



ÉTAT DU LAC WINNIPEG :

de 1999 à
2007

FAITS SAILLANTS



État du lac Winnipeg : de 1999 à 2007 – Faits saillants

Publ. aussi en anglais sous le titre :
State of Lake Winnipeg: 1999 to 2007 Highlights

N° de cat. : En4-149/2011F-PDF
ISBN : 978-1-100-97527-6

Le contenu de cette publication ou de ce produit peut être reproduit en tout ou en partie, et par quelque moyen que ce soit, sous réserve que la reproduction soit effectuée uniquement à des fins personnelles ou publiques mais non commerciales, sans frais ni autre permission, à moins d'avis contraire.

On demande seulement :

- de faire preuve de diligence raisonnable en assurant l'exactitude du matériel reproduit;
- d'indiquer le titre complet du matériel reproduit et l'organisation qui en est l'auteur;
- d'indiquer que la reproduction est une copie d'un document officiel publié par le gouvernement du Canada et que la reproduction n'a pas été faite en association avec le gouvernement du Canada ni avec l'appui de celui-ci.

La reproduction et la distribution à des fins commerciales est interdite, sauf avec la permission écrite de l'administrateur des droits d'auteur de la Couronne du gouvernement du Canada, Travaux publics et Services gouvernementaux (TPSGC). Pour de plus amples renseignements, veuillez communiquer avec TPSGC au 613-996-6886 ou à droitdauteur.copyright@tpsgc-pwgsc.gc.ca.

Photos couverture : © Gestion des ressources hydriques Manitoba, et docteur Lyle Lockhart

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2011

Also available in English

État du lac Winnipeg : de 1999 à 2007 – Faits saillants

Contents

INTRODUCTION	1
Bassin hydrologique du lac Winnipeg	1
Lac Winnipeg	2
CONDITIONS CLIMATIQUES	3
HYDROLOGIE	3
QUALITÉ DE L'EAU	4
Température de l'eau et oxygène dissous	4
Solides en suspension	6
Nutriments	7
BIOLOGIE	9
Phytoplancton	9
Invertébrés	10
Poissons	11
QUESTIONS ACTUELLES ET NOUVEAUX ENJEUX	12
Prolifération d'algues et toxines	12
Plages	12
Espèces aquatiques envahissantes	13
Changement climatique	13
CONCLUSION	14
GLOSSAIRE	15

État du lac Winnipeg : de 1999 à 2007 est la première compilation inédite de données physiques, chimiques et biologiques sur le lac Winnipeg, qui n'aurait pas été possible sans le travail acharné et les efforts de coordination de Lucie Lévesque (Environnement Canada) et d'Elaine Page (Gestion des ressources hydriques Manitoba).

Comité directeur du rapport

Lucie Lévesque, Environnement Canada (chef de projet)

Elaine Page, Gestion des ressources hydriques Manitoba (chef de projet)

Nicole Armstrong, Gestion des ressources hydriques Manitoba

Malcolm Conly, Environnement Canada

John Lawrence, Environnement Canada

Dwight Williamson, Gestion des ressources hydriques Manitoba

Cartes

Emily Ritson-Bennett, Environnement Canada

Organismes collaborateurs

Pêches et Océans Canada

Canards Illimités Canada

Environnement Canada

Institut international du développement durable

Gestion des ressources hydriques Manitoba

Parcs Canada

Université du Manitoba

Université de Regina

Algal Taxonomy and Ecology Inc.

AlgalTox International

Université de la Saskatchewan

Queen's University

Science Museum of Minnesota

PhycoTech Inc.

INTRODUCTION

La qualité de l'eau du lac Winnipeg s'est détériorée au fil du temps en raison de la prolifération d'algues plus fréquente et plus intense dans le lac au cours des dernières années. L'une des principales causes de cette prolifération est la charge accrue de nutriments (phosphore et azote) en provenance du bassin hydrologique du lac Winnipeg. Même si des données scientifiques sur le lac ont été compilées au cours des années, la plupart des travaux de surveillance intensive ont été entrepris depuis 1999. Des programmes de recherche et de surveillance fédéraux, provinciaux, conjoints, indépendants et intensifs ont permis de mieux comprendre la structure et la fonction du lac Winnipeg. Ils ont également fait la lumière sur les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques du lac ainsi que sur les sources, le transport et le sort des nutriments dans le lac. Jusqu'à présent, personne n'a essayé systématiquement de condenser ces données pour que l'on ait une meilleure idée de l'état actuel du lac. Afin de remédier à cette lacune, Environnement Canada et Gestion des ressources hydriques Manitoba, ainsi que de nombreux autres intervenants qui effectuent des travaux de recherche et de surveillance sur le lac, ont collaboré pour produire un rapport sur l'*État du lac* qui résume les données scientifiques dont nous disposons actuellement sur le lac, en se concentrant sur la période de 1999 à 2007. Publié à la fois sous forme de faits saillants et de document technique approfondi, le rapport est conçu pour servir de base aux prochaines évaluations et il présente des renseignements clés qui contribueront à l'établissement d'indicateurs de performance et d'objectifs écologiques en matière de nutriments pour le lac Winnipeg.

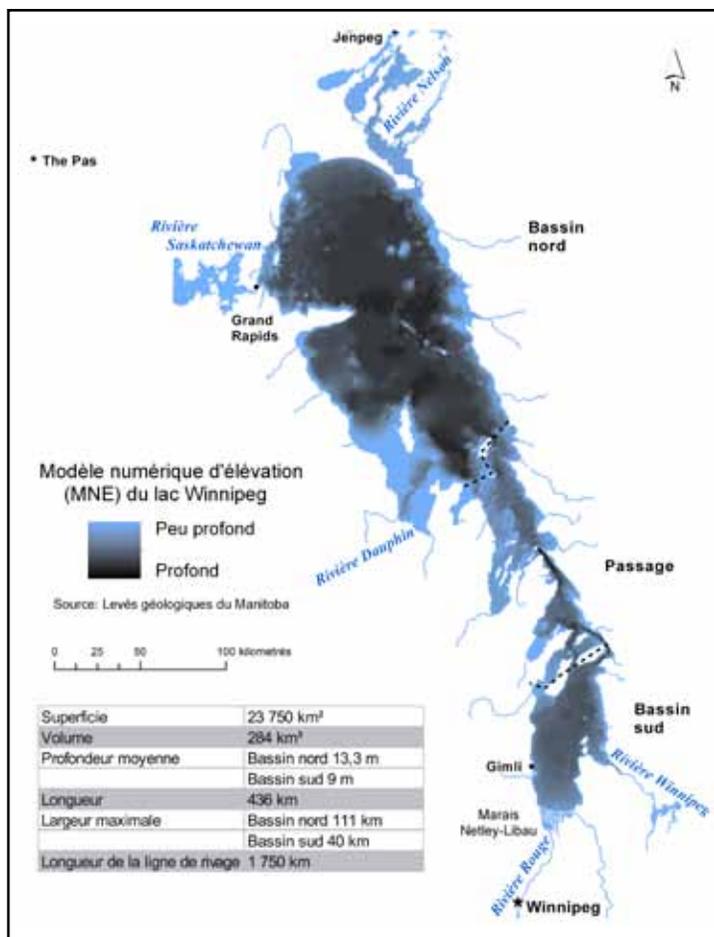
Bassin hydrologique du lac Winnipeg

Le bassin du lac Winnipeg s'étend des Montagnes Rocheuses jusqu'à quelques kilomètres du lac Supérieur et de l'extrémité nord du lac jusqu'au Dakota du Sud. Il est le deuxième parmi les plus grands du Canada et il s'étale sur environ un million de kilomètres carrés, dont quatre provinces canadiennes et quatre états américains. Sur les quelque sept millions d'habitants qui vivent dans le bassin, près de 80 % résident dans de grandes villes comme Calgary, Edmonton, Saskatoon, Regina, Winnipeg et Fargo. Le bassin est essentiellement composé de terres agricoles, ce qui a des répercussions sur la quantité et la qualité de l'eau dans le lac. Sa partie occidentale est surtout occupée par des terres cultivées alors que le côté est du lac est dominé par des zones de forêt dans la région du bouclier boréal.



