



Environnement
Canada

Environment
Canada



Initiative des sciences d'Environnement Canada pour le lac des Bois 2008-2011 - Sommaire



Cat. No.: En164-49/1-2014F-PDF
ISBN: 978-0-660-22695-8

À moins d'avis contraire, il est interdit de reproduire le contenu de cette publication, en totalité ou en partie, à des fins de diffusion commerciale sans avoir obtenu au préalable la permission écrite de l'administrateur du droit d'auteur d'Environnement Canada. Si vous souhaitez obtenir du gouvernement du Canada les droits de reproduction du contenu à des fins commerciales, veuillez demander l'affranchissement du droit d'auteur de la Couronne en communiquant avec :

Environnement Canada
Informathèque
10, rue Wellington, 23^e étage
Gatineau (Québec) K1A 0H3
Téléphone : 819-997-2800
Ligne sans frais : 1-800-668-6767 (au Canada seulement)
Télécopieur : 819-994-1412
ATS : 819-994-0736
Courriel : enviroinfo@ec.gc.ca

Photos : © Environnement Canada

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, représentée par la ministre de l'Environnement, 2014

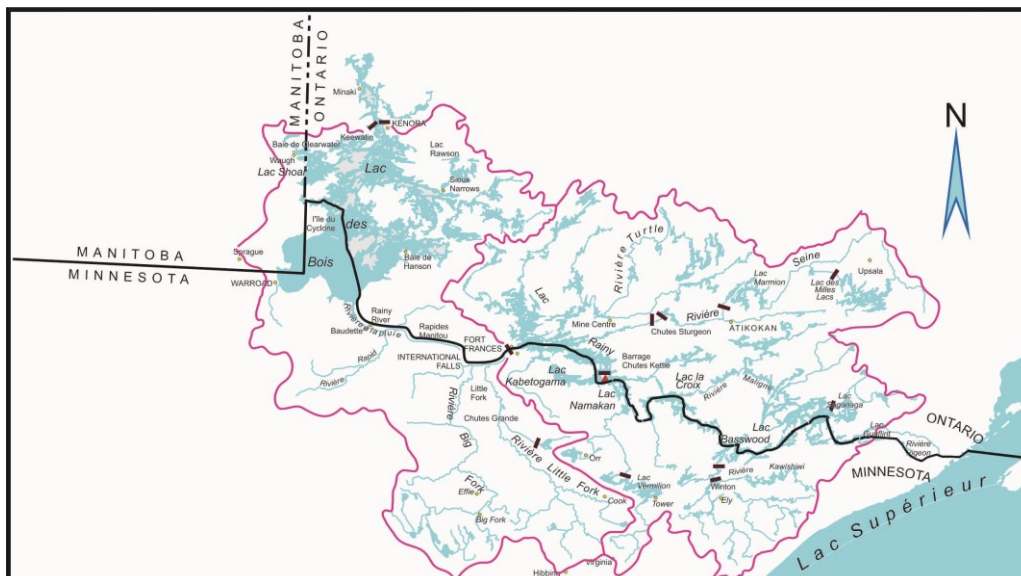
Also available in English

Le lac des Bois est un large plan d'eau transfrontalier situé à la jonction des provinces de l'Ontario et du Manitoba, et de l'état américain du Minnesota (Figure 1). Des préoccupations locales et nationales par rapport aux proliférations nuisibles et potentiellement toxiques de cyanobactéries (*alias* algues bleu-vert) et le déclin de la qualité de l'eau du lac des Bois (LDB) ont incité la formation de l'Initiative scientifique du lac des Bois de la part d'Environnement Canada en 2008 comme partie d'un programme plus large afin d'évaluer et de restaurer la qualité de l'eau en déclin du lac Winnipeg. Le cadre de travail de l'Initiative était axé sur quatre activités clés :

1. L'évaluation scientifique des bases de données existantes de l'hydrologie et de la qualité de l'eau/des nutriments, et cadrage global du système physique.
2. La caractérisation améliorée de la charge hydrologique et de la limnologie physique du LDB, en conjonction avec le développement de la modélisation informatisée des processus lacustres.
3. L'estimation améliorée de la charge globale en nutriments du LDB et du bilan en nutriments; et
4. La caractérisation améliorée de la communauté biologique et l'évaluation du risque et de la dégradation par les proliférations algales.

Ce rapport résume les résultats des efforts scientifiques et de monitoring du bassin versant du LDB de la part d'Environnement Canada sur trois années. Nos buts étaient d'aborder les lacunes clés au niveau des connaissances et d'augmenter notre compréhension par rapport au transport et au cycle des nutriments dans le LDB, ainsi que leurs rôles dans le développement des proliférations d'algues et de l'intégrité du lac. Certains des résultats clés de cette initiative ou d'autres sont présentés dans ce rapport. Le rapport identifie aussi les autres lacunes en données et formule des recommandations en ce qui a trait au travail à venir sur le lac.

Carte montrant les bassins du lac des Bois et de la rivière à la Pluie (carte détaillée du bassin).

