

2013  
Année  
internationale de  
la coopération  
dans le domaine  
de l'eau

# LA RECHERCHE DANS LE RÉSEAU DE L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

## L'eau, richesse cachée

Les sourciers  
du futur

Climat incertain  
pour nos lacs  
et rivières

Nouveaux  
polluants,  
nouvelles  
stratégies



## Éditorial

### OR BLEU

On pourrait s'étonner de découvrir que le mot «rivalité» est emprunté au mot latin *rivalis* associé à «rivière». Les riverains sont, en effet, dans plusieurs régions du monde, en concurrence lorsqu'ils tirent leur eau d'un même fleuve. Il est de mise de le rappeler en cette Année internationale de la coopération dans le domaine de l'eau, qui a été décrétée par les Nations unies.

Les situations conflictuelles que l'on retrouve dans plusieurs régions du monde au sujet de l'utilisation de l'eau (en Afrique sahélienne et au Moyen-Orient, notamment) ne souffrent certes pas la comparaison avec le Québec. Il est quand même étonnant de constater que l'abondance d'eau potable dont on profite nous a longtemps empêché d'en mesurer l'importance.

Un demi-million de lacs et près de 4 500 rivières couvrent quelque 10 % du territoire. Malheureusement, l'usage sans vergogne et inconsidéré de la ressource – surtout dans le sud – en a altéré la qualité. Au point où, dans les années 1980, on a dû construire de nombreuses usines d'assainissement et d'épuration. Aujourd'hui, saisit-on mieux la complexité qu'implique la gestion de l'or bleu? Il y a encore du travail à abattre, comprend-on en lisant ce dossier. Les chercheurs viennent d'ailleurs tout juste d'entreprendre la réalisation d'un inventaire de nos ressources hydriques – en étudiant autant les bassins versants que les nappes d'eau souterraines longtemps négligées – tout en évaluant leur qualité. Il était temps, pourraient-on penser! Chose certaine, cela pourrait changer notre façon d'en faire la gestion. Et nous permettrait de l'inscrire adéquatement dans une stratégie de développement durable.

La rédaction

Ce dossier est inséré dans le numéro de juin-juillet 2013 du magazine Québec Science. Il a été financé par l'Université du Québec et produit par le magazine Québec Science.

**Comité éditorial :**  
Auclair, Marie (UQAM)  
Bédard, Claude (ETS)  
Bégin, Yves (INRS)  
Charest, Josée (INRS)  
Cormier, François (UQAR)  
Gauthier, Josée (ENAP)  
Gilbert, Claude (UQAC)  
Lamiot, Éric (TÉLUQ)  
Leclerc, André (UQAC)  
Lehoux, Jean-François (UQ)  
Lemieux, Raymond  
Mercier, David-H. (UQ)  
Pinsonnault, Pierre (UQTR)  
Reuillard, Valérie (UQ)

**Coordination :**  
Raymond Lemieux et  
Valérie Reuillard

**Rédaction :** Amélie  
Casgrain, Gilles Drouin,  
Noémie Larouche, Olivier  
Rey, Binh An Vu Van

**Graphisme :**

François Émond

**Révision :** Hélène Matteau

**Correction-révision :**  
Luc Asselin

**Bibliothèque nationale  
du Canada :**  
ISSN-0021-6127

## Sommaire



ILLUSTRATION DE LA PAGE COUVERTURE : STEVE ADAMS

### 3 LES SOURCIERS DU FUTUR

Regroupés au sein du programme PACES, les experts en ressource hydrique du réseau de l'Université du Québec s'affairent à dresser un véritable atlas de nos eaux souterraines.

### 7 LE QUÉBEC EN EAUX TROUBLES

Le réchauffement du climat modifiera nécessairement la gestion de nos ressources hydriques. Serons-nous prêts à temps?

### 9 GESTION PARTAGÉE

Entrevue avec Annie Chaloux, chercheuse boursière à la Chaire de recherche du Canada en économie politique internationale et comparée (CREPIC).

### 10 NOUVEAUX POLLUANTS, NOUVELLES STRATÉGIES

La pollution a changé de visage, ces dernières années; les techniques d'assainissement doivent être mieux adaptées. Encore faut-il comprendre l'impact des nouveaux contaminants.



### 12 GLACIERS EN VOIE D'EXTINCTION

Ça se passe en Amérique latine. Comme un peu partout sur Terre. L'eau des glaciers se raréfie! Le professeur Michel Baraër est allé y voir de plus près.



KARINE BELZILE

## **LES SOURCIERS DU FUTUR**

**Regroupés au sein du programme PACEs, les experts en ressource hydrique du réseau de l'Université du Québec s'affairent à dresser un véritable atlas de nos eaux souterraines.**

**L**es 14 000 résidants d'Amos en Abitibi sont fiers de leur eau, une eau souterraine puisée à même l'esker Saint-Mathieu-Berry, à environ 7,5 km au sud-ouest de la ville.

Et ils y tiennent! Quand une entreprise s'est pointée pour la mettre en bouteille à la fin des années 1990, ils ont posé une question : la nappe phréatique pouvait-elle soutenir une ponction industrielle tout en continuant à assurer leur approvisionnement en eau potable?