Bassin hydrologique du lac Winnipeg

Les trois grandes rivières qui alimentent le lac Winnipeg sont la Saskatchewan, la Rouge (y compris l'Assiniboine) et la Winnipeg. Sur le plan hydrologique, le bassin est fortement régulé par de nombreux barrages et ouvrages de dérivation qui modifient l'écoulement naturel des rivières qui se jettent dans le lac Winnipeg. Selon les travaux de recherche, les nombreux lacs et réservoirs situés en amont du lac séquestrent les nutriments et freinent leur déplacement vers l'aval. La quantité, la diversité géographique et la nature intergouvernementale et internationale des eaux du bassin soulèvent des difficultés inédites pour la gestion des ressources hydriques, notamment pour ce qui est des mesures visant à diminuer la charge de nutriments présente dans le lac Winnipeg.



Caractéristiques principales et bathymétrie du lac Winnipeg

Lac Winnipeg

D'une superficie de 23 750 kilomètres carrés, le lac Winnipeg arrive en dixième position parmi les lacs d'eau douce les plus grands au monde et en sixième position au Canada. Il est composé d'un bassin nord grand et profond et d'un bassin sud plus petit et moins profond. Il est peu profond par rapport à d'autres grands lacs, sa profondeur moyenne atteignant 9 m dans le bassin sud et 13,3 m dans le bassin nord. Les deux bassins sont séparés par un passage où les eaux du bassin sud remontent vers le nord. Ils diffèrent non seulement en taille et en profondeur mais aussi par la qualité de l'eau et par leurs caractéristiques biologiques. Le fleuve Nelson River constitue la seule décharge du lac et s'écoule vers le nord jusqu'à la Baie d'Hudson. Depuis 1976, le débit du lac est régulé pour générer de l'hydroélectricité et c'est pour cela que le lac Winnipeg arrive en troisième position parmi les plus grands réservoirs hydroélectriques au monde. Sur les plans socioéconomique et culturel, le lac est très important puisqu'il fait vivre de nombreuses collectivités riveraines et soutient diverses industries notamment la pêche, les loisirs et l'hydroélectricité, qui sont essentiels à l'économie de la province.

CONDITIONS CLIMATIQUES

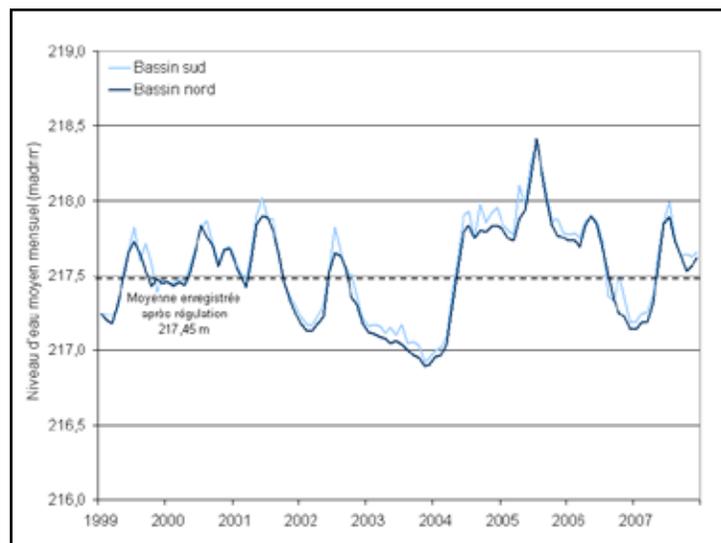
Étant donné que le lac Winnipeg s'étend sur environ 436 kilomètres depuis son extrémité sud près du marais Netley-Libau jusque vers le grand Nord, les conditions climatiques varient considérablement dans les bassins nord et sud. Le climat qui caractérise le bassin hydrologique du lac Winnipeg est un climat continental froid accompagné partout de conditions arides, en particulier pendant la saison chaude, dans les prairies et les plaines situées à l'ouest et au sud du lac.

Au-dessus du lac, la température de l'air varie du nord au sud. Pendant la période de 1999 à 2007, la température moyenne de l'air était de 0,8°C à The Pas dans le nord, soit près de deux degrés inférieure à celle de Gimli (2,5°C), situé près de la pointe sud du lac Winnipeg. Au cours des neuf années, 2006 a été l'année la plus chaude (The Pas 2,0°C, Gimli 3,7°C) et 2004 la plus froide (The Pas -0,8°C, Gimli 0,9°C). Des températures de l'air supérieures ou inférieures à la normale ont des répercussions sur le lac. Par exemple, les années où les températures sont plus élevées que la normale, les pertes en eau du lac et la durée de la saison des eaux libres sont susceptibles d'augmenter, tout comme les taux de productivité biologique (y compris la prolifération d'algues).

Les précipitations moyennes annuelles enregistrées dans le bassin hydrologique du lac Winnipeg se situent le plus souvent entre 400 et 600 mm, mais elles peuvent n'atteindre que 200 mm dans certaines zones. La plupart des années de la période de 1999 à 2007, les précipitations enregistrées à proximité immédiate du lac Winnipeg ont été égales ou inférieures au niveau normal de 488 mm. L'année 2006 a été la plus sèche (275 mm) et l'année 2004 la plus humide (576 mm), cette dernière étant survenue après une forte sécheresse persistante qui a touché la plus grande partie du bassin hydrologique en 2002 et 2003. Les précipitations totales représentent les quantités de pluie tombées entre mai et septembre. Les chutes de neige, qui représentent entre 15 et 20 % environ des précipitations totales enregistrées dans le bassin sud et jusqu'à deux fois ce pourcentage dans le bassin nord, contribuent au transport des sédiments et des nutriments pendant la fonte printanière des rivières en amont du lac Winnipeg.

HYDROLOGIE

L'eau du lac Winnipeg provient essentiellement de l'écoulement des rivières. Parmi les principaux affluents, la rivière Winnipeg fournit près de la moitié du débit entrant total du lac, suivie de la rivière Saskatchewan (25 %), de la rivière Rouge (16 %),



Niveaux d'eau mensuels moyens du lac Winnipeg de 1999 à 2007

Source : Relevés hydrologiques du Canada, G. McCullough

des débits non mesurés (6 %) et de la rivière Dauphin (4 %). Par rapport aux données de 1964 à 2005, les rivières Winnipeg et Rouge ont proportionnellement contribué davantage au débit entrant total du lac Winnipeg au cours des dernières années qu'au cours des décennies précédentes (rivière Winnipeg 45 %, rivière Rouge 11 %). L'eau des affluents qui se déverse dans le lac Winnipeg contribue grandement à l'équilibre hydrique du lac, les précipitations y contribuant également. Les pertes en eau proviennent essentiellement de l'écoulement en direction du fleuve Nelson, bien que l'évaporation joue également un rôle. De 1999 à 2007, l'évacuation mensuelle moyenne de l'eau des affluents dans le lac Winnipeg a été la plus forte en 2005 (6 854 m³/s) après une période de fortes pluies et l'évacuation la plus faible a été enregistrée en 2003 (537 m³/s) après une période de précipitations inférieures à la normale et une période de sécheresse dans le bassin hydrologique.

