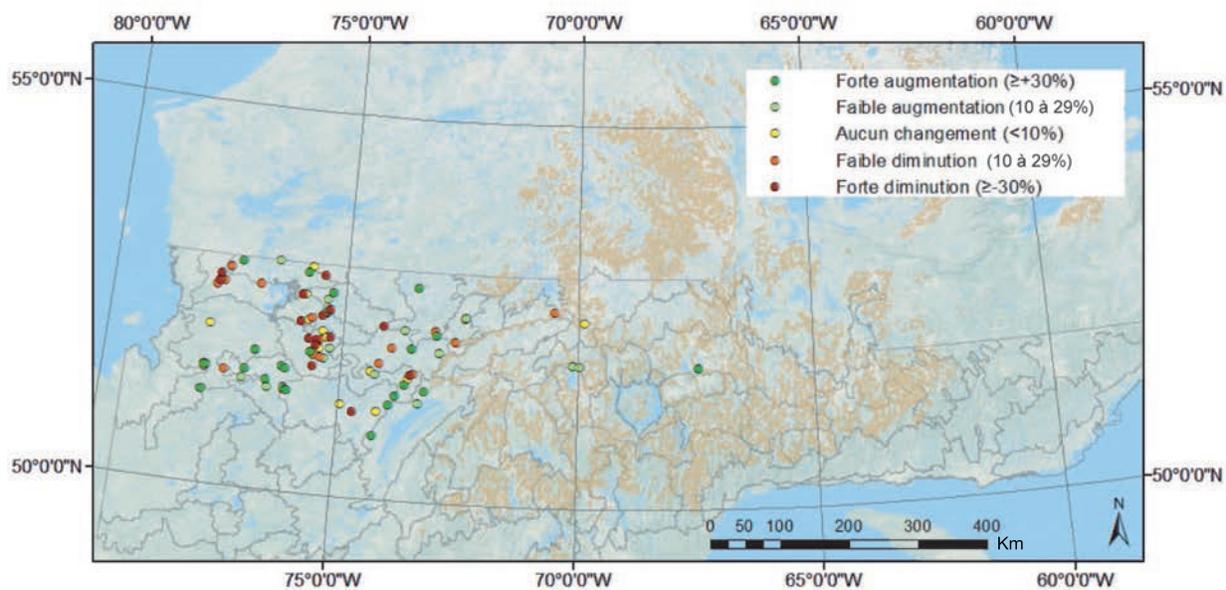
**Différence entre le stocking absolu avant et après feu pour le pin gris.**

La classification utilisée est la même qu'à la figure 14. Les strates qui comptaient moins de 5 placettes ne sont pas présentées afin d'éviter de fausses interprétations.



**FIGURE 14**

**Classification des différences entre le stocking absolu avant et après feu du pin gris.**





## Croissance

La croissance des arbres est un aspect important pour le devenir d'un peuplement. Cette variable est liée à la productivité du site où l'arbre se trouve. La qualité du site, notamment la fertilité du sol, peut être déterminante. Dans certaines conditions, la disparition totale de la couche organique peut être néfaste à cette croissance, tandis qu'une trop grande épaisseur de la couche organique peut limiter l'accès aux ressources nutritives par les racines. Dans cette partie de l'étude, nous avons voulu comparer la croissance des arbres en place lors du passage du feu à celles des recrues établies après le feu. Dans un premier temps, nous évaluons l'effet de la strate d'échantillonnage sur cette croissance pour l'EPN et le PIG. Par la suite, nous visons à bâtir un modèle explicatif de la croissance à partir des variables à notre disposition.

### 4.1 Définition et méthodologie

Afin de pouvoir comparer la croissance avant feu à celle après feu, nous avons utilisé la variable suivante : le temps nécessaire à un individu pour atteindre une hauteur de 200 cm, appelé ci-après le taux de croissance. On a ainsi comparé le taux de croissance des deux arbres morts (établis avant le feu) présentant les plus gros DHP (taux avant feu) à celui des deux semis les plus hauts (taux après feu) de chaque placette. Pour les arbres morts, les taux de croissance avant feu ont été estimés à partir de rondelles d'arbres prélevées à chaque 100 cm à partir de la base des racines (0 cm), ainsi qu'à 60 et 130 cm de hauteur, sur lesquelles les cernes de croissance ont été comptés. Pour la croissance après feu, la hauteur des deux semis et l'année du feu (traduit en âge du semis) ont servi à estimer le temps requis pour atteindre 200 cm. Pour ce faire, nous avons reconstruit les courbes de croissance de tous les individus morts

(courbes hauteur-âge). Le temps nécessaire à chaque semis pour atteindre 200 cm a ensuite été estimé en associant la courbe hauteur-âge de l'arbre mort de la même espèce dont la croissance à la même hauteur (par exemple 130 cm) était la plus similaire à celle du semis. Notons que plus le semis était petit, moins cette estimation était précise.

Les taux de croissance ont été classifiés (tableau 10), de sorte qu'ils puissent être comparés à ceux émanant d'études faites dans la région nordique de la forêt boréale de l'est du Canada (Arnup *et al.*, 1988; Buse et LeBlanc, 1990; Sims *et al.*, 1990; Desponts et Payette, 1992). Notons les différences marquées entre ce qui est qualifié de bonne croissance chez l'épinette noire ou chez le pin gris (tableau 10).

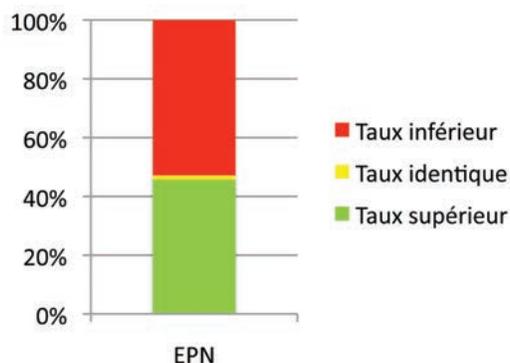
Les analyses statistiques utilisées pour comparer la croissance avant et après feu sont les mêmes que pour le stocking, soit la régression ordinale pas à pas et l'arbre de régression. De plus, pour évaluer s'il existe un lien entre la croissance et le stocking, des corrélations de Pearson entre le

**TABLEAU 10**  
**Classification du taux de croissance (temps (ans) requis pour atteindre 200 cm) pour l'épinette noire et le pin gris.**

Croissance	EPN	PIG
Bonne	≤ 22	≤ 13
Moyenne	23-33	14-22
Mauvaise	> 33	> 22

**FIGURE 15**

**Proportion des placettes d'épinette noire avec un taux de croissance après feu inférieur, identique ou supérieur par rapport au taux de croissance avant feu (n = 70 placettes).**



stocking total absolu et le taux de croissance (temps requis pour atteindre 200 cm) ont été réalisées pour les deux espèces. Notons par ailleurs que les données avant et après feu de seulement 70 placettes d'épinette noire et 54 de pin gris étaient disponibles, permettant ainsi de conduire ces analyses.

## 4.2 Épinette noire

### 4.2.1 Portrait général de la croissance avant et après feu pour l'épinette noire

La majorité des placettes d'épinette noire (37 sur 70) avait un taux de croissance inférieur à celui avant feu (figure 15). La matrice de transition au tableau 11 permet de voir le nombre de sites où la croissance de l'épinette noire s'est améliorée, a diminué ou est restée semblable après le feu,

comparativement à avant le feu. On note que dans 50 % des sites qui avaient une bonne croissance pour l'EPN avant le feu, celle-ci s'est maintenue dans la classe « bonne ». Dans les sites qui montraient une croissance « moyenne », elle s'est détériorée dans 41 % des cas. Finalement, parmi les sites présentant une « mauvaise » croissance, elle se serait améliorée dans 55 % des cas. De manière générale, le taux de croissance avant feu ne détermine pas celui après feu, bien que la probabilité d'avoir une bonne croissance après feu soit la plus élevée (c'est-à-dire 50 %) si la croissance avant feu était bonne. Aucun patron spatial clair du changement de taux de croissance de l'épinette noire ne se dégage (figure 16).

Après feu, le temps médian des 70 placettes pour atteindre 200 cm était de 30 ans (premier quartile : 22 ans; troisième quartile : 40 ans).

