

ORIGINE DES LANDES SOMMITALES DES MONTS UAPISHKA ET SEVERSON



Sarah Boilard et Guillaume de Lafontaine

*Chaire de recherche du Canada en biologie intégrative de la flore nordique
Université du Québec à Rimouski*

Avril 2025

INTRODUCTION

Les perturbations naturelles sont des processus écologiques intrinsèques aux forêts, qui agissent comme moteur de la dynamique de ces écosystèmes (Payette, 1992). En forêt boréale, les feux constituent la perturbation dominante qui module la structure et la composition des peuplements forestiers (Vaillancourt et *al.*, 2008).

Divers facteurs environnementaux, notamment climatiques, influent sur la variabilité spatiale et temporelle du régime de feu. Au Québec, le biome boréal comprend un gradient climatique latitudinal de températures et d'humidité, ainsi qu'un gradient longitudinal d'humidité, laquelle est plus importante à l'est sous l'influence du climat maritime (Couillard et *al.*, 2019). Ces différences climatiques se manifestent dans le régime des feux, qui sont favorisés par les conditions plus sèches au nord et à l'ouest de la forêt boréale (Payette, 1992). Le régime de feu varie également dans le temps selon les saisons et les années, mais aussi à des échelles beaucoup plus grandes puisqu'il a fluctué avec les conditions climatiques holocènes (Oris et *al.*, 2014).

Résultat de l'interaction entre de nombreux facteurs environnementaux dont le climat et le régime de perturbation, la répartition des domaines bioclimatiques et des espèces végétales varie dans le temps et dans l'espace. Au Québec, la forêt post-glaciaire s'est établie du sud vers le nord, après le retrait de l'inlandsis laurentidien (Richard et *al.*, 2020). La progression du couvert forestier aurait culminé sous l'effet de conditions climatiques favorables entre 8000 et 4000 ans AA, avant de régresser vers les domaines bioclimatiques actuels à partir de 3500 ans AA, du fait d'une interaction entre les feux et le refroidissement climatique Néoglaciale (Richard et *al.*, 2020).

La forêt boréale nord-américaine se divise en trois sous-zones, réparties selon un axe latitudinal : la forêt fermée au sud, suivie par la forêt ouverte et la toundra forestière au nord (Saucier et *al.*, 2010). La sous-zone de la forêt fermée regroupe les domaines bioclimatiques de la sapinière à bouleau blanc, principalement dans la partie méridionale, et de la pessière noire à mousse dans la partie septentrionale (Saucier et *al.*, 2009). La sous-zone de la forêt ouverte fait référence au domaine bioclimatique de la pessière noire à lichen, ou taïga, que l'on distingue de la pessière noire à mousse par la plus faible densité du couvert forestier, décroissant du sud vers le nord (Saucier et *al.*, 2009). La dynamique

de la pessière noire à lichen est associée à une activité importante des feux, qui engendre une diminution de la régénération après-feu causée par plusieurs perturbations en cascade, une perturbation pendant une période froide ou un lit de germination défavorable après un feu. Enfin, les landes arbustives entrecoupées de parcelles de forêt sont caractéristiques de la toundra forestière, qui constitue un écotone entre la pessière noire à lichen au sud et la toundra arctique au nord (Saucier et *al.*, 2009). La limite nordique de cette sous-zone correspond à la limite des arbres (Payette, 1992). Au sud de ce domaine, des landes lichéniques sur les sommets des collines prennent place dans une matrice forestière, tandis qu'au nord, un couvert dominant de lichens et d'arbustes est interrompu d'îlots de forêt (Payette et *al.*, 2001). Ces îlots sont localisés principalement au niveau de sites abrités comme les fonds de vallée et les dépressions (Saucier et *al.*, 2009) et pourraient être les reliques d'un couvert forestier plus étendu autrefois.

En effet, depuis environ 3500 ans AA, l'action combinée du refroidissement climatique et d'une fréquence accrue des feux aurait engendré une régression du couvert forestier dans l'écotone de la toundra forestière, c'est-à-dire que la proportion de parcelles forestières par rapport aux parcelles de milieux ouverts aurait diminué graduellement (Asselin et Payette, 2005). Malgré un renversement de la tendance au refroidissement sous l'effet des changements climatiques contemporains, cette déforestation s'est poursuivie graduellement vers le sud sous l'action répétée des feux au cours des dernières décennies (Girard et *al.*, 2008), attestant de l'instabilité de la forêt fermée à sa limite nordique, ce qui soulève des interrogations sur sa résilience dans un contexte de changements globaux.

