

Programme du bassin du Lac Winnipeg

Points saillants du plan scientifique 2017-
2022



Environnement et
Changement climatique Canada

Environment and
Climate Change Canada

Canada 

N° de cat. : En4-540/2023F-PDF
ISBN : 978-0-660-48621-5

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 et Changement climatique 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 et Changement climatique Canada
Centre de renseignements à la population
12^e étage, édifice Fontaine
200, boulevard Sacré-Cœur
Gatineau (Québec) K1A 0H3
Téléphone : 819-938-3860
Ligne sans frais : 1-800-668-6767 (au Canada seulement)
Courriel : ec.enviroinfo.ec@canada.ca

Photos : © Environnement et Changement climatique Canada

© Sa Majesté le Roi du chef du Canada, représenté par le ministre de l'Environnement et du Changement climatique, 2023

Also available in English

Table des matières

Introduction.....	1
Surveillance des affluents.....	1
Modélisation des bassins versants.....	2
Sources et transport des nutriments dans les paysages agricoles.....	5
Évaluation des processus dans les cours d'eau affectant le transport des nutriments.....	6
Écologie du lac.....	8

Introduction

Par l'intermédiaire du Plan d'action sur l'eau douce, le budget 2017 a fourni 25,7 M\$ au Programme du bassin du lac Winnipeg, exécuté par Environnement et Changement climatique Canada (ECCC). De ce financement, 8,46 M\$ sur 5 ans ont été consacrés à la mise en œuvre d'un plan scientifique pour le lac Winnipeg, afin de mener des recherches scientifiques sur l'eau douce et la qualité de l'eau pour mieux comprendre la complexité des problèmes auxquels sont confrontés le lac Winnipeg et son vaste bassin. Le plan scientifique comprenait quatre objectifs :

- Assurer la surveillance pour évaluer les progrès et suivre les changements
- Mener des recherches sur les sources de nutriments et leurs voies de transport vers le lac
- Mener des recherches sur les composantes de l'écosystème du lac en vue d'atteindre un équilibre nutritif durable
- Produire des rapports sur les progrès réalisés en vue du rétablissement de la santé du lac Winnipeg

Le financement antérieur d'ECCC pour le volet scientifique du lac Winnipeg a consisté à caractériser le lac pour soutenir l'établissement de cibles concernant les nutriments et à lancer des études du bassin hydrographique afin d'orienter la planification de la gestion des nutriments. Les efforts scientifiques de la phase 2017-2022 ont poursuivi les travaux et visent à mieux connaître la migration des nutriments vers les cours d'eau et à comprendre les répercussions des facteurs externes tels que la variabilité climatique et les espèces envahissantes sur l'équilibre nutritif du lac. Ce résumé présente les avancées scientifiques et les résultats obtenus grâce au financement du Programme du bassin du lac Winnipeg.

Surveillance des affluents



Les activités de surveillance à long terme de la qualité de l'eau menées par ECCC dans le bassin du lac Winnipeg comprennent la mesure des concentrations de nutriments (et d'autres paramètres) dans les cours d'eau transfrontaliers entre le Canada et les États-Unis, transfrontaliers au sein du Canada et dans quatre affluents de l'est du lac Winnipeg. Les données sont utilisées par ECCC pour établir l'état de la qualité de l'eau des cours d'eau et sont communiquées par le biais de divers mécanismes, notamment l'indicateur canadien de durabilité de l'environnement : *Qualité de l'eau des cours d'eau canadiens*. Les données de surveillance sont également utilisées pour

suivre l'état des objectifs de qualité de l'eau établis, tels que ceux de la Régie des eaux des provinces des Prairies et du Conseil international de la rivière Rouge.