Les niveaux d'eau du lac Winnipeg sont régulés pour la production d'hydroélectricité depuis 1976. Depuis la construction des ouvrages de régulation, les niveaux d'eau moyens n'ont pas changé mais les niveaux naturels supérieurs et inférieurs ont été altérés. Avant la construction de ces ouvrages, le débit sortant était habituellement le plus fort au printemps et au début de l'été, et le plus faible en hiver. Or, depuis la construction, les tendances saisonnières peuvent être inversées, le débit sortant le plus fort se produisant généralement en automne et en hiver pendant les périodes de consommation maximale d'énergie hydroélectrique. Cependant, entre 1999 et 2007, de nombreuses années humides ont été caractérisées par d'importants afflux dans le lac Winnipeg qui ont occasionné un débit sortant saisonnier plus naturel. Les niveaux d'eau varient également en fonction de la « dénivellation due au vent » ou des « ondes de tempête ». Comme les débits des affluents enregistrés entre 1999 et 2007, les niveaux de l'eau du lac ont été les plus élevés en 2005 et les moins élevés en 2003, tout comme les temps de séjour de l'eau. Les temps de séjour de l'eau ont des répercussions sur la rétention et la libération des nutriments et des contaminants dans le lac et, de 1999 à 2007, ils ont atteint en moyenne 4,3 ans pour l'ensemble du lac, 1,3 an pour le bassin sud et 3,5 ans pour le bassin nord.

Dans le lac Winnipeg, l'eau finit par s'écouler du sud vers le nord, ce qui influe partiellement sur la distribution de l'eau et des nutriments dans le lac. La modélisation hydrodynamique de la circulation de l'eau du lac a indiqué que l'eau s'écoulait généralement vers le nord ou le nord-est dans le bassin nord, puis vers le nord en traversant la zone du passage. Dans le bassin sud, la circulation de l'eau était plus complexe, l'eau s'écoulant vers le sud sur le côté ouest du lac et vers le nord sur le côté est.

QUALITÉ DE L'EAU

Température de l'eau et oxygène dissous

La température de l'eau influe sur la quantité d'énergie disponible pour la productivité biologique et les processus chimiques dans les lacs, y compris la quantité d'oxygène dissous qui protège la vie aquatique. Les températures de l'eau sont généralement plus élevées dans le bassin sud qui est plus petit et peu profond, et moins élevées dans le grand bassin nord plus profond. Dans le bassin nord, l'eau prend plus de temps à se réchauffer au printemps que celle du bassin sud à cause de son volume. La saison des eaux

libres, pendant laquelle les eaux se réchauffent et la lumière augmente, ce qui accroît la productivité biologique, dure environ 180 jours dans le bassin sud et 14 jours de moins dans le bassin nord. Le changement climatique est susceptible de modifier les températures de l'eau et les caractéristiques connexes du lac.

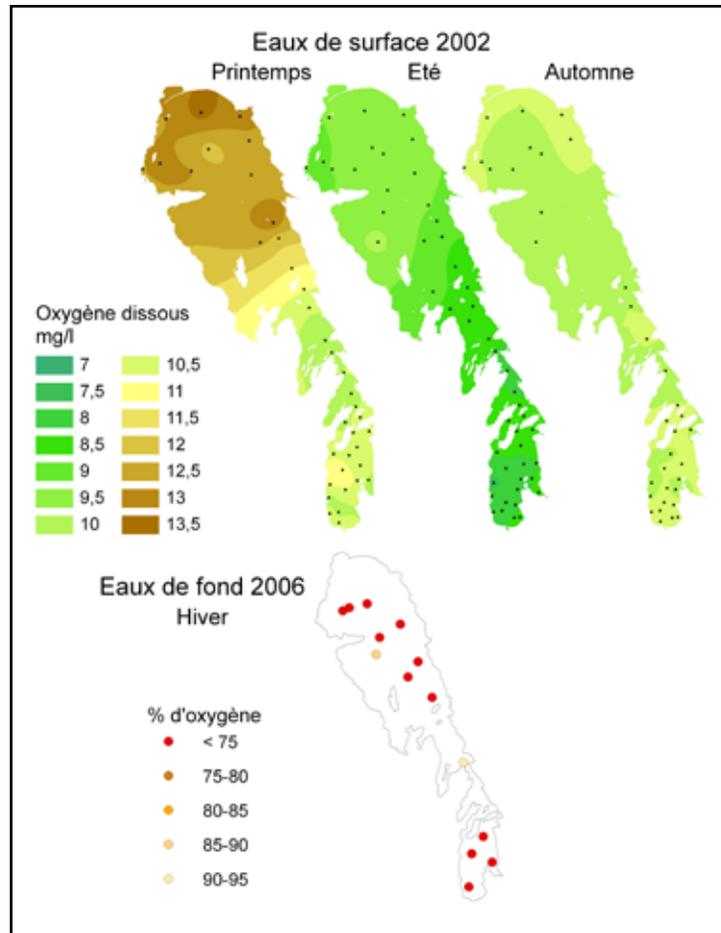
Entre 1999 et 2007, les températures typiques de l'eau du bassin sud en été étaient de 2,0 à 3,0°C plus élevées que celles du bassin nord. Les températures les moins élevées ont été enregistrées en 2004 (17,1°C) et les plus élevées en 2007 (22,9°C). La modélisation informatique des températures de l'air indique qu'entre 1999 et 2007, les températures moyennes mensuelles de l'eau n'ont pas été particulièrement plus froides ni plus chaudes que pendant n'importe

quelle décennie, et cela depuis la moitié du XX^e siècle. Il est intéressant de noter que la colonne d'eau du lac Winnipeg

est généralement bien brassée, les températures des eaux de fond variant de 1,0 à 2,0°C par rapport à celles des eaux de surface. Cela a des effets sur les quantités d'oxygène dissous et donc sur la santé du lac.

Dans les lacs, l'oxygène dissous, qui est essentiel à la vie aquatique, provient de l'atmosphère et de la productivité du phytoplancton, et sa consommation est due à l'activité biologique et à la décomposition. De plus, les concentrations d'oxygène dissous sont étroitement liées à la température de l'eau. Selon de récentes observations dans le lac Winnipeg, il se peut que les concentrations d'oxygène dissous varient de façon complexe dans l'espace et dans le temps, et notamment qu'il y ait épuisement de l'oxygène dans l'eau.

Entre 1999 et 2007, les concentrations d'oxygène dissous dans les eaux de surface du lac Winnipeg étaient légèrement inférieures dans le bassin sud par rapport au bassin nord, et elles variaient très peu entre les eaux de surface et les eaux de fond. Environ 2 % des quantités d'oxygène dissous enregistrées dans les eaux de surface des deux bassins étaient inférieures à l'objectif du Manitoba en matière de qualité d'eau, pour ce qui est de la protection de la vie aquatique (5 mg/l), et jusqu'à 6 % étaient inférieures à l'objectif dans les eaux de fond du bassin nord, ce qui risque d'avoir des effets négatifs sur la biote aquatique.



Concentrations saisonnières d'oxygène dissous dans les eaux de surface (2002) et de fond (2006) du lac Winnipeg

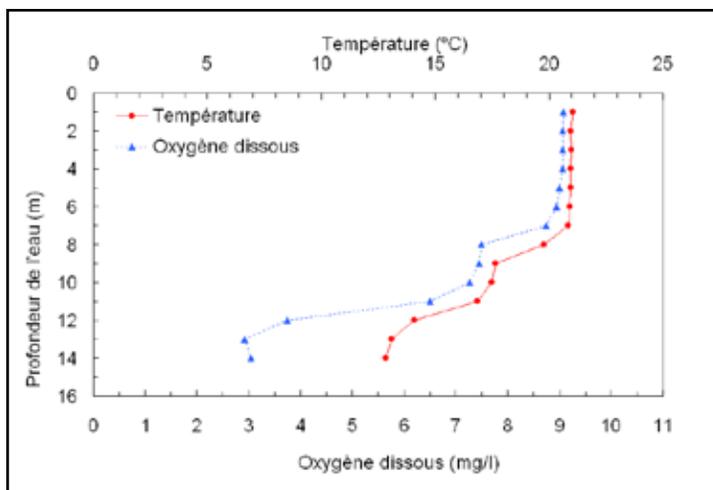
Source : Environnement Canada

Même si l'on estime que les eaux du lac Winnipeg sont bien brassées, on a de temps en temps observé la stratification verticale de l'eau dans le bassin nord. La diminution des températures de l'eau au fond du lac peut entraîner une insuffisance d'oxygène dissous, ce qui peut menacer la survie de la biote et accélérer la libération de nutriments à partir des sédiments dans le lac. En été 2003, 2005 et 2007, on a enregistré de faibles concentrations d'oxygène dissous dans les eaux de fond ainsi qu'une stratification de la température, ou thermocline; on a également

observé cela sous la glace en hiver 2006. Il est probable que la thermocline ait diminué en raison des vents forts en été qui ont mélangé la colonne d'eau. On ne connaît pas l'étendue dans l'espace ni la longévité des zones à faible teneur en oxygène dans le lac Winnipeg mais elles font l'objet de recherches approfondies.

