

LA RECHERCHE DANS LE RÉSEAU DE L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

LE QUÉBEC À L'HEURE DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES



- L'hiver plus jamais comme avant
- Inondations : devant nous le déluge?
- Sauver les forêts en misant sur la biodiversité
- Comment être plus résilient devant les catastrophes

LE DÉFI ET L'ESPOIR

Le 27 septembre dernier, un demi-million de personnes ont manifesté dans les rues de Montréal. Un rassemblement historique où jeunes et moins jeunes ont réclamé des gouvernements des mesures ambitieuses et sans précédent pour limiter le réchauffement climatique. Le temps presse, car la cible de 1,5 °C, proposée par l'Accord de Paris sur le climat, apparaît de plus en plus difficile à atteindre. Au-delà de ce seuil, notre environnement se modifiera de façon radicale et possiblement irréversible.

À l'heure des changements climatiques, comment évoluera le Québec? Quelles sont les solutions à notre portée pour atténuer les effets des bouleversements à venir? Voilà les questions qui habitent plusieurs scientifiques. À la fois pragmatiques et optimistes, ils partagent avec nous dans ce dossier le fruit de leurs travaux. En les lisant, nous prenons la mesure de la complexité du défi auquel nous faisons déjà face.

Nous avons ponctué le dossier de vignettes qui donnent un aperçu du Québec en 2050 si rien n'est fait pour freiner davantage nos émissions de gaz à effet de serre. Le météorologue émérite **René Laprise** a bien voulu se prêter à cet exercice. Professeur de sciences de l'atmosphère à l'Université du Québec à Montréal, il est l'un des auteurs principaux du cinquième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Ce groupe de chercheurs a reçu le prix Nobel de la paix en 2007. Il est facile de perdre espoir devant les sombres prédictions de la science. Voilà pourquoi nous avons tenu à clore le dossier sur une note d'espoir livrée par **Claude Villeneuve**, biologiste et directeur de la Chaire en éco-conseil à l'Université du Québec à Chicoutimi, auteur de plusieurs ouvrages dont *Est-il trop tard? Le point sur les changements climatiques*. Bonne lecture!

Ce dossier est inséré dans le numéro de décembre 2019 du magazine *Québec Science*. Il a été financé par l'Université du Québec et produit par le magazine *Québec Science*.

Le comité consultatif était formé de :

Marie Auclair, UQAM
Jean-Pierre Richer, UQAM,
Yvon Laplante, UQTR
Yves Chiricota, UQAC
Pietro-Luciano Buono, UQAR
Charmain Lévy, UQO
Maryse Delisle, UQAT
Josée Charest, INRS
Josée Gauthier, ENAP
Éric Lamiot, TÉLUQ
Céline Poncelin de Raucourt, UQ
Valérie Reuillard, UQ
Marie Lambert-Chan, QS

Coordination :

Marie Lambert-Chan
et Valérie Reuillard

Rédaction :

Maxime Bilodeau
Martine Letarte
Etienne Plamondon Emond
Martin Primeau

Direction artistique :

Natacha Vincent

Correction-révision :

Sophie Cazanave

Bibliothèque nationale du Canada :
ISSN-0021-6127

Les 10 établissements du réseau de l'Université du Québec ont pour mission de faciliter l'accessibilité à l'enseignement universitaire, de contribuer au développement scientifique du Québec et au développement de ses régions.

SOMMAIRE

- 3 L'hiver québécois : plus jamais comme avant**
Du couvert de neige au motif des flocons, la saison froide se transforme.
- 5 Devant nous le déluge ?**
Sommes-nous en mesure de prédire et de prévenir les inondations ?
- 8 Forêts québécoises menacées**
La survie de nos forêts passe par l'accroissement de leur biodiversité.
- 11 La transition écologique se passe en ville**
Un virage dans la gestion et le développement des milieux urbains est plus que jamais nécessaire.
- 14 L'heure est à l'adaptation**
Devant les catastrophes, comment préserver notre bien-être et notre santé physique ?





L'HIVER QUÉBÉCOIS : PLUS JAMAIS COMME AVANT

Du couvert de neige au motif des flocons, la saison froide se transforme.

Par Martin Primeau

Dans le Grand Nord québécois, les Inuits assistent impuissants à la métamorphose de leurs hivers. Les vastes plateaux gelés ont laissé place avec les années à des couverts de neige moins uniformes qui rendent leurs déplacements en motoneige risqués. Les plans d'eau tardent à geler et la neige s'accumule différemment. Par endroits, elle ne supporte même plus le poids de leurs engins.

Esther Lévesque, professeure d'écologie végétale à l'Université du Québec à Trois-Rivières (UQTR), recueille depuis une trentaine d'années les doléances des habitants du Nord à ce sujet. Elle parcourt aussi la toundra pour comprendre comment la transformation du climat se répercute sur sa végétation. Un travail loin d'être anodin parce que, si le couvert de neige se transforme, c'est avant tout à cause de ce qui se trouve en dessous !

Le principal coupable porte le nom de bouleau glanduleux. Cet arbuste apparaît dans la toundra sitôt que la forêt boréale lui cède sa place et il s'étend au nord sur des centaines de kilomètres. Il a toujours fait partie du paysage de la toundra, mais depuis quelques années il prend de l'expansion, alors qu'il se tenait plutôt près du sol auparavant. « C'est

une espèce qui a toujours été contenue par le froid, explique M^{me} Lévesque, mais maintenant que les contraintes se dissipent avec le réchauffement, elle pousse différemment. »

En passant d'une posture ramassée à une forme érigée, le bouleau glanduleux s'extirpe progressivement la tête de la canopée plutôt basse au-dessus des lichens et des petits fruits. Ce faisant, il fait obstacle au vent l'hiver venu. « Au lieu d'être balayée et de durcir, la neige qui reste emprisonnée entre les branches ne se densifie pas », dit la spécialiste. ➤

Le Québec en 2050

« Dans 30 ans, nos hivers seront plus courts, mais s'accompagneront de chutes de neige plus abondantes, de l'ordre de 20 à 50 %. Les épisodes de verglas ne seront plus concentrés autour de la vallée du Saint-Laurent : ils s'étendront au nord. Les mutations observées l'hiver auront des répercussions sur la faune et la flore. Des espèces végétales migreront vers le nord. Le déplacement moyen récent est de 14 à 24 km par décennie. D'ici la fin du siècle, il atteindra de 300 à 700 km. Le même phénomène s'opérera chez des espèces animales. Déjà, le renard roux se déplace de plus en plus vers le nord, envahissant le territoire du renard arctique. »

– René Laprise, professeur à l'UQAM

Le phénomène cause des maux de tête aux habitants du Nord, habitués de circuler à motoneige un peu partout. Désormais, ils doivent éviter les secteurs où les bouleaux glanduleux se sont dressés. Et cela vaut aussi en été : il faudrait entretenir les sentiers qui sont maintenant envahis de branches. « Et les petits fruits, si prisés, poussent moins bien à l'ombre des bouleaux », ajoute Esther Lévesque.

