

Direction du suivi de l'état de l'environnement

LA PROBLÉMATIQUE DES LACS ACIDES AU QUÉBEC

**Par
Jacques Dupont, M. Sc.**

Juillet 2004

Dépôt légal – Bibliothèque nationale du Québec

Envirodoq n° ENV/2004/0151
Collection n° QE/145

ÉQUIPE DE RÉALISATION

Auteur : Jacques Dupont¹

Révision scientifique : Patricia Robitaille¹

Graphisme et cartographie : Line Savoie¹

Mise en page : Lyne Martineau¹

¹ Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère de l'Environnement, édifice Marie-Guyart, 675, boulevard René-Lévesque Est, 7^e étage, Québec (Québec), G1R 5V7.

LA PROBLÉMATIQUE DES LACS ACIDES AU QUÉBEC

Référence : DUPONT, J., 2004. *La problématique des lacs acides au Québec*, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère de l'Environnement, envirodoq n° ENV/2004/0151, collection n° QE/145, 18 p.

Mots clés : précipitations acides, lac, acidification, dépôts acides, réversibilité, Rouyn-Noranda.

RÉSUMÉ

Les précipitations acides et leurs effets sur les milieux aquatiques et forestiers ont été largement médiatisés au Québec depuis les 20 dernières années. La grande vulnérabilité des eaux de surface, combinée à une forte exposition aux retombées acides, explique qu'un grand nombre de lacs du Québec aient été acidifiés depuis le début des années 1900. Les causes de l'acidification ont été clairement identifiées. Au-delà de la seule baisse de pH, cette acidification a entraîné des effets directs et indirects chez de nombreuses espèces de poissons, de macro-invertébrés, de plantes aquatiques et autres organismes aquatiques. Dans certains cas, les populations de poissons sont complètement disparues des lacs très acides.

Pour résoudre ce problème, les dirigeants des pays industrialisés, dont ceux du Québec, du Canada et des États-Unis, ont décidé d'intervenir à la source en initiant de vastes programmes de réduction d'émissions d'oxydes de soufre (SO₂) et d'oxydes d'azote (NO_x). Ces programmes ont permis de réduire les émissions de SO₂ de 50 % à 70 %. Ces interventions commencent à avoir du succès puisque la qualité de l'eau de nombreux lacs acides s'est améliorée au cours de la dernière décennie. Le problème demeure toutefois toujours présent pour un grand nombre de lacs très sensibles. Des retombées acides excédant la capacité des lacs à maintenir un pH suffisamment élevé, l'accroissement de la sensibilité des sols forestiers et le rôle grandissant des nitrates sont autant de facteurs qui retardent la récupération des lacs acides du Québec.

TABLE DES MATIÈRES

Équipe de réalisation	i
Résumé	ii
Table des matières	iii
INTRODUCTION	1
L'ÉTAT DE L'ACIDITÉ DES LACS DU QUÉBEC	1
Variabilité spatiale des lacs acides au Québec.....	1
Origine de l'acidité des lacs.....	3
(encadré) L'échelle de pH.....	4
(encadré) Un lac peut-il mourir?.....	5
(encadré) L'acidification est-elle réversible au plan chimique et biologique?	5
LES CAUSES DE LA DÉGRADATION	6
Polluants responsables de l'acidité des précipitations et leur origine.....	6
Évolution de la qualité récente des précipitations au Québec.....	6
Activités humaines à l'origine des polluants acides	7
Transport atmosphérique des polluants acides	8
Influence des émissions atmosphériques du Québec et de l'Ontario.....	9
Processus en cause dans l'acidification des lacs.....	9
<i>Capacité de neutralisation des sédiments et de la roche en place</i>	9
<i>Influence de facteurs amplifiant l'effet de l'acidification des eaux</i>	9
<i>Appauvrissement des sols en composés basiques</i>	9
<i>Rôle des composés azotés dans l'acidification – ses origines et ses effets</i>	10
(encadré) <i>Les charges critiques et l'acidification des lacs</i>	10
(encadré) <i>La fonte des neiges et le choc acide printanier</i>	11
LES CONSÉQUENCES DE L'ACIDIFICATION DES LACS	11
Effets de l'acidification de l'eau sur le milieu biophysique	11
Effets de l'acidification de l'eau sur la pêche sportive	12
Effets des principaux contaminants qui accompagnent l'acidification d'un plan d'eau ..	12
(encadré) Un lac qui s'acidifie : une suite ininterrompue d'évènements.....	12
(encadré) Les pluies acides sont-elles dangereuses pour la santé humaine?	13
LES ACTIONS DU MILIEU	14
Programmes de contrôle des émissions de polluants acides.....	14
Initiatives gouvernementales pour lutter contre les précipitations acides	14
Gestes individuels pour diminuer les précipitations acides	15
(encadré) Le réseau WARNING : un témoin des mesures de contrôle	15
(encadré) Le chaulage comme méthode de restauration.....	16
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	17

INTRODUCTION

La reconnaissance que les émissions polluantes peuvent avoir un impact sur l'environnement ne date pas d'hier. L'histoire nous montre que dès 1662 la citoyenne d'origine britannique, Evelyn Graunt, observait que les émissions gazeuses provenant des industries affectaient la santé des plantes et des humains et que des mesures correctrices comme des cheminées plus hautes et le déplacement des industries vers l'extérieur des villes seraient nécessaires.

Au Québec, cette prise de conscience a eu lieu beaucoup plus tard. Ce n'est qu'en 1978 que la première étude sérieuse concernant l'acidité des précipitations a été effectuée par l'Institut national de la recherche scientifique-Eau de l'Université du Québec. Les chercheurs notèrent que les pluies étaient très acides dans le sud-ouest québécois. Plusieurs autres études, étalées tout au long de la décennie 1980, permirent d'identifier l'étendue de l'acidité des lacs au Québec et les mécanismes qui étaient à l'origine de cette acidification. Ces observations, combinées au fait que le territoire québécois est en grande partie sensible à l'acidification, ont incité les gouvernements, les groupes d'intérêt, les scientifiques et la population en général à s'interroger sur les conséquences de cette pollution sur l'environnement. La communauté scientifique reconnaît maintenant que les précipitations acides produisent des effets néfastes sur les écosystèmes aquatiques, terrestres et forestiers ainsi que sur la santé des humains.

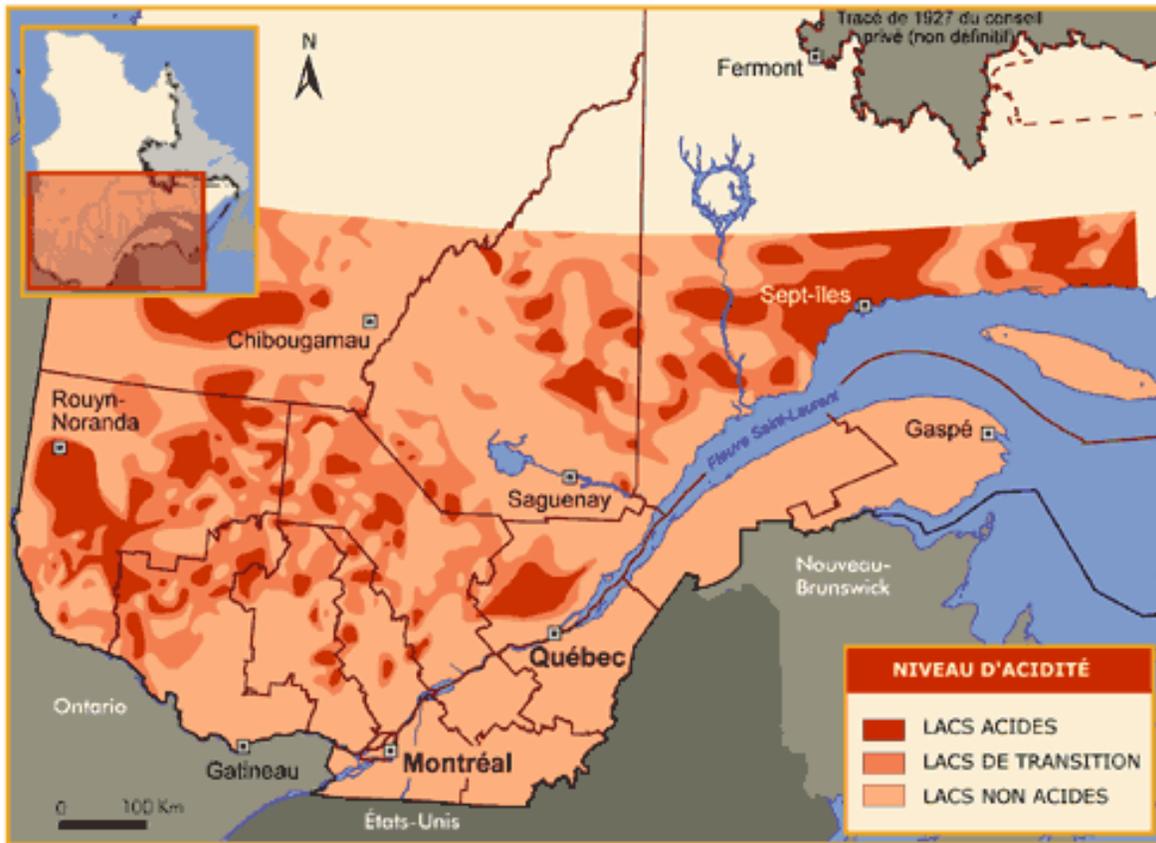
Au début des années 1980, le gouvernement du Québec a mis en place une série de mesures pour contrôler les émissions polluantes. Des efforts sont maintenant déployés pour évaluer le bénéfice de ces mesures. Les plus récentes études montrent malheureusement que de nouveaux problèmes pourraient amoindrir les bénéfices escomptés des réductions d'émissions.