La réponse a soulagé tout le monde. L'étude menée à l'époque par une équipe de l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue (UQAT), en collaboration avec l'Institut national de la recherche scientifique – Centre Eau Terre et Environnement (INRS-ETE), a démontré que, si l'embouteillage représentait entre 8 % et 9 % de la recharge annuelle de la nappe, la ville d'Amos accaparait environ 25 % de cette même recharge, pour un total d'un peu plus du tiers du «réapprovisionnement» naturel en eau de cette nappe phréatique. À ce rythme, il y

Vincent Cloutier, professeur en hydrogéologie, et Magalie Roy, technologue en géomatique, GRES-UQAT; Simon Nadeau, professionnel de recherche, GRES-UQAT

L'hydrogéologue René Lefebvre : « Il n'y aura pas d'autres endroits dans le monde qui pourront compter sur la base de connaissances que nous posséderons bientôt. »

# Un programme mobilisateur

La mise en place du Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines (PACES) a permis aux chercheurs de se regrouper et de se rapprocher des divers acteurs du monde municipal. Une véritable expertise québécoise en hydrogéologie, la science qui étudie le cheminement de l'eau dans le sol, s'organise maintenant autour du Réseau québécois sur les eaux souterraines (RQES). Le RQES rassemble les spécialistes du Groupe de recherche interuniversitaire sur les eaux souterraines (GRIES) et les utilisateurs d'eau souterraine comme les municipalités régionales de comté (MRC), les entreprises, ainsi que des ministères et des organismes de gestion des bassins versants. « Je donne le crédit aux chercheurs qui se sont spontanément regroupés afin d'établir des critères de base pour tous les projets », reconnaît Normand Boulianne, responsable du PACES au ministère du Développement durable, Environnement, Faune et Parcs (MDDEFP). Il faut comprendre que les recherches menées grâce au PACES donnent un portrait global. À partir de cette information, les gestionnaires locaux et régionaux pourront approfondir les études, puis mettre de l'avant des projets d'aménagement du territoire adéquats. C'est le genre de données qui éclaireraient sans doute le différend opposant la ville de Gaspé à la société Pétrolia au sujet de l'exploitation du pétrole aux environs de la municipalité.



aura de l'eau tant que la pluie et la neige seront au rendez-vous!

Amos n'est pas la seule municipalité québécoise à compter sur son sous-sol pour étancher sa soif. Trois-Rivières et Saguenay y puisent aussi une partie importante de leur eau potable. Dans l'ensemble du Québec, c'est 25 % de la population qui dépend de ces nappes aquifères. Environ la moitié recourt aux installations municipales, le reste aux puits individuels privés. «Au Québec, dit l'hydrogéologue **Marie Larocque**, professeure à l'Université du Québec à Montréal (UQAM), il y a de l'eau souterraine à peu près partout, sauf dans les argiles des basses-terres du Saint-Laurent. Un propriétaire de chalet qui fore un puits aura donc des chances d'en trouver.» Encore faut-il qu'elle soit de bonne qualité et en quantité suffisante.

Un Québécois sur quatre dépend de cette eau dont on sait pourtant peu de choses. Comment est-elle répartie sur le territoire? Quelle est sa qualité? Est-elle

La carte de la couverture territoriale des recherches menées par le Réseau québécois sur les eaux souterraines.





LOUISE BILODEAU

renouvelée à un rythme suffisant? Quelles sont les activités humaines et industrielles qui la menacent?

« Bien qu'on ait mené des études au cours des dernières décennies, fait remarquer l'hydrogéologue **René Lefebvre**, professeur à l'INRS-ETE et l'un des pionniers de la recherche sur les eaux souterraines au Québec, les données sur le sujet demeurent partielles et incomplètes. » Elles sont éparses et parfois dépassées, compte tenu de l'évolution des techniques de cartographie et d'analyse des eaux. Le Programme d'acquisition de connaissances des eaux souterraines (PACES), lancé en 2009 par le gouvernement du Québec dans la foulée de la Politique nationale de l'eau, devrait remédier à ces lacunes. Son objectif : identifier les problèmes spécifiques qui devront requérir l'attention des scientifiques comme des gouvernements.

Pour le moment, le programme comporte 13 projets de recherche régionaux, dont 11 sont sous la super-

vision directe de chercheurs du réseau de l'Université du Québec. Forages, relevés sismiques, prélèvements et analyse de l'eau des puits existants, études de l'écoulement de l'eau et analyse des sols permettront aux hydrogéologues, géomorphologues, géographes et autres spécialistes des sciences de la Terre de brosser, d'ici 2015, un portrait des eaux souterraines d'environ 75% du territoire habité du Québec, aussi bien dans sa globalité qu'à l'échelle régionale. « Que je sache, mentionne René Lefebvre, il n'y aura pas d'autres endroits dans le monde qui pourront compter sur la base de connaissances que nous posséderons une fois tous les projets terminés! »

Les résultats préliminaires des recherches en cours indiquent que l'abondance et la qualité des eaux souterraines sont généralement élevées dans les régions étudiées. « Nous n'avons en effet mesuré que très peu de dépassements de normes relatives aux contaminants », mentionne Marie Larocque à propos des travaux menés par exemple dans le bassin de la rivière Bécancour. De son côté, René Lefebvre a été étonné de ne pas trouver de traces de contamination provenant de la production agricole en Mauricie. « Le drainage des terres fait en sorte que l'eau de pluie percole rapidement et atteint le cours d'eau qui, lui, encaisse la charge », explique-t-il.

Il reste que les eaux souterraines du Québec demeurent inégalement réparties et leur qualité varie d'un endroit à l'autre. « En Abitibi-Témiscamingue, note **Vincent Cloutier**, de l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, les eskers offrent une eau de très grande qualité qui ne requiert aucun traitement. Mais les eskers ne représentent ici que 5% du territoire. Et ce sont des milieux vulnérables. » Il y a bien sûr de l'eau dans le roc fissuré, mais elle est plus rare et de qualité moindre.