En plus de modifier les us et coutumes des habitants du Nord, le petit arbuste transforme l'écosystème qui se trouve à ses pieds. Par son pouvoir isolant, la neige prise entre ses branches « agit comme une doudoune », selon la chercheuse, et facilite la survie des microorganismes et des végétaux qui se trouvent en dessous. « On voit clairement que ça pousse davantage chaque été », indique M^{me} Lévesque. En plus de favoriser la conservation de la chaleur dans le sol, les arbustes accélèrent la fonte de la neige au printemps en absorbant la chaleur du soleil, précise la professeure. « Il y a des changements structurels majeurs qui s'opèrent actuellement », ajoute-t-elle.

DES EFFETS SUR LE PRINTEMPS...

Plus au sud, la transformation des hivers s'observe aussi. Spécialiste de la formation des glaces et de l'hydrologie, **Christophe Kinnard**, professeur au Département des sciences de l'environnement de l'UQTR, consacre ses travaux aux changements qui s'y produisent. Chaque hiver, le scientifique surveille d'un œil la formation de neige et de glace sur le territoire, et guette de l'autre le niveau d'eau dans les rivières.

De fait, le volume des précipitations et la vitesse de fonte de la neige sont appelés à changer en raison du réchauffement climatique. « Comme ailleurs dans l'hémisphère Nord, la couverture de neige devrait diminuer de trois à cinq pour cent par décennie au Canada dans

les années à venir, note le spécialiste. Mais ce qui est intéressant au Québec, c'est qu'on prévoit au contraire une hausse des précipitations sous forme de neige au cours des 20 à 30 prochaines années, puis une diminution de cinq à sept pour cent par décennie d'ici la fin du siècle. »

D'avantage de neige l'hiver, donc plus d'eau lorsqu'elle fond, gonflant d'un coup le lit des rivières. Le chercheur parle d'ailleurs d'une « intensification du cycle hydrologique ». Et celle-ci pourrait déjà être en marche. « C'est le genre de cocktail météo auquel on a droit depuis 2017, fait-il remarquer, et l'on voit que ça exacerbe les crues printanières. »

En plus de cette hausse des précipitations de neige, les habitants du centre-sud du Québec auront à s'habituer aux redoux de plus en plus fréquents en hiver, poursuit-il. Des cycles de gel et de dégel qui alimenteront également en eau nos rivières jusqu'à les faire déborder. « Tous nos modèles prédisent un accroissement des débits en hiver, avec des crues hivernales et des embâcles », souligne Christophe Kinnard.

... ET SUR LES FLOCONS

Mais il n'y a pas que la quantité de neige au sol ou sa fonte qui se transformeront au cours des prochaines années. L'aspect des flocons est en pleine métamorphose et pourrait avoir des conséquences sur la distribution de la neige au Québec.

C'est que « la forme des flocons est influencée à la fois par la température et par le taux d'humidité de l'air », explique **Julie Mireille Thériault**, professeure au Département des sciences de la Terre et de l'atmosphère à l'Université du Québec à Montréal (UQAM). Autour de -15 °C, la neige tombe généralement sous forme « dentrite ». « Ce sont les premiers flocons auxquels on pense avec leur forme plate faite de branches ramifiées



Philippe Gachon est professeur et titulaire de la Chaire de recherche UQAM sur les risques hydrométéorologiques liés aux changements climatiques. • IMAGE : UQAM



qui prennent dans le vent», mentionne la spécialiste. Entre -6 et -10 °C, les cristaux adopteront plutôt une structure polygonale qu'on appelle «bullet» ou «colonne» selon la configuration, «des particules plus denses», signale-t-elle. Puis finalement, lorsqu'on se rapproche du point de congélation, on trouve les flocons «graupel», des particules de neige givrées d'apparence hexagonale pouvant mesurer jusqu'à cinq millimètres de diamètre. Selon la chercheuse, les colonnes se substitueront progressivement aux dendrites dans le sud du Québec, avec des répercussions «encore difficiles à imaginer».

Ce qui laisse moins place à l'incertitude toutefois, d'après Julie Mireille Thériault,

c'est la fréquence des épisodes de verglas et de grésil qui nous pend au bout du nez en raison du réchauffement des températures hivernales. Et ce, tout le long de la vallée du Saint-Laurent, qui «canalise l'air chaud vers le nord-est». En tombant sous forme de pluie plutôt que de neige, l'eau pourrait se répartir dans des bassins versants différents, la neige pouvant être emportée par le vent, alors que la pluie, elle, tombe sous son nuage. M^{me} Thériault assiste déjà au phénomène dans les Rocheuses, où elle mène des recherches.

«Mon pays, ce n'est pas un pays, c'est l'hiver», chantait Gilles Vigneault. Cette chanson pourrait résonner autrement dans les prochaines décennies. ●

liés aux changements climatiques, pour qu'il détermine les causes de ces débordements et les risques à venir.

Son équipe a étudié les images captées par le satellite RADARSAT-2 lors de la montée des eaux. En 2017, la crue avait non seulement empiété sur des zones dont la probabilité d'être inondées n'était que de un pour cent, mais elle les avait largement dépassées à deux reprises. Alors que le rapport faisant état de ce constat était toujours en rédaction, la crue de 2019 s'est étendue au-delà de leurs limites pendant plus de 42 jours consécutifs. «Heureusement, on a eu la chance de ne pas avoir autant de pluie qu'au printemps 2017, autrement l'inondation aurait été catastrophique», observe Philippe Gachon.

