

Comité de gestion adaptative des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent (GAGL)

Résumé des répercussions du niveau d'eau et des conditions observées dans le bassin des Grands Lacs en 2017 à l'appui de l'évaluation continue du plan de régularisation

13 novembre 2018



Rapport aux conseils des Grands Lacs et à la Commission mixte internationale pour la période du 1^{er} janvier au 31 décembre 2017

Photo de couverture : En haut à gauche : Érosion de dunes le long du lac Supérieur sur la pointe du parc Duluth (Photo : Bob King / rking@duluthnews.com; en haut à droite : crue près de Fair Haven, New York (Photo : U.S. Army Corps of Engineers, juin 2017); en bas à gauche : inondation côtière et affouillement de la plage près d’Ontonagon, au Michigan (lac Supérieur) après la tempête du 24 octobre 2017 (Photo de T. Lancioni, 2017); en bas à droite : lac Saint-Pierre (Pierreville) dans la municipalité régionale de comté de Nicolet-Yamaska (Photo : Programme national de surveillance aérienne de Transports Canada, mai 2017)

Membres du Comité GAGL

Le texte bleu identifie les affiliations à d’autres conseils et comités de la Commission mixte internationale.

États-Unis	Canada
Arun Heer, coprésident U.S. Army Corps of Engineers, Great Lakes and Ohio River Division Secrétaire, Conseil international du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent, Conseil international de contrôle du lac Supérieur	Wendy Leger, coprésidente Environnement et Changement climatique Canada
Don Zelazny New York State Department of Environmental Conservation	Jonathan Staples Ministère des Richesses naturelles et des Forêts de l’Ontario Membre du Comité de travail international de Niagara
David Hamilton The Nature Conservancy, Michigan	Patricia Clavet Ministère de l’Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec Membre du Conseil international du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent
Fred Luckey US Environmental Protection Agency	Susan Doka Pêches et Océans Canada
Drew Gronewold Great Lakes Environmental Research Laboratory, National Oceanic and Atmospheric Administration	Frank Seglenieks Environnement et Changement climatique Canada Coprésident du Comité de travail international de Niagara
Bill Werick	Jean Morin Environnement et Changement climatique Canada
Keith Koralewski U.S. Army Corps of Engineers, district de Buffalo Représentant substitut de l’entité de régularisation, Conseil international du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent	Rob Caldwell Environnement et Changement climatique Canada Secrétaire, Conseil international du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent, Conseil international de contrôle du lac Supérieur
John Allis U.S. Army Corps of Engineers, district de Detroit	Jacob Bruxer Environnement et Changement climatique Canada

Conseil international de contrôle du lac Supérieur Représentant substitut de l'entité de régularisation	Représentant de l'entité de régularisation, Conseil international de contrôle du lac Supérieur et Conseil international du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent
<i>Bryce Carmichael, co-secrétaire</i> U.S. Army Corps of Engineers, Great Lakes and Ohio River Division Secrétaire, Conseil international de contrôle de la rivière Niagara	<i>Mike Shantz, co-secrétaire</i> Environnement et Changement climatique Canada

REMARQUE : *Le Comité de gestion adaptative des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent (GAGL) a été mis sur pied par la Commission mixte internationale et il est constitué d'un nombre égal de membres du Canada et des États-Unis. Les membres du Comité sont nommés à titre amovible par la CMI et doivent participer pleinement à toutes les activités du Comité. Comme pour tous les conseils et comités de la Commission, les membres du Comité GAGL agissent à titre personnel et professionnel, et non comme représentants d'un organisme ou de leur employeur.*

Le Comité GAGL souhaite exprimer sa sincère reconnaissance aux partenaires suivants de leur contribution au présent rapport :

Du Canada :

Daniel Ferreira, Environnement et Changement climatique Canada, Burlington (Ontario)

Yin Fan, Environnement et Changement climatique Canada, Cornwall (Ontario)

Jamie Dickhout, Environnement et Changement climatique Canada, Cornwall (Ontario)

Marianne Bachand, Environnement et Changement climatique Canada, Québec (Québec)

Sylvain Martin, Environnement et Changement climatique Canada, Québec (Québec)

Mathieu Roy, Environnement et Changement climatique Canada, Québec (Québec)

Étudiants :

Jade Zavarella, Environnement et Changement climatique Canada (Université de Waterloo)

Findlay Yates-Lavery, Commission mixte internationale (Université d'Ottawa)

Des États-Unis :

Esther Johnson, US Army Corps of Engineers, Detroit

Melissa Kropfreiter, US Army Corps of Engineers, Detroit

Lauren Schifferle, US Army Corps of Engineers, Buffalo

Garrett Schmidt, US Army Corps of Engineers, Buffalo

Greg Kiaer, US Army Corps of Engineers, Buffalo

Sommaire

Vous avez sous les yeux un rapport spécial du Comité de gestion adaptative des Grands Lacs et du Saint-Laurent (GAGL) de la Commission mixte internationale (CMI), qui porte sur l'hydroclimat, le débit et le niveau d'eau, ainsi que les répercussions observées en 2017 sur de multiples secteurs d'intérêt dans l'ensemble du réseau des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent. L'accent est mis sur les conditions exceptionnelles causées par les précipitations records, l'eau de ruissellement et la crue qui en ont résulté sur le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent en 2017. Les renseignements recueillis lors de l'événement de 2017 serviront à appuyer l'objectif principal du GAGL, qui est d'évaluer la régularisation du débit du lac Supérieur et du lac Ontario, ainsi que les effets de cette régularisation sur les divers secteurs d'intérêt dans l'ensemble du réseau. Cette évaluation continue aidera la CMI à mieux régulariser le débit du lac Ontario et du lac Supérieur, et l'information compilée aux fins du présent rapport sera utilisée au fil du temps pour gérer et améliorer les règles régissant ce débit.

Les renseignements ont été recueillis auprès de diverses sources dans les deux pays; toutefois, une grande partie des données quantitatives économiques et environnementales sur les effets de la crue de 2017 nécessaires pour appuyer la validation des modèles utilisés pour évaluer le rendement des plans de régularisation n'est pas disponible. Le Comité GAGL continuera de peaufiner les modèles d'évaluation des effets à mesure que d'autres données deviendront disponibles et que l'évaluation continue des plans de régularisation se concentrera sur les aspects prioritaires cernés dans le présent rapport.

La situation du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent en 2017

En 2017, le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent ont connu l'un des événements hydrologiques les plus extrêmes enregistrés dans le bassin depuis plus de 100 ans. L'accumulation simultanée de précipitations records au-dessus des bassins du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent, combinée au débit élevé du lac Érié et au débit record de la rivière des Outaouais, a entraîné une crue sans précédent sur le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent, ainsi que de vastes répercussions sur divers intérêts et régions. Le niveau quotidien du lac Ontario a atteint un sommet de 75,88 m (248,95 pi) à la fin de mai, soit le niveau le plus élevé enregistré sur le lac depuis le début des relevés en 1918. Le niveau d'eau du fleuve Saint-Laurent en aval s'est aussi approché du niveau record (et l'a dépassé dans certains cas). Au lac Saint-Louis, près de Montréal, le niveau a presque atteint un niveau record pendant la majeure partie du printemps, et de nouveaux sommets ont été établis dans les mois de juin, juillet et août.

Répercussions de la crue

Les **propriétés côtières** du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent dans l'État de New York, en Ontario et au Québec ont subi d'importantes répercussions en raison des inondations, de l'érosion et de l'endommagement des structures de protection des rives. Les répercussions ont été généralisées dans l'ensemble du bassin, certaines régions ayant subi des effets plus

importants que d'autres. Pendant des mois, les médias ont fait état de maisons, de routes, d'entrées, de sentiers, de pelouses, d'interventions d'urgence et d'efforts considérables déployés pour protéger les maisons et les propriétés. Les reportages sur l'érosion du littoral et la perte de plages, de végétation et de terres, de ponts et de quais ont été monnaie courante sur les rives sud et nord du lac Ontario. L'on a également signalé que des structures de protection du rivage se sont rompues ou ont été endommagées en raison de la crue, ce qui a rendu les propriétaires encore plus vulnérables. L'état d'urgence a été décrété dans tous les comtés américains bordant le lac Ontario et le cours supérieur du fleuve Saint-Laurent et dans un certain nombre de municipalités canadiennes, en particulier sur le cours inférieur du fleuve Saint-Laurent, pendant la période de pointe des inondations en mai 2017.

Des répercussions directes sur les **utilisations municipales et industrielles de l'eau et des eaux usées** ont été observées, comme une augmentation de l'infiltration des eaux pluviales dans les systèmes de collecte des eaux usées et les usines de traitement des eaux usées, ce qui a entraîné des débordements des égouts, bien que ces effets aient pu être causés par des précipitations excessives plutôt que par le niveau élevé des lacs et des rivières dans certains cas. Néanmoins, au dire de tous, les millions d'utilisateurs des réseaux d'aqueduc et d'égout municipaux plus importants ont pu compter sur les services nécessaires en 2017.

La **navigation commerciale** a subi des répercussions en raison de vitesses de courant très élevées sur le fleuve Saint-Laurent. Pour assurer la sécurité de la navigation et prévenir les pertes qui auraient pu survenir en raison de la fermeture de la Voie maritime, ce secteur a appliqué un certain nombre de mesures d'atténuation pour s'adapter aux conditions extrêmes. Malgré les coûts et les retards associés aux mesures d'atténuation nécessaires, l'année a tout de même été très productive pour le secteur de la navigation commerciale en raison de la forte demande économique.

Le secteur de l'**hydroélectricité** a signalé certains effets négatifs liés à la crue des eaux, malgré les augmentations globales de la production d'énergie réalisées en 2017 dans les barrages Moses-Saunders et Beauharnois. Parmi ces répercussions, mentionnons les pertes liées aux possibilités de production futures en raison de l'augmentation du déversement d'eau, l'augmentation des coûts d'exploitation attribuable à la mobilisation plus fréquente des équipes pour des opérations supplémentaires aux vannes et pour nettoyer d'autres débris, et la nécessité de reporter l'entretien de diverses pièces d'équipement.

Les impacts **environnementaux** de la crue des eaux sont souvent ceux qui sont les plus tributaires des cycles saisonniers et pluriannuels, et les effets de la crue de 2017 devraient être plus visibles dans les années à venir. Les données de la surveillance sur le terrain en 2017 ont révélé une réduction du pourcentage de couverture des marais par rapport à 2015, comme l'avait prédit le modèle de réponse de la végétation des milieux humides utilisé pour évaluer les plans de régularisation du lac Ontario. Le Comité GAGL travaille de concert avec des organismes environnementaux en 2018 pour mesurer les changements observés dans les zones végétatives qui sont causés par les conditions de la crue de 2017, mais qui ne seront évidents que dans les années ultérieures, en raison du temps de réaction des communautés végétales.

La navigation de plaisance et les activités touristiques ont été touchées négativement dans l'ensemble du réseau du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent en 2017 en raison de problèmes liés à l'inondation des quais et des marinas, de problèmes d'accès aux rives et de débris flottants et submergés, certains endroits ayant semblé plus vulnérables que d'autres. Le Comité GAGL mène une enquête auprès des marinas et des clubs nautiques afin de mieux documenter les impacts de 2017.

Examen des évaluations des plans de régularisation du lac Ontario : perspectives de 2017

Le Comité GAGL a réévalué plusieurs aspects des évaluations des plans de régularisation du lac Ontario à la lumière de la crue record de 2017. Les principales constatations sont présentées à la section 7, tandis que vous trouverez à la section 6.3 du présent rapport une analyse et une justification de ces principales constatations.

