

Chenille de la spongieuse nord-américaine (*Lymantria dispar dispar*);
Source : commons.wikimedia.org

IMPACTS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR LES FORÊTS

ÉTAT DE LA SCIENCE ET MOYENS D'ADAPTATION

Les impacts des changements climatiques sur la santé et la productivité des forêts — notamment sur l'activité accrue des insectes ravageurs forestiers ainsi que sur les stratégies à favoriser pour rendre les forêts plus résistantes et résilientes — ont été abordés lors des présentations de la deuxième journée du Colloque Biodiversité 2021 tenu par le Réseau Reboisement Ligniculture Québec les 4, 5 et 6 octobre dernier.

PAR PATRICK BENOIST, PH. D., RAED ELFERJANI, PH. D., NELSON THIFFAULT, ING.F. ET PH. D., ET NICOLAS BÉLANGER, PH. D., R2LQ

Plus de 260 personnes ont assisté, de manière virtuelle, aux 10 conférences et aux trois panels d'experts présentés lors du Colloque Biodiversité 2021 organisé par le Réseau Reboisement Ligniculture Québec (R2LQ) conjointement avec Réseau Environnement et en partenariat avec le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada et l'Ordre des ingénieurs forestiers du Québec. L'événement a réuni 28 intervenants provenant d'institutions de recherche, d'universités, du monde municipal, des gouvernements fédéral et provincial et de l'industrie. Ils ont abordé différents aspects liés au thème « La forêt à l'ère des changements climatiques : regards sur la forêt québécoise et le parc forestier en milieux urbanisés ».

INSECTES RAVAGEURS ET INFESTATIONS : PRÉVOIR ET PRÉVENIR

L'intervention du professeur Hervé Jactel, directeur de recherche en écologie et en entomologie forestière à l'Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement de France (INRAE), s'est concentrée sur les impacts des changements climatiques en lien avec

l'activité des insectes ravageurs. M. Jactel suggère que le réchauffement climatique a, dans ses principales composantes, un impact majeur sur la santé des forêts par ses effets sur les insectes ravageurs, puisqu'il favorise généralement leur survie et leurs activités. De plus, le réchauffement climatique favorise l'élargissement de l'aire de répartition des ravageurs indigènes ainsi que leur prolifération sur plusieurs générations. Les chocs thermiques peuvent néanmoins avoir un effet défavorable sur le taux de survie de certaines espèces d'insectes. Dans le même sens, les ennemis naturels (les parasitoïdes) et le taux de parasitisme augmentent avec l'élévation de la température, ce qui peut laisser présager une certaine régulation naturelle des ravageurs avec le réchauffement climatique.

Selon M. Jactel, la sécheresse exerce des effets complexes qui dépendent à la fois des espèces d'insectes et de l'intensité des stress hydriques subis par les arbres. Avec des épisodes de sécheresse de plus en plus sévères, on observe normalement plus de dégâts dans les forêts causés par des ravageurs primaires des feuilles (p. ex. les chenilles processionnaires) et des ravageurs secondaires du bois (p. ex. les scolytes), alors que les ravageurs primaires du bois (p. ex. les hylobes) sont moins actifs. De plus, les

arbres montrent une meilleure résistance aux ravageurs lorsque le stress hydrique est moins intense, car ils utilisent une partie de leur énergie pour la production de molécules de défense, comme les terpènes.

Les recherches de M. Jactel suggèrent aussi que les changements climatiques peuvent favoriser des interactions avec des phénomènes extrêmes (comme les tempêtes) qui mènent, par exemple, à la production de chablis et donc à des substrats favorables à la prolifération des parasites. L'introduction d'insectes ravageurs exotiques en provenance de pays chauds (pour la plupart asiatiques) est une nouvelle composante dans l'échiquier des menaces exercées sur les forêts. Ces insectes trouvent, en effet, un terreau favorable à leur développement (souvent exponentiel) dans les régions tempérées où la température évolue à la hausse. Il paraît évident pour M. Jactel que les insectes seront les grands gagnants des changements climatiques, car ils pourront échapper aux mauvaises conditions ou s'adapter aux nouvelles conditions grâce à leur mobilité, leur adaptabilité, leur vitesse de reproduction et leur grande diversité génétique.

— *Fait notable : il y a au moins 100 fois plus d'espèces d'insectes que d'arbres.* —

M. Jactel a précisé qu'il existe des façons d'augmenter la résistance des forêts aux ravageurs, qu'ils soient indigènes ou exotiques. Une des approches à privilégier est d'accroître la richesse des peuplements en favorisant différentes espèces d'arbres. Cette résistance aux ravageurs par association peut s'expliquer par un ensemble de mécanismes distincts, mais complémentaires :

- l'effet de dilution des ressources en arbres hôtes ;
- la réduction de l'apparence des arbres hôtes (les stimuli visuels sont alors perturbés) en combinaison avec l'effet de répulsion par les substances olfactives des arbres non hôtes ;
- une plus grande diversité des ennemis naturels (parasitoïdes et prédateurs) dans les forêts mélangées ;
- la modification de l'expression des traits foliaires chez les arbres hôtes, incluant la production de composés de défense chimique ;
- la réduction de la stabilité des interactions biotiques avec les insectes herbivores.