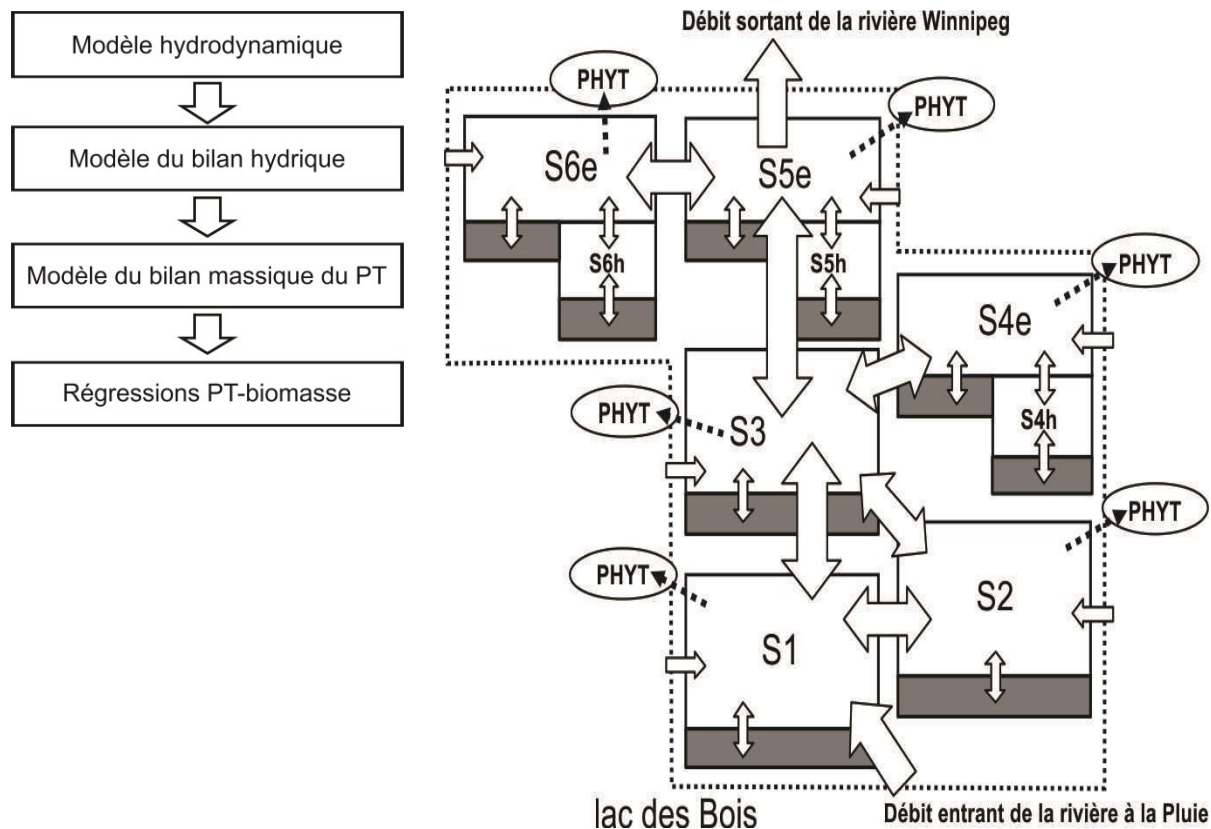


Modélisation hydrologique

Le lac des Bois est un plan d'eau spatialement complexe, avec un large bassin sud, peu profond et polymictique, et une suite de sous-bassins nord interconnectés à plusieurs îles, et des baies profondes et stratifiées. Les processus physiques jouent un rôle dominant dans le contrôle de la charge, de la séquestration et de l'export des matériaux et des nutriments, et de leurs effets sur la qualité de l'eau et de la productivité biologique du LDB. Ainsi, le développement d'un modèle hydrodynamique valide était fondamental à l'identification des liens entre les proliférations algales et les sources de nutriments (naturelles et anthropiques), ainsi qu'au développement de programmes de monitoring et de gestion efficaces.

Comme première étape, des données bathymétriques numériques ont été dérivées pour le LDB à partir de cartes de navigation détaillées du Service hydrographique du Canada. Un cadre de travail pour la modélisation a ensuite été développé, et sa pertinence comme outil de gestion du LDB a été évaluée (Figure 2). Un modèle numérique de circulation physique a d'abord été utilisé pour estimer les débits d'échange entre les différents segments du LDB, fondé sur le Princeton Ocean Model (POM), modèle hydrodynamique à trois dimensions (Blumberg and Mellor, 1987). Les résultats du POM ont alors été reliés à un modèle dynamique d'échange colonne d'eau - sédiments pour estimer les niveaux de phosphore total (PT) dans l'ensemble du LDB. Finalement, des liens empiriques dérivés à partir de méta-analyses du lac ont alors été utilisés pour prédire la communauté algale (p. ex., la chlorophylle-a, la biomasse et la composition taxonomique du phytoplancton) en fonction des concentrations modélisées de PT.

Le cadre de travail de la modélisation reliée a fourni des simulations valables de la vitesse et de la direction du courant, du phosphore total, et de la biomasse algale, tel que validé à partir d'un nombre limité d'observations de terrain. Des observations supplémentaires fourniront une validation plus robuste des modèles hydrodynamiques et de l'eutrophisation. Ce cadre de travail de modèle sera plus tard utilisé pour évaluer les améliorations de la qualité de l'eau résultant de la gestion attendue des nutriments dans le bassin.



Les composantes du cadre-modèle de la circulation physique et de la qualité de l'eau.

Le schéma du réseau de modèle et du débit de phosphore total (PT) du lac des Bois dans les modèles d'eutrophisation (e = épilimnion et h = hypolimnion). Les flèches vides indiquent la circulation massique de PT dans le système. Les flèches solides indiquent la relation empirique entre le PT et la biomasse de phytoplancton (PHYT). Les boîtes grises représentent les couches de sédiment.