Principales constatations

- L'année 2017 a été exceptionnellement humide dans l'ensemble des Grands Lacs, avec des précipitations et un niveau d'eau record dans le réseau du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent, mais le niveau du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent en vertu du Plan 2014 n'a pas été plus élevé qu'il ne l'aurait été si le Conseil international du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent avait appliqué le Plan 1958D et les autorisations antérieures d'exploitation et d'écart (**voir la constatation 7.1**).
- Les résultats environnementaux des conditions de 2017 sont importants pour valider les modèles environnementaux utilisés dans les évaluations des plans, mais l'on ne s'attend pas à ce que les impacts se concrétisent immédiatement. Il faudra des années supplémentaires de surveillance de la réaction des milieux humides à la crue de 2017 pour terminer la validation du modèle des milieux humides (**voir la constatation 7.9**).
- Le Plan 2014 s'est généralement déroulé comme prévu dans des conditions extrêmes sur le plan de la météo et de l'apport d'eau, en ce sens qu'il a permis de réduire, sans toutefois les éliminer, les dommages côtiers et les inondations qui se produisent pendant de tels événements extrêmes, tout en tentant d'équilibrer et de réduire les répercussions sur d'autres secteurs d'intérêt. Un nouvel examen des éléments particuliers liés à la façon dont le Plan a été exécuté en 2017 fournirait des renseignements qui pourraient améliorer la façon dont les plans de régularisation seront mis à l'essai et évalués à l'avenir, notamment :
 - Il faudra poursuivre l'examen des répercussions de la modification de certaines règles du Plan 2014, y compris les limites maximales de débit qui équilibrent le niveau d'eau élevé en amont et en aval (limite F) et qui permettent de concilier un niveau d'eau élevé et les mesures de protection de la navigation (limite L) (**voir la constatation 7.5**). Les limites maximales du Plan 2014 sont définies en fonction de décennies d'expérience au Conseil pour équilibrer les impacts côtiers en amont

- et en aval du barrage et maintenir la vitesse du courant et le niveau du fleuve pour les navires sur la Voie maritime du Saint-Laurent. Une analyse à jour des répercussions, étayée par des indicateurs de rendement socioéconomique et environnemental, et fondée sur les leçons tirées de 2017, permettrait au GAGL de mieux comprendre et d'expliquer les compromis et l'équilibre propres aux limites actuelles et aux autres règles du Plan 2014;
- Il faudra poursuivre l'examen des changements apportés aux seuils de déclenchement qui autorisent le Conseil à s'écartier du Plan 2014. Même si le Comité GAGL a constaté qu'aucune réduction significative du niveau d'eau n'aurait pu être réalisée en 2017 par suite d'un ajustement réaliste du seuil de déclenchement élevé existant (voir la section 6.3.2.2), l'ajustement du seuil de déclenchement a été la suggestion la plus courante du public pour réduire les dommages côtiers. Il faudra mener une analyse continue, fondée sur des études antérieures de la CMI, étayée par les leçons apprises en 2017 et au cours des années à venir, et couvrant un large éventail de conditions de débit (**voir la constatation 7.6**).
 - Les conditions hydroclimatiques de 2017 ont soulevé des questions au sujet des futures évaluations des plans, en particulier :
 - Les conditions de glace et les précipitations sans précédent, ainsi que les effets sur le niveau d'eau et le débit régularisé en 2017, ont mis en évidence l'importance d'une analyse plus approfondie et plus détaillée de ces scénarios uniques pour compléter les analyses hydrologiques historiques et stochastiques qui ont été effectuées précédemment (**voir la constatation 7.7**);
 - L'amélioration des prévisions saisonnières se poursuit, et il faudra peut-être des années, voire des décennies, avant qu'elles permettent d'éclairer les décisions relatives aux plans de régularisation. La première étape consistera donc à vérifier l'hypothèse selon laquelle les prévisions pourraient permettre de réduire les inondations tout en protégeant les utilisations. L'étape suivante consistera à évaluer le risque de prévisions erronées (**voir la constatation 7.8**).

Les Grands Lacs d'amont

Tous les Grands Lacs d'amont ont commencé 2017 à un niveau d'eau supérieur à la moyenne et cette situation s'est maintenue tout au long de l'année. Le niveau de juin à décembre 2017 sur le lac Supérieur s'est approché des maximums mensuels enregistrés établis en 1985. Le lac Michigan-Huron a connu une hausse supérieure à la moyenne d'avril à juillet, et le lac Érié s'est approché en mai à 15 cm (5,9 po) de son niveau record mensuel de 1986.

Répercussions de la crue

Les données recueillies par le Comité GAGL indiquent que le niveau d'eau supérieur à la moyenne dans les Grands Lacs d'amont a été bien toléré par le secteur municipal et industriel, celui de l'hydroélectricité et de la navigation commerciale. Le secteur de la navigation de plaisance et du tourisme a également semblé en grande partie profiter du niveau d'eau plus élevé, à l'exception de quelques impacts temporaires mineurs sur les marinas du lac Érié. Cependant, il y a eu des impacts côtiers négatifs sur tous les Grands Lacs d'amont en 2017, principalement pendant les périodes de vents violents et de fortes vagues, ce qui a accéléré l'érosion côtière. Ces impacts ont constitué l'une des préoccupations fréquemment citées par les secteurs d'intérêt côtiers en 2017; néanmoins, ces secteurs ont été généralement capables de composer avec le niveau observé. Une seule année de données n'a pas permis de faire ressortir de réactions des écosystèmes; toutefois, des recherches en cours dans la baie Georgienne pourraient permettre de valider les hypothèses de modélisation des écosystèmes existants.

Examen des évaluations du plan de régularisation du lac Supérieur : perspectives de 2017

La régularisation du débit du lac Supérieur a beaucoup moins d'influence sur le niveau des Grands Lacs d'amont que sur le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent, et les impacts différentiels des différents plans de régularisation ont tendance à être moins marqués et plus difficiles à discerner sur n'importe lequel des Grands Lacs d'amont, particulièrement pendant une seule année et lorsque le niveau d'eau se situe à l'intérieur des plages historiques. Un cours d'eau fait toutefois exception, soit la rivière Sainte-Marie, où le niveau d'eau est plus sensible aux variations du débit du lac Supérieur et, par conséquent, où les décisions de régularisation peuvent sensiblement modifier les répercussions. Au cours des dernières années, y compris en 2017, le Conseil s'est écarté du Plan 2012 afin de tenir compte des réductions temporaires prévues de la capacité des centrales hydroélectriques sur la rivière Sainte-Marie et d'atténuer le risque que ces réductions aient des répercussions négatives liées au débit élevé et fluctuant des rapides de Sainte-Marie. La capacité des centrales hydroélectriques peut être réduite en raison d'interruptions prévues (p. ex., travaux d'entretien) et imprévues (p. ex., défaillance mécanique) de la turbine. Le moment et l'ampleur de ces événements varient et ils ne sont pas faciles à prévoir, mais lorsqu'ils varient pendant des périodes de niveau et de débit plus élevés, une plus grande quantité d'eau est généralement libérée par les rapides de Sainte-Marie pour compenser la perte de capacité hydroélectrique et maintenir le débit du lac Supérieur. Ces conditions n'ont pas été prises en compte lors de l'élaboration du Plan 2012.

La stratégie d'écart adoptée par le Conseil en 2017 a donné lieu à des changements de débit moins marqués et plus graduels dans les rapides de Sainte-Marie, lesquels ont entraîné des inondations légèrement moindres sur l'île Whitefish et pourraient avoir réduit les effets sur l'environnement, sans causer de problèmes à l'industrie de la navigation commerciale. Les opérations de 2017 suggèrent que le Comité GAGL devrait envisager des modifications au Plan 2012 pour produire ce genre d'avantages de façon régulière, en utilisant peut-être les prévisions de la capacité de turbine disponible comme intrant. Étant donné que les avantages attendus des écarts du Conseil pour l'habitat du poisson de la rivière Sainte-Marie et la réduction

des dommages causés par l'eau à l'île Whitefish sont maintenant qualitatifs, la recherche visant à quantifier la relation entre le débit en amont des rapides et les avantages environnementaux et côtiers pourrait aider à produire des règles plus avantageuses.

Principale constatation

Le débit élevé à la sortie du lac Supérieur en 2017, comme au cours d'autres dernières années, a mis en évidence deux impacts potentiels sur la rivière Sainte-Marie qui nécessitent une analyse plus approfondie. D'autres indicateurs de rendement du plan de régularisation devront être élaborés afin i) d'évaluer les impacts potentiels de divers scénarios de rejet sur les habitats de frai des espèces de poissons indigènes dans la rivière et ii) de saisir les impacts des inondations sur la rivière et l'île Whitefish adjacente aux rapides Sainte-Marie (**voir la constatation 7.4**).

Le bassin des Grands Lacs dans son ensemble

Le Comité GAGL a fait état de deux principales constatations sur la disponibilité des données et les améliorations du modèle qui se rapportent à l'ensemble du bassin des Grands Lacs (7.2 et 7.3).

Premièrement, alors que les indicateurs de rendement ont généralement saisi les secteurs critiques en 2017, les conditions ont soulevé des questions au sujet des détails du modèle et de la surveillance continue requise aux fins de validation. Il existe peu de données quantitatives économiques et environnementales sur les répercussions de la crue de 2017, mais ces données sont essentielles à l'amélioration des estimations sur lesquelles se fonde l'évaluation des plans de régularisation. Certains impacts n'ont pu être comparés aux indicateurs de rendement existants, soit parce que les données n'étaient pas disponibles pour appuyer la comparaison, soit parce que les impacts observés n'ont pas été saisis directement par les indicateurs de rendement existants. Le Comité GAGL est en train d'estimer certains impacts, il appuie les efforts déployés par d'autres pour le faire et il rendra compte de ces efforts à l'avenir au fur et à mesure que les données seront disponibles (**voir la constatation 7.2**). Le Comité est conscient de l'importance de satisfaire aux besoins permanents de surveillance à l'avenir pour valider les modèles et mettre à jour les indicateurs de rendement au besoin à l'appui de l'examen continu des plans de régularisation.

Deuxièmement, les simulations du niveau d'eau et du débit en vertu du Plan 2012 et du Plan 2014, ainsi qu'en vertu de stratégies de régularisation alternative, devront être continuellement mises à l'essai et améliorées au besoin afin de réduire les incertitudes intrinsèques (**voir la constatation 7.3**).

Table des matières

Membres du Comité GAGL.....	ii
Sommaire	iv
1.0 Introduction.....	13
1.1 Objet et objectifs	14
1.2 Approche globale du Comité GAGL aux fins de l'examen continu du plan de régularisation.....	15
1.3 Contenu et structure du rapport.....	18
2.0 Réseau des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent.....	19
3.0 Plans de régularisation	23
3.1 Plan 2012 pour le débit du lac Supérieur	23
3.2 Plan 2014 pour le débit du lac Ontario	24
4.0 Résumé des conditions hydroclimatiques ainsi que du niveau et du débit d'eau observés en 2017.....	26
4.1 Survol de l'hydroclimat des Grands Lacs en 2017	27
4.1.1 Survol des Grands Lacs	27
4.1.2 Faits saillants hydroclimatiques pour les Grands Lacs d'amont	31
4.1.3 Faits saillants hydroclimatiques pour le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent.....	35
4.2 Les conditions hydroclimatiques de 2017 auraient-elles pu être prévues?.....	41
4.3 Comment l'année 2017 a-t-elle cadre avec les conditions historiquement observées?	47
4.4 Qu'est-ce qui a été exceptionnel dans l'hydroclimat des Grands Lacs en 2017?	54
4.4.1 Précipitations records dans les bassins du lac Ontario et de la rivière des Outaouais..	54
4.4.2 Fluctuations de l'état des glaces	58
4.5 Principales constatations : que retenir des conditions hydroclimatiques de 2017?	60
5.0 Évaluation de l'incidence du niveau et du débit d'eau de 2017	61
5.1 Introduction.....	61
5.1.1 Indicateurs de rendement et zones d'adaptation.....	61
5.2 Utilisations municipales et industrielles de l'eau.....	63
5.2.1 GRANDS LACS D'AMONT - Utilisation municipale et industrielle de l'eau	64
5.2.2 LAC ONTARIO-FLEUVE SAINT-LAURENT - Utilisation municipale et industrielle de l'eau	66
5.3 Navigation commerciale	72
5.3.1 GRANDS LACS D'AMONT - Navigation commerciale	74

5.3.2 LAC ONTARIO-FLEUVE SAINT-LAURENT - Navigation commerciale	78
5.4 Hydroélectricité.....	84
5.4.1 GRANDS LACS D'AMONT - Hydroélectricité	86
5.4.2 LAC ONTARIO-FLEUVE SAINT-LAURENT - Hydroélectricité	88
5.5 Impacts côtiers	91
5.5.1 GRANDS LACS D'AMONT – Impacts côtiers	91
5.5.2 LAC ONTARIO-FLEUVE SAINT-LAURENT – Impacts côtiers	102
5.6 Écosystème	118
5.6.1 GRANDS LACS D'AMONT – Écosystème.....	119
5.6.2 LAC ONTARIO – FLEUVE SAINT-LAURENT – Écosystème	121
5.7 Navigation de plaisance et tourisme	127
5.7.1 GRANDS LACS D'AMONT – Navigation de plaisance et tourisme	128
5.7.2 LAC ONTARIO-FLEUVE SAINT-LAURENT – Navigation de plaisance et tourisme	133
6.0 Examen et évaluation du plan	139
6.1 Introduction.....	139
6.2 Lac Supérieur : Examen du rendement du Plan 2012 fondé sur les conditions de 2017	141
6.3 Lac Ontario : Examen du rendement du Plan 2014 fondé sur les conditions de 2017 ...	148
6.3.1 Effets des conditions hydrologiques de 2017 pour le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent.....	149
6.3.2 Impacts des stratégies modifiées de régularisation du débit en 2017.....	157
6.3.3 Niveau d'eau et conditions hydroclimatiques observés en 2017 par rapport à l'évaluation du plan	168
	172
6.4 Constatations et prochaines étapes suggérées pour les analyses et évaluations continues du plan	172
6.4.1 Constatations de l'examen du plan – Grands Lacs d'amont	172
6.4.2 Constatations de l'examen du plan - Système du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent	173
6.4.3 Prochaines étapes : Réexamen du processus d'évaluation du plan	176
7.0 Principales constatations et prochaines étapes.....	178
7.1 L'année 2017 a été marquée par des conditions exceptionnelles dans l'ensemble du bassin du fleuve Saint-Laurent et du lac Ontario, mais le Plan 2014 n'a pas contribué à une crue record	178