Une fois le bilan complété, les chercheurs pourront raffiner l'analyse des eaux souterraines d'un territoire donné en fonction des besoins d'aménagement et, surtout, de la vulnérabilité de la nappe phréatique. **Stéphane Campeau**, de l'Université du Québec à Trois-Rivières donne un exemple bien concret : « Certaines cultures en sols sablonneux requièrent beaucoup d'engrais et de pesticides. Or ces sols, pauvres pour l'agriculture, sont souvent riches en eaux souterraines. » Il faudra certainement faire des choix en conséquence. ■



## Puits privés : attention à la contamination bactériologique

L'équipe du géographe Stéphane Campeau, professeur à l'Université du Québec à Trois-Rivières (UQTR), a mesuré la contamination bactériologique (*Escherichia coli*, entérocoques et coliformes) de 240 puits privés alimentant des résidences isolées dans la Mauricie. Les résultats inquiètent. Dans 40% des cas, l'eau dépassait au moins une des normes bactériologiques. Quinze des puits contaminés affichaient une concentration en *E. coli* supérieure aux normes. Les causes sont multiples: puits mal situés ou mal protégés, présence d'animaux domestiques à proximité et manque d'entretien. Le gouvernement a pourtant édicté des règles concernant les puits privés. Les Mauriciens n'étant probablement pas plus négligents que la moyenne des Québécois, il est permis de s'interroger aussi sur la salubrité des puits privés ailleurs au Québec.

Par Gilles Drouin



## Un cycle lent

Nous imaginons souvent les eaux souterraines comme des lacs cachés sous terre ou des rivières coulant subrepticement sous la surface. « En fait, explique l'hydrogéologue Marie Larocque, professeure à l'Université du Québec à Montréal (UQAM), les eaux souterraines suivent un grand cycle dont elles représentent la partie lente au cours de laquelle les précipitations s'infiltrent dans le sol. Elles y cheminent pour rejoindre ultimement un cours d'eau, subir les effets de l'évapotranspiration et retomber sur le sol pour recommencer le cycle. »

Une partie de cette eau est captée par des puits municipaux. Ces puits sont forés dans un sol granulaire (mélange de sable et de gravier comme les eskers de l'Abitibi) ou dans un roc fissuré. Ce cycle est parfois très long, comme le démontre une étude menée par l'hydrogéologue René Lefebvre de l'Institut national de la recherche scientifique – Centre Eau Terre et Environnement (INRS-ETE). Dans une zone de 2 000 km<sup>2</sup> de la Montérégie, la nappe phréatique contient les eaux résiduelles de la mer de Champlain, qui couvrait cette partie du Québec, il y a environ 10 000 ans! « Il s'agit d'une eau saumâtre, impropre à la consommation humaine », précise le chercheur. En effet, plus l'eau chemine lentement et longuement sous terre, plus elle est susceptible de dissoudre divers minéraux. Cette contamination naturelle la rend alors peu intéressante pour la consommation humaine.

GREGJAT

## LEXIQUE



Sondage

### Esker

Un esker est une formation issue de l'ère glaciaire qui prend la forme d'un long cordon sinuex. Ce «tunnel» est en réalité l'amas de sable et de gravier d'une

rivière formée, sous le glacier, par l'eau de la fonte. L'esker Saint-Mathieu-Berry, en Abitibi, est large de 1 km à 5 km, épais de 25 m à 45 m et long de 120 km.

### Nappe aquifère

Il s'agit d'une masse d'eau obtenue à la suite de l'infiltration des eaux de pluie dans le sous-sol et contenue dans une roche perméable,

poreuse ou fissurée, elle-même appelée aquifère.

### Nappe phréatique

C'est une masse d'eau contenue dans l'aquifère de surface, donc peu profonde et accessible par forage. Le mot est tiré du grec *phrear*, qui signifie puits.

### Roc fissuré ou fracturé

L'eau souterraine se trouve



## D'indésirables minéraux

● En Mauricie, le géographe Stéphane Campeau, professeur à l'Université du Québec à Trois-Rivières (UQTR), s'inquiète de la présence, à certains endroits, de fer et surtout de manganèse d'origine naturelle dans l'eau : « Il n'y a pas de normes santé, mais certaines études associent le manganèse à des troubles cognitifs chez les enfants. »

● En Abitibi-Témiscamingue, l'équipe de Vincent Cloutier a trouvé des indices de contamination naturelle à l'arsenic des aquifères situés dans le roc fracturé. « Ce problème touche surtout les puits privés. Nous devrons approfondir cette question dans les années à venir. »

● Au Saguenay–Lac-Saint-Jean, l'ingénieur géologue Alain Rouleau, professeur à l'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC), a remarqué une teneur anormalement élevée en fluor, probablement causée par l'abondance de granit noir (anorthosite).

● Le géographe Thomas Buffin-Bélanger, professeur à l'Université du Québec à Rimouski (UQAR), commence un projet couvrant une bonne partie du Bas-Saint-Laurent, entre Trois-Pistoles et Matane. « Nous avons identifié la présence de sels dans des puits privés », dit-il. Dans cette région, la zone aquifère est connectée à des rivières, sans oublier la présence du Saint-Laurent et de ses eaux salées. « À long terme, précise-t-il, nous devrons étudier comment l'aquifère pourrait être affecté par une intrusion d'eau de mer. »

non seulement dans le sol, mais aussi dans le roc. Mais pour qu'elle s'infiltra dans le roc, il faut des fissures (comme dans le béton des fondations d'une maison). Plus le roc est fissuré, plus l'eau s'infiltra. Si ces fissures sont reliées entre elles (formant ainsi un réseau), il est plus facile d'y pomper l'eau.