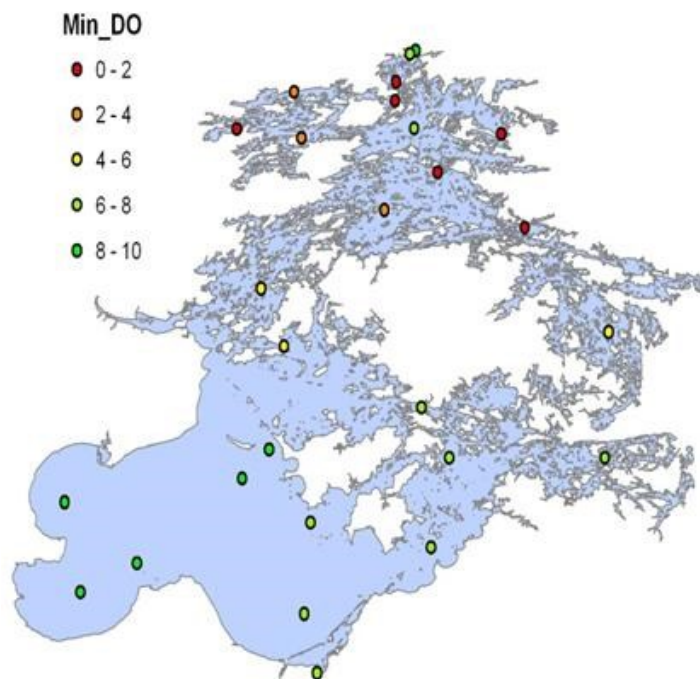
Monitoring de la qualité de l'eau

En 2008, Environnement Canada a développé un programme de monitoring de la qualité de l'eau pour le LDB et la rivière à la Pluie, incluant l'installation d'échantillonneurs de précipitations. Les nutriments, les ions majeurs et le mercure ont été suivis à quatre sites le long de la rivière à la Pluie. Les concentrations en ions majeurs reflétaient la géographie locale et étaient négativement corrélées aux débits de sortie. Le phosphore total de la rivière à la Pluie était modéré (de 0,013 à 0,059 mg/L), avec une concentration médiane de 0,021 mg/L, mais dépassait occasionnellement le niveau d'alerte de la Commission mixte internationale pour la rivière à la Pluie fixé à 0,03 mg/L. Les concentrations de nitrites/nitrates, d'ammoniac et d'azote total étaient de

faibles à modérées et ne dépassaient pas les recommandations. Les concentrations du phosphore et de l'ammoniac dans les échantillons récents (2009-2011) ont diminué significativement à comparer aux prélèvements historiques d'Environnement Canada (1979-1985), reflétant des améliorations de la qualité de l'eau de la rivière à la Pluie dans la partie tardive du 20^e siècle.

En général, la chimie de l'eau et la limnologie physique ont affiché une hétérogénéité spatiale significative dans l'ensemble du LDB. Les bassins vastes et peu profonds de la portion sud du lac étaient bien mélangés, alors que plusieurs des sous-bassins profonds et protégés du nord étaient thermiquement stratifiés en été, résultant en des réductions substantielles de l'oxygène dissous dans l'hypolimnion (Figure 3). Les sites ont été divisés spatialement en trois groupes selon la chimie de l'eau : la baie Whitefish, dans le nord-est, a été caractérisée selon les faibles concentrations en ions et en nutriments; les baies Clear Water et Poplar dans le nord-ouest ont été caractérisées d'après les concentrations plus élevées en anions et cations, et de faibles à modérées en nutriments. Le corps principal du lac a été divisé le long d'un gradient nord-sud en nutriments avec les concentrations en nutriments les plus élevées dans le sud. Les concentrations de phosphore du LDB sont généralement typiques d'un système méso-eutrophe (moyenne de 0,026-0,028 mg/L). Les concentrations étaient significativement plus élevées dans le sud, où le phosphore était principalement sous forme particulaire, bien que des concentrations élevées en phosphore dissous fussent mesurées dans l'hypolimnion des bassins du nord.

Concentrations minimales en oxygène dissous (OD) mg/L dans les eaux du fond du lac des Bois durant l'été et l'automne.



Les échantillonneurs de précipitations inorganiques étaient situés à trois sites dans le bassin du LDB : 1) Kenora, en ON, 2) Sioux Narrows, en ON et 3) Buffalo Point, au MB afin de quantifier les charges en nutriments des précipitations humides et afin d'examiner la variation géographique des charges. L'azote total des dépôts humides a été estimé à 298 tonnes par année et était constant à travers le bassin. La charge en phosphore total était en moyenne de 31 tonnes, mais avec une variation géographique considérable; les estimations de la charge en phosphore étaient doublement élevées à Kenora et à Buffalo Point à comparer à Sioux Narrows. Nos estimations de la charge en nutriments des dépôts humides sont d'environ la moitié de celles estimées à partir des données à long terme de précipitations de la région des lacs expérimentaux qui incluent les dépôts humides et secs.