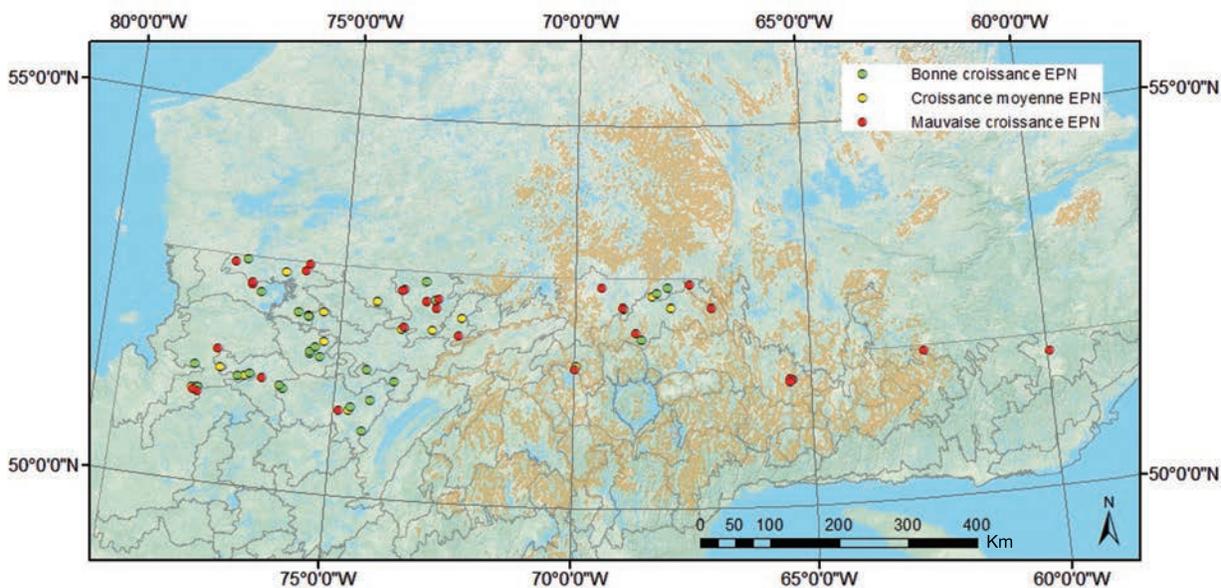
**TABLEAU 11**

**Croissance de l'épinette noire avant et après feu (n = 70 placettes).**

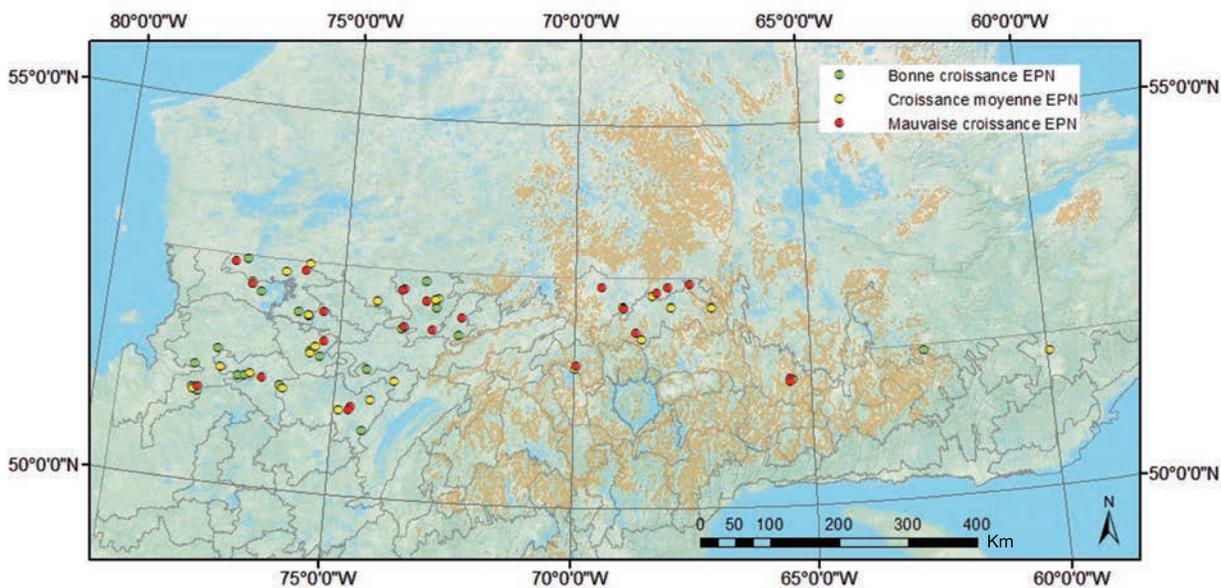
Les classes de croissance sont définies dans le tableau 10. Le haut du tableau montre le nombre absolu des placettes, le bas le nombre relatif (%) en fonction de la croissance avant feu. Les valeurs qui représentent une croissance similaire avant et après feu sont marquées en gris.

		Valeur absolue (nombre de placettes)			
		Après feu			
		Bon	Moyen	Mauvais	Total
Avant feu	Bon	12	8	4	24 (34 %)
	Moyen	4	6	7	17 (24 %)
	Mauvais	5	11	13	29 (41 %)
	Total	21 (30 %)	25 (36 %)	24 (34 %)	70 100 %
		Valeur relative (%)			
		Après feu			
		Bon	Moyen	Mauvais	Total
Avant feu	Bon	50 %	33 %	17 %	100 %
	Moyen	24 %	35 %	41 %	100 %
	Mauvais	17 %	38 %	45 %	100 %
	Total	30 %	36 %	34 %	100 %

**FIGURE 16**  
Répartition spatiale du taux de croissance pour les 70 placettes d'épinette noire.



a) avant feu



(b) après feu

**TABLEAU 12****Principaux résultats obtenus par l'arbre de régression pour le taux de croissance de l'épinette noire après feu.**

Les valeurs de « bonne croissance » et « mauvaise croissance » sont obtenues à la première division tandis que les valeurs « meilleure croissance » et « pire croissance » sont obtenues à la deuxième division de l'arbre de régression. Le seuil présente la valeur au-delà et en deçà de laquelle une prépondérance de sites avec un taux de croissance  $\leq 22$  ans et  $> 33$  ans pour atteindre 200 cm, respectivement, est retrouvée.

Variable	Valeur explicative (R <sup>2</sup> cumulé)	Seuil	Bonne croissance	Mauvaise croissance	Meilleure croissance	Pire croissance
Altitude (m)	0,100	402	$\leq 402$	$> 402$	$< 240$	$\geq 640$

#### 4.2.2 Variables explicatives du taux de croissance initial de l'épinette noire après feu

La régression ordinale montre que l'altitude est la seule variable qui explique significativement ( $P \leq 0,05$ ) le taux de croissance de l'épinette noire après feu (tableau 12). Une altitude moins élevée résulte généralement en un taux de croissance plus élevé.

#### 4.2.3 Effet de la strate sur le taux de croissance de l'épinette noire après feu

Le  $\chi^2$ -test montrait qu'aucune strate ne se distinguait significativement des autres en ce qui concerne la croissance de l'épinette noire. La figure 17 indique que, dans la strate la plus représentée dans le territoire (F1M), seulement 5 % de placettes ont montré un bon taux de croissance après feu, comparativement à 38 % avec un mauvais taux de croissance.

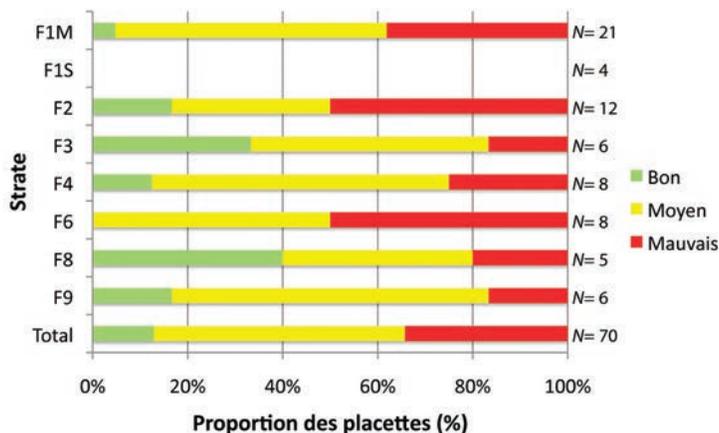
Lorsqu'on examine la différence de croissance avant et après feu en termes absolus (figure 18), on constate que les changements de taux de croissance avant feu comparativement à après feu ne diffèrent pas significativement parmi les différentes strates. Le faible nombre de placettes dans plusieurs types de strates contribue probablement à cette observation. La strate la plus représentée dans le territoire, F1M, se présente encore une fois comme une strate plutôt mauvaise : 62 % de placettes avaient un taux de croissance inférieur, comparativement à celui avant le feu (figure 18). La répartition spatiale des différences est illustrée à la figure 19. Le patron spatial n'est pas très clair, bien qu'autour de la longitude 76° Ouest le taux de croissance se soit surtout détérioré.