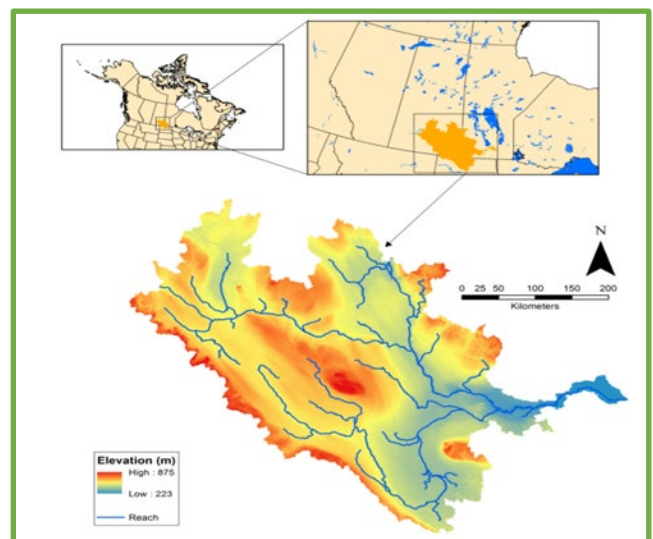
Modélisation des bassins versants

Les chercheurs développent des modèles de bassins versants pour mieux comprendre la charge en nutriments du lac Winnipeg. Différents modèles sont appliqués en fonction de l'échelle géographique de l'analyse et des questions posées. Des modèles statistiques et des modèles basés sur les processus sont utilisés pour mieux comprendre la provenance des nutriments, la manière dont les différentes pratiques de gestion peuvent être utilisées pour réduire la perte de nutriments et la façon dont les prévisions climatiques futures pourraient modifier l'hydrologie et le transport des nutriments dans le bassin.



Les modèles des bassins des rivières Rouge et Assiniboine sont une priorité, puisqu'ils fournissent la plupart des nutriments au lac Winnipeg, en particulier le phosphore. L'outil d'évaluation du sol et de l'eau (SWAT) a été utilisé pour évaluer l'origine des nutriments et la manière dont différents scénarios de gestion peuvent être utilisés pour réduire la charge en nutriments dans le cadre des scénarios climatiques actuels et futurs. Des modèles distincts ont été développés pour le bassin de la rivière Rouge et celui de la rivière Assiniboine. Le modèle SWAT du bassin de la rivière Rouge a été efficace dans les stations du cours principal, contrairement aux stations des affluents. Les travaux se poursuivent pour améliorer le modèle en tenant compte de processus supplémentaires, tels que les réservoirs, les lacs, les zones humides, les sources ponctuelles, les utilisations de l'eau, le drainage par tuyaux et les pratiques de gestion des pâturages et du fumier. Le modèle actualisé évaluera d'autres scénarios de gestion des nutriments et la manière dont leur transport peut changer en fonction des scénarios climatiques futurs. Le travail sur le modèle SWAT du bassin de la rivière Assiniboine

était axé sur le développement d'une composante hydrologique améliorée qui a permis la représentation



de zones contributives variables, améliorant la simulation de l'écoulement des cours d'eau et de la dynamique des nutriments. Le modèle a été appliqué à la période actuelle pour valider le régime hydrologique du bassin de la rivière Assiniboine, puis pour quantifier les impacts potentiels du changement climatique sur l'hydrologie du bassin. Ces résultats suggèrent que le climat futur projeté entraînera une augmentation globale des débits en hiver et au début du printemps ainsi que des débits annuels dans toutes les stations. Les projections suggèrent également des diminutions des débits à la fin du printemps et en été, en particulier dans les eaux d'amont du bassin. Des travaux sont en cours pour modéliser le transport des nutriments dans les climats actuels et futurs selon différents scénarios de gestion, afin d'évaluer leur impact sur la réduction de la charge.

Une évaluation statistique de la charge en nutriments pour le bassin combiné de la rivière Rouge et de la rivière Assiniboine a été modélisée à l'aide d'une version bayésienne du modèle de régression par coordonnées spatiales appliquées aux bassins hydrographiques (SPATIally Referenced Regression On Watershed attributes ou SPARROW). Le modèle produit des estimations des charges de phosphore supplémentaires et livrées pour chaque bassin versant dans le grand bassin combiné des rivières Rouge et Assiniboine. La charge supplémentaire représente la quantité de phosphore générée dans un bassin versant, alors que la charge livrée représente la quantité de phosphore provenant de ce bassin versant qui atteint le lac Winnipeg. Ainsi, la charge livrée tient compte des pertes de nutriments en cours de route dues au stockage et à l'assimilation. Les travaux futurs appliqueront le cadre de modélisation aux charges d'azote.