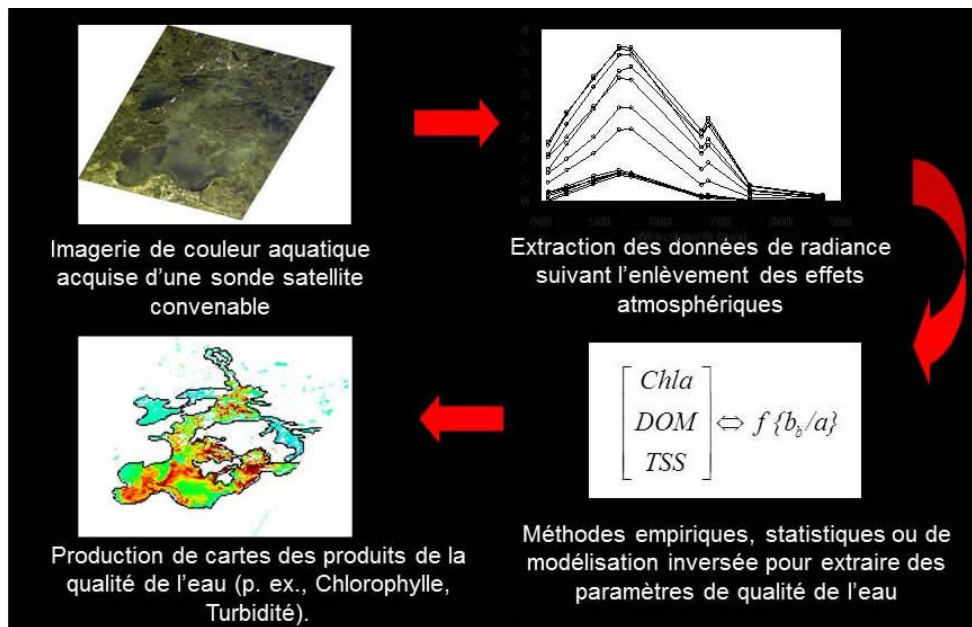
Les concentrations en mercure de la rivière à la Pluie étaient comparables à celles rapportées ailleurs à l'intérieur du bassin versant, avec des concentrations annuelles moyennes variant entre 1,10 et 3,16 ng/L, et dépassant rarement le niveau d'alerte de la rivière à la Pluie fixé à 6,9 ng/L. Bien que les concentrations de mercure soient inférieures aux niveaux des recommandations, il subsiste toujours un désir général de réduire les concentrations de mercure dans l'eau et les sédiments à cause de sa bioaccumulation dans le réseau trophique, en particulier par rapport aux charges corporelles du poisson sport. Les pesticides (les organophosphorés, les herbicides neutres, les herbicides du type phénoxy, les herbicides sulfonylurés et le glyphosate) ont été analysés à huit stations sur le LDB en 2009 et 2010. Les résultats analytiques indiquent que peu de pesticides étaient présents dans les eaux de surface du LDB et que ceux détectés étaient mesurés à des concentrations très inférieures au seuil de la toxicité.

Observation des proliférations algales par satellite

En 2009, Environnement Canada a initié une étude afin de déterminer la faisabilité d'utiliser des méthodes de télédétection de la couleur aquatique pour contrôler les proliférations algales dans le LDB en utilisant la sonde de couleur aquatique MERIS de l'Agence spatiale européenne. L'imagerie MERIS et les observations *in situ* des paramètres de la qualité de l'eau et de leurs propriétés optiques associées ont été obtenues au cours de l'automne 2009, capturant le début et la progression d'une intense prolifération de cyanobactéries.

Les mesures *in situ* ont confirmé la complexité optique du LDB : les eaux sont peu profondes et hautement turbides, avec des profondeurs de Secchi aussi faibles que 0,3m, une matière organique dissoute très élevée résultant en une atténuation lumineuse prononcée et d'intenses proliférations de cyanobactéries causant des accumulations d'écume en surface. L'Indice de chlorophylle maximale dérivé de MERIS (ICM, mesure de la radiance accrue issue de l'eau reliée à la chlorophylle) a décrit précisément la localisation et l'étendue de la prolifération de cyanobactéries et était fortement corrélé aux concentrations *in situ* de chlorophylle.

L'activité de prolifération algale a progressé d'une prolifération précoce, intense et prolongée dans les zones sud, ouest et centrale du LDB, à une prolifération tardive, moins intense et plus courte dans les portions nord du lac, les sections est n'affichant (baie Whitefish) aucune activité notable de prolifération algale pour cette entière période. Ces observations sont cohérentes avec deux scénarios de charges en nutriments : (1) des charges en nutriments en prédominance de la rivière à la Pluie, ce qui conduit à des concentrations élevées en phosphore et en azote à travers la partie sud du lac, avec des concentrations modérées dans les zones centrales-nord et de faibles concentrations aux sites éloignés de l'écoulement hydraulique principal sud-nord (DeSellas *et al.*, 2009), et (2) des charges internes provenant du bassin sud apportant une pointe saisonnière en nutriments pour stimuler les proliférations.



Étape 1 : Imagerie de couleur aquatique acquise d'une sonde satellite convenable

Étape 2 : Extraction des données de radiance suivant l'enlèvement des effets atmosphériques

Étape 3 : Production de cartes des produits de la qualité de l'eau (p. ex., Chlorophylle, Turbidité)

Étape 4 : Méthodes empiriques, statistiques ou de modélisation inversée pour extraire des paramètres de qualité de l'eau

Des préoccupations ont été soulevées au cours des dernières années en ce qui concerne l'augmentation de la présence et de l'intensité des proliférations algales dans le lac. L'analyse de l'imagerie sur plusieurs années (2003-2009) n'a révélé aucune augmentation évidente de l'intensité des proliférations au cours de la période de sept années. Cependant, une activité intense de prolifération fut évidente durant les années chaudes et sèches, avec la suggestion de proliférations se produisant plus tard chaque année.