7.2 Bassin des Grands Lacs : Les données quantitatives sur les impacts de la crue de 2017 ne sont pas largement disponibles et sont nécessaires pour la validation du modèle des indicateurs de rendement	179
7.3 Bassin des Grands Lacs : L'amélioration des modèles de simulation se poursuivra.....	180
7.4. Grands Lacs d'amont : De nouveaux indicateurs de rendement doivent être élaborés pour la rivière Sainte-Marie	180
7.5 Lac Ontario–fleuve Saint-Laurent : Les impacts de la modification des limites F et L doivent être étudiés	181
7.6 Lac Ontario–fleuve Saint-Laurent : Les changements apportés aux seuils de déclenchement n'ont pas une influence notable sur le niveau d'eau dans les conditions extrêmes observées en 2017	181
7.7 Lac Ontario–fleuve Saint-Laurent : Les conditions hydroclimatiques de 2017 mettent en relief l'importance des analyses de scénarios pour tester et évaluer le rendement des plans	182
7.8 Lac Ontario–fleuve Saint-Laurent : Il faut continuer d'étudier l'importance de prévoir la crue du lac Ontario à l'appui de l'amélioration des plans	183
7.9 Lac Ontario–Saint-Laurent : Des changements notables du pourcentage de couverture ont semblé se produire à certaines altitudes où l'inondation des communautés végétales a atteint un niveau plus élevé en 2017	183
Bibliographie.....	185
Annexe 1 : indicateurs de rendement et zones d'adaptation.....	189
Annexe 2 : Liste des sigles.....	1
Annexe 3 : Glossaire.....	3

1.0 Introduction

La Commission mixte internationale (CMI) ainsi que son **Conseil international de contrôle du lac Supérieur (CICLS)** et son **Conseil international du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent (CILOFSL)** gèrent le débit du lac Supérieur et du lac Ontario conformément aux ordonnances d'approbation émises par la CMI en vertu du Traité relatif aux eaux limitrophes de 1909. Le débit est géré dans des conditions hydrologiques et climatiques (hydroclimatiques) très variées, y compris des variations de précipitations et de température, qui sont deux des principaux facteurs déterminants du niveau d'eau dans le réseau. La gestion du débit vise à atteindre les résultats attendus à long terme. Le débit est géré à l'aide de plans de régularisation – suivant des règles qui guident la quantité d'eau rejetée par les structures de régularisation dans un éventail de conditions possibles afin de répondre aux besoins de diverses sources d'utilisation de l'eau dans l'ensemble du bassin. Le réseau des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent est vaste, dynamique et diversifié – il change constamment et souvent de façon imprévisible. En conséquence, il est essentiel que la gestion du débit et les avantages qui y sont associés fassent l'objet d'un suivi au fil du temps afin de s'assurer que les résultats et les compromis qui s'appliquent à un vaste éventail de catégories de secteurs d'intérêt socioéconomiques et environnementaux sont tels que prévus et continuent d'être réalisés à mesure que le réseau évolue. Il s'agit là du mandat du Comité de gestion adaptive des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent (GAGL), un comité binational formé de 16 membres qui a été mis sur pied par la CMI en janvier 2015. Le présent rapport constitue le résumé par le Comité GAGL de l'état du bassin et des résultats de la régularisation, et il couvre la période du 1^{er} janvier au 31 décembre 2017. L'objectif consiste à donner un aperçu des conditions climatiques et hydrologiques (sources d'apport d'eau, niveau d'eau et débit) dans le réseau des Grands Lacs et du Saint-Laurent tout au long de l'année et de souligner leur importance dans le processus d'examen du plan. Il s'agit également de recenser et de documenter toute preuve observée, rapportée et anecdotique des impacts, tant positifs que négatifs, du niveau et du débit d'eau et de comparer ces résultats réels aux résultats simulés afin de tester d'autres scénarios et conditions.

Même si le niveau de tous les Grands Lacs a été bien au-dessus de la moyenne en 2017, celui du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent avait débuté l'année de manière assez typique. Cependant, l'effet cumulatif de conditions météorologiques hivernales très variables, de conditions glacielles sans précédent, de tempêtes printanières massives et de précipitations exceptionnelles dans le bassin du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent a entraîné une crue sans précédent, des inondations et, à certains endroits, d'importants dommages côtiers. De nombreux résidents et collectivités ont subi un stress financier et émotionnel important, ainsi que des dommages matériels.

Le présent rapport sert à documenter les impacts observés et l'information recueillie appuiera une approche de gestion adaptive en vue de l'évaluation continue du rendement obtenu par rapport au plan de régularisation afin d'éclairer les améliorations futures.

1.1 Objet et objectifs

Le Comité GAGL relève directement du CICLS et du CILOFSL, ainsi que du Conseil international de contrôle de la rivière Niagara (INBC). Les principaux objectifs du présent rapport du Comité GAGL aux conseils sont les suivants :

- examiner et évaluer le rendement constaté par rapport aux plans de régularisation du lac Supérieur et du lac Ontario en fonction des conditions de 2017 et des nouvelles informations recueillies;
- déterminer comment les évaluations du plan de régularisation à long terme peuvent être influencées par ce qui a été appris en 2017;
- identifier les pièces manquantes pour évaluer comme il se doit l'exploitation et les règles du plan;
- utiliser l'information recueillie et apprise pour prioriser les prochaines étapes de l'examen continu du plan de régularisation.

Le présent rapport et ses annexes appuient la mission essentielle du Comité qui consiste à coordonner la surveillance, la modélisation et l'évaluation requises en ce qui a trait à l'évaluation continue des plans de régularisation des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent, et rendre compte de cette information au CICLS, au CILOFSL et à la CMI. En documentant l'information essentielle sur les conditions hydroclimatiques, les effets associés au niveau et au débit d'eau observés et les simulations de stratégies de régularisation alternative, le présent rapport fournit des renseignements essentiels à l'appui du processus de gestion adaptative. La stratégie globale de gestion adaptative permet d'établir une feuille de route indiquant l'orientation du Comité GAGL et ce qui est nécessaire pour effectuer une évaluation complète des plans de régularisation conformément aux exigences précisées dans la Directive de la CMI. Les plans de travail annuels sont fondés sur cette stratégie à long terme, mais aussi par ce qui est appris chaque année.

En fin de compte, le Comité GAGL doit suivre le rendement obtenu par rapport aux plans de régularisation au fil du temps en vue de fournir l'information nécessaire aux conseils et à la CMI pour améliorer les résultats de la gestion de l'eau. Le rendement obtenu par rapport au plan doit être pris en compte dans un éventail de conditions de niveau d'eau. Compte tenu des conditions de 2017, il pourrait être nécessaire de revoir les indicateurs de rendement afin de tenir compte des répercussions des conditions extrêmes qui ne sont pas actuellement prises en compte par les modèles. Il faudra peut-être plusieurs années de surveillance et d'évaluation pour bien comprendre dans quelle mesure les indicateurs de rendement représentent ce qui s'est réellement passé en 2017, et ce qui se passera les années suivantes. Le présent rapport, qui porte sur les conditions observées en 2017, fournit un point de départ pour l'examen du rendement obtenu par rapport au plan et la détermination des secteurs prioritaires à examiner plus à fond à l'appui de la gestion adaptive.

1.2 Approche globale du Comité GAGL aux fins de l'examen continu du plan de régularisation

Dans le cadre du processus continu d'examen des plans de régularisation par le Comité GAGL, une stratégie fut établie et elle inclut les efforts d'effectuer un examen régulier de ce qui s'est passé au cours des dernières années en ce qui concerne le niveau et l'apport d'eau, la gestion du débit, et leurs effets sur divers secteurs d'intérêt. L'idée est de générer un flux d'information qui permettra de déterminer et d'évaluer les priorités des travaux futurs. Il est à noter qu'il n'est pas possible pour le Comité GAGL de suivre chaque secteur d'intérêt sur une base annuelle et continue, ni de mettre à jour chaque outil utilisé dans le processus d'évaluation à cette fréquence. Il a néanmoins été déterminé qu'il était important pour le Comité GAGL de se tenir continuellement à jour des aspects critiques requis pour évaluer les plans de régularisation afin que la tenue et la mise à jour appropriés des données et des outils puissent être effectués lorsque nécessaire et de manière efficace.

Conformément à la directive de la CMI (<https://ijc.org/fr/gagl/qui/directive>), cet examen des plans de régularisation existants permettra non seulement de déterminer si les plans aident à réaliser les objectifs visés au fil du temps, mais aussi de déterminer comment le système des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent pourrait changer, et comment cela pourrait modifier les résultats de la régularisation de l'eau et les décisions prises sur la meilleure façon de régulariser leur débit. Le rendement obtenu par rapport au plan de régularisation n'est pas évalué isolément ou au moyen de résultats absous. Au lieu de cela, le rendement est habituellement évalué à une échelle relative par rapport à certaines conditions de base, comme un plan de régularisation existant ou la situation observée en l'absence de régularisation. La capacité d'évaluer un plan de régularisation commence par le calcul du niveau et du débit d'eau résultant des conditions hydrologiques et d'un plan de régularisation donné. Le niveau et le débit d'eau sont ensuite utilisés comme principaux intrants dans les modèles prédictifs qui se fondent sur des indicateurs de rendement pour évaluer les impacts potentiels positifs et négatifs sur divers secteurs d'intérêt, y compris les utilisations municipales et industrielles de l'eau, l'hydroélectricité, la navigation commerciale, les propriétaires de terres riveraines, la navigation de plaisance, le tourisme, et l'environnement. Meilleure sera notre capacité de comprendre et de prévoir les variabilités de niveau d'eau et les impacts des changements des apports d'eau, plus robuste sera la planification de la gestion de l'eau. En 2017, dans tout le réseau hydrographique du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent, un niveau d'eau élevé sans précédent en raison de conditions d'apport d'eau extrêmes, a illustré les répercussions du niveau d'eau élevé dans l'ensemble du réseau et l'importance de comprendre d'autres conditions d'apport d'eau potentielles et d'améliorer les outils pour estimer les résultats dans de telles conditions exceptionnelles. Il s'agissait également d'une occasion unique de procéder à d'autres essais afin d'examiner les impacts et les limites de la gestion du débit dans des conditions extrêmes et de vérifier si les résultats auraient pu être améliorés au moyen de différents choix de régularisation.

Les activités du Comité GAGL s'inspirent en partie de deux études précédentes de la CMI, notamment l'Étude sur le fleuve Saint-Laurent et le lac Ontario (LOSLRS), menée de 2000 à 2006, et celle du Groupe d'étude international des Grands Lacs d'amont (GEIGLA), menée de 2007 à 2012. Dans le cadre de l'étude du GEIGLA, l'évaluation des plans de régularisation alternative a été encadrée par les répercussions prévues de la régularisation du débit du lac Supérieur sur le niveau d'eau du lac Supérieur et du lac Michigan-Huron. Cependant, en raison d'une combinaison de contraintes matérielles et opérationnelles sur le réseau, la régularisation du débit a peu d'effet pour réduire les fluctuations à long terme du niveau d'eau du lac Michigan-Huron sans entraîner une augmentation disproportionnée des fluctuations extrêmes du niveau d'eau dans le lac Supérieur (GEIGLA, 2012). Des indicateurs de rendement et des zones d'adaptation définies de façon plus générale (voir la section 5.1.1) ont été utilisés pour déterminer les incidences possibles du niveau d'eau et du débit sur les principaux secteurs d'intérêt. L'étude du GEIGLA a donné lieu à la recommandation à la CMI d'un plan de régularisation qui, après de vastes consultations publiques, a été adopté sous le nom de Plan 2012 et a été mis en œuvre au début de 2015. La LOSLRS a permis de mieux comprendre les effets de la régularisation du débit du lac Ontario sur divers secteurs d'intérêt, y compris l'environnement. Elle a également permis de mieux comprendre le fonctionnement global du réseau hydrographique du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent et les répercussions des scénarios climatiques potentiels. Dans le cadre de la LOSLRS, trois plans de régularisation alternative ont été recommandés à la CMI, et l'un d'eux a mené à l'élaboration et à la mise en œuvre du plan de régularisation actuel connu sous le nom de Plan 2014. Ce plan a été mis en œuvre en janvier 2017 après de vastes consultations publiques et avec l'accord des gouvernements.

L'évaluation du plan élaborée dans le cadre de l'étude du GEIGLA et de la LOSLRS a produit des options comportant des combinaisons variées de résultats de rendement obtenu par rapport aux conditions de référence utilisées pendant ces efforts. Idéalement, un plan de régularisation serait supérieur sous tous les aspects par rapport aux conditions de référence, mais habituellement, les gains dans un domaine s'accompagnent de pertes dans d'autres. En fin de compte, il revient à la CMI de décider si ces compromis sont acceptables, comme ils l'ont été avec le Plan 2012 pour le débit du lac Supérieur, et avec le Plan 2014 pour le débit du lac Ontario. Désormais, le Comité GAGL est chargé d'acquérir et d'utiliser de l'information sur les résultats du plan de régularisation pour aider les conseils à évaluer leur rendement obtenu avec l'aide des critères de décision établis existants, comme ceux énumérés dans les ordonnances d'approbation de la CMI. Il s'agit d'aider les conseils à formuler des recommandations à la CMI en vue d'éventuelles modifications et améliorations des plans de régularisation.

