

# FEUX DE FORÊT 2023

## Note technique

### Effet des feux de forêt 2023 sur la régénération naturelle des peuplements affectés

Décembre 2023



# Effet des feux de forêt 2023 sur la régénération naturelle des peuplements affectés

## Gestionnaire responsable

Jean Girard, ing.f., M.Sc., Directeur du calcul et des analyses

## Analyses

Étienne Perreault, ing.f.

Lorena Balducci, Ph.D.

Bruno Pichette, tech.f., ARPSE

## Rédaction

Étienne Perreault, ing.f.

Annie Boucher-Roy, ing.f.

Lorena Balducci, Ph.D.

Karelle Jayen, biol. M.Sc.

## Collaboration

Francesca Houde, ing.f.

David Baril, ing.f.

## Révision

Annie Boucher-Roy, ing.f.

Lucie Bertrand, ing.f., Ph.D.

Jean Girard, ing.f., M.Sc.

## Approbation

Louis Pelletier, ing.f., Forestier en chef

## Référence

Forestier en chef, 2023. Effet des feux de forêt 2023 sur la régénération naturelle des peuplements affectés. Roberval, Québec, 19 pages.

Le 7 décembre 2023

## Forestier en chef

845, boulevard Saint-Joseph

Roberval (Québec) G8H 2L6

Téléphone : 418 275-7770

Courriel : [bureau@fec.gouv.qc.ca](mailto:bureau@fec.gouv.qc.ca)

Internet : [www.forestierenchef.gouv.qc.ca](http://www.forestierenchef.gouv.qc.ca)

## Table des matières

Table des matières .....	iii
Contexte .....	1
Méthodologie .....	2
Mise en place de l'approche .....	2
Données.....	2
Évaluation de l'effet des feux sur la régénération .....	3
Définition des seuils de régénération.....	6
Résultats.....	7
Limitations et mises en garde.....	12
Implications et étapes suivantes .....	13
Conclusion .....	13
Références .....	14



## Contexte

Les feux de l'été 2023 ont touché d'importantes zones forestières qui seront en régénération dans les années à venir. La variabilité dans la structure, l'âge et la composition des peuplements, ainsi que leur disposition spatiale avant les incendies et la sévérité de ces derniers, produiront une régénération inégale et variée.

Ces peuplements affectés par les feux pourraient présenter des différences notables au niveau de leur régénération naturelle. Afin de soutenir le calcul et la détermination des possibilités forestières, il est primordial de quantifier et de distinguer les peuplements qui ne se régénéreront pas (échec de régénération) ou trop peu et ceux qui pourront bien se régénérer après feu.

L'objectif général de cette note technique est de réaliser un portrait des superficies affectées par les feux de 2023 en analysant les effets potentiels sur la régénération des peuplements affectés. La méthode utilisée permet ainsi d'améliorer les connaissances des effets attendus des feux sur la régénération naturelle des peuplements forestiers, un élément crucial pour le calcul des possibilités forestières.

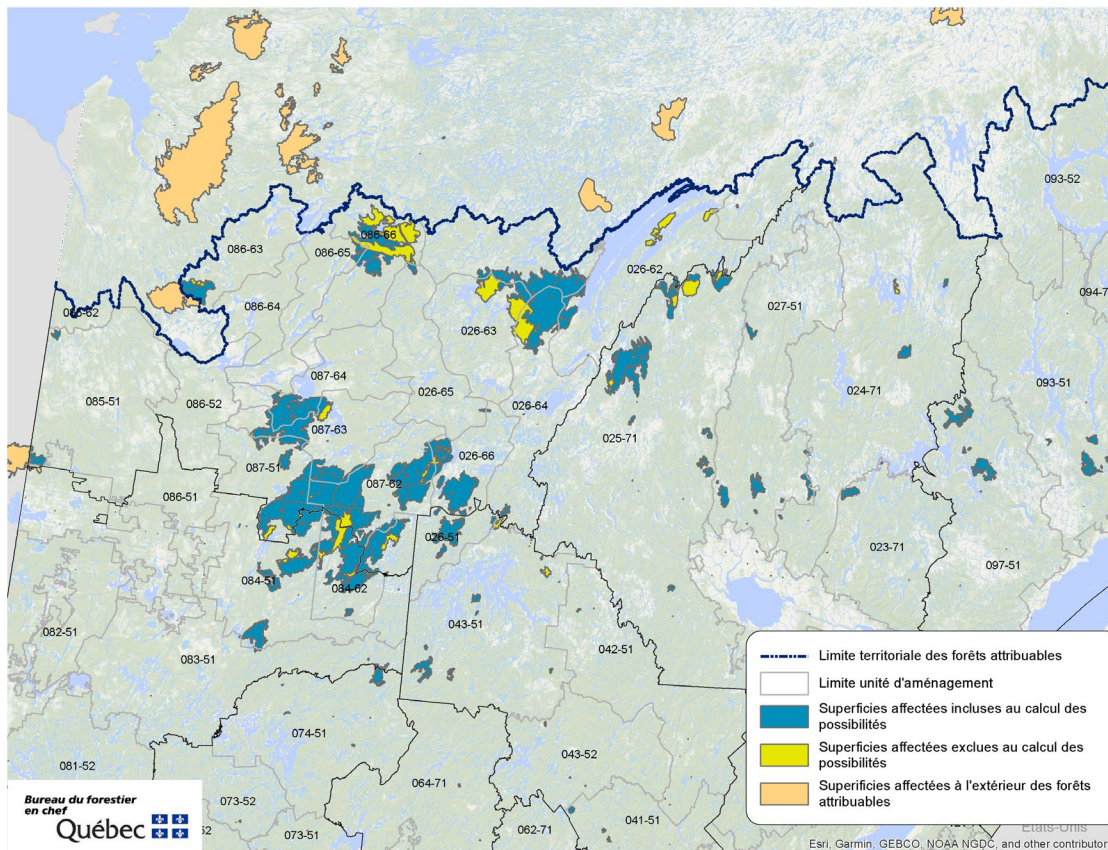
Prendre note qu'une comparaison de la superficie analysée ou affectée par les feux de forêt de 2023 peut montrer des écarts entre les documents produits. Dans certains cas, une caractérisation plus détaillée des feux a été utilisée pour les analyses. De plus, pour l'analyse de la régénération après feux, le nombre d'unités d'aménagement incluses est différent.