Monitoring benthique

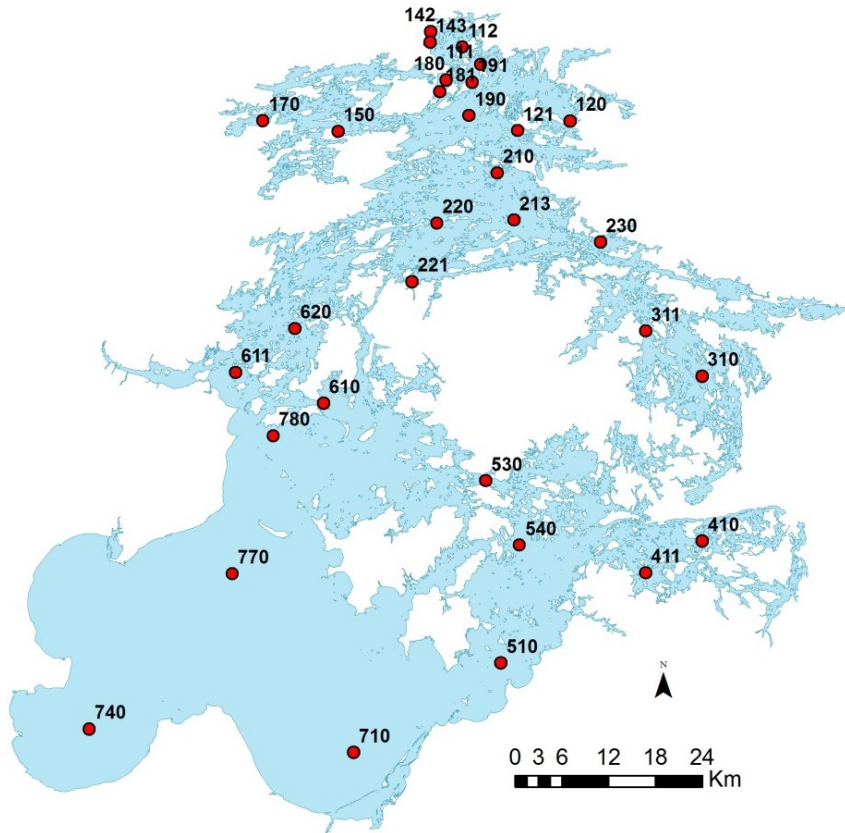
Les sédiments agissent comme un important puits pour plusieurs des composés entrant dans le bassin du LDB. Les sédiments de surface ont été échantillonnés à 31 stations sur le LDB en utilisant un mini-carottier à boîte et analysés pour les caractéristiques physiques et chimiques. Les contaminants organiques dont nous avons hérités, les biphényles polychlorés (BPC) et les [hydrocarbures aromatiques](#) (HAP), étaient inférieurs à la limite de détection dans les sédiments du LDB. Au contraire, la majorité des sites dépassait les concentrations minimales avec effet (CMAE) de la province pour la protection de l'écosystème benthique pour le chrome, le cuivre, le manganèse et le nickel, alors que certains sites dépassaient aussi les CMAE pour le plomb et l'arsenic. Les concentrations élevées de métaux dans les sédiments peuvent résulter de l'altération atmosphérique des roches contenant du minerai, mais, dans certains cas, peuvent aussi être reliées aux activités minières passées du LDB, en particulier le boum minier de l'or au début du 20^e siècle. Les concentrations en nutriments des sédiments étaient aussi élevées.

Les concentrations de l'azote total Kjeldahl (ATK) dépassaient les concentrations à effet graves (CEG) de la province à la majorité des sites avec des concentrations en phosphore total (PT) dépassant les CMAE de la province à tous les sites, et les CEG à certains sites. Une hypothèse a été formulée à l'effet que les concentrations élevées en phosphore dans les sédiments agissent comme une source de charge interne au LDB et peuvent stimuler les proliférations algales.

Les sédiments et les couches sus-jacentes d'eau abritent une importante communauté biologique. À l'intérieur de cette communauté, les macro-invertébrés sont contrôlés comme organismes indicateurs de la santé de l'écosystème. La diversité générale des invertébrés benthiques était faible et était positivement corrélée à l'oxygène dissous, la chlorophylle, le pH et la température, et négativement corrélée aux nutriments et aux métaux des sédiments.

Le prélèvement d'invertébrés benthiques utilisant l'approche du Réseau canadien de biosurveillance aquatique (RCBA) est utilisé pour développer un modèle de référence benthique pour le LDB. Alors que ce travail est toujours en progression, trois groupes majeurs de sites de référence ont été identifiés en s'appuyant sur l'habitat et la similarité taxonomique. Ces derniers ont été utilisés pour évaluer les sites d'essai en comparant à la communauté benthique. Deux sites, l'un dans la baie Poplar et l'autre dans la baie Big Stone, ont été identifiés comme dégradés, avec des réductions substantielles de la diversité. À l'avenir, le modèle de référence du RCBA pourra être utilisé pour évaluer de nouveaux sites d'essai par rapport au modèle de référence connu, ainsi que pour fournir des données sur les conditions de base de la structure de la communauté benthique actuelle pour l'examen des tendances temporelles.

