



CAHIER DES CONFÉRENCES

3^e rencontre annuelle du Laboratoire International de Recherche sur les Forêts Froides

03 au 05 octobre 2023

Station SEPAQ Duchesnay

140 Mnt de l'Auberge, Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier, Québec, Canada



Programme complet

03 octobre

9h00 - 9h15 Mot d'accueil Labo. Forêts Froides (A. Ali & Y. Bergeron)

9h20 - 10h Conférencier invité (R. Cheddadi)

10h30 - 12h & 13h30 - 15h Conférences

12h45 – 13h15 Présentation des affiches en 2mn

Dynamiques de végétation et réponses des écosystèmes aux perturbations naturelles et anthropiques

16h00 - 17h30 Comité scientifique (Réservé aux membres y siégeant)
Sortie terrain sur les sentiers de Duchesnay

04 octobre

8h30 – 10h00 Comité de gouvernance (Réservé membres y siégeant)
Sortie terrain sur les sentiers de Duchesnay

10h30 - 12h & 13h30 - 15h Conférences thématiques

Capacité des forêts boréales et de montagne à se maintenir dans leur variabilité naturelle face aux changements globaux

15h30 - 17h00 Conférences thématiques

Dynamique des Érablières nordiques (organisé par le MRNF)

17h30 Remerciements des directeurs du Laboratoire
Remise de Prix de présentation
Coquetel

05 octobre

8h30–13h Sortie Érablières Nordiques organisée par le MRNF

Programme Détaillé

03 octobre

Lien de Visioconférence

<https://cnrs.zoom.us/j/96091388672?pwd=UTFkZHJna01zdm04SDVxRm5QSjZXUT09>

Dynamiques de végétation et réponses des écosystèmes aux perturbations naturelles et anthropiques

10h30-10h50	Jonathan Lesven
10h50-11h10	Marianne Vogel
11h10-11h30	Manon Carboni
11h30-11h50	Victor Danneyrolles

12h45-13h15 – Présentations des affiches en 2mn par :

Julie-Pascale Labrecque Foy	Lukas Van Riel
Alexandre F. Nolin	Theophile K. Waselu
Marion Blache	Dorian M. Gaboriau
Emilie Labourdette	Sepideh Namvar
Amélie Juckler	Caroline Malatrait
Lindy Paquet	Amélie Bergeron

13h30-13h50	Marion Lacand
13h50-14h10	Félix Géry
14h10-14h30	Milva Druguet-Dayras
14h30-14h50	Maxence Soubeyrand

Programme Détaillé

04 octobre

Capacité des forêts boréales et de montagne à se maintenir dans leur variabilité naturelle face aux changements globaux

Lien de Visioconférence

<https://cnrs.zoom.us/j/99669617213?pwd=WnBnMFV5RmpaZGcxbW4vZDFDbnNxZz09>

10h30-11h00	Solange Nadeau
11h00-11h20	Maxime Thomas
11h20-11h40	Guillaume Proulx
11h40-12h00	Pierre Grondin & Martin Lavoie
13h30-13h50	Marie-Hélène Brice
13h50-14h10	Kloé Chagnon-Taillon
14h10-14h30	Maxence Martin

Dynamique des Érablières nordiques

Lien de Visioconférence

<https://cnrs.zoom.us/j/97828751677?pwd=ZUdaSDEwU28wQnFxaTIPUktJN0VJdz09>

Mot de Bienvenue	Yves Bergeron
15h30-15h45	Todor Minchev
15h45-16h00	David Voyer
16h00-16h15	Emmanuel Boakye
16h15-16h30	Ahmed Koubaa
16h30-16h45	Tojo Njatoarimanga
16h45-17h00	Ana Verhulst Casanova
Mot de clôture	Alexis Achim

03 octobre

Conférences

Dynamiques de végétation et réponses
des écosystèmes aux perturbations
naturelles et anthropiques



Conférencier invité

Les forêts de cèdre au Maroc : diversité et conservation

Rachid Cheddadi¹ (rachid.cheddadi@umontpellier.fr), Pierre Taberlet², David Kaniewski³, Nick Marriner⁴, Matthew D. Hurteau⁵

¹ Institut des Sciences de l'Évolution de Montpellier, Université Montpellier, France

² Laboratoire d'Écologie Alpine (LECA), Université Grenoble Alpes - Université Savoie Mont Blanc - CNRS, France

³ Travaux et Recherches Archéologiques sur les Cultures les Espaces et les Sociétés (TRACES), Université Toulouse Jean Jaurès, France

⁴ Théoriser et Modéliser pour Aménager (Théma), Université de Franche-Comté, France

⁵ Department of Biology, University of New Mexico, USA

La richesse spécifique dans les régions montagneuses suit généralement une distribution unimodale avec des valeurs plus faibles à la fois à basse et à haute altitude. Dans les montagnes du nord-ouest de l'Afrique elle est actuellement la plus grande entre 800-1200m d'altitude, mais cette ceinture de diversité se déplace dans le temps en fonction des changements climatiques. Au cours du début de l'Holocène elle s'étendait au moins jusqu'à 1600m, soit 400m de plus que la limite supérieure actuelle. Au cours des 4500 dernières années, les montagnes marocaines ont connu une baisse constante des précipitations annuelles d'environ 20 %, ce qui a entraîné une perte d'environ 18 % de leur richesse spécifique. Les projections climatiques suggèrent que les précipitations annuelles dans le nord-ouest de l'Afrique diminueront de 20 à 30 % au cours des 30 à 50 prochaines années, ce qui pourrait être comparé aux 4500 dernières années. Cette baisse des précipitations pourrait entraîner une perte d'environ 15 % de la richesse des espèces en quelques décennies seulement. Les cédraies, entre 1400 et 2200m d'altitude, pourraient ressembler à une steppe. La conservation de ces forêts et de leur diversité est nécessaire et la création de zones protégées est une mesure de gestion prioritaire. Nous avons développé un indice de conservation (IC) pour classer par ordre de priorité les zones et les populations de cèdre car la conservation de toutes les populations pourrait ne pas être réaliste même si l'espèce dans toute son aire d'origine est déjà menacée d'extinction. Cet IC intègre (1) la topographie des montagnes pour identifier les zones refuges potentielles avec des microclimats appropriés, (2) la diversité génétique pour évaluer la capacité d'adaptation des populations locales, et (3) les changements climatiques hypothétiques dans l'aire de répartition de l'espèce. Cet indice a fourni une échelle pour 33 populations étudiées et suggère que les populations génétiquement diversifiées situées dans des zones accidentées où le climat local futur peut se superposer à leur niche climatique actuelle devraient recevoir une plus grande priorité de conservation.

Mots clés : Richesse spécifique, Cédraies, Sécheresse, Forêts de montagne, Changements climatiques

Une variabilité climatique néoglaciale complexe au Québec-Labrador reconstruite à partir des assemblages de chironomes fossiles

Jonathan Lesven^{1,2} (JonathanAntoine.Lesven@uqat.ca), Justine Frison¹, Augustin Feussom Tcheumeleu^{1,3}, Thomas Suranyi^{1,3}, Laurent Millet¹, Marie-Andrée Fallu⁴, Milva Druguet Dayras^{1,5}, François Gillet¹, André Arsenault⁶, Damien Rius¹, Yves Bergeron^{2,7}

¹ Laboratoire Chrono-Environnement, Université de Franche-Comté, France.

² Institut de Recherche sur les Forêts, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, Canada.

³ Laboratoire de Paléoécologie, Département de Géographie, Université de Montréal, Canada

⁴ Groupe de Recherche Interuniversitaire en Limnologie (GRIL), Département des sciences biologiques, Université de Montréal, Canada

⁵ Groupe de recherche en Écologie de la MRC-Abitibi, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, Canada

⁶ Natural Resources Canada, Canadian Forest Service - Atlantic Forestry Centre, Canada.

⁷ Département des sciences biologiques, Université du Québec à Montréal, Canada.

D'ici la fin du siècle, les températures projetées pourraient s'accroître de 1,8 à 4,3°C à l'échelle globale, et de 4 à 11°C dans les écosystèmes boréaux. Ces changements climatiques auront des implications majeures pour la séquestration du carbone, les services écosystémiques fondamentaux, ainsi que pour l'économie et la sécurité humaines. Dans ce contexte, les approches paléoécologiques permettent de documenter les trajectoires à long terme du climat et des écosystèmes, et d'évaluer leur vulnérabilité aux changements climatiques. Plus précisément, les derniers millénaires ont été marqués par des variations de température, dont certaines ont pu approcher celles modélisées pour l'horizon 2100. Leur étude pourrait donc permettre de mieux comprendre les effets d'un réchauffement global sur les écosystèmes boréaux. Dans cette étude, nous utilisons les assemblages de chironomes (insectes, diptères) fossiles retrouvés dans six nouvelles carottes sédimentaires lacustres prélevées à l'est du Québec et au Labrador, afin de reconstruire les températures estivales de l'air au cours des cinq derniers millénaires. Nous comparons ces reconstructions à d'autres séquences précédemment publiées, et discutons la variabilité spatiale et temporelle des températures reconstituées pour le Québec-Labrador au cours des derniers 5000 ans. A l'échelle millénaire, notre étude révèle l'existence d'un fort contraste est-ouest dans les températures d'été. Les maximums de températures reconstitués pour cette période démontrent que le centre du Québec s'est réchauffé plus précocement (avant 5000 ans avant aujourd'hui) que la côte du Labrador (~4500 ans), avant de montrer une diminution des températures commune induite par la diminution de l'insolation estivale. Ce gradient est-ouest indique probablement l'influence du courant océanique du Labrador dans le refroidissement des masses d'air sur la côte Atlantique du Canada en été. Cette configuration atmosphérique implique également une synergie avec des courants jet au nord de la côte Atlantique, favorisant des arrivées d'air océanique plus humides et plus fraîches, bien que des études supplémentaires soient nécessaires pour le confirmer. Nos résultats montrent également l'existence d'une forte variabilité climatique séculaire entre le centre du Québec et la côte du Labrador, révélant l'existence de forçages climatiques différents entre ces deux régions.

Mots clés : Climat, Holocène, Températures estivales, Chironomes, Québec-Labrador

Facilitation de la migration postglaciaire végétale par les avant-postes insulaires d'un lac proglaciaire en Amérique du Nord-Est

Marianne F. S. Vogel^{1,2} (marianne.vogel@ugat.ca), Adam A. Ali², Sébastien Joannin², Yves Bergeron^{1,3}, Hugo Asselin⁴

¹ Institut de Recherche sur les Forêts, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, Canada

² Institut des Sciences de l'Évolution de Montpellier, Université Montpellier, France

³ Département des sciences biologiques, Université du Québec à Montréal, Canada

⁴ École d'études autochtones, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, Canada

Au début de l'Holocène, la colonisation postglaciaire en Amérique du Nord qui a suivi le retrait des glaciers et des lacs proglaciaires a été plus rapide que celle attendue. Les taux de migration des arbres mesurés sont plus élevés que ceux estimés à partir de leurs capacités de dispersion actuelles. Dans l'est du Canada, les anciennes îles du grand lac proglaciaire Ojibway (paléo-îles) ont été colonisées par la végétation avant son drainage et ont pu agir comme avant-postes de migration, ce qui pourrait expliquer la différence entre les taux de migration postglaciaire estimés et observés. Afin de confirmer le rôle d'avant-postes des paléo-îles, nous avons estimé la date d'arrivée des principaux taxons de la forêt boréale mixte actuelle dans des sites de plaines et sur les paléo-îles en Abitibi à partir des augmentations du pourcentage de pollen ou de l'apparition de macro-restes dans les sédiments lacustres. Nous avons ensuite comparé des scénarios de migration dans lesquels (1) la colonisation s'est faite progressivement du sud vers le nord à partir de la marge méridionale du lac proglaciaire Ojibway seulement et (2) dans lesquels les paléo-îles du lac Ojibway ont d'abord été colonisées par dispersion à longue distance, devenant ainsi des sources de graines disponibles pour coloniser les sites des basses terres après le drainage final du lac Ojibway. Il apparaît que les taux de migration estimés sans tenir compte des paléo-îles sont trop lents pour expliquer le boisement rapide observé. Seuls les taux de migration estimés à partir des scénarios avec paléo-îles sont comparables à la capacité de dispersion moyenne actuelle des taxons de la forêt boréale mixte. Ainsi, les paléo-îles ont agi comme des avant-postes de colonisation et ont servi de relais lors de la migration postglaciaire, ce qui explique pourquoi les plaines de l'Abitibi ont été rapidement colonisées.