Nous avons voulu évaluer s'il existait un lien entre la croissance et le stocking (numérique) de l'épinette noire observés après le feu. Le test de corrélation (Spearman) entre le temps pour atteindre 200 cm et le stocking après feu n'était pas significatif ( $r_s = -0,18$ ;  $P = 0,16$ ;  $n = 70$ ).

**FIGURE 17**

Taux de croissance de l'épinette noire après feu au sein des différentes strates, présentés en pourcentage de placettes.

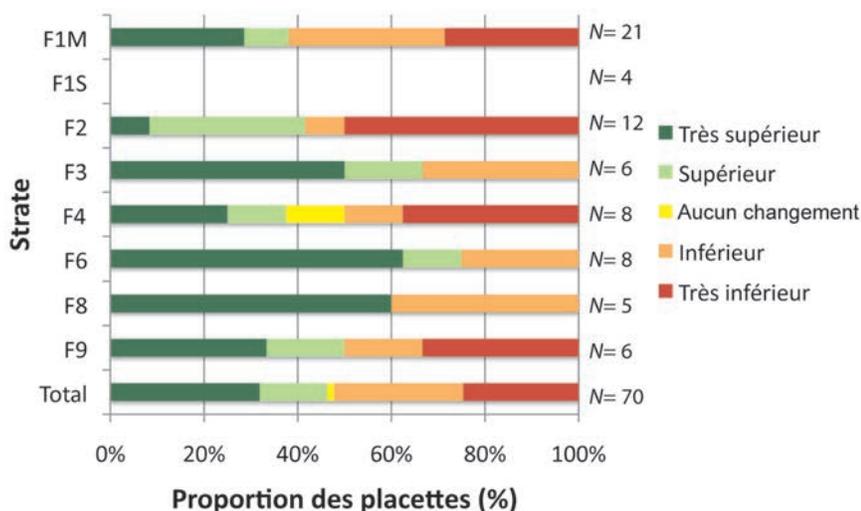
Les strates qui comptaient moins de 5 placettes ne sont pas présentées pour éviter de fausses interprétations.



**FIGURE 18**

Comparaison du taux de croissance de l'épinette noire par strate avant et après feu.

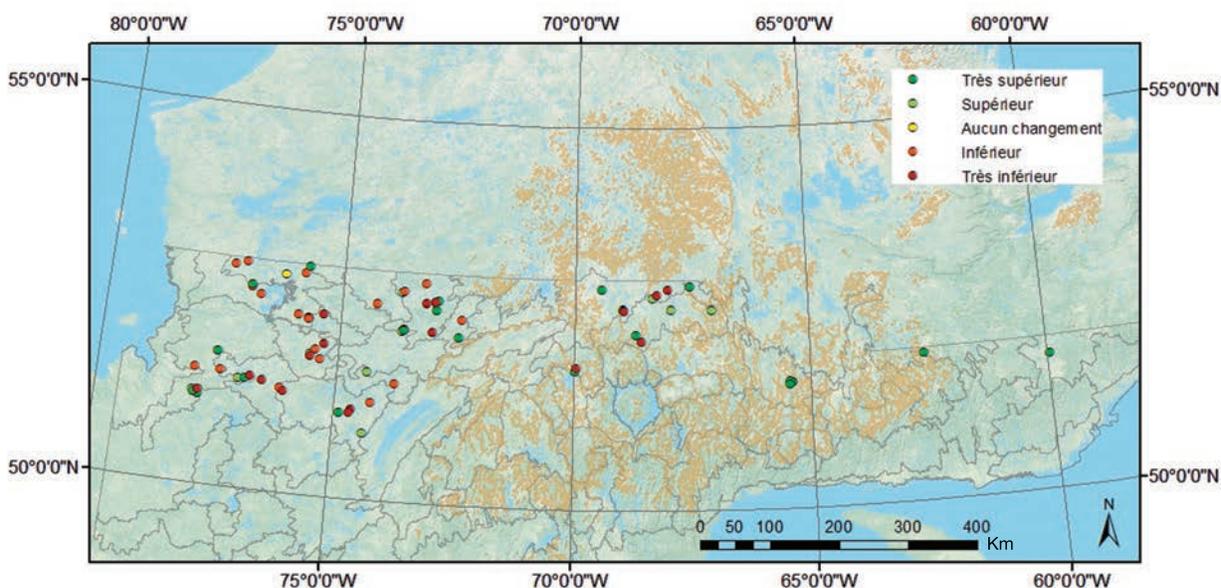
Les classes représentent la différence entre le taux de croissance après feu comparé au taux avant feu. Si le temps pour atteindre une hauteur de 200 cm était supérieur à 10 ans plus long que celui avant feu, les placettes étaient classifiées comme ayant un « taux de croissance très inférieur », ou, dans le cas inverse, comme ayant un « taux de croissance très supérieur ». Les strates qui comptaient moins de 5 placettes ne sont pas présentées pour éviter de fausses interprétations.



**FIGURE 19**

**Comparaison du taux de croissance de l'épinette noire avant et après feu.**

La classification utilisée est la même qu'à la figure 18.



### 4.3 Pin gris

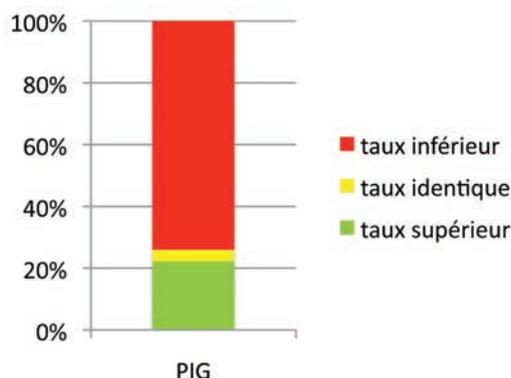
#### 4.3.1 Portrait général de la croissance avant et après feu pour le pin gris

La majorité des placettes (77 %) de pin gris a montré un taux de croissance inférieur après feu comparativement à avant feu (figure 20). La matrice de transition du tableau 13 permet de voir le nombre de sites où la croissance du pin gris s'est améliorée, a diminué ou est restée semblable après feu comparativement à avant feu. On note que dans 61 % des sites qui avaient une « bonne » croissance pour le pin gris avant feu, celle-ci se serait détériorée, tandis que 75 % des sites qui

avaient une « mauvaise » croissance avant feu se retrouvent dans la même classe après feu. Lorsqu'on s'attarde à la répartition spatiale, on remarque que le taux de croissance du pin gris a fortement diminué après feu dans la région centrale (environ 75,5° Ouest) où la croissance était « bonne » avant feu (figure 21a). Après feu, le temps médian des 54 placettes pour atteindre 200 cm était de 17 ans (premier quartile : 12 ans; troisième quartile : 22 ans), soit un temps passablement plus court que celui de l'épinette noire (30 ans; premier quartile : 22 ans; troisième quartile : 40 ans).

**FIGURE 20**

Proportion relative des changements du taux de croissance du pin gris après feu par rapport au taux avant feu (n = 54 placettes).