# LE QUÉBEC EN EAUX TROUBLES

**Le réchauffement du climat modifiera nécessairement la gestion de nos ressources hydriques. Serons-nous prêts à temps?**

**J**uillet 2012. Rosemère, Deux-Montagnes, Sainte-Marthe-sur-le-Lac, comme d'autres municipalités qui puisent leur eau dans la rivière des Mille îles, doivent interdire l'arrosage des pelouses. C'est que le débit du cours d'eau qui sépare Laval des Laurentides n'est plus que de 30 m<sup>3</sup>/s à 50 m<sup>3</sup>/s, loin de la moyenne de 160 m<sup>3</sup>/s. Le phénomène n'est pas nouveau. Le niveau exceptionnellement bas (l'étiage) est même devenu fréquent en été depuis quelques années, avec un seuil critique de 13 m<sup>3</sup>/s en 2001!

Les changements climatiques sont bien entendu montrés du doigt. D'autant que cette anémie hydrologique accompagne les années les plus chaudes jamais enregistrées au pays. Pourtant, le Québec ne semble pas craindre la pénurie. Avec ses centaines de milliers de lacs, ses milliers de rivières et son fleuve géant, il

représente, à lui seul, 3 % de l'eau douce renouvelable dans le monde. Cette manne qui sourd de partout s'utilise dans la province en quantités astronomiques. Ne serait-ce que pour assurer la capacité de production de 43 000 mégawatts des barrages d'Hydro-Québec.

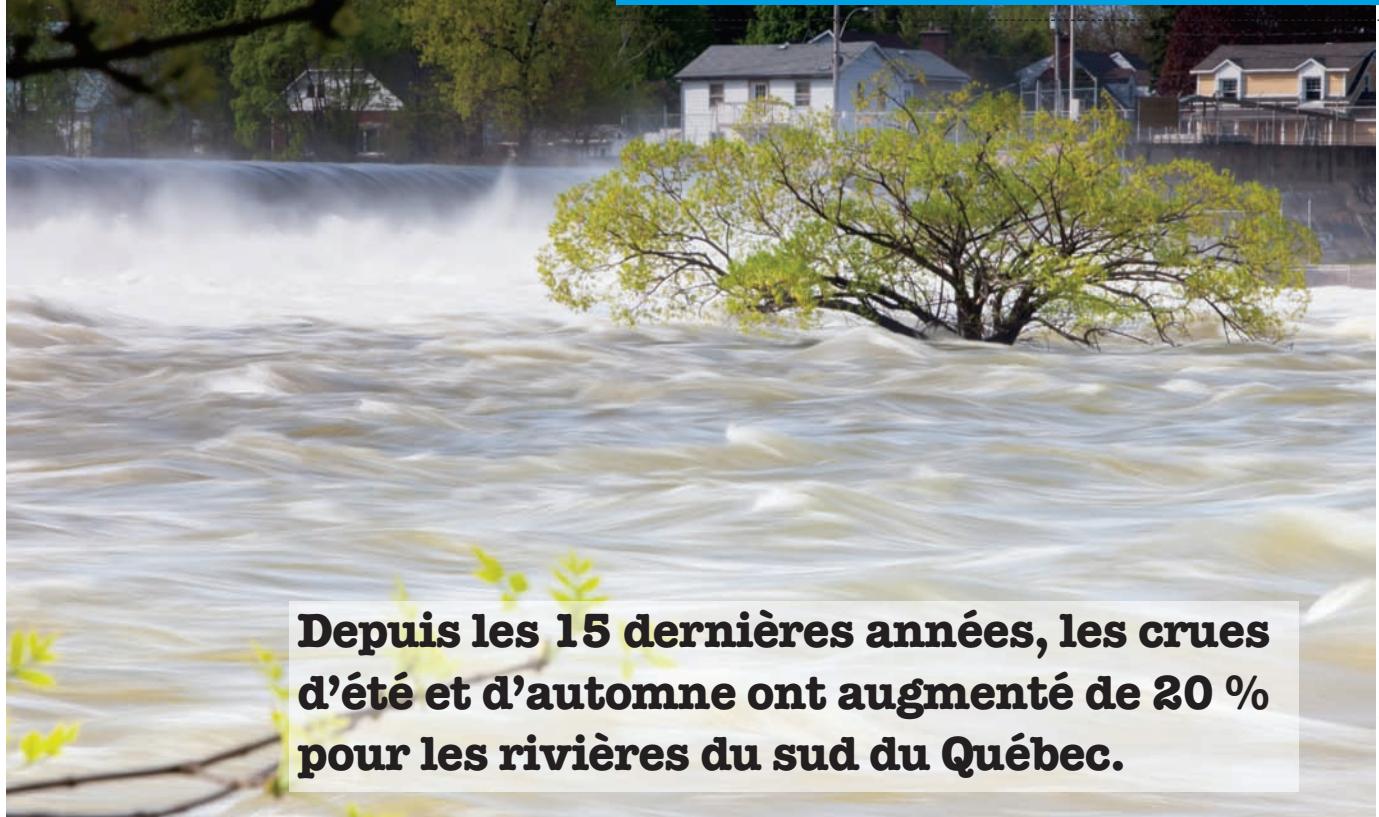
Nos colossales ressources hydriques pourraient-elles donc être mises à mal par le réchauffement de la planète? L'équilibre hydrologique actuel pourrait être au moins fortement perturbé.

«Il faut d'abord se rendre compte que, au Québec, les modèles et les scénarios climatiques ne prévoient pas qu'il va faire plus chaud, mais plutôt qu'il va faire moins froid, nuance **François Brissette**, professeur-chercheur à l'École de technologie supérieure à Montréal et spécialiste de l'hydrologie et des changements climatiques. Autrement dit, l'augmentation des tem-

Le régime hydrique du Québec pourrait être mis à mal par les changements climatiques. Déjà, les crues d'été des rivières du sud ont augmenté de 20 % depuis 15 ans. Sécheresses et crues soudaines se succéderont.