Mots clés : Afforestation; Avant-postes de migration; Colonisation postglaciaire; Dispersion sur de longues distances; Lac proglaciaire; Théorie de la biogéographie insulaire.

Dynamique de la végétation de sous-bois en forêt boréale mixte, à l'ouest du Québec

Manon Carboni^{1,2,3}, (manon.carboni@uqat.ca), Yves Bergeron^{1,3}, Nicole Fenton^{1,2,3}

¹ Institut de recherche sur les forêts, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, Canada

² Laboratoire de bryologie, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, Canada

³ Centre d'étude de la forêt, Université du Québec à Montréal, Canada

Les plantes vasculaires et les bryophytes de sous-bois participent à la diversité de la forêt boréale mixte au Canada. Leur dynamique est influencée par des facteurs tels que les perturbations naturelles (feux, épidémies d'insectes, chablis...), ou la succession des espèces composant la canopée forestière (chrono-séquence). Mais cette végétation joue également un rôle important dans le cycle des nutriments et participe indirectement à influencer la succession des peuplements forestiers. L'objectif de cette étude est de comprendre comment la végétation de sous-bois et la diversité des bryophytes évoluent à la suite de perturbations naturelles successives. Dans une chrono-séquence établie sur 260 ans au lac Duparquet, nord-ouest du Québec, un suivi de la végétation de sous-bois a été mené sur 30 années et complété par un inventaire des bryophytes dans les micro-habitats et les milieux terricoles. Les résultats démontrent que la composition végétale durant cette période est plus influencée par l'épidémie de la tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana*, Clem.) que par le temps depuis le dernier feu. Les résultats renforcent aussi l'idée que les changements dans la composition du sous-bois sont associés aux changements de luminosité et de litière que produit le couvert arboré présent. La diversité des bryophytes est par ailleurs davantage influencée par la diversité de micro-habitats disponibles que par les environnements terricoles. Plus sensible que le couvert arboré, la végétation de sous-bois est donc un très bon indicateur de la sévérité des perturbations secondaires telles que les épidémies d'insectes dans les peuplements forestiers. Cette étude appuie l'importance de continuer à étudier les relations complexes qui lient la végétation de sous-bois et les bryophytes à la couverture arborée et à l'historique des perturbations naturelles, pour informer les prises de décisions dans la gestion durable et écosystémique des peuplements forestiers.

Mots clés : Plantes de sous-bois, Bryophytes, Feux, Épidémies d'insectes, Dynamique forestière

Changements dans les taux de brûlage des forêts boréales Nord-Américaines de 1700 à aujourd'hui

Victor Danneyrolles^{1,2} (victor.danneylrolles@ugac.ca), Raphaël Chavardès^{1,3}, Martin Girardin³, Dorian Gaboriau¹, Sylvie Gauthier³ & Yves Bergeron¹

¹ Institut de Recherche sur les Forêts, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, Canada

² Laboratoire EcoTer, Université du Québec à Chicoutimi, Canada

³ Centre de Foresterie des Laurentides, Service Canadien des Forêts, Ressources Naturelles Canada, Canada

Au cours du printemps et de l'été 2023, les feux de forêt ont touché près de 15 millions d'hectares dans les forêts boréales Nord-Américaines. Il s'agit du double du précédent record enregistré depuis la mise en place des systèmes de suivi exhaustif des feux, qui a débuté dans les années 1960. Cependant, les connaissances de la dynamique des feux historiques sur un temps plus long (par ex. : derniers siècles), et sur une étendue qui couvre l'ensemble des forêts boréales Nord-Américaines restent limitées. Bien qu'un certain nombre de reconstitutions historiques des changements dans les régimes de feux existent dans cette région du globe, elles restent parcellaires et une synthèse de cette information n'avait auparavant encore jamais été faite. Nous présentons ici une méta-analyse de 16 reconstitutions historiques de feux à partir de données dendrochronologiques, et dispersées sur l'ensemble des forêts boréales nord-américaines (du Québec jusqu'à l'Alaska). De manière générale, nos résultats montrent que les taux de brûlage étaient plus importants au cours de la période 1700–1940, et ont observé une importante diminution au cours de la deuxième moitié du XX^e siècle. Nous défendons l'idée que ces changements sont principalement liés à la fin du Petit Âge Glaciaire (~1300–1850), une période climatique froide, mais également sèche, donc propice aux feux. Cependant, ces diminutions dans les taux de brûlage ont aussi pu être influencées par différents facteurs anthropiques, notamment les usages des sols par les peuples autochtones, la colonisation européenne, l'industrie forestière et les moyens de suppression des feux. Les superficies brûlées sont ensuite restées relativement faibles jusqu'à la fin du XX^e siècle, après quoi on observe une augmentation des superficies brûlées sur certains territoires, vraisemblablement liée aux changements climatiques modernes. Nous discuterons finalement des implications de ces résultats pour la compréhension de la dynamique des feux futurs et de la gestion des forêts.

Mots clés : Dynamique des feux, Dendrochronologie, Changements climatiques, Changements d'usage des sols.

Les feux peuvent-ils induire des épisodes d'érosion dans les bassins versants du nord de la Finlande ?

Marion Lacand¹ (marion.lacand@ugat.ca), Hugo Asselin², Tuomas Aakala³, Damien Rius⁴, Marianne Vogel^{1,5}, Laure Paradis⁵, Adam A. Ali⁵

¹ Institut de Recherche sur les Forêts, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, Canada

² École d'études autochtones, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, Canada

³ School of Forest Sciences, University of Eastern Finland, Finland

⁴ Laboratoire Chrono-Environnement, Université de Franche-Comté, France

⁵ Institut des Sciences de l'Évolution de Montpellier, Université Montpellier, France

Le changement climatique devrait augmenter la fréquence et la sévérité des feux dans les forêts boréales et soulève des inquiétudes quant au fonctionnement des écosystèmes, notamment en termes de bilan carbone, car de grandes quantités de carbone sont stockées dans les couches organiques des sols des forêts boréales. Dans cette étude, nous avons étudié la correspondance entre les événements de feu et d'érosion des sols dans le nord de la Finlande au cours de l'Holocène (derniers 11 000 ans). Nous avons analysé des particules de charbon de bois pour reconstituer l'historique des incendies des bassins versants de deux lacs boréaux. Ensuite, à l'aide d'une analyse de susceptibilité magnétique, nous avons identifié les incendies de haute sévérité comme étant ceux ayant déclenché l'érosion des sols. Enfin, l'analyse géochimique des sédiments a révélé que l'érosion des sols due aux incendies de haute sévérité affecte non seulement les horizons organiques, mais également les horizons minéraux supérieurs, lessivant l'aluminium, le calcium, l'azote, la silice et les métaux lourds dans les écosystèmes aquatiques. Par conséquent, la dégradation des sols à la suite d'incendies de haute sévérité dans le nord de la Finlande peut entraîner la pollution des écosystèmes aquatiques et transformer les peuplements forestiers boréaux en sources de carbone.

Mots clés : Carbone forestier, Dynamique des feux, Holocène, Forêts boréales, Géosciences, Sédiments lacustres

Re-végétalisation d’affleurements rocheux dégradés par l’activité minière en utilisant des bryophytes comme protection de graines

Félix Gery^{1,2} (gerf10@uqat.ca), Nicole Fenton^{3,4,5}, Annie Desrochers^{1,3}, Fabio Gennaretti^{1,2,3}

¹ Groupe de recherche en Écologie de la MRC-Abitibi, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, Canada

² Chaire de recherche du Canada en dendroécologie et dendroclimatologie, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, Canada

³ Institut de Recherche sur les Forêts, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, Canada

⁴ Chaire industrielle CRSNG-UQAT sur la biodiversité en contexte minier, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, Canada

⁵ Laboratoire de bryologie, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, Canada

Dans l’Ouest du Québec boréal, en région Abitibi-Témiscamingue, le complexe industriel minier de la fonderie Horne est une source de pollution aux métaux lourds cuivre, plomb et cadmium. Cela a un impact négatif sur la végétation alentours menant à un nombre important d’affleurement rocheux dénudés autour de la fonderie. Un projet de re-végétalisation d’anciens sites de dépôts de résidus miniers a été mis en place pour tester une méthode potentielle pour revégétaliser ces sites d’affleurement rocheux. Elle repose sur l’usage de bryophytes comme protectrices de semis de graines d’arbres. Les bryophytes favorisent l’établissement des plantes suivantes en offrant une protection face aux contraintes climatiques et un engrais naturel aux semis. Il s’agit d’une méthode à faible coût qui se base sur la succession végétale naturelle et est donc plutôt lente. Les résultats ont été mesurés un an après le semis de graines sur les sites d’étude. Sur les sites les plus pollués aux métaux lourds, la méthode a eu peu de succès de re-végétalisation, très peu de graines ont germé et survécu. Au contraire, sur des sites moins pollués, la méthode avec des bryophytes permet un meilleur succès d’établissement des semis que les autres méthodes testées. D’autres facteurs que la pollution aux métaux entrent probablement en compte pour expliquer les différences de succès de re-végétalisation entre les sites. Le pH du sol est plus acide sur les sites les plus pollués ce qui a tendance à augmenter la toxicité des métaux pour les plantes. L’exposition au soleil et au vent et plus généralement la proximité à l’affleurement d’un couvert forestier protecteur jouent un rôle important. Les sites avec le moins de succès de végétalisation sont certes les plus pollués, mais aussi les plus exposés. Bien qu’un suivi sur le long terme soit nécessaire pour donner un avis définitif sur l’efficacité de la méthode bryophyte, les résultats après un an montrent qu’elle n’est pas nécessairement la plus adaptée à la situation de la fonderie Horne. Les conditions des anciens sites miniers sont trop difficiles pour les bryophytes, mais on a observé son efficacité sur des affleurements moins pollués avec un couvert végétal plus proche. En associant cette méthode à une autre méthode qui permet d’approcher cette condition du site, il pourrait être possible obtenir de meilleurs résultats qu’avec ces deux méthodes séparément et il serait intéressant de tester cela.

Mots clés : Bryophyte, Métaux lourds, Affleurements rocheux, Restauration végétale, Succession végétale

L'ADN sédimentaire ancien pourrait-il être un nouveau paléo-indicateur pour reconstruire les épidémies forestières?

Milva Druguet Dayras^{1, 2} (milva.druguetdayras@uqat.ca), Jonathan Lesven^{2, 4}, Eve Alfonso², Hubert Morin³, Damien Rius², Miguel Montoro Girona¹

¹ Groupe de recherche en Écologie de la MRC-Abitibi, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, Canada

² Laboratoire Chrono-Environnement, Université de Franche-Comté, France

³ Département des Sciences Fondamentales, Université du Québec à Chicoutimi, Canada

⁴ Institut de Recherche sur les Forêts, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, Canada

De nombreuses études ont alerté sur des risques d'altérations (augmentation de la fréquence, la sévérité, l'aire de répartition...) significatives des régimes épidémiques sous l'influence du changement climatique. Il est donc primordial d'accroître nos connaissances sur la variabilité naturelle de ce régime de perturbation au cours des derniers millénaires. Cependant, les paléo-indicateurs actuels manquent de spécificité ou sont limités dans les reconstructions long-terme. Face à ce constat, nous avons testé le potentiel de l'ADN sédimentaire ancien pour reconstituer les épidémies de Tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana*, Clem.), un insecte défoliateur en Amérique du Nord. Trois lacs ont été sélectionnés en Abitibi-Témiscamingue, en Côte-Nord et en Gaspésie pour tester la reproductibilité de cette méthode dans différents domaines climatiques. En quantifiant par PCR quantitative la présence d'un court fragment du gène SARAH, nous avons pu détecter pour la première fois l'ADN sédimentaire ancien de tordeuse dans les sédiments lacustres. Des corrections successives prenant en compte l'effet des paramètres environnementaux sur les quantités d'ADN détectées ont été effectuées. Le logiciel CharAnalysis nous a permis de détecter les maxima des épidémies ayant eu lieu au cours des 1500 dernières années et reconstituer la fréquence des épidémies s'étant produites autour de ces trois lacs. Nos analyses démontrent que l'ADN sédimentaire ancien est un outil adéquat pour reconstruire la dynamique à long terme des épidémies avec une résolution temporelle de l'ordre de 10 à 20 ans. Ce nouvel indicateur offre désormais une méthode plus spécifique, une meilleure résolution temporelle, et un temps d'acquisition des données plus court que les paléo-indicateurs existants. Elle ouvre la voie pour la détection et la quantification des épidémies d'insectes ravageurs à plus large échelle, et la possibilité d'une meilleure prise en compte de cette perturbation naturelle dans les modèles prédictifs et les plans d'aménagements forestiers face aux changements climatiques.