Au cœur du domaine de la pessière noire à mousse, une végétation de landes sommitales similaire aux landes lichéniques de la toundra forestière caractérise les hauts sommets des monts Uapishka. L'origine de ces milieux ouverts typiques des latitudes plus élevées sur ce massif en forêt fermée demeure inconnue. Une première possibilité serait l'établissement postglaciaire d'une toundra d'exposition au sommet des monts Uapishka du fait des conditions climatiques froides et venteuses en haute altitude qui n'auraient pas été propices à l'établissement des arbres depuis la fonte du glacier, même pendant la période de l'optimum climatique de l'Holocène. Ce fut d'ailleurs peut-être le cas des sommets du Mont Jacques-Cartier en Gaspésie et des White Mountains au New Hampshire,

mais ces exemples de sommets dépourvus d'arbres depuis la déglaciation seraient des exceptions (Payette et Boudreau, 1984; Spear, 1989, de Lafontaine et Payette, 2010, 2011). Il est également possible que la limite altitudinale des arbres ait fluctué, notamment avec une avancée partielle lors de périodes climatiques plus favorables, bien qu'un couvert n'ait jamais atteint les sommets.

Une seconde possibilité serait l'ouverture graduelle du paysage par le régime de perturbations combiné à des conditions climatiques rigoureuses. Des feux en rafale auraient engendré des accidents de régénération, de manière analogue au processus de déforestation observé à la limite nordique de la répartition de la forêt fermée. Savard et Payette (2013) ont notamment étudié l'origine de la végétation de landes sommitales sur 16 hauts sommets alignés dans un axe latitudinal au sein de la zone boréale québécoise. Le feu s'est avéré être le principal facteur de l'ouverture de ces sommets, qui ont été déboisés au cours de l'Holocène. Un processus similaire pourrait être à l'origine des landes alpines au sommet des monts Uapishka.

Une approche paléoécologique permettrait de comprendre comment cette végétation de landes sommitales s'est mise en place dans le passé en reconstituant l'histoire des feux et en mettant en évidence le rôle de ces perturbations dans l'évolution du couvert végétal. Plus précisément, l'analyse macrofossile des charbons de bois du sol est une méthode qui se base sur la présence de pièces fossiles de charbon de bois ≥ 2 mm dans les sols minéraux pour reconstituer l'histoire des feux holocènes, ainsi que les changements dans la composition des peuplements forestiers au fil du temps (de Lafontaine et Payette, 2011, 2012). Le principal avantage de cette méthode est qu'elle fournit une preuve directe des feux *in situ*, puisque le transport des particules de charbon de bois sur de longues distances est limité (Conedera et al., 2009).

Ce projet de recherche a pour objectif principal de déterminer l'origine des landes sommitales des monts Uapishka en évaluant la présence de charbon de bois dans les sols. À des fins de comparaison, nous cherchons également à déterminer l'origine des landes sommitales des monts Severson, qui sont situés près de la ville de Fermont, à l'interface entre la forêt fermée et la forêt ouverte. Si les landes sommitales des monts Uapishka et Severson sont des toundras d'exposition d'origine strictement climatique et qu'il n'y a

jamais eu de couvert forestier, aucun charbon ne devrait être présent dans les sols sur les sommets. La présence de charbons au-delà de l'actuelle limite altitudinale des arbres dans les sols adjacents aux forêts actuelles sur les contreforts en périphérie du massif, mais sans aucune présence de charbon sur les hauts sommets au cœur du massifs, indiquerait que la limite des arbres aurait déjà été plus élevée au cours des derniers millénaires. Enfin, si les sommets ont été déboisés suivant les feux au cours de l'Holocène, des charbons devraient être trouvés dans tous les sols, sur l'ensemble du massif montagneux.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Aire d'étude

Les monts Uapishka se trouvent au cœur du domaine bioclimatique de la pessière noire à mousse, à l'est du réservoir Manicouagan (Figure 1). Le massif forme un vaste plateau aux versants prononcés, où plusieurs sommets de forme convexe excèdent les 1000 m d'altitude, le point culminant (mont Veyrier) s'élevant à 1104 m asl (Gouvernement du Québec, 2009). Le climat continental est de type subpolaire froid et subhumide, avec une saison de croissance courte (Gerardin et McKenney, 2001). La végétation des monts Uapishka suit un gradient altitudinal. De la base du massif jusqu'à c. 700 m asl, la forêt se compose principalement d'épinette noire (*Picea mariana*) et de sapin baumier (*Abies balsamea*), en association avec l'épinette blanche (*Picea glauca*), le bouleau à papier (*Betula papyrifera*) et le peuplier faux-tremble (*Populus tremuloides*). Au-delà de 700 m asl, le couvert commence à s'ouvrir et les feuillus disparaissent graduellement. La densité du couvert ainsi que la hauteur des arbres diminuent davantage vers 800 m asl, où l'on retrouve une végétation de taïga. La limite des arbres se situe aux alentours de 900 m asl, au-delà de laquelle s'installent les espèces arctiques-alpines (Gouvernement du Québec, 2009).

À plus de 140 km au nord-est des monts Uapishka, les monts Severson s'élèvent à l'interface des domaines bioclimatiques de la pessière noire à mousses et de la pessière noire à lichens, près de la ville de Fermont (Figure 1). La classification climatique est la même qu'aux monts Uapishka (Gerardin et McKenney, 2001). Le point culminant atteint près de 875 m d'altitude et une végétation de landes sommitales se développe à partir d'environ 750 m asl.

