

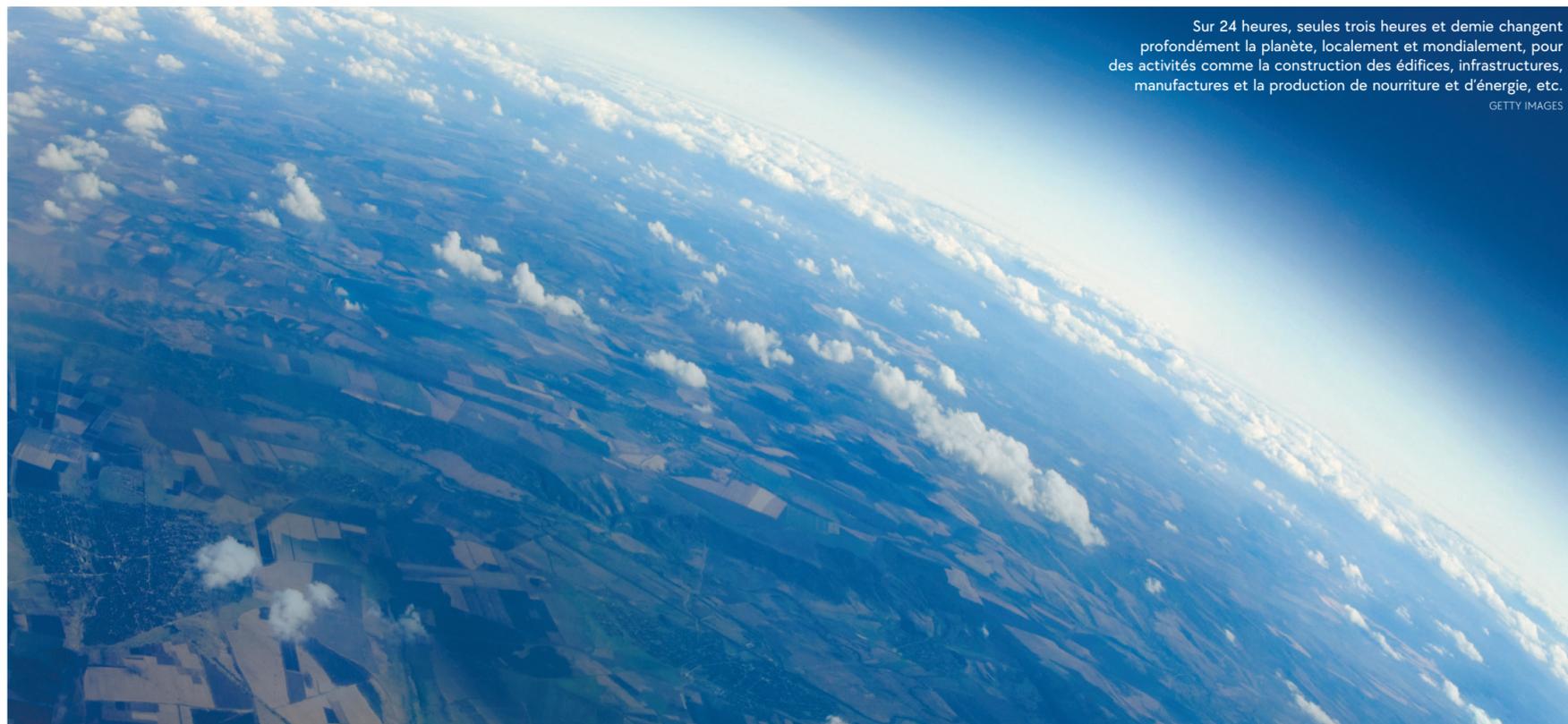
# RECHERCHE ENJEUX CLIMATIQUES

CAHIER SPÉCIAL D | LES SAMEDI 16 ET DIMANCHE 17 SEPTEMBRE 2023

LEDEVOIR

## De la prospective à l'adaptabilité

Orages violents, vagues de chaleur, feux de forêt, pollution atmosphérique... Le Québec a connu un été marqué par des événements climatiques d'envergure. Au cours des prochaines années, ces situations seront de plus en plus fréquentes, nous dit-on. Selon le consortium québécois sur la climatologie Ouranos, des hausses de température importantes sont à prévoir jusqu'à la fin du siècle. Ce contexte fera en sorte que jusqu'à 20 % des habitats forestiers pourraient devenir inadaptés pour certaines espèces d'arbres. Quant aux précipitations, qui ont augmenté en moyenne de 10,5 % durant les dernières décennies, elles seront plus abondantes et extrêmes, faisant grimper la redondance des inondations, qui, à leur tour, auront des répercussions néfastes sur nos infrastructures, sur nos services essentiels, ainsi que sur les habiletés psychosociales de la population. Ce cahier spécial, premier d'une série de deux, dresse un tableau loin d'être exhaustif des défis climatiques actuels et futurs, ainsi que des solutions proposées par des équipes de chercheurs dans toutes les universités de la province, afin d'assurer notre adaptabilité aux indubitables changements.



Sur 24 heures, seules trois heures et demie changent profondément la planète, localement et mondialement, pour des activités comme la construction des édifices, infrastructures, manufactures et la production de nourriture et d'énergie, etc.

GETTY IMAGES

## 24 heures sur la planète

Pour avoir une vision globale de l'impact des activités humaines sur la Terre, des chercheurs ont analysé celles-ci sur l'échelle d'une journée

CATHERINE COUTURIER  
COLLABORATION SPÉCIALE

Dans le domaine des sciences des systèmes terrestres, on considère la planète comme un système. « Les humains font partie de ce système, mais dans les analyses traditionnelles, ceux-ci ne sont considérés que comme une source d'émission de gaz à effet de serre », s'étonne William Fajzel, doctorant à l'Université McGill. Or, comme l'analyse du cycle de charbon l'a montré dans les années 1980, il est essentiel de mieux comprendre ces systèmes pour comprendre la Terre et les changements climatiques.

### Une meilleure vue d'ensemble

« On en connaît beaucoup sur les interactions locales, mais on a peu d'outils pour comprendre comment ça fonctionne à l'échelle globale », indique Eric Galbraith, professeur en sciences du système terrestre à l'Université McGill et titulaire de la Chaire de recherche du Canada en dynamique du système humain-terrestre.

D'où l'importance de prendre du recul. « Nous avons besoin d'un portrait holistique de ce que les humains font. Sans ça, on ne peut s'attaquer aux problèmes », souligne M. Fajzel. Dans le cadre des études de William Fajzel, Eric Galbraith et son équipe ont donc décidé de compiler les activités de la planète et de les ramener sur 24 heures, une échelle de temps universelle. « Avec cette échelle constante, on peut vraiment connaître

ce qui se passe dans le monde », avance M. Galbraith. Les résultats ont été publiés dans la revue scientifique PNAS en juin dernier.

### Compiler les activités humaines

L'équipe a décidé d'utiliser le temps comme unité de mesure « pour mieux comprendre ce que font les humains sur cette planète en crise », résume M. Fajzel. « Nous voulions simplement quantifier les activités humaines à plus grande échelle. Étonnamment, personne ne l'avait encore fait », raconte M. Galbraith. Ils ont utilisé les enquêtes d'activités menées par les gouvernements partout dans le monde, où les participants étaient appelés à remplir un journal d'activités sur 24 heures.

Ce long travail s'est étalé sur deux ans. « Les données existaient, mais elles n'étaient pas centralisées », note M. Fajzel. Ces données n'étaient pas uniformes, le lexique d'activités étant parfois restreint à une dizaine d'activités, parfois jusqu'à une centaine. « On a essayé de décrire les activités d'une manière non ambiguë, qui fonctionnait pour toutes les cultures », relate M. Galbraith. Les données ont été compilées par pays et par âge, avant qu'on en fasse une moyenne quotidienne pour toute la planète.

### Peu de temps, beaucoup d'impacts

Premier constat : les humains passent beaucoup de temps à faire des activités pour eux-mêmes et pour les autres. Dormir est l'activité qui occupe le plus de temps (neuf heures en moyenne) ; suivent les soins d'hygiène,

les soins médicaux et de ses proches, et les activités passives (se détendre, regarder la télévision). Toutes ces activités, qui n'ont aucun impact sur la planète (en excluant la production des biens qui leur sont reliés), totalisent environ 18 heures 30 minutes par jour à l'échelle planétaire. Dans le temps qui reste, environ deux heures sont attribuées aux activités organisationnelles : commerce, finance, gouvernance, transport des humains et des produits. Ainsi, sur une période de 24 heures, seulement trois heures et demie changent profondément la planète, localement et mondialement, pour des activités comme la construction des édifices, infrastructures, manufactures, la production de nourriture et d'énergie, etc.

« La majorité du temps, les humains font des activités sans impacts. Ces activités passives, sociales et interactives sont aussi les plus agréables pour eux, observe M. Fajzel. À l'opposé, les activités responsables de la crise planétaire (soit l'extraction de l'énergie et de la matière) occupent environ 10 minutes d'une journée planétaire. »

### Donner de l'espoir

Cette étude ouvre une perspective différente et donne de l'espoir devant la tâche colossale d'affronter les changements climatiques. « Si on double le temps pris pour s'occuper d'une activité qui requiert très peu de temps, ça reste encore très peu de temps », fait remarquer M. Fajzel.

Si on consacrait plus de temps, à l'échelle planétaire, à la gestion des

## Une première estimation de l'empreinte québécoise

Quatre-vingt-quinze millions de tonnes équivalent CO<sub>2</sub>, ou 11,3 tonnes par habitant. C'est l'empreinte carbone de la société québécoise pour l'année 2018, selon la première estimation de l'Institut de la statistique du Québec (ISQ), publiée en juin dernier. Ce calcul donne un autre point de vue de la consommation énergétique et de ses effets sur la planète.

Cette donnée correspond à la quantité totale de gaz à effet de serre (GES) « émise par les activités servant à répondre à la demande de biens ou de services », peut-on lire dans le rapport. De ces 95 millions de tonnes, 68, soit 72 % de l'empreinte carbone de la société, servent à répondre à des besoins de consommation courante des ménages (nourriture, carburant, vêtements, loisirs, etc.). Les autres émissions sont générées pour répondre aux besoins de consommation courante des gouvernements et institutions (8 millions de tonnes) et aux besoins d'investissements des ménages, des gouvernements, des institutions et des entreprises (construction d'ouvrages de génie civil, machines et matériel, produits de propriété intellectuelle).

Ce total prend également en compte les dépenses énergétiques faites à l'étranger pour répondre aux besoins des familles québécoises. Ainsi, 31 % de l'empreinte carbone de la société vient de l'extérieur du Canada, surtout de la Chine, à l'origine de 7,4 millions de tonnes équivalent CO<sub>2</sub> (les États-Unis suivent pas très loin derrière).

L'ISQ a par ailleurs dressé un portrait des émissions de gaz à effet de serre résultant des exportations québécoises. Celles-ci s'élevaient en 2018 à au moins 77 millions de tonnes équivalent CO<sub>2</sub>. Plus de la moitié (57 %) découlent des activités du secteur de la fabrication, et le quart (26 %) proviennent du secteur primaire (agriculture, foresterie, extraction minière). Notons qu'une grande partie de ces émissions (47 %) proviennent de produits faits à l'extérieur du Québec, mais qui entrent dans la composition de produits fabriqués dans la province, puis qui sont exportés.

déchets, par exemple, beaucoup pourrait être accompli. En ce moment, d'une à deux minutes par jour seulement sont consacrées au recyclage, à la gestion des déchets domestiques et industriels et des égouts. « Ce n'est pas étonnant qu'on ait beaucoup de problèmes avec cette gestion des déchets... Ça montre qu'on a la capacité d'en faire davantage », explique M. Galbraith.

Une telle analyse change aussi complètement la perception qu'on a de la production d'énergie. « On dit que c'est très difficile, d'arrêter d'utiliser les combustibles fossiles, parce que ça occupe une grande partie de

l'économie. Mais, en fait, à l'échelle internationale, ça représente deux minutes par jour. On a par conséquent beaucoup de temps disponible pour constituer un nouveau système d'énergie », croit M. Galbraith.

Ce n'est donc pas par manque de temps que les changements ne se font pas, mais plutôt par manque de volonté politique, ou en raison d'autres freins (économiques, organisationnels, etc.). « Maintenant que je vois comment les humains passent leur temps, ça donne de l'espoir : il y a des possibilités pour combattre les enjeux climatiques et favoriser l'économie circulaire », conclut M. Galbraith.

## L'EXPLORATEUR DE TRAJECTOIRES

# Un nouvel outil pour atteindre la carboneutralité

Comment atteindre zéro émission nette de GES au Canada d'ici 2050 ? Répondre à cette question n'est pas une mince affaire, tant les scénarios envisageables sont nombreux. L'Institut de l'énergie Trottier (IET) de Polytechnique Montréal s'est toutefois retroussé les manches pour construire avec ses partenaires un outil de visualisation, l'Explorateur de trajectoires, permettant de comparer les chemins possibles vers cet engagement du gouvernement fédéral.

PASCALINE DAVID  
COLLABORATION SPÉCIALE

Atteindre la carboneutralité « requiert l'utilisation de technologies et de systèmes énergétiques ne produisant pas d'émissions de gaz à effet de serre, de même que la captation et le stockage permanent de toute émission atmosphérique restante, selon l'Institut climatique du Canada. Autrement dit, le Canada doit éliminer autant d'émissions qu'il en génère, pour éviter de contribuer aux changements climatiques. »

Pour faciliter la prise de décisions et l'élaboration de politiques publiques, le tableau de bord de l'Explorateur de trajectoires présente plus de 140 scénarios, déterminés en

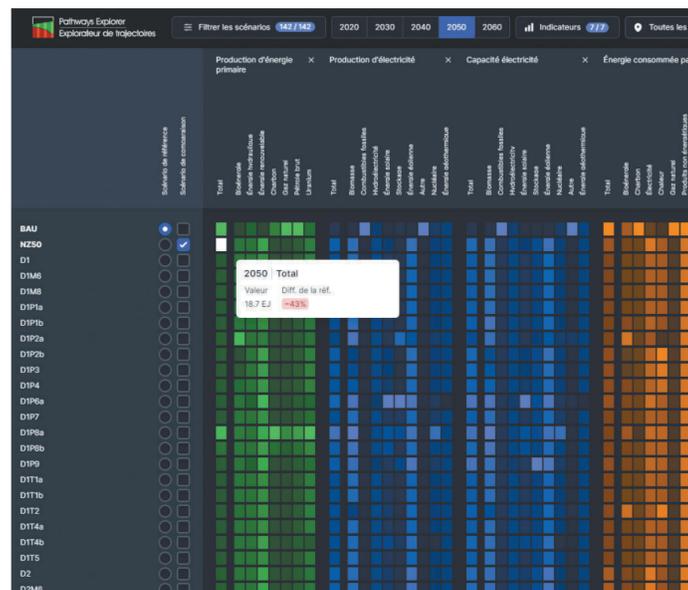
fonction de compromis énergétiques et sociétaux que l'on pourrait choisir, et fondés sur de grandes quantités de données. « L'idée est de partir d'un scénario de base selon des hypothèses comme le coût des technologies, tout en tenant compte des incertitudes qu'il peut y avoir sur un horizon de 40 ans », explique Simon Langlois-Bertrand, associé de recherche à l'IET. Et de comparer ce scénario de base à toute sorte d'autres scénarios menant tous à la carboneutralité d'ici 2050. L'outil calcule alors, dans chaque secteur, les économies ou les gains qu'il faudra faire.