**TABLEAU 13**

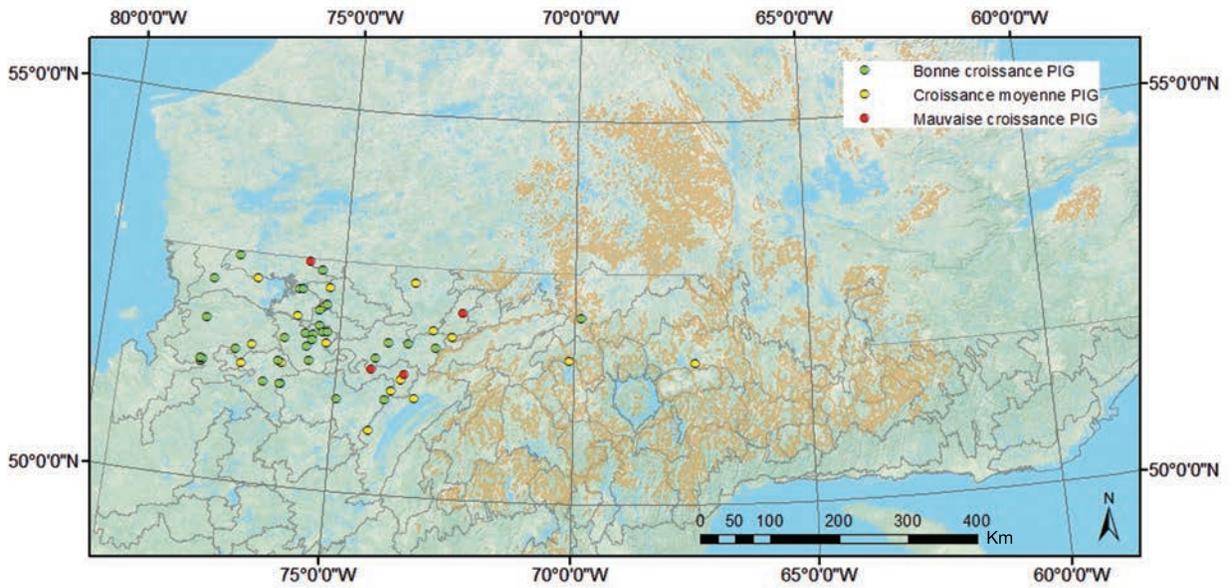
Croissance du pin gris avant et après feu (n = 54 placettes).

Les classes de croissance sont définies dans le tableau 10. Le haut du tableau montre le nombre absolu des placettes, le bas le nombre relatif (%) en fonction de la croissance avant feu. Les valeurs qui représentent une croissance similaire avant et après feu sont marquées en gris.

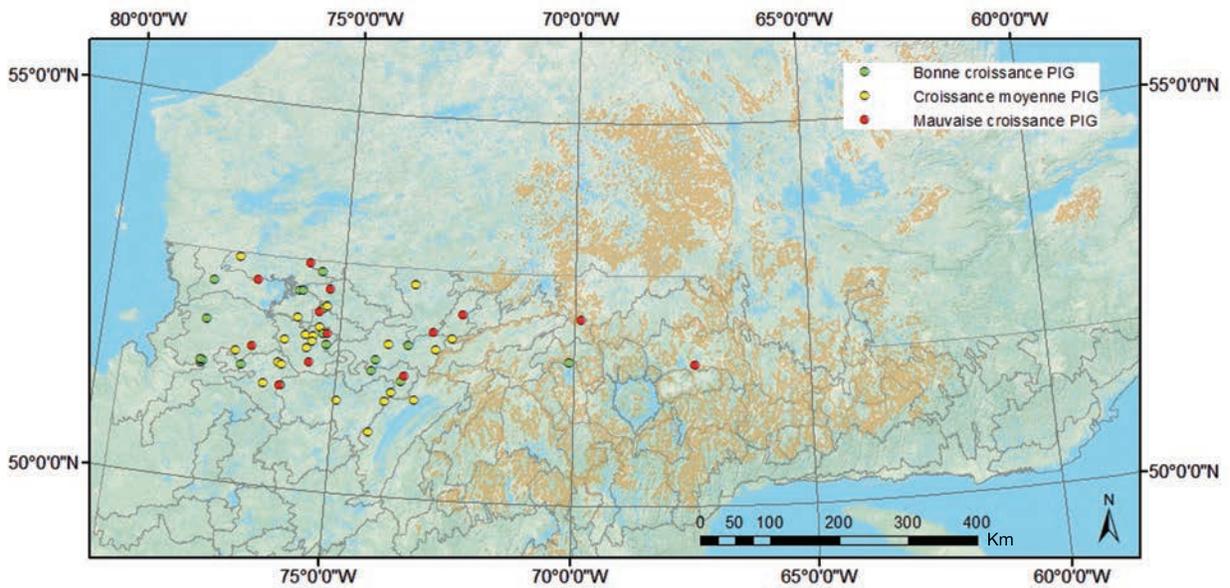
		Valeur absolue (nombre de placettes)			
		Après feu			
		Bon	Moyen	Mauvais	Total
Avant feu	Bon	13	15	5	33 (61 %)
	Moyen	4	8	5	17 (31 %)
	Mauvais	1	0	3	4 (7 %)
	Total	18 (33 %)	23 (43 %)	13 (24 %)	54 (100 %)
		Valeur relative (%)			
		Après feu			
		Bon	Moyen	Mauvais	Total
Avant feu	Bon	39 %	45 %	15 %	100 %
	Moyen	24 %	47 %	29 %	100 %
	Mauvais	25 %	0 %	75 %	100 %
	Total	33 %	43 %	24 %	100 %

FIGURE 21

Répartition spatiale du taux de croissance avant et après feu pour les 54 placettes de pin gris.



a) avant feu



(b) après feu

**TABLEAU 14****Principaux résultats obtenus par l'arbre de régression pour le taux de croissance du pin gris après feu.**

Les valeurs de « bonne croissance » et « mauvaise croissance » sont obtenues à la première division tandis que les valeurs « meilleure croissance » et « pire croissance » sont obtenues à la deuxième division de l'arbre de régression. Le seuil présente la valeur au-delà et en deçà de laquelle une prépondérance de sites avec un taux de croissance  $\leq 13$  ans et  $> 22$  ans pour atteindre 200 cm, respectivement, est retrouvée.

Variable	Valeur explicative (R <sup>2</sup> cumulé)	Seuil	Bonne croissance	Mauvaise croissance	Meilleure croissance	Pire croissance
Altitude (m)	0,158	380	$\leq 380$	$> 380$	$< 180$	$> 380$

#### 4.3.2 Variables explicatives du taux de croissance initial du pin gris après feu

Comme pour l'épinette noire, l'altitude est la seule variable qui explique significativement le taux de croissance du pin gris après feu (tableau 14). Une altitude moins élevée résultait généralement en un taux de croissance plus élevé.

#### 4.3.3 Effet de la strate sur le taux de croissance du pin gris après feu

À cause du nombre limité de placettes de pin gris pour lesquelles on pouvait calculer le taux de croissance ( $n = 54$ ), la division des placettes en strates est problématique et le seul élément qu'on peut retenir de la figure 22 est que F1M semble représenter une strate moyenne en ce qui concerne la croissance pour le pin gris : un tiers des placettes montrent une bonne croissance, un tiers une croissance moyenne et le dernier tiers une mauvaise croissance.

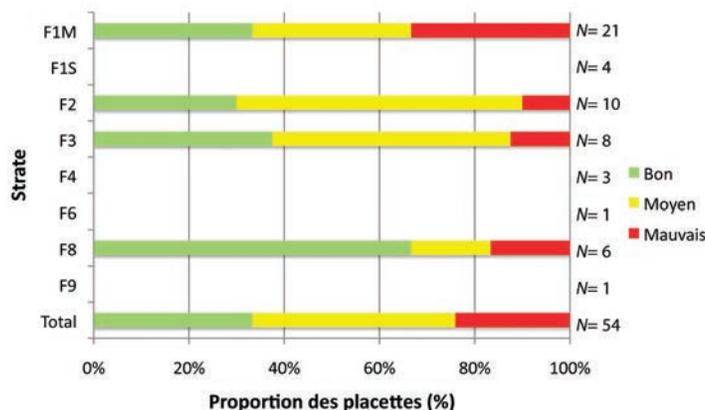
Lorsqu'on examine la différence de croissance avant et après feu en termes absolus, on constate qu'il n'y a pas de différences significatives parmi les strates (probablement dû au faible nombre de placettes). La croissance du pin gris s'est détériorée après le feu dans 81 % des placettes situées sur la strate F1M, qui est la plus représentée dans le territoire (figure 23). Les placettes qui ont montré une augmentation de la croissance se situent surtout à l'est de la longitude 75° Ouest (figure 24).