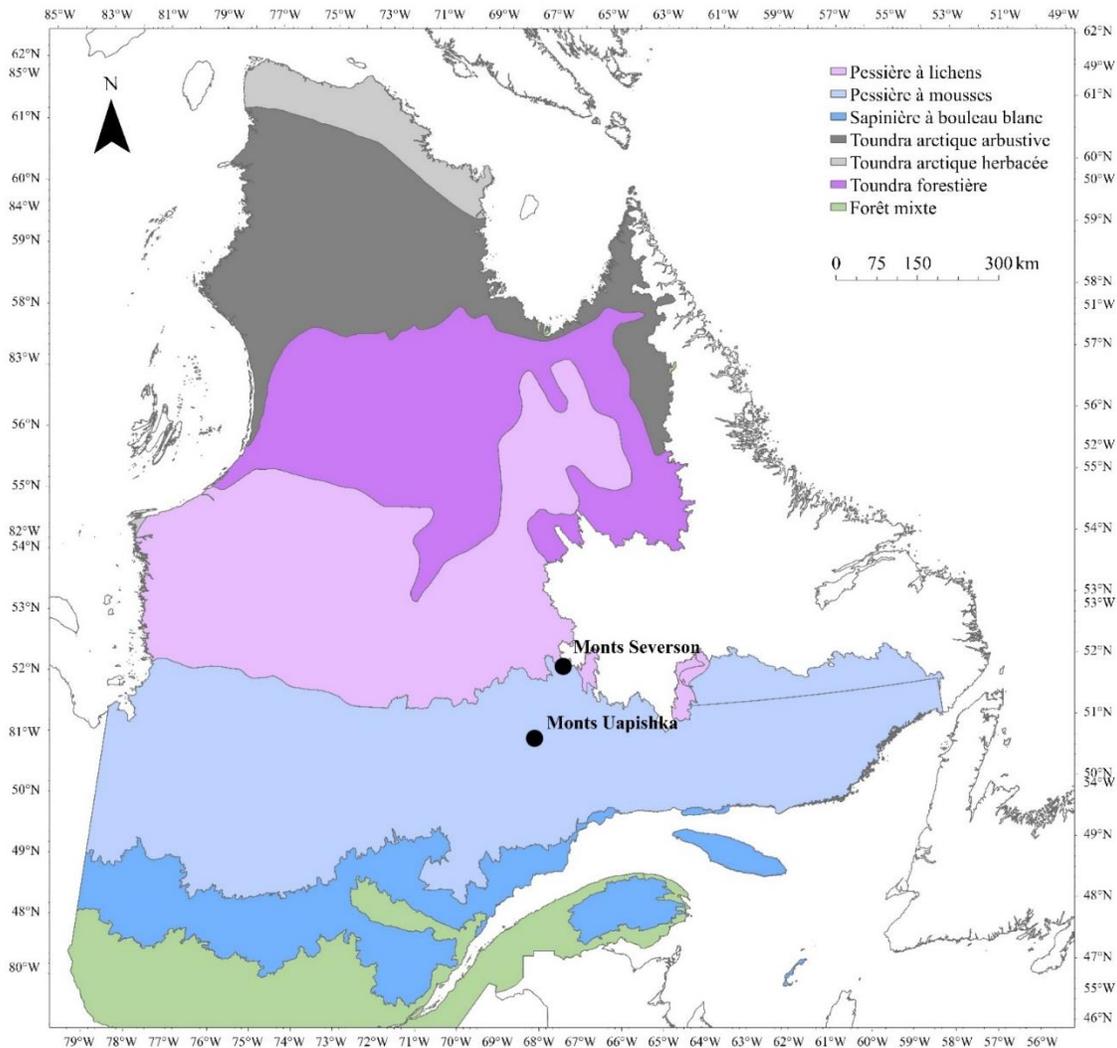


Figure 1. Localisation des monts Uapishka et Severson. La forêt boréale comprend les domaines bioclimatiques de la sapinière à bouleau blanc, la pessière à mousses, la pessière à lichens et la toundra forestière.

Collecte des données

Les microsites d'échantillonnage sont situés au-delà de la limite des arbres et ont été déterminés à partir d'une série de points aléatoires. À chaque microsite, un échantillon de 750 cm³ de sol minéral a été prélevé à l'aide d'une tarière racinaire (Eijkelkamp, Pays-Bas). Un total de 105 échantillons de sol ont été récoltés dans les monts Uapishka, sur les hauts sommets des monts Jauffret, Veyrier, Harfang, Oxyria et Lemming, à des altitudes entre 914 et 1097 m asl. Aux monts Severson, 24 échantillons de sol ont été prélevés à des altitudes comprises entre 763 et 874 m asl. Au laboratoire, les échantillons de sol ont été

immergés dans une solution d'hydroxyde de sodium 1% de 12 à 24 h afin de défloculer les agrégats, avant d'être nettoyés à l'eau courante dans une colonne de tamis de 4mm et 2mm. Les refus des tamis ont été conservés pour être triés manuellement sous une loupe binoculaire afin d'en extraire toutes les particules de charbon de bois.