RAN REMIERS/LA PRESSE CANADIENNE





DREW HADLEY/ISTOCKPHOTO

## Depuis les 15 dernières années, les crues d'été et d'automne ont augmenté de 20 % pour les rivières du sud du Québec.

pératures se fera sentir plutôt en hiver qu'en été.»

«Tous ces modèles et scénarios aboutissent à une centaine d'avenirs possibles, estime Richard Turcotte, ingénieur du Centre d'expertise hydrique du Québec et coordonnateur du programme sur les ressources hydriques du consortium Ouranos\*. Ces projections orientent l'hydrologie du Québec dans deux directions générales, selon qu'on se trouve au nord ou au sud de la province.»

«Pour le nord, précise François Brissette, les modèles mènent systématiquement vers un apport d'eau supérieur à ce qu'il est aujourd'hui. En revanche, pour le sud du Québec, les tendances sont à 50% pour une baisse minime et à 50% pour une hausse relativement faible.»

Alors, pas de quoi fouetter un chat, le réchauffement chez nous? Le vrai problème réside moins dans la quantité des précipitations attendues que dans la forme qu'elles prendront. Les infrastructures hydrologiques ont été conçues pour faire face aux variations naturelles actuelles, connues depuis que l'on fait des relevés météorologiques des années sèches et des années plus humides. Mais les changements climatiques apporteront un lot de variations supplémentaires aux conséquences encore incertaines. Davantage de précipitations dans le nord, cela ne sous-entend pas qu'elles seront réparties uniformément tout au long de l'année. Idem pour le surplus ou le manque qui pourrait affecter le sud.

«Paradoxalement, dans le nord, alors qu'il est prévu plus d'eau, les gestionnaires de barrages pourraient devoir réduire le niveau maximal des lacs artificiels, donne comme exemple François Brissette. Car ils devront se prémunir contre les crues soudaines provo-

quées par des épisodes pluvieux plus intenses en été.»

Dans le sud, les mêmes précipitations diluviales pourraient entraîner des inondations et des débordements d'égouts plus fréquents, comme cela s'est produit récemment plusieurs fois à Montréal. Depuis les 15 dernières années, les crues d'été et d'automne des rivières du sud du Québec ont augmenté de 20%.

Durant la même période, on note également des étiages plus longs et plus sévères; aussi, des crues printanières moins importantes. Cela préfigure peut-être le climat hivernal de demain : périodes généralisées de redoux pouvant induire une diminution du couvert neigeux et, à terme, la disparition des crues de printemps et une saturation moins importante des nappes phréatiques. Le tout associé à une évapotranspiration plus importante en été, donc à des étiages encore plus bas.

On comprend que le manque d'eau dans certaines rivières n'affecterait pas que les pelouses. «Une partie du traitement des eaux usées repose sur la dilution des polluants résiduels dans l'eau des rivières, note François Brissette. Un débit trop faible implique une augmentation de la concentration des polluants.» Avec des conséquences sur la santé encore inconnues et le fait que les stations d'eau potable peineraient à traiter ces eaux saturées. Qui dit étiage plus bas dit également prises d'eau risquant de se tarir.

Les autorités sont-elles prêtes à faire face aux changements annoncés? Pour les décideurs et les gestionnaires, la tâche est ardue. Il est en effet difficile de savoir s'il faut renforcer le traitement des eaux usées à tel endroit ou prévoir des mesures contre les inondations à tel autre. Les signes mesurés ces dernières années



ne sont pas, pour le moment, statistiquement significatifs. Ils indiquent des tendances, mais les scientifiques ne peuvent pas encore les qualifier de preuves. Les élus hésitent donc à engager des budgets nécessaires pour remédier à des situations qui ne surviendront peut-être pas...

«Ainsi, plusieurs nouveaux ouvrages ne tiennent absolument pas compte des changements climatiques, déplore François Brissette. Les infrastructures construites aujourd'hui verront le prochain centenaire; pourtant, la grande majorité sont conçues selon les données des 50 dernières années, qui ne tiennent pas compte du réchauffement.»

«Le dossier de l'adaptation aux changements climatiques vient à peine de s'ouvrir, confirme Richard Turcotte. Quelques pas ont été faits, mais très peu de choses ont été réalisées. La réflexion est toutefois nécessaire. Sinon, dans certains domaines, quand les changements climatiques vont nous rattraper, nous ne serons pas prêts.»

Dans l'attente de données plus précises, les gestionnaires optent souvent pour la politique du «sans regret». Si une infrastructure est prévue ou modifiée, elle l'est en vue d'améliorer le service, changements climatiques ou pas. Lors du remplacement d'une conduite d'égout, par exemple, rien n'empêche d'enfourir d'ores et déjà un boyau plus large. Même si le réchauffement planétaire ne provoquait pas davantage de pluies torrentielles, le nouvel égout offrirait toujours un service plus efficace.

Pour François Brissette, la réflexion sur les infrastructures ne doit cependant pas monopoliser l'attention. «Par exemple, en matière d'inondations, on pourrait déjà progresser en appliquant la législation en vigueur qui empêche l'implantation de projets immobiliers dans des plaines inondables!»

De petites mesures pourraient aussi avoir des effets très positifs. Ainsi, actuellement, la plupart des gouttières des bâtiments déversent les eaux de pluie directement dans le réseau d'égout. Si on les laissait plutôt s'écouler dans les terrains, on aiderait à rétablir le rôle de filtration naturelle des sols.

François Brissette craint toutefois que les choses n'aillettent pas assez vite. «L'adaptation se fera au fur et à mesure des changements climatiques. Malheureusement, elle risque aussi de s'imposer à nous par la force des choses si des crises majeures surviennent.» ■

**Par Olivier Rey**

\* Le consortium Ouranos travaille sur la climatologie régionale et l'adaptation aux changements climatiques dans des domaines comme l'environnement nordique, les ressources énergétiques, l'agriculture, les ressources hydriques, etc.

