

MÉMOIRE

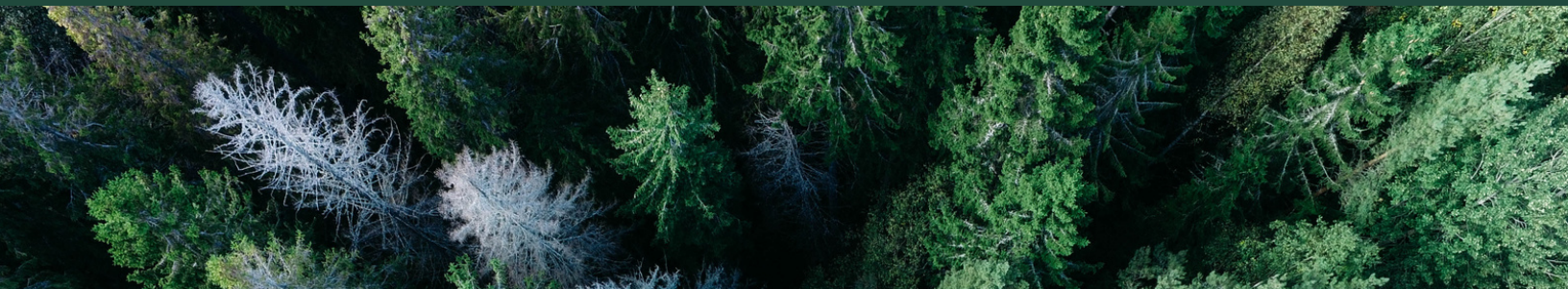
de l'Institut de Recherche sur les Forêts (IRF)

En lien avec la consultation des "Tables de réflexion sur l'avenir de la forêt"

PRÉSENTÉ AU

Ministère des Ressources naturelles et des Forêts (MRNF)

Québec 



Qui sommes-nous : l'Institut de Recherche sur les Forêts de l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue

L'Institut de recherche sur les forêts (IRF) de l'UQAT offre un milieu de recherche et d'enseignement exceptionnel et hors du commun. Situé au cœur de la forêt boréale, l'IRF est un milieu d'accueil désigné pour la recherche qui dispose d'un immense laboratoire à ciel ouvert et d'un important réseau de partenariats et d'alliances avec l'industrie forestière québécoise. Depuis 1987, l'UQAT s'est graduellement positionnée dans l'aménagement durable de la forêt boréale et son investissement en recherche se situe aujourd'hui à plus de 7 M\$ par année.

La mission de l'IRF est de contribuer au maintien des services rendus par les écosystèmes forestiers par une approche interdisciplinaire en recherche et en formation ainsi que dans la diffusion et l'intégration des nouvelles connaissances auprès des multiples usagers du territoire. L'Institut réalise des recherches de pointe en aménagement forestier durable avec la perspective « de la forêt à l'utilisateur ». Ainsi, l'interdisciplinarité qui caractérise cette équipe permet, en s'inspirant d'une approche écologique, de répondre aux enjeux liés à la foresterie à partir de la planification de la sylviculture à la transformation du bois. L'approche vise à faciliter la certification forestière et la gestion intégrée du territoire, notamment dans un contexte où les petites collectivités sont importantes.

Aujourd'hui, l'Institut regroupe **108 étudiant·es-chercheur·es et 14 professeur·es** reconnu·es ici et à l'échelle internationale pour leur expertise en foresterie. Actives dans de nombreux regroupements de recherche et impliqués dans leur milieu, les professeur·es de l'Institut ouvrent de multiples portes aux étudiant·es de l'UQAT. Bien implanté dans le milieu, l'IRF entretient des liens privilégiés avec différents centres de recherche au Québec de même qu'avec plusieurs partenaires régionaux industriels et gouvernementaux. L'Institut dispose de laboratoires dotés d'équipement à la fine pointe de la technologie permettant aux étudiant·es et aux professeur·es de mener des recherches de haut niveau.