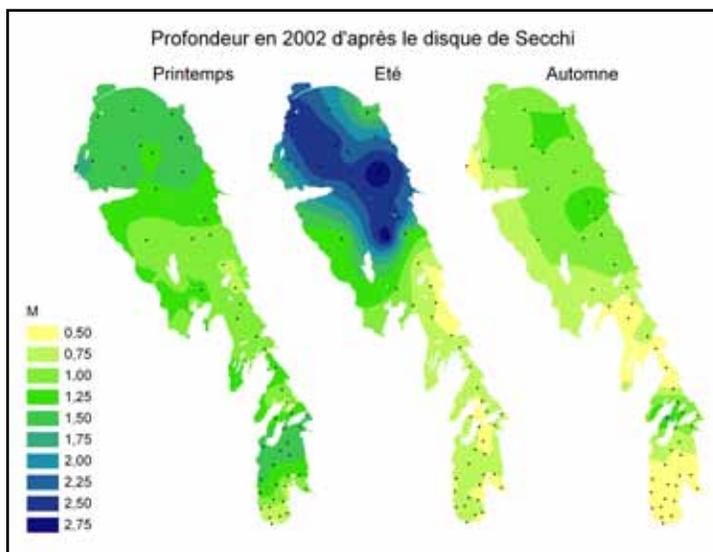
Solides en suspension

Les solides en suspension sont des matières minérales et organiques provenant à la fois du lac et de ses affluents, du fait de l'érosion, de l'activité biologique dans l'eau, de la remise en suspension des matériaux au fond du lac et, à un moindre degré, des dépôts atmosphériques. Les éléments minéraux des solides en suspension incluent peut-être des nutriments adsorbés; quant aux éléments biologiques, ils sont essentiellement composés de nutriments. En conséquence, le dépôt et la remise en suspension des particules peuvent avoir une incidence sur le stockage et la quantité de nutriments dans le lac. En plus de leurs effets sur les nutriments dans les lacs, les solides en suspension empêchent pour une grande part la traversée de la lumière dans la colonne d'eau, ce qui freine la productivité biologique et influe sur la diversité et la quantité de biote dans le lac. Par exemple, les cyanobactéries, qui forment souvent



Stratification de la température de l'eau et de l'oxygène dissous dans le bassin nord, en été 2007

Source : Gestion des ressources hydriques du Manitoba



Profondeur saisonnière de disparition du disque de Secchi dans le lac Winnipeg en 2002

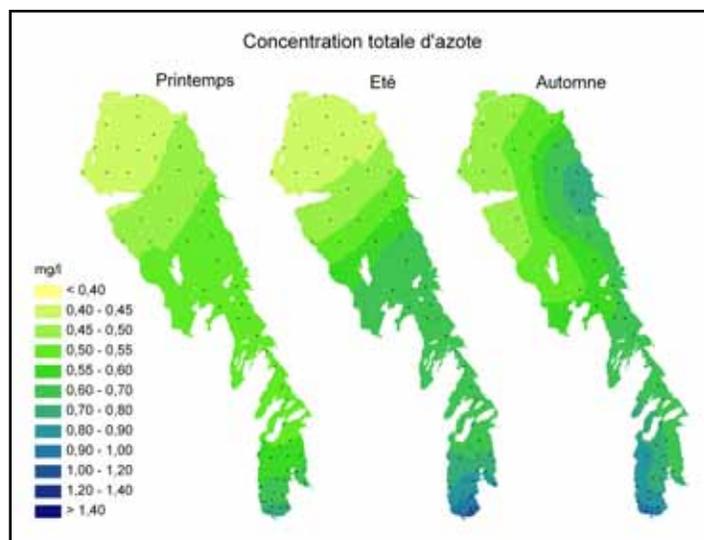
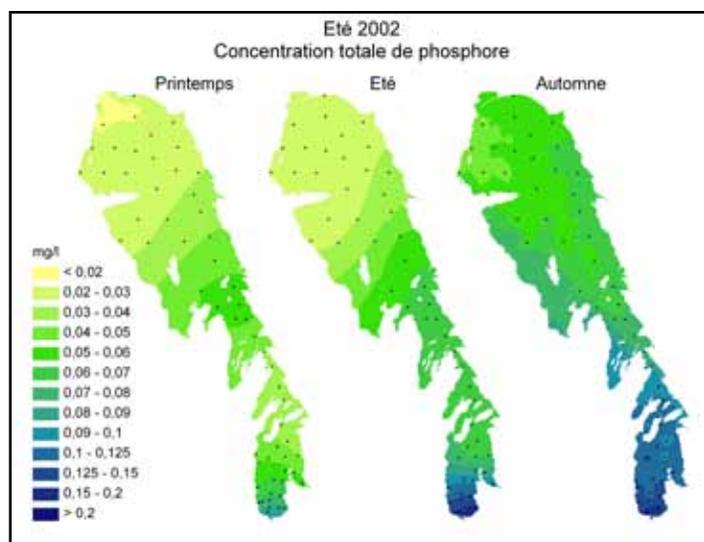
Source : Gestion des ressources hydriques du Manitoba

une grande partie de la biomasse algale du lac Winnipeg, se développent dans des eaux riches en solides en suspension.

Dans le bassin nord du lac Winnipeg, les concentrations de solides en suspension étaient généralement deux à trois fois inférieures à celles du bassin sud, de 1999 à 2007, atteignant en moyenne 5,2 mg/l dans le bassin nord et 11,8 mg/l dans le bassin sud. La lumière pénétrait plus profondément dans les eaux plus claires du bassin nord, vaste et profond. D'après le disque de Secchi, la profondeur du bassin nord dépassait en moyenne de 0,8 m celle du bassin sud. Dans le bassin nord, l'accroissement des concentrations totales de solides en suspension à la fin de la saison des eaux libres résulte généralement de la croissance du phytoplancton au cours de l'été. Les concentrations plus élevées de sédiments dans le bassin sud peuvent s'expliquer par la grande quantité de sédiments provenant de la rivière Rouge et par le fait que, dans des eaux moins profondes, les sédiments en profondeur sont plus susceptibles d'être remis en suspension sous l'action du vent. Jugée significative dans les eaux peu profondes du lac Winnipeg, la remise en suspension des sédiments causée par le vent a des répercussions sur la productivité biologique ainsi que sur la remontée des nutriments dans la colonne d'eau.

Nutriments

Le phosphore et l'azote sont les deux principaux nutriments essentiels à la croissance végétale et ils sont naturellement présents dans le sol, la roche et la végétation. Une charge accélérée de phosphore et d'azote provenant de sources anthropiques peut entraîner la prolifération nuisible d'algues et c'est l'un des plus gros problèmes que doivent affronter de nombreux pays dans le monde. Les données historiques indiquent des dépôts plus élevés de phosphore et d'azote dans le lac Winnipeg, dans la seconde moitié du XXe siècle, en raison d'apports anthropiques. De récentes études sur le lac ont révélé qu'à la fin des années 1990 et 2000, les concentrations de phosphore dans les



Concentrations totales saisonnières de phosphore et d'azote dans le lac Winnipeg en 2002

Source : Pêches et Océans Canada

sédiments du fond du lac étaient élevées et qu'une partie de ces nutriments contribue à l'activité biologique, notamment à la prolifération d'algues.