Nelson Thiffault

Épinette noire (*Picea mariana*), une espèce caractéristique de la forêt boréale et de grande importance économique au Québec



Votre forêt : notre expertise

Un aménagement de **qualité** pour une **meilleure** productivité



Aménagement forestier
coopératif de Wolfe
Ham-Nord
Tél. : 819 344-2232
www.afcw.ca



Groupement forestier
du Haut-Yamaska
Cowansville
Tél. : 450 263-7120
www.gfhy.ca



Groupement forestier
coopératif St-François
Windsor
Tél. : 819 845-3266
www.gfsf.ca



Aménagement forestier
coopératif des Appalaches
La Patrie
Tél. : 819 888-2790
www.afca.coop



Aménagement forestier
et agricole des Sommets inc.
Coaticook
Tél. : 819 849-7048
www.afasommets.qc.ca



Dans un contexte d'aménagement forestier, il est donc crucial de bien choisir la composition des essences commerciales (conifères et feuillus) et d'optimiser le design de plantation pour mettre en place des forêts mélangées offrant une plus grande palette de services écosystémiques qui, au bout du compte, deviendront plus résistantes aux ravageurs et résilientes aux aléas climatiques.

PRODUCTIVITÉ DES FORÊTS : DES PRÉVISIONS OPTIMISTES?

Le professeur Loïc D'Orangeville de la Faculté de foresterie et de gestion de l'environnement de l'Université du Nouveau-Brunswick a présenté un bilan de ses travaux qui visent à mieux comprendre la réponse des forêts canadiennes aux changements climatiques. Pour ce faire, il utilise diverses approches complémentaires, comme les simulations expérimentales de réchauffement et de sécheresse en milieu contrôlé et le suivi détaillé de processus physiologiques (comme la croissance radiale et le transport de la sève) en forêt, ainsi que l'analyse de vastes bases de données de croissance historique à l'échelle continentale.

M. D'Orangeville a d'abord rappelé que la croissance des arbres est affectée par des facteurs climatiques — comme la température, la disponibilité en eau et la radiation solaire — qui peuvent devenir limitants. Il a ensuite passé en revue un éventail d'approches pouvant être utilisées pour mieux comprendre les facteurs régissant la productivité des forêts et ainsi simuler leur état futur. Ses études sur les cernes de croissance suggèrent que la température est le facteur limitant le plus la croissance des arbres dans le nord du Canada, alors que c'est la disponibilité en eau qui s'avère le facteur le plus limitant dans le sud. Selon M. D'Orangeville, les données satellitaires révèlent que l'élévation des températures des dernières années a permis d'augmenter le niveau de « vert » (un indicateur de la santé des écosystèmes) dans les forêts boréale et tempérée non perturbées. Toutefois, ce niveau de « vert » a chuté dans les forêts perturbées.

Bien que ces approches soient élégantes et informatives, le professeur D'Orangeville suggère que les observations répétées des parcelles permanentes constituent sans doute l'approche la plus robuste pour bâtir des modèles prédictifs de croissance et d'évolution des aires de répartition des principales espèces. En l'absence de perturbations et en tenant compte de l'abondance relative des principales espèces déjà présentes, les modèles établis par l'équipe de M. D'Orangeville prédisent une hausse de croissance moyenne de 40 % à 52 % à l'est des Rocheuses d'ici 30 à 40 ans. Il existerait néanmoins de grandes disparités entre les régions et entre les espèces. Par exemple, les modèles prédisent des hausses de croissance plus au nord de l'aire de répartition de diverses espèces et des baisses de croissance dans le sud de leurs aires de répartition plus chaudes et sèches. En ce qui concerne plus particulièrement le sapin baumier, le pin gris et l'épinette noire, les modèles suggèrent une hausse moyenne de la croissance de 80 % au sein du Bouclier boréal de l'est et de 33 % à 45 % dans le centre du Canada. Toutefois, l'épinette blanche est le grand perdant avec un déclin de croissance prononcé. Le réchauffement climatique pourrait donc compenser une partie des pertes de surfaces productives par les perturbations (p. ex. les épidémies d'insectes et les incendies) en entraînant ailleurs une hausse marquée de la croissance des arbres. M. D'Orangeville précise néanmoins qu'il est encore difficile de prévoir l'impact des anomalies extrêmes rares, comme les sécheresses intenses, sur la mortalité des arbres. Dans les régions climatiques les plus arrosées du Québec, ces sécheresses seraient peu probables dans un futur proche. Par contre, la fréquence des sécheresses modérées aura sans aucun doute un plus gros impact sur la mortalité forestière que l'intensité des sécheresses. Bien que la connaissance des effets des changements climatiques sur la croissance des arbres s'améliore rapidement, M. D'Orangeville suggère de se pencher sur la définition des seuils de tolérance climatiques de chacune des essences d'arbres d'intérêt économique. C'est, selon lui, la bonne voie à suivre pour bien anticiper les effets des anomalies climatiques sur les forêts québécoises.