Contexte de la démarche

L'IRF salue la démarche de consultation du Ministère des Ressources Naturelles et des Forêts du Québec. Nous l'encourageons à prendre en compte l'ensemble des nombreuses remarques qui lui sont livrées au cours de ce processus exigeant, car nous pensons que l'aménagement du territoire forestier québécois est à un tournant et que les profondes réformes nécessaires ne pourront être effectives qu'avec l'assentiment de la population et la participation enthousiaste des acteurs du secteur. De nombreux éléments soulevés dans le présent texte ont déjà été élaborés plus en détail dans le [Mémoire du CEF sur la Stratégie d'adaptation de la gestion et de l'aménagement des forêts aux changements climatiques](#), déposé en décembre 2021 lors d'une précédente consultation. Par ailleurs, nous souscrivons aux points soulevés dans le cadre de la présente consultation par nos collègues du Centre d'Étude de la Forêt[1] ainsi que par nos partenaires de l'Association Forestière de l'Abitibi-Témiscamingue.

Réflexions de l'IRF concernant l'avenir des forêts québécoises aménagées

1) Une forêt inadaptée aux changements climatiques en raison d'un aménagement inapproprié

Les feux sont un élément intégral de la dynamique forestière dans une grande partie du Québec et du Canada. La forêt boréale notamment évolue et s'adapte depuis des millénaires au gré des variations du climat et des cycles de feu[2]. La saison de feux 2023 ne représente pas un évènement inédit dans l'histoire de nos territoires et, prise isolément, ne sort pas de la variabilité naturelle et ne serait donc à fort risque de menacer l'intégrité globale d'écosystèmes forestiers laissés à eux-mêmes qu'en se répétant à un intervalle moyen de 5 à 10 ans, ou moins[3]. Le problème réside dans le niveau de perturbation préalable des paysages, considérablement rajeunis par la prévalence des coupes totales (avec ou sans protection de la régénération et des sols) dans les régimes forestiers passés et actuel[4], lesquels ont par ailleurs bénéficié d'une période pendant laquelle l'activité des feux était historiquement basse. Ce rajeunissement diminue la capacité de régénération naturelle, et contribue à expliquer pourquoi 408 580 hectares brûlés en 2023 ont été évalués à risques variables d'accident de régénération (dont 169 034 ha à risque d'échec total) et d'être remplacés par des forêts moins productives voire des landes boisées[5]. Contrairement aux idées reçues, il n'est pas clair que les vieilles forêts boréales brûlent plus que les jeunes[6]. En revanche, il est certain qu'elles se régénèrent mieux.

Cette constatation nous amène à la conclusion que le concept d'aménagement écosystémique conserve toute sa pertinence, y compris et même surtout en période de changements climatiques. S'il vise en effet à maintenir les paysages forestiers dans leur fourchette de variabilité naturelle[7], cette dernière doit être comprise comme un équilibre dynamique et fluctuant en lien avec le climat d'une période donnée, et non-pas comme un état de référence statique. Les possibilités d'actions humaines directes visant à améliorer l'adaptation des forêts ou à contrer les effets des perturbations naturelles étant limitées par l'immensité de notre territoire (ce qui est illustré par les difficultés à reboiser autant que ce qu'il serait nécessaire à la suite des feux de 2023), miser avant tout sur la capacité d'adaptation naturelle des écosystèmes apparaît comme la seule approche réaliste. À cette fin, maintenir les attributs naturels des forêts comme le prescrit l'aménagement écosystémique est notre meilleur guide. Il est important aussi de se souvenir que la crise climatique et la crise de la biodiversité se nourrissent mutuellement – les changements climatiques étant susceptibles d'accroître la perte d'espèces ou de groupes fonctionnels entiers dans des écosystèmes à la capacité de charge déjà entamée, et la perte de ces espèces diminuant la résistance et la capacité d'adaptation de ces écosystèmes ainsi que leurs puits de carbone, créant ainsi un effet d'emballement[8]. La biodiversité n'est pas un concept abstrait. Il est aisé de concevoir qu'un pays, une région ou une municipalité avec une économie plus diversifiée résistera mieux aux chocs ou se reconstruira plus facilement à leur suite, et il en est simplement de même pour la diversité des organismes vivants qui assurent les multiples fonctions des écosystèmes. En conservant par exemple la diversité des classes d'âges, des structures (équiennes ou inéquiennes), des essences, des bois morts debout et au sol, l'aménagement écosystémique fait donc d'une pierre deux coups en visant à éviter l'effondrement de la biodiversité et des fonctions qu'elle assure, la production ligneuse étant bien sûr l'une d'entre elles.