## Méthodologie

### Mise en place de l'approche

L'approche générale mise en place examine l'effet potentiel des feux de forêt de l'été 2023 sur la régénération naturelle dans les peuplements écoforestiers des unités d'aménagement qui ont été les plus affectées par les feux en termes de superficie. Le territoire de référence pour l'analyse de la régénération se situe dans les régions du Saguenay-Lac-Saint-Jean (quatre unités d'aménagement), de la Mauricie (unité d'aménagement 026-51), de l'Abitibi-Témiscamingue (unités d'aménagement 083-51, 084-51 et 084-62) et du Nord-du-Québec (14 unités d'aménagement sur 17) (figure 1).



**Figure 1. Aperçu des feux de forêt 2023 au nord et au sud de la limite territoriale des forêts attribuables au Québec**

### Données

Une caractérisation préliminaire des feux, produite par la Direction de la protection des forêts le 18 août 2023, a été utilisée. Cette caractérisation se limitait à préciser les contours des feux et à identifier les superficies affectées et non affectées par les feux. Dans un deuxième temps, la Direction de la protection des forêts a estimé les proportions de brûlis partiel par type de couvert (feuillu, mixte, résineux) pour la majorité des feux. Aux fins de la modélisation, une attribution aléatoire des superficies en brûlis partiel a été réalisée par polygone écoforestier.



Les données des peuplements écoforestiers, obtenues à partir de la carte écoforestière du Québec méridional, mise à jour en juin 2022 [1], ont servi à caractériser les attributs de départ des peuplements écoforestiers. Deux variables biotiques essentielles ont été utilisées pour la réalisation du modèle de régénération : l'âge et la surface terrière du polygone écoforestier ayant brûlé en 2023. L'âge a été déterminé avec la meilleure information disponible. En présence d'information sur l'année de la perturbation d'origine du polygone, l'année d'origine a été soustraite à l'année en cours. En absence d'information sur l'année de la perturbation d'origine, l'âge du polygone a été actualisé en 2023 en ajoutant le nombre d'années depuis la photo-interprétation.

Pour déterminer la surface terrière du peuplement, les données classifiées du nuage de points LiDAR de la carte dendrométrique LiDAR produite par la Direction des inventaires forestiers [2] ont été mises à profit lorsque disponibles. En cas d'information manquante, la surface terrière issue de l'inventaire écoforestier a été utilisée.

### Évaluation de l'effet des feux sur la régénération

La régénération après feu de l'épinette noire (*Picea mariana* (Mill.) BSP) et du pin gris (*Pinus banksiana* Lamb.) a été simulée grâce à une version modifiée du modèle de densité de régénération de Splawinski et coll., (2014, 2016, 2019) et de Cyr et coll., 2022 [3-6] illustré à la figure 2.

Ce modèle a permis d'estimer le nombre de semis d'épinette noire (EPN) et de pin gris (PIG) établis après feu, en postulant l'absence de coupe de récupération qui pourrait influencer les prédictions. Les superficies régénérées après feu ont été quantifiées sur la base des attributs du peuplement existant avant et après le passage du feu. Les attributs de la carte écoforestière ont servi à regrouper :

1. les peuplements en fonction de la classe de composition selon Splawinski et coll. (2019) et Cyr et coll., 2022, en suivant le système de stratification écoforestière [5-7]
2. les proportions attendues des lits de germination après feu par essence résineuse selon trois classes de drainage, en suivant la méthode Splawinski et coll. [3, 4, 8] (tableau 1)
3. les associations des proportions attendues des lits de germination après feu par type de drainage (tableau 1) aux essences et aux classes de sol selon Splawinski et coll. (tableau 2) [4, 8].