Mots clés : Paléoécologie, PCR quantitative, Tordeuse des bourgeons de l'épinette

Interactions between climate, soil, and competition drive tree growth in the boreal forests of Québec

Maxence Soubeyrand^{1,2} (maxence.soubeyrand@ugat.ca), Philippe Marchand², Yves Bergeron^{2, 4}, Fabio Gennaretti^{1,2,3}

¹ Chaire de Recherche du Canada en dendro-écologie et en dendro-climatologie, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, Canada

² Institut de Recherche sur les Forêts, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, Canada

³ Groupe de Recherche en Écologie de la MRC-Abitibi, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, Canada

⁴ Département des Sciences Biologiques, Université du Québec à Montréal, Canada

The challenges posed by climate change in boreal Québec, including rising temperatures and increasing droughts frequency, require a good understanding of the interconnected influences of climate, soil, and competition on tree growth. However, the comprehensive interaction of these factors and their combined effects on tree responses within their environment remains poorly explored in current research. Using dataset from RESEF (Réseau de Surveillance des Écosystèmes Forestiers) in Québec, we examined tree growth of 6 species (sugar and red maple, yellow and white birch, balsam fir and black spruce) in relation to (1) competition with neighboring trees, (2) climate and soil variables, (3) interactions between each of these variables, and (4) the amount of light received by each tree. We modeled tree growth using Bayesian model with a priori distribution computed with independent dataset, and we performed a model selection. The amount of light received by the trees was the main variables explaining the tree growth except for the growth of black spruce which was explained mostly by climate variables. Among the studied species, red maple and white birch exhibited increased growth under warmer climate conditions, while others experienced growth decline. Interactions between climate, soil, and competition also played a crucial role in shaping growth patterns, especially for sugar maple, balsam fir, and black spruce growth that responded to a combination of climate and competition factors, and the influence of soil characteristics on growth varied across different species. By 2100, projected climate in Québec, and even under the most optimistic climate change scenarios, will significantly diverge from the current conditions, potentially having a high impact on tree growth. Considering interactions among influencing factors is essential to accurately modeling tree growth, particularly within the complex framework of observed and projected climate change dynamics.

Keywords: Tree growth, Interactions, Bayesian model, Climate change.

03 octobre

Affiches



Facteurs clés de la diversité écologique et biologique des 36 îles aux formations forestières du Lac Hébécourt, QC, Canada

Dorian M. Gaboriau^{1,2} (dorian.gaboriau@ugat.ca), Jonathan Lesven^{1,2,3}, Gwenaël Magne^{2,3}, Jonathan Cazabonne^{1,2,6}, Raphaël D. Chavardès^{1,2,4,5}, Miguel Montoro Girona^{1,2,6}, Maxence Martin^{1,2}, Yves Bergeron^{1,2}

¹ Institut de Recherche sur les Forêts, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, Canada

² Laboratoire international de recherche sur les forêts froides, UQAT, QC, Canada

³ Laboratoire Chrono-Environnement, Université de Franche-Comté, France

⁴ Centre de Foresterie des Laurentides, Service Canadien des Forêts, Ressources Naturelles Canada, Canada

⁵ Centre de Foresterie Atlantique, Service Canadien des Forêts, Ressources Naturelles Canada, Canada

⁶ Groupe de recherche en Écologie de la MRC-Abitibi, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, Canada

Afin de déchiffrer les facteurs clés de la diversité écologique et biologique sur les 36 îles aux formations forestières du Lac Hébécourt, dans le sud-ouest du Québec, nous souhaitons caractériser la composition et la structure des peuplements forestiers actuels et dresser un inventaire de la végétation de sous-bois sur chaque île. Pour un sous-ensemble d'îles, nous déterminerons la diversité et l'abondance des communautés d'insectes et de champignons, ainsi que la présence de mousses et de lichens. Cet inventaire sera utilisé pour mesurer l'indice de diversité de Shannon pour la richesse et l'abondance des espèces entre les îles. Ensuite, nous déterminerons les caractéristiques géographiques de chaque île (superficie, distance par rapport au continent, altitude), et nous estimerons le temps écoulé depuis le dernier incendie à partir d'une approche multi-proxy comprenant la date d'établissement des arbres pour les peuplements équiens indiquant les cohortes post-incendie, les cicatrices de feu trouvées sur les arbres et la datation radiocarbone des charbons de bois trouvés dans les sols. Les charbons de bois du sol collectés à l'interface organique/minérale seront également utilisés pour reconstituer la composition historique de la forêt sur un sous-ensemble d'îles en appliquant des méthodes d'anatomie des charbons de bois. Cet ensemble de variables sera utilisé pour mesurer les associations entre la diversité spécifique de chaque île, leurs caractéristiques géographiques et la variation du temps écoulé depuis le dernier incendie. Les résultats contribueront à une meilleure compréhension de la succession forestière après perturbation et à l'élaboration de stratégies pour la gestion et la conservation des peuplements forestiers anciens, ainsi que pour la protection de leur biodiversité et de leurs services écosystémiques.

Mots clés : Îles lacustres, Forêt boréale mixte, Succession forestière, Chronoséquence de feu, Intervalle de retour des feux, Régime de perturbation, Charbons de sol, Communautés d'insectes, Champignons.

On the road to reconstructing the last 2,000+ years of temperature variability in the Upper Rio Grande River basin, southwestern United States

Alexandre F. Nolin^{1,2} (alexandrefnolin@arizona.edu), Cody C. Routson³ & Connie A. Woodhouse^{1,2}

¹ School of Geography, Development & Environment, University of Arizona, USA

² Laboratory of Tree Ring Research, University of Arizona, USA

³ School of Earth and Sustainability, Northern Arizona University, USA

Analysis of the climate sensitivity of Rocky Mountain bristlecone pine (*Pinus aristata* Engelm.) shows potential for developing a multi-millennial-length record of temperature variability. The Upper Rio Grande River basin in the southwestern United States has experienced increases in temperature coupled with persistent drought in recent decades, but the influence of temperature on the frequency and severity of drought, as well as its impact on montane ecosystems remains unclear. We present a new chronology of *P. aristata* tree-ring widths spanning 873 BC to 2022 AD (2,895 years) from over 100 trees collected from three sites at upper treeline in the headwaters of the Rio Grande River basin. Preliminary correlations with PRISM gridded climate data show complex interactions between montane tree growth and climate but indicate a consistent influence of mean late summer temperature (August-September), both during the previous and current growing seasons. The first principal components of each mean-site chronology, however, shows a shift from a positive correlation to a negative correlation with temperature between the first and second half of the 21st century. The change in climate sensitivity corresponds with recent warming and drying trends, indicating *P. aristata* tree-growth has been becoming moisture sensitive in recent decades. By choosing the highest elevation trees, and by screening for positive temperature responders at the tree-level, the recent changes in climate sensitivity could be mitigated in our temperature sensitive chronology. Running correlations with lower elevation drought sensitive tree-ring records also support this hypothesis. This study presents a preliminary 2895-year-long temperature sensitive chronology to provides the first insight to how temperatures have changed during extreme droughts in the upper Rio Grande River basin throughout the Common Era.

Keywords: *Pinus aristata*, Rocky Mountains bristlecone pine, Tree-ring reconstruction, Dendroclimatology, Climate of the Common Era, Climate change

Analyse spatiale des sommets non boisés dans la forêt boréale au Québec

Pâquet Lindy¹ (paquet.lindy@courrier.ugam.ca), Caroline Malatrait¹, Claude Morneau²,
Etienne Boucher^{1, 3}

¹ GEOTOP Centre de recherche sur la dynamique du système Terre, Département de Géographie, Université du Québec à Montréal, Canada

² Direction des Inventaires Forestiers, ministère des Ressources naturelles et des Forêts, Canada

³ Centre d'Études Nordiques, Université Laval, Canada

Dans le nord-est de la forêt boréale canadienne, les sommets non boisés sont une composante importante du paysage et de la biodiversité à l'échelle régionale. Cependant, on connaît très peu les facteurs géographiques et écologiques qui favorisent la présence de ces écosystèmes. Une meilleure connaissance de ces facteurs est essentielle, notamment dans une perspective de conservation des milieux naturels nordiques. Dans ce contexte, ce projet vise à expliquer la répartition spatiale des sommets non boisés, le long d'un gradient latitudinal (49°N–55°N), allant de la forêt commerciale à la limite de la toundra forestière. Il vise également à identifier les déterminants géographiques (altitude, exposition et degré de la pente, degrés-jours de croissance, drainage, incendies forestiers) qui sont associés à la présence de ces écosystèmes dans la mosaïque forestière boréale. En nous basant sur les données cartographiques fournies par la Direction des inventaires forestiers (DIF) du ministère des Ressources naturelles et des Forêts (MRNF), nous procédons d'abord à une analyse descriptive de ces environnements : dimension, densité, autocorrélation spatiale. Puis, à l'aide d'un système d'information géographique, nous croisons ces données aux différents déterminants géographiques, mesurés à l'échelle locale. Les résultats sont analysés sous la loupe des changements climatiques, actuels et à venir, de même qu'en regard des possibles modifications qu'ils pourraient engendrer (degrés-jours de croissance ou augmentation de la fréquence des incendies forestiers). Il sera pertinent d'appréhender, au vu des projections climatiques, si la fréquence et la distribution spatiale des sommets non boisés pourraient changer dans le futur.

Mots clés : Sommets non boisés, Forêt boréale canadienne, Analyse spatiale, SIG

Analyse de la distribution spatiale des bétulaies dans la forêt boréale

Caroline Malatrait¹ (malatrait.caroline@courrier.ugam.ca), Lindy Pâquet¹, Claude Morneau², Etienne Boucher^{1,3}

¹ GEOTOP Centre de recherche sur la dynamique du système Terre, Département de Géographie, Université du Québec à Montréal, Canada

² Direction des Inventaires Forestiers, ministère des Ressources naturelles et des Forêts, Canada

³ Centre d'Études Nordiques, Université Laval, Canada

Dans la forêt boréale, les peuplements de bouleaux à papier (bétulaies), une espèce pionnière, sont rares, mais persistent alors que les autres essences de feuillus atteignent leur limite nord. L'origine, la distribution et la dynamique spatiale du bouleau à papier n'ont pas été grandement étudiées jusqu'à présent. Ainsi, nous avons besoin d'une meilleure connaissance de l'écologie de ces peuplements nordiques dans un contexte général de conservation et de gestion. L'objectif de ce projet est de décrire et expliquer les patrons de distribution des bétulaies le long d'un transect latitudinal (49°N – 55°N), en forêt boréale du Québec. Le long de ce gradient, nous déterminons l'étendue et les caractéristiques des peuplements et identifions les variables qui influencent la présence des peuplements de bouleaux à papier. Pour étudier la distribution de ces peuplements dans l'espace, nous utilisons les données de la cartographie écoforestière de la direction des Inventaires Forestiers du ministère des Ressources Naturelles et des Forêts. La cartographie écoforestière est réalisée à partir de photos aériennes et/ou d'images satellites. Les peuplements de bouleaux à papier sont localisés et caractérisés à partir de cette source de donnée. Par une approche géographique, et à l'aide d'outils en géomatiques, nous réalisons une analyse spatiale et statistique des peuplements de bouleaux à papier pour l'ensemble des déterminants géographiques sélectionnés. Nous identifions les variables exerçant une influence prépondérante sur la présence des bétulaies, en particulier l'altitude, la latitude, la pente, l'exposition, le drainage, les dépôts de surface, le climat (degrés-jour de croissance moyens) et la présence de feux dans l'histoire récente. À terme, le projet permettra de définir le contexte géographique dans lequel se retrouvent les peuplements de bouleaux à papier dans le paysage nordique.