RÉSULTATS

Sur les 105 échantillons provenant des monts Uapishka, seuls 9 échantillons comportaient des charbons de bois (8,6%), dans lesquels 135 particules ont été extraites (Figure 2). Le nombre de charbons moyen dans les échantillons des monts Uapiska est de 1,3 charbons/échantillon. Sur l'ensemble du secteur au centre du massif, incluant les monts Veyrier, Oxyria et Lemming, un seul charbon a été retrouvé à une altitude de 1006 m asl, ce qui représente l'altitude la plus élevée à laquelle un charbon a été trouvé dans l'ensemble de notre jeu de données. À la périphérie nord du massif, au mont Jauffret, les deux échantillons comportant des charbons proviennent de microsites situés sur le versant nord, au sein d'une parcelle dénudée et entourée de forêt à 914 m d'altitude. Un total de 58 charbons de bois a été trouvé dans ce secteur. Les six autres microsites qui comportaient des charbons de bois étaient situés au sommet du mont Harfang, à des altitudes entre 938 et 945 m asl à la périphérie est du massif. Un total de 76 charbons de bois ont été retrouvés dans ce secteur.

Sur les 24 échantillons des monts Severson, 17 comportaient des charbons (70,8%), totalisant 1020 charbons de bois (Figure 3). Le nombre de charbons moyen dans les échantillons des monts Severson est de 42,5 charbons/échantillon. Le microsite le plus élevé en altitude contenait 2 charbons et deux échantillons comportaient un nombre élevé de charbons, soit 471 et 294 charbons. Finalement, le nombre de charbon dans les sols décroît avec l'altitude dans les deux massifs (Figure 4).