L'aménagement tel qu'il est pratiqué à l'heure actuelle reste toutefois bien loin de ces cibles. Pour donner une chance à la forêt de s'adapter aux changements climatiques, il est impératif de changer drastiquement les modes de récolte sur la grande majorité du territoire, par exemple par le recours massif aux modalités de coupes partielles et sélectives maintenant un couvert véritablement permanent (c'est-à-dire hors de la possibilité forestière), par l'augmentation conséquente de la rétention, l'allongement de la durée des rotations, et la conservation d'importants massifs de vieilles forêts, répartis sur le territoire. En maintenant une grande quantité d'arbres matures semenciers dans les paysages, ces changements auraient notamment pour effet de diminuer considérablement les risques d'accidents de régénération suite aux perturbations naturelles, tout en conservant les habitats d'espèces emblématiques telles que le caribou forestier, pour ne citer qu'un exemple des multiples bénéfices des changements proposés. Des stratégies plus directes d'adaptation peuvent aussi être envisagées, de manière ciblée à échelle plus réduite. Ainsi, la composition de la forêt boréale a varié au fil des millénaires, et si son étendue a pu diminuer lors de certaines périodes particulièrement chaudes et sèches, elle s'est globalement toujours maintenue[9]. Étant donnée la vitesse inédite des changements globaux actuels induits par l'activité humaine, la migration assistée d'essences ou de provenances mieux acclimatées aux conditions futures serait bien sûr pertinente, surtout dans les zones les plus méridionales des aires de répartition de nos essences. Toujours au regard des moyens humains et financiers limités, il est néanmoins essentiel de laisser aussi la régénération naturelle opérer dans de larges pans du territoire, et de moins essayer de contrôler les essences qui s'installent après perturbation (naturelle ou anthropique). Différentes essences étant adaptées à différentes conditions, leur diversité à l'échelle des paysages et des peuplements peut être le meilleur gage de résistance et de résilience face à un climat chaotique et donc imprévisible[10]. Pour survivre, l'industrie forestière devra être accompagnée dans cette flexibilité accrue.

2) Planification de la voirie forestière permanente et temporaire

La gestion des chemins forestiers, quasi-inexistante à l'heure actuelle, doit également être pensée en fonction des nouvelles stratégies adoptées. La voirie forestière est en effet estimée couvrir 326 721 hectares, soit 0.41% du territoire forestier aménagé[11], représentant une perte cumulative et de moins en moins négligeable de surfaces productives et de puits de carbone. La dégradation des chemins laissés à l'abandon occasionne également des dommages à l'environnement, notamment sur la qualité des cours d'eau[12]. Il faut donc une planification conjointe de l'aménagement et du réseau routier, afin par exemple de pouvoir déterminer quels axes il sera nécessaire de conserver et d'entretenir pour accéder aux zones où des coupes subséquentes auront lieu dans un délai assez rapproché pour justifier l'effort, et quelles parties du réseau pourront être démantelées, permettant ainsi d'adapter la construction en conséquence et de rationaliser les coûts de mise en place et d'entretien. Les chemins forestiers représentent évidemment une infrastructure bénéfique à de nombreux usagers en permettant l'accessibilité du territoire, mais ils fragmentent aussi les habitats fauniques[13] et augmentent les départs de feu d'origine humaine[14]. Les différents usages de la forêt ne nécessitant pas l'accès à la totalité du territoire, un compromis peut toutefois être trouvé entre accessibilité et protection.