## GESTION PARTAGÉE

Chercheuse à la Chaire de recherche du Canada en économie politique internationale et comparée (CREPIC), **Annie Chaloux**, étudiante au doctorat à l'École nationale d'administration publique, rappelle à quel point les Grands Lacs et le Saint-Laurent constituent un casse-tête législatif pour le continent.

### Le Canada et les États-Unis partagent la plus importante réserve d'eau douce du monde : les Grands Lacs et le fleuve Saint-Laurent. Quels en sont les enjeux?

Ce bassin renferme 20% de l'eau douce de la planète. Quelque 40 millions de personnes y vivent et s'y abreuvent. Les enjeux de commerce et de navigation sont également substantiels; on estime à 225 000 le nombre d'emplois liés à la voie maritime. Les sols fertiles du bassin sont aussi prisés par les agriculteurs qui recourent au plan d'eau pour l'irrigation des cultures.

### Des millions de personnes et de multiples usages et intérêts. De quelle façon les États se partagent-ils la gestion de cette ressource transfrontalière?

Le premier traité remonte à 1909. C'est le Traité sur les eaux limítrophes qui visait à assurer la qualité de l'eau. Or, cette entente ne concernait que les cours d'eau qui traversent la frontière. À partir des années 1970, on s'est rendu compte que la pollution – les pluies acides, par exemple – ne se limite pas à un territoire. Ce sont les débuts de la gestion de l'eau par bassin versant. En 1985, le Québec, l'Ontario et les huit États concernés ratifiaient une charte qui jetait les bases de cette nouvelle coopération. Il s'agissait toutefois seulement d'une entente de bonne foi, puisque les États de l'Union n'ont pas le droit de signer de contrat contraignant avec un autre gouvernement. Les États fédérés ont donc dû trouver un moyen pour contourner le problème.

### Lequel?

En 2005, ils ont adopté ce qu'on appelle un double accord. Le premier volet comporte une loi régionale, entérinée par le congrès des États-Unis, et ne lie que les États de l'Union entre eux. Le second, calqué sur le premier, inclut l'Ontario et le Québec, les deux autres membres du bassin versant. Il s'agit d'une entente de bonne foi, mais les deux provinces ont adopté des lois sur l'eau, en 2007 et en 2009 respectivement.

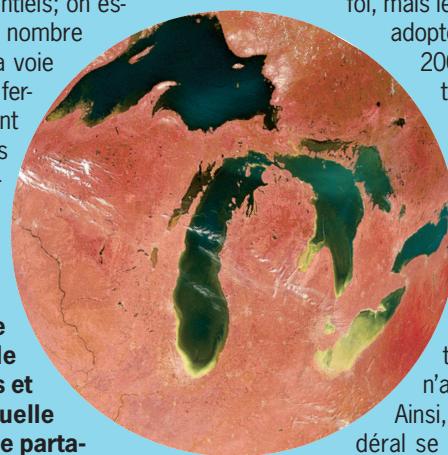
### De quel pouvoir dispose le Québec pour préserver sa réserve d'eau potable?

Dans la Constitution canadienne, la juridiction environnementale n'a jamais été attribuée. Ainsi, le provincial et le fédéral se partagent la gestion de l'eau, à travers d'autres juridictions : la santé publique et les ressources naturelles au Québec, la navigation et les pêcheries au Canada. Cela dit, la province est de plus en plus favorisée, parce que l'approche de gouvernance à paliers multiples est devenue pratique courante.

### Selon vous, le Québec parvient-il à tirer son épingle du jeu?

Quand le Québec conclut une entente internationale, cette dernière n'a pas de force contraignante, il n'est donc pas tenu de la mettre en oeuvre. Mon travail consiste à déterminer dans quelle mesure il tient ses promesses. Dans le cas de la gestion du bassin des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent, il a bien fait. Est-ce que c'est suffisant? Disons que nous allons dans la bonne direction! ■

**Propos recueillis par  
Noémie Larouche**



# NOUVEAUX POLLUANTS, NOUVELLES STRATÉGIES

**La pollution a changé de visage, ces dernières années; les techniques d'assainissement doivent être mieux adaptées. Encore faut-il comprendre l'impact des nouveaux contaminants.**

## > TROUVER LES MOLECULES COUPABLES

**Parmi les milliers de substances chimiques synthétiques qui composent nos produits domestiques et cosmétiques, certaines dérèglent dangereusement nos systèmes hormonaux. Mais lesquelles, au juste? C'est un casse-tête à 100 000 morceaux pour les scientifiques.**

**D**aniel Cyr a vu de ses yeux des poissons mâles du fleuve Saint-Laurent développer des œufs, signe troublant de leur féminisation. Pour ce toxicologue, professeur titulaire au Centre INRS-Institut Armand-Frappier, il ne fait aucun doute que certaines substances chimiques synthétiques disséminées dans l'environnement perturbent la régulation hormonale chez l'humain et détruisent ses organes reproducteurs. Elles se substitueraient à ses hormones et s'immisceraient dans ses systèmes régulateurs.

À la TÉLUQ, **Lise Parent**, professeure de l'Unité de formation et de recherche Science et technologie, s'intéresse elle aussi à ces perturbateurs endocriniens depuis longtemps. Elle a même créé un site Web, *Sabotage hormonal*, pour mettre en garde la population : «On les mesure dans notre sang; les maladies hormonales sont en croissance.»