Pourtant, les dommages ont été considérables. Pour la seule crue printanière de 2019, 127 millions de dollars ont été versés au Québec en indemnités, selon le Bureau d'assurance du Canada. Dans l'ensemble du sud de la province, plus de 10 000 personnes ont dû quitter leur domicile.

Une hausse des températures en hiver ne viendra-t-elle pas, à long terme, diminuer l'accumulation de neige, dont la fonte rapide au printemps est responsable de tels événements? «La nature est beaucoup plus complexe», rétorque Philippe Gachon.

Ainsi, les averses de pluie et de neige successives, qui caractérisent désormais nos hivers, tendent à former des «lames de glace» imperméables à l'intérieur du couvert neigeux. «Il est tout à fait possible que ce phénomène facilite le passage de l'eau de la fonte directement dans la rivière», soulève **Michel Baraër**, professeur au Département de génie de la construction de l'École de technologie supérieure (ÉTS).



En 2019, L'île-Bizard a été l'un des secteurs les plus touchés par les inondations à Montréal.

• IMAGE : GRAHAM HUGHES / LA PRESSE CANADIENNE

DEVANT NOUS LE DÉLUGE?

Sommes-nous en mesure de prédire et de prévenir les inondations?

Par Etienne Plamondon Emond

Deux ans à peine après les inondations de 2017, les flots de la rivière des Outaouais ont de nouveau envahi les rues de Rigaud le printemps dernier. La municipalité avait connu le même sort en 1974 et 1976. Néanmoins, les récentes crues l'inquiètent. Après les événements de 2017, elle a fait appel à **Philippe Gachon**, professeur et titulaire de la Chaire de recherche UQAM sur les risques hydrométéorologiques



Pour comprendre les facteurs qui déterminent si l'eau percole dans le sol ou ruisselle plutôt vers les cours d'eau, il manque de données. Bien que son rôle crucial dans les crues printanières soit reconnu, «on ne sait pas grand-chose sur la neige dans le sud du Québec», remarque le spécialiste en hydrologie des régions froides.

Afin de remédier à la situation, il a installé baromètres, pluviomètres, capteurs d'humidité et lysimètres à neige dans un bassin versant expérimental de 10 km² à Sainte-Marthe, dans la MRC de Vaudreuil-Soulanges. On y trouve même un GMON, un appareil conçu par Hydro-Québec qui déduit la quantité d'eau présente dans la neige. L'ensemble de ces instruments enregistre une foule de données en temps réel afin d'améliorer les connaissances sur la transformation de la neige une fois atterrie sur nos sols. À terme, les découvertes à Sainte-Marthe permettront d'élaborer des modèles plus fiables pour prévoir l'effet des nouvelles conditions climatiques.

Le Québec en 2050

«Les modèles nous indiquent qu'on aura à la fois plus de sécheresses et plus d'inondations. Cela semble contre-intuitif, mais il faut comprendre que c'est la distribution des précipitations dans le temps qui se modifiera. Pendant de longues périodes, il ne pleuvra pas. Dans l'atmosphère plus chaude, la vapeur d'eau s'accumulera de façon accrue, puis toute l'eau nous tombera sur la tête d'un seul coup. C'est pourquoi on prévoit que les inondations augmenteront – avec les problèmes de débordement que cela implique.

«De son côté, le niveau moyen de la mer montera d'environ 15 cm. À première vue, c'est bien peu, mais ces 15 cm s'ajouteront à la diminution du couvert de glace sur le Saint-Laurent et à la possibilité de tempêtes plus violentes. Cette combinaison de facteurs accélère l'érosion côtière. Le phénomène est déjà bien visible le long du Bas-Saint-Laurent et de la péninsule gaspésienne. Si la tendance actuelle se poursuit, la route 132 sera déplacée plus haut à l'intérieur des terres.»

– René Laprise, professeur à l'UQAM

De son côté, l'équipe de Philippe Gachon travaille à partir d'un logiciel d'Environnement Canada utilisé pour les prévisions météorologiques à court et moyen terme. Elle cherche à en créer une version pour prédire, sur de longues échelles, l'influence des futures perturbations à des endroits précis du territoire tout en observant les dynamiques à l'œuvre dans les bassins hydrographiques de l'Ontario, du Québec et des Maritimes.

Cette version est actuellement testée à rebours sur les années 2017 et 2019. «Cela permet à la fois de la valider et de comprendre comment les séquences météorologiques de pluie, de neige, des températures se sont produites et de quelle façon elles sont responsables de l'intensité et de la durée des crues», explique Philippe Gachon.

NOUVELLES VAGUES

Il y a la fonte des neiges, mais il ne faut pas oublier la réduction du couvert de glace dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent durant la saison froide. La





disparition de cette barrière naturelle expose davantage les rives aux vagues lors de tempêtes hivernales. Le professeur **Pascal Bernatchez**, titulaire de la Chaire de recherche en géoscience côtière à l'Université du Québec à Rimouski (UQAR), étudie depuis longtemps l'effet de ce phénomène sur l'érosion des côtes. Il se penche désormais sur ses conséquences quant aux risques d'inondation des berges.

Avec le ministère de la Sécurité publique, son équipe a déployé un réseau d'instruments pour mesurer les vagues et le niveau de la mer en continu. Elle a ensuite mis à l'épreuve un modèle de simulation numérique. «C'était l'outil qui manquait pour vraiment réaliser une cartographie des risques d'inondation côtière», indique Pascal Bernatchez.

À cette fin, un guide devrait être remis au ministère et aux municipalités d'ici le printemps. «Une des solutions, c'est l'aménagement du territoire, insiste-t-il. Dans un premier temps, il faut effectuer un zonage des secteurs les plus à risque pour réduire les constructions à ces endroits.» Question d'éviter que des routes et des bâtiments se fassent happer par le Saint-Laurent.

PEUR DANS LA PLUIE

En milieu urbain, on conçoit déjà des infrastructures de manière à absorber les averses extrêmes, dont la fréquence devrait se décupler dans les prochaines années. «Les nouvelles tendances visent surtout à garder l'eau sur place plutôt que d'essayer de l'évacuer le plus tôt possible avec des tuyaux toujours plus gros», signale **Sophie Duchesne**, professeure en hydrologie et infrastructures urbaines à l'Institut national de la recherche scientifique (INRS).