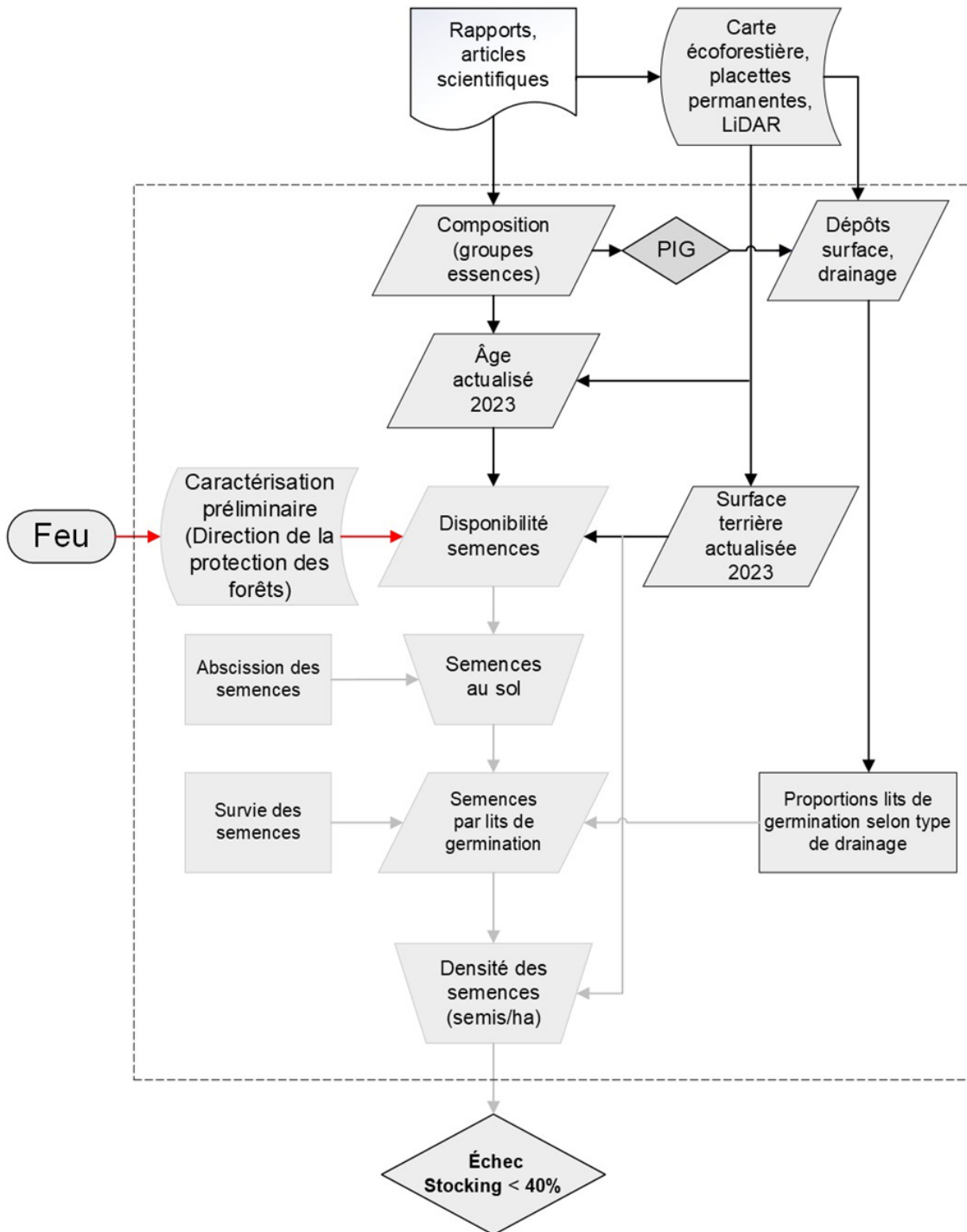


Figure 2. Schéma conceptuel du modèle de régénération modifié de Splawinski et coll., 2016 et 2019.

Le trait pointillé englobe l'échelle d'analyse du modèle (polygone écoforestier). Les flèches rouges représentent les intrants découlant de la perturbation naturelle (feux de forêt), les flèches noires correspondent aux intrants d'articles scientifiques et de la carte écoforestière et les flèches grises décrivent le flux des variables et les processus impliqués dans le modèle de régénération.



**Tableau 1. Proportion des lits de germination après feu selon trois classes de drainage (tiré de Splawinski et coll., 2016)**

Proportion des lits de germination après feu par classe de drainage				
Classes de drainage	Proportion des lits de germination (%)			
	Sol minéral	Mousses	Porosité élevée	Létal
Xérique	9	1	85	5
Mésique	1	2	87	10
Hydrique	0	9	81	10

Les lits de germinations sont considérés comme bons dans le sol minéral et les mousses vivantes. Ils sont considérés pauvres lorsque la porosité est élevée soit dans les couches épaisses de feuilles, mousses et lichens morts. Les roches exposées et le bois carbonisé sont considérés comme des lits de germinations létaux [3].

**Tableau 2. Association des proportions des lits de germination par drainage (tableau 1) aux essences et aux classes de sol (tiré et adapté de Splawinski et coll., 2016)**

Essences et proportion des lits de germination par classe de sol		
	Classes de sol	Classes de drainage associées*
Épinette noire	Sable	Xérique
	Till	Mésique
	Substrat rocheux	Xérique
	Argile et till de Cochrane	Mésique
	Dépôts organiques	Hydrique
Pin gris	Sable	Xérique
	Till	Mésique

\*Voir les détails dans le tableau 1

Pour ce faire, la méthode calcule d'abord la quantité de semences disponibles ( $Q_d$ ) avant feu, vu sa relation proportionnelle avec la surface terrière ( $B_D$ ) des arbres matures [9]. Ceci a été appliqué pour l'épinette noire (EPN) et le pin gris (PIG) avec les équations suivantes (1) et (2) [3, 5] :

$$Q_{d\ EPN} = (163400 B_D^{0.95}) \quad \text{(équation 1)}$$

$$Q_{d\ PIG} = (35097 B_D^{0.86}) \quad \text{(équation 2)}$$

Comme la disponibilité des semences après feu dépend de la viabilité des semences résultant de la sévérité du feu, la proportion de semences totales disponible ( $TD$ ) et la viabilité des semences ( $VS$ ) ont été intégrées aux équations suivantes (3) et (4), telles que proposées par Splawinski et coll. [3, 5] :

$$Q_{d\ EPN} = (163400 (TD) B_D^{0.95})(VS) \quad \text{(équation 3)}$$

$$Q_{d\ PIG} = (35097 (TD) B_D^{0.86})(VS) \quad \text{(équation 4)}$$

La proportion des semences totales disponible ( $TD$ ) a été différenciée selon l'essence, soit 91 % pour l'épinette noire et 100 % pour le pin gris [3]. La viabilité des semences ( $VS$ ) a été aussi fixée pour chaque essence, à 58 % pour l'épinette noire et à 100 % pour le pin gris [9].





Les équations précédentes sont basées sur des peuplements matures, où il est supposé que tous les arbres soient capables de produire des semences. Afin de tenir compte des arbres n'ayant pas atteint la maturité sexuelle, des fonctions ont été introduites pour calculer la probabilité de produire des semences en fonction de l'âge et de l'essence [10, 11].

Par la suite, selon l'approche de Splawinski et coll., 2014, 2019, Cyr et coll., 2022, la survie cumulée ( $S$ ) après le passage du feu a été calculée en tenant compte de la proportion des lits de germination létaux après le passage du feu (tableau 1) dans l'équation 5 [4-6].

$$S = gw[1 - \exp(-f_L m^b)] + gv[1 - \exp(-f_H m^d)] \quad (\text{équation 5})$$

La survie ( $S$ ) dépend de la masse de la graine ( $m$ ), de la granivorie ( $g$ ) et de la proportion des lits de germination ( $w = \text{bon}$ ,  $v = \text{mauvais}$ ). La masse des graines de l'épinette noire a été définie à 0,0012 gramme et à 0,0045 gramme pour le pin gris [9],  $b$  et  $d$  ont été établis à 0,43 et 0,76, respectivement pour les deux essences et  $f_L$  et  $f_H$  à 1,83 et 0,33, respectivement [12].