Comme Lise Parent et Daniel Cyr, beaucoup de scientifiques accusent des composants de produits d'usage courant comme les détergents, les cosmétiques, les emballages, les médicaments, etc. Et de plus en plus, leur inquiétude est doublée d'impatience devant la lenteur de la recherche.

Parmi les milliers de molécules créées par l'humain, lesquelles faut-il bannir? Car elles ne sont pas toutes à diaboliser. À quelles doses sont-elles nocives? Les chercheurs ont beau éplucher la littérature scientifique, dans la majorité des cas, ils n'y trouvent pas les réponses qui forceraient une modification des lois. Dans son rapport sur le sujet publié en février, l'Organisation mondiale de la santé (OMS) en appelle à davantage de recherche : «Il y a un manque important de connaissances sur les liens entre l'exposition aux perturbateurs endocriniens et les maladies hormonales.» L'OMS souligne aussi que ces perturbateurs semblent associés au déclin mondial de la fertilité masculine, à l'aug-

mentation des malformations génitales, aux allergies, aux maladies auto-immunes, aux cancers hormonaux (sein, ovaires, prostate), aux troubles de l'attention, à l'obésité, etc.

Plus précisément, ce qui fait défaut aux scientifiques, ce sont des liens causaux, la preuve irréfutable que telle dose de contaminant cause tel cancer ou tel trouble. S'ils n'y sont pas parvenus jusqu'à présent, c'est que les déclencheurs d'une maladie sont trop nombreux. «Chaque personne est touchée d'une manière unique», explique **Cathy Vaillancourt**, professeure et chercheuse en grossesse et toxicologie à l'Institut Armand-Frappier. «La génétique de chaque individu interfère, aussi», ajoute Daniel Cyr. Et puis les chercheurs en connaissent très peu sur les interactions entre molécules. «C'est l'effet cocktail. Une molécule peut rendre une autre plus nocive, ou au contraire la neutraliser», explique Lise Parent.

Il faut dire que la science des perturbateurs endocriniens est encore jeune, elle remonte aux années 1990. Mais partout dans le monde, et particulièrement en Europe, des projets s'organisent. Depuis deux ou trois ans, de vastes études épidémiologiques sont en marche. Elles suivent des dizaines – voire des centaines – de milliers de sujets qui donnent régulièrement à la science un peu de sang et d'urine, et répondent à des questionnaires. Au Canada, l'*Étude mère-enfant sur les composés chimiques de l'environnement* (MIREC) vise à mesurer les taux d'exposition aux produits chimiques de 2 000 femmes enceintes puis de leurs bébés dans 10 villes canadiennes. C'est bien. Mais ce n'est pas assez, selon Cathy Vaillancourt : «Cette étude comprend d'importantes lacunes.

L'échantillon est insuffisant et trop peu de ressources sont allouées à l'analyse des données.» Pour Daniel Cyr, les suivis épidémiologiques de ce genre ne suffisent pas.

Il travaille donc *in vitro* sur des cultures de cellules humaines, ou sur des animaux, pour étudier la fertilité masculine : «Il faut comprendre les mécanismes moléculaires par lesquels agissent ces perturbateurs, puis identifier des marqueurs. Par exemple, un contaminant pourrait causer l'absence d'une protéine ayant un rôle dans la fertilité de l'éjaculat d'un animal. »

Selon cette même stratégie, Cathy Vaillancourt récolte et analyse le placenta de femmes habitant la Rive-Sud de Montréal. Là, comme pratiquement partout ailleurs, on observe une contamination causée par des centaines de substances chimiques. «Nous avons découvert que, même s'ils étaient en très petites quantités, même en déçà des normes canadiennes, le plomb, le DDT et le manganèse perturbaient le transport du calcium et de l'oxygène vers le bébé.» Sur les cellules placentaires *in vitro*, elle note aussi un dérangement de la production d'hormones et une dégradation du cortisol, l'hormone du stress.

Il a fallu attendre la publication de certaines d'études comme celles-là, représentant plus de deux décennies de recherche, avant que le gouvernement canadien ajoute le bisphénol A

sur sa liste de composants toxiques et le bannisse des produits pour bébé. C'était en 2010 et le Canada était le premier pays au monde à le faire. «C'est un début, mais il en reste dans nos épiceries et dans notre sang, rappelle Lise Parent. Les environmentalistes ont poussé un soupir de soulagement, mais le bisphénol A n'est qu'une substance parmi des milliers d'autres.»

Et les deux chercheurs de déplorer le manque de coopération, d'infrastructures et de moyens financiers pour soutenir la recherche environnementale au Canada.

## > DE L'OZONE POUR PURIFIER LE FLEUVE

**La station d'épuration de la ville de Montréal se dote d'une nouvelle installation de pointe : le plus grand système de traitement par ozonation du monde.**

**A**novulants, antidépresseurs, anti-inflammatoires, drogues, produits ignifuges, détergents et autres résidus de la vie moderne se déversent quotidiennement dans le fleuve Saint-Laurent. Près de l'île aux Vaches, à la pointe est de l'île de Montréal, la station d'épuration nettoie la moitié des eaux usées du Québec. Mais elle n'a pas été conçue pour retenir ces nouveaux contaminants. «Il y a 30 ans, au moment de la construction de l'usine, la priorité était de retirer les coliformes fécaux, les matières solides et le phosphore. Nous voulions cesser de déverser les eaux usées directement dans le fleuve», explique Richard Fontaine, directeur de l'épuration des eaux usées du Service de l'eau de la ville de Montréal. «Pour le reste, les gens croyaient que le Saint-Laurent était suffisamment vaste pour diluer les contaminants», précise **Robert Hausler**, chercheur à l'École de technologie supérieure et directeur de la Station expérimentale des



ALEXANDER KARPOV

procédés-pilotes en environnement.