Cette approche évite une surcharge trop rapide des égouts ou d'un cours d'eau et les débordements qui y sont associés. La Ville de Québec, par exemple,

impose dans de nouveaux lotissements un double drainage. Lors de pluies diluviennes, l'aménagement peut orienter le ruissellement vers une aire de jeu dotée d'une dépression. L'eau s'y accumule temporairement, un petit trou ne la laissant s'évacuer dans le reste du réseau que petit à petit.

Bientôt, ce flux pourrait s'ajuster automatiquement selon l'intensité des précipitations. Dans un article publié par la chercheuse en octobre 2019 dans le *Journal of Hydrology*, son équipe dévoilait un système de prédiction et de commande en temps réel pour la gestion des bassins d'eaux pluviales. Avec un radar, il est déjà possible de prévoir les précipitations qui s'y déverseront. «À partir de cela, on a conçu des algorithmes d'optimisation qui déterminent la quantité d'eau à faire sortir pour réduire l'effet sur le cours d'eau et les zones urbaines un peu plus en aval.»

À l'aide de simulations, l'équipe a testé l'efficacité de l'algorithme dans le contexte d'épisodes de pluie déjà enregistrés et de pluies torrentielles amplifiées pour reproduire les conditions extrêmes anticipées dans les années à venir. Sophie Duchesne imagine un système qui relâcherait de façon automatique le débit adéquat pour éviter des débordements dans le bassin d'eaux pluviales comme dans la canalisation à laquelle ce dernier est raccordé.

Dans d'autres cas, il suffit de laisser la nature agir. **Maxime Boivin**, professeur à l'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC), tente de restaurer des rivières afin qu'elles retrouvent leur débit d'autrefois. Dans la région du Saguenay-Lac-Saint-Jean, plusieurs cours d'eau sont bordés d'aménagements rectilignes qui avaient pour objectif de favoriser la drave ou de réparer les dégâts du déluge du Saguenay de 1996. Ces constructions ont toutefois accéléré le courant et accentué les

dangers d'inondation. « Si l'on permet à un cours d'eau de produire et de transporter des sédiments, il fera des méandres qui ralentiront sa vitesse », explique l'hydrogéomorphologue.

L'accumulation naturelle de bois aura le même effet bénéfique. Si celle-ci crée un chenal secondaire, les branches et les troncs diminuent parfois les risques de débordement en divisant l'écoulement. Or, le bois est souvent retiré de l'eau sans plus de considération. Voilà pourquoi, en 2019, Maxime Boivin a supervisé la rédaction d'un guide d'analyse du bois en rivière, un outil pour aider les MRC, les villes et les gouvernements à décider quand celui-ci doit être enlevé ou maintenu. « Les gens ont une perception négative de l'érosion des berges, des embâcles de bois ou des sédiments dans les cours d'eau, déplore le chercheur. Ils sont parfois vus comme des débris ou des déchets. » C'est donc notre manière de vivre avec les rivières qui doit être revue.

Car la réponse aux inondations dépasse largement l'hydrologie et touche à une foule d'enjeux, ne serait-ce qu'en raison de leurs répercussions sur la santé psychologique des sinistrés.

Philippe Gachon en est bien conscient. Il a pris la tête en décembre 2018 du Réseau Inondations intersectoriel du Québec, qui regroupe près de 120 chercheurs. Il souhaite l'engagement de tous les acteurs concernés pour réduire les risques de désastre, améliorer les systèmes d'alerte et imaginer des solutions pour rendre notre société plus résiliente à long terme. « Nous avons besoin de travailler ensemble, surtout après les inondations de 2019, qui nous ont rappelé à quel point nous ne sommes pas préparés. » ●

S.O.S. : FORÊTS QUÉBÉCOISES MENACÉES

Dans les prochaines années, le visage de la forêt québécoise se métamorphosera, et pas pour le mieux. Sa survie passe par l'accroissement de sa biodiversité.

Par Maxime Bilodeau

Vous avez dit « crise climatique » ? Étonnamment, l'urgence ne se fait pas sentir dans les forêts boréales du nord-est de l'Amérique du Nord. Du moins pas encore. L'augmentation des températures et des précipitations bénéficie pour l'instant aux pins, épinettes et autres sapins, indique **Yves Bergeron**, professeur à l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue (UQAT) et à l'Université du Québec à Montréal (UQAM). « Cela favorise une meilleure croissance des forêts, les incendies y sont moins fréquents... En Abitibi, d'où je vous parle, les arbres ne se sont jamais aussi bien portés », note-t-il.

C'est lorsqu'on simule des scénarios probables de réchauffement dans les prochaines décennies que le tableau s'assombrit. Les épisodes de sécheresse plus fréquents augmenteront la fréquence des feux dans le nord du Québec. Les forêts disposeront de moins de temps pour se régénérer entre les incendies, ce qui favorisera l'apparition de landes non forestières.

Le Québec en 2050

« Les effets de l'augmentation des températures ne seront pas les mêmes pour toutes les espèces d'arbres : certaines en profiteront, d'autres en souffriront. Évidemment, des palmiers ne se mettront pas à pousser ici ! Mais le perfectionnement de nos connaissances nous amène à comprendre que l'adaptation naturelle de chaque espèce est multifactorielle. Par exemple, des températures plus chaudes favoriseraient la propagation de l'érable vers le nord, mais ce dernier va-t-il rencontrer des sols favorables à sa croissance ? Je ne pense pas qu'on verra pousser du jour au lendemain des érables sur la Côte-Nord en raison de l'acidité de la terre. »

— René Laprise, professeur à l'UQAM



Yves Bergeron est professeur en écologie forestière à l'UQAM et à l'UQAT. • IMAGE : UQAT

À moins d'interventions humaines ciblées, des pans entiers de la Boréale pourraient ne plus être exploitables commercialement.

La meilleure police d'assurance pour éviter cette catastrophe annoncée? Favoriser une plus grande biodiversité, au grand dam de l'industrie forestière, qui a un penchant assumé pour les (très productives) plantations en monoculture. « Les épinettes noires ont besoin de beaucoup de temps pour produire des cônes, ce qui accroît les risques de perdre complètement de telles plantations en raison des incendies de forêt. En y ajoutant des pins gris, qui produisent des cônes à un très jeune âge, on limite le risque », illustre Yves Bergeron.