L'ÉTAT DE L'ACIDITÉ DES LACS DU QUÉBEC

Variabilité spatiale des lacs acides au Québec

Les lacs acides ($\text{pH} \leq 5,5$) et ceux de transition (pH compris entre 5,5 et 6) sont plus particulièrement localisés dans le sud-ouest du Québec et sur la Côte-Nord où les sols possèdent une faible protection naturelle contre l'acidification et où les dépôts acides sont marqués. La sensibilité des plans d'eau à l'acidification s'explique par la nature géologique des sols qui les supportent. De fait, ces plans d'eau reposent sur des roches ou des sols granitiques. Les cartes de sensibilité de la roche en place montrent que près de 90 % du territoire québécois est sensible à l'acidification. Quelques enclaves moins sensibles doivent leur protection à la présence de carbonates dans leurs sols, lesquels sont générés par l'altération des roches calcaires. C'est le cas des régions situées au sud du Saint-Laurent et de quelques autres enclaves protégées : les régions des lacs Saint-Jean et Mistassini, le nord de la ville de Gatineau et les basses-terres de l'Abitibi. L'alcalinité totale, qui est un bon indicateur de la sensibilité des lacs, montre que les concentrations de carbonates sont très faibles en milieu sensible, ce qui est le cas de la plus grande partie du Bouclier canadien.

Niveau d'acidité des lacs du Québec méridional



Ministère de l'Environnement, 2004

Les lacs acides sont situés pour la très grande majorité dans les secteurs de grande sensibilité, bien que ce ne sont pas tous les lacs qui soient acides dans ces régions. Un lac peut très bien ne pas être acide dans une de ces régions à risque. D'autres facteurs de protection peuvent expliquer l'absence d'acidification : sol plus épais, grand bassin versant, etc. Les lacs acides forment souvent des grappes dans les régions les plus sensibles ou les plus exposées aux retombées acides. C'est le cas d'une large zone comprise entre les villes de Québec, Gatineau, Rouyn-Noranda et Chibougamau. Une autre zone de lacs acides se situe sur la moyenne Côte-Nord. Seuls de rares lacs acides sont observés dans les autres zones du Québec.

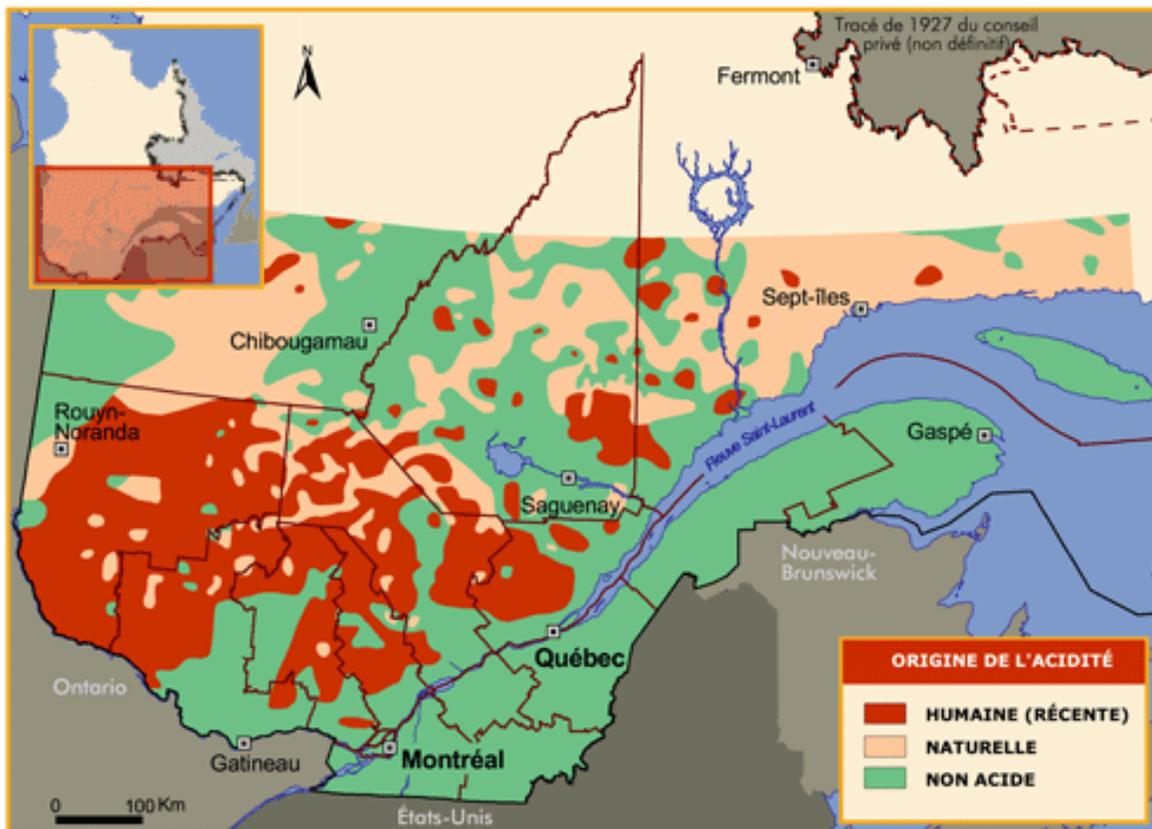
Région	Lacs acides pH ≤ 5,5		Lacs en transition 5,5 > pH < 6,0		Nombre total de lacs
	%	Nombre	%	Nombre	
Côte-Nord	33,0	13 066	66,0	26 132	39 595
Outaouais	23,3	7 708	62,5	20 675	33 080
Mauricie	11,8	3 139	58,3	15 509	26 602
Abitibi	15,9	2 447	40,1	6 171	15 388
Saguenay	6,9	3 072	29,0	13 101	45 177
Total	18,4	29 432	51,0	81 588	159 842

Près de 19 % des 160 000 lacs de plus de 10 hectares recensés sur le Bouclier canadien par le ministère de l'Environnement entre 1986 et 1990 étaient acides, soit près d'un lac sur cinq ou encore 29 400 lacs pour la seule partie sud de la province. Ce pourcentage monte à 51 % si on tient compte des lacs de transition où des dommages biologiques risquent de survenir. Ces pourcentages varient toutefois d'une région à une autre, la proportion de lacs acides étant plus grande dans l'Outaouais, la Mauricie, l'Abitibi et la Côte-Nord. Pour sa part, Environnement Canada a estimé à 95 000 le nombre total de lacs acides pour le sud-est du Canada.