Nous avons voulu évaluer s'il existait un lien entre la croissance et la quantité de stocking du pin gris observés après le feu. Le test de corrélation (Spearman) entre le temps pour atteindre 200 cm et le stocking après feu est significatif ( $r_s = -0,25$ ;  $P = 0,05$ ;  $n = 54$ ), ce qui veut dire que les placettes avec un bon stocking ont généralement aussi une bonne croissance du pin gris, tandis que celles qui ont un mauvais stocking ont également une mauvaise croissance.

**FIGURE 22**

Taux de croissance du pin gris après feu au sein des différentes strates, présentés en pourcentage de placettes.

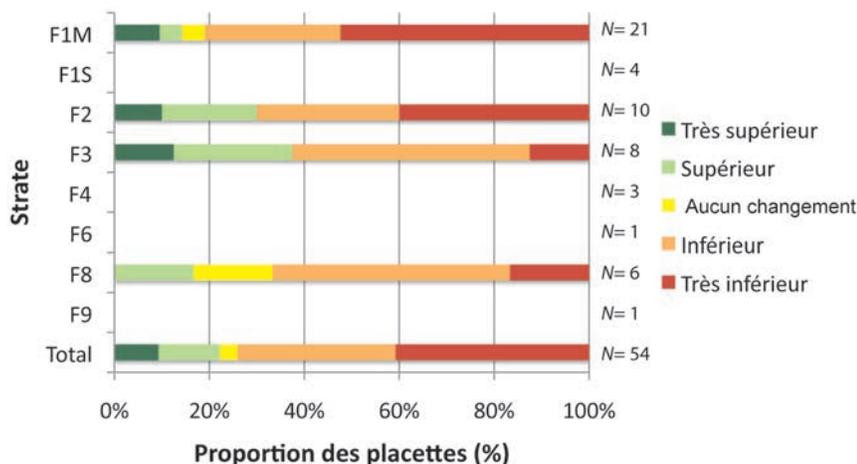
Les strates qui comptaient moins de 5 placettes ne sont pas présentées pour éviter de fausses interprétations.



**FIGURE 23**

Comparaison du taux de croissance du pin gris par strate avant et après feu.

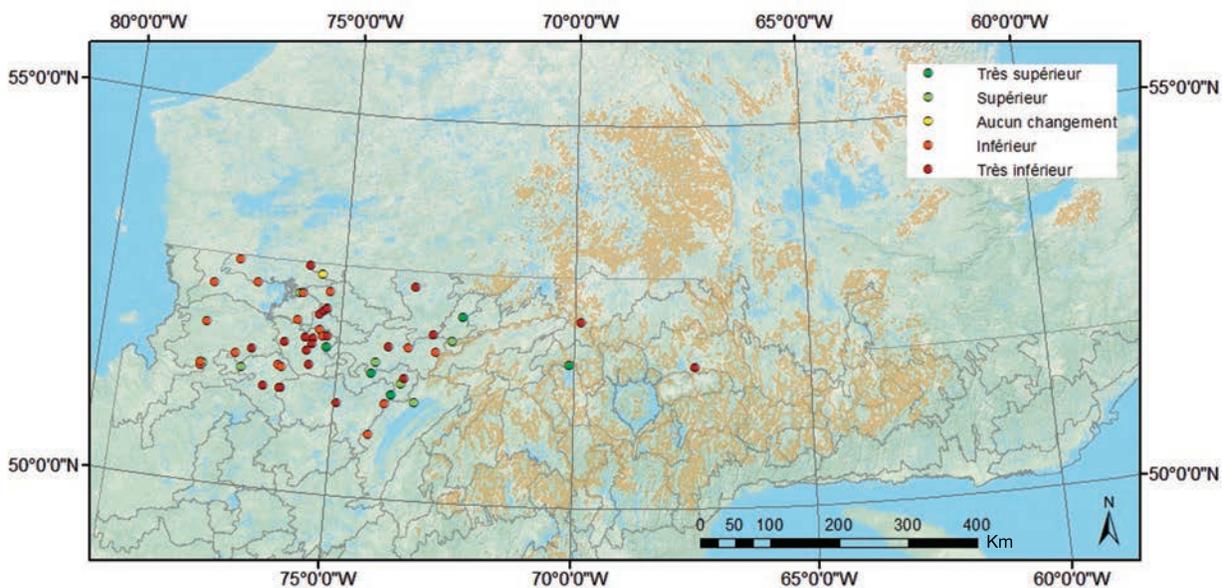
Les classes représentent la différence entre le taux de croissance après feu comparé au taux avant feu. Si le temps pour atteindre une hauteur de 200 cm était supérieur à 10 ans plus long que celui avant feu, les placettes étaient classifiées comme ayant un « taux de croissance très inférieur », ou, dans le cas inverse, comme ayant un « taux de croissance très supérieur ». Les strates qui comptaient moins de 5 placettes ne sont pas présentées pour éviter de fausses interprétations.



**FIGURE 24**

**Comparaison du taux de croissance avant et après feu pour le pin gris.**

La classification utilisée est la même qu'à la figure 23.





## Faits saillants

La composition de la forêt observée de 10 à 30 ans après le feu était très semblable à celle observée avant le feu. En ce qui concerne la densité de la régénération, on notait que la proportion de placettes avec un mauvais stocking (0 à 30 %) après feu avait augmenté de 5 à 27 %. Il faut noter par contre que presque la moitié des placettes échantillonnées se retrouvaient dans le quart du territoire le plus à l'ouest (au-delà de 75,7° Ouest) où les conditions édaphiques sont généralement plus favorables que celles plus à l'est, résultant généralement en un meilleur stocking. Pour cette raison, la proportion de placettes avec un mauvais stocking après feu serait sous-estimée.

Lorsque l'on tient compte du stocking avant feu, on constate que la strate F8 (sable fluviatile ou dépôts glaciolacustre et marin, représentant 7,0 % de la superficie des strates échantillonnées) est la strate présentant le meilleur stocking total après feu, tout comme le meilleur stocking d'épinette noire et de pin gris après feu. Par contre, la strate la plus représentée dans le territoire (F1M : till épais mésique représentant 44,5 % de la superficie totale du territoire ayant brûlé dans les 10 à 30 dernières années) se distinguait comme une strate plutôt mauvaise en ce qui concerne le stocking et la croissance après feu. Il est important de noter que le stocking avant feu pourrait être sous-estimé à cause de la décomposition du bois mort après 10 à 30 ans. Dans ce contexte, lorsque l'on constate que le stocking total après feu est moins élevé que celui avant feu, on peut être certain d'une diminution du stocking total.

Les stockings de l'épinette noire et du pin gris étaient semblables avant feu : les classes de stocking bon, moyen et mauvais se retrouvaient respectivement dans environ 20, 40 et 40 % des

placettes. Les fréquences relatives de placettes avec un mauvais stocking sont restées identiques après feu pour les deux espèces. Il faut toutefois se rappeler que 49 % des placettes sont situées dans un quart de la superficie du territoire qui s'est révélé particulièrement favorable en ce qui concerne le stocking après feu. Ceci pourrait signifier que la proportion de placettes avec un mauvais stocking pour l'ensemble du territoire pourrait être sous-estimée.

Le stocking de l'épinette noire était surtout favorisé par des facteurs liés à l'humidité du sol, tels qu'un drainage de classe 4 et plus, une grande épaisseur de la couche organique ( $\geq 9$  cm) et une grande proportion de brûlis partiels. Quant à la régénération du pin gris après feu, elle était surtout favorisée par un terrain plat et un stocking élevé avant feu.