Les effets de cette mixité s'observent jusque dans les cernes de croissance des arbres de ces peuplements, comme l'indiquent des travaux dendrochronologiques du scientifique. « Dans une forêt qui comprend du peuplier et de l'épinette, on se rend compte que les deux espèces échangent les années de croissance faste. Il y en a toujours une des deux qui supporte mieux que l'autre les conditions climatiques extrêmes d'une année donnée », soutient-il.

REQUIEM POUR LE SIROP D'ÉRABLE ?

Il n'y a pas que les incendies de forêt qui inquiètent. D'ici 2070, une quarantaine de parasites et de maladies exotiques pourraient frapper les forêts du Québec, surtout dans le sud de la province. L'agrile du frêne a plus ou moins signé l'arrêt de mort de l'arbre du même nom; le longicorne asiatique, un insecte envahissant déjà bien présent chez nos voisins du Sud, pourrait bientôt faire de même avec les érables, dont *Acer saccharum*, à qui l'on doit le sirop d'érable.

« Les espèces envahissantes représentent une menace tout aussi importante



que les seuls changements climatiques. Il faut en tenir compte dans les stratégies d'adaptation», affirme **Christian Messier**, professeur à l'Université du Québec en Outaouais (UQO) et à l'UQAM, qui préfère d'ailleurs parler de changements globaux plutôt que climatiques. Encore une fois, favoriser la biodiversité est le meilleur des plans d'action. «On parle d'effet "portfolio". C'est un peu comme nos fonds de retraite : plus nos forêts sont diversifiées, moins grand est le risque de tout perdre.»

Pour «vacciner» nos forêts contre les changements globaux, l'expert recourt à une approche basée sur les traits fonctionnels. Celle-ci consiste à examiner les caractéristiques biologiques qui entravent les rendements d'une espèce, comme la profondeur de ses racines, sa vitesse de croissance, la dispersion de ses graines et sa tolé-

rance à la sécheresse. Le but : cibler des espèces qui sont complémentaires.

C'est ce qui explique pourquoi une forêt où l'érable à sucre, l'érable argenté et l'érable rouge sont surreprésentés est moins résiliente qu'une autre où se développent, par exemple, l'érable à sucre, le pin blanc et le chêne rouge : les espèces de la première forêt ont les mêmes traits fonctionnels, contrairement à celles de la seconde, constate Christian Messier. Ainsi, une grande diversité de traits fonctionnels immuniserait des peuplements entiers contre des perturbations éventuelles.

EN VILLE AUSSI

La forêt urbaine n'est pas en reste. Son évolution au gré des changements climatiques risque d'affecter fortement les Québécois. Pour le moment, elle est encore capable de leur rendre de nombreux services : séquestration du

CO₂, atténuation des îlots de chaleur, protection contre les inondations et les glissements de terrain. «Dans les prochaines décennies, notre dépendance aux services écosystémiques n'ira qu'en croissant. En même temps, les arbres qui nous les rendent seront soumis à des stress inédits», mentionne **Alain Paquette**, professeur à l'UQAM.

Le scientifique amorce un vaste projet de recherche sur la résilience et les bienfaits des forêts urbaines canadiennes dans le contexte des changements climatiques. L'objectif est d'abord d'enrichir le mince corpus de connaissances sur les arbres en milieu urbain. «Nous voulons aller au-delà des lieux communs qu'on entend souvent à leur propos. Est-ce vrai qu'ils sont stressés, ne grandissent pas vite et ne vivent pas longtemps?» s'interroge-t-il tout haut. Pour ce faire,



La professeure Sophie L. Van Neste, de l'INRS, pilote le projet Labo Climat Montréal, qui porte sur l'adaptation aux changements climatiques dans Lachine-Est, un écoquartier montréalais en développement. On peut voir sur cette photo des ponts roulants, patrimoine industriel iconique du quartier. • IMAGE : INRS / PHIL BERNARD

Le Québec à l'heure des changements climatiques

Encart produit par le magazine *Québec Science*, édition décembre 2019 et financé par l'Université du Québec

des mesures comme la quantité de feuilles et la surface des cimes seront effectuées.

À terme, ces travaux permettront de renflouer les effectifs d'arbres urbains. Cela ne fera pas de tort : ceux-ci sont rudement mis à mal par l'agrile du frêne, qui prive certains quartiers de grandes villes du nord-est de l'Amérique du Nord de 20, 30, voire 50 % de leurs arbres. « C'est bien beau de planter des arbres, mais encore faut-il qu'ils soient là dans 30 ans, quand ils pourront nous rendre réellement service. Il ne faut pas répéter les erreurs du passé, lorsque nous avons planté des frênes en grande quantité pour compenser la disparition de l'orme, frappé par une maladie fongique », conclut Alain Paquette, qui insiste lui aussi sur l'importance d'accroître la biodiversité. « Remplacer une monoculture par une autre est une stratégie vouée à l'échec. »

LA FORÊT CHAUFFÉE DE SAINT-HIPPOLYTE

Le projet est aussi inusité qu'ambitieux : à Saint-Hippolyte, dans les Laurentides, un groupe de chercheurs chauffe littéralement la forêt à l'aide de câbles électrifiés ! De la mi-avril à la mi-novembre, la température des sols de 32 petites parcelles est de 3 °C au-dessus de celle de référence depuis deux ans. Le but de cette étude : évaluer l'effet du réchauffement climatique sur les processus biologiques de l'érable à sucre afin de déterminer sa capacité à migrer vers le nord. « La Station de biologie des Laurentides a la particularité de se situer à la limite de la distribution de cette espèce. Nous voulons savoir si celle-ci est en mesure de coloniser la forêt boréale ou, au contraire, si elle va se contracter pour laisser place à d'autres espèces », explique **Nicolas Bélanger**, professeur à la Télé-université (Université TÉLUQ). Les travaux, toujours en cours de réalisation, impliquent entre autres d'évaluer la respiration des sols, la disponibilité des éléments nutritifs et la décomposition de la litière foliée. Pour l'anecdote : des contrôleurs permettent aux chercheurs de moduler la température des sols à leur guise. De véritables thermostats ! ●



LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE SE PASSE EN VILLE

Un virage dans la gestion et le développement des milieux urbains est plus que jamais nécessaire.