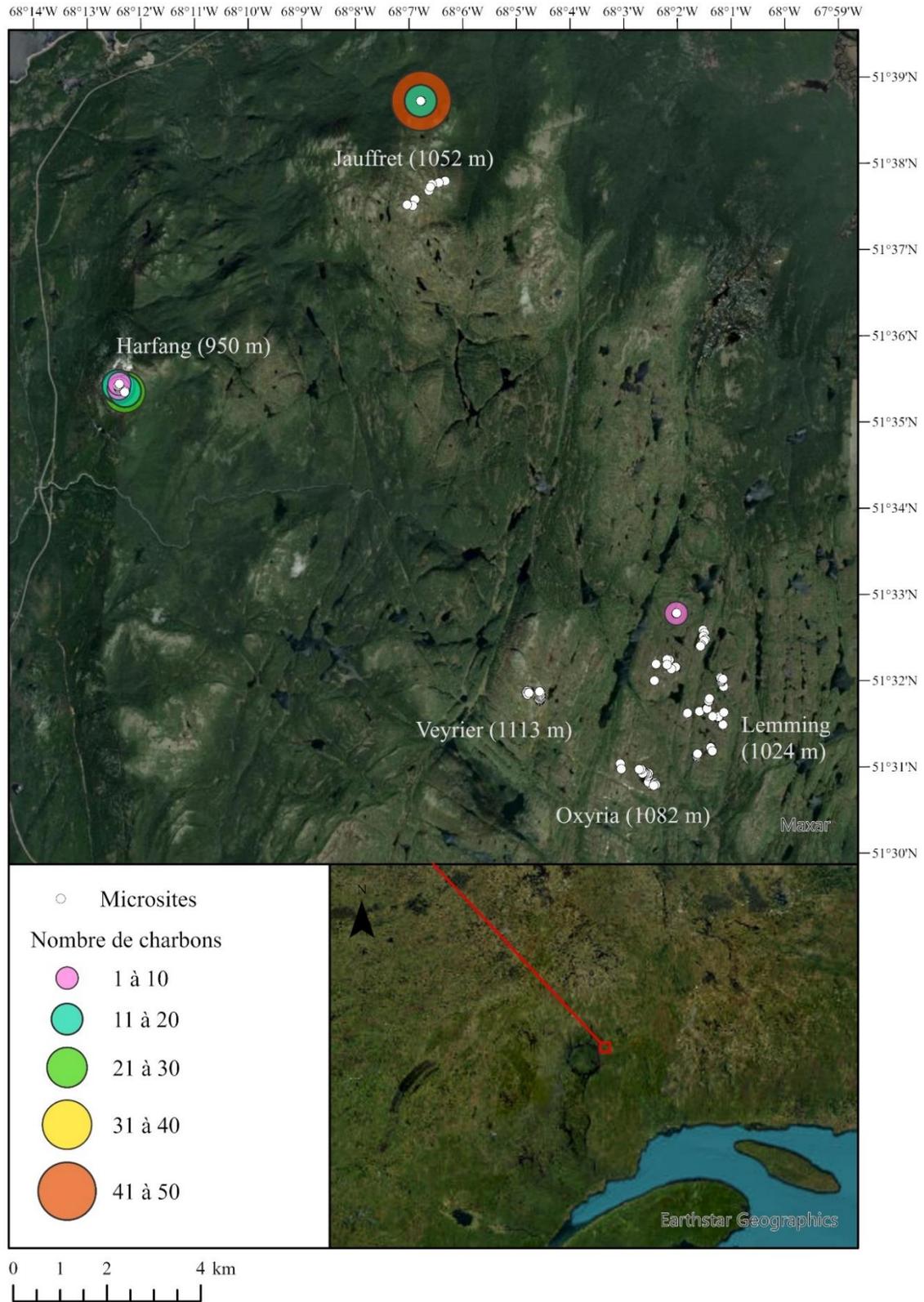


Figure 2. Localisation des microsites et répartition des charbons de bois aux monts Uapishka.

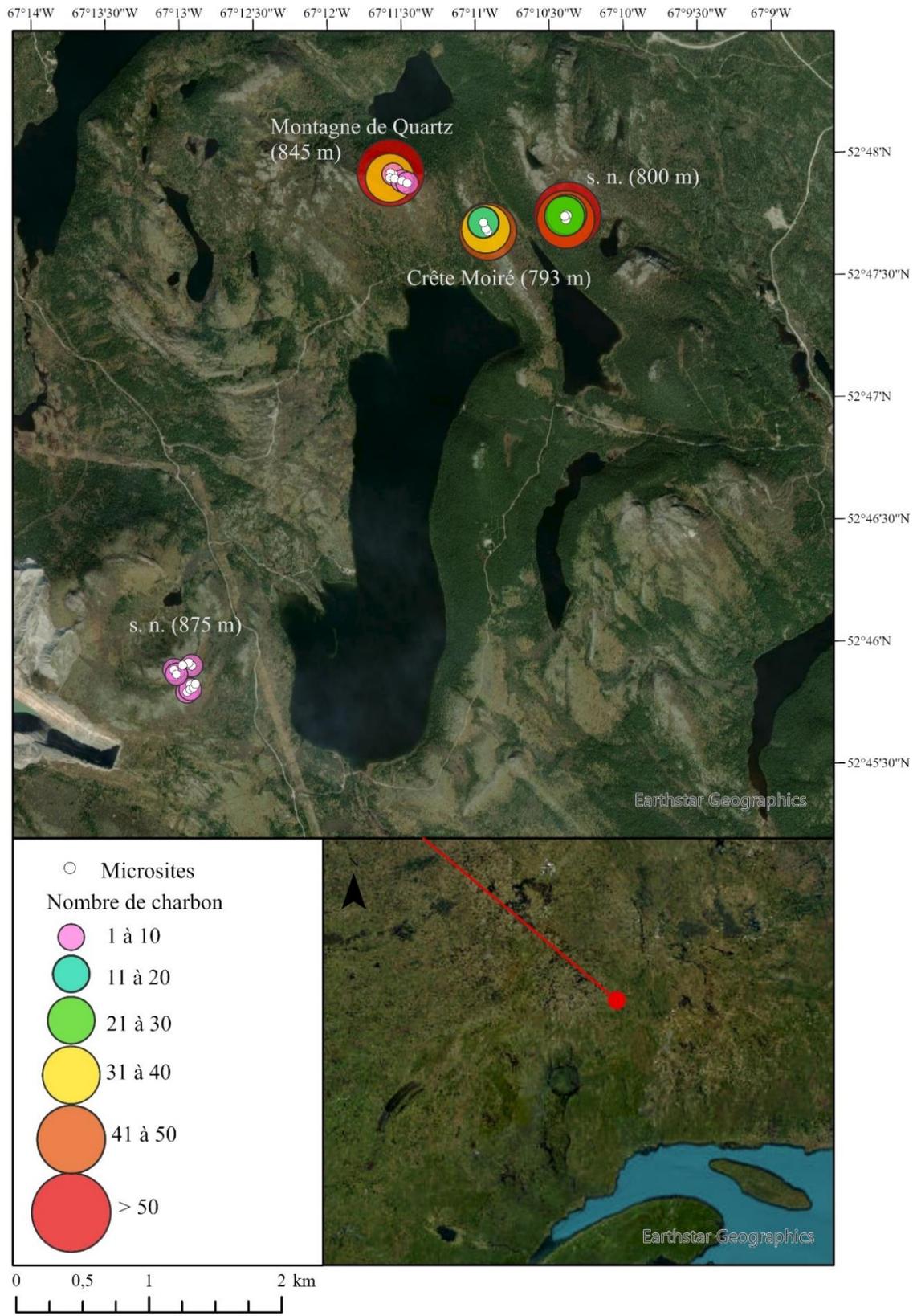


Figure 3. Localisation des microsites et répartition des charbons de bois aux monts Sevrison.