Origine de l'acidité des lacs

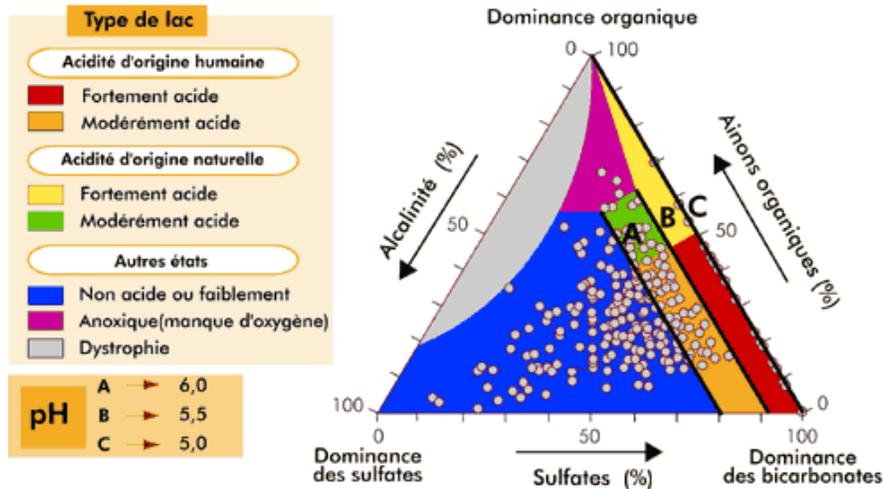
L'acidité d'un lac peut être d'origine naturelle ou humaine. Le terme « lac acidifié » est utilisé dans ce dernier cas. Cette acidification est généralement survenue au cours des 40 à 100 dernières années. Par contraste, les lacs naturellement acides le sont depuis des millénaires. Pour certains, c'est la présence d'acides humiques lessivés des sols forestiers qui rend l'eau acide; ces lacs sont de couleur rougeâtre. Pour d'autres, c'est la géologie qui est responsable de l'acidité des eaux; on les reconnaît aisément à leur belle coloration turquoise. Un lac acidifié par l'homme se démarque des lacs naturellement acides par sa grande limpidité. Un grand nombre de lacs du Québec sont naturellement acides. La plupart sont des tourbières acides ou des lacs riches en matières humiques. Les lacs acides d'origine géologique sont plus rares. On en connaît quelques uns dans l'Outaouais et plusieurs dans la région de Schefferville. Certains de ces lacs peuvent afficher des pH aussi faibles que 3 unités.

Origine de l'acidité des lacs du Québec méridional



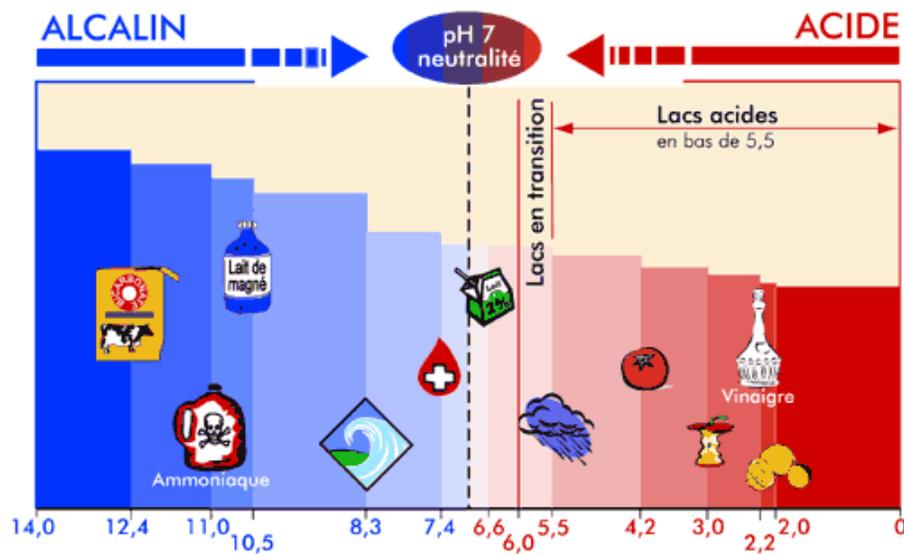
Pour de nombreux lacs acides, l'origine de l'acidité est à la fois naturelle et anthropique, c'est-à-dire provoquée par des activités humaines. Dans de tels cas, l'acidification récente est venue se superposer aux conditions d'acidité naturelle qui existaient déjà. Il est difficile de reconnaître l'origine de l'acidité d'une eau dans un lac lorsque cette acidité provient de plusieurs sources. Le ministère de l'Environnement a développé un outil de classification des lacs (nomogramme de classification des lacs) qui lui permet d'identifier le type de lac acide en comparant les concentrations relatives de sulfates, de carbonates et d'anions organiques. Ce modèle a permis de montrer que les lacs du sud-ouest québécois ont été récemment acidifiés alors que ceux du nord-est étaient naturellement acides.

Nomogramme de classification des lacs



Ministère de l'Environnement, 2004

L'échelle de pH



Ministère de l'Environnement, 2004

L'échelle de pH (suite)

Le pH s'exprime selon une échelle logarithmique de 0 à 14 unités. Une eau « neutre » possède un pH de 7 unités. Un pH inférieur à 7 indique que l'eau est acide alors qu'un pH supérieur à cette valeur indique qu'il s'agit d'une eau alcaline. La baisse d'une unité de pH implique que l'acidité est multipliée par un facteur 10. Ainsi une eau de pH 6 est dix fois plus acide qu'une eau de pH 7; une eau de pH 5 est 100 fois plus acide qu'une eau de pH 7.

En théorie ou en laboratoire, une eau dont le pH est plus petit que 7,0 est reconnue comme étant acide. Les spécialistes des lacs acides utilisent toutefois une interprétation un peu différente pour qualifier un lac acide. Ainsi, pour le territoire du Bouclier canadien, les spécialistes reconnaissent qu'un lac non acide possède un pH de 6 unités ou plus. C'est un niveau de pH normal pour cette région en l'absence d'apports acides d'origine atmosphérique. Un lac est considéré en « transition » lorsque son pH se situe entre 5,5 et 6 unités. Les premiers dommages biologiques surviennent dans cette tranche de pH. Un lac est considéré acide lorsque son pH est plus petit ou égal à 5,5 unités. Le pH d'un lac acidifié par des dépôts acides est rarement plus faible que 4,3 à 4,5 unités.

Un lac peut-il mourir?

La croyance populaire selon laquelle les pluies acides peuvent tuer un lac est plus ou moins exacte. Il est vrai que l'acidification récente des plans d'eau peut être responsable de la perte d'espèces animales et végétales et que la disparition complète des communautés de poissons peut survenir dans les lacs les plus acides. Pour les pêcheurs sportifs, un lac sans poissons est souvent considéré comme « mort ». Au point de vue écologique, cette notion de lac mort est fautive. L'acidification peut grandement appauvrir un plan d'eau, mais rarement au point d'éliminer toute vie. Certaines espèces de plantes (mousses et sphaignes), d'insectes aquatiques et de micro-organismes réussissent très bien à survivre dans un milieu fortement acide.

L'acidification est-elle réversible sur les plans chimique et biologique?

L'acidification est réversible sur le plan physico-chimique. Une étude scientifique effectuée par Environnement Canada a montré que les plans d'eau acidifiés sont généralement en mesure de récupérer lorsque les apports acides sont réduits ou éliminés. Le potentiel de récupération biologique est toutefois moins grand. On assiste plutôt à la mise en place d'une communauté biologique différente de l'originale. Ceci s'explique en partie par la perte du patrimoine génétique des populations de poissons et d'insectes qui ont été décimées, mais aussi par la compétition biologique qui peut favoriser certaines espèces originellement absentes du plan d'eau. La réversibilité biologique est aussi un processus beaucoup plus lent que la réversibilité physico-chimique. Dans certains lacs fortement acidifiés, le potentiel de récupération biologique peut être très limité lorsque l'écosystème a subi des dommages importants.