Mots clés : Bétulaie, bouleau à papier, Forêt boréale, Analyse spatiale, Géomatique, Transect latitudinal, Variables géographiques

Cherche et trouve : Localiser l'origine du bois de drave par différentes approches de dendroprovenance

Amélie Bergeron (Amelie.Bergeron@uqat.ca)^{1,2}, Miguel Montoro Girona^{1,2}, Fabio Gennaretti^{1,2}, Dominique Arseneault³

¹ *Groupe de Recherche en Écologie de la MRC-Abitibi, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, Canada*

² *Institut de Recherche sur les Forêts, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, Canada*

³ *Laboratoire d'écologie historique et de dendrochronologie, Département de biologie, chimie et géographie, Université du Québec à Rimouski, Canada*

L'exploitation intensive des pinèdes blanches aux 19^e et 20^e siècles a mené à leur raréfaction dans la forêt québécoise actuelle. Par souci de conservation et de restauration, une acquisition de connaissances sur la dynamique naturelle de ces peuplements est nécessaire. À l'époque de la colonisation, les billes de bois étaient acheminées aux industries par flottage sur les cours d'eau. Cependant, ce transport ne se faisait pas sans perte. On estime que près de 15 % des billes transportées par la drave ont sombré au fond des lacs et des rivières. Aujourd'hui, ce bois submergé représente une source d'information inestimable sur les forêts du passé. Toutefois, comme ces billes ont voyagé sur l'eau, leur origine demeure inconnue. Ce projet de recherche vise donc à utiliser la dendroprovenance afin de retracer l'origine de billes de pin blanc issues de la drave et extraites du fond des lac Tee et Du Moulin au nord-ouest du Québec. Or, l'approche conventionnelle de la dendroprovenance utilisant la dendrochronologie ne permet pas une résolution suffisante dans une petite région à faible variabilité climatique et faible complexité topographique. Le développement d'une approche multi-proxy employant la largeur des cernes, l'intensité de bleu et le profil des éléments traces permettra d'augmenter la précision de la dendroprovenance pour résoudre l'origine géographique du bois de drave. À cette fin, des forêts anciennes de pins blancs, réparties dans le bassin versant en amont des lacs extraits, seront échantillonnées afin de construire des séries dendrochronologiques et d'intensité de bleu, ainsi qu'un profil chimique de référence. L'origine des billes de pin blanc issues de la drave sera ainsi déterminée par la correspondance avec ces vieilles pinèdes caractérisées. Ce projet fournira une base de connaissance pour reconstruire les régimes de perturbations naturelles et mieux comprendre l'impact des perturbations anthropiques sur les pinèdes blanches au Québec.

Mots clés : Dendrochronologie, Pin blanc, Forêt préindustrielle, Dynamique forestière, Intensité de bleu, Éléments traces, Approche multi-proxy, Dendroprovenance

Les vestiges de la drave : un trésor caché au fond des lacs

Julie-Pascale Labrecque-Foy^{1,2,3} (julie-pascale.labrecque-foy@ugat.ca), Miguel Montoro Girona^{1,2,3}, Fabio Gennaretti^{1,2,3} et Dominique Arseneault^{3,4}

¹ Groupe de recherche en Écologie de la MRC-Abitibi, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, Canada

² Institut de Recherche sur les Forêts, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, Canada

³ Centre d'étude de la forêt, Université du Québec à Montréal, Canada

³ Département de biologie, chimie et géographie, Université du Québec à Rimouski, Canada

À l'époque de la colonisation, les pinèdes à pins rouge et blanc ont été exploitées de façon intensive, ce qui a causé leur important déclin dans la forêt québécoise. De nos jours, en raison de la grande valeur commerciale, écologique et culturelle des pinèdes, un souci de conservation et de restauration de ces peuplements a vu le jour. Or, comme les pinèdes du nord-est de l'Amérique du Nord ont presque toutes été exploitées depuis le début du 19^e siècle, on possède peu d'information sur leur structure interne et leur dynamique sous l'influence des perturbations naturelles à l'époque préindustrielle. L'objectif principal de ce projet de recherche est de reconstituer la dynamique forestière des pinèdes préindustrielles au Témiscamingue et en Mauricie. Plus précisément, pour les deux régions, nous tenterons de reconstituer (1) la dynamique des feux et la structure des pinèdes préindustrielles (2) les critères et les patrons de coupes forestières du 19^e et 20^e siècles, et (3) le lien entre l'occurrence des feux et le climat à l'époque préindustrielle. Pour ce faire, nous combinerons la consultation d'archives nationales et l'analyse par dendrochronologie de milliers d'échantillons de bois conservés au fond des lacs du Témiscamingue et du Parc National de la Mauricie. En effet, à cette époque, les billots de bois étaient flottés sur les lacs et les rivières afin de les transporter de la forêt aux moulins, ce qui engendrait la perte d'environ 15% du bois au fond des cours d'eau. Les résultats de ce projet de recherche permettront de décrire l'état de référence des pinèdes, de connaître précisément le patron d'exploitation forestière à l'époque de la colonisation, et de connaître comment le régime des feux a été modulé par le climat et l'intervention humaine dans le passé. Ultimement, les résultats de ce projet permettront d'informer les pratiques forestières afin d'aménager de façon durable les pinèdes.

Mots clés : Aménagement forestier écosystémique, Bois subfossile, Changements climatiques, Dendrochronologie, Drave, Paléoécologie, Perturbations naturelles et anthropiques, Pinèdes préindustrielles

Reconstitution paléoécologique des interactions feux – climat – végétation à la limite de répartition des pinèdes rouges et blanches de l'est du Canada

Marion Blache^{1,2} (marion.blache@ugat.ca), Dorian M. Gaboriau², Martin P. Girardin⁴, Hugo Asselin³, Yves Bergeron², Adam Ali¹

¹ Institut des Sciences de l'Évolution de Montpellier, Université Montpellier, France

² Institut de Recherche sur les Forêts, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, Canada.

³ École d'études autochtones, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, Canada

⁴ Centre de Foresterie des Laurentides, Service Canadien des Forêts, Ressources Naturelles Canada, Canada

À l'est du Canada, la forêt tempérée mixte abrite le pin blanc (*Pinus strobus* L.) et le pin rouge (*Pinus resinosa* Ait.), deux conifères endémiques d'importance économique, écologique, et culturelle. Depuis le début du XX^e siècle, les pinèdes rouges et blanches déclinent en raison de l'exploitation forestière, des pathogènes et des changements climatiques. La suppression des feux de surface par les activités humaines est particulièrement problématique puisque la régénération des pins blancs et rouges en dépend largement. Le défi de cette thèse est donc de comprendre l'effet des feux sur la régénération des pins rouges et blancs durant l'Holocène (derniers ~12 000 ans) afin de mieux appréhender leur dynamique future face aux changements climatiques. Plus précisément, nos objectifs sont de mieux comprendre les interactions entre la dynamique des pins rouges et blancs et les régimes de feux ainsi que le climat au cours de l'Holocène. Les différents paramètres environnementaux seront reconstitués à l'aide de plusieurs bio et géo-indicateurs paléoécologiques contenus dans des sédiments lacustres des Parcs Nationaux de la Mauricie et d'Opémican : les éléments géochimiques (XRF ; dynamique érosif et sévérité des feux), les grains de pollen (communautés végétales), les chironomes (climat) et les charbons (régimes de feux). Une reconstitution à l'échelle des peuplements, nous permettra de comprendre la relation entre les feux de surface, les feux de cime, et la régénération des pins. Pour cette approche plus fine, une analyse dendrochronologique permettra de reconstituer l'histoire à court terme (~100 ans) des pinèdes de la zone d'étude. Enfin, nous évaluerons la dynamique future des pinèdes rouges et blanches en réponse aux contraintes actuelles et futures sous divers scénarios de changement climatique. Les résultats fourniront une nouvelle base de connaissance pour appuyer la mise en place de plans d'aménagement forestier durable et de stratégies de conservation adaptées aux conditions locales.

Mots clés : Pollen, Holocène, Charbons de bois, Pin blanc, Pin rouge, Écologie des feux

Le rôle du climat, du sol et des perturbations sur la succession à l'écotone boréal-tempéré du Québec

Lukas Van Riel¹ (lukas.van.riel@umontreal.ca), Marie-Hélène Brice^{1,2,3}, François Girard^{4,5}, Mathieu Bouchard⁶

¹ *Institut de recherche en biologie végétale, Département de sciences biologiques, Université de Montréal, Canada*

² *Laboratoire d'écologie forestière, Jardin botanique de Montréal, Canada*

³ *Institut de Recherche sur les Forêts, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, Canada*

⁴ *Département de Géographie, Université de Montréal, Canada.*

⁵ *Centre d'étude de la forêt, Université Laval, Canada*

⁶ *Département des sciences du bois et de la forêt, Université Laval, Canada*

Les changements climatiques auront un impact sévère sur les forêts nordiques du Québec, en particulier à l'écotone boréal-tempéré. Entretemps, les moteurs historiques de la dynamique forestière continueront d'exercer leur influence. Par conséquent, il n'est pas clair comment cette région réagira exactement aux changements climatiques projetés au cours des prochaines décennies. Les plus grandes incertitudes découlent des interactions entre les différents facteurs, tels que les conditions édaphiques et les perturbations. De plus, il n'est pas clair comment le régime futur des incendies sera modifié sous l'effet d'un climat changeant. Actuellement, la succession forestière historique des 50 dernières années autour de l'écotone boréal-tempéré est étudiée à l'aide d'un grand ensemble de données photo-interprétées couvrant l'ensemble de l'écotone. Ces données sont modélisées à l'aide d'un modèle de chaîne de Markov qui permet d'étudier l'influence du climat, du sol et des perturbations sur les trajectoires de succession des forêts nordiques. Ensuite, nous examinerons si les trajectoires de succession post-incendie varient entre la forêt tempérée, mixte et boréale près de l'écotone. Cette recherche identifiera les espèces individuelles en danger dans le futur et étendra les preuves empiriques sur les interactions entre différents moteurs. Cette étude répondra également à la question si le régime des incendies joue un rôle crucial dans la stabilité de la forêt boréale en examinant la succession post-incendie dans la forêt mixte et la forêt boréale.

Mots clés: Changements climatiques, Dynamique forestière, Perturbations

Développement d'indices structuraux du sous-bois au moyen des données de LiDAR terrestre et mobile

Amélie Juckler^{1,2} (a.juckler@gmail.com), Thibaut Smeets^{2,3}, Osvaldo Valeria^{2,3},
Richard Fournier¹

¹ Département de géomatique appliquée, Centre d'Applications et de Recherches en Télédétection (CARTEL), Université de Sherbrooke, Canada

² Chaire en aménagement forestier durable UQAT-UQAM, Canada

³ Institut de Recherche sur les Forêts, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, Canada

Les inventaires forestiers traditionnels se basent sur la mesure de caractéristiques structurales des peuplements telles que la distribution diamétrale et la hauteur. Les mesures terrain les plus répandues pour étudier la distribution 3D de la végétation nécessitent la mobilisation de nombreuses équipes et se limitent à des surfaces réduites. En particulier, le sous-bois est une composante forestière importante n'ayant reçu que très peu d'attention et les mesures existantes sont souvent qualitatives. Pourtant, celui-ci permet de faire des inférences sur la composition évolutive du peuplement, le résultat d'une intervention et même sur les attributs d'habitat (ex. bois mort ou obstruction latérale) pour des nombreuses espèces. L'utilisation de nouvelles sources de données comme le LiDAR (*Light Detection And Ranging*) dans l'étude de la structure de la forêt, et en particulier du sous-bois, permettrait de pallier ce manque de connaissances. Le LiDAR est une technique de télédétection basée sur l'émission de faisceaux lumineux afin de mesurer la distance aux objets et de constituer un nuage de points en 3D. Le LiDAR aéroporté (*ALS : Airborne Laser Scanning*) à faible densité (~2 à 6 points/m²) ne permet pas à l'heure actuelle d'étudier le sous-bois de façon précise. Toutefois, le LiDAR terrestre fixe (*TLS : Terrestrial Laser Scanning*) et le LiDAR terrestre mobile (*MLS : Mobile Laser Scanning*) représentent de meilleures opportunités par la prise de mesures depuis le dessous de la canopée. Notre étude vise à développer de nouveaux indices de caractérisation du sous-bois grâce aux données *TLS* et *MLS*. Les données ont été collectées en 2023 dans une trentaine de placettes de 400 m² à la complexité structurale variée, issues de feux de forêt, en forêt boréale (FERLD). Les données *TLS* et *MLS* seront comparées à des données *ALS* et des mesures conventionnelles de terrain afin de développer des indices quantitatifs sur la structure horizontale et verticale du sous-bois et de détecter le bois mort au moyen de nuages de points 3D. L'utilisation de la combinaison *MLS-ALS* devrait permettre le développement de méthodes de caractérisation et une acquisition de données structurales du sous-bois plus rapide et sur de plus larges superficies qu'avec les mesures conventionnelles, aussi bien à l'échelle du peuplement qu'à l'échelle du paysage.