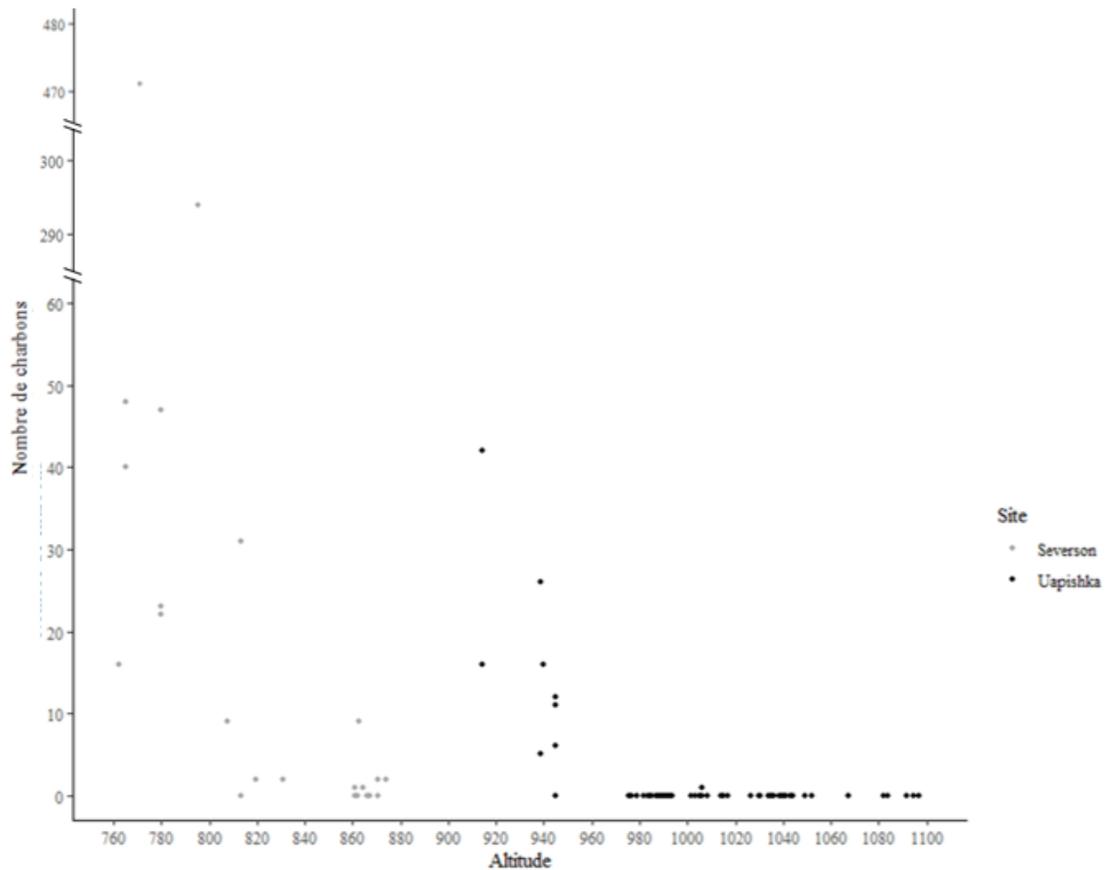


Figure 4. Nombre de charbons dans les échantillons selon l'altitude des microsites.

DISCUSSION

La présence de charbons de bois dans les sols à 945 m d'altitude au mont Harfang indique que la forêt a déjà atteint ce sommet. Ce n'est pas le cas des monts Jauffret, Veyrier, Oxyria et Lemming, où un seul charbon a été trouvé sur les sommets qui culminent à plus de 1000 m d'altitude. Aucun couvert forestier ne se serait vraisemblablement établi au niveau de ces quatre hauts sommets depuis la déglaciation et les landes sommitales seraient d'origine climatique. Parce qu'il y a déjà eu un couvert forestier au sommet du mont Harfang et sur le versant nord du mont Jauffret, mais que la forêt ne s'est jamais établie au niveau des sommets plus élevés, les résultats obtenus pour les monts Uapishka suggèrent qu'il y a eu une régression du couvert forestier du haut vers le bas et concordent avec la seconde hypothèse selon laquelle la limite altitudinale des arbres aurait historiquement été plus élevée lors de périodes climatiques plus favorables.