Le temps médian que prend un semis d'épinette noire pour atteindre 200 cm après feu était de 30 ans (premier quartile : 22 ans; troisième quartile : 40 ans), comparativement à 17 ans (premier quartile : 12 ans; troisième quartile : 22 ans) pour un semis de pin gris. Par ailleurs, la croissance après feu des deux espèces était négativement influencée par l'altitude, la seule variable ayant montré un effet significatif. Même si la longitude ne s'est pas révélée être significative dans le cas de l'épinette noire, une meilleure croissance était observée dans l'ouest (au-delà de 75,7° Ouest). Néanmoins, 34 % des placettes d'épinette noire au total avaient une mauvaise croissance après feu, comparativement à 12 % des placettes qui montraient une bonne croissance. Pour le pin gris, ces valeurs étaient de 25 et 33 % respectivement. Le taux de croissance après feu, comparé à celui avant feu, était encore pire pour les deux espèces. Dans le cas de l'épinette noire, 57 % des placettes

avaient un taux de croissance après feu inférieur à celui avant feu. Ce pourcentage était de 77 % pour le pin gris, sans patron spatial particulier.

Compte tenu de la grande superficie du territoire comparée au nombre relativement faible de placettes qu'il contient, il faut être prudent dans l'interprétation des résultats. Les placettes ne sont pas réparties uniformément sur le territoire, et ce, notamment parce qu'il y a moins de feux dans la portion est. Ainsi, nous n'avons aucune placette entre les longitudes 72,5° et 70,5° Ouest approximativement. Il est vraisemblable que d'importantes différences régionales existent. Un échantillon plus important de placettes aurait sans doute été nécessaire pour les mettre en lumière. De plus, il aurait été intéressant d'avoir des placettes de feu au sud de la limite nordique adoptée en 2002, ce qui aurait pu permettre de révéler certains patrons latitudinaux. Cette situation permet difficilement d'extrapoler les résultats en ce qui concerne les proportions à l'ensemble du territoire.

Il nous apparaît étonnant que la strate la plus représentée (F1M) ressorte de manière générale comme mauvaise à l'égard du stocking et de la croissance après feu. Des variations importantes de type de sol à travers l'ensemble des tills du territoire pourraient expliquer en partie les différences dans le stocking. De plus, une grande partie du territoire avec la strate F1M n'a pas brûlé au cours des 10 à 30 dernières années et certains grands secteurs n'ont donc aucune placette.

Dans le futur, certains facteurs mériteraient d'être analysés plus en détail, comme l'effet de la longueur du cycle de feu ou la quantité de graines viables de l'épinette noire. Il est possible, par exemple, que dans les sites à forte récurrence de feu, on trouve davantage de peuplements ouverts avant feu conduisant également à des sites ouverts après feu. De même, des analyses préliminaires sur la quantité de graines viables de l'épinette suggèrent que ce facteur pourrait être important pour expliquer le stocking de cette espèce. Finalement, pour ce qui est de la croissance, la fertilité des sols serait sûrement à considérer.



## Références

- Arnup, R.W., B.A. Campbell, R.P. Raper, M.F. Squires, K.D. Virgo, V.H. Wearn et R.G. While, 1988. A silvicultural guide for the Spruce Working Group in Ontario. Ontario Ministry of Natural Resources, Toronto. Ontario Science & Technology Series 4. 100 p.
- Arseneault, D. et S. Payette, S., 1992. A postfire shift from lichen-spruce to lichen-tundra vegetation at tree line. *Ecology* 73(3) : 1067-1081.
- Berger, J.-P., J. Joncas, P. Morin, C. Morneau, Y. Philibert et P. Racine, 2008. Normes d'inventaire écodendrométrique nordique. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec, Forêt Québec, Direction des inventaires forestiers. 251 p.
- Black, R.A. et L.C. Bliss, 1980. Reproductive ecology of *Picea mariana* (Mill.) BSP., at the tree line near Inuvik, Northwest Territories, Canada. *Ecol. Monogr.* 50 : 331-354.
- Buse, L.J. et P. LeBlanc, 1990. Preliminary site quality keys for estimating productivity on black spruce and jack pine sites in northwestern Ontario. *Dans* : Willcocks, A.J., W.D. Baker, L. Sumi et W.H. Carmean (éditeurs). Tools for site-specific silviculture in northwestern Ontario, April 19-20, 1989, Thunder Bay. Technical Workshop Report Number 3 : 31-45.
- Despots, M. et S. Payette. 1992. Recent dynamics of jack pine at its northern distribution limit in northern Quebec. *Can. J. Bot.* 70 : 1157-1167.
- Greene, D.F. et E.A. Johnson, 1999. Modelling recruitment of *Populus tremuloides*, *Pinus banksiana* and *Picea mariana* following fire in the mixedwood boreal forest. *Can. J. For. Res.* 29(4) : 462-473.
- Mansuy, N., S. Gauthier, A. Robitaille et Y. Bergeron, 2012. Regional patterns of postfire canopy recovery in the northern boreal forest of Quebec: interactions between surficial deposit, climate, and fire cycle. *Can. J. For. Res.* 42 : 1328-1343.
- Ministère des Ressources naturelles, 2000. La limite nordique des forêts attribuables – Rapport final du comité (mars 2000). Gouvernement du Québec. 100 p.
- Sims, R.A., H.M. Kershaw et G.M. Wickware, 1990. The autecology of major tree species in the North Central Region of Ontario. Ontario Ministry of Natural Resources, Northwestern Ontario Forest Technology Development Unit, Thunder Bay, Ontario, Technical Report 48.
- Thomas, P.A. et R.W. Wein, 1985. The influence of shelter and the hypothetical effect of fire severity on the postfire establishment of conifers from seed. *Can. J. For. Res.* 15 : 148-155.



## Matériel supplémentaire

**TABLEAU A1**

Liste des espèces présentes dans les placettes avant et après feu.

Les pourcentages sont calculés sur le nombre total des individus (l'ensemble des 158 placettes de 400 m<sup>2</sup>).

Espèce	Avant feu : proportion des individus (%)	Après feu : proportion des individus (%)	Avant feu : nombre de placettes	Après feu : nombre de placettes
Épinette noire (EPN)	67,1	60,6	147	145
Pin gris (PIG)	29,9	31,5	88	89
Peuplier faux tremble (PET)	0,5	3,7	8	15
Bouleau à papier (BOP)	1,2	1,9	8	12
Mélèze laricin (MEL)	0,6	1,7	12	16
Sapin baumier (SAB)	0,7	< 0,01	3	7
Épinette blanche (EPB)	0,02	0	1	0
Pin blanc (PIB)	0,02	< 0,001	1	1
Bouleau jaune (BOJ)	0,02	0	1	0
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>158</b>	<b>158</b>

**TABLEAU A2**

Stabilité de la composition de la forêt boréale après une perturbation (espèce dominante avant et après feu).

La proportion est calculée par rapport au nombre total de placettes dominées par la même espèce avant feu.

Espèce dominante avant et après feu (Esp <sub>x</sub> – Esp <sub>y</sub> )	Nombre de placettes	Proportion (%)
EPN-EPN	89	86
EPN-PIG	15	14
PIG-PIG	47	87
PIG-EPN	7	13

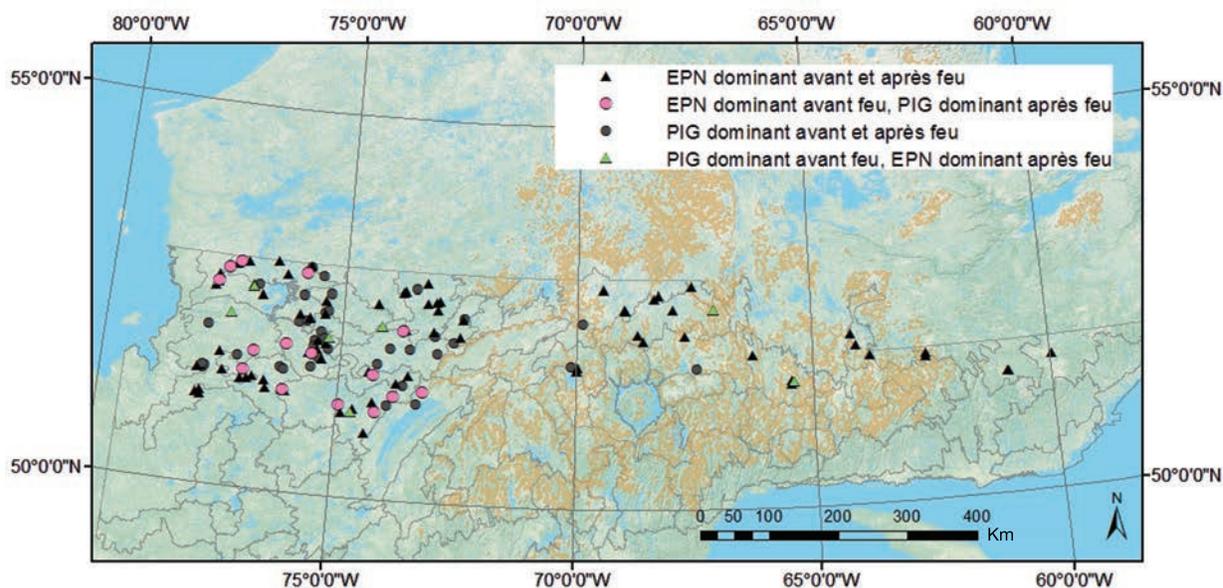
La composition de la forêt boréale avant et après feu était assez similaire; l'espèce dominante a changé dans seulement 22 des 158 placettes (14 %). Dans 7 cas sur 54 (13 %), le pin gris a perdu sa dominance à l'avantage de l'épinette noire, tandis que dans 15 cas sur 104 (14 %), l'épinette noire a perdu sa dominance à l'avantage du pin gris.