Mots clés: LiDAR, Végétation de sous-bois, MLS, TLS, Structure forestière, Complexité structurale, Forêt boréale, Forêt d'Enseignement et de Recherche du Lac Duparquet (FERLD)

Expansion des populations marginales nordiques d'érable rouge (*Acer rubrum* L.) du Québec dans un contexte de changements climatiques

Théophile Kabasele Walelu¹ (theophile.kabasele.walelu@umontreal.ca), Marie-
Hélène Brice^{1,2}, François Girard³

¹ Institut de recherche en biologie végétale, Département de sciences biologiques, Université de Montréal, Canada

² Laboratoire d'écologie forestière, Jardin Botanique de Montréal, Canada

³ Faculté des arts et des sciences - Département de géographie, Université de Montréal, Canada

Les changements climatiques observés et projetés sont susceptibles de déplacer les niches climatiques des essences forestières, ce qui pourrait mener à la migration d'essences tempérées vers la forêt boréale. Petites et dispersées, les populations marginales pourraient agir comme sources de propagules et faciliter la migration des espèces vers le nord. L'érable rouge est l'espèce tempérée la plus abondante en forêt boréale et a connu une augmentation rapide de sa densité et de sa surface terrière en Amérique du Nord au cours des dernières décennies (1960–2020). Toutefois, même si les conditions climatiques deviennent favorables à leur survie, de nombreux facteurs biotiques et abiotiques pourraient freiner, ralentir ou accélérer la migration de ces populations. L'objectif de ce doctorat est d'évaluer l'expansion des populations marginales d'érable rouge au nord de son aire de répartition actuelle et dans le contexte des changements climatiques. Dans un premier temps, l'influence des perturbations sur la dynamique contemporaine des populations marginales sera évaluée via la dendrochronologie. Pour ce faire, les Érables rouges, bouleaux, sapins et épinettes blanches seront datés et le bois sera analysé afin de déterminer l'âge moyen d'établissement du peuplement d'Érables rouges le long du gradient topographique, identifier les perturbations (feux et épidémies) et déterminer leur influence sur l'expansion d'Érables rouges. Ensuite, le potentiel d'expansion locale des populations marginales nordiques d'érable rouge sera évalué le long du gradient topographique et les facteurs environnementaux et climatiques susceptible de freiner ou accélérer cette expansion. Pour ce faire, nous allons modéliser et comparer la distribution des semis, des gaules et des adultes d'Érables rouges le long du gradient altitudinal et nous testerons l'effet de l'ouverture de la canopée, de la compétition interspécifique, du régime nutritif du sol et de la température. Nous nous attendons que l'érable rouge se soit établi après les derniers feux et coupes, et que sont expansions aux niveaux topographiques plus basse ait été favorisé par les épidémies successives. Aussi, l'Érable rouge se régénère le long du gradient topographique, le régime nutritif a peu d'influence sur la régénération à cause de la niche écologique étendue des érables rouges.

Mots clés: Érable rouge, *Acer rubrum*, Populations d'arbres marginales, Migration forestière nordique, Changements climatiques, Dendrochronologie.

Évolution des échanges écosystémiques à l'interface biosphère/atmosphère en forêt boréale

Emilie Labourdette^{1,2} (labourdette.emilie@courrier.ugam.ca), Étienne Boucher^{1,2,3},
Philippe Gachon^{1,4,5}

¹ Département de Géographie, Université du Québec à Montréal, Canada

² GEOTOP Centre de recherche sur la dynamique du système Terre, Département de Géographie, Université du Québec à Montréal, Canada

³ Centre d'études nordiques, Université Laval, Canada

⁴ Centre pour l'étude et la simulation du climat à l'échelle régionale, Université du Québec à Montréal, Canada

⁵ Réseau Inondation InterSectoriel du Québec, Université du Québec à Montréal, Canada

Les effets du réchauffement projeté des températures sur les quantités d'eau évapotranspirées par les forêts boréales restent incertains. D'une part, il est probable qu'une hausse de la productivité primaire entraîne un stockage de carbone et une évapotranspiration plus importante à l'échelle des écosystèmes. D'autre part, le réchauffement pourrait aussi limiter la disponibilité en eau et augmenter le stress hydrique pour la croissance des arbres, provoquant plutôt la fermeture des stomates des feuilles et réduisant l'évapotranspiration. Ce projet de maîtrise cherchera à mieux comprendre l'évolution des flux d'H₂O et de CO₂ observés chez les épinettes noires (*Picea mariana* (Mill.) B.S.P.) de la forêt boréale canadienne. Particulièrement, nous étudierons comment les variations climatiques affectent l'efficacité d'utilisation de l'eau (WUE, Water Use Efficiency). Nous avançons l'hypothèse que la variabilité climatique affecte le fonctionnement écophysologique des épinettes noires et donc l'évapotranspiration et la séquestration du carbone. Les données météorologiques enregistrées par la tour à flux de covariances de turbulence de Chibougamau seront combinées à celles du fractionnement isotopique du carbone mesuré dans les cernes des épinettes noires au pied de cette tour. La combinaison des données météorologiques et du fractionnement isotopique de la cellulose du bois offre, selon nous, l'avantage de préciser la source du signal affectant le fractionnement dans les épinettes. Les isotopes stables de la cellulose du bois nous permettront d'identifier les facteurs de stress métabolique qui conditionnent les échanges d'eau à l'interface canopée-atmosphère. Nous avançons l'hypothèse que les isotopes stables du carbone (13 et 12) permettront d'isoler les variations interannuelles dans la transpiration de la forêt boréale. Les résultats devraient permettre de mettre en lumière l'impact de la variabilité des températures sur l'efficacité d'utilisation de l'eau et ainsi étendre la prédictibilité des impacts des changements climatiques sur la forêt boréale

Mots clés : Flux de carbone et H₂O, Water use efficiency, Tour à flux, $\delta^{13}\text{C}$

Variabilité intra-annuelle des valeurs de $\delta^{13}\text{C}$ dans le continuum cambium-xylème de l'épinette noire en croissance dans les forêts boréales d'Amérique du Nord.

Sepideh Namvar¹ (namvar.sepideh@courrier.ugam.ca), Etienne Boucher², Hubert Morin³

¹ Département des Sciences Biologiques, Université du Québec à Montréal

² Département de Géographie, Université du Québec à Montréal

³ Département des Sciences Fondamentales, Université du Québec à Chicoutimi

Dans ce projet, le fractionnement intra-annuel de l'isotope stable du carbone a été étudié dans la région cambiale ($\delta^{13}\text{C}_{\text{cam}}$) et dans les cernes en développement (cellulose du xylème, $\delta^{13}\text{C}_{\text{xc}}$) de l'épinette noire pendant la saison de croissance. Les données reçues nous aideront à améliorer notre compréhension de la physiologie des arbres et de la dynamique source-puits des glucides non structuraux sur des échelles de temps plus courtes. Les travaux de terrain ont été réalisés lors de trois saisons de croissance consécutives (2019-2021), dans les sites Simoncouche et Bernatchez de la forêt boréale du Québec. À chaque site, cinq arbres d'espèces d'épinette noire (*Picea mariana* (Mill.) B.S.P.) ont été sélectionnés et un échantillonnage a été effectué sur une base hebdomadaire. Cette étude a proposé une nouvelle approche pour échantillonner des arbres vivants sur le terrain et les préparer à l'analyse des isotopes stables à des échelles de temps à haute résolution. Les mêmes tendances croissantes ont été observées dans les profils $\delta^{13}\text{C}_{\text{cam}}$ et $\delta^{13}\text{C}_{\text{xc}}$ au cours de différentes années d'étude, indiquant l'influence importante de la température saisonnière, du VPD et de l'humidité du sol sur la conductance stomatique et, par conséquent, les profils $\delta^{13}\text{C}_{\text{cam}}$ et $\delta^{13}\text{C}_{\text{xc}}$ plus enrichis en valeurs de ^{13}C pendant la saison de croissance dans les deux sites. De plus, des corrélations positives significatives ont été observées entre les deux profils, indiquant que le cambium et le xylème partagent des glucides avec les mêmes sources pendant la saison de croissance, ce qui est plus probablement le C nouvellement assimilé provenant des feuilles. Ces recherches améliorent notre connaissance des processus d'allocation du carbone et fournissent des lignes directrices robustes et écophysiologiquement solides pour interpréter la variabilité des chronologies du $\delta^{13}\text{C}$ qui couvrent des échelles de temps plus longues, dans les forêts boréales dominées par l'épinette noire.

Mots clés : Analyse intra-annuelle, Plante $\delta^{13}\text{C}$, Cambium, Xylème, *Picea mariana*, Glucides non structurels

04 octobre

Conférences thématiques 1

Capacité des forêts boréales et de montagnes à se maintenir dans leur gamme de variabilité naturelle face aux changements climatiques



Forêts nordiques, activités anthropiques, et changements globaux : la perspective d'une sociologue forestière

Solange Nadeau¹ (solange.nadeau@NRCan-RNCan.gc.ca)

¹*Centre de Foresterie des Laurentides, Service Canadien des Forêts, Ressources Naturelles Canada, Canada*

Cette présentation posera un regard sur l'évolution des préoccupations pour les dimensions sociales dans la gestion des forêts canadiennes. Dans un premier temps, je présenterai une brève rétrospective de l'évolution des paradigmes ayant orienté la gestion forestière, du rendement soutenu à l'aménagement écosystémique, ainsi que des préoccupations sociales qui les sous-tendent. Dans un deuxième temps, je discuterai de recherches réalisées en collaboration avec des partenaires autochtones au fil des vingt dernières années dans l'optique du développement forestier durable, de l'aménagement écosystémique et plus récemment de la réconciliation avec les Peuples autochtones. Je partagerai des résultats et observations découlant de ces travaux afin de nourrir les réflexions à propos de l'impact des activités anthropiques et des changements globaux sur les forêts nordiques, sur les gens qui y vivent et sur les recherches qui s'y déroulent.

Mots clés : Aménagement forestier, Rendement soutenu, Développement durable, Aménagement écosystémique, Dimensions sociales, Autochtones

Comment les changements climatiques et l'exploitation forestière influenceront-ils la présence de deux plantes d'importance culturelle ?

Maxime Thomas¹ (maxime.thomas@ugat.ca), Yan Boulanger², Hugo Asselin³,
Mebarek Lamara¹, Nicole J. Fenton¹

¹ Institut de Recherche sur les Forêts, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, Canada

² Centre de Foresterie des Laurentides, Service Canadien des Forêts, Ressources Naturelles Canada, Canada

³ École d'études autochtones, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, Canada

Les paysages boréaux sont soumis à des perturbations croissantes qui peuvent affecter les espèces culturelles clés, c'est-à-dire les espèces culturellement importantes qui façonnent de manière majeure l'identité culturelle d'un peuple. Compte tenu de leur importance, il convient d'évaluer le sort de ces espèces afin de pouvoir agir pour assurer leur pérennité. Nous avons évalué comment les changements climatiques et l'exploitation forestière affecteront la répartition de *Rhododendron groenlandicum* (thé du Labrador) et *Vaccinium angustifolium* (bleuet), deux espèces culturelles clés pour de nombreux peuples autochtones de l'est du Canada. Nous avons utilisé le modèle de paysage forestier LANDIS-II pour simuler la répartition des deux espèces sur les territoires de trois communautés autochtones en fonction de différents scénarios de changements climatiques et d'exploitation forestière. Les paramètres sensibles au climat comprenaient les régimes de feux de forêt ainsi que la croissance des arbres. Les scénarios de changements climatiques modérés étaient associés à une proportion accrue de *R. groenlandicum* et de *V. angustifolium* dans le paysage, cette dernière espèce réagissant également positivement aux scénarios de changements climatiques sévères. La récolte a peu d'effet mais diminue légèrement la probabilité de présence des deux espèces. Aucune des deux espèces ne serait menacée par des changements climatiques modérés. Cependant, en cas de changements climatiques sévères, *R. groenlandicum* pourrait décliner. Des stratégies d'atténuation des changements climatiques, telles que les brûlages dirigés, seront nécessaires pour empêcher le déclin de cette espèce culturellement importante, ainsi que pour préserver la biodiversité et les volumes de bois. L'incertitude associée aux changements climatiques exige des stratégies de gestion flexibles adaptées au contexte et aux objectifs de chaque région.