### Des millions de données

En matière d'énergies primaires par exemple, on apprend ainsi que pour atteindre la carboneutralité en 2050

en se basant sur les politiques en place actuellement, il faudra que le Canada réduise sa production de pétrole brut (-76 %) de gaz naturel (-76 %) et de charbon (-36 %), et qu'il augmente sa production d'énergies renouvelables (+284 %), de bioénergie (+64 %), d'uranium (+7 %) et d'énergie hydraulique (+6 %). Ces différentiels sont aussi fournis pour la production électrique, la capacité électrique, l'énergie consommée selon la source et le secteur, etc. Et d'autres scénarios prévoient par exemple des politiques plus fortes de la part des gouvernements ou des développements technologiques ayant des effets sur la production de gaz à effet de serre dans tel ou tel secteur.

VOIR PAGE D 10 : OUTIL



Capture d'écran du tableau de bord de l'Explorateur de trajectoires. À gauche, les différents scénarios prédéfinis ; en haut, les secteurs générateurs de GES. Chaque carré de couleur représente l'effort à fournir dans chacun des secteurs pour atteindre la carboneutralité selon le scénario choisi. ADOBE STOCK

# Une « forêt connectée » pour le climat

Nos forêts jouent un rôle essentiel, en tant que puits de carbone, dans la réduction des gaz à effet de serre (GES). Mais comment les arbres réagissent-ils aux événements météorologiques extrêmes et, à plus grande échelle, aux changements climatiques ? Pour répondre à cette interrogation, un projet de forêt connectée à l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue (UQAT) permettra d'analyser des données précieuses, en temps réel.

PASCALINE DAVID  
COLLABORATION SPÉCIALE

L'étude dirigée par Fabio Gennaretti, professeur à l'Institut de recherche sur les forêts de l'UQAT, évaluera la répartition et les impacts des événements météorologiques de courte durée que sont les sécheresses et les gelées, sur la croissance des arbres. Dans la Forêt d'enseignement et de recherche du lac Duparquet (FERLD), située au milieu de la forêt boréale du Bouclier canadien, des capteurs enregistreront de nombreuses informations en continu et les transféreront en temps réel vers une centrale d'acquisition, connectée au réseau cellulaire.

À terme, les informations récoltées devraient être utiles pour réfléchir à une meilleure gestion des forêts, dans le cadre des changements climatiques. Peut-on s'attendre à des changements importants de séquestration du carbone ? Qu'en est-il de

la biodiversité ? De la disponibilité en bois ? L'équipe de Fabio Gennaretti se donne trois ans pour dégager des éléments de réponse sur la résistance et la résilience des écosystèmes forestiers face au plus grand défi de notre siècle. Le professeur est également titulaire de la Chaire de recherche du Canada en dendroécologie et en dendroclimatologie, dont la mission est de bonifier les connaissances sur la variabilité climatique et le fonctionnement des arbres dans la région boréale.

## Des informations précieuses

Parmi les données analysées dans cette forêt connectée, une attention particulière sera portée au flux de sève. « Dans les arbres, il y a un cycle journalier très marqué, le mouvement de la sève est plus rapide durant la journée et presque absent durant la nuit », explique Fabio Gennaretti. Cela indique la vitesse de transpiration, c'est-à-dire la quantité d'eau qui passe par centimètre carré de

bois à chaque seconde, un phénomène nécessaire à la régulation de température et à la photosynthèse. »

Le flux de carbone sera, lui aussi, analysé. « Cette mesure écosystémique n'est pas associée à un arbre spécifique, mais représente un bilan de notre forêt, soit l'équilibre entre tous les atomes de carbone captés versus ceux qui sont relâchés, ajoute le professeur. Elle nous indique la productivité nette de notre écosystème et l'habileté de la forêt à séquestrer du carbone en fonction des variabilités environnementales. »

Des images thermiques permettront par ailleurs à l'équipe de glaner des indices sur la vulnérabilité des arbres durant des périodes de sécheresse. Un système spécifique sera mis en place sur certains arbres sélectionnés, privés d'eau de pluie par un toit, pour les mettre en situation de stress hydrique simulé. Les résultats indiqueront quelles espèces, conifères ou feuillus, sont plus ou moins sensibles.



La télédétection joue un rôle clé dans la lutte contre les feux de forêt. GETTY IMAGES

## « Télédétectives » à la rescousse

La Terre brûle. Littéralement. Sécheresses, feux de forêt et vagues de chaleur... Le Canada n'est pas épargné par les pires répercussions des changements climatiques. Au cœur des solutions, on trouve des « détectives » en géomatique et en télédétection qui, à l'aide de leurs outils, surveillent ces phénomènes météorologiques afin de prendre des décisions plus éclairées avant, durant et après ces événements.

LAETITIA ARNAUD-SICARI  
COLLABORATION SPÉCIALE

prendre des mesures, comme reboiser ou faire des coupes de récupération », ajoute M. Danneyrolles.

« La télédétection [...] c'est la capacité d'observer la Terre [en cherchant à distance] de l'information au moyen de capteurs sur drone, de mobiles, de radars, de sonars, etc. », résume Richard Fournier, professeur titulaire au Département de géomatique appliquée de l'Université de Sherbrooke et membre du CARTEL, l'un des plus importants centres de recherche universitaire au Canada en télédétection. « Quand on fait de la télédétection, on est des télédétectives. On se demande de quels capteurs on a besoin [selon la situation] », précise-t-il.

« On a fait de grandes avancées technologiques depuis qu'on a ces moyens-là. Avant ça, il fallait se balader sur le terrain en permanence. On ne pouvait pas couvrir tout le terrain. Ça causait des problèmes d'échantillonnage », fait remarquer Victor Danneyrolles, postdoctorant en télédétection et membre lui aussi du CARTEL.

La télédétection joue d'ailleurs un rôle clé dans la lutte contre les feux de forêt, comme ceux qui brûlent actuellement au Canada. « Pour la prévention, ça nous donne des indices pour les priorités et pour voir quels endroits sont plus sensibles. Quand il y a des feux, on peut voir où ils se propagent [et quelles communautés sont touchées] », explique M. Fournier. « On a la donnée quasiment en temps réel. On sait tout de suite où ça a brûlé et on peut ensuite

## Obstacles sur le chemin

D'après M. Fournier, même si la technologie a connu des percées majeures ces dernières années, l'avancement des connaissances liées à la télédétection se voit freiné pour trois principales raisons. « Aujourd'hui, on n'est pas en déficit de technologie, mais en déficit de savoir-faire pour être au niveau des données que nous avons pour les traiter rapidement et efficacement », dit-il.

Puis, bien que la télédétection soit très utilisée, elle reste néanmoins peu connue de la relève, ce qui la limite également. « Les jeunes qui se cherchent une carrière ne savent pas qu'on peut faire de la géomatique ou de la télédétection et devenir de bons détectives en environnement. Ce qu'on voit en général, ce sont des gens qui vont étudier en écologie, en génie, en gestion urbaine, etc. Aux deuxième et troisième cycles, ils vont davantage voir que ça existe », constate Richard Fournier.

La politique représente aussi un défi de taille lorsqu'on essaie de mettre en place des solutions pour s'adapter aux perturbations climatiques. « Quand on va arrêter d'écouter trop les signes de dollar, on va essayer de trouver le signe de compromis entre le développement de la population et son bien-être pour trouver de belles solutions [face aux changements climatiques] », souligne M. Fournier.



Un capteur de flux de sève protégé par isolation thermique permet de mesurer la transpiration végétale, causée par l'évaporation d'eau par les feuilles.

FABIO GENNARETTI

# S'adapter aux inondations grâce à la multidisciplinarité

Favoriser l'adaptation des Québécois aux inondations, c'est le projet de recherche mené conjointement par l'Université Laval et l'Université de Montréal. Plusieurs experts de disciplines différentes allient leurs forces afin de mieux comprendre les réalités sur le terrain et de trouver de meilleures pratiques.

LEÏLA JOLIN-DAHEL  
COLLABORATION SPÉCIALE

L'initiative lancée l'année dernière vise à apprendre des conséquences d'un tel sinistre afin d'en limiter les coûts humains, économiques et de prévenir les dégâts futurs. À plus long terme, le projet servira à améliorer les politiques publiques, explique Marc-André Bourgault, professeur adjoint au Département de géographie de l'Université Laval. « On part de l'idée que chaque phénomène extrême met en lumière des vulnérabilités des sociétés et des infrastructures. Mais ça fait aussi ressortir la fragilité des liens sociaux dans différents endroits », souligne celui qui est également directeur de la maîtrise sur mesure en action climatique et codirecteur d'un axe de recherche au Réseau inondations intersectoriel du Québec (RIISQ).

Ainsi, chaque sinistre fournit des données qui peuvent être utilisées en vue d'améliorer la capacité des Québécois à s'adapter en prévision de

prochains événements similaires, dit-il. « Il est important de documenter chacun de ces événements, en ce qui a trait à la cause, aux impacts, à la succession des étapes qui ont été mises en place, aux alertes, à la réaction des gens. Toutes les informations, tant physiques que sociales », ajoute-t-il.

Il estime qu'au Québec, on n'a pas « une idée claire » des endroits où sont survenues toutes les inondations depuis les années 1990. « Rien que le fait d'avoir cette information permet de localiser les zones qui sont potentiellement plus vulnérables aux sinistres futurs », avance-t-il comme hypothèse.

## Unir les forces

Établi en partenariat avec le ministère québécois de la Sécurité publique, le projet réunit des chercheurs de deux universités et de différentes disciplines. « Il y a un volet hydrologique et un autre social. Dans ce deuxième volet, ce sont les gens de l'Université de Montréal qui travaillent avec nous. Ils vont faire des entrevues sur

le terrain et nous, on mène des enquêtes et des sondages dans l'ensemble de la population affectée par les inondations », explique Pierre Valois, professeur titulaire à la Faculté des sciences de l'éducation de l'Université Laval et directeur de l'Observatoire québécois de l'adaptation aux changements climatiques.

Son équipe est chargée de développer des questionnaires en vue de mettre sur pied des indices d'adaptation. « Est-ce que, dans la population générale, les gens sont préparés aux inondations ? Est-ce qu'ils adoptent les bons comportements ? » demande-t-il.

Comme ce sont les hydrologues qui connaissent les réalités sur le terrain, ils lui fournissent de telles informations. « J'ai besoin d'eux pour comprendre à quel danger les gens font face et aussi ce qu'ils doivent faire pour se protéger. Et eux, ils ont beau suggérer des moyens, si la population dit : "Écoutez, c'est impossible de faire ça", il faut tenir compte de tout ça avant de proposer des solutions, illustre M. Valois.



Chaque sinistre fournit des données qui peuvent être utilisées en vue d'améliorer la capacité des Québécois à s'adapter en prévision de prochains événements similaires, affirme Marc-André Bourgault, professeur à l'Université Laval.

GUILLAUME LEVASSEUR ARCHIVES LE DEVOIR

Antérieurement, ça se faisait de façon séparée, mais maintenant, on travaille ensemble. Tout le monde est gagnant dans un projet multidisciplinaire comme celui-là. »

Les données recueillies à ce jour par les chercheurs révèlent parfois certains manques d'informations pour assurer de bonnes prévisions. Et comme le climat risque de changer, cela pose un défi supplémentaire

pour les chercheurs. Il faut donc tenir compte non seulement des réalités imposées par mère Nature, mais également des contextes dans lesquels évolue la population. « Il y a des gens qui sont inondés, en détresse et qu'on doit aider. Et ça, c'est l'aspect qu'on apporte pour essayer de mieux résoudre ce problème d'inondation, autant sur le plan physique que sur le plan social », conclut M. Valois.



## Vers un avenir plus durable

La crise climatique et ses répercussions de plus en plus visibles sur l'environnement place les solutions énergétiques au centre du débat public depuis plusieurs années et ce, avec raison. Assurer la réussite d'un projet de société aussi complexe que celui de la transition énergétique ne se fera pas en se basant sur une seule solution, ni en travaillant en silo. Les enjeux de capacité électrique sont connus. Les écosystèmes environnemental, social et économique sont à considérer. Et l'urgence nous presse : il faut agir maintenant pour décarboner l'énergie. Comment naviguer dans ce contexte ? Voici le plan d'Énergir.

### MOINS DE VOLUME

La complémentarité des réseaux gazier et électrique est l'un des axes privilégiés. À cet égard, un partenariat unique en Amérique du Nord a été conclu : Énergir et Hydro-Québec collaborent dans le cadre d'un programme de biénergie. En remplaçant un système de chauffage fonctionnant uniquement au gaz naturel par un système biénergie, il devient possible de chauffer un bâtiment à l'électricité la majorité du temps et, par temps froid - quand la demande met de la pression sur le réseau électrique - le gaz naturel prend le relais. On estime que d'ici 2030, cette entente se traduira par 540 000 tonnes de gaz à effet de serre (GES) en moins, soit l'équivalent de 125 000 voitures en moins sur les routes.