La stabilité de l'espèce dominante avant et après feu est surtout apparente dans l'est : à l'est de la longitude 73,7° Ouest, l'espèce dominante a changé dans seulement 3 des 61 placettes (5 %), comparativement à 19 des 97 placettes (20 %) à l'ouest de 73,7° Ouest (figure A1).

**FIGURE A1**

**Changement de l'espèce dominante après feu pour toutes les placettes (n = 158 placettes).**

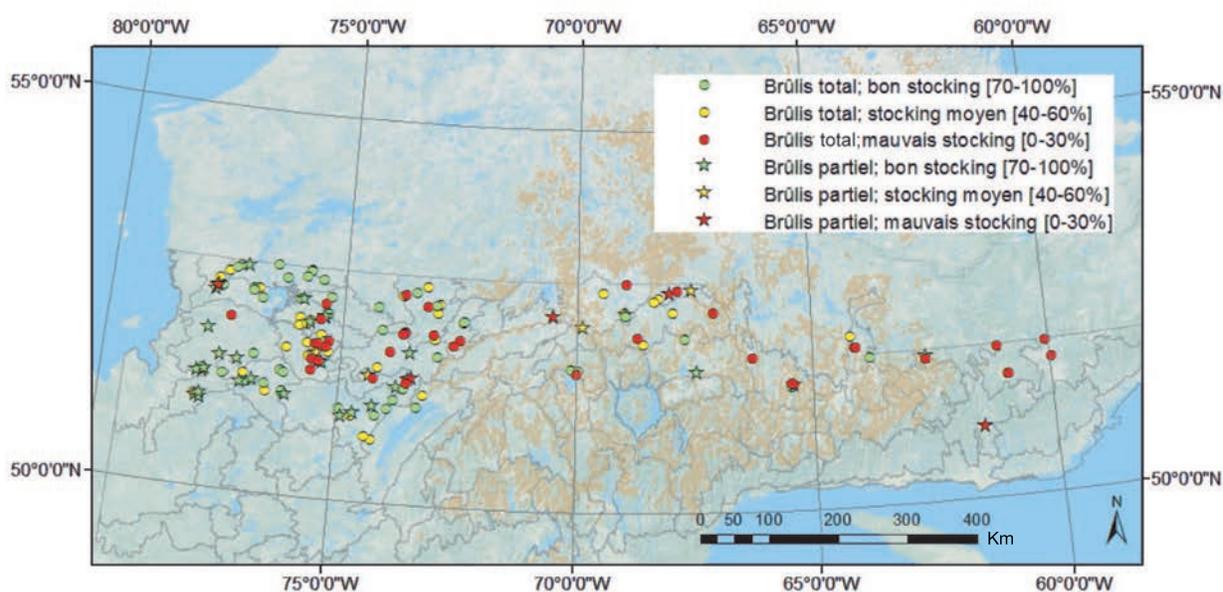
Les triangles et les cercles représentent respectivement les placettes où l'EPN et le PIG est l'espèce dominante après feu. Les placettes où l'espèce dominante n'a pas changé sont indiquées en noir (EPN) ou gris foncé (PIG), les autres en rose et vert.



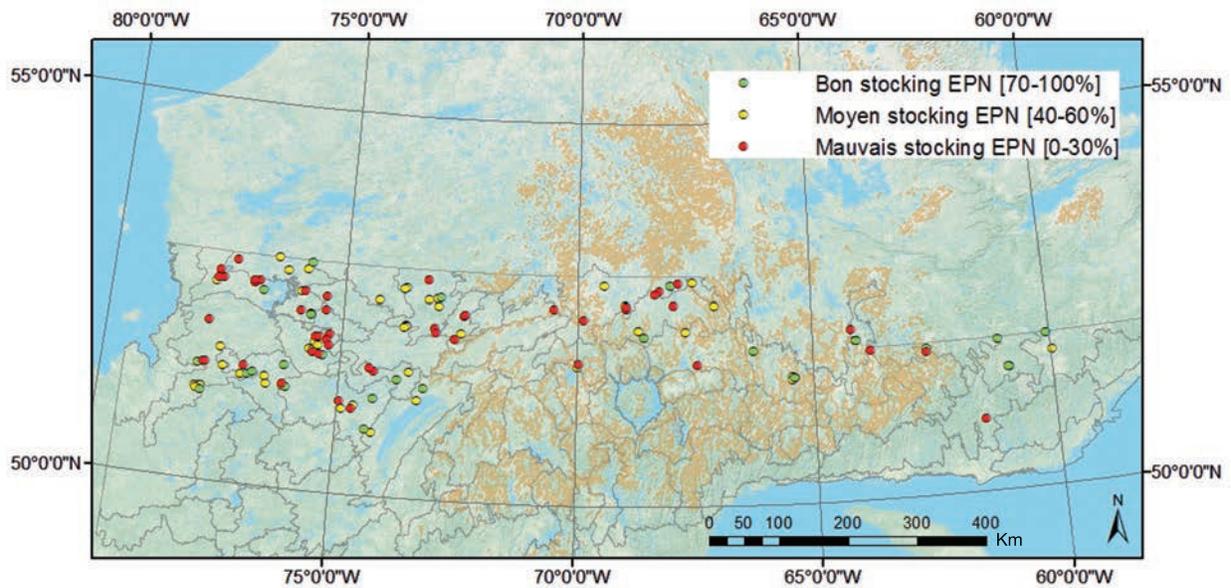
**FIGURE A2**

**Stocking total après feu lié à la proportion de la placette qui a brûlé.**

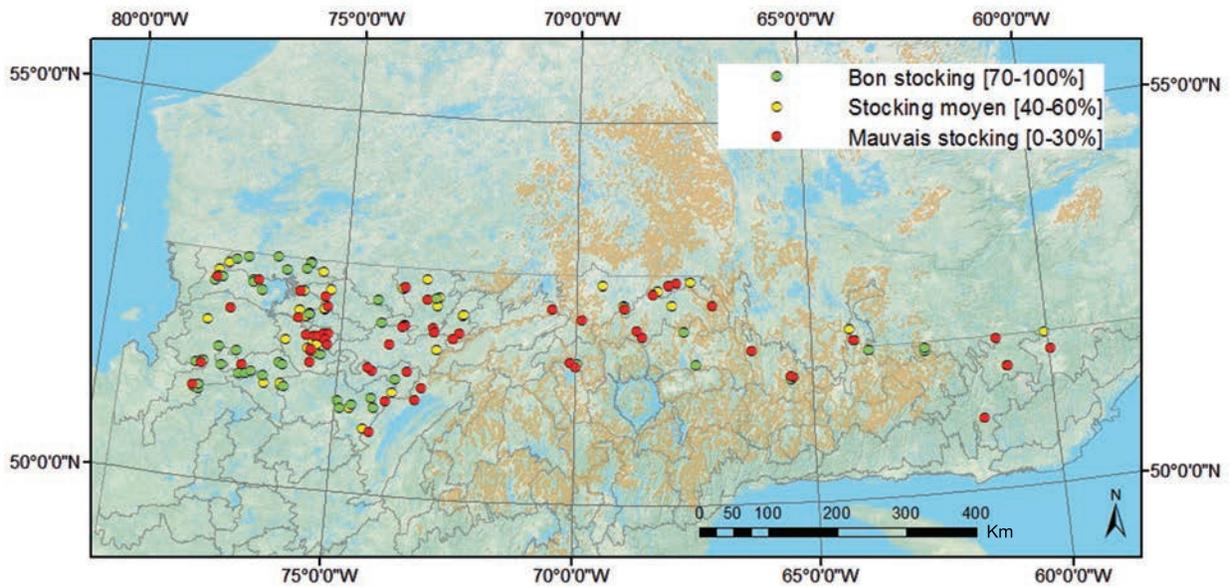
Les placettes en brûlis total sont illustrées par des cercles et celles en brûlis partiel par des étoiles.