Localisation des stations d'échantillonnage benthique sur le lac des Bois de 2008 à 2010. En médaillon, nous voyons les stations du bassin nord du lac près de Kenora, en ON. L'approche du RCBA d'Environnement Canada a été utilisée pour caractériser la communauté benthique.



Communautés algales : Liens entre les régimes physico-chimiques, les taxons et les toxines

Le LDB se situe dans la plage moyenne (méso-eutrophe) des lacs nordiques tempérés quant aux liens phosphore total-biomasse algale, bien que la biomasse présente une variance significative pour tout niveau donné de phosphore total

En général, les échantillons du printemps sont dominés par une biomasse de diatomées du LDB ou d'autres taxons eucaryotes. Tel qu'observé lors d'études antérieures, l'espèce prédominante causant les proliférations étendues de la fin de l'été/de l'automne sont les cyanobactéries fixant l'azote (N₂), dont la plupart (complexe *Aphanizomenon flos aquae*) ne sont pas reconnues comme toxiques. Bien que les échantillons de la couche de mélange puissent contenir de faibles niveaux de toxines, ces dernières peuvent devenir très concentrées, par exemple, durant les conditions

calmes lorsque la flottabilité contrôlant les cyanobactéries peut former des écumes à la surface. Ces proliférations en surface peuvent être transportées vers les zones littorales par le vent et la circulation de l'eau et représentent un risque significatif pour ces zones.

Une forte augmentation du sud au nord des picocyanobactéries riches en phycoyanine (PEr) a été observée, et alors que les picocyanobactéries riches en phycoérythrine (PCy) étaient généralement plus abondantes, elles n'ont affiché aucune configuration spatiale distincte du sud au nord. L'abondance des picocyanobactéries riches en PE semble être le plus fortement affectée par une contrainte non associée aux nutriments telle que la transparence et l'affaiblissement spectral, alors que le picoplancton PC et eucaryote peut être affecté par la lumière et les nutriments. Somme toute, l'abondance bactérienne est plus élevée que celle du picoplancton autotrophe. Le peu de données disponibles suggère que le nombre de bactéries n'est pas directement dérivé à partir de l'écoulement de la rivière à la Pluie et démontre une forte saisonnalité dans l'abondance du picoplancton autotrophe (PPA) et du picoplancton hétérotrophe (PPH) qui atteint une pointe au milieu ou à la fin de l'été.

Comme il y avait une grande variation au niveau des indicateurs de déficience, l'ensemble de la preuve suggère que, bien que le phosphore soit ultimement limitant sur une période temporelle plus grande, des déficiences à plus court terme au niveau d'autres ressources limitantes sont susceptibles de se produire. Somme toute, les résultats suggèrent : i) une déficience générale plus grande en phosphore dans les segments du nord, et une augmentation générale de la déficience en phosphore au milieu et à la fin de l'été dans l'ensemble du lac; ii) des changements saisonniers de la déficience en phosphore et en azote et la possibilité d'une co-limitation à la fin de l'été et à l'automne avec des augmentations de fixateurs d'azote; iii) un lien fort entre les faibles niveaux de silice et la déficience en plancton, spécialement au début de la saison dans les secteurs sud, et plus tard dans la saison dans les zones nord.

Conclusions et recommandations

Des préoccupations locales et nationales par rapport aux proliférations nuisibles et potentiellement toxiques de cyanobactéries (*alias* algues bleu-vert) et le déclin de la qualité de l'eau du lac des Bois (LDB) ont incité la formation de l'Initiative scientifique du lac des Bois de la part d'Environnement Canada en 2008 comme partie d'un programme plus large afin d'évaluer et de restaurer la qualité de l'eau en déclin du lac Winnipeg. Nos buts étaient d'aborder les lacunes clés au niveau des connaissances (*alias* algues bleu-vert) et le déclin de la qualité de l'eau du lac des Bois (LDB) ont incité la formation de l'Initiative scientifique du lac des Bois de la part d'Environnement Canada en 2008 comme partie d'un programme plus large afin d'évaluer et de restaurer la qualité de l'eau en déclin du lac Winnipeg. Nos buts étaient d'aborder les lacunes clés au niveau des connaissances¹ et d'augmenter notre compréhension par rapport au transport et au cycle des nutriments dans le LDB, ainsi que leurs rôles dans le développement des proliférations d'algues et de l'intégrité du lac. Ceci aidera à générer une compréhension de base de l'écologie de ce lac et assurera que les décisions de gestion des ressources mèneront à sa durabilité à long terme.

EC a travaillé sur le LDB au cours des trois dernières années avec des partenaires binationaux, provinciaux, régionaux et locaux afin de développer un programme de gestion des nutriments et des proliférations algales axé sur les sciences à l'intérieur d'un cadre de travail socioéconomique viable, basé sur des cibles écologiquement pertinentes et s'appuyant sur le travail et l'expertise déjà en place. Certains des résultats clés de cette initiative et d'autres sont présentés annuellement lors des Forums internationaux sur la qualité de l'eau du lac des Bois tenus à International Falls, la rencontre professionnelle primaire des scientifiques et des gestionnaires en ressources œuvrant dans les bassins du LDB et de la rivière à la Pluie.