Certes, l'énergie qu'on ne consomme pas reste encore la plus verte et donc, la plus avantageuse pour lutter contre l'émission de GES. Privilégier l'efficacité énergétique et s'engager à réduire sa consommation constituent ainsi les solutions les plus durables pour faire face aux enjeux climatiques. À cet égard, entre 2001 et 2020, quelque 130 000 projets d'efficacité énergétique ont ainsi permis d'éviter la production de plus de 1,2 million de tonnes de GES. Toute une équipe chez Énergir est dédiée à l'accompagnement des clients vers leur baisse de consommation d'énergie : les efforts en efficacité énergétique continueront de s'intensifier. En effet, Énergir entend redoubler d'efforts et accomplir dans les prochaines années l'équivalent de ce qui a été fait en 20 ans.

### PLUS D'ÉNERGIES RENOUVELABLES

Énergir a l'ambition de distribuer moins de gaz naturel fossile et, en parallèle, s'investit dans les énergies renouvelables comme le gaz naturel renouvelable (GNR). Ce dernier est produit à partir de matières organiques comme les restes de tables, le fumier, le lisier agricole ou encore les biosolides. À la suite d'un processus biologique de décomposition de la matière organique par des bactéries qui s'activent dans un digesteur sans oxygène, le biogaz est prélevé et purifié pour devenir du GNR. Ce processus produit également du digestat, un résidu riche en éléments fertilisants.

Le GNR permet de réduire les émissions de gaz à effet de serre de deux façons : en remplaçant une énergie fossile par une énergie renouvelable et en évitant les émissions de méthane liées à l'enfouissement de ces matières. L'électrification, la biénergie et l'efficacité énergétique permettront donc de baisser les volumes de gaz distribués, résultant en une plus grande proportion de GNR dans le réseau.



Les énergies éoliennes font aussi partie des solutions énergétiques d'Énergir. En 2013, les deux premières phases des parcs éoliens de la Seigneurie de Beauré voyaient le jour, en partenariat avec Boralex. Avec ses 364 MW de puissance installée, ce sont 65 000 foyers qui peuvent être alimentés chaque année. Présentement, trois nouveaux projets adjacents aux parcs éoliens existants, d'une puissance de 400 MW chacun, sont en développement de manière distincte afin de répondre adéquatement aux besoins d'Hydro-Québec.

La transition énergétique représente des défis et tout autant d'opportunités. La collaboration et une mixité de solutions constitueront les clés du succès. Ensemble, nous pouvons faire mieux pour l'avenir !

### Énergir : un acteur clé de la transition énergétique

Plus qu'un distributeur gazier, Énergir s'impose comme un énergéticien à part entière depuis que l'entreprise a amorcé un virage vers la décarbonation.

D'ici 2030, Énergir s'engage à ce qu'au moins 10% des volumes distribués dans son réseau soient constitués de gaz naturel renouvelable. Depuis 2020 déjà, Énergir a réduit de 20% ses émissions de gaz à effet de serre par rapport aux taux enregistrés en 1990. Mais l'entreprise veut aller plus loin : elle vise la carboneutralité des bâtiments qu'elle dessert d'ici 2040, et celle de l'énergie qu'elle distribue d'ici 2050. Des objectifs qu'elle entend réaliser grâce à des orientations concrètes et clairement identifiées. Son engagement : offrir une diversité de sources d'énergies innovantes et modernisées, plus vertes, pour s'imposer comme un leader dans la lutte contre les changements climatiques.

# Anticiper les risques pour les infrastructures hydroélectriques et minières

Les changements climatiques mettent à mal les anciens modèles de simulation des aléas hydrométéorologiques. Un professeur de l'Université du Québec à Montréal (UQAM) dirige un projet de recherche pour affiner la prédiction de ces événements et ainsi prévoir les risques de dommages sur les infrastructures névralgiques de la province.

JEAN-FRANÇOIS VENNE  
COLLABORATION SPÉCIALE

L'épisode de verglas qui a plongé des milliers de foyers québécois dans le noir en décembre dernier a coûté au bas mot 55 millions de dollars à Hydro-Québec. Une facture salée, mais moins que celle de 70 millions de dollars liée aux dégâts du dérécho de mai 2022, une ligne orageuse violente qui a généré des vents horizontaux ayant atteint jusqu'à 144 km/h.

Depuis quelques années, Hydro-Québec cherche des moyens de mieux comprendre comment les aléas hydrométéorologiques comme les vents intenses, les précipitations et les crues affecteront leurs activités de production, de distribution et de transport d'électricité. Dans un contexte de changements climatiques, les statistiques du passé n'aident plus autant qu'avant à prévoir ces événements.

En 2018, la société d'État a approché Philippe Gachon, professeur au Département de géographie de l'Université du Québec à Montréal et membre du Centre pour l'étude et la simulation du climat à l'échelle régionale (ESCER). « Le Centre ESCER a développé un modèle régional du climat à haute résolution, lequel permet une meilleure prévisibilité des aléas hydrométéorologiques », explique le chercheur. L'élaboration de ce modèle a été financée par le gouvernement du Québec.

## Une meilleure visibilité

Le Centre ESCER a récemment obtenu une subvention de 3,6 millions de dollars du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG) pour mener un projet de recherche visant à améliorer la connaissance des risques associés aux aléas hydrométéorologiques, dans un contexte de changements climatiques.

« Nous contribuerons à prévoir les conséquences possibles des vents in-

tenses et des précipitations et crues maximales probables sur les activités d'Hydro-Québec, mais également de certaines entreprises minières et du ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs du Québec (MELCCFP) », précise le chercheur. Polytechnique Montréal et l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue participent aussi au projet, en particulier pour la partie qui concerne les mines.

Les informations générées par le projet de recherche sont destinées à être intégrées dans les processus décisionnels et les analyses de risque d'Hydro-Québec, du MELCCFP et des entreprises minières

Mais qu'est-ce exactement qu'un modèle climatique à haute résolution ? « C'est un modèle qui permet, par exemple, de bien reproduire la topographie d'un lieu — comme la vallée du Saint-Laurent ou les montagnes des Appalaches ou des Laurentides — qui a une incidence sur les vents et les régimes de précipitations », explique Philippe Gachon. Il ajoute que de tels modèles sont nécessaires pour prévoir la plupart des précipitations extrêmes, car ils permettent, entre autres, de reproduire les cellules orageuses.

Les informations générées par le projet de recherche sont destinées à être intégrées dans les processus dé-

cisionnels et les analyses de risque d'Hydro-Québec, du MELCCFP et des entreprises minières.

## Un partenaire de choix

Ouranos, un organisme qui travaille à aider la société québécoise à mieux s'adapter aux changements climatiques, sera lui aussi de l'aventure. Il est d'ailleurs le plus gros partenaire financier du projet, après le CRSNG. Mais sa contribution dépasse l'octroi de fonds.

« Plusieurs de nos spécialistes en analyse de données climatiques participeront à l'encadrement des étudiants avec d'autres chercheurs, précise Alain Bourque, directeur général d'Ouranos. Notre spécialité est justement d'aider des étudiants et des chercheurs à garder un pied dans le monde académique et un autre dans la réalité d'autres parties prenantes, comme dans ce cas-ci Hydro-Québec et les entreprises minières. »

Alain Bourque estime d'ailleurs que la création d'expertises représentera l'un des résultats les plus importants de ce projet. « On peut penser que beaucoup des étudiants qui feront des maîtrises ou des doctorats dans le cadre de cette initiative travailleront ensuite dans ce domaine, dans des sociétés d'État ou privées, ou à l'université », souligne-t-il.

De son côté, Ouranos bénéficiera de nouvelles données et de scénarios hydrométéorologiques plus précis à des échelles locales, qu'il pourra rendre accessibles à d'autres usagers.

## Partager les connaissances

L'équipe de Philippe Gachon a déjà obtenu des résultats encourageants en testant son modèle de simulation rétrospectivement sur le dérécho de 2022. Elle commencera bientôt à l'utiliser de manière prospective, pour prédire des événements futurs. Actuellement, le modèle a une résolution de 2,5 km, mais le chercheur croit que cette précision pourrait à terme atteindre quelques centaines de mètres. Cela permettrait par exemple de mesurer et de comparer les effets des îlots de chaleur dans les zones asphaltées et les zones vertes d'une ville comme Montréal.

« Ce sera aussi important de travailler au transfert des connaissances



Dans un contexte de changements climatiques, les statistiques du passé n'aident plus autant qu'avant à prévoir les événements hydrométéorologiques. GUILLAUME LEVASSEUR ARCHIVES LE DEVOIR

après des décideurs gouvernementaux, estime le chercheur. Nos gouvernements ont besoin de connaissances

de pointe pour mettre en place des mesures d'adaptation aux changements climatiques réellement efficaces. »

## DU BRÉSIL À SHERBROOKE

# Décarboner grâce aux carburants verts

Le milieu de la recherche québécoise peut compter sur des chercheurs et des chercheuses en provenance d'un peu partout dans le monde. La Brésilienne Bruna Rego de Vasconcelos fait partie de ces universitaires qui ont décidé de poursuivre leurs travaux au Québec. Son objectif ? Amener la province à se débarrasser une bonne fois pour toutes de ses énergies fossiles.

ALEXANDRE COUTURE  
COLLABORATION SPÉCIALE  
UNPOINTCINQ.CA

Lorsqu'elle a posé ses valises au Québec pour la première fois en janvier 2017, deux choses ont frappé la Sud-Américaine : la quantité de neige au sol et les liens entre le milieu de la recherche québécoise et le secteur industriel. Rapidement, l'accueil chaleureux qu'elle a reçu de l'Université de Sherbrooke (UdeS) lui a fait oublier les aléas de la météo.

« J'ai beaucoup aimé comment se faisait la recherche ici, se rappelle-t-elle, la collaboration entre le secteur industriel et universitaire permet de développer des solutions aux problèmes concrets. Au Brésil, par exemple, le monde universitaire et le monde industriel ne se parlent pas. »

Six hivers, et beaucoup de pelottage de neige plus tard, la titulaire d'un doctorat en génie des procédés et de l'environnement se dédie maintenant à la recherche de nouvelles façons de produire des biocarburants à base de matières renouvelables.

« Depuis mon doctorat, j'ai toujours travaillé sur la même grande thématique de la conversion des gaz à effet de serre et de la production de carburants propres », explique-t-elle dans un français impeccable.

## Recycler le CO<sub>2</sub>

Après avoir développé son expertise au Brésil et en France pendant près d'une décennie, la postdoctorante

s'est spécialisée dans la technologie Power-to-X. Une de ses applications est d'utiliser le CO<sub>2</sub> (le principal gaz à effet de serre) et l'électricité renouvelable pour produire des carburants verts.

La compagnie islandaise Carbon Recycling International, figure de proue dans le domaine, utilise ce procédé pour créer du méthanol vert depuis 2012. Pour Bruna Rego de Vasconcelos, cette nouvelle méthode est un pas majeur vers la décarbonation, car elle permet de réduire la dépendance aux énergies fossiles.

« L'avantage de ces carburants verts (aussi dits de synthèse), c'est qu'on pourra les utiliser pour substituer les carburants à base d'énergie fossile, ajoute-t-elle. Aussi, ces nouveaux carburants pourraient aider [à décarboner] certains secteurs comme l'aviation, qui ne peuvent compter sur l'électrification pour le moment. »

Le Power-to-X, domaine relativement récent, mais beaucoup plus développé en Europe, notamment en Allemagne, est une des clés de la transition énergétique selon elle. Mais attention, la chercheuse se veut pragmatique.

« Ce n'est pas une solution miracle, mais bien un des ingrédients pour réussir la transition, nuance-t-elle. De plus, les obstacles à cette technologie sont encore évidents, comme les coûts de production qui font que les carburants verts ne peuvent pas avoir un prix compétitif face aux carburants fossiles. Les industries ne sont pas encore prêtes à investir dans la recherche et le développe-



La Brésilienne Bruna Rego de Vasconcelos  
JULIAN ZOLTAN BOBOESCU

ment de ce domaine. C'est beaucoup une question d'argent. »

Loin des yeux, mais près du cœur  
Même si Bruna Rego de Vasconcelos a quitté son pays natal il y a plus de dix ans, il est évident que le Brésil n'a jamais quitté sa tête et son cœur. Elle avoue que la distance avec sa famille et ses amis est l'aspect le plus compliqué de sa vie québécoise.

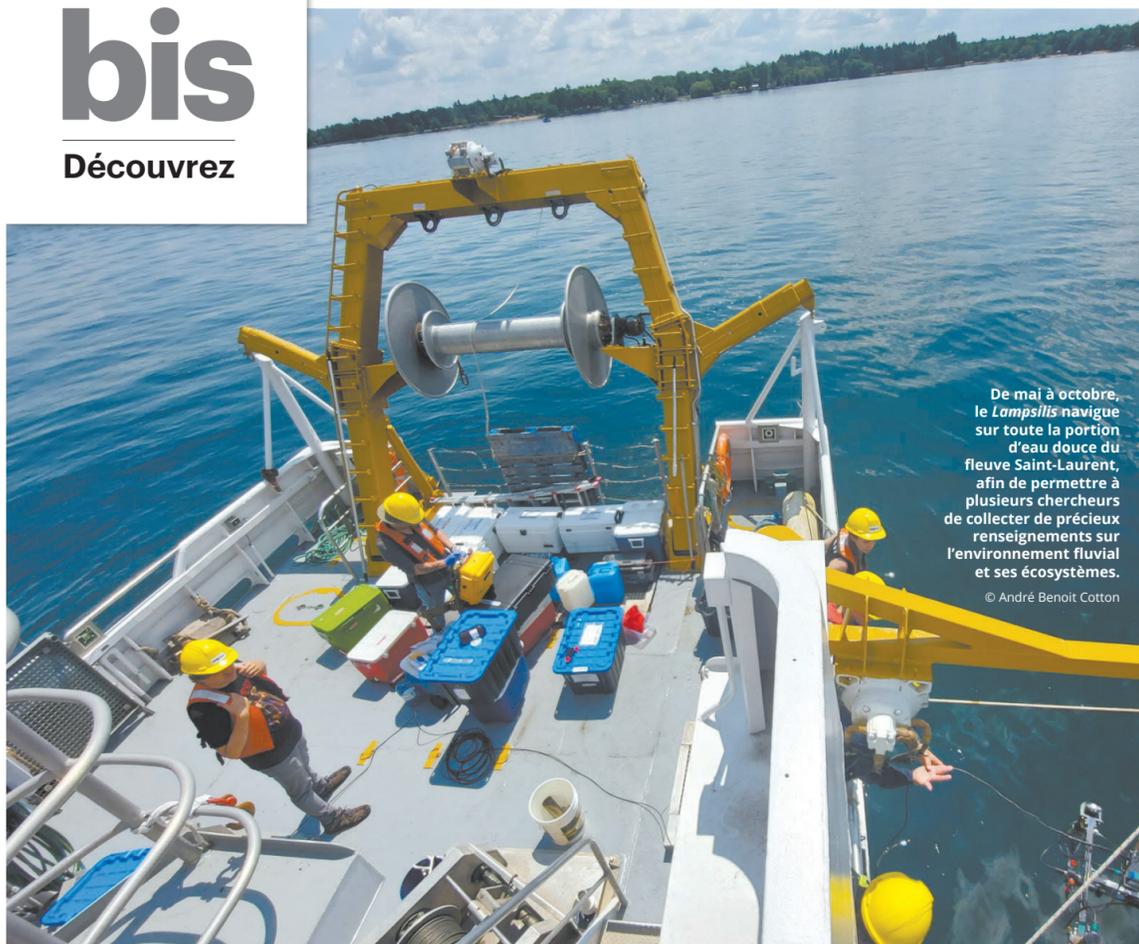
« Le plus difficile c'est d'être loin de la maison, lance-t-elle sans hésitation. Mais j'adore vraiment le travail que je fais à l'Université de Sherbrooke, je me sens comblée professionnellement et personnellement, le Québec est devenu ma deuxième maison. Je retourne au Brésil une fois par an, ça aide aussi beaucoup. »

« Les obstacles à cette technologie sont encore évidents, comme les coûts de production qui font que les carburants verts ne peuvent pas avoir un prix compétitif face aux carburants fossiles »

Lorsqu'on la questionne sur l'ancien président Jair Bolsonaro, reconnu entre autres pour son aversion pour les groupes environnementaux et l'accélération de la déforestation de l'Amazonie durant son mandat, le sourire de la sympathique chercheuse s'efface pour la première fois de l'entrevue.