GÉNOMIQUE FORESTIÈRE ET MIGRATION ASSISTÉE : LA PANACÉE?

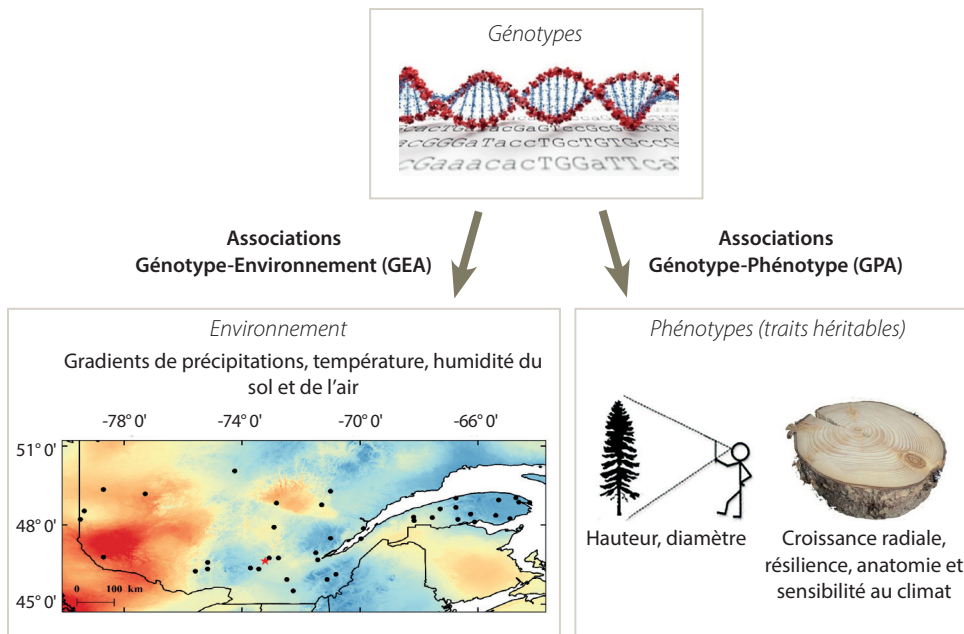
Nathalie Isabel, chercheuse en génétique forestière au Centre de foresterie des Laurentides du Service canadien des forêts, et Samuel Royer-Tardif, chercheur en sylviculture d'adaptation aux changements climatiques au Centre d'enseignement et de recherche en foresterie (CERFO), ont abordé ensemble la thématique de la capacité d'adaptation des essences forestières et leur vulnérabilité face aux changements climatiques sous l'angle de la génomique forestière. Ils ont discuté des différents outils et approches qui permettent de développer les connaissances dans ce domaine. M. Royer-Tardif a expliqué que la vulnérabilité des forêts aux changements climatiques est le résultat de l'exposition (soit le degré de changement environnemental que connaîtra un individu) et de la sensibilité (soit le degré auquel l'individu risque d'être affecté par le changement). Celles-ci vont déterminer l'impact potentiel qui, lui-même, sera modulé par la capacité d'adaptation aux changements environnementaux.

La capacité d'adaptation sera donc un facteur déterminant dans le devenir des espèces forestières. Est-ce qu'elles s'adapteront localement? Est-ce qu'elles migreront? Ou encore, est-ce qu'elles s'extirperont et disparaîtront complètement? M. Royer-Tardif a expliqué que la persistance sur place (l'adaptation locale) peut être facilitée par la plasticité, soit l'adaptation individuelle ou l'ajustement des traits phénotypiques, et par l'augmentation de la fréquence des gènes favorables à cette persistance par des transferts au sein des populations, entre populations et avec d'autres espèces. Deux approches distinctes permettent de caractériser la capacité d'adaptation, c'est-à-dire l'approche autécologique et l'approche comparative.