Historiquement, le régime hydrologique du bassin du lac Winnipeg est dominé par la neige, ce qui signifie que la neige et sa fonte ultérieure ont la plus grande influence sur l'hydrologie de la région. Le régime hydrologique devrait changer selon les prévisions climatiques futures, qui prévoient un réchauffement et des précipitations plus intenses. Pour comprendre les répercussions futures sur le régime nivologique des bassins des rivières Assiniboine et Rouge, un modèle de neige basé sur les processus a été élaboré et utilisé pour

analyser les réponses historiques et futures du régime nivologique aux facteurs climatiques (température et précipitations). Pour le climat futur, des augmentations de la température moyenne mondiale de 1 °C à 3 °C par rapport à la période préindustrielle ont été simulées. Les projections de l'équivalent en eau de

la neige indiquent des pertes constantes pour les bassins des rivières Assiniboine et Rouge. Pendant la saison froide (octobre à mai), les quantités moyennes et maximales d'équivalent en eau de la neige devraient diminuer dans les deux bassins, et le moment où l'équivalent en eau de la neige atteint son maximum, qui est un indicateur du début de la fonte des neiges, devrait se situer plus tôt dans l'année pour les deux bassins. Parallèlement à la réduction de l'accumulation de neige et à la fonte précoce, la durée totale de la couverture neigeuse devrait également diminuer. Les résultats modélisés indiquent également que certaines parties des bassins de ces deux rivières passeront d'un régime dominé par la neige à un régime hybride pluie-neige. Ce changement implique une influence croissante des précipitations hivernales et printanières sur le processus de formation du ruissellement.

Pour comprendre les changements potentiels à plus grande échelle, une plateforme de modélisation virtuelle classée par bassin a été élaborée pour déterminer l'impact d'un réchauffement climatique sur le débit des cours d'eau de différents types de bassins versants dans le bassin du lac Winnipeg. Les bassins versants d'environ 100 km² situés dans la région des Prairies canadiennes, dans le bassin du lac Winnipeg, ont été classés à l'aide d'une méthode de regroupement intégrant des données géologiques,

topographiques et d'occupation des sols, ce qui a permis de créer sept classes de bassins versants. Des bassins virtuels pour chaque classe de bassin versant ont ensuite été construits à l'aide des caractéristiques médianes des divers bassins. Le cadre de modélisation a été appliqué pour évaluer la sensibilité hydrologique d'une classe de bassin (prairies de haute altitude) aux changements climatiques. Ces travaux ont révélé que les bassins de prairies de haute altitude sont sensibles aux changements climatiques, mais que l'impact varie sur le plan géographique. Par exemple, un scénario d'augmentation de 6 °C de la température et de 30 % des précipitations a généré des estimations d'une diminution de 40 % du ruissellement annuel de cette classe de bassin dans les conditions climatiques de la partie ouest du bassin du lac Winnipeg, mais d'une augmentation de 55 % du ruissellement de la même classe dans les conditions climatiques de la partie est. Ce cadre de modélisation est maintenant appliqué à toutes les classes de bassins, afin de mettre à l'essai une variété de scénarios climatiques et de gestion des terres (par exemple, le drainage des zones humides).

Le saviez-vous?

La modélisation suggère que, dans le bassin de la rivière Rouge, selon un scénario de changement climatique prévoyant un réchauffement de 3 °C et une augmentation de 10 % des précipitations, le débit annuel des cours d'eau augmenterait en moyenne de 20 %.

Sources et transport des nutriments dans les paysages agricoles



Plus de la moitié des terres du bassin du lac Winnipeg sont utilisées pour la production agricole. Les eaux de ruissellement provenant de cette zone contribuent de manière significative à la charge diffuse de nutriments dans le bassin. Les chercheurs continuent à mettre l'accent sur une meilleure compréhension de la charge en nutriments des paysages agricoles et sur l'étude de l'efficacité des pratiques de gestion bénéfiques (PGB) pour réduire la perte de nutriments.