LES CAUSES DE LA DÉGRADATION

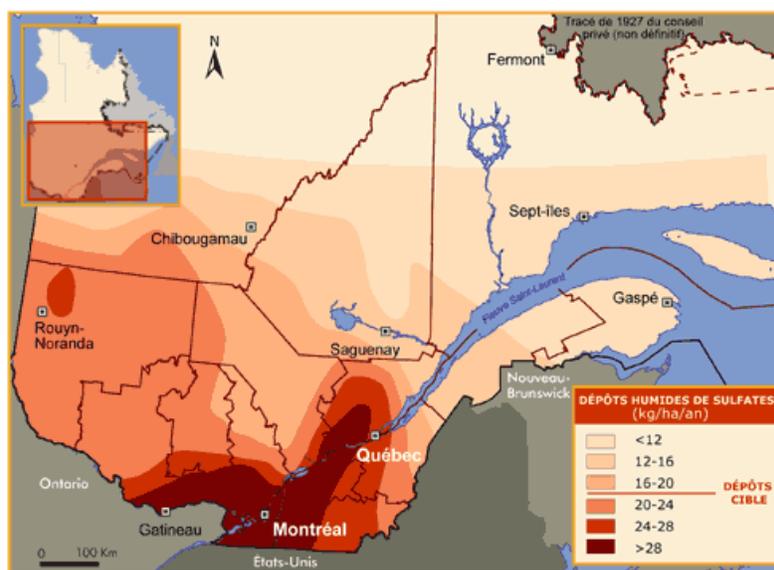
Polluants responsables de l'acidité des précipitations et leur origine

Les oxydes de soufre et d'azote émis dans l'atmosphère sont les causes les plus importantes de l'acidité des précipitations. Ces polluants se combinent à l'humidité de l'air pour se transformer en acides sulfurique et nitrique, lesquels retombent ensuite au sol sous forme de pluies, neiges, dépôts secs et dépôts gazeux, et ce, après avoir parcouru des milliers de kilomètres. Certains phénomènes naturels contribuent également à la production de tels polluants. C'est le cas des volcans, des feux de forêts, de l'activité bactérienne dans les océans. Ces contributions naturelles sont toutefois moins importantes que celles d'origine humaine. Au Québec, plus de 75 % des oxydes de soufre ou d'azote proviennent des États-Unis ou de l'Ontario. Ces polluants ont été transportés sur de grande distance dans les masses d'air qui viennent du sud-ouest. Les mesures des sulfates (SO_4) et des nitrates (NO_3) sont utilisées comme indicateurs des apports en acides sulfurique (H_2SO_4) et nitrique (HNO_3).

Évolution de la qualité récente des précipitations au Québec

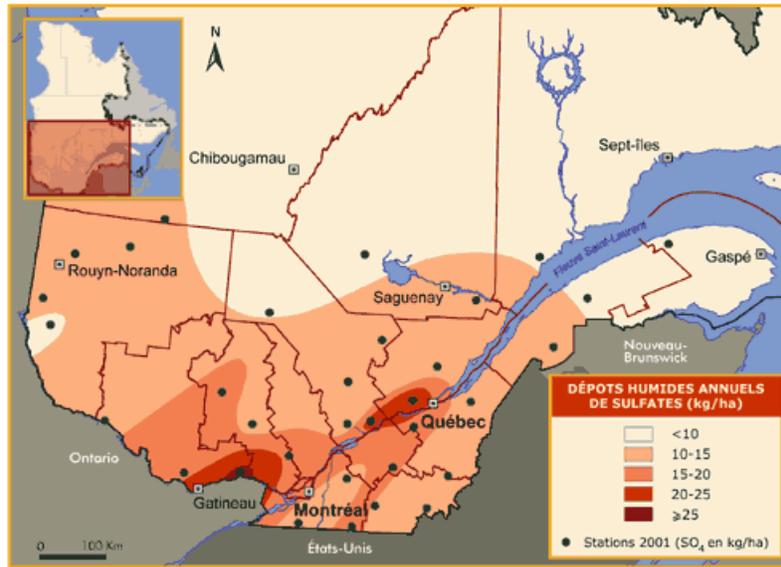
Les premiers effets positifs des programmes de réduction d'émissions polluantes ont été constatés au début des années 1990 et n'ont pas cessé depuis. La qualité des précipitations s'est donc améliorée depuis la fin des années 1980 comme en témoignent les cartes illustrant les précipitations au Québec dans les années 1985-1988 (avant réduction) et 2001. Les isolignes de 10, 15 et 20 kg/ha/année de sulfates dans les dépôts acides montrent un net recul d'une période à l'autre. Alors que les dépôts humides de sulfates dépassaient fréquemment les 20 kg/ha/an un peu partout dans le sud-ouest québécois, ces dépôts avoisinent plutôt les 10 à 15 kg/ha/an maintenant. La plupart des zones ont bénéficié de baisses de l'ordre de 5 à 10 kg/ha/an depuis 1988. Les bénéfices escomptés pour 2010 (voir carte) sont encore plus grands.

Répartition des dépôts de sulfates au sud du Québec en 1985-1988



Ministère de l'Environnement, 2004

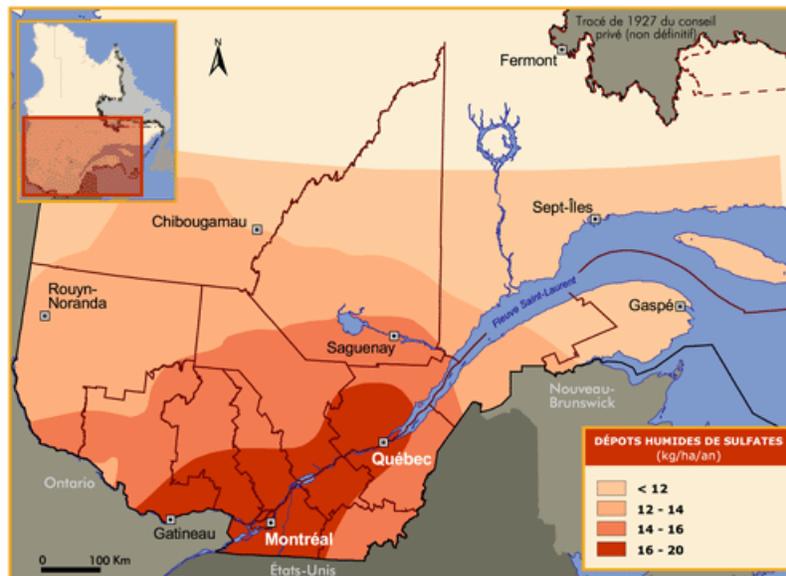
Répartition des dépôts de sulfates au sud du Québec en 2001



Ministère de l'Environnement, 2004

Source : données SIMAT

Prévision des dépôts de sulfates au sud du Québec en 2010



Ministère de l'Environnement du Québec, 2004

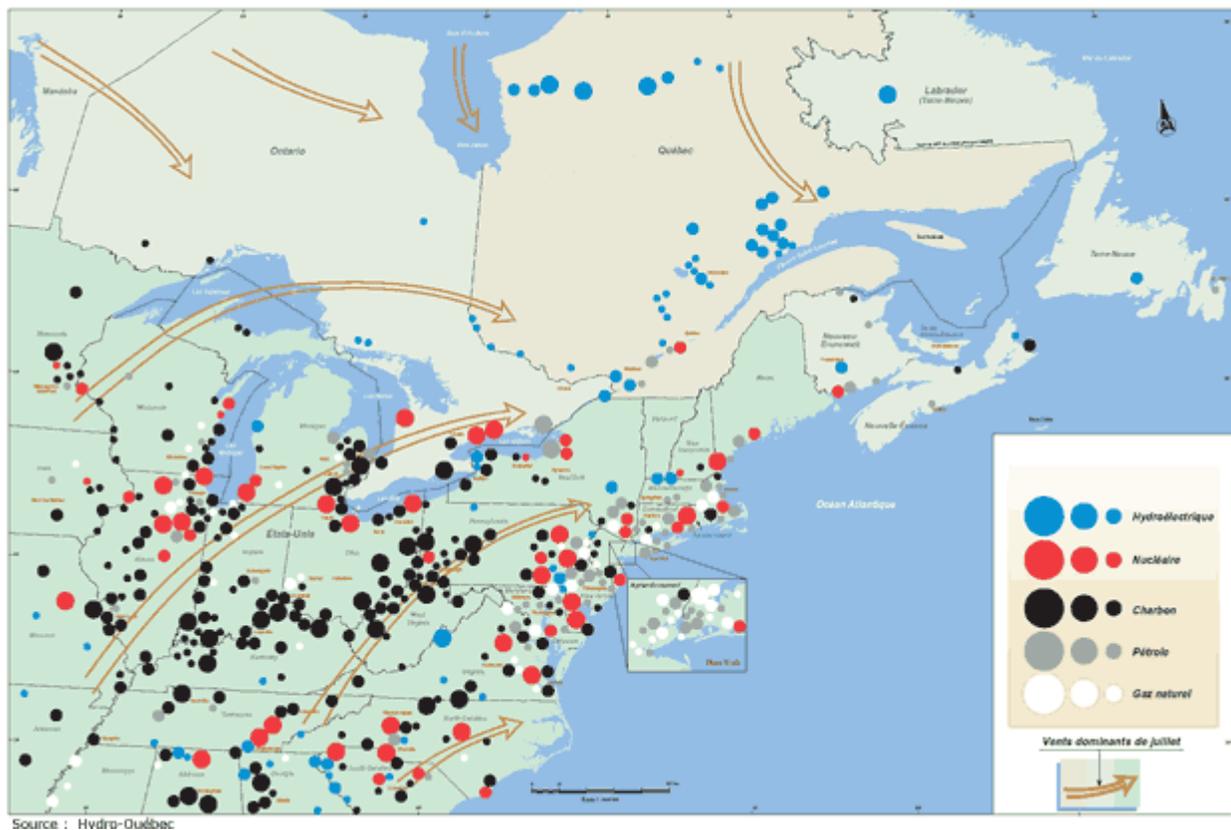
Activités humaines à l'origine des polluants acides