3) Zonage, intensification et diversification

L'importance des surfaces à fort risque de mal se régénérer à la suite des feux de 2023[5] illustre que la capacité d'adaptation et de résilience des forêts est mise à mal par la concomitance des changements climatiques et de la récolte soutenue. Les solutions proposées à la section précédente impliquent donc, au moins à court terme, une baisse globale des volumes de récolte dans la majeure partie des territoires exploités, dans le but d'éviter un effondrement total des stocks comme cela a pu se produire pour d'autres ressources naturelles[15]. Cette baisse pourrait toutefois être progressivement compensée par le recours à la sylviculture intensive sur une petite fraction du territoire. À l'instar de nombreux autres intervenants du secteur, nous souscrivons donc à l'idée d'appliquer un zonage fonctionnel sur notre territoire forestier. Concentrer les investissements sylvicoles sur des superficies limitées et proches des usines de transformation présenterait en outre l'avantage de réduire les coûts financiers et environnementaux associés au transport de longue distance, de simplifier la gestion des chemins, et de permettre la protection de ces investissements face aux risques de perturbations naturelles. Il faut toutefois souligner que l'acceptabilité sociale de la production ligneuse intensive étant très faible, il est crucial de la penser et de la présenter comme contrepartie d'un aménagement complètement remanié et d'une protection largement accrue dans l'immense majorité du territoire. Cette acceptabilité semble particulièrement inexistante au sein des Premières Nations, qu'il faudra donc impliquer dans la définition, la localisation, la gestion et les retombées des zones intensives situées dans leurs territoires ancestraux. L'utilisation de friches et autres zones dégradées ou non-forestières mais potentiellement productives permettrait aussi d'augmenter l'acceptabilité sociale des zones intensives en limitant les impacts sur les habitats et les paysages, tout en maximisant les gains en volumes ligneux et en séquestration de carbone. Finalement, étant donnée l'urgence de réduire la pression de récolte sur la majorité du territoire et la croissance relativement lente des essences traditionnellement prisées par la majorité de l'industrie, même dans les meilleures conditions de plantations, des essences à croissance rapide telles que le peuplier hybride devraient être privilégiées afin de compenser au plus vite les baisses d'approvisionnement. La demande actuelle pour ce type de fibre est certes faible mais elles ont pourtant démontré leur potentiel pour diverses applications, dont les panneaux de bois reconstitués et les pâtes et papier. En plus de cela, des produits toujours plus innovants sont sans cesse en expérimentation au sein des universités et des centres collégiaux de transfert technologique du Québec. Plutôt que de chercher à modeler des millions d'hectares de forêt à nos structures industrielles actuelles, il nous semble bien moins dispendieux et beaucoup plus réaliste de financer ces recherches et leur implémentation concrète afin de diversifier le panier de produits du bois et d'adapter les usines aux essences et aux volumes que les forêts vont être capables de fournir à l'avenir, lesquels comportent nécessairement un fort degré d'imprévisibilité en raison du chaos climatique.

De manière générale, cette diversification est la clé de l'adaptabilité et de la résilience du secteur forestier, qui n'aura guère le choix de suivre celles des forêts elles-mêmes. Dans un contexte où, même sous le régime actuel, la possibilité forestière a été baissée dans l'espoir de maintenir l'exploitation à terme, il faut s'intéresser à la qualité des produits plutôt qu'à la quantité de volumes récoltés, et donc poursuivre les efforts pour faire plus de valeur ajoutée à partir de moindres volumes et de valoriser toujours plus les sous-produits issus des première et deuxième transformations. Et surtout, il faut recentrer les intérêts afin que l'avenir des forêts québécoises ne se résume pas à l'avenir du secteur de la récolte et de la transformation du bois. La présence de l'exploitation du bois sur l'ensemble des usages

et services rendus par les écosystèmes forestiers publics est fondamentalement anti-démocratique et ne peut continuer. La prise en compte sérieuse et positive de tous les usages ainsi que de l'ensemble des services écosystémiques, au lieu de les réduire à de simples contraintes avec lesquelles l'exploitation doit composer, nous semble d'ailleurs constituer un préalable indispensable à l'amélioration de l'image de la foresterie aux yeux du public général. Certains de ces usages (activités récréotouristiques, produits forestiers non-ligneux) sont liés à des activités économiques et pourraient permettre la diversification des revenus – et donc la résilience – des communautés les plus dépendantes de l'activité forestière. D'autres font partie des externalités rarement prises en compte dans les calculs économiques (effets sur le climat local[16] ou global[17], importance culturelle et sur le bien-être[18] des populations autochtones et allochtones), mais dont les coûts-bénéfices pour la société n'ont pas prix – encore qu'on puisse essayer d'en donner un pour le carbone.