La distribution des microsites aux monts Jauffret, Veyrier, Oxyria et Lemming ne permet pas de détecter la fluctuation de la limite altitudinale des arbres, puisque la distribution des microsites est concentrée sur les sommets. En effet, il y a une discontinuité altitudinale entre 945 m et 975 m asl dans l'emplacement des microsites aux monts Uapishka. De ce fait, nous pouvons supposer que la limite des arbres aurait atteint au moins 945 m asl, qui correspond à l'altitude maximale des microsites au mont Harfang, mais n'aurait pas dépassé 975 m asl, à l'exception de quelques arbres ou krummholz éparses, puisqu'un charbon a été trouvé à 1006 m asl. La limite des arbres aurait été de 45 à 75 m plus élevée en altitude que la limite actuelle, qui cerne les sommets vers 900 m asl (Gouvernement du Québec, 2009). Cela signifie que l'étagement altitudinal de la végétation devait être décalé par rapport à aujourd'hui: on peut spéculer que les feuillus disparaissaient vers 745-775 m asl, la taïga débutait autour de 845-875 m asl et enfin, les espèces arctiques-alpines s'installaient à partir de 945-975 m asl. Un échantillonnage plus fin entre 945 et 975 m d'altitude sur les versants des hauts sommets des monts Uapishka permettrait de connaître plus précisément la limite altitudinale maximale que les arbres ont atteint au cours de l'Holocène.

Aux monts Severson, le nombre élevé de charbons trouvés dans les sols témoignent d'une activité plus importante des feux par rapport aux monts Uapishka. Les résultats obtenus pour les monts Severson concordent avec la troisième hypothèse selon laquelle des forêts se seraient déjà établies jusque sur les sommets, puisque des charbons ont été trouvés sur l'ensemble du massif montagneux. L'ouverture graduelle du paysage par les feux combinés à des conditions climatiques rigoureuses sont à l'origine des landes sommitales aux monts Severson. Toutefois, le couvert forestier n'a probablement jamais été très dense au niveau du sommet du mont le plus élevé (875 m asl), puisque relativement peu de charbons y ont été trouvés par rapport aux autres sommets de plus basses altitudes. La déforestation aurait agi sur environ 125 m d'altitude, jusqu'à atteindre la limite actuelle des arbres à environ 750 m asl.

Dans l'ensemble, les résultats indiquent que le nombre de particules de charbon de bois dans les sols décroît avec l'altitude sur les deux massifs. Le processus de déforestation a probablement débuté à partir des sommets exposés, où les conditions climatiques sont

plus froides et venteuses, en progressant graduellement sur les versants jusqu'à atteindre la limite actuelle des arbres. Il est possible que les charbons trouvés en plus petit nombre sur les sommets soient plus anciens, tandis que les charbons trouvés en plus grand nombre dans les sols des contreforts adjacents les forêts actuelles soient plus récents. Le processus de déforestation semble avoir agi de manière analogue sur les deux massifs montagneux, mais est survenu à des altitudes différentes du fait de la latitude des massifs. Les sommets des monts Severson, plus nordiques, ont été déboisés sur 50 à 80 m d'altitude de plus qu'aux monts Uapishka.

En l'absence de datation au radiocarbone des charbons de bois, la période où la déforestation a eu lieu demeure inconnue. Toutefois, des charbons trouvés sur 16 sommets en zone boréale datent principalement de deux périodes de l'Holocène tardif, soit 1600-1150 ans AA et 500-100 ans AA (Savard et Payette, 2013). Il est possible que la déforestation aux monts Uaspishka et Severson se soit produite lors de ces périodes du Néoglaciale, alors que le refroidissement climatique s'accompagnait d'une augmentation des précipitations et des orages qui ont favorisé la foudre et les feux de forêt (Richard et *al.*, 2020).

CONCLUSION

Un couvert forestier ne s'est jamais établi sur les hauts sommets de plus de 1000 m asl des monts Uapishka depuis la déglaciation, et les toundras d'exposition sont d'origine climatique du fait des conditions froides et venteuses en haute altitude. C'est probablement à partir de 3500 ans AA, avec le début de la période de refroidissement climatique, qu'une interaction entre la dégradation du climat et l'activité des feux aura causé l'abaissement de la limite des arbres sur une amplitude de 45 à 75 m d'altitude. L'altitude plus basse des monts Severson a permis l'établissement d'un couvert forestier jusqu'aux sommets au cours de l'Holocène, probablement lors de la période de l'optimum climatique. Un processus de déforestation analogue aux versants des monts Uapishka s'est produit à partir des sommets sur une amplitude de 125 m d'altitude, pour atteindre la limite des arbres actuelle à environ 750 m asl.