Voici trois scientifiques qui cherchent à les épauler dans cette immense tâche. Par Maxime Bilodeau

ENSEMBLE, ON VA PLUS LOIN

Pour lutter contre les changements climatiques, il n'y a pas photo : il faut s'attaquer aux espaces urbains, souligne **Sophie L. Van Neste**, professeure au Centre Urbanisation Culture Société de l'Institut national de la recherche scientifique (INRS). « Plus des deux tiers de la consommation d'énergie globale y seraient associés. Les différents acteurs urbains ont donc un rôle déterminant à jouer dans la transition climatique et énergétique », estime-t-elle.

Délaisser les énergies fossiles comporte toutefois son lot de défis. « Les municipalités ne peuvent plus se contenter de favoriser la construction de bâtiments écoénergétiques sur leur territoire. Elles doivent aussi penser à leur emplacement,

à leurs dimensions, à la proximité des services, dont ceux de transport en commun, et ce, dans une vision d'ensemble à long ou très long terme», énumère Sophie L. Van Neste, qui a réalisé une revue de la littérature sur la question.

L'experte pilote par ailleurs le projet Labo Climat Montréal, qui porte sur l'adaptation aux changements climatiques dans Lachine-Est, un écoquartier montréalais en développement d'une superficie de 60 hectares. Le but de ce «laboratoire vivant» : cerner les difficultés en matière de planification urbaine, avec la collaboration des diverses parties concernées par le projet – ingénieurs, architectes, designers, urbanistes, promoteurs, résidents...

Les ateliers d'échanges, qui débutent à peine, devraient fournir des pistes de solution afin de susciter une action concertée dans un contexte de changements climatiques. «L'action urbaine est multiple : on peut la voir comme un chassé-croisé de pouvoirs, de compétences et de savoirs divers. Pour l'instant, on constate qu'il y a des silos à briser, surtout à l'intérieur des appareils municipaux», conclut-elle.

...

POUR UNE CROISSANCE INTELLIGENTE DES VILLES

Fanny Tremblay-Racicot étudie un concept relativement nouveau, mais aussi vieux que les centres-villes nord-américains : les TOD, pour *transit-oriented development*. «Ce sont des ensembles immobiliers denses, diversifiés et conviviaux qui s'articulent autour des corridors de transport collectif. Les centres-villes de Montréal, de Québec et de New York sont tous des TOD, une idée qui a vu le jour au tournant des années 1990», explique la professeure de l'École nationale d'administration publique (ENAP).

Elle s'intéresse surtout à l'incidence des TOD sur l'utilisation des modes de transport collectif, l'une des mesures préconisées pour favoriser la transition écologique. Dans des conditions optimales, les TOD ont pour effet d'augmenter l'achalandage, tout particulièrement quand il s'agit de se rendre au travail. Dans la réalité toutefois, plusieurs difficultés surgissent. «On essaie d'appliquer un ancien modèle à de nouveaux aménagements en se disant que c'est une panacée. Or, bien souvent, l'équation est incomplète : les infrastructures de transport ne sont souvent même pas construites qu'on planifie déjà de grands projets immobiliers», fait-elle remarquer.

La propriété foncière cause d'ailleurs bien des maux de tête, car son contrôle échappe aux municipalités et aux diverses instances engagées de près ou de loin dans le développement régional. «Celles-ci tendent à oublier que c'est le privé qui construit. La volonté de bâtir des logements abordables relève en somme des promoteurs immobiliers, qui misent généralement sur les condos destinés à des clientèles fortunées, synonymes de meilleures marges de profit», analyse-t-elle.

En revanche, les municipalités disposent de plusieurs outils afin de favoriser les TOD, comme la vente de terrains municipaux au-dessous du prix du marché et à certaines conditions, les programmes particuliers d'urbanisme, qui imposent aux promoteurs des règles incontournables d'aménagement du territoire, et les bonis de densification, encore une fois assortis de conditions, lesquels constituent un frein à l'étalement urbain. Ce sont ces derniers outils qui sont les plus exploités, selon les résultats préliminaires d'un sondage mené récemment par Fanny Tremblay-Racicot auprès de 20 villes canadiennes, dont Montréal, Québec, Longueuil et Laval. «Cela confirme l'importance du contrôle foncier et des interventions publiques. On ne peut pas laisser le marché se réguler», insiste la chercheuse.

Fanny Tremblay-Racicot est professeure à l'ENAP.
• IMAGE : ENAP / DENIS CHALIFOUR



...

UNE ESSENTIELLE JUSTICE ENVIRONNEMENTALE

L'arbre devant chez vous n'est pas seulement beau; il améliore votre qualité de vie avec sa canopée rafraîchissante et ses capacités à séquestrer du gaz carbonique et à neutraliser des particules fines nocives pour votre santé. Grâce à une carte numérique conçue par **Jérôme Dupras**, professeur à l'Université du Québec en Outaouais (UQO), les habitants de Montréal pourront bientôt prendre conscience des services écosystémiques rendus par chacun des arbres qui peuplent leur ville. Le nom de cet outil novateur élaboré en collaboration avec la Fondation David Suzuki : l'Explorateur d'arbres urbains. «Avec



cette carte, nous jouons à la fois sur le volet de la sensibilisation et sur celui de la mobilisation sociale», souligne Jérôme Dupras. Le commandant Jacques Cousteau n'a-t-il pas dit : « On protège ce qu'on aime et l'on aime ce que l'on connaît » ?

Le scientifique se spécialise en économie écologique, un champ de recherche « qui permet de changer les mentalités », estime-t-il. L'Explorateur d'arbres urbains en est le parfait exemple : grâce à lui, la Ville de Montréal pourra déterminer en quelques clics l'apport des arbres qui se situent sur son territoire et l'efficacité de ses efforts de reboisement. « Les décideurs peuvent ainsi mieux comprendre les retombées de leurs interventions. Mieux encore, ils peuvent quantifier le coût des services rendus par des infrastructures végétales, puis le comparer avec celui des infrastructures grises », affirme Jérôme Dupras, qui joue également de la guitare basse au sein du groupe Les Cowboys fringants.