Mots clés : Communautés autochtones, Changements climatiques, Modélisation forestière, Feux, Coupe, Bleuet, Thé du Labrador

Évaluer et atténuer le risque de feux de forêt par les paysages vulnérables : une méthodologie exploratoire en Eeyou Istchee – Baie-James

Guillaume Proulx¹ (Guillaume.Proulx2@uqat.ca), Hugo Asselin¹

¹ *École d'études autochtones, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, Canada*

Les feux de forêt sont une source récurrente de danger pour les populations et les infrastructures de la région Eeyou Istchee – Baie-James, au nord-ouest du Québec. Dans le nord de la forêt boréale canadienne, les feux sont plus fréquents, sévères, et de plus grande superficie que dans toute la zone boréale circumpolaire. Les superficies incendiées devraient s'accroître avec les changements climatiques projetés. Pourtant, peu de mesures préventives autre que la suppression des feux ne sont mises en place avant au nord des forêts exploitées, ce qui participe à surexposer ce territoire aux incendies. De plus, les Cris et la société québécoise sont affectés différemment par les feux, parce que ces peuples valorisent différemment leur environnement. À l'heure actuelle, aucune méthode ne permet d'évaluer adéquatement le risque pour des territoires où cohabitent les peuples autochtones et allochtones. En ce sens, j'ai mis à l'épreuve la méthode des paysages vulnérables dans le cadre d'une recherche collaborative avec les communautés de Nemaska et Wemindji pour évaluer le risque de manière non hiérarchique. En premier lieu, des entrevues ont été menées avec des experts du territoire des deux communautés afin de comprendre la relation entre les feux de forêt, les Cris, et leur territoire. Ensuite, des ateliers de cartographie ont été menés avec ces mêmes experts pour localiser les valeurs à risque du territoire des deux communautés crie. Ces résultats ont été combinés aux valeurs à risque de la société québécoise dans un système d'information géographique afin d'évaluer leur exposition aux feux à l'aide du simulateur Burn-P3. Enfin, des scénarios d'atténuation du risque ont été comparés en fonction de leurs coûts et bénéfices. Cette méthode suggère que les évaluations du risque peuvent mieux identifier et comparer les valeurs à risque en intégrant des rapports de pouvoir et des contextes culturels propres à chaque environnement. Cela implique notamment de reconnaître la souveraineté autochtone sur leurs territoires et de mobiliser les savoirs territoriaux autochtones dans l'évaluation des risques environnementaux et l'aménagement du territoire.

Mots clés : Feu de forêt, Paysage, Vulnérabilité, Risque naturel, Savoir autochtone

Conséquences des activités anthropiques sur la dynamique naturelle des tourbières forestières des Basses-Terres du Saint-Laurent (Québec)

Pierre Grondin¹(pierre.grondin@mrnf.gouv.qc.ca), Martin Lavoie², Maude Demers², Ana Verhulst-Casanova³, Laurie-Anne Chabot², Fabio Gennaretti³ et Catherine Caron²

¹ Direction de la recherche forestière, ministère des Ressources naturelles et des Forêts, Canada

² Département de Géographie, Université Laval, Canada

³ Institut de Recherche sur les Forêts, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, Canada

Les activités anthropiques et de plus en plus les changements climatiques ont et continueront de modifier la dynamique naturelle des écosystèmes. La présente étude s'intéresse à classifier les tourbières forestières des Basses-Terres du Saint-Laurent (BTSL) et à analyser leur dynamique passée et contemporaine. À partir de placettes d'inventaires écologiques, nous avons caractérisé les divers types de tourbières présents à l'échelle régionale en fonction de leur régime nutritif et de leur degré de naturalité. Par la suite, et à l'échelle locale, nous avons analysé la dynamique passée (quelques milliers d'années) et contemporaine (depuis ~1800) d'une vaste tourbière de la Montérégie (Clarenceville) caractérisée par la présence de divers peuplements forestiers conifériens et feuillus. La végétation arborescente des derniers millénaires a été reconstituée grâce à l'identification botanique et la datation ¹⁴C de restes ligneux enfouis dans la tourbe. La tourbière était depuis au moins 3000 ans dominée par des conifères, notamment le thuya occidental et le pin blanc. Aujourd'hui, elle présente des souches anciennes de pin blanc issues d'une exploitation forestière réalisée dans les années 1840. Cette coupe a favorisé le développement subséquent et en grande abondance d'espèces feuillues telles que l'érable rouge et le bouleau jaune. L'érable rouge domine la régénération des espèces arborescentes. Tout indique qu'il devrait poursuivre son expansion dans les décennies à venir. Ce processus de transformation d'une végétation de conifères vers les feuillus est irréversible et généralisé dans les BTSL. À celui-ci s'ajoute le processus de boisement récent (derniers 50 ans) des tourbières arbustives ombrotrophes par le mélèze, l'épinette noire, le bouleau gris et l'érable rouge. Ces deux processus pourraient être exacerbés par les changements climatiques. De telles connaissances permettent d'appréhender la dynamique à long terme des tourbières des BTSL et de mettre en place des mesures de gestion et d'aménagement forestier qui auraient pour but de limiter leur dégradation.

Mots clés : Dendrochronologie, Perturbations anthropiques, Paléoécologie, Tourbière boisée, *Acer rubrum*, *Pinus strobus*, *Thuja occidentalis*

Effet des perturbations anthropiques et naturelles sur le recrutement des arbres à l'écotone boréal-tempéré : catalyseur ou obstacle à la migration vers le nord ?

Marie-Hélène Brice^{1,2,3} (marie-helene.brice@umontreal.ca), Clémentine de Montgolfier^{1,2,4}

¹ Laboratoire d'écologie forestière, Jardin botanique de Montréal, Canada

² Institut de recherche en biologie végétale, Département de sciences biologiques, Université de Montréal, Canada

³ Institut de Recherche sur les Forêts, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, Canada

⁴ Département de biologie, Université Paris-Saclay, France

Le recrutement des arbres est une étape critique dans la migration des espèces forestières sous le changement climatique. L'objectif de cette étude est d'évaluer comment les perturbations et les facteurs non climatiques contrôlent la dynamique du recrutement dans l'écotone boréal-tempéré. En utilisant les données d'inventaire forestier du Québec méridional (1970–2021), nous avons analysé les données de présence et d'abondance des gaules (DHP 1-3 cm) des espèces dominantes de l'écotone boréal-tempéré à l'aide d'un modèle bayésien en deux parties. Des déplacements significatifs de la distribution des espèces tempérées vers le nord ont été observés. Le recrutement était principalement influencé par la présence d'adultes conspécifique, tandis que les perturbations avaient des effets divers. Alors que la coupe à blanc et les feux ont un impact positif à court terme sur les espèces pionnières, la coupe partielle favorise le recrutement des espèces tempérées. L'érable rouge (*Acer rubrum* L.), une espèce tempérée généraliste et opportuniste, bénéficie particulièrement de tous les types de perturbations. Les patrons temporels de recrutement des gaules fournissent un signal précoce des migrations vers le nord des espèces tempérées et indiquent que d'importants changements de composition sont en cours. Cependant, les perturbations peuvent influencer l'ampleur et la direction des déplacements et devraient donc être prises en compte dans les projections futures de la distribution des espèces. Bien que les coupes partielles favorisent le recrutement des espèces tempérées à leur limite nord, les feux, la dispersion limitée, ainsi que les conditions édaphiques peuvent grandement réduire leurs migrations potentielles.

Mots clés : Changements climatiques, Perturbations, Coupes forestières, Feux, Migration, Recrutement, Écotone boréal-tempéré.

Combinaison des arts et la science pour cartographier les territoires autochtones : Cas du bassin versant de la rivière Broadback en territoire cri (Eeyou Istchee)

Kloé Chagnon-Taillon¹ (kloe.chagnon-taillon@ugat.ca), Hugo Asselin¹, Jérôme Dupras²

¹ École d'études autochtones, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, Canada

² Chaire de recherche du Canada en économie écologique, Université du Québec en Outaouais, Canada

La création d'aires protégées a historiquement eu des effets négatifs pour les communautés autochtones au Canada : absence de consultation, négation de leur présence sur le territoire, perte de droits, titres et privilèges, ainsi que déplacements forcés de communautés. Étant donné que les Autochtones ont une vision holistique du territoire, c'est-à-dire que les éléments qui le composent sont interconnectés dans un tout indivisible, des outils doivent être développés afin de communiquer adéquatement les valeurs qu'ils associent au territoire aux autres utilisateurs. La combinaison des arts et de la science est une avenue pertinente dans ce contexte puisqu'elle a le potentiel d'améliorer les processus de recherche collaborative. Cette étude se base sur des cercles de partage ainsi que sur des séances de jeu et de cartographie par le dessin afin d'identifier et de cartographier les valeurs prioritaires que les membres de trois communautés crie (Waskaganish, Nemaska et Waswanipi) associent au bassin versant de la rivière Broadback. Les méthodes basées sur les arts permettent d'approfondir des sujets peu abordés et de préciser la nature des réponses obtenues lors d'ateliers de consultation. La combinaison des méthodes basées sur les arts et de la cartographie participative permet de couvrir de multiples valeurs et émotions associées au territoire qui ne peuvent pas toujours s'exprimer par des mots et qui ne correspondent pas nécessairement à des lieux précis.

Mots clés : Rivière Broadback, Nation Crie, Eeyou Istchee, Cartographie participative, Conservation des territoires autochtones, Méthodes basées sur les arts

Distinct carbon sequestration pathways in old-growth boreal forests driven by natural disturbance history and abiotic conditions

Maxence Martin¹ (Maxence.Martin@uqat.ca), Valentina Buttò¹, Evelyne Thiffault²

¹ Institut de Recherche sur les Forêts, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, Canada

² Centre de Recherche sur les Matériaux Renouvelables, Département des Sciences du Bois et de la Forêt, Université Laval, Canada

Old-growth boreal forests are recognized as important carbon reserves. However, these ecosystems show great diversity in structure and composition, depending on natural disturbance history, abiotic conditions, and successional process. The aim of this project is (i) to determine how forest carbon is distributed within old-growth boreal forests, (ii) to identify factors that may explain differences in carbon stocks, and (iii) to assess the proportion of this carbon that can be stored in long-lived wood products. We calculated the aboveground (live trees, snags, downed deadwood) and belowground (soil) carbon stocks of 74 old-growth boreal forests in Québec, Canada. The distribution of carbon stocks in the different compartments was studied in relation to stand structural, compositional, successional, and abiotic characteristics. We identified four main types of old-growth forest with distinct carbon stocks and distribution. Three of these groups showed an equivalent carbon stock (around 220 Mg/ha) but distributed heterogeneously between compartments. These differences were essentially due to abiotic conditions (low drainage increased the proportion of carbon in the soil) and species composition (a higher presence of balsam fir [*Abies balsamea*] increased the proportion of carbon in downed deadwood and snags). A fourth group showed a lower carbon stock (83 Mg/ha), possibly due to a limited stand resilience following the last wildfire. Overall, succession process had a limited effect on carbon stocks. Only a very small proportion of the aboveground carbon (around 20%) can be sequestered in long-lived wood products. These results demonstrate that old-growth boreal forests are highly heterogeneous in terms of carbon distribution and stock. In any case, their harvesting risks causing a significant carbon debt over several decades. As old-growth boreal forests also host important habitats, their harvesting should be limited and restricted to low-intensity silvicultural treatments that maintain a continuous forest cover.