4) Gestion du carbone forestier

Le rôle des écosystèmes et du secteur forestiers dans la lutte contre les changements climatiques est réel, mais ne doit pas être monté hors de toute proportion ni être utilisé comme prétexte pour balayer toute autre considération. Les solutions climatiques basées sur la nature, incluant donc les forêts, pourraient à l'aide d'efforts considérables compenser à l'échelle d'une décennie environ 8% des émissions de GES du Canada[19], ce qui représente donc une part non-négligeable mais modeste des efforts à faire. Plus importants sont les risques associés aux nouvelles émissions si les puits de carbone historiques deviennent majoritairement et durablement des sources, notamment en raison des feux de forêt[20]. Si ces émissions peuvent maintenant être difficilement évitées dans leur majorité, ces pertes de stocks de carbone des écosystèmes peuvent n'être que transitoires et avoir ainsi un impact au moins limité sur le forçage radiatif global, à la condition que les forêts brûlées se régénèrent bien, ce qui nous ramène aux points soulevés dans la section 1. De la même manière, les impacts des coupes peuvent n'être que transitoires, et de plus une partie du carbone perdu par l'écosystème transféré dans des produits du bois à longue durée de vie. Cette proportion peut toutefois être faible[21] et doit être améliorée, ainsi que la gestion de fin de vie de ces produits, laquelle a un très fort impact sur leur empreinte carbone[22]. De surcroît, les forêts boréales prenant du temps à reconstituer leurs stocks de carbone d'avant perturbation, et ces derniers étant amenés à diminuer dans le paysage en raison de l'accroissement de l'activité des feux[23], une bonne gestion du carbone forestier ne consiste pas simplement à assimiler la captation et la séquestration du carbone à une récolte soutenue et à la productivité ligneuse des jeunes peuplements, mais à considérer tout autant la protection des stocks existants dans les vieilles forêts[24], non-seulement dans les arbres mais aussi dans les mousses et sphaignes, les sols et même le bois mort - dont la décomposition est assez lente en forêt boréale pour constituer un réservoir de carbone décent[21], en plus de ses nombreux autres rôles écologiques liés au fait d'être un fabuleux habitat pour une multitude d'êtres vivants[25]. Le maintien ou le rétablissement de l'intégrité des écosystèmes, forestiers ou autres, doit en effet être l'objectif derrière toute action climatique basée sur la nature, au risque de recourir à des remèdes se révélant pires que le mal qu'on veut traiter.

5) Décentralisation des décisions d'aménagement

La complexité des enjeux d'adaptation des forêts aménagées aux changements climatiques, très brièvement évoquée par les sections précédentes, ainsi que la variété des caractéristiques des forêts québécoises et donc la multiplicité de ces enjeux en fonction des régions, rendent évidente la difficulté à proposer une stratégie adaptée à l'échelle de la province. Nous joignons donc notre voix à tous ceux qui réclament un véritable pouvoir des décisions d'aménagement en région, en nommant par exemple un·e ou plusieurs·es aménagistes en chef régionaux, responsables et imputables devant les représentants de l'ensemble des acteurs et utilisateurs de la forêt, incluant bien entendu les Premières Nations. Les cibles d'aménagement écosystémiques pourraient ainsi être définies démocratiquement par ces conseils régionaux en fonction de l'évolution de la situation locale, et en accord avec un observatoire national indépendant sur les forêts dont la création est proposée depuis plusieurs années par les chercheurs du Centre d'Études de la Forêt notamment, lequel aurait aussi la charge de vérifier la progression vers ces cibles.

L'atteinte d'un véritable pouvoir décisionnel par les acteurs locaux nécessite également que la possibilité forestière devienne un simple plafond, et non-plus une cible de récolte soutenue à atteindre sans considération de rentabilité, de demande du marché, ou de disponibilité de la main d'œuvre par exemple. Des industriels qui renonceraient à récolter une partie du bois attribué devraient pouvoir le faire sans nuire à leurs approvisionnements futurs, au contraire une telle mise en réserve volontaire pourrait être récupérée par la suite voire donner lieu à une réévaluation à la hausse de la possibilité si elle se prolongeait sur une période suffisamment longue.

Finalement, le calcul de possibilité lui-même doit être plus transparent et intégrer les dernières avancées scientifiques. Il devrait notamment prendre en compte *a priori* les impacts prévus des changements climatiques et des perturbations naturelles, plutôt que de s'ajuster en catastrophe et sans prévisibilité pour le secteur après chaque évènements hors-normes - lesquels pourraient devenir la nouvelle norme[26]. Les modèles et la littérature scientifique prévoyant la fréquence future des feux[23], la susceptibilité des paysages aux épidémies de tordeuses de bourgeons de l'épinette[27], ainsi que des courbes de croissance ajustées en fonction des scénarios climatiques[28] sont maintenant abondants et généralement peu discordants. La justesse des prédictions et les calculs pourraient être réévalués à intervalles réguliers, par exemple après chaque inventaire décennal. Il est peu probable que ces prédictions aient une précision absolue mais leur prise en compte dans le calcul de possibilité permettrait de réduire les chocs de réajustement s'ils se révélaient avoir été trop optimistes, et d'avoir constitué une réserve de sécurité lorsqu'ils se révéleront trop conservateurs. Ces réajustements partiellement anticipés pourraient en outre s'opérer progressivement sur plusieurs années, améliorant encore plus la prévisibilité pour le secteur. En somme, la gestion du territoire forestier va de plus en plus impliquer de gérer l'incertitude, et le calcul de possibilité forestière doit refléter cela.