Heureusement, c'est peut-être la fin de cette époque. En 2008, Montréal annonçait l'ajout, en 2015, d'une nouvelle installation de traitement, capable de nous débarrasser d'une grande partie de ces nouveaux contaminants. Avec un investissement de 200 millions de dollars, Montréal sera la première ville à se doter d'un système de traitement par ozonation de cette ampleur : «Ce sera la plus grosse unité d'ozonation du monde. Cette technologie sert déjà régulièrement pour décontaminer l'eau potable, mais elle est jeune dans le traitement des eaux usées», affirme Richard Fontaine.

«L'objectif premier était d'installer un système de désinfection pour éliminer les virus et les bactéries, explique Robert Hausler qui a supervisé les essais menés à l'usine de Montréal. Nous avons voulu en profiter pour évaluer l'élimination des nouveaux contaminants.» Les chercheurs de l'Institut national de la recherche scientifique, de l'École de technologie supérieure et d'Environnement Canada ont alors comparé les deux traitements les plus prometteurs : par rayons ultraviolets et par ozonation. Ils installent à l'usine même des systèmes-pilotes de traitement des eaux. Dans des bassins, ils testent la survie de poissons, de moules, de plantes et d'autres espèces du fleuve en les élevant dans de l'eau traitée par les deux techniques. Le résultat est que, à coût comparable, l'ozonation l'emporte haut la main. «Partout dans le monde, les gens tenaient pour acquis que les traitements aux UV étaient moins chers et plus efficaces. Toutefois c'est en incluant les perturbateurs endocriniens et autres contaminants dans nos études que l'on y voit un vrai avantage», explique Robert Hausler. Le système d'ozonation permettrait d'éliminer plus de 80% des molécules médicamenteuses. «La technologie intéresse de plus en plus de gens sur la planète, affirme Robert Hausler. Tous les regards seront tournés vers Montréal qui fera figure de pionnière grâce à son usine et ses laboratoires afférents.» ■

**En 2015, Montréal se dotera de la plus grosse unité d'ozonation du monde.**

Par Binh An Vu Van

Vu dans le monde

# GLACIERS EN VOIE D'EXTINCTION

Ça se passe en Amérique latine. Comme un peu partout sur Terre. L'eau des glaciers se raréfie! Le professeur Michel Baraër est allé y voir de plus près.



**L**ac Parón, Pérou, été 2008. Ça grogne chez les villageois. Ils se sont concertés pour empêcher la compagnie états-unienne Duke Energy d'accéder au lac glaciaire. Cette compagnie abuserait de son eau durant la saison sèche afin d'alimenter un barrage hydroélectrique en aval. Il ne reste alors plus qu'un lac à demi rempli d'une eau boueuse pour subvenir aux besoins de la communauté.

Au Pérou, l'eau des glaciers fournit 72% de l'énergie électrique et la majeure partie de l'eau potable. En plus, elle soutient une industrie agricole en plein essor, implantée en région semi-désertique. Les faits sont indéniables : la croissance économique entraîne une demande grandissante en eau. Or, malgré l'accélération de la fonte des glaciers, la précieuse ressource, elle, se raréfie.

Le phénomène intéresse **Michel Baraër**, professeur au département de génie de la construction à l'École de technologie supérieure de Montréal. Le recul des glaciers est un phénomène mondial et bien documenté.

Or, vu la dépendance envers l'eau glaciaire des Péruviens, les répercussions pourraient s'avérer désastreuses et les conflits, tel celui du lac Parón, de plus en plus fréquents. Baraër sonne l'alarme : «Les conséquences sont inévitables et déjà présentes; il faut donc s'adapter au plus vite. Il faut mobiliser les acteurs et les préparer à partager la ressource.» Dans la région d'Ancash, dans la Cordillera Blanca, les glaciers ont perdu entre 20% et 30% de leur superficie depuis les années 1970. Ce dégel précoce a une influence considérable sur le débit du fleuve Santa, qui prend sa source dans la cordillère. «Quand les glaciers fondent, explique le professeur, le flot des rivières augmente d'abord jusqu'à atteindre son débit maximal, ou pic d'eau. Il s'ensuit alors un déclin qui se poursuit jusqu'à la disparition des glaciers alimentant lacs et rivières.»

Jusqu'à récemment, on croyait que le pic d'eau du fleuve Santa serait atteint d'ici 30 à 40 ans. Erreur! L'équipe internationale, dont fait partie Michel Baraër, a plutôt démontré que celui-ci est d'ores et déjà passé. Grâce à la modélisation de données, tant historiques que récentes, les chercheurs ont établi que le débit du fleuve en saison sèche a considérablement diminué au cours des dernières décennies; jusqu'à 30% à certains endroits.

Ce qui se passe dans la Cordillera Blanca pourrait bien se répéter ailleurs; la Bolivie, l'Inde et le Pakistan, entre autres, exploitent tous l'eau glaciaire. Le problème est donc mondial. La fonte accélérée des glaciers aura bientôt un impact sur la qualité et la quantité d'eau disponible dans plusieurs régions. ■

Par Amélie Casgrain

# explorer

Le plaisir d'explorer,  
le besoin de comprendre



34%  
DE RÉDUCTION

41%  
DE RÉDUCTION

46%  
DE RÉDUCTION

1 AN : 35 \$\* | 2 ANS : 63 \$\* | 3 ANS : 86 \$\*

\* Prix avant taxes

**ABONNEZ-VOUS !**  
[quebecscience.qc.ca/abonnement](http://quebecscience.qc.ca/abonnement)



**PROCUREZ-VOUS  
ÉGALEMENT**  
les autres magazines  
publiés par  
Vélo Québec Éditions

Aussi  
disponible  
en édition  
numérique

**QS**  
Québec Science

Depuis 1962