« C'a été quatre ans d'horreur, vraiment, soupire-t-elle. Le gouvernement a changé, on va voir si le pays peut s'en remettre dans les prochaines années. C'est le truc avec le Brésil, c'est un pays magnifique, avec un immense potentiel environnemental et énergétique, mais très instable politiquement. En recherche, les investissements ne sont jamais garantis. »

Selon Bruna Rego de Vasconcelos, c'est justement la stabilité politique et sociale du Canada qui en fait une destination prisée par les chercheurs et chercheuses des quatre coins de la planète. Des conditions qui pourraient s'avérer décisives face au défi titanesque que représente la transition énergétique.



De mai à octobre, le *Lampsilis* navigue sur toute la portion d'eau douce du fleuve Saint-Laurent, afin de permettre à plusieurs chercheurs de collecter de précieux renseignements sur l'environnement fluvial et ses écosystèmes.

© André Benoit Cotton

À une centaine de mètres du front d'un glacier, sur l'île d'Ellesmere, la professeure en sciences de l'environnement de l'UQTR, Esther Lévesque, examine un couvert de mousse apparaissant parmi les blocs de roche relâchés par le glacier.

© Esther Lévesque



## ÉCOSYSTÈMES NORDIQUES ET AQUATIQUES

# Fédérer les expertises pour mieux comprendre les changements

Avec ses chercheurs venus de tous horizons, le Centre RIVE occupe une position clé pour mieux appréhender les effets qu'auront les changements climatiques sur une foule d'enjeux touchant les cours d'eau québécois et le Grand Nord.

**H**aut lieu de biodiversité, la zone littorale du lac Saint-Pierre abrite une grande variété de milieux humides où vit une foule d'espèces, autant floristiques que fauniques. Écosystèmes essentiels mais souvent mal aimés, les milieux humides — marais, marécages, tourbières, étangs — sont utilisés par les mammifères, les poissons et les oiseaux pour se reproduire, nidifier et s'alimenter. Ceux du lac Saint-Pierre représentent près de 63 % de l'ensemble des superficies humides du fleuve Saint-Laurent. Ces terres jouent également un rôle important pour nourrir le Québec, puisque c'est un milieu agricole particulièrement fertile, et les agriculteurs sont directement touchés par les changements climatiques.

Le Pôle d'expertise multidisciplinaire en gestion durable du littoral du lac Saint-Pierre, mis en place en 2018 par un effort concerté de plusieurs ministères — dont celui de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs et celui de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation —, a ainsi comme mandat « de proposer une stratégie d'intervention dans la zone littorale favorisant la mise en place d'une agriculture durable, adaptée et respectueuse de l'écosystème du lac Saint-Pierre et soutenant la restauration de milieux prioritaires ». Pour cela, il fait intervenir des chercheurs de trois universités (UQTR, McGill et Laval) et de différents domaines.

« C'est un projet majeur pour nous, parce qu'on voit que les membres ont réussi à se fédérer pour piloter un programme de recherche cohérent de grande envergure, constate Julie Ruiz, professeure en géographie humaine et aménagement du territoire. Ça permet d'étudier les impacts des changements globaux de manière non pas sectorielle, mais intégrée, pour comprendre les impacts à plus grande échelle et cumulatifs. »

### « DE LA GOUTTE D'EAU AU FLEUVE »

Ce pôle représente une occasion de synergie pour les membres du Centre de recherche sur les interactions bassins versants — écosystèmes aquatiques (RIVE) de l'Université du Québec à Trois-Rivières (UQTR) qui, depuis douze ans, forme des collaborations multidisciplinaires pour explorer le fonctionnement des écosystèmes nordiques d'un côté et des bassins versants du fleuve Saint-Laurent de l'autre, afin de comprendre les milieux aquatiques, « de la goutte d'eau au fleuve ».

« On s'intéresse de façon plus générale aux changements globaux, qui incluent toutes les adaptations aux changements climatiques, par exemple les impacts sur la



Dans le Nord, les chercheurs observent une augmentation importante des arbustes décidus (qui perdent leurs feuilles pendant une partie de l'année).

© Esther Lévesque

qualité de l'eau et du sol, la biodiversité, et la réponse des populations humaines aux pressions environnementales, résume Raphaël Proulx, professeur au Département des sciences de l'environnement de l'UQTR. La résilience et l'adaptation aux changements globaux nécessitent de travailler à différentes échelles en amont et en aval de ces enjeux. C'est ce qu'on tente de faire collectivement. »

Le centre mène par ailleurs des travaux de recherche à la fois fondamentaux et appliqués, afin de « bénéficier de connaissances fondamentales qui vont servir sur le terrain à la gestion et à la réhabilitation des écosystèmes », ajoute Julie Ruiz.

### LA FORCE DE LA MULTIDISCIPLINARITÉ

Raphaël Proulx et Julie Ruiz codirigent le Centre RIVE depuis cinq ans. Cette codirection pluridisciplinaire « nous permet de rallier une plus grande diversité de chercheurs », avance M<sup>me</sup> Ruiz. Le centre entretient aussi des liens solides avec d'autres groupes de chercheurs et d'autres infrastructures de recherche. « On est bien placés pour accentuer les synergies et les intégrer dans des dynamiques déjà en place », ajoute-t-elle. Parce que c'est la diversité des expertises et des collaborations qui permettront de mieux comprendre ces enjeux complexes.

Parmi eux, les écosystèmes nordiques qui subissent de plein fouet le dérèglement du climat.

« On le sait, le Nord se réchauffe rapidement », note M. Proulx. Effets sur les communautés et les Premières Nations, dynamique du pergélisol, interaction entre la neige, la glace et la végétation : « On s'intéresse à tous les impacts », indique-t-il, réaffirmant par le fait même une tradition de recherche en milieu nordique, forte à l'UQTR. Ainsi, des spécialistes de la neige, du sol et de la végétation travaillent main dans la main pour observer si le Nord verra rapidement par exemple. Autre particularité de

ces travaux, l'implication dans les recherches des populations, notamment les communautés autochtones, directement concernées par ces thématiques, une collaboration qui résulte d'un travail de fond pour tisser des liens de confiance.

« On ne peut pas faire de recherche-action sans travailler avec le milieu », rappelle M. Proulx. Des camps de sciences en milieux nordiques sont notamment organisés pour partager les connaissances avec les jeunes des communautés. Les chercheurs du Centre RIVE travaillent d'ailleurs toujours en partenariat avec tous les acteurs des milieux étudiés — MRC, villes, organisations de conservation et de bassin versant, ministères, producteurs agricoles, etc.

### DES INSTALLATIONS UNIQUES

Le Centre RIVE compte aujourd'hui 15 chercheurs permanents, de même qu'une centaine de membres actifs, dont de nombreux étudiants de 2<sup>e</sup> et de 3<sup>e</sup> cycle. Écologie, géographie humaine et physique, biologie : les expertises variées au sein d'une même unité de recherche permettent d'aborder les questions brûlantes d'actualité sous plusieurs angles. Les chercheurs disposent par ailleurs d'installations uniques à la pointe de la technologie.

Le *Lampsilis*, d'abord, est un bateau-laboratoire équipé d'instruments d'échantillonnage qui concentre ses analyses sur la portion d'eau douce du fleuve Saint-Laurent et de son estuaire. Un laboratoire humide permet d'étudier, à même le campus, l'écologie des poissons, grâce notamment à ses 16 bassins et à une rivière artificielle de 15 mètres de longueur. Finalement, les chercheurs peuvent analyser la qualité des sols et de l'eau grâce aux infrastructures du Laboratoire d'analyse en écologie aquatique et en sédimentologie à l'UQTR.

Diversité des expertises, qualité des infrastructures, animation scientifique, formation de la relève dans deux environnements importants pour le Québec et le Canada sont donc les ingrédients clés du Centre RIVE. Plutôt qu'un collage de chercheurs de différentes disciplines, c'est la collaboration entre eux qui fait sa grande force, et qui mènera à mieux comprendre les changements qui nous attendent. « Le groupe permet d'aller beaucoup plus loin que l'individu dans les enjeux environnementaux actuels », conclut M<sup>me</sup> Ruiz.

## POUR UNE RELÈVE ASSURÉE

Une des forces du Centre RIVE est sa capacité à former la relève. « Les membres ont la capacité de travailler ensemble et de former des étudiants qui sont aux prises avec différents champs de recherche », souligne Julie Ruiz. Des dizaines d'étudiants du 1<sup>er</sup>, 2<sup>e</sup> et du 3<sup>e</sup> cycle et des postdoctorants sont ainsi membres du Centre RIVE et participent aux recherches. Ceux-ci ont la chance d'être exposés à une variété de techniques, de champs de recherche et de perspectives. « Ça permet de former des personnes qui demain seront à même de travailler sur les différentes dimensions des changements climatiques », croit la codirectrice.

De multiples activités de sensibilisation et d'animation scientifiques sont également portées par les membres du RIVE. Le Numé-riLab, une activité de formation sur le numérique donnée par et pour les étudiants, obtient un grand succès, année après année. Symposium annuel, série de conférences, défi du RIVE-Hacking (un événement de 48 heures pour travailler sur les données ouvertes en équipe de chercheurs étudiants) servent à mettre en commun les expertises et à enrichir les apprentissages des étudiants.

# Quel est le potentiel de séquestration de carbone de la forêt québécoise ?

La forêt boréale est moins luxuriante que la forêt tropicale, mais ses sols, eux, sont beaucoup plus riches. Les souches, les troncs, les branches, les racines plus ou moins dégradées, les milliers d'espèces de mousses, les tourbières recèlent plus de carbone que les arbres eux-mêmes. Combien ? Mystère.

JEAN-BENOÎT NADEAU  
COLLABORATION SPÉCIALE

« On n'a pas une idée claire du bilan carbone de la forêt boréale, et donc de sa capacité réelle de séquestration. Et on sait encore moins l'impact de l'exploitation forestière sur le carbone contenu dans les sols, de même que l'effet des changements climatiques », explique Xavier Cavard, professeur à l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue (UQAT) et titulaire de la Chaire de recherche UQAT-MRNF sur la gestion du carbone forestier.

Le chercheur est donc à la tête d'un vaste projet de recherche afin de mesurer la réserve de carbone des sols selon le type d'aménagement forestier. Ce projet part du constat que le Québec, faute de connaître la réserve de carbone des sols, n'est pas en mesure d'exploiter le potentiel de séquestration de la forêt québécoise sous forme de crédits carbone.

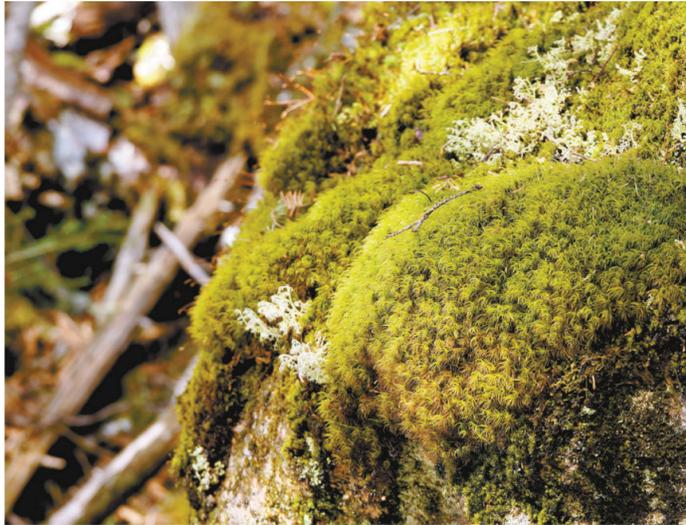
« Bizarrement, dit-il, la forêt n'est pas intégrée dans le marché du carbone québécois. Beaucoup d'émetteurs du Québec achètent des crédits californiens de qualité douteuse, mal contrôlés, ce qui encourage une fuite de capitaux. Or, des crédits carbone fo-

restiers pourraient assurer une autre source de revenus à ce secteur, et donc encourager une exploitation plus durable des forêts. »

## Une étude complexe

Pour arriver à faire un bilan carbone total de la forêt, il faut donc mesurer le carbone dans le sol. L'idée est excellente. Sauf qu'en pratique, c'est plus compliqué que de creuser un trou à la pelle. Car cette étude mobilise presque toutes les disciplines en sciences de la nature. Il faut combattre le froid, la neige, les feux et les

Ce projet part du constat que le Québec, faute de connaître la réserve de carbone des sols, n'est pas en mesure d'exploiter le potentiel de séquestration de la forêt québécoise sous forme de crédits carbone



Les mousses, dont on trouve des milliers d'espèces, forment une part très importante de la biomasse forestière. GETTY IMAGES

moustiques pour préparer le terrain et déployer tout un tas d'instruments pour cumuler de vastes séries d'échantillonnages — qu'il faut ensuite modéliser et analyser.