Le Comité GAGL utilisera les renseignements tirés de cette évaluation annuelle pour appuyer le processus de gestion adaptative à long terme comme suit :

- Recueillir des données sur le niveau et le débit d'eau sus l'ensemble du réseau des Grands Lacs d'amont et dans le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent en 2017 et sur les répercussions, positives et négatives, qui en ont découlé;

- Ajouter de nouvelles informations et acquérir de nouvelles connaissances sur ce qui est susceptible de se produire dans une gamme de conditions et de phénomènes extrêmes comme en 2017, qui n’avaient été que simulés précédemment;
- Dans la mesure du possible, comparer les impacts réels observés aux impacts anticipés en fonction des modèles et des outils existants;
- Analyser les différences entre les effets modélisés et réels, tant positifs que négatifs, pour :
 - Déterminer où les modèles d’impact doivent être améliorés;
 - Déclarer le rendement obtenu par rapport au plan dans d’autres conditions hydroclimatiques par rapport à ce qui aurait été prévu en vertu des plans de régularisation précédents 1977A et 1958D en tenant compte des écarts;
 - Déclarer les données et l’information qui permettraient de déterminer de façon permanente et globale si les plans de régularisation donnent les résultats escomptés et s’il y a des résultats possibles qui peuvent être améliorés.

La surveillance et la validation des modèles sont des composantes essentielles du processus de gestion adaptative pour veiller à ce que les résultats modélisés se concrétisent dans les opérations en situation réelle. Le Comité GAGL doit coordonner les efforts de surveillance et d’évaluation pour valider et mettre à jour les modèles et évaluer l’évolution des conditions au fil du temps. Ce n’est pas une mince tâche et il faudra déployer des efforts considérables de surveillance et d’évaluation continue pour évaluer les plans de régularisation dans diverses conditions pendant un certain nombre d’années, voire des décennies. Il est important de noter que la surveillance et l’analyse fondées sur une seule année ne sont pas suffisantes pour tirer des conclusions sur le rendement à long terme d’un plan de régularisation. Toutefois, les renseignements recueillis en 2017 sont essentiels pour appuyer la hiérarchisation des activités courantes du Comité GAGL, y compris l’amélioration des outils d’évaluation des plans existants et les secteurs où le rendement obtenu par rapport aux plans de régularisation existants pour le débit du lac Supérieur et du lac Ontario peut être amélioré.

1.3 Contenu et structure du rapport

Bien que le rapport couvre l'ensemble du bassin des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent, l'on y sépare les résultats en deux sections. La première couvre le secteur des Grands Lacs d'amont associé au CICLS et touché par le débit du lac Supérieur, y compris les lacs Supérieur, Michigan-Huron, Érié et les canaux de raccordement des rivières Sainte-Marie et Niagara (il convient toutefois de noter que la régularisation du débit du lac Supérieur a un effet négligeable sur le lac Érié et la rivière Niagara). La deuxième porte sur le réseau hydrographique du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent associé au CILOFSL et à la gestion du débit du lac Ontario.

Le rapport a été compilé avec l'apport de divers experts en la matière du Comité GAGL réunis en groupes. Les trois principaux groupes étaient le groupe de travail sur l'hydroclimat, le groupe de travail sur l'évaluation des effets et le groupe d'examen et d'évaluation du plan. Le groupe sur l'évaluation des effets était composé de six sous-groupes chargés de compiler les effets sur les six principaux secteurs d'intérêt des Grands Lacs, soit l'utilisation de l'eau par les municipalités et les industries, l'hydroélectricité, la navigation commerciale, les impacts côtiers, l'écosystème et la navigation de plaisance. Ces experts ont mené des activités de sensibilisation au besoin pour recueillir des renseignements auprès de l'industrie et des secteurs d'intérêt municipaux afin de s'assurer que les renseignements déclarés étaient aussi complets que possible.

En 2017, les conditions ont été exceptionnelles dans l'ensemble du réseau du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent et, en conséquence, le CILOFSL a produit en juin 2018 un rapport intitulé [Conditions observées et régularisation du débit en 2017](#) (CILOFSL, 2018) qui décrit en détail les causes de la crue record de 2017 dans le réseau hydrographique du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent, ainsi que la régularisation du débit par le Conseil pendant l'événement. Dans le présent rapport du Comité GAGL, on résume l'information concernant les effets des conditions de niveau d'eau de 2017 sur diverses catégories d'intérêt et la façon dont cette information sera utilisée à l'avenir. On lance également des simulations préliminaires du niveau de l'eau résultant de stratégies alternatives de gestion du débit. Les principales conclusions sont fournies pour appuyer à la fois le CICLS et le CILOFSL, ainsi que pour orienter les efforts à long terme du Comité GAGL. Compte tenu des conditions extrêmes observées dans le réseau hydrographique du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent, une série supplémentaire d'annexes (annexe 1 – Évaluation des effets, et annexe 2 – Examen du plan) a été préparée afin de fournir plus de détails sur les répercussions de ce qui s'est produit en 2017 dans divers secteurs et régions du réseau hydrographique du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent et sur les répercussions en vue d'améliorations du modèle à l'appui de l'évaluation continue du plan de régularisation.

2.0 Réseau des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent

Les Grands Lacs constituent un réseau de lacs interreliés entre le Canada et les États-Unis; d'ouest en est, on trouve les lacs Supérieur, Michigan, Huron, Érié et Ontario. Ils s'étendent sur plus de 1 200 kilomètres (750 milles) et couvrent collectivement une superficie de plus de 244 000 km² (94 000 mi²). Les lacs couvrent environ le tiers de la superficie du bassin des Grands Lacs (figure 2-1), qui a une aire totale de drainage de 766 000 km² (296 000 mi²) et fournit de l'eau potable et d'autres usages de l'eau à plus de 30 millions de personnes. Ces vastes étendues d'eau douce intérieures constituent le plus grand réseau d'eau douce de surface sur Terre. Seules les calottes polaires en contiennent plus. Les Grands Lacs contiennent 84 % de l'eau douce de surface en Amérique du Nord et environ un cinquième de l'apport mondial en eau douce de surface (Environmental Protection Agency (EPA) des États-Unis).

L'eau coule du lac Supérieur vers les lacs Huron et Michigan, puis au sud vers le lac Érié et enfin au nord vers le lac Ontario et le long du fleuve Saint-Laurent jusqu'à l'océan Atlantique. En moyenne, une goutte d'eau qui se retrouve dans le lac Supérieur à cause du ruissellement ou de la pluie prend plus de deux siècles à traverser le réseau des Grands Lacs et à descendre le long du fleuve Saint-Laurent jusqu'à l'océan. Ce temps de déplacement est fondé sur les temps de rétention ou sur le temps qu'il faut en moyenne pour que l'eau de chacun des lacs se renouvelle (Statistique Canada, 2010). L'altitude à la surface des lacs Supérieur, Huron, Michigan et Érié est très proche du niveau de la mer (figure 2-2). Les lacs Michigan et Huron sont considérés comme un seul lac sur le plan hydrologique, car leurs surfaces sont à la même altitude au-dessus du niveau de la mer, et les lacs sont reliées par le détroit de Mackinac. Le lac Ontario est beaucoup plus bas, de sorte que les quatre lacs du cours supérieur sont communément appelés les « Grands Lacs d'amont » et seront désignés comme tels dans le présent rapport. Le secteur des Grands Lacs d'amont comprend les quatre Grands Lacs mentionnés (Supérieur, Michigan, Huron et Érié), leurs bassins de drainage et les canaux de raccordement de la rivière Sainte-Marie, le détroit de Mackinac, le réseau de la rivière Sainte-Claire (y compris le lac Sainte-Claire et la rivière Détroit) et le cours supérieur de la rivière Niagara, en amont des chutes (figure 2-1).



Figure 2-1 : Réseau des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent (Source : ECCC)

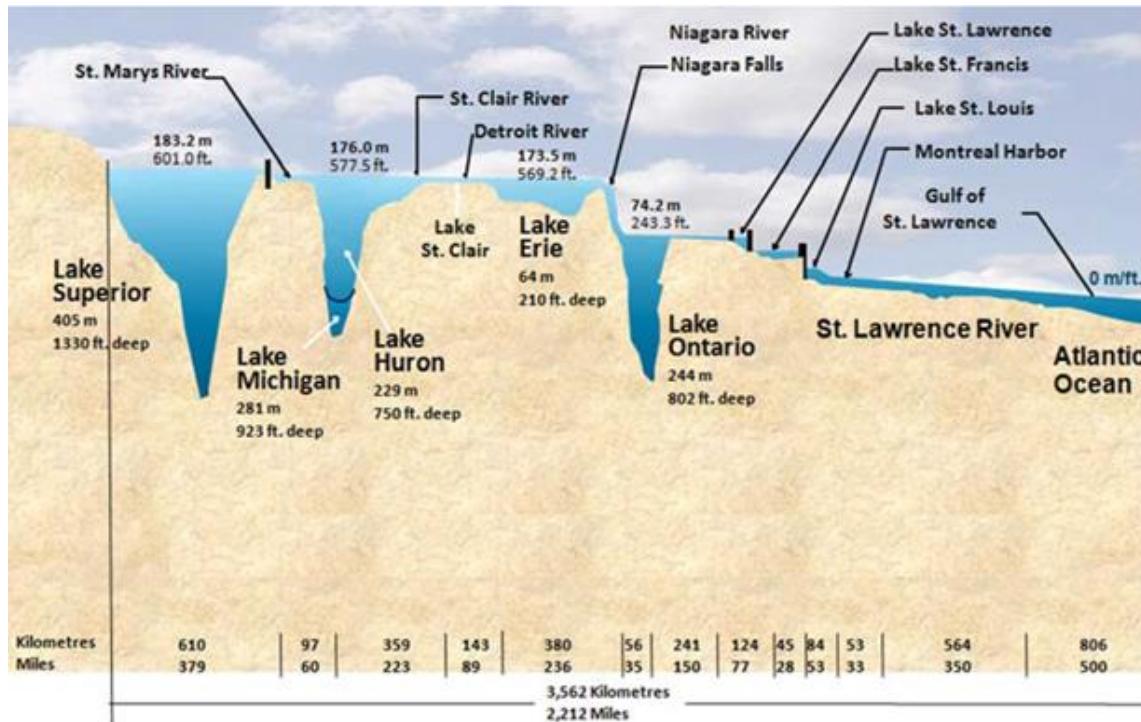


Figure 2-2 : Profil des surfaces d'eau du réseau des Grands Lacs (SRIGL, 1985) (Source : GEIGLA, 2012)

Le réseau du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent couvre la rivière Niagara en aval des chutes, le canal Welland, le lac Ontario, le cours supérieur du fleuve Saint-Laurent en amont du barrage et le cours inférieur du fleuve Saint-Laurent en aval du barrage jusqu'à Trois-Rivières, où les effets des marées océaniques deviennent le principal facteur influant sur le niveau d'eau du fleuve. Le réseau comprend également les grandes quantités d'eau qui affluent dans le fleuve Saint-Laurent à partir du bassin de la rivière des Outaouais, en aval du barrage dans la région de Montréal.

Il y a deux endroits dans le réseau des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent où des barrages servent à gérer le débit d'un lac à l'autre. Le premier se trouve sur la rivière Sainte-Marie, entre les villes de Sault Ste. Marie, au Michigan et Sault Ste. Marie, en Ontario; il permet de contrôler le débit d'eau du lac Supérieur au lac Huron. Dans la région connue sous le nom des Rapides de Sainte-Marie, la rivière Sainte-Marie chute d'environ 6 mètres (20 pieds) sur une distance de 1,2 kilomètre (0,75 mille) (figure 2-2). Depuis 1797, année où la première écluse a été construite pour permettre aux bateaux de contourner ces rapides, diverses structures de navigation et d'alimentation électrique ont été érigées le long de la rivière. Aujourd'hui, l'eau passe par une série de structures qui s'étendent sur la rivière Sainte-Marie, y compris trois centrales hydroélectriques, une série de canaux de navigation et d'écluses, et un barrage à vanne à la tête des rapides connu sous le nom d'ouvrage compensateur. Le débit d'eau du lac Supérieur est régularisé depuis l'achèvement de l'ouvrage compensateur en 1921.

Le deuxième endroit où se fait la régularisation du débit se trouve sur le fleuve Saint-Laurent, à Cornwall (Ontario) et à Massena (New York). Le projet hydroélectrique du fleuve Saint-Laurent a été approuvé par la CMI en 1952. La Commission autorisait alors la construction du barrage hydroélectrique de Moses-Saunders et des barrages du déversoir de Long Sault à Cornwall (Ontario) et à Massena (New York), qui servent ensemble à contrôler le débit du lac Ontario. Le projet hydroélectrique comprenait l'excavation d'un chenal pour accroître la capacité d'écoulement du fleuve et faciliter la construction d'une série d'écluses de navigation et le creusement de sections du chenal du fleuve pour la navigation, dans le cadre de l'aménagement de la Voie maritime du Saint-Laurent au cours des années 1950 (figure 2-1). Le secteur immédiatement en amont du barrage Moses-Saunders est connu sous le nom de lac Saint-Laurent. Le lac Saint-Laurent a été créé lorsque le barrage Moses-Saunders est entré en service en 1958 et sert de bassin d'admission pour le barrage. Les fortes augmentations du débit entraînent des baisses importantes et rapides du niveau d'eau du lac Saint-Laurent. À l'inverse, de fortes réductions du débit entraînent des hausses importantes et rapides du niveau d'eau du lac Saint-Laurent (CILOFSL, 2018).