Sa démarche prend racine dans un souci de justice environnementale face à des changements climatiques qui, malheureusement, sont tout sauf équitables. Dans une étude qui sera bientôt publiée, il a analysé la quantité d'arbres ainsi que leur diversité dans divers quartiers de Montréal, de Québec, de Gatineau, d'Ottawa et de Toronto. Puis, il a comparé ces données avec différents indicateurs de vulnérabilité socioéconomique. Le constat est frappant : les arbres des villes situés en milieux défavorisés ont une moins grande capacité d'adaptation. Cette résilience moindre pourrait priver à plus ou moins long terme les populations de ces quartiers de précieux services écosystémiques. « Les êtres humains et l'environnement cohabitent et s'influencent mutuellement. Nous voulons faire la lumière sur cette relation d'interdépendance et, ainsi, agir sur les interventions publiques », dit-il. ●

L'HEURE EST À L'ADAPTATION

Le réchauffement planétaire a des conséquences sur la vie des communautés et sur la santé psychologique des gens. Par Martine Letarte

Canicules, inondations, tornades, érosion accélérée : la science prédit que les conditions météorologiques extrêmes seront de plus en plus fréquentes et frapperont avec plus de force en raison du réchauffement climatique. Des menaces qui touchent particulièrement les communautés côtières et celles du nord du pays, selon une étude récente réalisée pour le Secrétariat du Conseil du Trésor du Canada. Le sud du Québec ne sera toutefois pas épargné. Et partout la population doit apprendre à vivre avec cette nouvelle réalité. Des chercheurs s'intéressent de plus en plus aux répercussions des catastrophes naturelles à répétition sur la santé mentale des gens et sur la vie des communautés.

Déjà, les conséquences du déluge du Saguenay en 1996 ont été scrutées à la loupe par **Danielle Maltais**, professeure en travail social à l'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC). L'évènement avait causé du stress, de l'anxiété, des dépressions ainsi que des troubles de stress post-traumatique. La chercheuse a aussi remarqué que les gens qui perdent tout dans une catastrophe voient leur vie personnelle, conjugale, sociale et professionnelle perturbée à long terme.

«À travers ces difficultés, et la remise en question qui s'ensuit, certains couples se rapprochent, d'autres

s'éloignent, indique-t-elle. Plusieurs personnes s'endettent et doivent reporter leur projet de retraite. D'autres refusent des promotions pour ne pas vivre plus de stress. Les parents sont souvent plus impatients avec leurs enfants. Les sinistrés abandonnent aussi leurs activités de loisir, alors qu'elles sont importantes pour la santé mentale. Des résidants se résignent à changer de quartier, à faire le deuil de vivre au bord de l'eau.»

La chercheuse a analysé la situation des sinistrés du Saguenay huit ans plus tard. Résultat : elle s'était améliorée, mais certains habitants faisaient preuve de plus de résilience que d'autres. «Les sinistrés les plus satisfaits du soutien social reçu étaient ceux qui risquaient le moins de souffrir de problèmes de santé physique et de santé psychologique», mentionne Danielle Maltais.

Elle entreprend maintenant, avec Méliissa Généreux, de l'Université de Sherbrooke, et **Philippe Gachon**, de l'Université du Québec à Montréal (UQAM), une nouvelle étude dans six régions du Québec sur les inondations de 2019. L'équipe documentera leurs effets sur la santé physique et la santé psychologique des victimes, puis désignera les facteurs de risque et de protection. Son but : mettre sur pied des stratégies qui optimiseront les services de santé et d'intervention psychosociale afin de favoriser la résilience.

LA FORCE DES INDIVIDUS ET DES COMMUNAUTÉS

Pour mieux résister au stress d'une catastrophe, il faut aussi agir en amont, rappelle **Lily Lessard**, professeure au Département des sciences infirmières de l'Université du Québec à Rimouski (UQAR). Et à ce chapitre, le Québec a fort à faire.

«De la même façon qu'il faut protéger la maison en vue des prochaines inondations, il faut se préparer sur le

plan psychologique, affirme-t-elle. En ce moment, les catastrophes sont encore traitées comme si elles étaient des évènements uniques.»

C'est un élément qui ressort d'un projet de recherche qu'elle parachève avec sa collègue à l'UQAR, la professeure **Geneviève Brisson**. Elles ont effectué une revue de la littérature et se sont penchées sur quatre municipalités situées sur la Côte-Nord, en Gaspésie et en Beauce fortement touchées par des phénomènes météorologiques extrêmes. Il en ressort que, en plus de la préparation psychologique, la cohésion sociale s'avère un facteur important de protection. En effet, dans les quatre études de cas, la cohésion sociale a facilité notamment la création de réseaux de sentinelles pour cibler les personnes les plus vulnérables sur le plan psychosocial.

Pour mieux comprendre en quoi la force des individus et de la communauté aide à affronter les changements climatiques, Lily Lessard vient de lancer un second projet de recherche avec ses collègues **Mathieu Philibert**, de l'UQAM, et Nathalie Barrette, de l'Université Laval. Il est mené en étroite collaboration avec le réseau de la santé.

«Nous travaillons dans la région Chaudière-Appalaches qui, en l'occurrence, a connu ses pires inondations en 30 ans», explique Lily Lessard. Elle s'intéresse à un modèle d'intervention dit pyramidal de plus en plus utilisé dans les provinces de l'Ouest, aux États-Unis et en Australie.

À la base de la pyramide, on trouve l'individu et la collectivité. «On parle d'abord d'autosoins, c'est-à-dire du fait de prendre du temps pour soi, de bien manger, de se divertir, détaille la chercheuse, qui est aussi infirmière formée en santé communautaire. Puis, il y a le soutien de la famille immédiate, de ses voisins, de sa communauté. C'est ce dont

Le Québec en 2050

« Le réchauffement climatique menacera notre santé mentale, mais aussi notre santé physique. La fréquence des journées très chaudes sera cinq fois plus élevée qu'elle l'a été dans les dernières années. Ce sera éprouvant pour la population vieillissante du Québec. La hausse des températures pourrait accroître le déplacement vers le Québec de certaines espèces envahissantes et de ravageurs, et avec eux des maladies infectieuses. C'est le cas de la maladie de Lyme transmise par la tique à pattes noires. Selon les données de surveillance, cette espèce gagne actuellement de 35 à 55 km par année au Canada et suit des trajectoires géographiques déterminées par le climat. »

– René Laprise, professeur à l'UQAM

la majorité des sinistrés ont besoin. Voilà pourquoi il faut renforcer ce soutien, surtout en région, où les équipes d'intervention sont très petites. » Viennent ensuite les services de santé généraux, avec les infirmières, les intervenants sociaux de première ligne et les médecins. Puis, au sommet de la pyramide figurent les intervenants spécialisés en santé mentale, dont les psychologues.