De récents travaux de surveillance de la qualité de l'eau ont indiqué que le lac Winnipeg est généralement qualifié de lac eutrophique ou hypereutrophique, ce qui signifie qu'il est considérablement enrichi de nutriments végétaux. De 1999 à 2007, la concentration totale moyenne de phosphore dans le lac Winnipeg était presque trois fois supérieure dans le bassin sud et dans le passage (0,113 mg/l) par rapport au bassin nord (0,044 mg/l). La concentration totale d'azote était aussi plus élevée dans le bassin sud (0,869 mg/l) que dans le bassin nord (0,653 mg/l). Les concentrations plus élevées de nutriments étaient présentes à l'extrémité sud du lac et diminuaient en remontant vers le nord. Les concentrations élevées de nutriments à la pointe sud du lac Winnipeg étaient vraisemblablement liées à l'afflux de nutriments provenant de la rivière Rouge. La concentration totale de phosphore était généralement la plus forte en automne et elle est peut-être liée à la charge interne de nutriments du lac.

Il semble que les concentrations de phosphore n'aient pas beaucoup varié dans le bassin nord du lac Winnipeg entre 1999 et 2007. Cependant, pendant la même période, celles du bassin sud semblent avoir augmenté, les plus fortes ayant été observées de 2005 à 2007. La concentration moyenne annuelle était la plus élevée dans le lac Winnipeg en 2005 lorsque le débit, les concentrations totales de phosphore et la charge de phosphore en provenance des affluents étaient les plus élevés (entre 1994 et 2007). Les concentrations totales d'azote dans le lac Winnipeg étaient variables, sans changement ni tendance apparents depuis 1999. La grande variabilité interannuelle des concentrations totales d'azote est peut-être en partie liée à la variabilité interannuelle de la biomasse de cyanobactéries fixatrices d'azote. Lorsqu'on compare les données historiques recueillies au cours d'une traversée du lac en 1969, les concentrations moyennes de phosphore et d'azote observées pendant la période de 1999 à 2007 sont d'un ordre semblable à celles qui ont été enregistrées en 1969. Cependant, les concentrations de nutriments observées en 1969 étaient généralement dans le bas de gamme des données des dix récentes années, ce qui suggère une augmentation possible entre 1969 et aujourd'hui. Une étude paléolimnologique, c'est-à-dire une étude des dépôts sédimentaires du lac au fil des siècles est actuellement en cours et devrait fournir des renseignements supplémentaires sur l'évolution historique de la qualité de l'eau du lac Winnipeg depuis le début des années 1800.

La rivière Rouge est la plus grande source de phosphore et d'azote du lac Winnipeg, la rivière Winnipeg arrivant en deuxième position en matière de charge apportée dans le lac. En moyenne, environ 60 % du phosphore et 54 % de l'azote provenant des affluents et des dépôts atmosphériques sont demeurés dans le lac. L'afflux de phosphore en provenance de la rivière Rouge était plus élevé les années de fort débit et représentait près des trois quarts de la charge totale de phosphore dans le lac Winnipeg. Les taux d'exportation d'azote et de phosphore par hectare étaient également les plus élevés dans la rivière Rouge et ses affluents, comparé à d'autres affluents principaux du lac Winnipeg.

Pour mieux gérer et adapter les stratégies de restauration, il est nécessaire de comprendre les sources de phosphore et d'azote et les processus intra-lacustres connexes. Une étude a été entreprise pour déterminer

les diverses sources de phosphore à l'aide d'isotopes. Il est peut-être possible d'identifier différentes sources de phosphore aux « empreintes digitales » distinctes, ce qui pourrait faciliter les décisions en ce qui concerne les apports de nutriments dans le lac.

Source	% de la charge totale de phosphore	% de la charge totale d'azote
Rivière Rouge (à Selkirk)	68	34
Rivière Winnipeg (à Pine Falls)	15	25
Rivière Saskatchewan	5	10
Rivière Dauphin	1	4
Rivières côté Est	3	4
Rivière Brokenhead, Fisher et Icelandic	1	1
Dépôts atmosphériques	7	11
Fixation d'azote	-	11

Contributions annuelles moyennes (exprimées en pourcentages) des rivières, des dépôts atmosphériques et de la fixation azotée à la charge totale en phosphore et en azote du lac Winnipeg entre 1994 et 2007

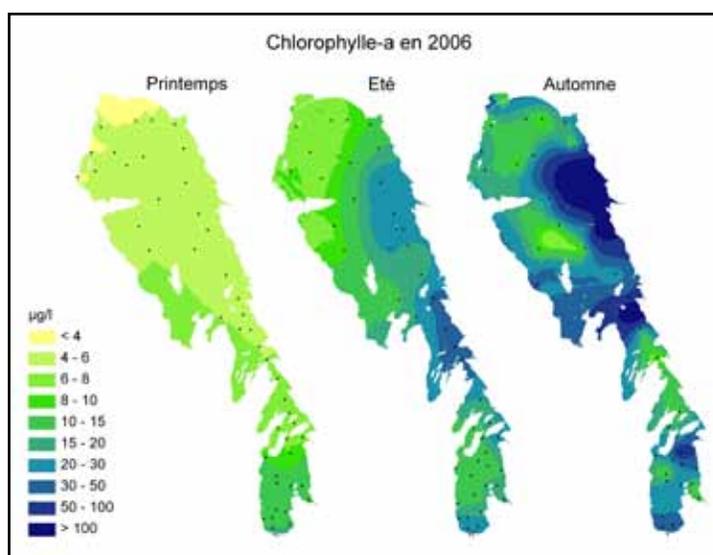
Source : Gestion des ressources hydriques du Manitoba

BIOLOGIE

Phytoplancton

Du fait de son cycle de vie relativement court qui fait partie intégrante des caractéristiques chimiques de l'eau, le phytoplancton est un indicateur utile de l'enrichissement en nutriments des écosystèmes aquatiques. Le développement de grandes quantités de cyanobactéries pendant les mois d'été explique le récent enrichissement du lac Winnipeg en nutriments. Des changements remarquables se sont également produits pendant la saison des glaces, notamment l'encrassement des filets de pêche par les algues diatomées au point que les poissons détectent les filets plus facilement.

De 1999 à 2007, les concentrations annuelles moyennes de chlorophylle-a, qui sont un indice courant de la quantité d'algues, étaient presque deux fois plus élevées dans le bassin nord (14,4 µg/l) que dans le bassin sud (8 µg/l). En automne 2006 et 2007, on a observé des proliférations le long de la rive est du bassin nord et dans certains endroits du passage où la lumière et



Concentration saisonnière de chlorophylle-a dans le lac Winnipeg en 2006

Source : Gestion des ressources hydriques du Manitoba

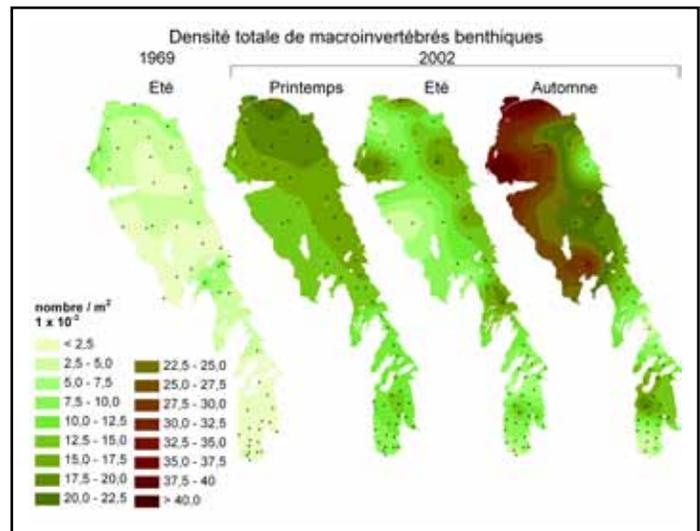
les nutriments étaient probablement favorables à la croissance du phytoplancton. Les proliférations d'algues dans le bassin sud du lac Winnipeg étaient visibles en automne 2006 mais pas l'année suivante. Dans les eaux troubles du bassin sud, la biomasse du phytoplancton est souvent restreinte par le manque de lumière, ce qui peut expliquer la variabilité interannuelle de la formation d'algues. De 1999 à 2007, la biomasse du phytoplancton et les concentrations de chlorophylle-a ont été les plus élevées en 2006, en partie à cause des fortes charges nutritives en 2005 et des températures de l'air supérieures à la moyenne en 2006.