La CMI supervise la gestion du débit du lac Supérieur et du lac Ontario par les sociétés d'hydroélectricité qui exploitent les barrages sur la rivière Sainte-Marie et sur le fleuve Saint-Laurent à Cornwall et Massena. Les structures ont été construites et sont exploitées conformément aux ordonnances d'approbation de la CMI. Le débit est établi conformément aux plans de régularisation approuvés par la CMI et il est conçu pour répondre aux critères d'exploitation prévus dans les ordonnances d'approbation. Un plan de régularisation est un ensemble de règles et de limites qui précisent la quantité d'eau à déverser dans différentes

conditions de niveau d'eau et d'apport d'eau. Il est important de noter que la capacité de modifier le niveau d'eau des lacs par l'entremise des plans de régularisation est limitée et qu'elle est dictée avant tout par les variations en apport d'eau, qui sont déterminées par les conditions météorologiques.

Comme indiqué précédemment, la CMI a mis sur pied des conseils chargés de régulariser le débit conformément aux plans de régularisation. Le CICLS a été créé pour régulariser le débit mensuel conformément à l'ordonnance d'approbation de 1914 de la CMI. Depuis 1978, la CMI a publié plusieurs suppléments à l'ordonnance de 1914, le plus récent ayant été rendu public en juillet 2014. Le plan de régularisation actuel, connu sous le nom de Plan 2012, a été établi dans les [ordonnances de 2014](#) et a été mis en œuvre en janvier 2015. Le Plan 2012 remplace le Plan 1977A précédent qui a été en vigueur entre 1990 et 2014. Dans la plupart des cas, le Plan 2012 ne produit pas un niveau très différent de celui du Plan 1977A, mais il constitue un plan plus robuste, qui tient compte d'un plus large éventail possible d'apports d'eau, et l'on s'attend à ce qu'il y ait moins de changements d'un mois à l'autre pour le débit de la rivière Sainte-Marie comparativement au plan précédent, ainsi qu'une relation plus naturelle du débit avec le niveau du lac Supérieur (GEIGLA, 2012).

Le Conseil international de contrôle du fleuve Saint-Laurent a été créé en 1952 et a été rebaptisé CILOFSL dans le cadre de la [révision de 2016 des ordonnances d'approbation](#). Le Conseil réglemente le débit hebdomadaire de manière à respecter les conditions et les critères de l'ordonnance d'approbation. Il surveille l'apport d'eau, l'état des glaces sur le fleuve et le niveau d'eau du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent en passant par Trois-Rivières, qui est la limite en aval de l'influence de la régularisation sur le niveau d'eau. Le plan de régularisation précédent, qui était en vigueur depuis 1963, était connu sous le nom de Plan 1958-D. Le [Plan 2014](#), qui est entré en vigueur le 7 janvier 2017, prescrit un nouvel ensemble de règles que le Conseil doit normalement suivre pour établir le débit du lac Ontario par le fleuve Saint-Laurent. Plan 2014 a été conçu pour offrir une variation plus naturelle du niveau d'eau du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent que ne le faisait le plan de régularisation précédent, le Plan 1958-D avec écart (Plan 1958-DD), qui a eu des effets négatifs sur l'environnement (CMI, 2014). Cet effort visant à accroître la variabilité naturelle est considéré comme essentiel au rétablissement de la santé de l'écosystème dans le réseau. À long terme, l'on s'attend à ce que le plan continue de modérer les fluctuations extrêmement élevées et basses du niveau d'eau, à mieux maintenir le niveau d'eau de navigation commerciale à l'échelle du réseau, de prolonger fréquemment la saison de navigation de plaisance dans le cours supérieur du fleuve Saint-Laurent et d'augmenter légèrement la production hydroélectrique par rapport au Plan 1958-DD (CMI, 2014). Pour obtenir de plus amples renseignements sur le réseau du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent et sur la régularisation du débit, veuillez consulter le rapport du Conseil intitulé [Conditions observées et régularisation du débit en 2017](#) (CILOFSL, 2018).

Il existe également une structure partielle en amont des chutes Niagara sur la rivière Niagara, connue sous le nom de structure de contrôle du Chippawa-Grass Island Pool (CGIP). Cette structure ne régularise pas le débit du lac Érié; elle sert plutôt à des fins de répartition pour acheminer l'eau vers les centrales électriques ou en amont des chutes Niagara afin de respecter

les objectifs d'une entente institutionnelle entre le Canada et les États-Unis, soit le Traité de 1950 sur la rivière Niagara. Le Traité vise à garantir que l'eau nécessaire à des fins domestiques, sanitaires et de navigation est disponible, tout en préservant la beauté pittoresque des chutes Niagara et en permettant le détournement de l'eau à des fins hydroélectriques. L'exploitation de cette structure relève des sociétés d'hydroélectricité Ontario Power Generation (OPG) et New York Power Authority (NYPA), sous la supervision de l'INBC de la CMI (<https://www.ijc.org/fr/ccrn>).

3.0 Plans de régularisation

La présente section renferme des détails supplémentaires sur les plans de régularisation du débit du lac Supérieur et du lac Ontario. Pour obtenir une description plus détaillée du Plan 2014 et de son application, veuillez consulter le rapport du CILOFSL, intitulé [Conditions observées et régularisation du débit en 2017](#) (CILOFSL, 2018). Il convient de signaler que, pour les deux plans, leur capacité de modifier le niveau des lacs en réaction aux variations à court terme du débit régularisé est très limitée, car le niveau d'eau réel des lacs Supérieur et Ontario est dicté par l'apport d'eau naturel. La difficulté consiste à équilibrer les objectifs des plans de régularisation en tenant compte des limites des structures de contrôle existantes, des systèmes hydrologiques naturels et de l'imprévisibilité des événements météorologiques.

3.1 Plan 2012 pour le débit du lac Supérieur

Le Plan 2012 était le plan recommandé dans le cadre de l'étude du GEIGLA. Il consiste en un ensemble de règles portant sur le volume de débit à laisser sortir du lac Supérieur vers les lacs Michigan-Huron par la rivière Sainte-Marie dans diverses conditions. Les objectifs fondamentaux et les limites du plan de régularisation sont énoncés dans l'ordonnance d'approbation de 1914 de la CMI, qui reconnaît les besoins de divers groupes d'intérêt sur le lac Supérieur et la rivière Sainte-Marie, y compris la navigation, l'hydroélectricité et les propriétaires riverains. Depuis 1978, la CMI a publié plusieurs ajouts à l'ordonnance initiale et, en juillet 2014, la CMI a émis une nouvelle [ordonnance d'approbation complémentaire](#) qui a permis au CICLS d'adopter le Plan 2012 comme moyen de régulariser dorénavant le débit du lac Supérieur.

Le Plan 2012 a été élaboré pour tenter de maintenir une grande partie de la variabilité naturelle du niveau du lac qui existait sous le Plan 1977A, tout en tenant compte de la capacité des structures actuelles à Sault Ste. Marie, des restrictions sur l'écoulement hivernal pour réduire les embâcles et du plus large éventail d'apports en eau possibles dans les lacs. Il maintient également le principe d'équilibre du niveau d'eau du lac Supérieur et des lacs Michigan-Huron établi dans le plan précédent (1977A). Le Plan 2012 commence par un débit plus naturel, ce qui signifie que lorsque les apports en eau du lac Supérieur se situent au-dessus de la normale, le

débit dans les lacs augmente et, lorsque les apports sont inférieurs à la normale, le débit dans les lacs diminue. Le plan applique ensuite un principe d'équilibre qui rajuste le débit en fonction de la différence entre le niveau de chaque lac et le niveau cible saisonnier en fonction des conditions moyennes. Le plan fixe des limites pour respecter les limites matérielles et opérationnelles. Par exemple, le maximum pour novembre est de 3 260 m³/s (115 120 pi³/s), sauf si le niveau du lac Supérieur dépasse 183,9 m (603,3 pi). Le Plan 2012 détermine également le débit à répartir par les rapides et l'allocation à usages multiples.

Les objectifs généraux du Plan 2012 consistent à améliorer les avantages existants pour les intervenants dans l'ensemble du réseau des Grands Lacs d'amont par rapport au Plan 1977A, à équilibrer le niveau d'eau du lac Supérieur et des lacs Michigan-Huron par rapport à leurs conditions moyennes à long terme et à observer des tendances plus naturelles du débit d'un mois à l'autre dans la rivière Sainte-Marie. De plus, le Plan 2012 vise à éviter les effets indésirables peu fréquents, mais graves, sur l'habitat de frai de l'esturgeon jaune et à réduire les variations de débit d'un mois à l'autre dans la rivière Sainte-Marie.

Dans la plupart des cas, on prévoit que le débit sera fixé conformément au Plan 2012. Toutefois, conformément à l'ordonnance d'approbation de 2014, le Conseil peut déroger au plan dans certaines circonstances ou demander à la CMI d'approuver d'autres écarts par rapport au plan que le Conseil juge utiles.

3.2 Plan 2014 pour le débit du lac Ontario

L'objectif des règles du Plan 2014, comme décrit dans le rapport de la CMI aux gouvernements (CMI, 2014), consiste à ramener le système du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent à un régime hydrologique plus naturel, tout en limitant les répercussions sur d'autres secteurs d'intérêt. Les critères des ordonnances de 1956 dans le cadre du Plan 1958-D ne tiennent pas compte de considérations contemporaines comme les besoins en matière d'environnement et de navigation de plaisance, et ils ont été fondés sur les sources d'apport d'eau observées jusqu'en 1954, ce qui représente une période de relevé plus courte et ne comprend pas plusieurs autres séquences d'apport extrêmes survenues depuis son élaboration (CILOFSL, 2018). Le Conseil international du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent a constaté que la régularisation du débit sous le Plan 1958-D, avec les écarts pratiqués au début des années 1960, avaient nui à l'environnement (LOSLRS, 2006). Après 14 ans d'études scientifiques, une vaste consultation du public et l'examen de nombreux plans de recharge, la Commission a conclu que le Plan 2014 offrait la meilleure possibilité de réparer une partie des dommages causés à l'environnement tout en équilibrant les utilisations en amont et en aval et en réduisant au minimum les dommages accusés aux structures de protection du littoral (CMI, 2014). Après avoir obtenu l'approbation des gouvernements du Canada et des États-Unis, la CMI a publié une [ordonnance d'approbation supplémentaire](#) révisée le 8 décembre 2016. Cette ordonnance complémentaire remplace les ordonnances de 1952 et de 1956 et intègre des critères de régularisation révisés et supplémentaires fondés sur les conclusions de la Commission et sur le rendement des règles sur le débit du Plan 2014 tenant compte des conditions hydrologiques observées entre 1900 et 2008.

Le débit du lac, en vertu du Plan 2014, commence par une règle de calcul courbée qui se base sur la relation de phases d'écoulement d'eau d'avant-projet de telle manière que quand le niveau ou l'apport d'eau du lac Ontario augmente, le débit augmente, et quand le niveau ou l'apport d'eau diminuent, le débit diminue. Le plan applique ensuite une série de « limites » de débit pour tenir compte de conditions particulières. Le tableau 3-1 résume très brièvement les diverses limites qui s'appliquent. Pour plus de détails, veuillez consulter le rapport [Conditions observées et régularisation du débit en 2017 \(CILOFSL, 2018\)](#).

Tableau 3-1 : Limites de débit du Plan 2014 (Source : CMI, 2014)

Limite	Description
Limite « F »	Règle à plusieurs niveaux qui prescrit débit maximal pour limiter les inondations au lac Saint-Louis et près de Montréal, compte tenu du niveau d'eau du lac Ontario
Limite « I »	Aussi appelée limite des glaces; limite le débit maximal pour la formation et la stabilité de la glace pendant la formation de la couche de glace
Limite « J »	Définit la variation maximale du débit d'une semaine à l'autre, à moins qu'une autre limite ait préséance
Limite « L »	Définit le débit maximal pouvant être libéré du lac Ontario tout en maintenant un niveau d'eau suffisant et des vitesses sécuritaires pour la navigation commerciale dans la section internationale du fleuve Saint-Laurent
Limite « M »	Définit le débit limite minimal pour équilibrer le faible niveau d'eau lac Ontario et du lac Saint-Louis, principalement pour les secteurs d'intérêt de la navigation commerciale sur la Voie maritime

En plus des limites du plan, le critère H14 des ordonnances d'approbation de 2016 autorise le Conseil à déroger des règles du Plan 2014 lorsque le niveau d'eau du lac Ontario est extrêmement élevé ou faible. La Directive sur les ajustements opérationnels, les écarts et les conditions extrêmes de décembre 2016 de la CMI définit le niveau extrêmement élevé et faible du lac Ontario à utiliser comme seuil pour autoriser des écarts importants par rapport au plan. Le CILOFSL est tenu de suivre le plan de régularisation lorsque le niveau est à l'intérieur de ces seuils. Toutefois, le Plan 2014 prévoit des écarts mineurs pour répondre aux besoins à court terme du fleuve (p. ex., les travaux d'entretien à court terme des installations hydroélectriques, l'aide aux navires commerciaux en raison d'un bas niveau imprévu, l'aide au halage des bateaux) qui sont limités à +/- 2 cm (0,79 po) d'impact sur le lac Ontario. La Directive permet également d'apporter des ajustements opérationnels lorsque les conditions réelles dans la semaine diffèrent sensiblement des conditions prévues utilisées pour calculer le débit du plan de régularisation. Pour de plus amples renseignements sur les écarts et les ajustements opérationnels, veuillez

consulter la [Directive sur les ajustements opérationnels, les écarts et les conditions extrêmes](#) de décembre 2016 de la CMI.