Le rôle que doivent jouer les communautés n'est donc pas à sous-estimer pour contrer les effets des changements climatiques. **Steve Plante**, professeur à l'UQAR, travaille depuis près de 15 ans sur la résilience des communautés. Il dirige la thématique Santé des communautés humaines du Réseau Québec maritime, un outil de concertation et de collaboration en recherche. Il travaille notamment avec la communauté de Saint-André de Kamouraska depuis près de deux ans. Son objectif est d'élaborer et de mettre en œuvre un plan de résilience évolutif qui resterait valide quel que soit le parti élu dans la municipalité. « Plusieurs acteurs abordent les changements climatiques sur le territoire sans nécessairement avoir l'impression de le faire, comme un organisme actif dans le contrôle des insectes piqueurs et un autre en horticulture. En travaillant ensemble, on découvre des savoirs qui

peuvent aider à la planification du développement », indique le chercheur.

Cependant, Steve Plante et son équipe doivent se battre contre un ennemi invisible et redoutable : le déni ! « Ce n'est pas facile pour les gens de faire face aux changements climatiques puisque, en raison des risques courus, ils voient souvent des rêves anéantis, comme leur projet de retraite, note-t-il. Le déni est aussi tentant pour les municipalités, qui craignent que les déplacements de population les dévitalisent. Plusieurs aiment mieux fermer les yeux et continuer de faire comme on a toujours fait dans le coin. »

Or, les temps changent. « L'urgence n'est pas tant de passer à l'action dès maintenant que de commencer à planifier, dit Steve Plante. Le plan de résilience ne se construit pas dans la réaction, mais dans l'anticipation. Il ne s'agit pas d'élaborer une stratégie avec l'idée de revenir à la normale après, mais d'en établir une qui aidera la communauté à continuer de se transformer en tenant compte de la réalité. »

Parce qu'on ne sait ni où ni comment surviendra la prochaine catastrophe naturelle. Mais une chose est sûre : il y en aura d'autres. Et personne n'y échappera. ▶



Lily Lessard est professeure en sciences infirmières à l'UQAR. • IMAGE : UQAR

INQUIÉTUDE CHEZ LES INUITS

«Je me souviens de mes premières expériences sur le terrain au début des années 2000 et, déjà, j'entendais des aînés inuits dire que le climat avait changé depuis leur jeunesse», raconte **Francis Lévesque**, anthropologue et professeur à l'École d'études autochtones de l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue (UQAT). La vie quotidienne des communautés du Nord québécois est en effet perturbée par les changements climatiques. «Les Inuits n'arrivent plus à prévoir la température et les vents. C'est très dangereux parce que la banquise peut se briser lorsqu'ils chassent le phoque et le morse. Puis, les grands vents les empêchent de retrouver leur chemin, particulièrement depuis qu'ils ont troqué le chien contre la motoneige», affirme Francis Lévesque. Si la banquise est toujours parsemée de crevasses, celles-ci se reforment essentiellement aux mêmes endroits chaque année. «Mais c'est en train de changer, indique le chercheur spécialisé dans la relation entre les chiens et les Inuits. Un chasseur est mort récemment parce qu'il est tombé dans une crevasse dont il ne soupçonnait pas la présence.» Même si l'on sent une certaine inquiétude chez les Inuits, ils ont un réflexe culturel d'accepter ce qui se passe même si cela ne leur plaît pas, précise Francis Lévesque. «Il faut dire qu'ils ont vécu la sédentarisation à une vitesse hallucinante avec l'arrivée massive des Blancs. Les changements climatiques s'ajoutent à bien d'autres préoccupations.»

«*Ajurnamat!*» disent-ils en inuktitut. Ce qui signifie «On n'y peut rien...» ●

Optimiste malgré tout

«Je ne suis pas catastrophiste. Je crois que des solutions existent, mais il faut qu'on soit capable de les mettre en branle. Le Québec n'est pas comme la grenouille de la fable qui, inconsciemment, s'ébouillante petit à petit. Nous sommes l'une des sociétés les plus avancées en matière de sciences climatiques. Si nous continuons à faire de la bonne science, à l'intégrer dans les politiques et les actions d'adaptation, nous pourrions vivre les changements climatiques en 2050 dans un confort relatif.

«Oui, nos émissions de gaz à effet de serre continuent d'augmenter, mais, avec de grands efforts de réduction et des prix du carbone beaucoup plus élevés, nous pourrions atteindre les cibles préconisées. Prenez seulement toutes ces voitures dont le moteur tourne inutilement après un démarrage à distance. Si les 6,6 millions de véhicules immatriculés au Québec fonctionnent 10 minutes par semaine pour rien, cela produit 286 000 tonnes de CO₂ par année ! Ces chiffres doivent être connus par la population afin que les gens prennent conscience de leur empreinte carbone. Depuis plusieurs années, ma conjointe et moi avons modifié notre façon de vivre et mesurons minutieusement nos émissions de gaz à effet de serre. Résultat : nous en produisons chacun 680 kg par année. C'est minuscule ! [NDLR : à titre de comparaison, un aller-retour Montréal-Punta Cana représente 1 tonne de CO₂ par personne.] Mais c'est le fruit d'un travail à long terme, car je n'ai pas toujours été vertueux.

«Par ailleurs, les objectifs du Programme de développement durable à l'horizon 2030, adopté en 2015 par l'Organisation des Nations unies, nous permettent, par ricochet, de nous attaquer aux changements climatiques. Je pense notamment aux objectifs d'éducation des filles et d'égalité des sexes. On sait que la démographie décroît naturellement dans les sociétés où les femmes sont plus instruites et participent activement à la vie politique et économique. Or, nous avons besoin de freiner la croissance démographique, qui est inextricablement liée au réchauffement climatique.

«À plusieurs égards, la population québécoise est mieux équipée pour affronter le 21^e siècle qu'elle l'était pour le 20^e. Si elle intègre dans sa culture – ce qui est très loin d'être fait – des comportements et des valeurs qui rendent possible le développement durable, notre société deviendra un point de référence comme le sont aujourd'hui les sociétés scandinaves.»

– **Claude Villeneuve, professeur à l'UQAC**



Le Québec à l'heure des changements climatiques

Encart produit par le magazine *Québec Science*, édition décembre 2019 et financé par l'Université du Québec