Un examen complet des PGB et de leur applicabilité dans les grandes plaines du Nord a été entrepris. L'examen portait sur l'efficacité d'une série de PGB dans le contexte du ruissellement de nutriments dissous, essentiellement dû à la fonte des neiges, qui domine l'alimentation des eaux de surface dans le bassin du lac Winnipeg. Les pratiques basées sur la végétation, telles que les cultures de couverture et les zones tampons riveraines, ont été jugées moins efficaces dans ces conditions, mais les pratiques retenant l'eau sur le sol se sont avérées plus prometteuses. Cela sera d'autant plus important à l'avenir, puisque les travaux de modélisation prévoient une augmentation du ruissellement dans le cadre d'un changement climatique.

Des travaux sur le pâturage hivernal avec balles de foin ont montré que, bien que la fertilité du sol ait été améliorée, le transport des nutriments dans le ruissellement de la fonte des neiges a augmenté durant l'année d'alimentation et, dans le cas du phosphore, l'augmentation s'est poursuivie les années suivantes. Ce travail montre que le choix des sites d'alimentation hivernale doit réduire au minimum la connectivité hydrologique avec les masses d'eau de surface afin de réduire au minimum le transport des nutriments. De même, les essais d'exportation de nutriments par le fumier suggèrent que l'épandage de précision du fumier de bovins, qui réduit les taux sur les parties du paysage liées à l'hydrologie et évite les zones où l'eau s'accumule, est susceptible de réduire le transport de nutriments dans les eaux de ruissellement.

Le saviez-vous?

Des études montrent que la PGB de « prélèvement du phosphore dans le sol », qui réduit la quantité de phosphore dans le sol en réduisant l'épandage d'engrais combiné à l'enlèvement de la récolte, peut diminuer les charges de phosphore sans affecter les rendements de cultures.

Plusieurs projets étaient axés sur l'amélioration des connaissances relatives aux pertes d'azote et de phosphore par ruissellement. Deux études sur la fonte des neiges, l'une sur la repousse des cultures après la récolte et l'autre sur la végétation des fossés, ont mis en évidence une perte accrue de nutriments par la végétation dans le ruissellement de la fonte des neiges. La dynamique temporelle à fine échelle de la libération de nutriments à partir des résidus végétaux pendant la fonte des neiges a été étudiée aux fins de l'élaboration d'un modèle mathématique basé sur les processus pour caractériser les pertes de nutriments. D'autres

aspects de la libération des nutriments pendant la fonte des neiges ont été simulés à l'aide du modèle Winter Nutrient Transport (WINTRA). Les relations de concentration du phosphore dans le débit ont été examinées et des calages adéquats du modèle ont été trouvés dans les bassins versants à pente modérée avec de grandes zones de drainage effectives. Des données provenant de plusieurs sites du Manitoba ont été combinées pour établir une relation prédictive entre la teneur en phosphore du sol et la perte de phosphore dans les eaux de ruissellement.

Évaluation des processus dans les cours d'eau affectant le transport des nutriments

Les nutriments rejetés dans les affluents du bassin du lac Winnipeg ne sont pas tous transportés en aval vers le lac Winnipeg. Les processus écologiques dans les cours d'eau peuvent assimiler et transformer les nutriments, les rendant ainsi indisponibles pour le transport. Les chercheurs ont mené trois études distinctes pour mieux comprendre certains de ces processus et leurs conséquences pour le lac Winnipeg.

Dans la première étude, on s'est basé sur les isotopes stables de l'azote pour déterminer les principales sources d'azote dans les réseaux trophiques des cours d'eau de la vallée de la rivière Rouge. Ces travaux ont montré que les sources d'eaux usées (humaines ou animales) apportaient une plus grande



proportion d'azote aux réseaux trophiques des cours d'eau que les sources d'engrais, et que les sources de déchets contribuaient relativement plus aux réseaux trophiques en été qu'au printemps. Bien que les étangs d'eaux usées déversent des effluents sous forme de rejets pulsés à court terme, l'influence des eaux usées sur l'azote du réseau trophique a été observée à partir du rejet en été jusqu'au

printemps suivant. Une analyse distincte a montré une forte corrélation entre la quantité d'eaux usées dans le bassin versant d'un affluent et la concentration d'azote dans les indicateurs des macro-invertébrés benthiques, ce qui suggère que les sources d'eaux usées humaines représentent la source dominante d'azote.