La recherche doit aussi tenir compte d'un nombre très varié de techniques de récolte du bois et de sylviculture qui modifient diversement le taux de décomposition et la stabilité du carbone dans le sol. « Certaines plantations vont exiger, par exemple, une préparation mécanique des sols, comme le scarifiage », explique Xavier Cavard. « Cette espèce de labour favorise la croissance des plantes tout en rédui-

sant la compétition, mais elle accélère la décomposition et le relâchement du carbone contenu dans le sol. Or, aucune étude ne considère ces deux aspects sur un même site. »

La diversité de ce qui doit être étudié est impressionnante. Il s'agit d'analyser les taux de carbone à diverses profondeurs, de mesurer la vitesse de dégradation des matières, de quantifier l'effet de la température et du milieu minéral sur ces processus. Il faut aussi pouvoir mesurer la respiration du sol, c'est-à-dire l'échange de carbone entre le sol et l'atmosphère résultant de l'activité microbienne et du travail des ra-

cines. Le tout en fonction des événements météo comme les sécheresses, les feux, mais aussi les hivers moins neigeux, par exemple.

L'Institut de recherche sur les forêts de l'UQAT, dont fait partie Xavier Cavard, est le plus gros groupe du genre hors de l'Université Laval. Sa directrice, Nicole Fenton, collabore au projet de recherche de son collègue à titre de spécialiste des bryophytes. Ces mousses, décrites par les termes plus techniques de « sphagnes », « hépatiques » et « anthocérotes », forment une part très importante de la biomasse forestière. « Ça représente des milliers d'espèces, dit-elle. C'est le plus grand groupe de végétaux terrestres après les plantes à fleurs. »

Ces mousses très diverses constituent dans la forêt un tapis vert qui influence l'interaction avec la surface notamment en stabilisant la température, et en capturant beaucoup d'eau. Si le changement climatique ou l'aménagement forestier modifie le type de mousse, quel sera le résultat sur le bilan carbone ? « On va donc étudier l'effet de la réduction de la couche neigeuse sur les mousses, explique Nicole Fenton. J'ai une étudiante népalaise qui doit arriver pour y travailler. Je ne le lui ai pas encore dit, mais elle va pelleter de la neige tout l'hiver pour amincir la couche neigeuse. »

À terme, Xavier Cavard, avec l'aide de ses collègues, espère pouvoir établir divers scénarios de référence selon le type d'exploitation forestière et d'aménagement sylvicole dans divers contextes : repousse naturelle, repousse accélérée, feux, sécheresse, etc.

« Actuellement, la manière dont on gère la forêt est faite selon une logique écosystémique, c'est-à-dire qu'on essaie de reproduire des patrons de perturbation naturelle. » Mais est-ce que l'aménagement écosystémique est compatible avec l'aménagement pour le carbone ? Est-ce que cette approche favorise réellement une séquestration du carbone, ou faut-il essayer autre chose ? « On ne le sait pas encore, mais on veut pouvoir montrer quelles seraient les bonnes pratiques. »



Les recherches d'Ahmed Jerbi ont permis de constater que les eaux usées, riches en azote et en phosphore, produisent plusieurs effets très désirables sur les saules. ISTOCK

## Fertiliser et irriguer des plantes grâce aux eaux usées

Ahmed Jerbi, chercheur à l'Institut de recherche en biologie végétale (IRBV) de l'Université de Montréal, a étudié l'effet de la fertigation par les eaux usées sur des plantations de saules. Les résultats de sa recherche sont prometteurs pour le marché des biocarburants et pour l'environnement.

JEAN-BENOÎT NADEAU  
COLLABORATION SPÉCIALE

Pour sa maîtrise et son doctorat, le biologiste Ahmed Jerbi a mené une série d'expériences à Saint-Roch-de-l'Achigan, dans Lanaudière. Il étudiait alors la manière d'utiliser les eaux usées de l'usine d'épuration afin de fertiliser et d'irriguer une plantation de saules. Cet arbre, qui exige beaucoup d'eau et de nutriments, pousse très vite, ce qui le rend intéressant pour divers usages commerciaux, tels les copeaux isolants, les amendements organiques ou les clôtures végétales.

Ses recherches ont permis de constater que les eaux usées, riches en azote et en phosphore, produisent plusieurs effets très désirables sur la plante elle-même. D'abord, une aug-

mentation très importante de la biomasse, de plus de 200 %. « On peut voir à l'œil nu que les feuilles sont trois fois plus grosses. Et ses stomates [les orifices minuscules qui permettent à la feuille de respirer] sont 15 % plus gros également », explique Ahmed Jerbi.

Mais la grande surprise est venue d'une autre transformation, de nature physicochimique : la fibre du bois avait gagné 16 % de glucose. « Cette augmentation importante permet d'envisager une transformation en biocarburant », explique-t-il.

Le troisième constat est que la filtration écologique des eaux usées par les plantes fonctionne. À débit normal, le système racinaire des saules filtrait absolument tout l'azote et le phosphore. « Et à haut débit, de l'ordre de 30 000 m<sup>3</sup> à l'hectare, le lessivage était certes plus élevé, mais il

demeurait en deçà des normes », explique Ahmed Jerbi.

**Servir l'environnement et valoriser** Son directeur de thèse, Frédéric Pitre, professeur à l'Université de Montréal et membre de l'IRBV, explique que le travail d'Ahmed Jerbi s'inscrit dans un effort de l'Institut pour lier le traitement des eaux usées par phytotechnologie et la valorisation de la biomasse, pour augmenter la productivité des plantes irriguées.

« Ahmed a réalisé un travail novateur de longue haleine, qui impliquait beaucoup de mesures au champ, et qui exigeait autant de grimper dans les arbres que de travailler au microscope. Et ses résultats, très intéressants, sont transférables vers des applications futures. »

Depuis 20 ans, le développement de la filière de biocarburant à base de

**6 trillions**  
C'est la quantité de litres d'eaux usées produite annuellement au Canada.

maïs — aussi appelé biocarburant de première génération — soulève la polémique. « Est-ce qu'on utilise les terres agricoles pour nous nourrir ou pour du carburant ? Les biocarburants de deuxième génération, à partir du bois ou de résidus forestiers, nous sortent de ce dilemme, explique Frédéric Pitre. Pour le Québec, qui a décidé de ne pas produire de biocarburant à base de maïs, c'est une filière en développement. »

« Une augmentation de 16 % de la quantité de glucose ouvre des perspectives intéressantes, mais l'industrie devra encore franchir plusieurs étapes », convient Ahmed Jerbi. « Mais malgré la volonté d'électrifier les transports, il se peut qu'on ait besoin encore longtemps de biocarburants pour des utilisations et des procédés à haute puissance. »

« Mais quoi qu'il advienne de la filière des biocarburants, l'augmentation très importante de la biomasse constatée par Ahmed Jerbi permet de montrer qu'il est possible de hausser considérablement le rendement d'une saulaie tout en rendant un réel service environnemental par la filtration », dit Frédéric Pitre.

Ahmed Jerbi souligne quelques statistiques qui font frémir : le Québec produit annuellement le tiers des 6 trillions de litres d'eaux usées au Canada. De quoi couvrir cinq fois l'île de Montréal sous un mètre de liquide malodorant. « Quand on sait que 60 % de ces eaux usées sont rejetées dans la nature sans traitement biologique, le Québec devrait envisager les phytotechnologies à grande échelle. »

## Stratégie québécoise d'économie de l'eau potable

En matière d'économie d'eau potable, les Québécois ont encore bien des croûtes à manger. Leur consommation moyenne, de l'ordre de 521 litres par personne par jour, est 40 % plus importante que la moyenne ontarienne.

Le gouvernement du Québec a donc institué une nouvelle Stratégie d'économie de l'eau potable 2019-2025, pour faire suite aux précédentes, dont la première remontait à 2001.

En mai, le ministère des Affaires municipales et la Fédération québécoise des municipalités ont donc profité de l'arrivée des beaux jours pour réclamer du public un usage plus responsable du robinet. Les municipalités seront certes mises à contribution pour colmater les fuites et contrôler l'utilisation de l'eau, mais on demande également aux résidents d'utiliser systématiquement l'eau de pluie récupérée pour l'arrosage, et un meilleur entretien des piscines pour en réduire le vidange et les fuites.

Il reste bien du chemin à parcourir, car le relâchement est marqué depuis plusieurs années. Les stratégies précédentes avaient pourtant connu de beaux résultats : entre 2001 et 2011, par exemple, la consommation avait diminué de 777 litres à 620 litres, pour atteindre 530 litres en 2017. Mais les derniers chiffres disponibles dans le rapport d'usage de l'eau potable 2020 montrent que la consommation plafonne autour de 525 litres d'eau par an chaque année depuis 2017.



Les professeurs Christian Messier et Olivier Villemare-Côté appellent à une diversification fonctionnelle de nos forêts. Non seulement nous devons planter beaucoup plus d'arbres, mais nous devons le faire plus intelligemment. ISTOCK

## Les forêts québécoises en mal de diversification

Les feux plus intenses et plus fréquents ne sont que l'un des nombreux périls qui menacent nos forêts, affectées par les changements climatiques et l'augmentation des échanges internationaux. Leur résilience passe par une nouvelle approche en aménagement.

JEAN-FRANÇOIS VENNE  
COLLABORATION SPÉCIALE

Les gigantesques incendies qui ont ravagé différentes parties du Canada cet été ont marqué l'imaginaire. En date du 29 août, plus de 15 millions d'hectares de forêt ont brûlé, selon le Centre interservices des feux de forêt du Canada, une superficie plus

grande que le Portugal et les Pays-Bas réunis. D'après le réseau World Weather Attribution, le réchauffement climatique a rendu sept fois plus probables les conditions météo extrêmes (températures élevées, faibles taux d'humidité) qui ont favorisé la propagation de ces incendies dans l'est du pays.

En règle générale, les forêts boréales se régénèrent assez bien après un

feu. Cependant, les changements climatiques pourraient mettre cette capacité à l'épreuve en causant des brasiers plus intenses et surtout plus fréquents. « Prenons l'exemple d'une forêt boréale de l'Abitibi, qui subirait deux gros feux en 20 ans, dit Olivier Villemare-Côté, professeur adjoint au Département des sciences du bois et de la forêt de l'Université Laval. Les arbres qui ont commencé à pousser après le premier feu n'auront pas eu le temps d'arriver à leur maturité sexuelle, ce qui peut entraîner un échec de la régénération naturelle après le second feu. »

Les changements climatiques peuvent aussi augmenter la fréquence et l'intensité d'autres événements destructeurs pour les forêts, tels les grands vents et les épisodes de ver-

glas. Par ailleurs, d'autres risques les menacent, notamment les insectes et les champignons. On a déjà vu les dommages que peuvent provoquer des insectes comme l'agrile du frêne, un coléoptère venu d'Asie, ou la maladie hollandaise de l'orme, causée par un champignon.

« On prévoit qu'entre 20 et 30 maladies ou espèces d'insectes pourraient remonter des États-Unis jusque chez nous dans les 30 prochaines années et menacer jusqu'à 40 % de nos essences d'arbre, prévient Christian Messier, professeur au Département des sciences biologiques de l'Université du Québec à Montréal. Donc, ce qu'on voit avec le frêne, l'orme et le hêtre n'est que le début. »

### Des forêts trop homogènes

Nos forêts commerciales seraient particulièrement vulnérables à ces différents risques en raison de leur trop grande homogénéité. « C'est vraiment le nœud du problème, souligne Olivier Villemare-Côté. Au fil des ans, nous avons réduit artificiellement la diversité de plusieurs forêts en replantant toujours les mêmes essences après les coupes, comme des épinettes ou des pins. Si un

ravageur arrivait et s'attaquait à une de ces espèces, nous pourrions perdre tout le peuplement d'un coup. »

Cette tendance à l'homogénéisation vient en partie de l'industrie, qui tend à replanter les arbres qu'elle exploite dans le commerce, mais aussi des lois et règlements qui encadrent la forêt. Celles-ci obligent les entreprises à replanter des espèces semblables à celles qu'elles coupent, afin d'assurer la durabilité de la ressource sur un horizon de 150 ans. Une vision dépassée, d'après Christian Messier et son collègue Olivier Villemare-Côté, qui réclament tous deux que l'on utilise au contraire la coupe et l'aménagement forestier pour maximiser la diversité des espèces selon leur capacité à résister aux différents risques. C'est ce qu'on appelle la diversification fonctionnelle. Non seulement nous devons planter beaucoup plus d'arbres, mais nous devons le faire plus intelligemment.

Le réchauffement climatique a rendu sept fois plus probables les conditions météo extrêmes qui ont favorisé la propagation de ces incendies dans l'est du pays

Christian Messier entame d'ailleurs un vaste projet de recherche de cinq ans, financé par le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada, plusieurs entreprises forestières et des ministères provinciaux. Il testera son approche de diversification sur 21 sites répartis dans tout le Canada. Sa démarche consiste d'abord à évaluer les forêts pour recenser les espèces qui les composent et les risques qui les menacent.

Cela permet ensuite de sélectionner certaines espèces que l'on pourrait faire entrer pour favoriser la diversification fonctionnelle. Cela pourrait, par exemple, nous amener à planter des espèces qui réagissent plus efficacement aux feux de forêt, comme les pins gris et rouges et le peuplier, dans des zones vulnérables au feu ou encore à mieux distribuer sur le territoire des espèces actuellement très concentrées, telles les érables à sucre dans le sud du Québec.

Nous ne sommes d'ailleurs pas les seuls à réfléchir à ces questions. En Allemagne, notamment, des années de grandes sécheresses ont fait mal aux monocultures d'épinettes de Norvège, l'espèce la plus importante pour le commerce du bois dans ce pays. Celui-ci cherche désormais à diversifier ses forêts.

« Nous ne pouvons plus continuer comme avant au Québec et au Canada, avertit Christian Messier. Nous devons nous doter d'un plan très ambitieux, à défaut de quoi nous pourrions voir des forêts disparaître entièrement. »

## Les savoirs autochtones pour lutter contre les feux de forêt

En 2023 au Canada, les incendies de forêt ont ravagé une surface plus de 10 fois supérieure à la moyenne d'hectares brûlés par décennie au pays. Particulièrement vulnérables aux conséquences des feux, les peuples autochtones détiennent des savoirs ancestraux précieux. Guillaume Proulx, étudiant au doctorat en géographie culturelle à l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue (UQAT), cherche ainsi à mettre à profit les connaissances des Cris d'Eeyou Istchee Baie-James afin de développer des mesures d'atténuation.