Entre 1999 et 2007, une grande proportion (> 80 %) de la biomasse totale du phytoplancton présent dans le lac Winnipeg pendant la saison des eaux libres était composée d'algues bleu-vert ou cyanobactéries (*Aphanizomenon*, *Anabaena*, *Microcystis*) et d'algues diatomées (*Aulacoseira*, *Stephanodiscus*). Les cyanobactéries fixatrices d'azote (*Aphanizomenon*, *Anabaena*) ont dominé en été et en automne, presque chaque année entre 1999 et 2007. Cependant, certaines années, de grandes quantités de cyanobactéries non fixatrices d'azote étaient également présentes et constituaient une part importante de la biomasse totale de cyanobactéries dans le lac. De grandes quantités de *Microcystis* ont contribué à l'accroissement de la biomasse de cyanobactéries non fixatrices d'azote et se sont développées essentiellement dans le bassin sud.

Invertébrés

Les macroinvertébrés benthiques sont des organismes qui habitent dans les dépôts sédimentaires des lacs pendant au moins une partie de leur cycle de vie. Exemples : crevettes d'eau douce, larves d'insectes, moucheron et vers. Ils jouent un rôle essentiel dans la chaîne alimentaire des lacs puisqu'ils constituent une part importante de l'alimentation de nombreux poissons.

Dans l'ensemble du lac Winnipeg, les organismes benthiques ont considérablement augmenté en densité au cours des récentes décennies. En 2002, la densité moyenne était plus du triple que celle de 1969, en particulier dans le bassin nord. Moucheron et vers aquatiques représentaient une portion significative de la communauté de macroinvertébrés benthiques. L'abondance et les types de macroinvertébrés benthiques sont peut-être directement et indirectement liés à la quantité accrue de nourriture disponible du fait de l'enrichissement en nutriments. Par exemple, l'abondance des vers aquatiques, qui ont tendance à dominer dans les sédiments d'eaux perturbées, a augmenté de façon remarquable entre 1969 et 2002 dans le bassin nord du lac Winnipeg, ce qui peut découler de la charge accrue de nutriments dans le lac au cours des dernières années.



Densité totale (quantités par m²) de macroinvertébrés benthiques dans le lac Winnipeg

Source : Pêches et Océans Canada, Université du Manitoba, B. Hann

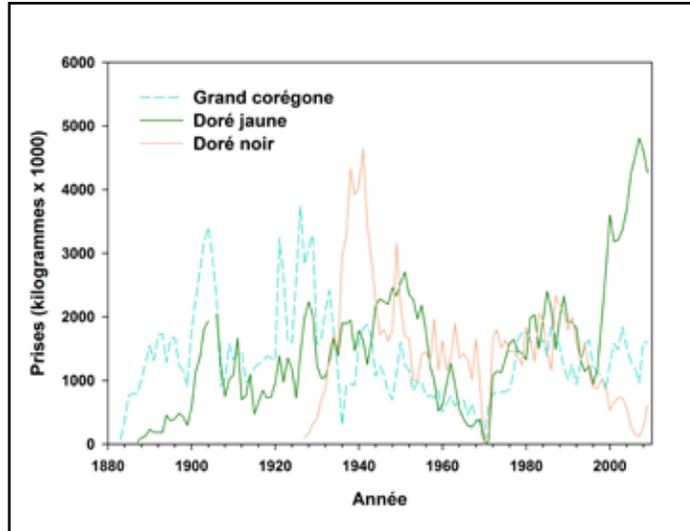
Poissons

Le lac Winnipeg soutient depuis longtemps la pêche locale, récréative et commerciale. La pêche commerciale a commencé au filet maillant pour le grand corégone à la fin des années 1800. La population de grand corégone a diminué dans les années 1930 et ce sont le doré noir et le doré jaune qui ont ensuite dominé la pêche commerciale. La récolte de doré jaune a fluctué au cours des décennies et elle a augmenté jusqu'au milieu des années 1980 pour diminuer ensuite au milieu des années 1990.

Depuis le milieu des années 1990, elle a augmenté et presque doublé par rapport à n'importe quelle autre récolte de ce

poisson dans le lac Winnipeg. Au cours des dernières années, les densités totales accrues de phosphore, de chlorophylle-a et de zooplancton aident peut-être à expliquer la récolte accrue de doré jaune. Les éventuels changements climatiques seront peut-être à l'origine d'autres changements pour les poissons du lac Winnipeg, notamment des effets néfastes sur certaines espèces de poissons d'eaux froides puisqu'on prévoit une période de croissance plus longue et des températures plus chaudes.

Depuis 2002, 25 espèces-proies ont été recueillies au trait de chalut à bord du *MV Namao*. Chaque année, les espèces dominantes (en quantité) ont été le mené émeraude, l'éperlan et le cisco. Le mené émeraude et le cisco étaient plus nombreux dans le bassin sud et dans le passage que dans le bassin nord. L'éperlan non indigène domine maintenant parmi les espèces-proies dans le bassin nord du lac. Nous ne savons pas quels effets la présence de l'éperlan a eu sur la chaîne alimentaire et la production de doré jaune dans le lac Winnipeg. L'éperlan adulte se nourrit peut-être de zooplancton et de certaines espèces de poissons indigènes en début d'année et risque peut-être de disputer la nourriture aux espèces de poissons indigènes. Un modèle récent d'isotopes présents dans la chaîne alimentaire a révélé que, parmi les poissons-fourrage, l'éperlan occupait le niveau trophique inférieur généralement occupé par le doré jaune. Des mesures d'isotopes effectuées dans le lac Winnipeg ont fourni des renseignements permettant de déterminer facilement la provenance des apports d'eau et de nutriments dans la chaîne alimentaire du lac Winnipeg. La concentration de métaux-traces dans les poissons, en particulier de mercure, sera examinée afin de voir comment le comportement des isotopes présents dans la chaîne alimentaire peut fournir des informations sur le transfert de ces contaminants depuis les poissons jusqu'aux oiseaux.



Prises annuelles de poissons (à des fins commerciales) dans le lac Winnipeg, par espèce