Un échantillonnage plus fin des sols des versants des monts Uapishka, ainsi que la datation au radiocarbone des charbons de bois récoltés sur l'ensemble des deux massifs devraient faire l'objet de recherches futures afin de déterminer plus précisément l'altitude maximale atteinte par la forêt et d'évaluer la ou les périodes principales lors desquelles la déforestation a eu lieu.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Asselin, H., et Payette, S. (2005). Late Holocene opening of the forest tundra landscape in northern Québec, Canada. *Global Ecology and Biogeography*, 14, 307-313.
- Conedera, M., Tinner, W., Neff, C., Meurer, M., Dickens, A. F. et Krebs, P. (2009). Reconstructing past fire regimes: methods, applications, and relevance to fire management and conservation. *Quaternary Science Reviews*, 289(5-6), 555-576.
- Couillard, P.-L., Payette, S., Lavoie, M. et Laflamme, J. (2019). La forêt boréale du Québec : influence du gradient longitudinal. *Le Naturaliste canadien*, 143(2), 18-32.
- de Lafontaine, G. et Payette, S. (2010). The Origin and Dynamics of Subalpine White Spruce and Balsam Fir Stands in Boreal Eastern North America. *Ecosystems*, 13(6), 932-947.
- de Lafontaine, G. et Payette, S. (2011). Shifting zonal patterns of the southern boreal forest in eastern Canada associated with changing fire regime during the Holocene. *Quaternary Science Reviews*, 30(7-8), 867-875.
- de Lafontaine, G. et Payette, S. (2012). Long-term fire and forest history of subalpine balsam fir (*Abies balsamea*) and white spruce (*Picea glauca*) stands in eastern Canada inferred from soil charcoal analysis. *The Holocene*, 22(2).
- Gauthier, S., Leduc, A., Harvey, B. D., Bergeron, Y. et Drapeau, P. (2001). Les perturbations naturelles et la diversité écosystémique. *Le Naturaliste canadien*, 125, 10-17.

- Girard, F., Payette, S., et Gagnon, R. (2008). Rapid expansion of lichen wood lands within the closed-crown boreal forest zone over the last 50 years caused by stand disturbances in eastern Canada. *Journal of Biogeography*, 35, 529-537.
- Gerardin, V. et McKenney, D. (2001). *Une classification climatique du Québec à partir de modèles de distribution spatiale de données climatiques mensuelles : vers une définition des bioclimats du Québec*. Direction du patrimoine écologique et du développement durable, ministère de l'Environnement, Québec.
- Gouvernement du Québec. 2009. *Plan de conservation, réserve de biodiversité Uapishka*. Québec, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du patrimoine écologique et des parcs.
- Oris, F., Asselin, H., Finsinger, W., Hély, C., Blarquez, O., Ferland, M.-E., Bergeron, Y. et Ali, A. A. (2014). Long-term fire history in northern Quebec: implications for the northern limit of commercial forests. *Journal of Applied Ecology*, 51(3), 675–683.
- Payette, S. (1992). Fire as a controlling process in the North American boreal forest. Dans H. H. Shugart, R. Leemans et G. B. Bonan (édit.). *A systems analysis of the global boreal forest* (p. 144-165). Cambridge University Press.
- Payette, S. et Boudreau, F. (1984). Évolution post-glaciaire des hauts sommets alpins et subalpins de la Gaspésie. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 21: 319–335.
- Payette, S., Fortin, M. J. et Gamache, I. (2001). The subarctic forest-tundra: the structure of a biome in a changing climate. *BioScience*, 51, 709 -718.
- Payette, S. et Morneau, C. (1993) Holocene relict woodlands at the eastern Canadian tree line. *Quaternary Research*, 39, 84-89.
- Richard, P. J. H., Fréchette, B., Grondin, P. et Lavoie, M. (2020). Histoire postglaciaire de la végétation de la forêt boréale du Québec et du Labrador. *Le Naturaliste canadien*, 144 (1), 63-76.
- Saucier, J.-P., Grondin, P., Robitaille, A., Gosselin, J., Morneau, C., Richard, P. J. H., Brisson, J., Sirois, L., Leduc, A., Morin, H., Thiffault, É., Gauthier, S., Lavoie, C. et

Payette, S. (2009). Écologie forestière. Dans *Ordre des ingénieurs forestiers du Québec* (édit.). *Manuel de foresterie*, (2^e éd., p. 165-316). Éditions MultiMondes.

Saucier, J.-P., Gosselin, J., Morneau, C., et Grondin, P. (2010). Utilisation de la classification de la végétation dans l'aménagement forestier au Québec. *Revue Forestière Française*, 62(3-4), 428-438.

Savard, J. et Payette, S. (2013). Origin and plant species diversity of high-altitude tundra summits across the boreal forest zone in eastern Canada. *Écoscience*, 20(3), 283-295.

Spear, R. W. (1989). Late-Quaternary history of high-elevation vegetation in the White Mountains of New Hampshire. *Ecological Monographs*, 64: 85–109.

Vaillancourt, M.-A., De Grandpré, L., Gauthier, S., Leduc, A., Kneeshaw, D., Claveau, Y., Bergeron, Y., et Fyles, J. (2008). Comment les perturbations naturelles peuvent-elles constituer un guide pour l'aménagement forestier écosystémique? Dans M.-A. Vaillancourt, L. De Grandpré, S. Gauthier, A. Leduc, Y. Bergeron, D. Kneeshaw, H. Morin, et P. Drapeau (Dir.). *Aménagement écosystémique en forêt boréale* (1^{ère} éd., p. 41-60). Presses de l'Université du Québec.