Dans l'approche autécologique, qui se limite aux essences commerciales bien documentées, plusieurs traits d'une seule espèce ou de plusieurs espèces apparentées dans un genre sont étudiés avec l'objectif de prédire et de modéliser leur distribution et leur croissance. Dans ce sens, M^{me} Isabel a identifié plusieurs programmes de sélection génomique réalisés depuis des dizaines d'années sur des essences de conifères à partir de graines récoltées dans des populations naturelles. Celles-ci sont cultivées dans des jardins communs pour cibler des critères de productivité, de qualité du bois et de résistance aux insectes et aux maladies. M^{me} Isabel a souligné que la mesure de la capacité d'adaptation et de résilience à des stress climatiques demeure tout de même difficile à appréhender. Pour y parvenir, les scientifiques peuvent faire appel à deux approches complémentaires : ① l'étude d'associations génotype-environnement (GEA) qui fait l'association entre des variables climatiques et des données génétiques de populations; et ② l'étude d'associations génotype-phénotype (GPA) qui permet de mesurer des traits dans des environnements homogènes (p. ex. des jardins communs ou des serres) et d'établir des liens entre les

caractères et les données génomiques acquises. L'approche GEA a permis de montrer, par exemple, que les peupliers baumier, deltoïde et faux-tremble constituent des groupes génétiques différents vivant dans des environnements distincts, mais qui continuent à échanger et qui possèdent une certaine plasticité leur permettant de s'acclimater aux contraintes environnementales.

Figure 1. Études des associations génotype-environnement (GEA) et génotype-phénotype (GPA) : l'exemple de la réponse de l'épinette blanche à la sécheresse *



* Version modifiée de la figure de l'article de Depardieu et coll., *Le Climatoscope*, n° 3, octobre 2021, p. 68

Le recours à la dendroécologie a également permis d'identifier des traits permettant d'établir des relations entre les variables climatiques — comme les gels tardifs pour le pin blanc ou le déficit en eau pour l'épinette blanche — et la croissance des arbres de différentes provenances préadaptées génétiquement. De plus, la signature spectrale des semis est une technique utilisée pour analyser les traits adaptatifs et estimer des indices de végétation qui informent sur l'état physiologique des arbres, comme dans l'étude du stress hydrique chez le pin sylvestre. Selon M^{me} Isabel, il y a deux messages à retenir : ① les essences commerciales ont de grands niveaux de diversité génétique et sont constituées de grandes populations interconnectées ; et ② les individus et les populations ne sont pas des unités homogènes au sein de leur aire de répartition. Le fruit des travaux de M^{me} Isabel et ses collègues confirme qu'il y a une adaptation locale des populations et une variation entre les individus d'une même population.

Selon M. Royer-Tardif, l'approche comparative vise à caractériser l'ensemble des espèces d'une région selon des traits restreints, avec l'objectif de trier les essences pour identifier celles qui sont plus vulnérables et pour lesquelles il faudrait allouer plus de ressources, surtout dans un contexte de conservation. Une approche hybride associant les deux approches (autécologique et comparative) a été utilisée par les chercheurs pour étudier la capacité d'adaptation de 26 essences nord-américaines (incluant des conifères et des feuillus). Ils ont noté que de nombreuses données étaient encore manquantes, notamment en ce qui concerne la diversité génétique et la différenciation des populations et de la plasticité. De ce fait, les incertitudes persistent quant aux capacités d'adaptation des différentes espèces et de leurs interactions au sein des écosystèmes.

Selon les deux experts, la migration assistée reste un des outils à la disposition des forestiers qui doit cependant considérer une multitude d'autres facteurs pour ne pas affecter son succès, notamment le niveau de fermeture de la canopée et de compétition entre les arbres, ainsi que la perception du risque et des efforts à consentir. Par l'entremise de la migration assistée, on peut vouloir générer un flux génétique entre les populations à l'intérieur de la distribution d'une espèce, ou encore favoriser l'exten-

sion de l'aire de répartition d'une espèce ou la migration des espèces à l'extérieur de leur aire de répartition. M. Royer-Tardif propose de privilégier une approche « portfolio » qui permet de distribuer le risque dans le paysage. Il a fait valoir qu'une meilleure adaptation des pratiques forestières devrait passer par une diversité d'approches qui tiennent compte de l'ensemble des perturbations forestières, des interactions entre les espèces et avec les autres niveaux trophiques, des objectifs d'aménagement (p. ex. l'adaptation naturelle, la foresterie multifonctionnelle et la production de bois) et du niveau de vulnérabilité de la forêt. Bien qu'il existe plusieurs outils pour permettre une meilleure adaptation des forêts aux changements climatiques, M^{me} Isabel conclut qu'il faudra innover, faire des choix éclairés et intégrer plusieurs intervenants des milieux socio-économique et politique pour assurer la pérennité de la ressource forestière.

EN SAVOIR PLUS

Pour plus d'informations sur le contenu du Colloque Biodiversité 2021 ou sur les activités du 2RLQ, contactez M. Raed Elferjani, par courriel : Raed.Elferjani@teluq.ca.

Les présentations du Colloque Biodiversité 2021 peuvent être visionnées gratuitement au www.2rlq.teluq.ca.