Les oxydes de soufre ont longtemps été la principale source d'acidité des lacs acides au Québec, et ce, dans une proportion deux fois plus grande que les oxydes d'azote. Les premiers sont principalement émis par des sources ponctuelles comme les centrales thermiques au charbon et les usines de métaux non ferreux alors que les deuxièmes sont issues des processus de combustion de carburants fossiles (transport et parc automobile). Les importantes baisses d'émissions d'oxydes de soufre observées depuis une quinzaine d'années font en sorte que les dépôts acides de sulfates sont maintenant presque équivalents à ceux des dépôts de nitrates.

Transport atmosphérique des polluants acides

Les principales sources d'oxydes de soufre proviennent de certains états américains du Midwest (Ohio, Pennsylvanie, Indiana et Kentucky), de l'Ontario et du Québec (Rouyn-Noranda) où sont concentrées les centrales thermiques au charbon, diverses industries métallurgiques et autres usines de production primaire. Les émissions d'oxydes d'azote se concentrent quant à elles dans les grands centres urbains où la densité de véhicules est élevée et où le recours à l'utilisation de carburants fossiles est le plus marqué. Les oxydes de soufre sont transportés sur de plus grandes distances que les oxydes d'azote du fait qu'ils sont émis à partir de hautes cheminées destinées à diluer la pollution et à minimiser les retombées polluantes dans le voisinage immédiat. Les oxydes d'azote sont plutôt émis à ras de sol par les véhicules motorisés. Dans les deux cas, ces polluants sont pris en charge par le déplacement des masses d'air qui suivent une trajectoire générale vers le nord-est du continent. Pour le sud-est canadien, la saison a des répercussions sur l'intensité des apports de polluants d'origine transfrontalière. Pour le Québec et l'Ontario, la qualité de l'air est plus mauvaise en été à cause du déplacement généralisé des masses d'air vers le nord-est alors qu'en hiver, ce sont des masses d'air polaire plus propres qui affectent ces régions.

Vents dominants et sources d'émissions polluantes dans le nord-est de l'Amérique du Nord



Influence des émissions atmosphériques du Québec et de l'Ontario

Les sources d'émissions polluantes américaines contribuent en moyenne à 60 % des retombées acides au Québec. Cette contribution est maximale sur le sud et l'est du Québec où elle peut atteindre 80 % par endroit. L'Ontario contribue à environ 15 % des apports acides au Québec. Sa contribution est maximale à la frontière de l'Ontario et du Québec et diminue rapidement vers l'est. Le Québec est quand à lui responsable d'environ 25 % de ses retombées acides. Cette contribution est maximale sur la région de Rouyn-Noranda et les grands centres urbains et diminue graduellement vers le sud et le nord-est. C'est à la confluence des apports atmosphériques venant des États-Unis, de l'Ontario et du Québec que les dépôts acides demeurent les plus élevés, c'est-à-dire dans le sud-ouest québécois.

Processus en cause dans l'acidification des lacs

Capacité de neutralisation des sédiments et de la roche en place

La capacité d'une eau de maintenir un pH donné dépend grandement des substances carbonatées présentes dans le sol et dans les roches du bassin versant. L'alcalinité est une mesure de cette capacité de neutralisation. Plus l'alcalinité de l'eau est élevée, meilleure est la protection contre l'acidification. Le principe est comparable à celui d'une piscine dans laquelle on veut maintenir un pH donné. Si le pH est trop bas, il faut augmenter l'alcalinité. Dans un lac, c'est le bassin qui fournit ce matériel. Plus la roche et le sol sont riches en carbonates, plus élevées seront l'alcalinité et la capacité de neutralisation de l'acidité.

Les gens confondent souvent capacité de neutralisation et pouvoir tampon. Ce dernier concept est souvent utilisé à tort pour décrire la sensibilité d'un lac à l'acidification. La capacité tampon décrit plutôt le mécanisme qui limite les fluctuations de pH. Par exemple, un fort pouvoir tampon signifie qu'il faut beaucoup d'acidité pour abaisser le pH d'un lac non acide. Par contre, lorsque le pH est plus petit que 6, un faible ajout d'acidité suffit pour abaisser rapidement le pH du lac. Un lac dont le pH se situe entre 5 et 6 a un faible pouvoir tampon.

Influence de facteurs amplifiant l'effet de l'acidification des eaux

Outre la présence d'acides organiques et de sulfures métalliques qui peuvent rendre une eau acide, il existe certains facteurs qui peuvent aggraver l'acidification d'un lac. C'est le cas des feux de forêts et des coupes forestières qui peuvent entraîner une baisse passagère de pH dans les eaux de surface. La fonte des neiges est également reconnue comme une période critique où peut survenir un choc acide passager. La pression partielle du gaz carbonique dans l'eau influence aussi grandement le pH dans les lacs riches en matière organique. Une forte pression de CO₂, en période de couvert de glace par exemple, peut abaisser le pH sans pour autant « acidifier » le lac à long terme.

Appauvrissement des sols en composés basiques

De récentes études effectuées par Environnement Canada ont montré que les sols se vident lentement de leurs cations basiques (calcium, magnésium et potassium). Ceci implique que les

sols ne parviennent plus à produire ces cations assez rapidement pour compenser la perte causée par l'acidification. Ce déficit entraîne un appauvrissement des sols forestiers et une augmentation de la sensibilité des eaux de surface à l'acidification. On reconnaît déjà que la perte de cations, évaluée à 2,5 % par année dans le sud du Québec, réduit la productivité forestière. Cette situation pourrait aussi amoindrir les bénéfices attendus des réductions d'émissions d'oxydes d'azote et de soufre vu l'augmentation croissante de la sensibilité des milieux aquatiques et forestiers.

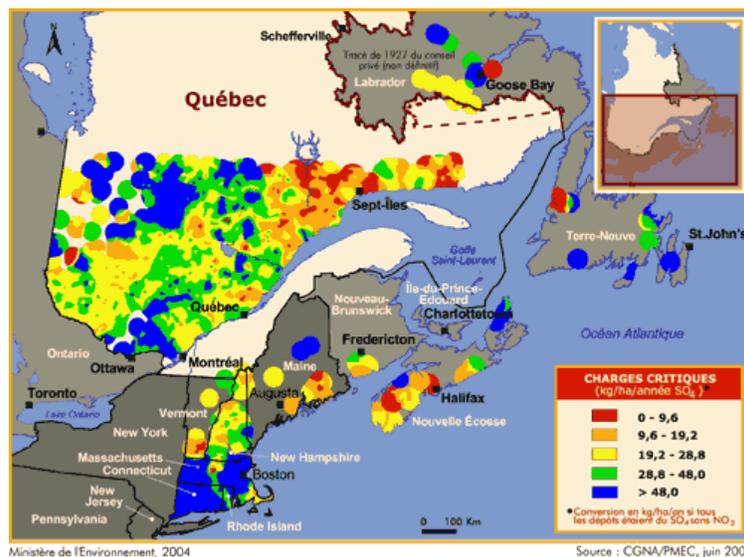
Rôle des composés azotés dans l'acidification – ses origines et ses effets

Bien que l'azote soit reconnu comme l'un des deux principaux polluants précurseurs de l'acidification, on a longtemps cru que les retombées de nitrates étaient bénéfiques pour la croissance des arbres de la forêt boréale et que ces apports acides étaient rapidement neutralisés par les sols forestiers. Cette hypothèse est maintenant remise en question. Les études récentes montrent qu'une partie des dépôts d'azote n'est pas « consommée » par les plantes et les micro-organismes. Cet azote excédentaire s'accumulerait graduellement dans le sol jusqu'à un point de rupture (saturation en azote) au-delà duquel les sols largueraient le trop plein d'azote sous forme de nitrates acides qui viendraient alors accentuer l'acidification des eaux de surface. Le réchauffement climatique accélérerait grandement ce phénomène. Une hausse de température favorise l'activité microbienne et les processus de minéralisation de la matière organique dans les couches supérieures du sol. Ce phénomène contribue à accélérer la libération de l'azote accumulé au cours des décennies dans les sols forestiers.