PASCALINE DAVID  
COLLABORATION SPÉCIALE

Cet été, des feux d'une ampleur et d'une intensité sans précédent ont entraîné l'évacuation de nombreuses communautés au Canada et au Québec. « Les Cris perçoivent des changements très rapides dans l'écosystème, explique Guillaume Proulx. Il y a une véritable inquiétude que les vieilles forêts disparaissent et que les écosystèmes s'homogénéisent, c'est-à-dire que la diversité des espèces diminue. » Une solastalgie bien légitime, alors que des chemins empruntés depuis des générations demeurent introuvables après avoir été balayés par les flammes.

« Le territoire des Cris est beaucoup plus vulnérable depuis 50 ans, conséquemment au développement industriel de la Baie-James », poursuit le chercheur. Les constructions minières et hydroélectriques ont entraîné de nombreuses transformations sociales, une importante sédentarisation et un changement du cadre bâti. Ainsi, les infrastructures sont davantage exposées au feu et les communautés ont subi une perte de savoir intergénérationnel et de contact avec le territoire.

Par exemple, la route Billy Diamond, qui représente le seul lien routier vers de nombreuses communautés crées de Chisasibi, Wemindji, Eastmain et Waskaganish, dans le nord-ouest du Québec, devient rapidement inaccessible. « La route est fermée quand les fumées sont trop importantes, précise Guillaume Proulx. C'était moins un problème avant, mais maintenant tout le monde vit au même endroit. »

### La forêt, une alliée

Dans ce contexte, le projet Évaluation et atténuation du risque de feu de forêt en Eeyou Istchee Baie-James arrive à point nommé. « J'essaie d'abord de voir quelle place occupent les feux dans le paysage culturel cri, c'est-à-dire quelle relation ils entretiennent avec ces phénomènes, explique Guillaume Proulx. Enfin, j'échange avec des utilisateurs du territoire et des maîtres de trappe pour connaître les pratiques utilisées afin de protéger les infrastructures. »

Dans ses entretiens semi-dirigés avec les Cris, Guillaume Proulx a remarqué que beaucoup voient encore les feux comme bénéfiques, rajoutant la forêt et produisant davantage de bleuets. Les Cris ont développé des pratiques adaptées aux incendies qui se



Durant un atelier de cartographie participative à Wemindji, terre réservée crie située en Eeyou Istchee, des membres de la communauté crie identifient les points névralgiques de leur territoire. GUILLAUME PROULX

« On voit vraiment que les impacts globaux des changements climatiques sont indissociables des problématiques locales liées au colonialisme et au capitalisme »

déclenchent naturellement sur leur territoire depuis des milliers d'années. Au gré des saisons, ils choisissaient leur campement en fonction des risques, notamment de feux de forêt. Le brûlage traditionnel était pratiqué, avant qu'il ne soit fortement découragé, cette technique étant considérée comme dangereuse selon notre conception occidentale de la sécurité.

« Ils ont conservé la pratique de construire dans des endroits sablonneux où les arbres sont moins secs, ou bien dans des milieux dégagés de peuplements forestiers », illustre Guillaume Proulx. Certains utilisateurs ont aussi pour habitude de ramasser les branches de l'épinette noire, très présente dans le

Nord, qui jonchent les chemins, d'abord pour pouvoir y circuler, mais également pour rendre le milieu moins inflammable.

Lors d'ateliers de cartographie participative, les utilisateurs identifient eux-mêmes les lieux valorisés pour les activités de la communauté, la transmission de ses connaissances, son bien-être. Ces informations sont ensuite comparées avec des données plus classiques fournies par Hydro-Québec, pour analyser le degré d'exposition des infrastructures. Ultérieurement, le chercheur souhaite mettre en place des plans d'adaptation pour chaque communauté, avec des scénarios adaptés aux coûts et bénéfices des méthodes employées.

### Quand local et mondial convergent

Guillaume Proulx a remarqué que ses intervenants sortaient spontanément du cadre des entretiens liées à la gestion du risque pour parler de souveraineté du territoire. « Sans que je pose de questions là-dessus, beaucoup m'ont raconté les inondations de leur territoire causées par les installations hydroélectriques, et leur faible marge de manœuvre, déléguée à des organismes externes comme la SOPFEU, révèle-t-il. On voit vraiment que les impacts globaux des changements climatiques sont indissociables des problématiques locales liées au colonialisme et au capitalisme. »

Lauréat de l'une des toutes premières bourses Action climatique, Guillaume Proulx espérait terminer son projet l'an prochain, mais les feux de forêt l'en empêchent. « J'ai dû annuler trois fois mes voyages », témoigne-t-il. Si le chercheur est heureux d'avoir reçu une bourse, il rappelle toutefois l'importance de mieux financer la recherche fondamentale à long terme, de manière plus durable et moins ponctuelle ou sectorielle.



Des curieux observent le centre-ville de Montréal durant un épisode intense de smog causé par les feux de forêts dans le Nord du Québec, en juin dernier. VALÉRIAN MAZATAUD ARCHIVES LE DEVOIR

## Prévoir l'impact des changements climatiques sur la qualité de l'air

Malgré les récents épisodes de smog qui, cet été, ont placé Montréal dans le palmarès des trois villes dont l'air était le plus pollué dans le monde, la qualité de l'air serait généralement bonne au Québec. Mais qu'en sera-t-il dans l'avenir ? C'est ce sur quoi travaille entre autres le professeur et chercheur en chimie environnementale de l'Université de Montréal Patrick Hayes. Avec son équipe, il se concentre sur la modélisation des effets des changements climatiques sur la qualité de l'air. Il étudie conséquemment les particules atmosphériques qui influencent le climat afin de déterminer leur impact environnemental.

KIM NUNÈS  
COLLABORATION SPÉCIALE

Jusqu'à maintenant, le bilan québécois est bon puisque les lois et les mesures mises en place dans les dernières années par les gouvernements pour réduire les émissions de polluants ont été concluantes. Ainsi, à titre comparatif, la concentration de particules fines à Montréal en 2000 était considérablement supérieure à celle observée en 2020, note Patrick Hayes. « Il y a beaucoup de progrès, mais dans l'avenir, les changements climatiques auront pour

effet d'augmenter la concentration des polluants », ajoute-t-il. Cela pourrait donc affecter la qualité de l'air.

Nicole Trieu, étudiante au doctorat de l'Université de Toronto, s'intéresse, avec le professeur Hayes, à la composition de la fumée des feux de forêt et à sa toxicité. Elle soutient d'ailleurs que l'augmentation de la température à cause du réchauffement climatique entraînera une plus grande concentration de polluants secondaires, soit des polluants qui se créent « lorsque deux polluants primaires réagissent au soleil et à l'air stagnant », peut-on lire sur le site du

gouvernement du Canada. Parmi les polluants secondaires à surveiller, il y a l'ozone, un gaz incolore qui peut avoir d'importantes répercussions sur la santé publique si sa concentration est élevée.

Prévoir la concentration de tels polluants fait partie des objectifs de la modélisation des effets des changements climatiques, car cela permet aux chercheurs d'évaluer et de prévoir l'évolution de la qualité de l'air. Il s'agit donc d'un modèle où la composition de l'atmosphère, y compris le vent, est simulée afin d'étudier la corrélation qui existe entre

les changements climatiques, la composition atmosphérique et les conditions météorologiques.

### Le voyage des polluants

Si plusieurs polluants sont susceptibles de nuire à la qualité de l'air au Québec, ceux causés par les feux de forêt ne sont pas négligeables. « Les changements climatiques ont un impact sur la fréquence des feux de forêt et les feux de forêt ont un impact sur la qualité de l'air, affirme Nicole Trieu. La fumée produite par ces feux et les panaches de fumée ont d'ailleurs la capacité d'être transportés sur de très longues distances, car l'air n'a pas de frontières. Ils peuvent donc voyager grâce aux vents dominants et affecter les gens qui habitent près des feux de forêt, mais aussi ceux qui vivent à des milliers de kilomètres », explique-t-elle.

Puis, comme le mentionne Patrick Hayes, le Québec se trouve à un mauvais endroit puisque sa position géographique fait en sorte qu'il reçoit généralement les émissions des autres provinces et des États-Unis.

## Des contaminants atmosphériques

Au printemps dernier, le ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs a publié l'inventaire québécois des émissions des principaux contaminants atmosphériques de 2020 ainsi que leur évolution depuis 1990.

Outre les particules totales et respirables qui ont augmenté en raison du nombre de voitures sur les routes et de l'accroissement des chantiers de construction qui créent de la poussière, la majorité des émissions de contaminants ont diminué.

En effet, les lois et les mesures mises en place par les gouvernements ont permis de réduire de presque la moitié les émissions de monoxyde de carbone (CO) et d'oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) issues principalement du secteur du transport. Les émissions de composés organiques volatils (COV) provenant également des secteurs des transports, mais aussi de l'utilisation des peintures et des solvants, ont quant à elles diminué de 58,2 %. Les émissions de dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) attribuables au secteur des minerais et des industries minérales ont, pour leur part, diminué de 72,7 % au cours des 30 dernières années.

Ce portrait permet aux chercheurs de faire des projections en plus de permettre aux décideurs d'élaborer des stratégies, des politiques et des règlements afin de contrôler la qualité de l'air.

De plus, puisque le réchauffement climatique a un effet sur le mouvement du vent, soit sur sa circulation, les feux de forêt auront de plus en plus d'incidences sur la qualité de l'air du Québec.

« Il faut donc résoudre le problème à la source en réduisant le plus rapidement possible les émissions de gaz à effet de serre », indique Patrick Hayes. Comment ? Utiliser les transports collectifs et actifs fait partie des pistes de solution. Réduire notre utilisation de produits ménagers polluants et de parfums qui émettent des contaminants de composés organiques volatils (COV) dans l'atmosphère fait aussi partie des gestes quotidiens qui peuvent influencer la qualité de l'air de la province.

## VAGUES ET ÎLOTS DE CHALEUR

# Une première carte interactive de la vulnérabilité

De plus en plus fréquentes et de plus en plus intenses à cause des dérèglements climatiques, les vagues de chaleur frappent de plein fouet le pays. Dans le but de mesurer la vulnérabilité de la population et les effets de l'exposition à ce phénomène météorologique à l'échelle du Canada, une équipe de recherche du Département de géographie de l'Université Laval a lancé en mai dernier un outil sous forme de cartographie Web qui est accessible à tous.

LAETITIA ARNAUD-SICARI  
COLLABORATION SPÉCIALE

Financée par la Société canadienne d'hypothèques et de logement, cette nouvelle carte interactive de la vulnérabilité de la population canadienne aux vagues de chaleur accablante a été conçue en s'appuyant sur quatre indices : la sensibilité, la capacité à faire face, l'exposition et la vulnérabilité.

« On a évalué les îlots de chaleur urbains en regardant la différence de température entre les zones urbaines et les zones végétalisées. On peut voir qu'une personne peut vivre dans un endroit où il y a un écart de 15 degrés entre son secteur et la région environnante. Ça permet de voir aussi s'il y a des îlots de fraîcheur à proximité », explique Nathalie Barrette,

professeure au Département de géographie de l'Université Laval et co-chercheuse du projet.

« Ensuite, on regarde ce qui génère la vulnérabilité. Donc, si vous habitez dans une zone où il y a un indicateur de sensibilité qui est élevé ou faible, et la capacité d'y faire face. Il y a tous les lieux dans lesquels une personne peut aller se réfugier lorsqu'il y a des épisodes de chaleur, comme des piscines publiques, des centres commerciaux », ajoute l'experte au sujet de la carte, qui permet d'observer 156 régions métropolitaines et agglomérations canadiennes.

Plus concrètement, cette carte peut servir comme « outil d'accompagnement » pour les décideurs politiques, pour les professionnels de l'aménagement, de l'urbanisme et de la santé publique et pour le grand public. « Si je suis un décideur politique et que j'ai de l'argent à mettre, par exemple, dans un projet de verdissement, ça m'indique quelles régions prioriser », explique la professeure.

### Les effets de la chaleur

« Une des choses qui m'ont frappée quand on a terminé l'outil, c'est qu'on associe souvent les vagues de chaleur et les canicules aux grosses villes. Le résultat nous montre [que] les petites et les moyennes villes sont également



Les conséquences sur la santé des gens touchés par des îlots ou des vagues de chaleur sont multiples. JACQUES NADEAU ARCHIVES LE DEVOIR

touchées, et elles vont l'être de plus en plus », souligne M<sup>me</sup> Barrette.

Les conséquences sur la santé des gens touchés par des îlots ou des vagues de chaleur sont multiples. « Sur la santé, on sait qu'il y a les maladies cardiaques et respiratoires. On peut aussi noter une augmentation de la violence, donc il y a des conséquences sur la

santé mentale. Tous ceux qui ont des conditions comme le diabète ou une insuffisance rénale sont vraiment plus exposés. Les coups de chaleur sont aussi l'une des principales causes de mortalité pendant ces épisodes », énumère-t-elle.

Pour amortir les effets de ces phénomènes météorologiques, des solu-

tions à court terme existent, selon Nathalie Barrette. « L'une des premières mesures qu'on peut mettre en place [...] est le verdissement, pour diminuer les îlots de chaleur. Le blanchiment des toitures et des surfaces peut aussi aider. L'idée est de rendre moins imperméable un lieu », indique la professeure.

La position géographique du Québec fait en sorte qu'il reçoit généralement les émissions des autres provinces et des États-Unis

# Vers des fermes plus autonomes grâce à la biométhanisation

Dans la lutte contre les changements climatiques, les scientifiques travaillent sur tous les fronts. Un projet avant-gardiste est en train de voir le jour au Québec. Il s'agit de valoriser le fumier de bovins ainsi que les résidus agricoles et forestiers par un procédé de biométhanisation sèche développé en Europe, mais très peu utilisé dans la province jusqu'à maintenant.

CAROLINE RODGERS  
COLLABORATION SPÉCIALE

Plusieurs partenaires participent au projet, soit des chercheurs de l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue (UQAT), la ferme Écobœuf, le cégep de Rivière-du-Loup, ainsi que Nexx Énergie, une firme d'ingénierie spécialisée dans la conception et l'intégration de solutions innovantes de production de bioénergie. Leur objectif commun : implanter une unité pilote de production de biométhane à la ferme Écobœuf, située en Abitibi.