Source : Société de commercialisation du poisson d'eau douce du Manitoba

QUESTIONS ACTUELLES ET NOUVEAUX ENJEUX

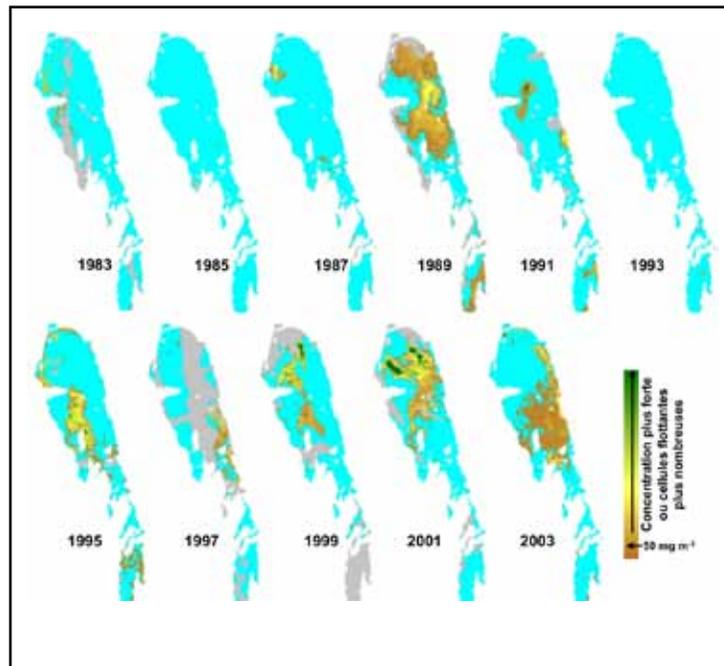
Prolifération d'algues et toxines

Les proliférations d'algues existent depuis longtemps dans le lac Winnipeg. Cependant, depuis le début des années 1990, la biomasse du phytoplancton ainsi que l'intensité et la fréquence des proliférations d'algues ont augmenté et la composition du phytoplancton est maintenant dominée par les cyanobactéries. L'analyse paléolimnologique de carottes de sédiments dans le bassin sud du lac Winnipeg a révélé que la quantité totale d'algues a augmenté de 300 à 500 % au cours du XX^e siècle et que tous les groupes d'algues ont augmenté au cours des 70 dernières années. Des enquêtes sur le phytoplancton menées en 1969 ont indiqué que, cette année-là, la biomasse moyenne était inférieure à 2 000 milligrammes par mètre cube et qu'elle était composée de divers groupes taxonomiques. Depuis 1999, la biomasse moyenne a augmenté progressivement jusqu'à plus de 4 000 milligrammes par mètre cube (2007), avec une prédominance de cyanobactéries.

La prolifération de cyanobactéries est particulièrement inquiétante à cause du risque de production de toxines nuisibles à la santé des êtres humains et d'autres animaux. La toxine microcystine-LR est produite par certaines espèces de cyanobactéries. On a détecté la présence de microcystines près des rives et sur les plages ainsi qu'au large du lac Winnipeg. De 1999 à 2007, les concentrations de microcystines au large du lac sont généralement restées assez faibles et bien inférieures aux lignes directrices concernant la qualité de l'eau potable et de l'eau utilisée à des fins récréatives. Cependant, dans les échantillons prélevés depuis 2000 près des rives et sur les plages du lac Winnipeg, on a relevé occasionnellement des concentrations élevées de microcystines dans le lac, ce qui représente un risque potentiel pour la santé des usagers récréatifs.

Plages

Dans le bassin sud du lac Winnipeg, les plages sont surveillées pour détecter la présence de la bactérie fécale indicatrice *Escherichia coli* (*E. coli*). *Escherichia coli* est une bactérie que l'on trouve en grand nombre



Imagerie satellitaire de proliférations historiques d'algues dans le lac Winnipeg

Source : Données optiques en bandes du radiomètre perfectionné à très haute résolution, G. McCullough

chez tous les animaux à sang chaud, y compris les êtres humains, les animaux d'élevage, les animaux sauvages et les oiseaux. Bien qu'en elle-même la bactérie *E. coli* ne soit généralement pas à l'origine de maladie, lorsqu'elle est présente en grand nombre, le risque de tomber malade à cause d'autres organismes est élevé. Les maladies les plus courantes que contractent les baigneurs sont les infections des yeux, des oreilles, du nez et de la gorge, ainsi que le dérangement intestinal. De 2004 à 2009, les densités d'*E. coli* enregistrées sur les plages du lac Winnipeg ont occasionnellement dépassé l'objectif du Manitoba concernant la qualité de l'eau utilisée à des fins récréatives. Cependant, ces densités sont généralement revenues à des limites acceptables dans les 24 heures. Sur le côté est du lac Winnipeg, les densités d'*E. coli* supérieures à l'objectif étaient plutôt moins fréquentes sur les plages. Selon les résultats d'un échantillonnage poussé, la bactérie *E. coli* présente dans le sable des plages est transférée dans l'eau, près de la rive où se baignent les gens, lorsque l'eau du lac monte sous l'action de vents forts venant du nord. Selon des analyses génétiques, les oiseaux de rivage et les oies constitueraient la plus grande source connue d'*E. coli* dans le sable des plages.

Espèces aquatiques envahissantes

Les espèces aquatiques envahissantes sont des organismes non indigènes qui ont été introduits par l'être humain dans des zones extérieures à leurs aires naturelles. Elles peuvent disputer aux espèces indigènes la nourriture et d'autres ressources, et elles peuvent aussi avoir des effets majeurs sur la fonction des écosystèmes, leur valeur économique ainsi que sur la santé humaine. On sait qu'il existe déjà cinq espèces aquatiques envahissantes dans le lac Winnipeg : la carpe, l'éperlan, le bar blanc, le cladocère *Eusubmina coregoni* et le ténia asiatique. On s'inquiète de la présence possible de moules zébrées qui ont récemment été découvertes dans la partie américaine du bassin hydrologique de la rivière Rouge. Le cladocère épineux a été repéré en 2010 en aval du barrage de la Pointe du Bois, sur la rivière Winnipeg, et il risque d'atteindre le lac Winnipeg dans les quelques prochaines années s'il n'y est pas déjà présent. Parmi les autres menaces potentielles pour le lac Winnipeg, citons les suivantes : l'écrevisse américaine, le virus d'herpès de la carpe koï, l'algue noire et la moule quagga. Même s'il est difficile de prédire leurs répercussions sur le lac Winnipeg, ces espèces risquent de modifier les liens écologiques entre les espèces indigènes et de nuire à la santé et à la fonction des écosystèmes, à leur valeur économique et à la santé humaine.

Changement climatique

La modélisation informatisée prévoit que, dans la région du lac Winnipeg, les températures de l'air vont considérablement augmenter au cours du prochain siècle et que les températures des eaux de surface s'élèveront en conséquence. Une augmentation de 2,0°C des températures de l'eau au milieu de l'été pourrait toucher de façon négative jusqu'à 12 espèces de poissons que l'on rencontre fréquemment dans le lac Winnipeg, notamment l'esturgeon jaune, le touladi et la lotte. Les espèces vivant en eau chaude, notamment le doré jaune, la perchaude et le bar blanc devraient en tirer des avantages. De plus, la fonte printanière plus précoce et l'englacement plus tardif pourraient allonger la saison des eaux libres et donc contribuer à l'accroissement de la productivité biologique et à la dynamique des nutriments dans le lac, et elles pourraient aussi modifier la quantité d'eau disponible du fait de l'évolution des pertes par évaporation.

CONCLUSION

L'eutrophisation du lac Winnipeg s'est de plus en plus accentuée au cours des dix dernières années et c'est ce qui est le plus préoccupant pour la santé du lac Winnipeg. Depuis les années 1930 jusqu'aux années 1990, les travaux réguliers de recherche et de surveillance ont quelque peu fait la lumière sur l'état du lac Winnipeg dans le passé et quand ils ont été accompagnés d'analyses paléolimnologiques, ils ont révélé une détérioration de la qualité de l'eau dans le lac depuis le début des années 1900. La surveillance plus rigoureuse et plus suivie du lac, en réponse à l'intensité et à la fréquence accrues des proliférations d'algues au cours des dix dernières années, a fourni des renseignements sur les caractéristiques chimiques, physiques et biologiques du lac Winnipeg, et elle a mis en évidence la grande variabilité de la qualité de l'eau du lac.

Les connaissances dont nous disposons sur le lac Winnipeg ont pu être approfondies par des travaux de recherche ciblés qui ont fourni des données essentielles sur des sujets comme la dynamique des nutriments et l'équilibre nutritif, la structure et les interactions du réseau trophique, les réactions des communautés biologiques à la présence de nutriments, l'étendue et la nature des paramètres physiques et hydrodynamiques du lac, les sources de nutriments, les stressors qui s'exercent sur le lac et la réponse du lac face à ces facteurs stressants. De récentes études sur les changements observés à long terme dans le lac ont également apporté de nouvelles connaissances sur la structure et la fonction du lac. Cependant, il est nécessaire de recueillir des données supplémentaires pour mieux comprendre le lac, les sources et la nature des stressors et la réponse du lac face à ces facteurs stressants. Des données supplémentaires faciliteront également l'établissement d'objectifs pour le lac en matière de nutriments.