Keywords: Forest succession, Carbon dynamics, Carbon storage, Disturbance regime, Wildfire, Topography

04 octobre

Conférences thématiques 2

Érablières nordiques



Living on the (northern) edge: Holocene dynamics of marginal, northernmost maple stands in eastern North America

Todor Minchev¹ (mint0001@uqar.ca), Pierre-Yves Mondou Laperrière², Julia Cignana³, Laurianne Dumont¹, Camille Bussi  res¹, Pierre Grondin³, Martin Lavoie⁴, Guillaume de Lafontaine¹

¹ Département de biologie, chimie et géographie, Université du Québec    Rimouski, Canada

² Département de Géographie, Université Laval, Canada

³ Institut de Recherche sur les Forêts, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, Canada

⁴ Direction de la recherche forestière, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Canada

The use of historical climate-model tree species interactions helps in our understanding of present and future forest dynamics. Changes in climatic conditions during the Holocene and consequent shifts in the composition of the north-eastern North American temperate-boreal forest ecotone might provide key insights to the importance of marginal populations for forest resilience in the context of ongoing climate change. Sugar and red maples are examples of temperate species whose northernmost stands are isolated within the boreal forest. Responses of these stands to past climate change could be indicative of greater changes in the ecotone. This study establishes a comprehensive historical reconstruction of Holocene dynamics of these two maple species at their current northern limit to decipher ecological factors driving past occurrence and abundance of temperate species within the boreal biome. Macrofossil wood charcoal particles recovered from inorganic forest soil were taxonomically identified and radiocarbon dated to assess historical species presence at the stand-scale at 16 sampled sites across the southern boreal landscape. Local comparisons of sites with and without maple helped disentangle the relative contributions from past climate and fire regimes in structuring the northern limit of temperate species. Preliminary results from 6700 charcoal identifications and 183 radiocarbon dates indicate that maple colonized its current northern limit ca. 9600 years ago. For at least 6000 years, maple was found only sporadically within these marginal populations while white pine, which is currently absent in the area, was found regularly in most sites. Hence, maple remained scattered and did not take advantage of the warmer conditions prevailing throughout the Holocene Thermal Optimum. Instead, maple became more abundant throughout its northern limit ca. 3500 years ago, during the Neoglacial cooling. This rapid shift might be attributed to a change in the fire regime, opening the canopy for opportunistic species such as red maple. Such an alteration of the fire behavior could trigger a shift from dominant conifers (white pine, balsam fir) to deciduous species, potentially removing priority effects inhibiting sugar maple regeneration. Our results suggest that a further increase in the frequency of natural or anthropogenic disturbances coupled with temperature warming, could foster expansion of northernmost maple stands. This study emphasizes the importance of marginal populations for the rapid colonisation of landscapes during sudden shifts in environmental conditions such as those prompted by ongoing global changes.

Mots clés: *Acer rubrum*, *Acer saccharum*, Boreal-temperate ecotone, Fire regimes, Forest dynamics, Leading edge, Marginal populations, Wood charcoal

L'âge et les réductions de croissances influencent négativement la proportion de bois de cœur foncé chez l'érable à sucre à la limite septentrionale de son aire de répartition

David Voyer^{1,2} (david.voyer.2@ulaval.ca), Guillaume Moreau¹, Fabio Gennaretti³, Steve Bédard², Filip Havreljuk², Pierre Grondin², Alexis Achim¹

¹ *Département des Sciences du Bois et de la Forêt, Faculté de foresterie, de géographie et de géomatique, Université Laval, Canada*

² *Direction de la recherche forestière, ministère des Ressources naturelles et des Forêts, Canada*

³ *Chaire de recherche du Canada en dendroécologie et en dendroclimatologie, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, Canada*

La coloration de cœur est un défaut qui affecte la qualité esthétique de l'érable à sucre et réduit la valeur des produits sciés. Dans le domaine bioclimatique de la sapinière à bouleau jaune, qui représente la limite nord des peuplements d'érables à sucre, la coloration de cœur semble être d'une plus grande importance que dans le domaine de l'érablière à bouleau jaune. Cela suscite des préoccupations parmi les forestiers quant à la gestion des peuplements d'érables à sucre à leur limite nordique. Pour étudier la relation entre la coloration de cœur, le climat, la croissance et l'âge, plusieurs centaines d'érables à sucre ont été échantillonnés dans ces deux domaines bioclimatiques. Les hypothèses étaient que la coloration de cœur est plus fréquente chez les vieux arbres à faible croissance, et présente une prévalence plus élevée dans la sapinière à bouleau jaune. Les résultats ont montré que la coloration de cœur est fortement associée à l'âge et à des chutes de croissance. De plus, pour des arbres d'un âge équivalent, la proportion de coloration était plus élevée dans le domaine de la sapinière à bouleau jaune. Ces conclusions suggèrent qu'on doit chercher à favoriser le maintien d'une croissance continue pour limiter l'apparition de la coloration de cœur chez l'érable à sucre. Cependant, dans le contexte des changements globaux, une analyse plus approfondie est nécessaire pour déterminer les causes des chutes de croissance.

Mots clés : Érable à sucre, Croissance, Qualité de l'arbre, Climat, Bois décoloré.

Influence du climat local et des facteurs de peuplement sur la croissance de l'érable à sucre dans sa zone de répartition dans l'est du Canada

Emmanuel A. Boakye¹ (EmmanuelAmoah.Boakye@ugat.ca), Yves Bergeron^{1,2}, Igor Drobyshev^{2,3}, Arvin Beekhar², David Voyer^{4,5}, Alexis Achim⁵, Jian-Guo Huang⁶, Pierre Grondin⁴, Steve Bédard⁴, Filip Havreljuk⁴, Fabio Gennaretti², Martin P. Girardin⁷

¹ Département des sciences biologiques, Université du Québec à Montréal, Canada

² Institut de Recherche sur les Forêts, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, Canada.

³ Southern Swedish Forest Research Centre, Swedish University of Agricultural Sciences, Sweden

⁴ Ministère des Ressources Naturelles et des Forêts, Canada.

⁵ Département des sciences du bois et de la Forêt, Université Laval, Canada

⁶ Key Laboratory of Conservation Biology for Endangered Wildlife of the ministry of Education, College of Life Sciences, Zhejiang University, China

⁷ Centre de Foresterie des Laurentides, Service Canadien des Forêts, Ressources Naturelles Canada, Canada

L'érable à sucre (*Acer saccharum* Marsh.) voit sa croissance décliner dans sa zone méridionale depuis les années 1980, mettant en péril divers services écosystémiques fournis par l'espèce. Les vagues de chaleur, la sécheresse, les gelées, la déposition acide et la défoliation par les insectes, qui réduisent tous l'activité photosynthétique, sont soupçonnés d'être à l'origine de ce phénomène. Étant donné que l'ampleur géographique des études précédentes sur la croissance de l'érable est limitée au biome tempéré méridional, on ne sait pas actuellement si les mêmes tendances négatives et les mêmes facteurs affectant les taux de croissance s'appliquent à l'espèce dans les régions plus septentrionales de sa répartition. Ici, nous avons utilisé des données de largeur annuelle des cernes de 1675 arbres provenant d'un réseau de 21 sites au Québec et en Ontario entre 45°N et 48°N pour reconstituer la croissance de l'érable et analyser ses tendances et ses facteurs climatiques depuis 1950 après J.-C. Nous avons développé un indice rétrospectif de croissance des arbres en utilisant un Modèle Mixte Additif Généralisé (GAMM) prenant en compte l'âge et la taille des arbres, l'altitude du terrain, la pente, la compétition et la climatologie moyenne du site. Notre reconstitution a révélé des variations géographiques considérables dans les tendances de croissance de l'érable, la diminution de la croissance étant moins prononcée dans la partie centrale de la région d'étude. Le déclin de la croissance persistait au moment de l'échantillonnage en 2019 et 2020. La croissance de l'érable était négativement corrélée avec le déficit de pression de vapeur (VPD) estival tant pendant la saison de croissance précédente que pendant la saison de croissance actuelle. Comme le déclin de la croissance de l'érable à sucre est observé à la limite nord de sa répartition, le changement climatique ne favorisera peut-être pas l'expansion des érables à sucre vers le nord. Le déclin observé ainsi que l'augmentation du VPD auront probablement un impact négatif sur les services écosystémiques soutenus par cette espèce et appellent à des mesures d'adaptation de la gestion.

Mots clés : Changements climatiques, Érable à sucre, Dendrochronologie, Tendances de croissance.

Érable à sucre et climat: utilisation de l'analyse quantitative du bois pour comprendre l'adaptabilité de l'espèce au Québec

Ana Verhulst-Casanova (anaromynathalie.verhulstcasanova@ugat.ca)¹, Valentina Buttò², Ahmed Koubaa², Yves Bergeron^{2,3}, Filip Havreljuk^{4,5}, Alexis Achim⁵ et Fabio Gennaretti¹

¹ Groupe de Recherche en Écologie de la MRC-Abitibi, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, Canada

² Institut de Recherche sur les Forêts, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, Canada

³ Département des Sciences biologiques, Université du Québec à Montréal, Canada

⁴ Direction de la foresterie, ministère des Ressources naturelles et des Forêts, Canada

⁵ Faculté de Foresterie, géographie et géomatique, Université Laval, Canada

Bien que l'érable à sucre (*Acer saccharum* Marsh.) puisse croître dans une niche climatique étendue, son bois perd en qualité à la limite nordique de sa distribution géographique. Ceci est principalement dû à l'impact du climat nordique, qui influence la coloration du bois de cœur et diminue ainsi sa valeur marchande. L'analyse quantitative des traits anatomiques du bois est un outil prometteur pour décrire l'influence de l'environnement sur les arbres. Dans cette étude, nous visons à déterminer la variabilité spatiale de l'anatomie du bois de l'érable à sucre et à la corréler avec la variation des facteurs climatiques au Québec. Le plan d'échantillonnage comprend 16 sites à travers la province, fournissant une base de données de 96 arbres échantillonnés. Les analyses préliminaires ont révélé deux gradients dominants dans la zone d'étude, correspondant aux variations de températures (nord-sud) et de précipitations (est-ouest). Les premiers résultats suggèrent une augmentation du **(i)** diamètre des vaisseaux du nord vers le sud de l'aire d'étude. Cette réponse au climat nordique pourrait assurer une plus grande marge de sécurité hydraulique pour résister au phénomène de gel/dégel, phénomène printanier caractéristique de la région d'étude. La deuxième tendance mise en évidence pour le diamètre des vaisseaux est une augmentation de la taille de l'ouest vers l'est du Québec. Cela semble être directement lié aux variations des précipitations, qui augmentent sur l'axe ouest-est. En termes **(ii)** de lumen de la fibre, les premières observations suggèrent une différence significative entre les sites situés au sud (domaine bioclimatique de l'érablière à bouleau jaune), présentant une taille supérieure à ceux localisés au nord de l'aire d'étude (domaine bioclimatique de la sapinière à bouleau jaune). Il s'agit de la première étude à s'intéresser à l'adaptation de l'érable à sucre en limite nordique de son aire de répartition, basée sur l'analyse quantitative des traits anatomiques du bois. En plus d'apporter des connaissances sur l'adaptation/acclimatation écophysiological de l'érable à diverses conditions climatiques, cette étude pourrait fournir des orientations sur le potentiel sylvicole de cette espèce au Québec en contexte de changements climatiques.

Mots clés : Érable à sucre, Québec, Dendro-anatomie, Analyse quantitative des traits anatomiques, Adaptation au climat.

Évaluation non destructive de l'Impact de la carie dans le bois de l'érable à sucre sur ses propriétés chimiques physiques, et mécaniques*

**Cette présentation est proposée en format vidéo préenregistrée.*

Achraf Ammar¹, Youssef Ben Slim¹, **Ahmed Koubaa¹** (ahmed.koubaa@ugat.ca), Dorra Gassara², Sana Koubaa², Yves Bergeron¹, Pierre Grondin³, David Voyer³, Alexis Achim⁴

¹ Institut de Recherche sur les Forêts, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, Canada

² École Nationale d'ingénieurs de Sfax, Tunisie

³ Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec, Canada

⁴ Département des sciences du bois et de la Forêt, Université Laval, Canada

Le bois d'érable à sucre est très apprécié pour son apparence et sa résistance. Cependant, son bois est susceptible à la carie qui entraîne une diminution considérable de sa valeur et de ses propriétés. Ainsi, l'objectif général de ce travail était d'évaluer l'impact de la présence de la carie sur les propriétés chimiques, physiques et mécaniques du bois de l'érable à sucre par des outils de caractérisation nondestructive dont la densitométrie à rayon X, la tomographie acoustique, l'ultrason et la spectroscopie infrarouge proche (NIR). Les résultats indiquent que la présence de la carie entraîne des diminutions importantes de la densité du bois et des propriétés mécaniques et une variation importante de la composition chimique du bois. Par exemple, la diminution des propriétés mécaniques du bois d'érable à sucre peut atteindre jusqu'à 60 % en fonction du stade de la carie. La présence de la carie se manifeste aussi par une diminution importante de la teneur en lignine. Par ailleurs, les outils non destructifs ont permis de mesurer l'impact de la carie sur la qualité du bois sur un nombre important d'arbres. Des modèles de prédiction ont permis de prédire la proportion de la carie et de son impact sur les propriétés mécaniques du bois à partir des données de la tomographie acoustique. De la même façon, des modèles de prédiction de composants chimiques dans le bois ont été construits à partir des analyses de la chimie de surface du bois par NIR. Les modèles développés sont suffisamment robustes pour déterminer la composition chimique d'un arbre, permettant ainsi de détecter la présence de carie à partir d'échantillons non destructifs. Ces résultats ont des implications pratiques importantes incluant la possibilité de déterminer la qualité du bois des peuplement et des plantations de cette essence et de son potentiel d'utilisation pour divers usages.