4.0 Résumé des conditions hydroclimatiques ainsi que du niveau et du débit d'eau observés en 2017

Le niveau d'eau et les plans de régularisation du débit sont principalement influencés par les conditions hydroclimatiques du bassin et par le fait qu'il soit humide ou sec, froid ou chaud au cours de toute année donnée et sur des tendances à plus long terme. Selon les conditions observées dans l'ensemble du bassin des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent en 2017, les températures et les précipitations saisonnières ont été supérieures à leur moyenne. La majeure partie de la région a connu un printemps pluvieux avec des pluies abondantes persistantes et des chutes de neige, ce qui a provoqué une hausse marquée du niveau d'eau des Grands Lacs dans l'ensemble du système. Ces conditions étaient les plus sévères dans le bassin du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent, qui a connu un hiver relativement humide suivi de précipitations records au printemps, ce qui a entraîné un niveau et un débit d'eau records.

Dans son rapport de mai 2018 ([Conditions observées et régularisation du débit en 2017](#)), le CILOFSL indique clairement que les conditions météorologiques et les conditions d'apport d'eau en 2017 ont dicté le débit du lac Ontario qui a été libéré en 2017 et ont limité sa capacité de régulariser le niveau d'eau en amont et en aval du barrage Moses-Saunders. Dans son rapport, le Conseil fournit une explication détaillée des raisons pour lesquelles le niveau d'eau élevé du lac Ontario a atteint un pic record en 2017, y compris une description exhaustive des conditions hydroclimatiques de 2017 et de leur rôle à causer le niveau d'eau record observé.

L'hydroclimatologie se définit comme étant l'étude de l'influence du climat sur les eaux de la Terre, y compris pour ce qui est des échanges d'énergie et d'humidité entre l'atmosphère et la surface de la Terre. Le présent rapport porte également sur les conditions hydroclimatiques de 2017, si ce n'est qu'il a une portée différente (c.-à-d. qu'il couvre l'ensemble des Grands Lacs), et qu'il obéit à un objectif quelque peu différent de celui du rapport du Conseil. Bien que les deux rapports tiennent compte de l'interaction des règles de régularisation et des conditions météorologiques sur le niveau d'eau, dans le présent rapport, le Comité GAGL se concentre sur la façon dont les conditions de 2017 pourraient éclairer sa Directive à la CMI afin d'évaluer si les futures sources d'apport d'eau seront différentes de celles utilisées pour tester la gestion actuelle du niveau d'eau et du débit du lac Ontario. En examinant ce qui s'est passé et en cherchant des indices sur la façon d'améliorer les résultats futurs dans des conditions tout aussi rudes, le Comité GAGL pose la question : Que pouvons-nous apprendre des conditions hydroclimatiques de 2017 qui pourraient influencer les évaluations des plans futurs et aider à améliorer les plans de régularisation du lac Supérieur et du lac Ontario.

4.1 Survol de l'hydroclimat des Grands Lacs en 2017

La présente section fait un survol général des conditions météorologiques, de l'apport d'eau, et du niveau et du débit d'eau en 2017 dans l'ensemble du réseau des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent, afin d'établir le contexte de toutes les sections subséquentes du présent rapport. Elle comprend un aperçu général de l'ensemble du bassin, puis une évaluation des conditions hydroclimatiques dans les Grands Lacs d'amont et pour la partie du système comprise entre le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent.

4.1.1 Survol des Grands Lacs

Dans l'ensemble, ce fut une année humide pour les Grands Lacs (figure 4-1), avec des précipitations généralement près de la moyenne ou supérieures à celle-ci dans l'ensemble du bassin, les précipitations de 2017 ayant été de 10 à 50 % supérieures à la moyenne dans la plupart des régions au nord des lacs. La majeure partie de la région des Grands Lacs a connu un printemps humide avec des pluies abondantes et des chutes de neige persistantes; en particulier, des régions de l'Ontario ont reçu plus de deux fois la quantité moyenne de précipitations en avril et en mai 2017. L'automne a été humide sur le centre des Grands Lacs, et l'État du Michigan a enregistré des précipitations records en octobre.

La température a été d'au moins 0,5 °C supérieure à la moyenne annuelle dans la majeure partie de la région des Grands Lacs, certaines régions affichant une température supérieure de 1,0 °C à la moyenne (figure 4-2). Il y a également eu quelques régions, autour de l'extrémité ouest du lac Supérieur et de l'extrémité sud du lac Michigan, qui ont affiché des températures plus près de la moyenne globale en 2017. En raison de ces températures supérieures à la moyenne, en particulier pendant les mois de la saison froide (presque tout le bassin a connu des températures élevées variant de quasi-records à records en janvier et février), les accumulations de neige et la durée de la couche de neige ayant été inférieures à la normale. Les périodes de chaleur automnale en septembre et en octobre ont établi des records de température dans certains secteurs de l'est de la région.

Les périodes de chaleur hivernale et automnale ont entraîné des températures chaudes records dans certaines parties du bassin, et la couverture glacielle maximale des Grands Lacs pour l'année a été de 35 % inférieure à la moyenne à long terme, avec une couverture aréale de seulement 19,4 % (National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) et Environnement et Changement climatique Canada (ECCC), 2018) (NOAA: GLERL, n.d.). De plus amples renseignements sur les tendances et les impacts climatiques pour l'ensemble du bassin des Grands Lacs se trouvent dans le document [Annual Climate Trends and Impacts Summary for the Great Lakes Basin](#), produit par la NOAA et ECCC.

Le principal moteur du niveau d'eau pour l'ensemble du bassin des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent est la quantité d'eau qui entre dans le système, ce qu'on appelle l'*apport d'eau*.

L'apport total d'eau des lacs, appelé « apport net total » (ANT), est la combinaison de l'eau qui entre du lac en amont (affluent) et de l'eau qui entre du bassin du lac lui-même, appelée « apport net du bassin », ou ANB. L'ANB représente le total des précipitations qui tombent directement à la surface du lac et de l'eau de ruissellement qui arrive au lac par ses tributaires et son bassin de drainage environnant, moins l'évaporation du lac. L'ANB est calculé de deux façons différentes; la méthode dite des « composantes » utilise des mesures et des estimations modélisées des trois principales composantes de l'ANB, soit les précipitations, le ruissellement et l'évaporation; tandis que la méthode dite « résiduelle » considère l'ANB comme l'eau résiduelle nécessaire pour tenir compte de la variation de l'eau accumulée (c.-à-d. la variation mensuelle du niveau du lac) et de la quantité mesurée d'apport et de sortie en eau par leurs canaux de raccordement.

Figure 4-3 : Composantes de l'ANB du bassin des Grands Lacs tirées de la base de données hydrométriques GLERL, rouge - 2017, noir - moyenne 1981-2010. (Source : Coordinating Committee on Great Lakes Basic Hydraulic and Hydrologic Data, 2017) Le ruissellement vers les Grands Lacs a été beaucoup plus élevé que

Anomalie (annuelle) des précipitations

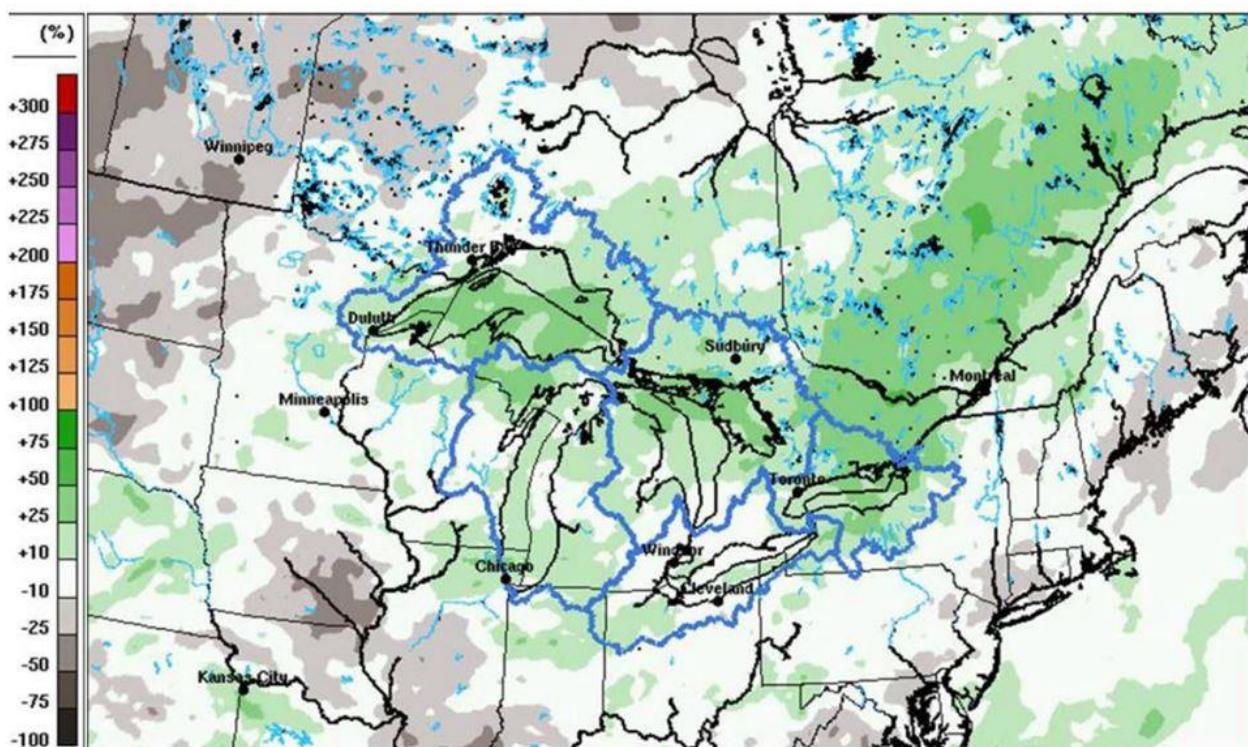


Figure 4-1 : Carte montrant les anomalies annuelles de l'accumulation totale des précipitations dans la région des Grands Lacs. Les anomalies relatives aux précipitations s'écartent en pourcentage de la moyenne observée entre 2002 et 2016. Les données sur les précipitations sont un ensemble de données fusionnées contenant les données du modèle d'ECCC et du modèle de prévision numérique du temps (PNT). Figure créée par ECCC.

Anomalie (annuelle) des températures

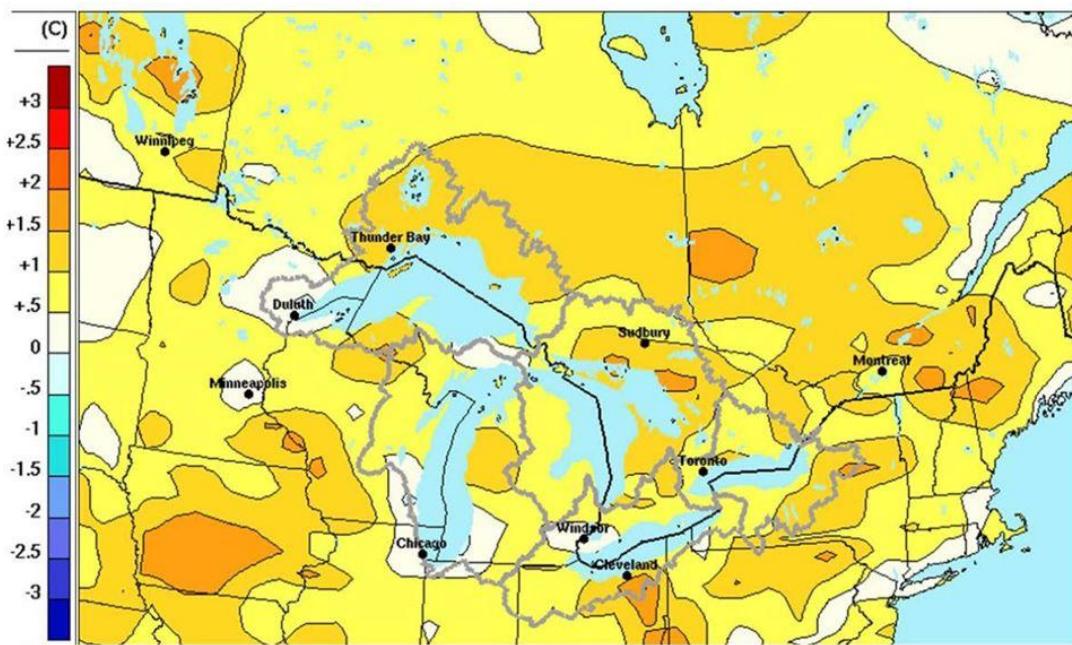


Figure 4-2 : Carte montrant les anomalies annuelles de température dans la région des Grands Lacs. Les anomalies de température sont des écarts par rapport à la moyenne observée entre 1981 et 2010. Les données sur la température proviennent des résultats du modèle d'ECCC. Figure créée par ECCC.