Les charges critiques et l'acidification des lacs

Chaque lac ou chaque écosystème possède un point de rupture au-delà duquel survient une dégradation ou une perte d'équilibre. Tant que les dépôts acides demeurent en dessous de ce seuil, le lac est en mesure de maintenir un pH adéquat et de supporter un écosystème en santé. Les problèmes commencent lorsque les dépôts acides excèdent ce point de rupture. Le pH du lac va diminuer et causer une série de dommages directs et indirects aux organismes aquatiques dont certains peuvent être irréversibles. Cette charge critique varie d'un lac à l'autre et d'une forêt à l'autre.

Répartition des charges critiques acides dans le nord-est de l'Amérique du Nord



La fonte des neiges et le choc acide printanier

Durant l'hiver, les polluants apportés par les précipitations s'accumulent dans le couvert de neige. La presque totalité de ces polluants est relâchée au tout début de la fonte des neiges. Ce choc acide contribue à abaisser le pH de l'eau de fonte jusqu'à des valeurs de 4 à 4,5 unités. L'eau acide se concentre ensuite le long des rives et à la surface des lacs. Ces bas pH contribuent à solubiliser l'aluminium et les autres métaux traces présents dans l'eau, lesquels sont hautement toxiques pour les organismes aquatiques et plus spécifiquement pour les poissons. Lorsque l'eau de fonte acide et riche en aluminium entre en contact avec l'eau moins acide du lac, on assiste à une précipitation de l'aluminium qui peut alors se déposer sur les branchies des poissons et entraîner des stress pathologiques. Le choc acide coïncide parfois avec la période de fraie chez certaines espèces de poissons d'intérêt sportif comme le doré ou le touladi. L'acidité des eaux peut alors fragiliser l'enveloppe des oeufs et provoquer un accroissement de la mortalité chez les alevins.



Source : Alex Gingras, © Le Québec en images, CCDMD

LES CONSÉQUENCES DE L'ACIDIFICATION DES LACS

Effets de l'acidification de l'eau sur le milieu biophysique

L'acidification des eaux de surface peut avoir des répercussions majeures sur les écosystèmes lacustres. La baisse de pH est l'un des principaux symptômes. Le pH des lacs acidifiés peut atteindre des valeurs aussi faibles que 4 à 4,5 unités. Il y a aussi les effets indirects comme la mise en solution de métaux traces comme l'aluminium, le cadmium, le mercure, le cuivre et de plusieurs autres substances métalliques. Ces produits sont souvent nocifs et mortels à faible dose pour les poissons et les autres organismes aquatiques. L'acidification entraîne un appauvrissement de l'écosystème en éliminant les espèces les plus intolérantes à l'acidité. Cette baisse de diversité biologique peut entraîner dans certains cas l'effondrement de la chaîne alimentaire. La baisse de pH favorise le remplacement des plantes aquatiques comme les macrophytes par des mousses aquatiques. Un des effets les plus remarquables de l'acidification est l'accroissement de la transparence de l'eau. Ce phénomène peut toutefois être suivi par l'apparition de proliférations d'algues gélatineuses très nauséabondes. En effet, la transparence de l'eau favorise une augmentation de la photosynthèse en raison d'une meilleure dispersion de la lumière dans l'eau.

Effets de l'acidification de l'eau sur la pêche sportive

Le principal impact de l'acidification des lacs sur les activités de pêche se résume par une baisse du nombre de captures par unité d'effort. Plus le lac est acide et moins la récolte de poissons est grande au point que seuls quelques rares poissons, surtout les plus vieux et les plus gros, réussissent à survivre, les plus jeunes et les plus vulnérables ayant été éliminés. Le potentiel de pêche sera épuisé complètement lorsque ces gros individus auront disparu. Dans certains lacs acides, les poissons pourraient être plus chétifs en raison de la rareté de nourriture découlant de l'appauvrissement de la chaîne alimentaire. Les lacs acides vides de poissons forcent alors les pêcheurs à accroître la pression de pêche sur les lacs environnants moins acides et à procéder parfois à une surexploitation des ressources dans les lacs non affectés par l'acidification. L'acidité d'un lac ne rend pas le poisson impropre à la consommation chez l'homme, sauf si le taux de mercure dépasse les critères de qualité pour la consommation (voir *Guide de consommation du poisson d'intérêt sportif*). L'acidification augmente plutôt la mortalité chez les jeunes poissons qui seront de moins en moins nombreux à atteindre le stade adulte.

Effets des principaux contaminants qui accompagnent l'acidification d'un plan d'eau

L'acidité comme telle est faiblement toxique pour les organismes aquatiques sauf qu'elle accélère la perte d'éléments nutritifs au niveau des branchies des poissons. Un bas pH est également très mauvais pour les organismes à carapace calcaire comme les moules d'eau douce et certains invertébrés. Un des rares bons côtés de l'acidification est la limitation de l'expansion de la moule zébrée qui supporte très mal les milieux acides. Les plus grands dommages causés aux organismes aquatiques sont surtout associés aux métaux en solution. L'aluminium est l'un des pires contaminants pour le poisson en raison des concentrations élevées rencontrées dans les lacs acides. L'aluminium biologiquement assimilable dans les eaux de surface est l'un des principaux facteurs responsables de la mortalité chez les poissons. Par contre, dans les lacs aux eaux colorées, les acides humiques assurent une certaine protection en abaissant la toxicité de l'aluminium. Le cuivre est un autre métal extrêmement toxique pour le poisson. Une très faible concentration (20 µg/l) suffit pour décimer une population de poissons. Le mercure est un autre de ces métaux toxiques. Ce métal a peu d'effet sur le poisson, mais contamine le prédateur qui s'en nourrit. Le mercure se concentre donc dans les prédateurs, et ce, des mammifères jusqu'à l'homme.

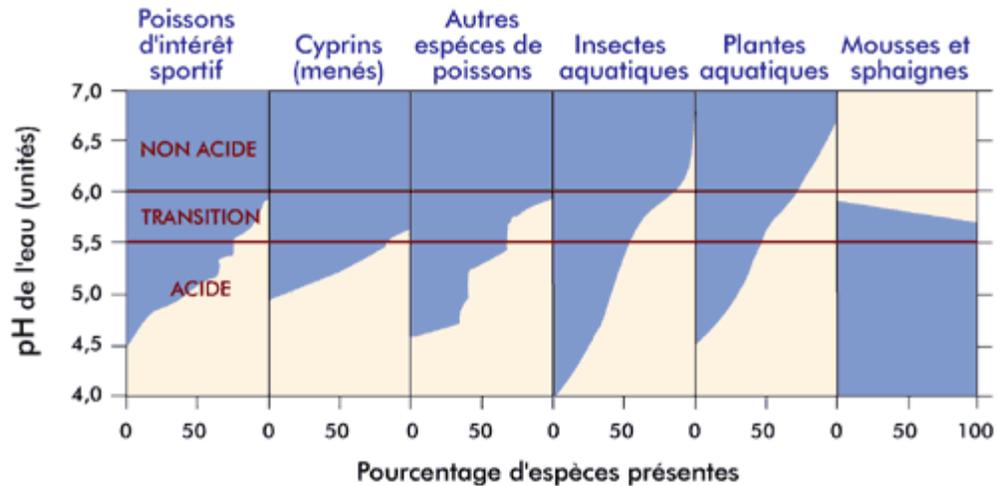
Un lac qui s'acidifie : une suite ininterrompue d'évènements

Un lac assure généralement l'intégrité de son écosystème tant que le pH se maintient entre 6 et 8,5 unités. Lorsque le pH passe de 6 à 5,5, les organismes aquatiques les plus intolérants à l'acidité disparaissent du milieu. C'est le cas des « menés » ou cyprins, de certaines plantes aquatiques comme les macrophytes et de certains invertébrés comme les moules et les écrevisses. Lorsqu'un pH atteint 5,5, 25 % des espèces de poissons ont disparu. Entre 5,5 et 5 unités, les dommages biologiques s'accroissent. Lorsque le pH atteint 5 unités, il ne reste plus que 25 % des espèces de poisson d'origine. Les plantes sont remplacées par des mousses et des sphaignes. Seules les espèces d'insectes les plus tolérantes résistent encore. Plusieurs espèces sportives comme le touladi et le doré jaune ont disparu. Même l'omble de fontaine ne

Un lac qui s'acidifie : une suite ininterrompue d'évènements (suite)

réussit plus à se reproduire. Lorsque le pH descend sous la barre des 5 unités, seuls les plus gros individus peuvent survivre et éventuellement disparaissent au terme de leur cycle de vie. La restauration biologique doit donc survenir avant leur éradication complète.