Par la suite, la densité de régénération ( $DR$ , tiges/m<sup>2</sup>) après feu a été calculée en multipliant le nombre de semences disponibles ( $Q_d$ ) par la proportion de survie ( $S$ ) [5, 6] :

$$DR = Q_d S \quad (\text{équation 6})$$

Enfin, la densité de régénération a été convertie en semis/ha [5, 6] :

$$S_{ha} = DR \ 10000 \quad (\text{équation 7})$$

### Définition des seuils de régénération

Pour les familles de stations résineuses (RES) ainsi que pour les peuplements résineux de la sapinière à épinette noire (RS2), les prédictions des retours après feu ont été effectuées en considérant seulement le nombre de semis/ha calculés par le modèle de régénération. Un seuil d'accident de régénération de 1 750 semis par hectare a été utilisé. Ce seuil correspond à un coefficient de distribution (stocking) de < 40 % [13, 14]. Un seuil de 8 000 semis par hectare, représentant un stocking de 95 %, a été utilisé pour identifier les polygones écoforestiers bien régénérés. Trois classes de régénération ont ainsi été définies :

1. échec : moins de 40 % de stocking, soit régénération insuffisante
2. moindre : entre 40 % et 95 % de stocking
3. satisfaisante : plus de 95 % de stocking.

Dans les familles de stations résineuses avec une compétition de feuillus intolérants (RFi), les feuillus intolérants, peupliers (*Populus spp*) et bouleau à papier (*Betula papyrifera*), s'établissent rapidement après un feu en raison de leur autoécologie [15-17]. De plus, selon le potentiel de migration des feuillus intolérants documenté dans les dernières années [18], l'apport de ces essences vient compléter la proportion du couvert qui n'est pas occupée par des essences résineuses. Les retours sont définis selon les conditions suivantes :

- ▶ < 1 750 semis résineux – pas de régénération EPN/PIG → retour Fi
- ▶ < 3 500 semis résineux – peu de EPN/PIG → retour FiR
- ▶ < 7 000 semis résineux – moyennement de EPN/PIG → retour RxFi
- ▶ > 7 000 semis résineux – bien régénéré EPN/PIG → retour Rx



Une fois, les classes de régénération établies pour les différentes familles de stations, les superficies en hectares ont été réparties selon trois classes de régénération: échec, moindre et satisfaisante. Les superficies affectées par les feux réparties en classes de régénération sont par la suite réparties par grand type de forêt selon la classification de la détermination du calcul de possibilités forestières et par classe d'âge. Les analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel SAS<sup>1</sup>.

## Résultats

Vingt-deux unités d'aménagement réparties dans quatre régions du Québec ont été considérées dans l'analyse de la régénération (tableaux 3 et 4). De ces 22 unités d'aménagement, celles qui se situent dans la région Nord-du-Québec sont les plus affectées par les feux de 2023 avec 14,5 % de leur superficie destinée à l'aménagement qui a été brûlée. En Mauricie, c'est une unité d'aménagement qui se situe au 2<sup>e</sup> rang parmi les plus touchées par les feux, avec 11,6 % de sa superficie destinée à l'aménagement. Les trois unités d'aménagement de l'Abitibi-Témiscamingue faisant partie de l'analyse ont 6,8 % de leur territoire destiné à l'aménagement qui sont affectés par les feux. Enfin, au Saguenay-Lac-Saint-Jean, il a été répertorié que 1,6 % du territoire destiné à l'aménagement a été affecté par les feux (tableau 3).

**Tableau 3. Superficie affectée destinée à l'aménagement forestier en hectares pour les unités d'aménagement et régions ayant fait l'objet de l'analyse de la régénération**

Régions	Nombre UA analysées/ Nombre UA dans la région	Superficie destinée à l'aménagement forestier et analysée pour le modèle de régénération	Superficie affectée destinée à l'aménagement (ha)	%
Saguenay-Lac-Saint-Jean	4/4	5 329 990	84 567	1,6%
Mauricie	1/5	146 400	16 919	11,6%
Abitibi-Témiscamingue	3/7	1 369 170	93 280	6,8%
Nord-du-Québec	14/17	3 186 120	462 075	14,5%
<b>TOTAL</b>	<b>22/33</b>	<b>10 031 680</b>	<b>656 840</b>	<b>6,5%</b>

Les tableaux 4 et 5 montrent la superficie affectée par les feux de forêt de 2023 dans les unités d'aménagement analysées qui touchent quatre régions. La superficie totale, les retraits de superficie et la superficie destinée à l'aménagement forestier sont tirés du document *Chiffres clés des possibilités forestières 2023-2028* du Forestier en chef<sup>2</sup>. Les superficies affectées par les feux ont été considérées comme étant la somme des brûlis partiels et brûlis totaux.

<sup>1</sup> SAS 9.4, SAS Institute, Inc., Cary, NC

<sup>2</sup> Chiffres clés des possibilités forestières 2023-2028 est disponible à : [Synthèse provinciale - Bureau du Forestier en chef \(gouv.qc.ca\)](https://www.gouv.qc.ca/forestier-en-chef/synthese-provinciale)



**Tableau 4. Superficie affectée par les feux de forêt 2023 dans 22 unités d'aménagement selon la répartition de la superficie du calcul de possibilités forestières 2023-2028 par catégorie de territoire (hectares)**