Environnement Canada et Gestion des ressources hydriques Manitoba s'engagent à poursuivre leur travail de collaboration avec les autres intervenants qui effectuent des recherches sur le lac Winnipeg, notamment le Lake Winnipeg Research Consortium, les universités et leurs étudiants, les consultants privés et autres partenaires, pour mieux comprendre le lac Winnipeg et pour surveiller l'évolution à long terme de ses caractéristiques physiques, biologiques et chimiques. En septembre 2010, Environnement Canada et Gestion des ressources hydriques Manitoba ont signé un Protocole d'entente portant sur le lac Winnipeg et son bassin. Le Protocole prévoit ce qui suit :

- Établissement de priorités conjointes pour coordonner les activités scientifiques
- Coordination de l'échange de renseignements sur les programmes et activités des gouvernements fédéral et provincial
- Mise en place d'une tribune pour échanger l'information, créer un consensus et coordonner les activités

Le Protocole d'entente orientera les prochains travaux de recherche et de surveillance sur le lac Winnipeg et son vaste bassin hydrologique, et il aidera également à trouver et à mettre en œuvre les solutions nécessaires pour réduire la charge de nutriments et mettre fin à l'eutrophisation.

GLOSSAIRE

Anthropique – dont la formation ou la présence est liée à l'activité humaine.

Espèces aquatiques envahissantes – plantes, animaux ou micro-organismes non indigènes qui ont été délibérément ou non délibérément introduits dans une zone extérieure à leurs aires naturelles.

Benthique – qui se rapporte au fond d'une étendue d'eau ou aux organismes qui vivent au fond d'une étendue d'eau.

Productivité biologique – productivité des organismes et des écosystèmes, y compris le développement ainsi que les processus et activités connexes des plantes, des animaux et des bactéries.

Biomasse – quantité de substance vivante exprimée en superficie ou en volume.

Chlorophylle-a – pigments photosynthétiques verts présents dans toutes les plantes, algues et cyanobactéries, qui convertissent la lumière en énergie pour la croissance des plantes.

Concentration – quantité de matière ou de substance dans une zone ou un volume donnés.

Climat continental – climat de l'intérieur d'une masse terrestre, généralement caractérisé par une grande amplitude des températures et des précipitations relativement faibles.

Cyanobactéries – groupe important d'algues caractéristiques des lacs riches en nutriments et qui peuvent être à l'origine de proliférations importantes en été. Plusieurs espèces forment une écume de matières flottantes recouvrant toute la surface d'une étendue d'eau et certaines produisent des toxines. Les cyanobactéries sont aussi appelées *algues bleu-vert*.

Diatomées – groupe important d'algues dont la membrane est entourée d'une coquille silicieuse.

Débit – quantité ou volume d'eau qui s'écoule d'un cours d'eau.

Escherichia coli (E. coli) – bactérie présente chez tous les animaux à sang chaud, y compris les êtres humains, les animaux d'élevage, les animaux sauvages et les oiseaux.

Eutropique – se dit d'une étendue d'eau productive riche en nutriments qui engendrent une croissance accélérée d'algues ou d'autres organismes dont la putréfaction en été prive d'oxygène les eaux peu profondes.

Bactéries fécales indicatrices – bactéries dont on se sert pour mesurer la salubrité de l'eau du fait qu'elles sont liées à la contamination fécale et à la présence possible de pathogènes dans l'eau.

Poissons-fourrage – petits poissons destinés à être mangés par les prédateurs.

Hypereutrophe – terme utilisé pour décrire une étendue d'eau à forte productivité biologique, à forte

concentration de nutriments et à faible transparence. Les lacs hypereutrophes connaissent souvent une forte prolifération d'algues et font vivre de nombreux organismes aquatiques.

Charge interne de nutriments – réintroduction des nutriments dans la colonne d'eau par des mécanismes comme leur remise en suspension depuis le fond du lac ou leur dissolution dans les eaux sus-jacentes.

Isotope – élément chimique de forme particulière utilisé pour suivre la source, le mouvement et la distribution d'un élément dans une étendue d'eau. Par exemple, on se sert souvent d'isotopes pour déterminer les principales sources de nutriments des étendues d'eau.

Macroinvertébré – animal ne possédant pas de colonne vertébrale que l'on trouve souvent au fond d'une étendue d'eau et qui est suffisamment grand pour qu'on puisse le voir à l'œil nu. Exemples : escargots et vers aquatiques.

Microcystine-LR – toxine du foie que produisent certaines espèces de cyanobactéries.

Azote – élément chimique constituant environ 78 % de l'atmosphère, qui est l'un des principaux nutriments essentiels à la croissance végétale et que l'on trouve dans tous les tissus vivants. En trop grande quantité, l'azote contribue à l'eutrophisation.

Fixation de l'azote – processus par lequel certaines espèces de cyanobactéries sont capables de capter ou de fixer l'azote de l'atmosphère pendant les périodes de carence et qui le transforment de façon à favoriser la croissance.

Cyanobactéries fixatrices d'azote – cyanobactéries à cellules différenciées appelées hétérocystes qui réussissent à fixer l'azote de l'air quand celui-ci est en quantité insuffisante pour permettre la croissance. Exemples de cyanobactéries capables de fixer l'azote de l'atmosphère : *Aphanizomenon* et *Anabeana*.

Cyanobactéries non fixatrices d'azote – cyanobactéries dépourvues de cellules spéciales (hétérocystes) et donc incapables de fixer l'azote de l'air. Les cyanobactéries qui ne fixent pas l'azote de l'air s'en remettent à d'autres sources d'azote pour se développer (ex. : azote provenant des rivières et des eaux de ruissellement).

Enrichissement en nutriments ou eutrophisation – se produit lorsqu'une étendue d'eau reçoit plus de nutriments que ce dont les organismes qu'elle renferme ont besoin pour vivre, se développer et se reproduire normalement.

Indicateur de performance – mesure ou critère utilisés pour évaluer la performance, l'efficacité, le succès, etc., généralement par rapport à un objectif.

Phosphore – élément chimique provenant à la fois de sources naturelles et de sources anthropogènes, existant sous forme solide et dissoute et qui est indispensable à la croissance végétale.

Phytoplancton – plantes et organismes végétaux présents dans la colonne d'eau.

Restauration – mesures prises pour remédier aux dommages infligés à l'environnement ou pour les réparer.

Temps de séjour – période moyenne pendant laquelle de l'eau ou une substance demeure dans une étendue d'eau.

Remise en suspension – mécanisme typique des sédiments par lequel des particules ou substances sont réintroduites dans l'eau.

Profondeur d'après le disque de Secchi – profondeur à laquelle un disque de Secchi n'est plus visible depuis la surface de l'eau; sert également à mesurer à quelle profondeur la lumière pénètre la colonne d'eau.

Séquestration – retenue ou captage de particules ou de substances, notamment les sédiments et les nutriments; se produit souvent par les dépôts atmosphériques et la sédimentation dans les lacs et les réservoirs.

Onde de tempête – élévation anormale du niveau de l'eau provoquée par l'action du vent sur une étendue d'eau.

Stratification thermique – division des eaux de surface plus chaudes et des basses eaux plus froides.

Thermocline – partie d'une masse d'eau où le gradient de température entre les deux couches est supérieur à 1°C m^{-1} , et qui sépare l'eau en une couche supérieure, plus chaude, et une couche inférieure, plus froide.

Niveau trophique – niveau où se situe un organisme dans la chaîne alimentaire.

Bassin hydrologique – région drainant vers une étendue d'eau.

Dénivellation due au vent – voir « Onde de tempête ».

Zooplankton – animaux et organismes présents dans la colonne d'eau, y compris les macroinvertébrés.

Abréviations

m – mètres

madnm – mètres au-dessus du niveau de la mer

mg/l – milligrammes par litre

µg/l – microgrammes par litre