Effet du pH sur la diversité des espèces animales et végétales au Québec



Ministère de l'Environnement, 2004

Les pluies acides sont-elles dangereuses pour la santé humaine?

Les pluies acides ne sont pas dangereuses pour l'homme. Il est possible de se baigner dans un lac acide sans courir de risques. Les poissons pêchés dans de tels lacs sont également comestibles (lorsqu'on réussit à les pêcher, bien sûr !), sauf lorsque les teneurs en mercure sont trop élevées. Il n'est pas recommandé d'utiliser une eau acide comme eau d'alimentation en raison des métaux qu'elle pourrait contenir et du fait qu'une telle eau acide peut corroder les tuyauteries et dissoudre certains métaux indésirables comme le plomb. Quelques rares cas documentés en Scandinavie ont montré que l'usage d'eau acide chargée en métaux comme le cuivre pour l'alimentation en eau potable pouvait provoquer une coloration verdâtre de la chevelure chez les personnes blondes.

LES ACTIONS DU MILIEU

Programmes de contrôle des émissions de polluants acides

Les autorités internationales ont rapidement reconnu la nécessité de s'attaquer aux causes des précipitations acides plutôt que de traiter les symptômes par le chaulage. Ainsi, la communauté européenne, les États-Unis et le Canada ont mis en place des programmes de contrôle des émissions polluantes à partir du milieu des années 1980. Les provinces de l'Est du Canada ont ainsi réduit leurs émissions de SO₂ de plus de 50 % par rapport à 1980 et même de près de 70 % dans le cas du Québec et de l'Ontario. Les États-Unis ont convenu de réduire leurs émissions polluantes de 40 % d'ici 2010 par rapport à la même période de référence. Les réductions d'émissions d'oxydes d'azote ont toutefois été beaucoup plus faibles en Amérique du Nord. De nouvelles mesures de réduction sont toutefois attendues au cours des prochaines années pour lutter contre l'acidité des précipitations, le smog et les particules fines responsables de maladies respiratoires.

Le Québec de son côté met en oeuvre les recommandations des conventions internationales et nationales sur la pollution atmosphérique transfrontalière à longue distance du CEE-ONU. Il respecte ses engagements pris dans le cadre de l'Entente Canada-États-Unis sur la qualité de l'air, la Stratégie pancanadienne sur les émissions acidifiantes et celle sur les standards pancanadiens. La province est aussi signataire des plans d'action sur les pluies acides de la Conférence des gouverneurs de la Nouvelle-Angleterre et des provinces de l'Est du Canada. En termes pratiques, la réduction des émissions de SO₂ depuis 1980 a pu être réalisée par l'installation de systèmes d'épuration dans les usines polluantes, par le changement des installations en place par des technologies plus propres, par des programmes de conservation d'énergie et par l'installation de catalyseurs sur les véhicules automobiles. Les efforts futurs visant à poursuivre la réduction des polluants aéroportés passeront, à court terme, par la modernisation du Règlement sur la qualité de l'air (RQA), les programmes de sensibilisation pour diminuer le recours au chauffage au bois en hiver et l'élaboration d'une politique de l'air. À moyen terme, les actions devraient se traduire par des réductions d'émissions dans le secteur des transports, des infrastructures et de l'aménagement du territoire ainsi que par la renégociation de l'Entente sur la qualité de l'air avec les États-Unis afin d'y inclure une annexe sur les particules fines.

Initiatives gouvernementales pour lutter contre les précipitations acides

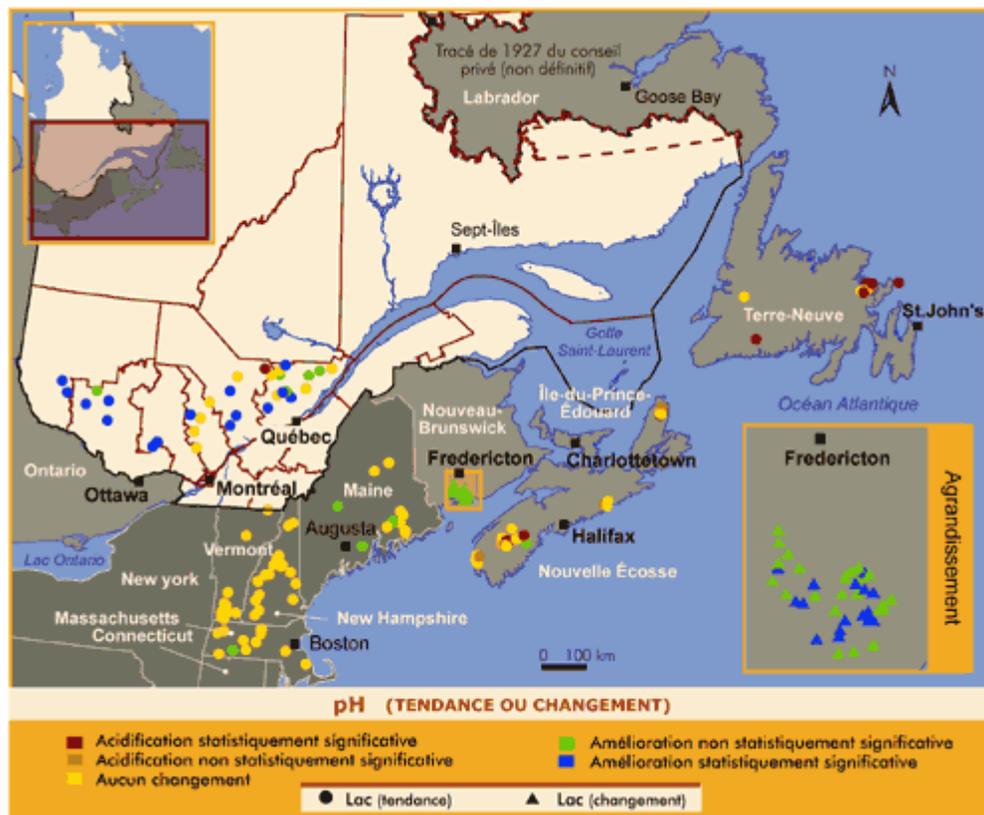
Outre les programmes de contrôle des émissions polluantes, le Québec et plusieurs de ses voisins sont très actifs sur les scènes politique et internationale pour obtenir des réductions additionnelles. On peut faire état des actions de la Conférence des gouverneurs de la Nouvelle-Angleterre et des provinces de l'Est du Canada qui travaillent dans ce sens en légiférant sur leur territoire ou en servant de levier pour inciter les paliers fédéraux à faire de même. L'Accord Canada-États-Unis sur la qualité de l'air sert aussi à baliser les actions communes des deux pays en termes de contrôle de l'acidité des précipitations et de la qualité de l'air. Finalement, la Stratégie canadienne sur les substances acidifiantes vise à réduire les émissions d'oxydes de soufre de manière à ce que le Canada se conforme aux objectifs des protocoles internationaux de 1994 sur le soufre et de 1988 sur les oxydes d'azote.

Gestes individuels pour diminuer les précipitations acides

La population peut appuyer les efforts de réduction d'émission en faisant pression sur leurs gouvernements pour que ces derniers interviennent sur les sources d'émissions polluantes. Les citoyens peuvent également faire leur part en réduisant leur consommation de carburant fossile en utilisant davantage le transport en commun, le vélo ou en achetant des véhicules moins énergivores qui polluent moins. Les citoyens sont fortement encouragés à éviter l'utilisation de véhicules utilitaires sport (VUS) qui demeurent les champions de la consommation d'essence et des émissions d'oxydes d'azote et de gaz à effet de serre.