Conclusion

Les points principaux sur lesquels l'IRF souhaite porter l'attention dans ce contexte de consultation ministérielle sur l'avenir des forêts peuvent être résumés ainsi :

- L'aménagement forestier **dominé par les coupes totales** ou quasi-totales tel qu'il est pratiqué actuellement en forêt boréal **rajeunit cette dernière et la rend plus vulnérable** et moins résiliente aux changements climatiques, notamment à l'augmentation de l'activité des feux de forêt.
- L'immense territoire forestier du Québec nous oblige à principalement compter sur **la capacité naturelle d'adaptation et de résilience** des forêts, ce qui implique que le concept **d'aménagement écosystémique** conserve toute sa pertinence.
- Il est donc essentiel de **diminuer les niveaux de récolte** sur la majeure partie du territoire en **augmentant les aires protégées** et en pratiquant des coupes conservant **un couvert permanent**, source de semenciers, ainsi que des attributs de **vieilles forêts**, tout en **intensifiant** la production ligneuse sur des surfaces plus restreintes, accessibles et faciles à protéger.
- Pour permettre à la forêt d'être **flexible et adaptable** face à un climat **chaotique et imprévisible**, le secteur de la transformation du bois doit l'être également en développant et produisant une **variété** de produits et sous-produits créant **plus de valeur ajoutée avec moins de volumes** et à partir **d'une plus grande diversité d'essences**.
- La ressource ligneuse doit **cesser** d'être l'aune à laquelle tous les autres usages et services de la forêt sont mesurés, et la **valeur ajoutée** devrait être considérée plutôt que les volumes bruts.
- Le **carbone forestier** fait partie de ces services mais ne doit pas simplement prendre la place des volumes de bois comme nouvelle **valeur exclusive** car **l'intégrité des écosystèmes** doit être le but derrière toute action climatique basée sur la nature.
- Les **décisions** d'aménagement du territoire doivent être **démocratisées et décentralisées** vers les régions.
- La **possibilité forestière** ne doit plus être une **cible** mais juste une **limite**, et son calcul doit inclure *a priori* les effets des **changements climatiques** et des **perturbations naturelles** prévus par la science.

*Les professeures et professeurs de l'Institut de recherche sur les forêts
de l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue*