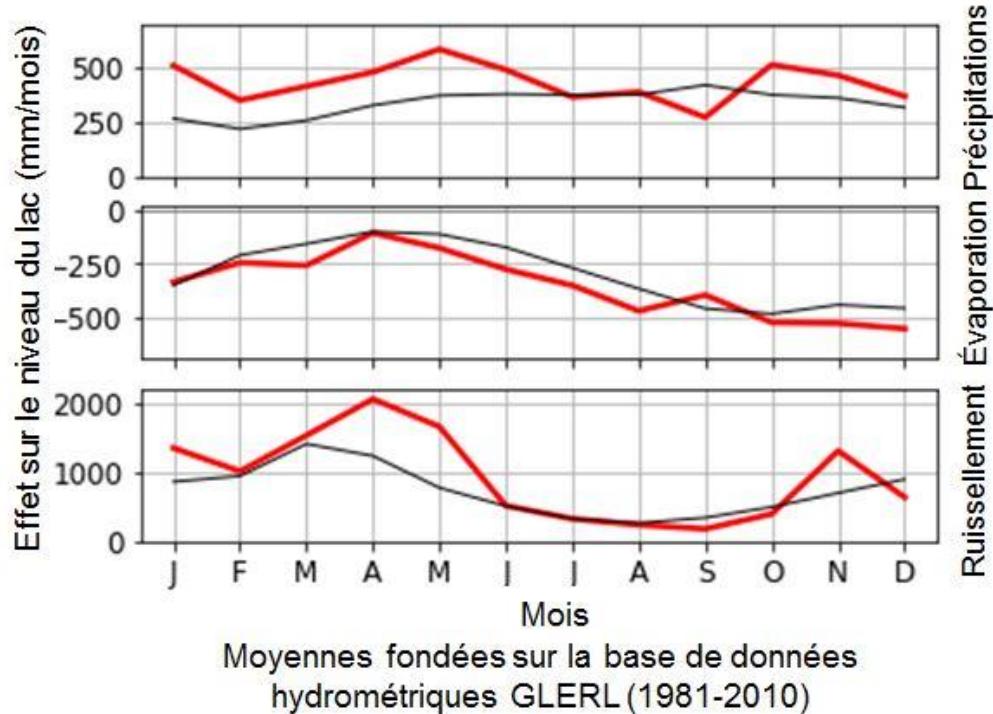


Figure 4-3 : Composantes de l'ANB du bassin des Grands Lacs tirées de la base de données hydrométriques GLERL, rouge - 2017, noir - moyenne 1981-2010. (Source : Coordinating Committee on Great Lakes Basic Hydraulic and Hydrologic Data, 2017)

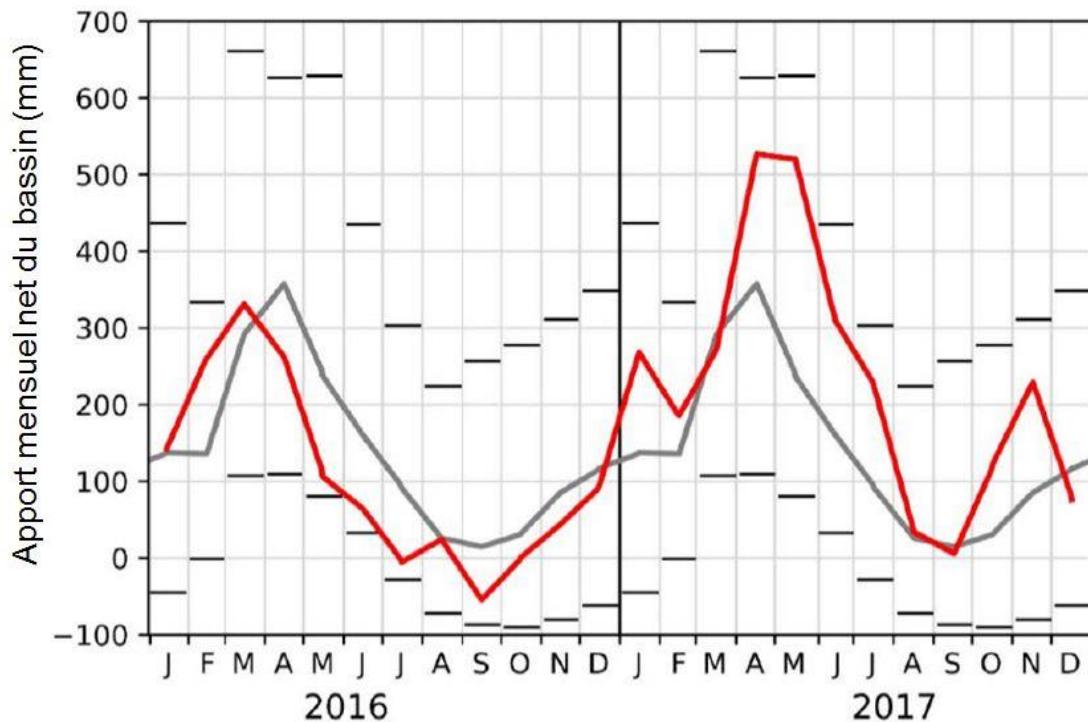


Figure 4-4 : Données résiduelles de l’ANB du bassin des Grands Lacs (en rouge) comparativement à la moyenne de 1981 à 2010 (en noir) pour 2016 et 2017. (Source : Coordinating Committee on Great Lakes Basic Hydraulic and Hydrologic Data, 2017)

sa moyenne au premier semestre de 2017, et les précipitations mensuelles ont été égales ou supérieures leur moyenne dans le bassin des Grands Lacs en 2017, sauf pour le mois de septembre. L’évaporation au-dessus des lacs a été assez proche de la moyenne tout au long de l’année, et le ruissellement dans les lacs a été beaucoup plus élevé que la moyenne de mars à juin et de nouveau en novembre. L’ANB global pour l’ensemble du bassin des Grands Lacs a été sous le signe de l’humidité pendant toute l’année 2017, dicté en cela par ce qui s’est produit sur le bassin du lac Ontario en 2017.

Le niveau d’eau des Grands Lacs d’amont, y compris les lacs Supérieur, Michigan-Huron et Érié, a commencé 2017 bien au-dessus de son niveau moyen à long terme, tandis que celui du lac Ontario a commencé l’année très près de sa moyenne mensuelle à long terme. Les précipitations ayant été supérieures à la moyenne dans le bassin, le niveau d’eau dans les cinq Grands Lacs est demeuré au-dessus de la moyenne tout au long de l’année, poursuivant une tendance semblable observée au cours des dernières années pour les Grands Lacs d’amont. Le niveau d’eau est fondé sur les moyennes des lacs et il en est question aux sections 4.1.2 et 4.1.3 ci-après. Il convient de signaler que le niveau d’eau de la moyenne des lacs est calculé à partir d’un réseau de stations réparties autour des lacs. Le niveau peut varier à divers endroits selon les conditions météorologiques, y compris les vents, la pression barométrique, les ondes de tempête et la hauteur des vagues.

4.1.2 Faits saillants hydroclimatiques pour les Grands Lacs d'amont

Comme nous l'avons vu dans la section précédente, les conditions ont été généralement humides dans le bassin des Grands Lacs en 2017, y compris dans les Grands Lacs d'amont (Supérieur, Michigan-Huron et Érié).

Les conditions ont été généralement humides sur le lac Supérieur tout au long de l'année, et tous les mois sauf juillet ont enregistré des précipitations supérieures à la moyenne. Il convient de souligner que les précipitations sur le lac Supérieur ont été près du double de la moyenne en janvier et en décembre 2017. L'évaporation au-dessus du lac a été généralement plus élevée que la moyenne au début et à la fin de l'année, tandis que le ruissellement a été proche de la moyenne ou légèrement supérieur pour toute l'année. Il n'est pas surprenant, compte tenu des précipitations et des eaux de ruissellement généralement supérieures à la moyenne, que l'ANB résiduel ait été supérieur à la moyenne pendant la majeure partie de l'année, et sous la moyenne seulement en mars et en novembre (figure 4-5).

Les précipitations au-dessus des lacs Michigan et Huron ont été proches de leur moyenne pendant la plupart des mois de l'année, à l'exception des mois d'avril, juin et octobre, où elles ont été largement au-dessus de la moyenne, et de septembre, le seul mois où les précipitations ont été bien inférieures à la moyenne (figure 4-6). Septembre a été en fait le cinquième mois le plus sec jamais enregistré, mais ce mois a été suivi par le mois d'octobre le plus humide jamais enregistré. L'évaporation du lac a été généralement un peu plus élevée que la moyenne, tandis que le ruissellement a été très proche de la moyenne pour toute l'année. L'ANB résiduel a suivi les précipitations, ayant été au-dessus de la moyenne pendant la majeure partie de l'année et n'ayant diminué que légèrement sous la moyenne au cours des derniers mois de l'année.

Sur le lac Érié, les précipitations ont été généralement proches de la moyenne, et seul le mois de mai a été bien au-dessus de sa moyenne et septembre bien en dessous (figure 4-7). Un système orageux observé le 5 novembre a généré 72 mm (2,85 po) de précipitations à Erie, en Pennsylvanie, un record de l'endroit pour les précipitations quotidiennes de novembre ([NOAA et ECCC \(2017\)](#)). L'évaporation du lac a été proche de la moyenne pendant la majeure partie de l'année, sauf un mois, septembre, où elle a été inférieure à la moyenne. Le ruissellement a été proche de la moyenne ou légèrement inférieur à celle-ci la plupart des mois, mais les mois de mai et novembre ont été bien au-dessus de leur moyenne, tandis que décembre a été bien en dessous. Les valeurs résiduelles de l'ANB ont été nettement supérieures à la moyenne au printemps, ayant atteint un sommet en mai, puis elles ont diminué, devenant inférieures à la moyenne en septembre avant de se rétablir en novembre.

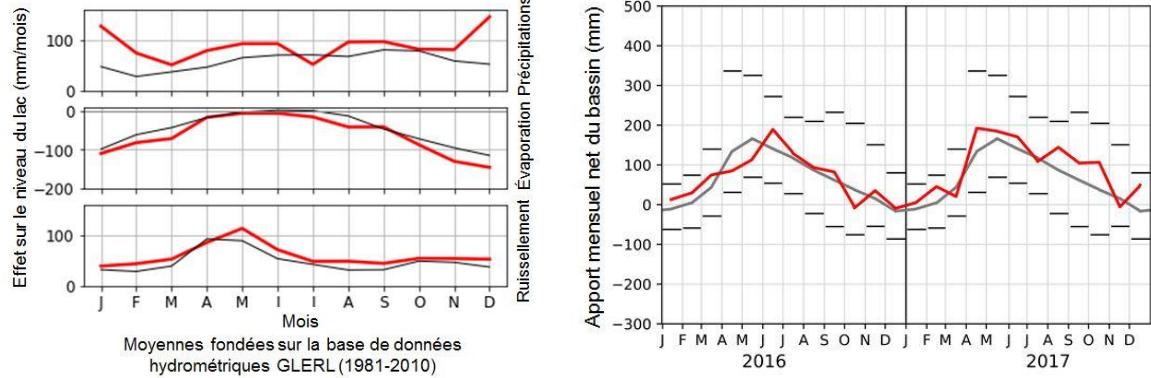


Figure 4-5 : Composantes ANB lac Supérieur 2017 (gauche) et ANB résiduel pour 2016-2017 (droite)

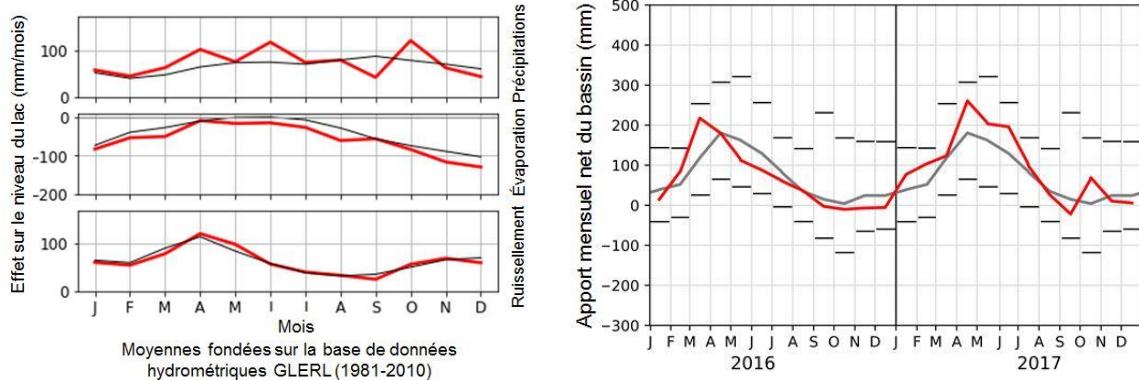


Figure 4-6 : Composantes ANB lac Michigan-Huron 2017 (gauche) et ANB résiduel 2016-2017 (droite)

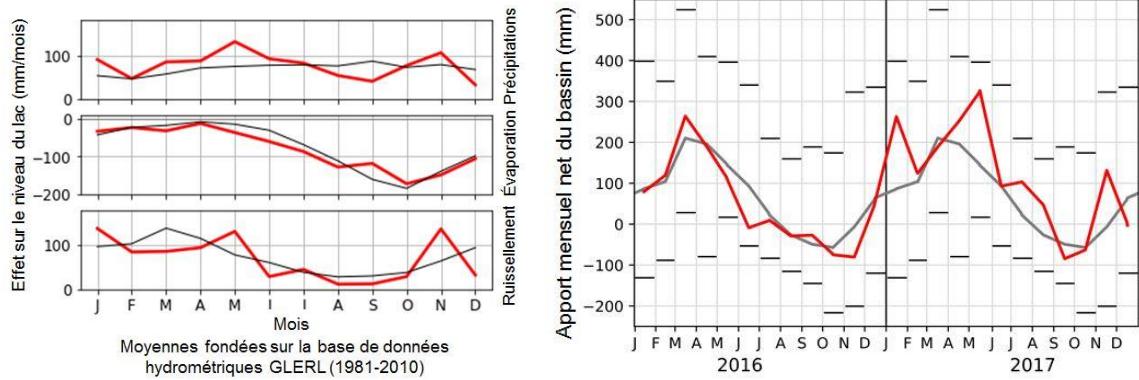


Figure 4-7 : Composantes ANB 2017 lac Érié (gauche) et ANB résiduel 2016-2017 (droite)

REMARQUE : L'ANB représente le total des précipitations qui tombent directement à la surface du lac et de l'eau de ruissellement qui pénètre dans le lac par les tributaires et le bassin de drainage environnant, moins l'évaporation qui s'en dégage. L'ANB est calculé de deux façons différentes; la méthode dite des « composantes » utilise des mesures et des estimations modélisées des trois principales composantes de l'ANB, soit les précipitations, le ruissellement et l'évaporation; tandis que la méthode dite « résiduelle » considère l'ANB comme l'eau résiduelle nécessaire pour tenir compte de la variation de l'eau accumulée (c.-à-d. la variation mensuelle du niveau d'eau du lac) et de la quantité mesurée du débit de l'apport en eau et de débit du lac par leurs canaux de raccordement.