Mots clés : Érable à sucre, Qualité du bois, Caractérisation non destructive, Tomographie acoustique, spectroscopie infrarouge proche, Propriétés mécaniques, Propriétés chimiques

Caractérisations physique et chimique du bois d'érable à sucre en fonction du niveau d'avancement de la coloration de cœur

Tojoniaina Njatoarimanga¹ (tojoniaina.njatoarimanga.1@ulaval.ca), Alexis Achim¹, Filip Havreljuk²

¹Département des sciences du bois et de la Forêt, Université Laval, Canada

²Direction de la recherche forestière, Ministère des Ressources naturelles et des Forêts du Québec, Québec, Canada

Des érables à sucre (*Acer saccharum* Marsh.) qui se développent à la limite nord de leur aire de répartition au Québec, où l'on observe une population importante d'érables à sucre avec du faux bois de cœur, ont été soumis à une série d'analyses non destructives. Ces analyses ont révélé la présence de deux formes distinctes de bois de cœur dans les érablières nordiques : la forme circulaire et la forme étoilée. Il a été constaté que la forme étoilée du bois de cœur est une variante de la forme circulaire, où la coloration résultant de fissures radiales crée une apparence irrégulière dans le bois de cœur. Des indicateurs de carie et de pourriture étaient présents à la fois dans la moelle et dans les tissus adjacents aux fissures. Les cellules touchées par la carie renfermaient des cristaux riches en calcium, avec une teneur estimée entre 14 % et 34 %, principalement localisés dans les vaisseaux et le parenchyme des rayons. Ces cristaux, prenant diverses formes telles que sphériques, prismatiques, plates et en druse, pourraient être de l'oxalate de calcium. En outre, les zones colorées ainsi que la couche limite affichaient une concentration élevée en calcium et en manganèse. Par ailleurs, des distinctions notables étaient observées en ce qui concerne la teneur en humidité à l'état vert et la densité basale entre le bois coloré et le bois non coloré. Le bois coloré présentait une teneur en humidité 1,4 fois supérieure à celle du bois non coloré. Cette teneur en humidité élevée, combinée à la présence de tissus en décomposition, entraînait une diminution de la densité basale du bois coloré. Ces constatations suggèrent que la coloration altère les caractéristiques chimiques et physiques de l'érable à sucre.

Mots clés : Érable à sucre, Faux bois de cœur, Carie, Coloration, Inclusion cristalline, Teneur en humidité, Densité basale

BOITE A OUTILS

Contacts

Se rendre à la Station Duchesnay

Activités annexes

Exposition Symphonies Boréales

Contacts

dorian.gaboriau@uqat.ca

martin.girardin@nrcan-rncan.gc.ca

alexandrefnolin@arizona.edu

Site internet

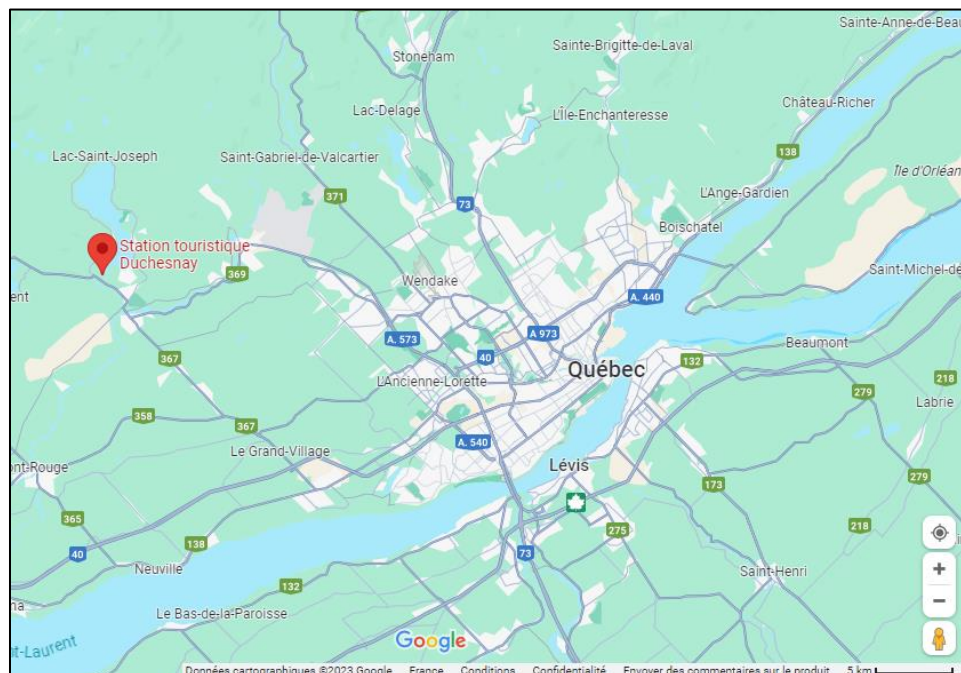
<https://forets-froides.org/>

Se rendre à la Station Duchesnay

De l'autoroute 40, prendre la sortie 295 vers Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier. Suivre la route 367, traverser la ville de Sainte-Catherine et prendre la montée, par la suite tourner à la première route à gauche (route Duchesnay). De là, comptez environ 2 km; Duchesnay se trouve à droite.

Adresse : 140 Mnt de l'Auberge, Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier, QC G3N 2Y6, Canada

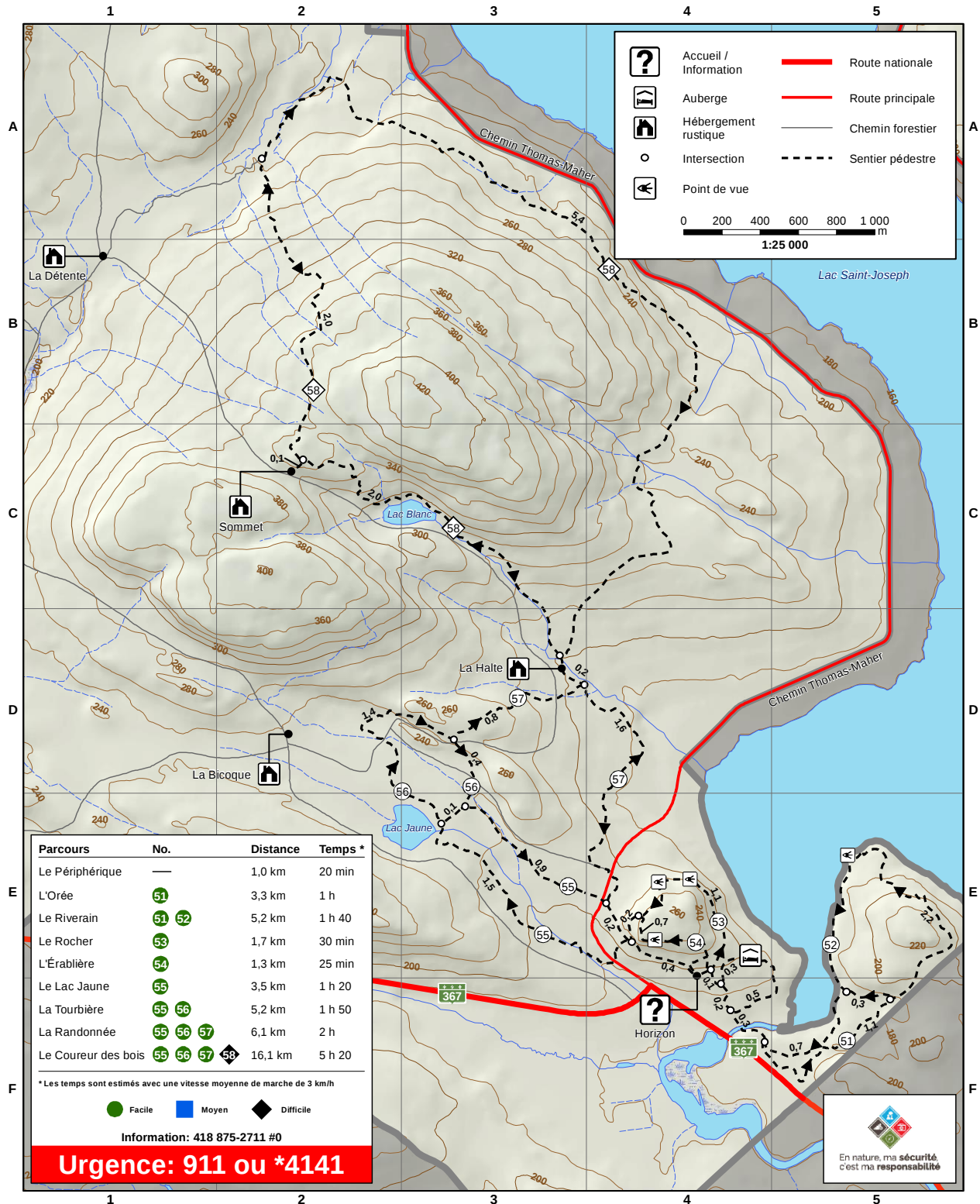
Téléphone : +1 866-683-2711



ACTIVITÉS ANNEXES



Station touristique Duchesnay - Randonnée pédestre



Lieux emblématiques à visiter à Québec

- Château Frontenac
- Vieux Québec
- Plaines d'Abraham
- Place Royale
- Cathédrale Notre-Dame-de-Québec
- Parlement de Québec
- Citadelle de Québec
- Musée de la civilisation
- Musée des plaines d'Abraham



Lieux emblématiques à visiter dans la région

- La Chute Montmorency
- L'Île d'Orléans
- Le Parc national de la Jacques-Cartier (pour les amateurs de randonnée !)
- Le Canyon des chutes de Sainte Anne
- Le site Huron Wendate

Logements possibles à Québec

Dans le vieux Québec

Une expérience Québec au Monastère des Augustines
Pour les adeptes de moderne et pop, c'est l'Hotel AtypiQ
Pour les plus classiques, l'Hôtel Le Bloc
Un autre classique, l'Hôtel Le Concorde

<https://monastere.ca/fr/hebergement>
<https://www.atypiqhotel.com>
<https://www.hotellebloc.com>
<https://hotelleconcordequebec.com>

Dans le secteur Sainte-Foy/Sillery, loin des beaux sites touristiques mais proche des grands centres commerciaux

Un peu plus couteux

Hôtel Universel
Hôtel Classique
Hôtel Quartier, Ascend Hotel Collection
Hôtel Québec

<https://hoteluniversel.qc.ca/en/>
<https://www.hotelclassique.com/fr-ca>
<https://hotelquartier.com/en/home/>
<https://www.hotelsjaro.com/hotel-quebec>

Un peu moins couteux

Hôtel Lindbergh
Hôtel Sepia

<https://www.hotelsjaro.com/en/lindbergh>
<https://www.hotelsepia.ca/en/>

EXPOSITION



SYMPHONIES BORÉALES

"**Symphonies boréales**" trouve son origine dans une volonté de fusionner arts et sciences, afin de permettre la vulgarisation du sujet de recherche en écologie du professeur Maxence Martin, sur la dynamique et la diversité des vieilles forêts boréales du Canada. Le cœur de ce projet consiste à donner une voix propre à ces forêts, leur permettant de chanter par elle-même leur histoire. Pour ce faire, la croissance annuelle de plus de centaines d'arbres composant des dizaines de vieilles forêts a été retranscrite en mélodies dont les variations de ton illustrent la dynamique de croissance. Ainsi, plus la croissance annuelle de l'arbre est forte et plus la note est aiguë; au contraire, moins la croissance est forte et plus la note est grave. Chacune des mélodies obtenues a été ensuite regroupée par peuplement, menant à la création de dizaines de symphonies dont les variations harmoniques témoignent du vécu de chacune de ces vieilles forêts au cours des siècles. Les « Symphonies boréales » agissent alors comme un intermédiaire, proposant une connexion intime et unique avec des forêts multiséculaires.



Pour plus d'informations sur le projet

www.symphoniesboreales.com

<https://www.facebook.com/symphoniesboreales>