Régions	Unités d'aménagement	Superficie totale	Superficie totale affectée	%	Retrait de superficie						Superficie destinée à l'aménagement forestier	Superficie affectée destinée à l'aménagement (ha)	%
					Territoire non forestier	Territoire non forestier affecté	Territoire forestier peu productif	Territoire forestier peu productif affecté	Territoire forestier exclu de l'aménagement	Territoire forestier exclu de l'aménagement affecté			
Saguenay-Lac-Saint-Jean (R02)	023-71	1 465 670	5 103	0,3%	240 990	391	1 970	417	211 890	730	1 010 820	3 564	0,4%
	024-71	2 508 230	9 238	0,4%	559 580	833	106 170	410	476 190	2 336	1 366 290	5 659	0,4%
	025-71	3 205 870	97 117	3,0%	636 540	11 428	64 930	3 097	371 190	21 993	2 133 210	60 600	2,8%
Mauricie (R04)	027-51	1 273 010	18 215	1,4%	209 400	1 196	73 020	467	170 920	1 808	819 670	14 744	1,8%
	026-51	228 690	20 386	8,9%	55 440	854	7 750	442	19 100	2 170	146 400	16 919	11,6%
Abitibi-Témiscamingue (R08)	083-51	1 302 540	1 621	0,1%	344 120	111	10 550	-	237 630	183	710 240	1 326	0,2%
	084-51	847 300	57 686	6,8%	241 470	3 401	10 250	-	105 470	8 191	490 110	46 094	9,4%
Nord-du-Québec (R10)	084-62	292 950	67 613	23,1%	69 950	2 966	3 150	-	51 030	18 789	168 820	45 859	27,2%
	026-61	784 260	52 873	6,7%	233 020	6 342	51 570	2 004	201 470	9 696	298 200	34 832	11,7%
	026-62	428 280	20 614	4,8%	154 210	1 680	31 890	456	75 380	6 289	166 800	12 189	7,3%
	026-63	482 190	40 154	8,3%	174 810	4 879	14 750	1 102	193 240	25 478	99 390	8 695	8,7%
	026-64	628 930	68 665	10,9%	212 260	9 403	32 110	2 046	73 120	18 869	311 440	38 348	12,3%
	026-65	487 500	2 559	0,5%	150 190	206	39 100	-	39 250	439	258 960	1 913	0,7%
	026-66	319 000	43 557	13,7%	110 930	3 422	20 060	978	26 410	3 808	161 600	35 349	21,9%
	085-51	1 052 810	7 233	0,7%	393 710	702	80 590	215	171 630	982	406 880	5 333	1,3%
	086-63	387 480	19 401	5,0%	189 420	5 726	15 900	41	141 760	13 521	40 400	112	0,3%
	086-65	358 490	6 664	1,9%	114 610	821	25 270	118	36 430	1 985	182 180	3 739	2,1%
	086-66	507 600	92 970	18,3%	154 490	14 739	37 200	6 199	133 710	49 747	182 200	22 286	12,2%
	087-51	536 530	115 529	21,5%	130 530	8 907	3 530	-	73 360	13 993	329 110	92 629	28,1%
	087-62	466 390	142 426	30,5%	134 660	10 028	27 480	1 098	38 310	16 106	265 940	115 194	43,3%
	087-63	401 070	64 648	16,1%	92 910	4 075	16 720	-	58 040	9 260	233 400	51 313	22,0%
087-64	420 540	47 005	11,2%	99 350	2 837	45 340	222	26 230	3 803	249 620	40 143	16,1%	
<b>TOTAL</b>		<b>18 385 330</b>	<b>1 001 277</b>	<b>5,4%</b>	<b>4 702 590</b>	<b>94 946</b>	<b>719 300</b>	<b>19 313</b>	<b>2 931 760</b>	<b>230 177</b>	<b>10 031 680</b>	<b>656 840</b>	<b>6,5%</b>

Le tableau 4 montre un portrait des superficies affectées par les feux dans les 22 unités d'aménagement analysées. La superficie totale brûlée en 2023 représente 5,4 % de leur superficie totale.

Lorsque le détail de la superficie affectée par les feux est considéré, la somme des superficies affectées par les feux ne contribuant pas au calcul des possibilités forestières (tableau 4 - Retraits des superficies) représente 34 % de la superficie totale affectée. La superficie affectée par les feux destinée à l'aménagement et contribuant au calcul des possibilités forestières compte pour 66 % de la superficie totale brûlée des 22 unités d'aménagement (tableau 4). Si seulement la superficie destinée à l'aménagement est considérée, le territoire affecté par les feux correspond à 6,5 % de l'ensemble de la superficie destinée à l'aménagement du territoire analysé (tableau 4).

Par la suite, les superficies affectées par les feux sont réparties en brûlis partiels et brûlis totaux dans les 22 unités d'aménagement à l'étude (tableau 5).



**Tableau 5. Superficie affectée destinée à l'aménagement forestier en brûlis partiels et brûlis totaux par unité d'aménagement.**

Les lignes en gris foncé correspondent aux sous-totaux par région.

Régions	Unités d'aménagement	Superficie destinée à l'aménagement forestier (ha)	Superficie affectée destinée à l'aménagement (ha)	%	Superficie affectée : brûlis partiels (ha)	%	Superficie affectée : brûlis totaux (ha)	%
Saguenay-Lac-Saint-Jean (R02)	023-71	1 010 820	3 564	0,4%	94	0,0%	3 469	0,3%
	024-71	1 366 290	5 659	0,4%	354	0,0%	5 305	0,4%
	025-71	2 133 210	60 600	2,8%	1 401	0,1%	59 198	2,8%
	027-51	819 670	14 744	1,8%	1 017	0,1%	13 727	1,7%
	<b>Total</b>	<b>5 329 990</b>	<b>84 567</b>	<b>1,6%</b>	<b>2 866</b>	<b>0,1%</b>	<b>81 700</b>	<b>1,5%</b>
Mauricie (R04)	026-51	146 400	16 919	11,6%	963	0,7%	15 956	10,9%
	<b>Total</b>	<b>146 400</b>	<b>16 919</b>	<b>11,6%</b>	<b>963</b>	<b>0,7%</b>	<b>15 956</b>	<b>10,9%</b>
Abitibi-Témiscamingue (R08)	083-51	710 240	1 326	0,2%	166	0,0%	1 161	0,2%
	084-51	490 110	46 094	9,4%	3 501	0,7%	42 593	8,7%
	084-62	168 820	45 859	27,2%	2 768	1,6%	43 091	25,5%
	<b>Total</b>	<b>1 369 170</b>	<b>93 280</b>	<b>6,8%</b>	<b>6 434</b>	<b>0,5%</b>	<b>86 845</b>	<b>6,3%</b>
Nord-du-Québec (R10)	026-61	298 200	34 832	11,7%	917	0,3%	33 914	11,4%
	026-62	166 800	12 189	7,3%	183	0,1%	12 006	7,2%
	026-63	99 390	8 695	8,7%	92	0,1%	8 604	8,7%
	026-64	311 440	38 348	12,3%	1 357	0,4%	36 991	11,9%
	026-65	258 960	1 913	0,7%	107	0,0%	1 807	0,7%
	026-66	161 600	35 349	21,9%	869	0,5%	34 481	21,3%
	085-51	406 880	5 333	1,3%	1 508	0,4%	3 825	0,9%
	086-63	40 400	112	0,3%	5	0,0%	107	0,3%
	086-65	182 180	3 739	2,1%	199	0,1%	3 540	1,9%
	086-66	182 200	22 286	12,2%	852	0,5%	21 434	11,8%
	087-51	329 110	92 629	28,1%	6 310	1,9%	86 319	26,2%
	087-62	265 940	115 194	43,3%	5 178	1,9%	110 016	41,4%
	087-63	233 400	51 313	22,0%	2 681	1,1%	48 632	20,8%
	087-64	249 620	40 143	16,1%	1 551	0,6%	38 592	15,5%
<b>Total</b>	<b>3 186 120</b>	<b>462 075</b>	<b>14,5%</b>	<b>21 808</b>	<b>0,7%</b>	<b>440 267</b>	<b>13,8%</b>	
<b>TOTAL</b>		<b>10 031 680</b>	<b>656 840</b>	<b>6,5%</b>	<b>32 072</b>	<b>0,3%</b>	<b>624 768</b>	<b>6,2%</b>