Flavia Braghiroli

Fabio Gennaretti

Carsten Meyer-Jacob

Valentina Buttò

Guillaume Grosbois

Miguel Montoro Girona

Xavier Cavard

Ahmed Koubaa

Gabriel Pigeon

Annie Desrochers

Mebarek Lamara

Oswaldo Valeria

Nicole Fenton

Maxence Martin

Yves Bergeron

Références bibliographiques

1. Drapeau, P., et al., *Mémoire du Centre d'étude de la forêt présenté au ministère des Ressources Naturelles et des Forêts dans le cadre de la consultation des Tables de réflexion sur l'avenir de la forêt*. 2024. 11 p + Annexes.
2. Carcaillet, C., et al., *Change of fire frequency in the eastern Canadian boreal forests during the Holocene: does vegetation composition or climate trigger the fire regime?* Journal of Ecology, 2001. **89**(6): p. 930-946.
3. Boulanger, Y., et al., *The 2023 wildfire season in Québec: an overview of extreme conditions, impacts, lessons learned and considerations for the future*. Accepté dans le Canadian Journal of Forest Research, <https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2024.02.20.581257v1.full.pdf+html>, 2024.
4. Cyr, D., et al., *Forest management is driving the eastern North American boreal forest outside its natural range of variability*. Frontiers in Ecology and the Environment, 2009. **7**(10): p. 519-524.
5. Bureau du Forestier en Chef, *Prédiction de la régénération après feu*, note technique, 2023. 15 p.
6. Cavard, X., J.-F. Boucher, and Y. Bergeron, *Vegetation and topography interact with weather to drive the spatial distribution of wildfires in the eastern boreal forest of Canada*. International Journal of Wildland Fire, 2015. **24**(3): p. 391-406.
7. Gauthier, S., et al., *Ecosystem management of the boreal forest in the era of global change*, in *Boreal Forests in the Face of Climate Change: Sustainable Management*. 2023, Springer. p. 3-49.
8. Mori, A.S., et al., *Biodiversity–productivity relationships are key to nature-based climate solutions*. Nature Climate Change, 2021. **11**(6): p. 543-550.
9. Girardin, M.P., et al., *Boreal forest cover was reduced in the mid-Holocene with warming and recurring wildfires*. Communications Earth & Environment, 2024. **5**(1): p. 176.
10. Drobyshev, I., et al., *Species specific growth responses of black spruce and trembling aspen may enhance resilience of boreal forest to climate change*. Journal of Ecology, 2013. **101**(1): p. 231-242.
11. Vega, A., F. Girard, and O. Valeria. *Estimation du potentiel et projections de la remise en production des superficies occupées par les chemins forestiers dans la région boréale de l'Est du Canada*. in *Colloque du Centre d'Études de la Forêt*. 2024.
12. Madej, M.A., *Erosion and sediment delivery following removal of forest roads*. Earth Surface Processes and Landforms: The Journal of the British Geomorphological Research Group, 2001. **26**(2): p. 175-190.
13. Leblond, M., C. Dussault, and J.P. Ouellet, *Avoidance of roads by large herbivores and its relation to disturbance intensity*. Journal of zoology, 2013. **289**(1): p. 32-40.
14. Narayanaraj, G. and M.C. Wimberly, *Influences of forest roads on the spatial pattern of wildfire boundaries*. International Journal of Wildland Fire, 2011. **20**(6): p. 792-803.
15. Myers, R., et al., *The collapse of cod in Eastern Canada: the evidence from tagging data*. ICES Journal of Marine Science, 1996. **53**(3): p. 629-640.
16. Li, Y., et al., *Local cooling and warming effects of forests based on satellite observations*. Nature communications, 2015. **6**(1): p. 6603.
17. Bonan, G.B., F.S. Chapin III, and S.L. Thompson, *Boreal forest and tundra ecosystems as components of the climate system*. Climatic change, 1995. **29**(2): p. 145-167.

18. Oh, B., et al., *Health and well-being benefits of spending time in forests: Systematic review*. Environmental health and preventive medicine, 2017. **22**: p. 1-11.
19. Drever, C.R., et al., *Natural climate solutions for Canada*. Science Advances, 2021. **7**(23): p. eabd6034.
20. Zhao, B., et al., *North American boreal forests are a large carbon source due to wildfires from 1986 to 2016*. Scientific reports, 2021. **11**(1): p. 7723.
21. Pukkala, T., *Carbon forestry is surprising*. Forest Ecosystems, 2018. **5**(1): p. 1-11.
22. Moreau, L., et al., *Under what circumstances can the forest sector contribute to 2050 climate change mitigation targets? A study from forest ecosystems to landfill methane emissions for the province of Quebec, Canada*. GCB Bioenergy, 2023. **15**(9): p. 1119-1139.
23. Boulanger, Y., S. Gauthier, and P.J. Burton, *A refinement of models projecting future Canadian fire regimes using homogeneous fire regime zones*. Canadian Journal of Forest Research, 2014. **44**(4): p. 365-376.
24. Luysaert, S., et al., *Old-growth forests as global carbon sinks*. Nature, 2008. **455**(7210): p. 213-215.
25. Bauhus, J., K. Baber, and J. Müller, *Dead wood in forest ecosystems*. Advances in Ecological Research, 2018. **15**: p. 9780199830060-0196.
26. Swain, D.L., et al., *Attributing extreme events to climate change: A new frontier in a warming world*. One Earth, 2020. **2**(6): p. 522-527.
27. Bhattarai, R., P. Rahimzadeh-Bajgiran, and A. Weiskittel, *Multi-Source Mapping of Forest Susceptibility to Spruce Budworm Defoliation Based on Stand Age and Composition across a Complex Landscape in Maine, USA*. Canadian Journal of Remote Sensing, 2022. **48**(6): p. 873-893.
28. Boulanger, Y., et al., *Multi-model projections of tree species performance in Quebec, Canada under future climate change*. Global Change Biology, 2022. **28**(5): p. 1884-1902.