Chez Écobœuf, on s'est donné pour mission de réduire l'empreinte environnementale et d'assurer la pérennité de l'agriculture en milieu boréal. « On agit sur toute la chaîne de valeurs allant de la recherche et du développement en agriculture jusqu'à la mise en marché des produits pour favoriser l'adoption de meilleures pratiques pour le climat sur les fermes, dit Simon Lafontaine, cofondateur et agronome. On travaille sur des solutions basées sur la nature, comme l'agroforesterie, pour voir comment on peut intégrer les arbres parmi les animaux de pâturage, et on met en marché du bœuf nourri à l'herbe avec une valeur ajoutée environnementale, avec l'objectif que ce soit carboneutre. »

Selon lui, il est important d'amener un incitatif économique pour encourager les agriculteurs à mettre en place des pratiques agricoles plus favorables à l'environnement et à la réduction des GES. « Par la suite, il faut aussi leur amener une expertise, du soutien et des ressources », ajoute-t-il.

C'est aussi pour cette raison qu'Écobœuf s'est allié aux chercheurs de l'UQAT pour développer



Simon Lafontaine et Frédérique Lavallée, fondateurs et agronomes d'Écobœuf, en Abitibi  
ELYE CARRIER | MRC D'ABITIBI-OUEST

ce projet de biométhanisation des résidus bovins et forestiers. « Dans une optique de développer un élevage bovin carboneutre, on voulait cibler toutes les sources d'émissions et s'y attaquer. Depuis 2021, on réfléchit à des moyens de limiter les émissions du fumier qui s'accumule en hiver, ce qui dégage des gaz. C'est ce qui nous a amenés vers la biométhanisation qui, en plus des gains environnementaux, est une source potentielle de revenus pour les agriculteurs. »

## Biométhane produit à la ferme

« Dans ce projet, on utilise les résidus forestiers comme support de croissance pour les micro-organismes, car on croit que certains résidus du bois vont favoriser cette croissance et augmenter le pouvoir de production de méthane du fumier bovin. Le rendement sera plus élevé en combinant les résidus forestiers et les résidus bovins pour produire du biométhane », explique Ahmed Koubaa, professeur à l'Institut de

recherche sur les forêts (IRF) et titulaire de la Chaire de recherche du Canada sur la valorisation, la caractérisation et la transformation du bois de l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue (UQAT).

Le biométhane ainsi produit sera réutilisé à même la ferme. « Dans un contexte de régions comme l'Abitibi-Témiscamingue, il n'y a pas une concentration de fermes suffisante pour avoir une unité de biométhanisation centralisée qui serait rentable.

L'idée est donc que chaque ferme produise son biométhane et l'utilise localement pour différentes applications, comme la machinerie agricole et le chauffage des bâtiments environnants, leur permettant éventuellement d'être autonomes en termes de production d'énergie », ajoute Ahmed Koubaa.

Ainsi, les carburants comme le diesel pourraient être remplacés par le biométhane, permettant un gain sur le plan de la réduction des GES. Pour l'instant, l'objectif est de finaliser l'implantation de cette unité pilote d'ici trois à cinq ans. Selon le scientifique, la quantité de biométhane produite serait possiblement suffisante pour alimenter la ferme en énergie.

« Si le projet démontre son efficacité, il pourrait être reproduit dans toutes les fermes du Québec », ajoute le chercheur. Le modèle proposé par les chercheurs est déjà utilisé en Europe, tandis que des modèles de biométhanisation à plus grande échelle existent aux États-Unis.

## Gains économiques potentiels

En plus de réduire les coûts énergétiques, la production de biogaz pourrait même devenir une source de revenus pour certaines exploitations agricoles. « Ailleurs dans le monde, il existe des fermes qui font plus d'argent avec la vente de surplus de biogaz qu'avec la vente de leur production agricole », souligne Ahmed Koubaa.

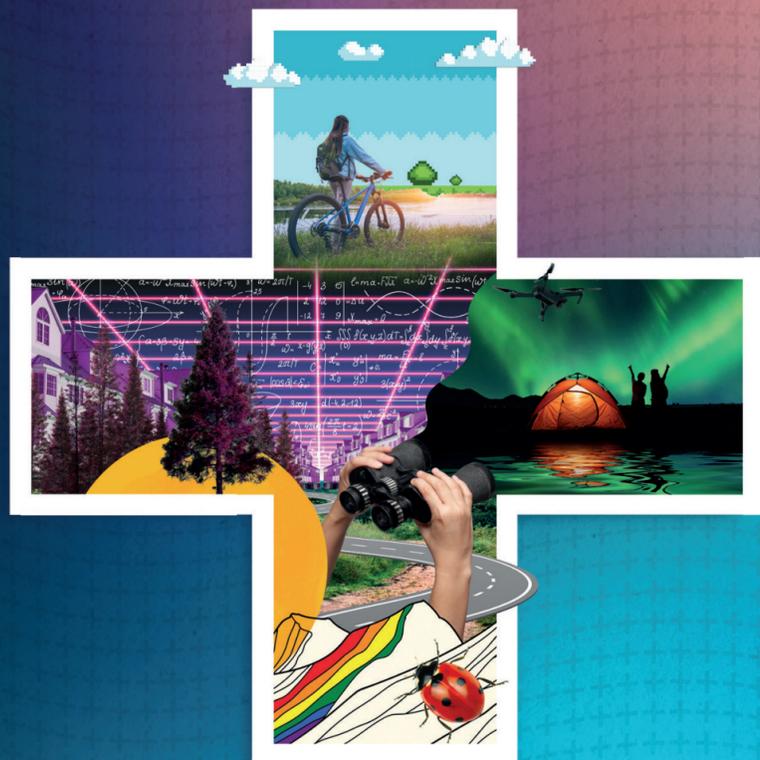
« Si le projet démontre son efficacité, il pourrait être reproduit dans toutes les fermes du Québec »

D'autre part, dans le cadre de ce projet, les chercheurs ont toujours en tête de mesurer les effets de chaque aspect des activités en cours et d'en minimiser l'empreinte environnementale. « On s'intéresse à la valorisation de tous les résidus issus de la méthanisation. Par exemple, nous étudions les utilisations qu'on pourrait faire du digestat et du biochar, que l'on obtient à partir de la biomasse, notamment pour fertiliser les sols », explique Flavia Braghiroli, professeure à l'IRF spécialisée dans la valorisation et le recyclage de produits forestiers, qui agit à titre de cochercheuse dans ce projet.

INRS  
Institut national  
de la recherche  
scientifique

INRS.CA/PLUS

PLUS qu'une université



Découvres-en PLUS



/inrscienc



## Pour des données transparentes

### OUTIL

SUITE DE LA PAGE D 2

Si de très nombreuses combinaisons de paramètres sont possibles, une section « analyses » propose également des scénarios préétablis. Ceux-ci permettent à des personnes moins initiées d'appréhender les grandes questions et de comprendre quels sont les différents indicateurs qui influencent l'atteinte de la carboneutralité en 2050. Par exemple, quelles sont les conséquences si on ne réduit pas les émissions du secteur pétrolier et du gaz ? Qu'arrive-t-il si le prix des petits réacteurs modulaires nucléaires n'est pas celui qui est attendu ? « Plutôt que de s'intéresser aux grandes lignes directrices, l'outil sert à fournir des informations détaillées sur des horizons lointains, en fonction de secteurs et de problématiques très précises », ajoute le chercheur.

Les résultats présentés sont issus de NATEM, un modèle d'optimisation techno-économique développé par ESMIA Consultants. Celui-ci doit s'arranger pour atteindre l'objectif de zéro émission net tout en respectant la demande, au moindre coût.

### Des mises à jour constantes

L'ensemble du projet a été conçu et piloté par l'IET, avec l'aide de Kashika Studio pour le graphisme et l'interface. Pour Thomas Hurtut, cofondateur de Kashika Studio et professeur agrégé à Polytechnique Montréal, il n'existe pas de solution unique à la carboneutralité, qui pourrait être détectée ou calculée par un algorithme. « Il faut nécessairement impliquer l'humain dans ce processus d'optimisation et de décision, lance-t-il. La visualisation est une manière intuitive d'explorer et de comparer les scénarios

énergétiques et les dizaines de paramètres possibles. »

Deux objectifs ont guidé la création de l'outil, soit celui d'aiguiller les personnes qui possèdent une expertise ou un rôle décisionnel, mais aussi de démocratiser l'information. « Les données devraient être ouvertes et transparentes, le plus souvent possible, ajoute François Lévesque, cofondateur de Kashika Studio. C'est vraiment important que les gens comprennent ce que chaque décision gouvernementale peut impliquer. »

La plateforme est d'ailleurs vouée à accueillir les remarques des utilisateurs et des utilisatrices afin d'améliorer continuellement l'outil, en ajoutant de nouveaux scénarios, par exemple. « Les choses changent vite, comme les transformations technologiques, qui doivent être intégrées. Notre objectif est de tenir tout cela à jour. Cela faisait un bout de temps qu'on cherchait une façon intelligible d'explorer toutes ces trajectoires possibles, autre qu'un rapport écrit de 400 pages », indique M. Langlois-Bertrand. L'an dernier, l'Institut a donc répondu à un appel à projets lancé par Ressources naturelles Canada, dont l'objectif était de rendre davantage de résultats de modélisation accessibles en ligne.

« L'outil sert à fournir des informations détaillées sur des horizons lointains, en fonction de secteurs et de problématiques très précises »

## RÉDUCTION DES GES

# L'industrie laitière veut faire partie de la solution

De 1990 à 2019, l'empreinte carbone du lait produit au Canada a diminué de 24 % par litre. Les fermes laitières sont des systèmes complexes et la collaboration entre les chercheurs et les producteurs laisse entrevoir des pistes de solutions durables pour réduire davantage encore les gaz à effet de serre produits par cette industrie. Le projet du nouveau Laboratoire vivant au Québec va dans ce sens.

CHARLES-ÉDOUARD CARRIER  
COLLABORATION SPÉCIALE

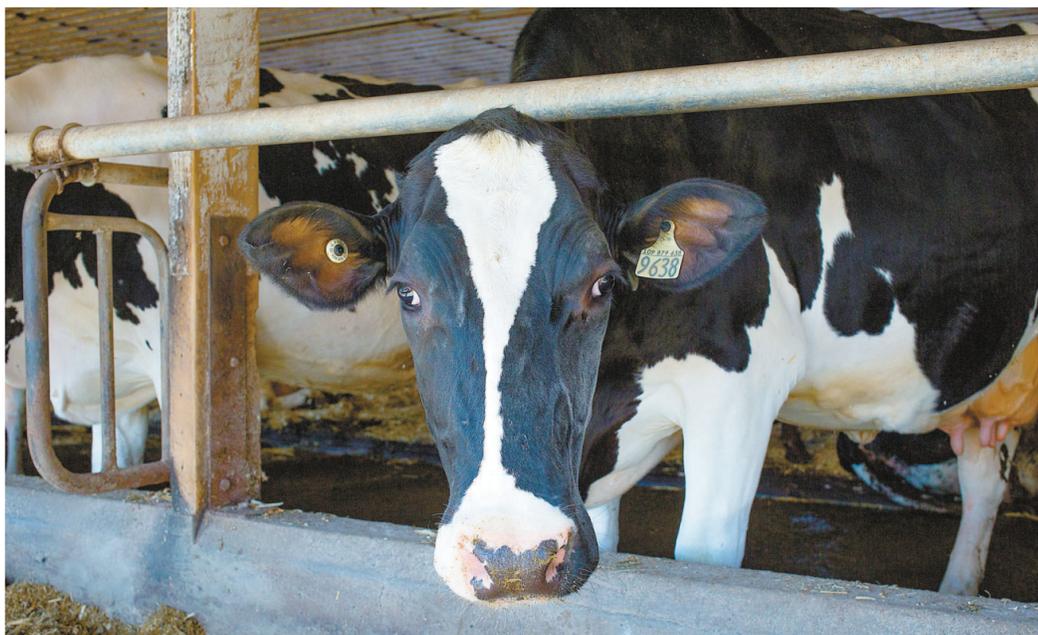
Édith Charbonneau est professeure titulaire en production laitière à l'Université Laval. Elle s'intéresse tout particulièrement à des projets de recherche en lien avec la durabilité des fermes laitières. De son côté, Marie-Élise Samson, qui s'intéresse à la protection des sols, est agronome et professeure adjointe à l'Université Laval depuis 2021. Toutes les deux collaborent au projet de Laboratoire vivant pour un lait carboneutre, une recherche participative incluant les producteurs laitiers du Québec et qui se déroulera en partie dans les fermes, dans le but de réduire la production de gaz à effet de serre (GES). Le financement fédéral pour le projet a été annoncé récemment par la ministre de l'Agriculture et de l'Agroalimentaire, Marie-Claude Bibeau.

## Vers un litre de lait carboneutre ?

La course à la carboneutralité est partout, même en cuisine. Qualifiant l'idée d'obtenir un lait carboneutre de « grand défi », Édith Charbonneau affirme que la réduction des gaz à effet de serre du côté des producteurs laitiers est possible. Celle qui

est à la direction scientifique du laboratoire piloté par Les producteurs de lait du Québec ajoute toutefois qu'il est difficile d'envisager une production d'aliment zéro carbone « surtout quand on est en production animale ». Est-ce que les producteurs y arriveront ? Difficile à dire, répond-elle. « Mais on amènera des pistes de solutions et des outils pour les aider. »

Les Producteurs laitiers du Canada sont engagés à atteindre la carboneutralité provenant des fermes laitières canadiennes d'ici 2050. Le secteur s'est également fixé des cibles concernant les sols et les terres, l'eau, la biodiversité, les déchets et l'énergie. Le futur de l'industrie laitière laisse donc entrevoir de nombreuses occasions d'avancement, y compris la protection des sols : « Il y a un *momentum* pour les sols, qui ont longtemps été oubliés. Pourtant, c'est la ressource de base. Il faut se rappeler que la plante pousse sur le sol, elle nourrit l'animal, et l'animal nourrit l'homme. C'est une ressource non renouvelable et elle est en déclin majeur à l'échelle de la planète. Tout ce qui s'y passe est invisible, mais c'est la base de notre société, de notre système alimentaire », plaide Marie-Élise Samson.