Environnement Canada a travaillé en partenariat dans différents projets sur le LDB, visant à augmenter notre aptitude à prédire et à gérer les proliférations algales et d'autres questions portant sur la qualité de l'eau de ce plan d'eau complexe. Le LDB inclut un vaste bassin sud peu profond et mixte, et une suite complexe de sous-bassins nord comportant de nombreuses îles et quelques baies profondes et stratifiées. Cette complexité et différence significative dans la composition du bassin (bouclier glacial) et de la chimie de l'eau rendent le développement d'une approche de gestion et de compréhension intégrée de ce système extrêmement difficile. La vaste taille et la complexité de ce système rendent difficile le développement et la mise en œuvre pratiques, économiquement possibles et efficaces de programmes de monitoring et de gestion, et Environnement Canada a été à l'avant-garde des efforts afin de développer et de valider des outils pour surmonter ces enjeux en utilisant une approche à plusieurs échelles. Nos projets à grande échelle ont inclus la télédétection et des modèles de l'ensemble du lac qui unissent les éléments physico-chimiques et biologiques afin de prédire les niveaux de nutriments et les risques associés de proliférations algales dans ce plan d'eau comportant plusieurs bassins. En conjonction avec ceci, une capacité de télédétection a été développée comme outil pour cartographier et analyser la sévérité, la composition et la dynamique spatio-temporelle des proliférations algales dans ce lac sur une base saisonnière à long terme. À une échelle plus fine, les échantillons de qualité de l'eau ont été prélevés à des sites d'échantillonnage à travers tous les principaux bassins du LDB afin d'évaluer les apports et la répartition des nutriments et des autres facteurs qui déterminent la fréquence, la sévérité et les configurations spatio-temporelles des proliférations algales et leur toxigénicité. Finalement, différents éléments du réseau trophique aquatique inférieur ont été examinés (micro-brouteurs, faune benthique et algues incluant les cyanobactéries) pour aider à jauger leurs réponses aux caractéristiques physiques et chimiques de leur environnement. Les données de qualité de l'eau et de limnologie physique amassées dans le cadre de ce travail par les collaborateurs chez Environnement Canada ainsi que les agences partenaires telles que le ministère de l'Environnement de l'Ontario, et le Minnesota Pollution Control Agency, contribuent aussi aux modèles de nutriments du LDB.

L'Initiative de monitoring du LDB a été initialement guidée par un besoin d'aborder les lacunes au niveau des connaissances qui avaient été identifiées comme restrictions à la compréhension des enjeux associés aux nutriments dans le bassin. Depuis le début du travail, le programme a commencé à fournir de l'information sur de nombreuses questions clés dans le bassin. Présentement, l'information provenant du monitoring de

la qualité de l'eau du LDB contribue à une meilleure compréhension des estimations de la séquestration des charges en nutriments pour la rivière Winnipeg, le principal débit sortant du lac. Les enjeux relatifs aux nutriments du LDB sont aussi très semblables à ceux du lac Winnipeg, et la connaissance acquise à un endroit sera directement transférable à l'autre. Finalement, l'Arrangement de collaboration internationale multi-agences (ACIMA) travaille à établir des cibles de charges en nutriments pour le LDB, et le monitoring en cours fournira de l'information au processus de prise de décision, ainsi qu'une base pour suivre l'efficacité de ces décisions. Nous recommandons le développement d'un programme de monitoring à long terme de la qualité de l'eau pour le lac des Bois, en collaboration avec les autres membres de l'ACIMA. Présentement, le programme de monitoring peut aider les décideurs en fournissant l'information quant aux concentrations du lac et aux charges en nutriments via des mesures directes, ainsi qu'à travers une modélisation et une évaluation approfondies. Cependant, des données à long terme de la qualité de l'eau seront nécessaires à l'amélioration des estimations des charges en nutriments, ce qui fournirait aux décideurs un portrait plus complet des enjeux associés aux nutriments dans le bassin.

Les modèles actuels de nutriments reposent sur les estimations des dépôts aériens de la région des lacs expérimentaux (RLE), au lieu de ceux de l'intérieur du bassin du LDB lui-même. Les données de la RLE sont précieuses car elles fournissent une estimation des dépôts aériens à long terme et incluent les composantes humides et sèches. Alors que les données de nos trois échantillonneurs de précipitations humides d'Environnement Canada sont limitées à une période temporelle plus courte et incluent seulement les précipitations humides, elles indiquent une variation spatiale significative des concentrations de phosphore dans les précipitations humides qui ne serait pas capturée par un échantillonneur dans un site unique. Présentement, nos trois échantillonneurs de précipitations humides à l'intérieur du bassin ont été retirés. Le monitoring prolongé des apports en nutriments provenant des dépôts aériens à l'intérieur du bassin du LDB est recommandé afin de caractériser de façon plus approfondie cette composante du bilan en nutriments.

Alors que la modélisation préliminaire du comportement du lac a été conduite, l'exploration supplémentaire et la modélisation finale des données exigeront un support prolongé. Plusieurs lacunes au niveau des données n'ont pas été abordées lors de ces trois premières années d'échantillonnage. L'analyse temporelle du bassin doit être élargie pour comprendre davantage le cycle des nutriments et son effet sur les espèces de phytoplancton du lac.

Une source potentielle de nutriments pour le LDB, les charges littorales résultant des chalets et d'autre développement, n'est pas clairement comprise et n'a pas été abordée par les efforts actuels. Les estimations préliminaires des apports septiques/en eaux usées provenant du lac suggèrent que bien qu'ils puissent constituer une portion relativement mineure du bilan total en nutriments pour le LDB, ils peuvent contribuer de façon significative à la charge en nutriments (Hargan et al. 2011) dans les baies comportant un développement riverain. Une enquête visant à déterminer les impacts des apports en nutriments dans les baies comportant un développement extensif de

chalets sur les conditions locales de qualité de l'eau et le biote peut être particulièrement intéressante dans les baies qui ont été identifiées comme d'importantes pouponnières à poisson.