Dans la seconde étude, le calendrier et la contribution relative des nutriments provenant des engrais et des sources de déchets humains et animaux aux sources d'eau de surface ont été examinés plus en détail, en combinant l'utilisation de l'analyse des isotopes naturels avec l'analyse des édulcorants artificiels pour distinguer les sources d'eaux usées humaines et animales. Ces travaux ont montré que, dans les affluents de la vallée de la rivière Rouge, le fumier était la principale source d'azote pendant la fonte des neiges, tandis qu'au printemps et en été, les eaux usées et les engrais représentaient d'importantes sources d'azote dans les cours d'eau. Ces affluents constituent une source importante d'eaux usées humaines et animales pour la rivière Rouge en été et en automne, lorsque les effluents sont libérés du stockage dans ces cours d'eau.

Dans la troisième étude, le sort des nutriments provenant de rejets épisodiques d'effluents d'étangs d'eaux usées municipaux a été déterminé en examinant les concentrations de nutriments en aval d'un étang d'eaux usées municipal. Cette étude a montré que la transformation et la rétention des nutriments variaient en fonction du débit et de la température. La transformation la plus efficace pour l'azote avait lieu en été, lorsque le débit était faible. La demande en phosphore était faible, ce qui suggère que l'azote représentait le nutriment limitant dans le cours d'eau. L'étude a également montré que les rejets épisodiques d'eaux usées peuvent dépasser le traitement et la transformation des nutriments des eaux

usées pendant les rejets d'effluents, et que les nutriments peuvent se retrouver dans la rivière Rouge et dans le lac Winnipeg par la suite. Par conséquent, au lieu de déverser des effluents de manière pulsée, des déversements lents et continus peuvent contribuer à l'assimilation des nutriments dans le cours d'eau.

Écologie du lac

Les scénarios de modélisation utilisés pour établir les objectifs de concentration en nutriments pour le lac Winnipeg suggèrent que des réductions considérables de la charge en nutriments doivent avoir lieu pour améliorer la santé du lac. Bien que les objectifs aient été établis et reposent sur les meilleures connaissances scientifiques disponibles, plusieurs lacunes ont été relevées après l'achèvement des travaux de modélisation dans le cadre du précédent cycle de financement du programme, notamment des questions



concernant l'impact des moules zébrées sur le réseau trophique du lac, une connaissance limitée de la dynamique du phosphore dans les sédiments et des communautés planctoniques et microbiennes du lac, ainsi que la nécessité d'améliorer le modèle du lac afin de tenir compte des processus manquants. Des travaux ont été amorcés dans le cadre du plan scientifique afin de combler certaines de ces lacunes.

Un protocole de surveillance a été élaboré pour la collecte de données sur la chimie de l'eau, la végétation, le phytoplancton, le zooplancton et les macro-invertébrés benthiques sur neuf sites accessibles par la route le long des deux bassins du lac et sur des sites situés dans le marais de Netley-Libau. Une évaluation de l'état et de la tendance de la perte de végétation émergente dans le marais de Netley-Libau a indiqué que le changement de végétation a été variable. De plus, les périodes d'étiage,

Le saviez-vous?

La fréquence de détection des moules zébrées dans le lac Winnipeg est passée de 8 % à 32 % entre 2017 et 2019, la densité de colonisation du bassin sud étant considérée comme modérée.

aussi courtes qu'une année, entraînent un développement de la végétation pouvant s'échelonner sur plus de dix ans. La distribution, la densité, la biomasse et les caractéristiques des populations de moules zébrées ont également été documentées dans le lac. Les données de 2017 à 2019 indiquent que les moules zébrées ont colonisé la plupart des substrats durs disponibles dans le bassin sud et la région des

Narrows, mais que la colonisation du bassin nord était faible. Les densités moyennes à l'échelle du lac ont augmenté de 2017 à 2019, mais sont restées globalement faibles en raison des nombreux sites présentant une absence de moules. La répartition semble être limitée par le type et la disponibilité du substrat, en particulier dans les zones plus profondes du lac, mais aussi par des perturbations physiques, probablement dues à l'action des vagues et à l'affouillement par la glace des substrats adéquats dans les eaux peu profondes. Les moules zébrées âgées de moins d'un an étaient majoritaires alors que les moules plus grandes se faisaient rares.