Finalement, les superficies en brûlis total, présentées dans le tableau 5, sont réparties, selon les prédictions obtenues, en trois classes de régénération : échec, moindre et satisfaisante (tableau 6).

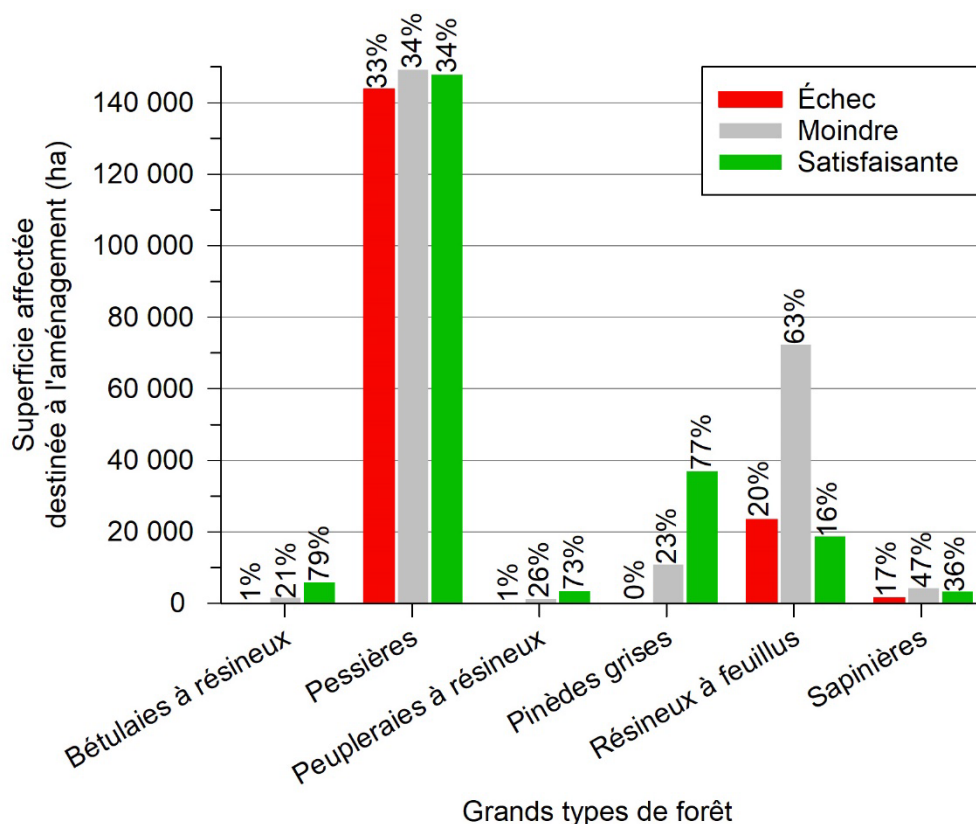


**Tableau 6. Superficie destinée à l'aménagement affectée par des brûlis totaux répartie en trois classes de régénération (échec, moindre et satisfaisante)**

Régions	Unités d'aménagement	Superficie destinée à l'aménagement (ha)	Superficie affectée destinée à l'aménagement (ha)	Brûlis totaux		
				Échec	Moindre	Satisfaisante
Saguenay-Lac-Saint-Jean (R02)	023-71	1 010 820	3 469	608	1 942	920
	024-71	1 366 290	5 305	633	2 115	2 557
	025-71	2 133 210	59 198	21 570	22 765	14 863
	027-51	819 670	13 727	2 848	7 124	3 755
	<b>Total</b>	<b>5 329 990</b>	<b>81 700</b>	<b>25 660</b>	<b>33 946</b>	<b>22 095</b>
Mauricie (R04)	026-51	146 400	15 956	4 867	6 692	4 396
	<b>Total</b>	<b>146 400</b>	<b>15 956</b>	<b>4 867</b>	<b>6 692</b>	<b>4 396</b>
Abitibi-Témiscamingue (R08)	083-51	710 240	1 161	179	188	794
	084-51	490 110	42 593	9 652	14 113	18 828
	084-62	168 820	43 091	8 265	16 773	18 053
	<b>Total</b>	<b>1 369 170</b>	<b>86 845</b>	<b>18 097</b>	<b>31 074</b>	<b>37 675</b>
Nord-du-Québec (R10)	026-61	298 200	33 914	12 888	12 540	8 486
	026-62	166 800	12 006	6 171	3 995	1 840
	026-63	99 390	8 604	2 906	3 433	2 264
	026-64	311 440	36 991	10 162	13 147	13 682
	026-65	258 960	1 807	314	763	730
	026-66	161 600	34 481	14 406	12 263	7 811
	085-51	406 880	3 825	248	480	3 097
	086-63	40 400	107	64	20	23
	086-65	182 180	3 540	268	924	2 348
	086-66	182 200	21 434	3 400	9 244	8 790
	087-51	329 110	86 319	15 126	38 162	33 031
	087-62	265 940	110 016	37 020	37 480	35 516
	087-63	233 400	48 632	8 544	19 005	21 084
	087-64	249 620	38 592	8 895	16 381	13 316
	<b>Total</b>	<b>3 186 120</b>	<b>440 267</b>	<b>120 411</b>	<b>167 836</b>	<b>152 020</b>
<b>TOTAL</b>		<b>10 031 680</b>	<b>624 768</b>	<b>169 034</b>	<b>239 548</b>	<b>216 186</b>