**FIGURE A3**  
Répartition spatiale du stocking de l'épinette noire.



a) avant feu

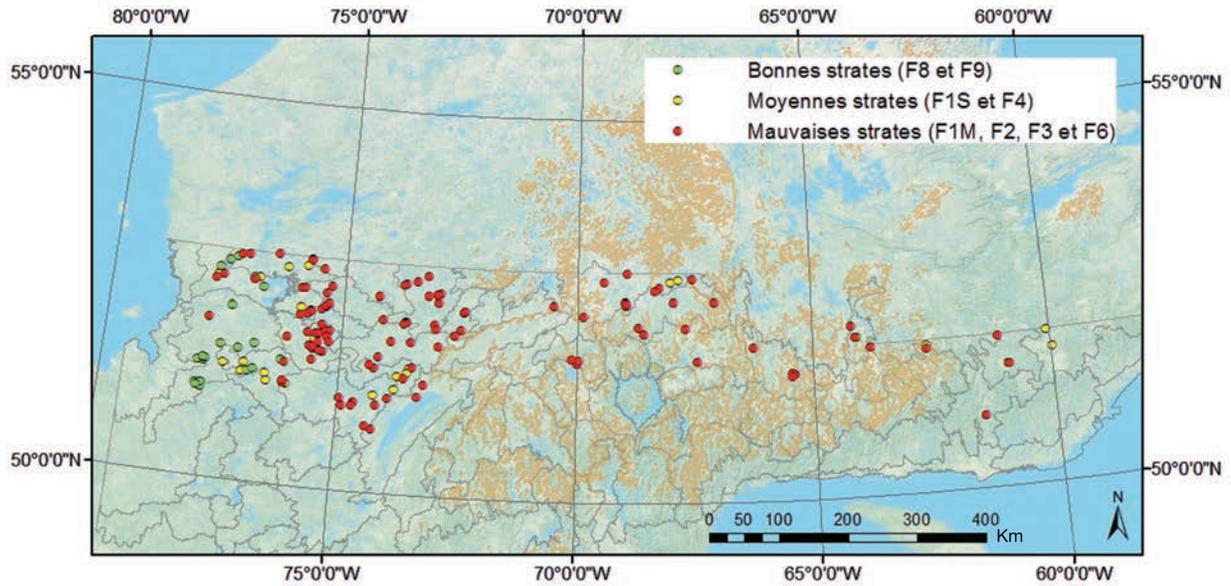


(b) après feu

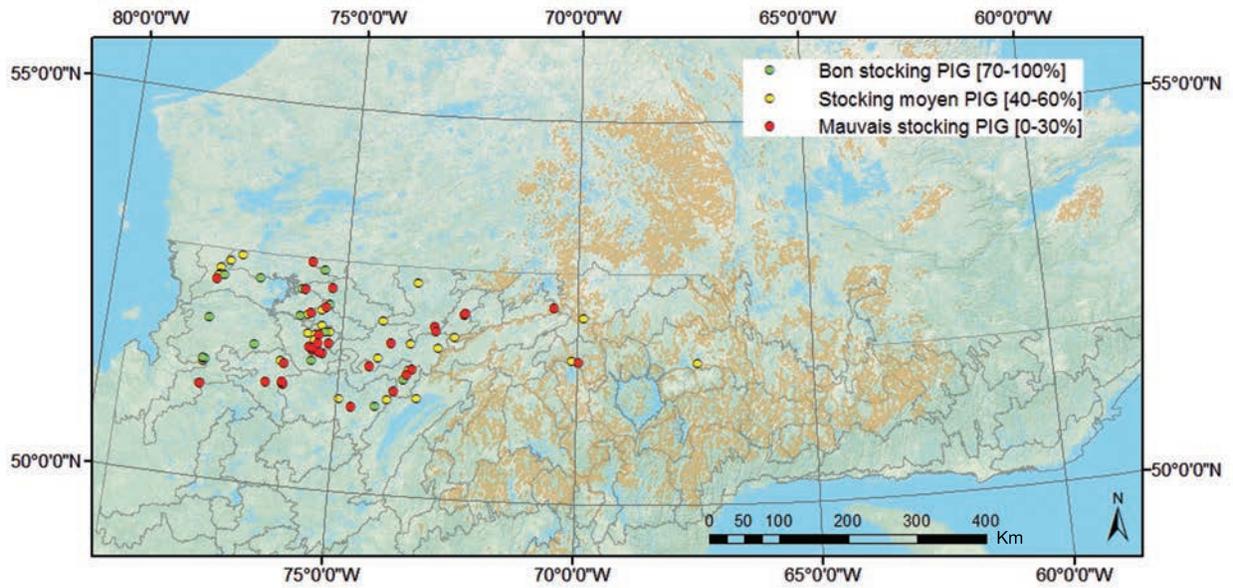
**FIGURE A4**

Répartition spatiale des strates et leur qualité en ce qui concerne la régénération naturelle (c'est-à-dire le stocking) après feu pour l'épinette noire.

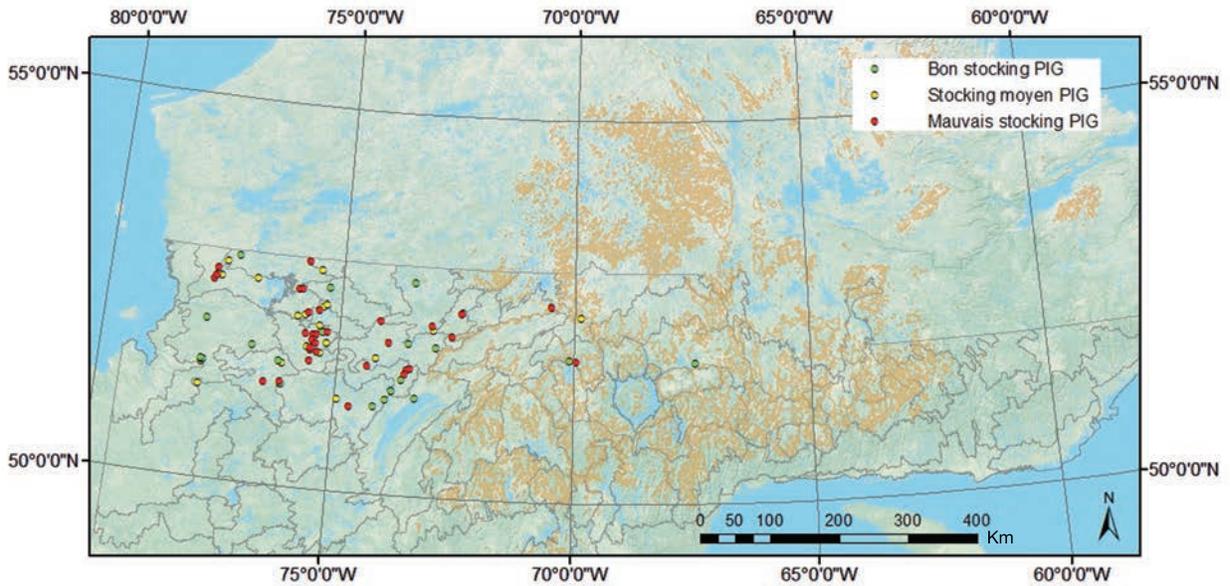
Les qualités des strates sont basées sur l'arbre de régression et sont seulement indicatives.



**FIGURE A5**  
Répartition spatiale du stocking du pin gris.



a) avant feu



(b) après feu



*Ressources  
naturelles*

Québec 