Le monitoring des niveaux de nutriments et de mercure en provenance de la rivière à la Pluie vers le LDB devraient se poursuivre. La rivière à la Pluie constitue la source dominante de nutriments vers le LDB. Les efforts de mise au point du bilan en nutriments et de réduction des charges dans le futur s'appuieront sur le monitoring prolongé de cette importante source. L'échantillonnage de routine de la rivière à la Pluie a été effectué grâce à des contrats accordés à des collecteurs locaux, mais ne pouvait se poursuivre sans financement supplémentaire. À l'avenir, il est possible que les efforts d'atténuation et de conformité puissent s'orienter vers le monitoring axé sur les charges. Afin d'estimer les charges provenant de la rivière à la Pluie vers le LDB, des données sur les rejets provenant de la proximité de l'embouchure de la rivière à la Pluie sont nécessaires. Ces données sont présentement en voie de développement à une jauge temporaire située à Wheelers Point, au MN. Bien que la jauge réside aux États-Unis, nous notons que les données de cette jauge sont utiles à notre programme de monitoring.

Les proliférations algales continuent d'être une préoccupation majeure auprès des parties intéressées et de la gestion locales, avec le potentiel de toxines et d'impacts sévères sur la qualité de l'eau, les industries récréatives et touristiques, et la valeur de la propriété. Le modèle prédominant indique que les proliférations algales sont originaires du sud et se déplacent vers les bassins nord; cependant, l'évidence suggère que ces proliférations constituent des populations séparées qui se développent indépendamment en réponse aux apports locaux en nutriments et aux processus panlacustres. C'est une question importante qui comporte des conséquences sur le dépistage et le contrôle des causes de ces proliférations (i.e., locales et à travers le bassin), la prédiction et la gestion des toxines, et le développement de modèles valides de gestion des nutriments et de la biomasse. Aborder cette question-solution clé par rapport aux différentes populations de plancton exige une étude sur plusieurs années utilisant une combinaison de méthodes taxonomiques et moléculaires accompagnées d'une modélisation physique, de mesures de la qualité de l'eau et de la télédétection.

Bien que des échantillons de couches mixtes puissent contenir de faibles niveaux de toxines, ces dernières peuvent devenir très concentrées, par exemple lors de conditions calmes quand la flottabilité régissant les cyanobactéries peut former des écumes en surface. Plusieurs sources de toxines variant entre les saisons et les bassins sont possibles dans le LDB, ce qui pourrait être résolu en utilisant une approche physiologique et moléculaire plus centrée afin de fournir une connaissance importante quant à la prédiction et à la gestion des toxines dans le LDB. Certaines des cyanobactéries identifiées dans ce lac ont été rapportées comme productrices d'autres toxines cyanobactériennes (anatoxine-a, saxitoxine), mais jusqu'à présent, elles n'ont pas été mesurées dans le LDB, et le traitement de ces toxines lors d'études à venir est recommandé.

De la perspective d'observation terrestre, un progrès important a été accompli dans le domaine du monitoring des proliférations algales utilisant la télédétection via satellite, avec des méthodes validées et clairement démontrées comme utiles aux activités de monitoring du LDB. Les technologies de télédétection offrent non seulement la capacité d'identifier et d'évaluer les impacts à l'échelle du bassin entier, mais peuvent aussi fournir des données historiques hautement nécessaires par rapport aux impacts des nutriments. Afin de rendre disponible un tel traitement et une analyse d'images à la communauté d'utilisateurs sur une base opérationnelle, un travail supplémentaire est requis. Des efforts additionnels sont nécessaires en recherche et développement (R et D) afin : (1) de développer davantage les méthodes pour discriminer la composition des proliférations algales (avec un intérêt particulier pour les cyanobactéries potentiellement nuisibles), (2) d'investiguer plus profondément les effets des distributions variables des algues selon la profondeur sur les signaux de la télédétection, (3) de déterminer l'effet de la qualité variable de la lumière (spectrale et intensité) sur la croissance algale et (4) d'investiguer plus en profondeur le rôle des processus physiques sur la dynamique des proliférations algales dans le lac.

Finalement, un important travail reste à accomplir quant aux questions relatives aux sédiments dans le LDB. Les invertébrés benthiques sont présentement utilisés comme indicateurs biologiques de la qualité de l'eau et des sédiments du LDB à travers le programme du RCBA. À l'heure actuelle, nous n'avons pas un ensemble de données suffisant pour bâtir adéquatement un modèle de référence pour caractériser la communauté d'invertébrés benthiques du LDB et détecter les dégradations de cette communauté. Une couverture spatiale améliorée du lac est nécessaire, particulièrement dans les zones productives peu profondes du lac. L'échantillonnage des sédiments est aussi utilisé pour aborder les préoccupations dans le bassin par rapport aux charges internes en phosphore comme moteur de proliférations algales.

WWW.ec.gc.ca

Pour des renseignements supplémentaires :

Environnement Canada

Informathèque

10, rue Wellington, 23^e étage

Gatineau (Québec) K1A 0H3

Téléphone : 1-800-668-6767 (au Canada seulement) ou 819-997-2800

Télécopieur : 819-994-1412

ATS : 819-994-0736

Courriel : enviroinfo@ec.gc.ca