La figure 3 montre les superficies en brûlis total réparties en trois classes de régénération (échec, moindre et satisfaisante) et selon les grands types de forêt utilisés dans le calcul de possibilités forestières pour l'ensemble des 22 unités d'aménagement à l'étude. Le grand type de forêt des pessières pourrait se régénérer dans deux tiers des superficies affectées par des brûlis totaux, le restant des superficies en pessières pourrait être en échec de régénération.



**Figure 3. Répartition de la superficie affectée par des brûlis totaux selon les classes de régénération et les grands types de forêt utilisés dans le calcul des possibilités forestières.**

La figure 4 montre les superficies prédites en brûlis totaux dans les grands types de forêt pessières (EPX) et pinèdes (PIG) réparties en trois classes de régénération (échec, moindre et satisfaisante) et selon trois classes d'âge (10-30, 50-70 et 90-120). Chez les jeunes peuplements d'épinette noire, deux tiers des superficies affectées par les feux de 2023 pourraient être en échec de régénération. Chez les peuplements plus âgés d'épinette noire, le pourcentage de superficie affectée par les feux et en échec de régénération diminue à 2,5 %. Chez les pinèdes grises, c'est 1 % des superficies affectées qui pourraient être en échec de régénération dans la classe d'âge 50-70 ans.

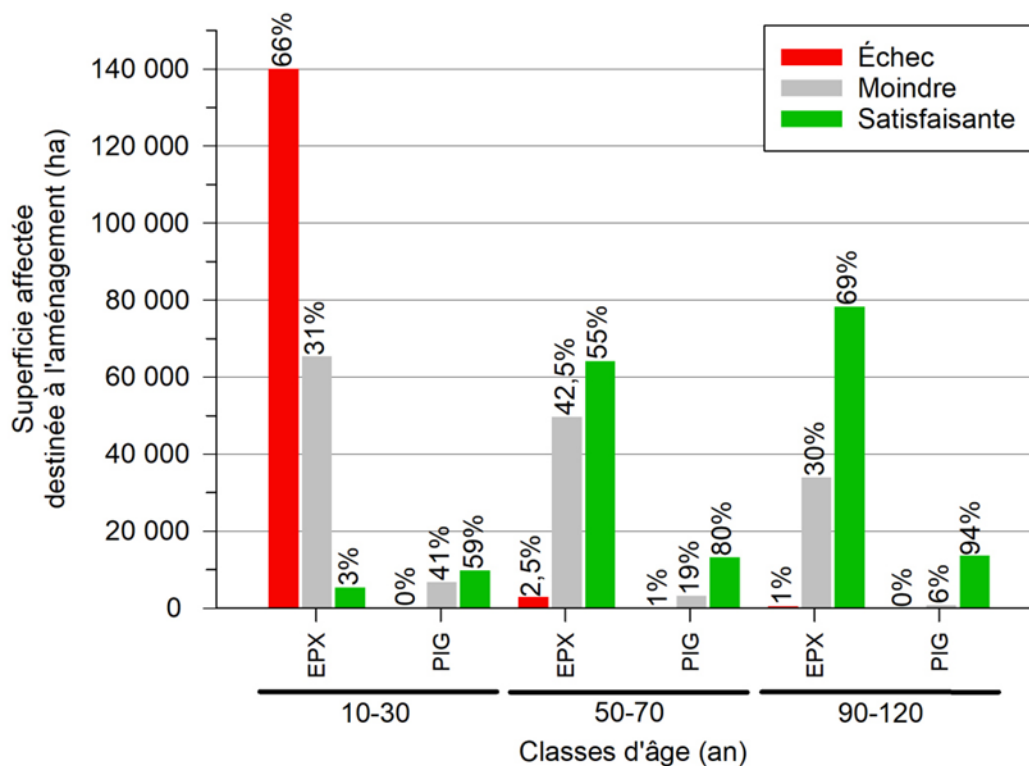


Figure 4. Répartition de la superficie affectée par les feux dans les brûlis totaux selon trois classes de régénération et trois classes d'âge pour les pessières (EPX) et les pinèdes grises (PIG)

### Limitations et mises en garde

Il est important de préciser que l'information provenant de la Direction de la protection des forêts représente une caractérisation préliminaire des feux. Une mise à jour sera nécessaire, lorsque la caractérisation finale indiquant la sévérité des feux sera réalisée.

Le modèle de densité de régénération a été calibré dans des sites de l'ouest du Québec [5, 19]. Dans le domaine de la pessière noire à mousses de l'Abitibi à la Basse-Côte-Nord, il existe un gradient longitudinal quant au climat, aux caractéristiques des milieux physique et écologique [20, 21]. La nature de ce gradient et les feux de forêt pourraient avoir des effets potentiels sur l'ampleur du changement de la densité de régénération. De plus, certains facteurs biotiques et abiotiques n'ont pas été pris en compte dans la formulation du modèle de régénération, ces facteurs combinés pourraient avoir un effet sur la réponse de la régénération. Par exemple, les effets de l'épidémie de la tordeuse des bourgeons de l'épinette pourraient avoir un impact sur la disponibilité des semences.



D'autre part, la récupération des bois brûlés a une influence sur la quantité de semences libérée au sol et les lits de germination [6] et pourrait faire varier les résultats de la présente analyse. Une mise à jour sera nécessaire, lorsque les informations décrivant la récupération réellement effectuée seront disponibles.

Finalement, sachant que la phase d'établissement des semis après feu est critique et que leur survie pourrait notamment être limitée par les conditions édaphiques exacerbées sous changements climatiques, un suivi sur le terrain des superficies affectées par les feux à intervalles réguliers est requis pour confirmer les prédictions effectuées sur la régénération par des mesures réelles.