Des estimations de la libération de phosphore par les sédiments et de leur capacité à stocker le phosphore sont nécessaires pour améliorer les modèles du cycle des nutriments dans le lac. Pour combler cette lacune, des carottes de sédiments ont été prélevées afin d'évaluer les concentrations de phosphore et leurs formes de liaison et d'estimer les flux diffusifs de phosphore. Les résultats préliminaires indiquent que les processus d'immobilisation du phosphore peuvent différer entre les sédiments du bassin nord et ceux du bassin sud. Dans le bassin nord, les données suggèrent que les sédiments peuvent être une source nette de phosphore pour les eaux sus-jacentes, alors que dans le bassin sud, même si ce dernier présente un taux élevé de phosphore, les sédiments qui s'y trouvent ont une plus grande capacité à retenir le phosphore que ceux du bassin nord.

Les travaux visant à caractériser les communautés phytoplanctoniques et microbiennes du lac Winnipeg et à étudier les facteurs qui influent sur leur distribution afin de mieux comprendre et prévoir l'occurrence des efflorescences algales nuisibles dans le lac ont été lancés. Une évaluation du métabolisme microbien des sédiments à l'interface sédiments-eau afin de mieux comprendre les périodes potentielles d'anoxie ou de faible teneur en oxygène ainsi que la manière dont les microbes peuvent influencer sur le cycle des nutriments dans le lac est également en cours.

Dans le cadre d'un financement antérieur, la télédétection par satellite a été utilisée pour développer une série d'indices de prolifération des algues (durée, étendue, intensité et gravité de la prolifération) pour le lac Winnipeg. Outre la poursuite de la communication des indices de prolifération, le plan scientifique a également permis d'améliorer les méthodes utilisées pour acquérir et traiter les données, les algorithmes utilisés pour générer les indices, ainsi que le développement de nouvelles méthodes pour combler les lacunes dans les données et de nouveaux indices de clarté de l'eau. Un système a été élaboré pour automatiser entièrement l'acquisition et le traitement d'images satellites à



l'aide des données du capteur OLCI du satellite Sentinel-3 de l'Agence spatiale européenne. Les images et les indices d'efflorescence dérivés sont désormais produits quotidiennement, distribués en temps quasi réel via le portail Web [AttentionLacsOT](#) et compilés dans des rapports annuels sur l'efflorescence pour le lac.

Le saviez-vous?

Depuis 2002, l'étendue spatiale maximale annuelle des efflorescences algales a varié d'environ 25 % à 88 % de la superficie du lac.

Le modèle d'écosystème du lac développé dans le cadre d'un précédent programme de financement a été révisé à l'aide des données à plus haute résolution, passant d'une résolution spatiale horizontale de 2 km à 500 m. La bathymétrie du lac a été mise à jour à l'aide de levés bathymétriques récents, afin de résoudre avec une plus grande précision la bathymétrie complexe du littoral et des Narrows. Le modèle du lac a également été utilisé pour exécuter des scénarios à l'aide d'une combinaison d'observations basées sur des bouées (p. ex. débit, température) et des résultats du modèle global. Le modèle du lac peut actuellement simuler l'hydrodynamique tout au long de l'année, comme les échanges de flux entre bassins, la formation et la fonte des glaces, les changements temporels dans la stratification et les schémas de circulation, et peut être utilisé pour évaluer l'écosystème du lac à l'année, y compris pendant les périodes de glace.

Enfin, la deuxième édition du rapport sur l'état du lac Winnipeg a été publiée en 2020. Ce rapport complet est axé sur 14 mesures clés de l'écosystème du lac Winnipeg. Le rapport indique qu'aucun changement extrême n'a été détecté dans le lac, mais que sa charge en nutriments reste élevée par rapport aux taux de charge historiques. Le rapport a également souligné qu'il subsistait une lacune importante quant à l'intégration des connaissances autochtones dans la compréhension des incidences actuelles et des risques futurs pour le lac. Des questions ont été soulevées concernant l'impact des espèces envahissantes, les changements climatiques et les effets des microplastiques sur le réseau trophique aquatique.



Pour de plus amples renseignements, veuillez communiquer avec le Programme du bassin du lac Winnipeg à l'adresse suivante : LW.Info@ec.gc.ca