Le réseau WARNING : un témoin des mesures de contrôle

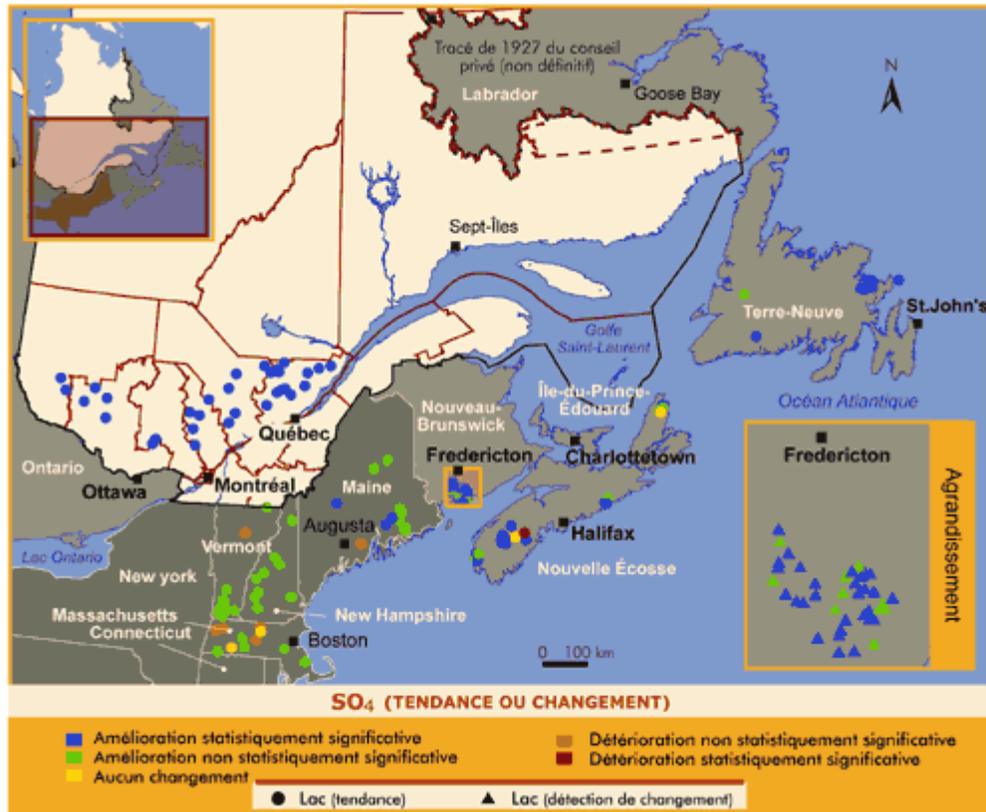
Le réseau de mesure WARNING, opéré dans le cadre de la Conférence des gouverneurs de la Nouvelle-Angleterre et des provinces de l'Est du Canada, montre que les mesures de contrôle des émissions commencent à avoir des effets bénéfiques sur l'acidité des lacs. Plusieurs plans d'eau acides de l'Ontario et du Québec ont vu leur pH augmenter depuis le début des années 1990. Cette hausse de pH s'est accompagnée d'une hausse des concentrations d'alcalinité : elle reflète une baisse de la sensibilité. De plus, les hausses de pH ont été accompagnées de baisses marquées des concentrations de sulfates et d'aluminium. Le premier est un indicateur utilisé pour mesurer l'apport acide et le deuxième, un indicateur du potentiel de toxicité.



Ministère de l'Environnement, 2004

Source : CGNA/PMEC, juin 2002

Le réseau WARNING : un témoin des mesures de contrôle (suite)



Ministère de l'Environnement, 2004

Source : CGNA/PMEC, juin 2002

Le chaulage comme méthode de restauration

Le chaulage est utilisé de manière courante en Suède pour accroître le pH des lacs acides. Cette technique de restauration a été testée un peu partout dans le monde et même au Québec. Les effets bénéfiques sont assez faibles pour les organismes aquatiques et l'efficacité demeure relative puisqu'il faut recommencer le chaulage après un certain nombre d'années. De plus, cette approche de restauration ne s'applique pas à tous les lacs. Le chaulage est déconseillé pour les lacs aux eaux brunes, pour ceux dont l'eau se renouvelle rapidement ou encore pour ceux qui ne comportent pas de voies d'accès pour les camions. Le coût de l'opération est de plus assez élevé. Cette technique de restauration ne peut donc être envisagée à l'échelle du Québec. Elle peut toutefois être considérée par certaines collectivités de riverains qui désirent maintenir un pH convenable dans leur lac en attendant les bénéfices finaux attribuables aux réductions d'émissions.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

CCME, 1998. *Stratégie pancanadienne sur les émissions acidifiantes après l'an 2000 : Stratégie et document de référence, 19 octobre 1998*, Conseil Fédéral/Provincial/Territorial des ministres de l'Énergie et de l'Environnement, Halifax, Nouvelle-Écosse, 13 p.

COWLING, E. B., 1982. Acid precipitation in historical perspective, *Environmental Science & Technology*, vol. 16, n° 2, p. 110A-123A.

DUPONT, J., T. A. CLAIR, S. COUTURE, R. ESTABROOK, C. GAGNON, J. P. GODFREY, D. S. JEFFRIES, S. KAHL, S. NELSON, J. PECKENHAM, W. PILGRIM, P. STACEY, D. TAYLOR et A. VAN ARSDALE, 2002. *Réseau WARNING – Changements relatifs à la qualité de l'eau en Nouvelle-Angleterre et dans l'Est du Canada*, Groupe de travail sur le monitoring aquatique, Conférence des gouverneurs de la Nouvelle-Angleterre et des premiers ministres de l'Est du Canada, 8 p.

DUPONT, J., S. KAHL, S. NELSON, J. PECKENHAM, C. GAGNON, J. CHOATE, T. A. CLAIR, D. S. JEFFRIES et D. TAYLOR, 2002. *Charges critiques d'acidité et sensibilité de l'eau dans les états de la Nouvelle-Angleterre et les provinces de l'Est du Canada*, Groupe de travail sur le monitoring aquatique, Conférence des gouverneurs de la Nouvelle-Angleterre et des premiers ministres de l'Est du Canada, 8 p.

DUPONT, J., 1993. *Bilan de l'acidité des lacs du Québec méridional*, Québec, ministère de l'Environnement du Québec, Direction de la qualité des cours d'eau, Envirodoq n° EN930031, rapport QEN/PA-47/1, 77 p. et 5 ann.

USGOA, 2000. *Acid Rain – Emissions Trends and Effects in the Eastern United States*, Report to Congressional Requesters, United States General Accounting Office (USGOA), rapport n° GAO/RCED-00-47, 33 p.

JEFFRIES, D. S., 1997. *1997 Canadian Acid Rain Assessment – The Effects on Canada's Lakes, Rivers, and Wetlands – Volume 3*, Ontario, Environment Canada, 7 sections.

JEFFRIES, D. S., T. CLAIR, S. COUTURE, P. DILLON, J. DUPONT, W. KELLER, D. K. MCNICOL, M. A. TURNER, R. VET et R. WEEBER, 2003. Assessing the recovery of lakes in Southeastern Canada from the effects of acidic deposition, *Ambio*, vol. 32, n° 3, p. 176-182.

LACHANCE, M. et B. BOBÉE, 1978. *Étude de la variabilité du pH des précipitations autour de Rouyn-Noranda*, INRS-Eau, rapport scientifique n° 95, 74 p.

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT, 12 janvier 2004. « *L'acidité des eaux au Québec (1999)* », dans le site ministère de l'Environnement du gouvernement du Québec, [En ligne]. http://www.menv.gouv.qc.ca/air/pre_acid/brochure/index.htm (page consultée le 16 février 2004).

SHILTS, W. W., K. D. CARD, W. H. POOLE et B. V. SANDFORD, 1981. *Sensibilité de la roche en place aux précipitations acides et modifications dues aux phénomènes glaciaires*, Commission géologique du Canada, étude 81-14, 7 p. et 3 cartes.

VAN SICKLE, J., J. P. BAKER, H. A. SIMONIN, B. P. BALDIGO, W. A. KRETZER et W. E. SHARPE, 1996. Episodic acidification of small streams in the northeastern United States: Fish mortalities in field bioassays, *Ecological Applications*, vol. 6, p. 408-421.