## Implications et étapes suivantes

La quantification des effets des feux de forêt sur la régénération naturelle représente un intrant du processus d'intégration des feux de forêt dans la modélisation optimisée de Woodstock<sup>3</sup>. La méthodologie présentée dans cette note technique et les résultats qui en découlent servent à estimer l'impact des feux sur les possibilités forestières des unités d'aménagement les plus affectées par les feux de 2023.

Dans le futur, le modèle de prédiction de la régénération après feu sera utilisé pour d'autres travaux réalisés par le Forestier en chef.

## Conclusion

Cette première analyse sur la régénération après feu a permis d'évaluer l'impact des feux de 2023 sur la régénération naturelle à la suite du passage du feu en forêt boréale. La sévérité du feu, en soi, est un élément qui détermine le potentiel de régénération d'un peuplement après feu. La prise en compte d'une caractérisation bien que préliminaire, mais plus fine des superficies affectées par le feu (brûlis partiel et brûlis total), a donc servi à mieux capter les impacts sur la régénération dans les différentes unités d'aménagement du Québec.

---

<sup>3</sup> Le logiciel Woodstock (Remsoft ©), un outil de programmation linéaire, est utilisé pour le calcul des possibilités forestières du Forestier en chef.





## Références

1. Ministère des Forêts de La Faune et des Parcs, Cartographie du cinquième inventaire écoforestier du Québec méridional — Méthodes et données associées, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Secteur des forêts, Direction des inventaires forestiers, 129 p. 2022.
2. Ministère des Forêts de la Faune et des Parcs, Guide d'utilisation des produits dérivés du LiDAR. Québec, Canada. 2020.
3. Splawinski, T.B., D.F. Greene, and S. Gauthier, A model of the post-fire recruitment of *Picea mariana* and *Pinus banksiana* as a function of salvage timing and intensity. *Ecological Modelling*, 2014. **282**: p. 35-43.
4. Splawinski, T.B., et al., A landscape-level tool for assessing natural regeneration density of *Picea mariana* and *Pinus banksiana* following fire and salvage logging. *Forest Ecology and Management*, 2016. **373**: p. 189-202.
5. Splawinski, T.B., et al., Ajustement des stratégies de production de bois dans certaines portions sensibles de la forêt boréale. Rapport présenté au Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs par la Chaire industrielle CRSNG UQAT-UQAM en aménagement forestier durable, 120 p. 2019.
6. Cyr, D., et al., Mitigating post-fire regeneration failure in boreal landscapes with reforestation and variable retention harvesting: At what cost? *Canadian Journal of Forest Research*, 2022. **52**(4): p. 568-581.
7. Ministère des Forêts de la Faune et des Parcs, Norme de stratification écoforestière - Quatrième inventaire écoforestier du Québec méridional. 2015, Gouvernement du Québec, Ministère des Forêts de la Faune et des Parcs, Direction des inventaires forestiers. p. 101.
8. Gauthier, S., A. Leduc, and Y. Bergeron, Forest dynamics modelling under natural fire cycles: A tool to define natural mosaic diversity for forest management. *Environmental Monitoring and Assessment*, 1996. **39**(1): p. 417-434.
9. Greene, D.F. and E.A. Johnson, Modelling recruitment of *Populus tremuloides*, *Pinus banksiana*, and *Picea mariana* following fire in the mixedwood boreal forest. *Canadian Journal of Forest Research*, 1999. **29**(4): p. 462-473.
10. Briand, C.H., et al., Does fire regime influence life history traits of jack pine in the southern boreal forest of Québec, Canada? *Plant Ecology*, 2015. **216**(1): p. 157-164.
11. Viglas, J.N., C.D. Brown, and J.F. Johnstone, Age and size effects on seed productivity of northern black spruce. *Canadian Journal of Forest Research*, 2013. **43**(6): p. 534-543.
12. Greene, D.F. and E.A. Johnson, Seed mass and early survivorship of tree species in upland clearings and shelterwoods. *Canadian Journal of Forest Research*, 1998. **28**(9): p. 1307-1316.
13. Boulfroy, E., Prédiction de la régénération forestière naturelle après feu dans la forêt boréale québécoise, in DSF. 1996, Université du Québec à Chicoutimi.
14. Perrault-Hébert, M., et al., Ecological drivers of post-fire regeneration in a recently managed boreal forest landscape of eastern Canada. *Forest Ecology and Management*, 2017. **399**: p. 74-81.



15. Lafleur, B., et al., Soil organic layer thickness influences the establishment and growth of trembling aspen (*Populus tremuloides*) in boreal forests. *Forest Ecology and Management*, 2015. **347**(0): p. 209 - 216.
16. Rowe, J.S., Concepts of fire effects on plant individuals and species, in *The role of fire in Northern circumpolar ecosystems*, R.W.W.a.D.A. MacLean, Editor. 1983, John Wiley & Sons Ltd.
17. Johnstone, J.F. and E.S. Kasischke, Stand-level effects of soil burn severity on postfire regeneration in a recently burned black spruce forest. *Canadian Journal of Forest Research*, 2005. **35**(9): p. 2151-2163.
18. Boisvert-Marsh, L. and S. de Blois, Unravelling potential northward migration pathways for tree species under climate change. *Journal of Biogeography*, 2021. **48**(5): p. 1088-1100.
19. Splawinski, T.B., et al., Analyzing risk of regeneration failure in the managed boreal forest of northwestern Quebec. *Canadian Journal of Forest Research*, 2019. **49**(6): p. 680-691.
20. Couillard, P.-L., et al., La forêt boréale du Québec : influence du gradient longitudinal. *Le Naturaliste canadien*, 2019. **143**(2): p. 18-32.
21. Grondin, P., et al., Ecological Classification in Forest Ecosystem Management: Links Between Current Practices and Future Climate Change in a Québec Case Study, in *Boreal Forests in the Face of Climate Change: Sustainable Management*, M.M. Girona, et al., Editors. 2023, Springer International Publishing: Cham. p. 219-246.