Selon la professeure Édith Charbonneau, les médias ont vite recours à la photo d'une vache pour illustrer la production de méthane, alors que le secteur laitier travaille fort pour s'améliorer. VALÉRIAN MAZATAUD ARCHIVES LE DEVOIR

## Chercheurs et producteurs : cocréation payante

La portion de recherche des projets s'orchestre autour d'une collaboration serrée entre des professeurs chercheurs universitaires de plusieurs universités et des chercheurs d'Agriculture et Agroalimentaire Canada. L'approche proposée par le Laboratoire vivant ajoute une dimension multidisciplinaire en incluant les producteurs laitiers dans les travaux. Notons que le principe du Laboratoire vivant existe déjà dans d'autres projets de recherche en agroalimentaire.

Pour éviter le travail en vase clos, il faut penser à l'échelle de la ferme et non uniquement au troupeau, comme l'illustre Édith Charbonneau, prônant une approche cocréative et collaborative où la science ne parle plus seulement à la science, mais prend davantage en compte les contraintes du terrain. Par exemple, l'actuel Laboratoire vivant auquel participent les deux chercheuses a démarré avec une journée de réflexion où scientifiques, spécialistes en sciences sociales et producteurs ont discuté des questions, des défis et des intérêts du projet avant même le dépôt des questions de recherche.

« Il y a des défis tant du côté des producteurs que des chercheurs pour

créer un lien, même si c'est une forme de recherche qui est de plus en plus mise en avant, fait remarquer Marie-Élise Samson. On a des réalités et des livrables différents, il y a tout un travail pour arrimer [les deux pôles]. Cela signifie pour nous de faire de la recherche différemment, mais en même temps, c'est vers où s'en va la science. »

## Une industrie prise pour cible ?

L'empreinte carbone d'un litre de lait produit au Canada est inférieure à plus de la moitié de la moyenne mondiale, ce qui en fait l'une des plus faibles sur la planète. Pourtant, lorsque l'on parle des GES, on pointe souvent du doigt les productions animales, dont l'industrie laitière, entre autres à cause du méthane entérique issu de la fermentation des aliments durant la digestion des vaches.

Les ruminants, même s'ils produisent le méthane, contribuent à maintenir un équilibre dans un écosystème fragile : « Ils consomment les plantes fourragères pérennes et contribuent aux rotations plus saines au niveau des sols. Ils produisent du fumier, un engrais organique qui contribue à la matière organique des sols. Ils mangent des aliments non consommables pour l'humain et les transforment en

d'excellents produits pour les humains. Une protéine d'excellente qualité pour les animaux peut se transformer en une protéine excellente pour l'humain », explique la professeure Charbonneau.

Alors, est-ce qu'on s'acharne à tort sur les vaches laitières ou même sur l'industrie bovine lorsque l'on parle de production des gaz à effet de serre ? « J'ai l'impression que d'un point de vue médiatique, on a vite recours à la photo d'une vache [...] Pourtant il existe d'autres secteurs qui produisent plus de méthane, comme c'est le cas avec l'énergie par exemple. Mais le secteur laitier travaille fort pour s'améliorer », assure Édith Charbonneau.

« Il y a des défis tant du côté des producteurs que des chercheurs pour créer un lien, même si c'est une forme de recherche qui est de plus en plus mise en avant »

L'équipe du professeur Harvey travaille à la mise au point de réseaux métallo-organiques susceptibles de protéger les plantes potagères des champignons, des bactéries ou d'autres virus.

ISTOCK



# La « vaccination » des plantes plutôt que les pesticides

L'initiative vise à décarboner les sols tout en proposant des produits de remplacement non toxiques pour l'environnement

LEÏLA JOLIN-DAHEL  
COLLABORATION SPÉCIALE

« Vacciner » les plantes et trouver des solutions durables pour éviter les pesticides de synthèse, c'est ce sur quoi travaillent des chercheurs issus principalement de l'Université de Sherbrooke. Leur projet se penche sur l'utilisation des MOF (pour *metal organic framework*, réseaux métallo-organiques en français). Cet élément se compose de deux morceaux : d'une part une pièce poreuse métallique de taille nanométrique, d'autre part une partie organique contenue dans la pièce.

« Ce n'est vraiment pas gros, l'œil ne peut pas voir ça », indique Pierre

Harvey, professeur de chimie à l'Université de Sherbrooke et chercheur principal sur ce projet entamé au printemps dernier. L'équipe se compose également de Peter Moffett, professeur au Département de biologie de ce même établissement, de Mamadou Fall, chercheur pour le compte d'Agriculture et Agroalimentaire Canada, et de représentants du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ) et de l'Association des producteurs de fraises et framboises du Québec.

L'initiative a été financée par le Fonds de recherche du Québec en nature et technologies et par le Programme québécois pour l'agriculture durable, pour un montant de l'ordre de 250 000 \$ par année sur trois ans.

« Le problème numéro un est de réduire l'utilisation de pesticides », explique M. Harvey. Les travaux visent donc d'un côté à diminuer la quantité de produits requise, et à s'assurer que ces derniers soient non nocifs pour l'environnement et la consommation humaine d'autre part.

## Protéger les plantes sans nuire à l'environnement

L'utilisation des MOF sert à traiter les plantes potagères, et ce, tout autant par l'extérieur (pulvérisation) que par l'intérieur (injection) de celles-ci. L'un des principes consiste donc à pulvériser une solution aqueuse à base de ce MOF sur la plante afin de la protéger contre les champignons, les bactéries et les virus.

« Des matériaux organiques pour fabriquer des MOF, il y en a une panoplie », indique M. Harvey. Mais l'originalité de son projet de recherche réside dans le fait qu'il se concentre surtout sur certains dérivés de la porphyrine, un squelette moléculaire que l'on retrouve dans l'hémoglobine du sang et dans la chlorophylle par exemple. La partie métallique du MOF est quant à elle produite avec des matériaux non toxiques.

« Lorsqu'on veut proposer quelque chose qui pourrait avoir un lien direct avec l'alimentation, on s'assure de faire les choses très rigoureusement. On travaille avec des chercheurs dans les hôpitaux. Ils vont regarder la cytotoxicité des éléments qu'on pourrait suggérer de mettre dans les

sols et sur les plantes », précise le professeur. Il ajoute que certains MOF à base de porphyrine ont déjà été testés dans le milieu médical.

Une fois pulvérisée, la molécule de porphyrine absorbe la lumière du soleil et entre en contact avec l'oxygène. À ce moment-là, elle devient toxique. Après vérification, il s'avère cependant que cette toxicité demeure à quelques millimètres de la plante et qu'elle n'est donc pas nocive pour l'humain. En revanche, elle va tuer les cellules du champignon, de la bactérie ou du virus qui se sont attaqués à la plante.

## « Vacciner » les plantes

L'autre principe consiste à « vacciner » les plantes. L'idée est d'injecter de l'ARN (un acide nucléique présent chez pratiquement tous les êtres vivants, dont les plantes) dans un MOF qui va être placé dans la terre avec la graine ou lorsque la racine est encore toute jeune, le but étant qu'en grandissant, la plante l'absorbe. Le MOF permet alors de protéger l'ARN le temps qu'il soit absorbé. Une fois entré dans la plante, l'ARN se diffuse pour activer le système immunitaire de cette dernière, sur le même modèle que les vaccins durant la pandémie. « Ça entre dans la plante. Son système immunitaire réagit et prépare des anticorps pour combattre ce corps étranger. Il s'équipe contre les microbes qui pourraient éventuellement arriver », décrit le chercheur.

Ainsi, les MOF contiennent l'ARN et le gardent intact. « C'est un peu comme une capsule qui protège un médicament avant d'aller dans l'estomac », illustre M. Harvey. Le MOF est ensuite absorbé par les racines de végétal. « Le processus de vaccination est lent. Donc le MOF peut rester dans la plante sans lui nuire », ajoute le professeur.

## Réduire l'utilisation des pesticides

En agriculture, l'un des principaux défis au Québec reste la réduction de l'utilisation de pesticides de synthèse, croit M. Harvey. Une réalité qui cause de la pollution et qui contribue à la carbonisation des sols, dit-il. D'ailleurs, le MAPAQ espère faire baisser de 500 000 kg les pesticides de synthèse vendus d'ici 2030.

Quant au projet de recherche, il vise à faire diminuer la concentration de certains agents à aussi peu que 50 ou 10 parties par million (PPM). « On est vraiment sur la bonne voie. En comprenant le mécanisme, on peut mieux cibler les matériaux et les produits qu'on va utiliser dans le futur », conclut-il.



# Bâtir pour l'avenir

**Construire des bâtiments de façon durable et innovante : c'est l'objectif du secteur de la construction, désormais plus sensible à son impact sur l'environnement et sur le mieux-vivre.**

Parvenir à la carboneutralité pour les grosses entreprises d'ici 2050 : voici l'invitation lancée cette année par le gouvernement fédéral. C'est un gros défi pour le secteur de la construction et des bâtiments, qui représente le 3<sup>e</sup> plus gros émetteur de gaz à effet de serre (GES) au Canada. Ce constat donne à ce secteur une réelle opportunité de se réinventer de façon responsable. C'est ce qu'a déjà entrepris sur plusieurs fronts Pomerleau, chef de file de l'industrie de la construction au Canada. La preuve : l'entreprise mène des actions pour réduire de 40 % ses GES de portée 1 et 2 d'ici 2030. Mais, au-delà de ses propres initiatives, l'entreprise veut agir comme vecteur de changement et amener l'industrie à adopter des pratiques plus durables.

C'est tout l'écosystème – donneurs d'ouvrage, consultants, fournisseurs et sous-traitants – que Pomerleau veut accompagner pour mener le combat vers l'économie des ressources, le recyclage des matières résiduelles et la carboneutralité.

## UNE INDUSTRIE COLLABORATIVE

Dès 2019, Pomerleau a créé un département Environnement et développement durable qui compte à ce jour plus de 40 professionnels œuvrant quotidiennement à implanter des mesures environnementales et à les contrôler sur les chantiers pour entre autres décarboner toute la chaîne de production et recycler davantage de matériaux. Depuis, cette entreprise a développé une feuille de route pour transformer l'industrie de la construction en utilisant une approche proactive, innovante et transparente. Par exemple, dès le début, chaque projet est encouragé à intégrer des pratiques d'ingénierie et des matériaux durables. « Le secteur de la construction fait partie de la solution et pour faciliter la transition énergétique de nos clients, nous devons travailler en collaboration avec tous nos partenaires : sous-traitants, architectes, ingénieurs, et fournisseurs, dit Etienne Gravel, directeur Construction Durable, chez Pomerleau. Et comme nous avons l'obligation de décarboner toute l'industrie, il nous apparaît important de mettre de côté la compétition et de partager les meilleures idées. »

## DES MESURES QUI CHANGENT DÉJÀ LA DONNE

En 2022, Pomerleau a détourné de l'enfouissement 72 % de ses matières résiduelles produites par la construction ou la démolition. En outre, dans le cadre du projet pilote Chantier vert, l'entreprise a mis en place plus de 50 mesures, pour réduire son impact sur l'environnement durant la construction : compteurs d'eau, électrification des véhicules, des équipements et des roulottes de chantier, réduction du carburant pour le chauffage temporaire avec contrôle intelligent, meilleure isolation, etc. Le recyclage des matériaux

fait aussi partie de la stratégie : durant la démolition du pont Champlain, la totalité de l'acier, 95 % de la masse du béton et 90 % de la masse totale des matériaux ont pu être recyclés, en vertu d'un cercle vertueux pour respecter la vision du gestionnaire d'ouvrages majeurs Les Ponts Jacques Cartier et Champlain Incorporée. De plus, le constructeur table sur des partenariats avec les membres des communautés autochtones pour maximiser leur participation dans ses projets de construction. En 2022, ce sont 11 projets qui ont été menés dans ce sens. Et ce chiffre est appelé à croître dans le futur.

## DES MATÉRIAUX À FAIBLE EMPREINTE CARBONE

Le carbone dit « opérationnel » est relié au fonctionnement du bâtiment à long terme : chauffage, refroidissement et éclairage. Quant au carbone « intrinsèque », il provient des matériaux utilisés pour la construction et de leur processus de fabrication : béton, acier, bois, verre, etc. Côté impact carbone, certains matériaux sont plus performants que d'autres. Il existe, par exemple, un béton qui requiert moins de ciment dans sa fabrication, ce qui réduit automatiquement son empreinte carbone. Un autre champion du genre : le bois dont la production nécessite six fois moins de carbone que le béton ou l'acier. C'est la raison pour laquelle Pomerleau utilise ce matériau, avec 20 projets réalisés depuis 20 ans, pour construire des bâtiments d'envergure, comme la tour académique de l'Université de Toronto qui, avec ses 14 étages, sera le plus haut édifice en bois à l'est de Vancouver.

En Europe, sur les façades, on inclut déjà des panneaux photovoltaïques qui produisent de l'électricité, et des capteurs qui permettent de fermer fenêtres et stores en fonction

de la météo. Ces alternatives sont de plus en plus adoptées par les municipalités du Québec, davantage sensibles à ces choix basés sur d'autres critères que le budget ou l'esthétisme des infrastructures.

## DES NORMES ET DES CERTIFICATIONS INCONTOURNABLES

La norme ISO 14 001 :2015, dont l'objectif est de maîtriser l'impact environnemental des entreprises, s'applique aussi au domaine de la construction. Sur tous les chantiers de Pomerleau, le système de gestion environnementale certifié par cette norme permet d'atteindre les objectifs environnementaux, d'améliorer la performance et de s'assurer le respect de leurs obligations de conformité. Mais elle n'est pas la seule.

La certification LEED, créée dans les années 1990 aux États-Unis, puis impulsée en 2002 par le CBDCa, fixe des objectifs en matière de performance du bâtiment – consommation d'énergie, et production de déchets et de GES – et de milieu de vie sain. Qu'elle soit certifiée, argent, or ou platine, cette certification facultative se déploie rapidement au pays. À preuve, 65 % des projets de bâtiments de Pomerleau visent des certifications durables ; son objectif est d'accroître de 30 % le nombre de projets de bâtiment visant une certification durable par rapport au niveau de 2021.

Les gros investisseurs, comme la Caisse de dépôt et placement du Québec, sont de plus en plus sensibilisés à cette tendance à construire des bâtiments et des infrastructures vertueux. Une avancée majeure pour contribuer à l'objectif de carboneutralité du Québec.