En raison de leur niveau d'eau au début de l'année et de l'humidité générale tout au long de l'année, le niveau d'eau de tous les Grands Lacs d'amont a été bien supérieur à sa moyenne en 2017 (figure 4-8).

Après avoir commencé 2017 au-dessus de sa moyenne, le lac Supérieur a connu une hausse supérieure à la moyenne du niveau d'eau d'avril à octobre, ce qui a entraîné un niveau d'eau proche des maximums mensuels enregistrés en 1985, de juin à décembre. En octobre, le niveau d'eau mensuel de 183,8 m (603,05 pi) du lac Supérieur a été tout juste inférieur de 10 cm (3,9 po) à son niveau le plus élevé jamais enregistré, en octobre 1985. À la fin de décembre, son niveau d'eau avait baissé, ce qui a entraîné une hausse de 18 cm (7,1 po) du niveau d'eau à la fin de l'année par rapport au début de 2017.

Le niveau d'eau a débuté et est demeuré bien au-dessus de la moyenne sur les lacs Michigan-Huron tout au long de l'année. En raison principalement des fortes précipitations d'avril et de juin, le lac a enregistré une hausse supérieure à la moyenne d'avril à juillet. Après l'été, le niveau du lac s'est approché de la baisse saisonnière typique et a terminé l'année avec une hausse de 26 cm (10,2 po) par rapport au début de l'année.

Dans l'ensemble, une augmentation supérieure à la moyenne de l'ANB dans le lac Érié, en particulier en janvier et en mai, a entraîné une hausse du niveau d'eau supérieure à la moyenne au printemps. Le niveau d'eau du lac s'est approché à 15 cm (5,9 po) de son niveau record mensuel de 1986 pour le mois de mai et à 21 cm (8,2 po) du niveau le plus élevé enregistré sur le lac Érié, établi en juin 1986 à 175,04 m (574,3 pi). Le lac a connu une baisse saisonnière assez typique pendant l'été et l'automne, et son niveau d'eau avait augmenté de 18 cm (7,1 po) à la fin de l'année comparativement à celui de départ en 2017.

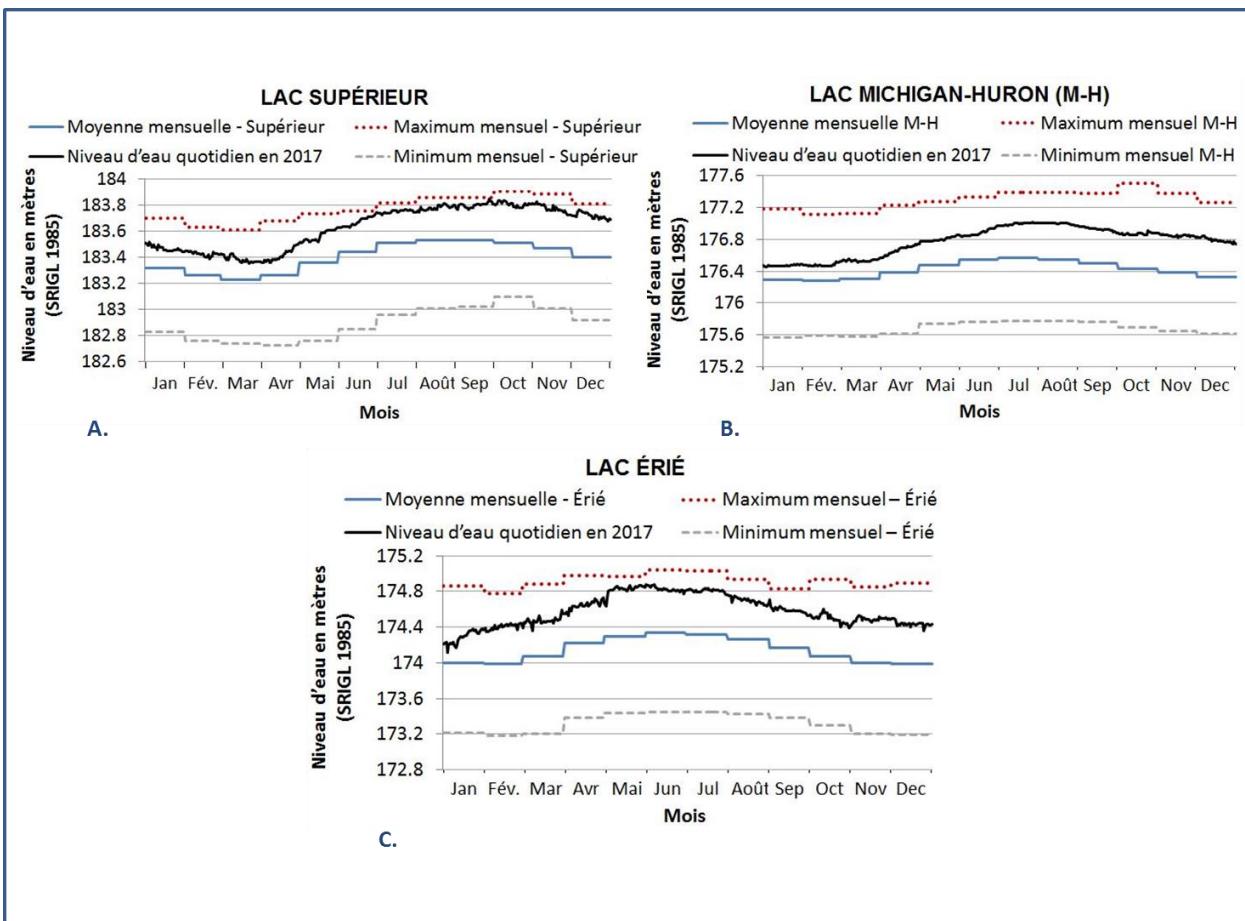


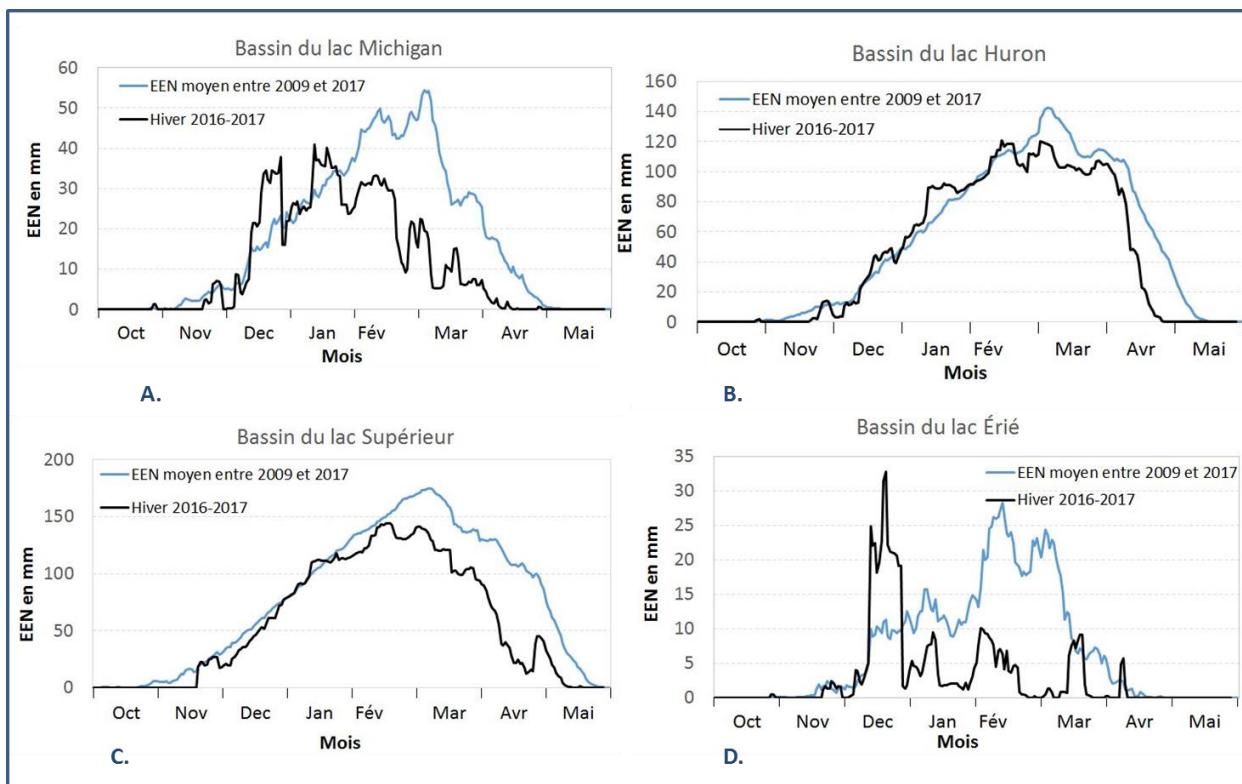
Figure 4-8 : Maximum et moyenne 1918-2017 Niveau d'eau mensuel et la moyennes quotidiennes de 1918 à 2017 pour le lac Supérieur (A), lac Michigan-Huron (B) et le lac Érié (C). (Source : Coordinating Committee on Great Lakes Basic Hydraulic and Hydrologic Data, 2017)

Pour ce qui est des températures, les mois de janvier et de février ont été exceptionnellement chauds dans l'ensemble du bassin des Grands Lacs d'amont. Le printemps et l'été suivants ont été plus proches de la normale, mais à partir de l'automne, les températures ont été en général anormalement chaudes dans l'ensemble du bassin en septembre et en octobre. Par exemple, Chicago a connu sept jours consécutifs avec des températures records de 35 °C (95 °F) du 20 au 26 septembre. Plus tard en novembre, des températures froides records ont été établies dans de nombreuses régions du sud de l'Ontario, de l'État de New York et de la Pennsylvanie.

Des vents forts survenus le 24 octobre ont causé des dommages attribuables à des vents rectilignes et des vagues hautes le long de la berge sud du lac Supérieur. Des rafales de vent atteignant 124 km/h (77 mi/h) ont provoqué la chute d'arbres et de lignes électriques, ce qui a entraîné la fermeture de routes et des pannes d'électricité généralisées. Une vague atteignant 9,1 m (30 pi) de hauteur a également été signalée au cours de cet événement, ce qui est le niveau le plus élevé jamais enregistré sur ce lac ([NOAA, National Weather Service, 2017](#)).

L'équivalent en eau de neige (EEN) décrit la quantité équivalente d'eau liquide stockée dans l'accumulation de neige. Il indique la colonne d'eau qui, en théorie, résulterait si l'accumulation

de neige en entier fondait instantanément. La neige qui fond dans l'ensemble du bassin n'aboutit pas directement en entier dans les Grands Lacs, mais sa quantité est incluse dans le calcul de la composante de l'eau de ruissellement dont il a été question plus tôt dans la présente section. D'après les données fournies par le Snow Data Assimilation System (SNODAS), au cours de l'hiver 2016-2017, le lac Supérieur et le lac Huron ont affiché une séquence assez typique d'EEN comparativement à la moyenne de 2010-2016 (Figure 4-9A et B). Au début de la saison hivernale, le niveau de l'eau du lac Michigan était plus élevé, mais il a diminué régulièrement vers le début de 2017 (figure 4-9C). Au début de l'automne 2016, il y a eu une accumulation considérable de neige dans le lac Érié, bien au-dessus de sa valeur moyenne, mais elle a rapidement diminué et est demeurée faible pendant le reste de la saison (figure 4-9D).



4.1.3 Faits saillants hydroclimatiques pour le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent

Le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent ont peut-être connu en 2017 les conditions hydroclimatiques les plus extrêmes enregistrées dans le bassin en plus de 100 ans, puisque les conditions généralement humides de janvier à mars ont été suivies de deux des mois les plus humides jamais enregistrés en avril et en mai, si bien que le niveau d'eau a monté sur tout le système et atteint de nouveaux sommets (figure 4-10).

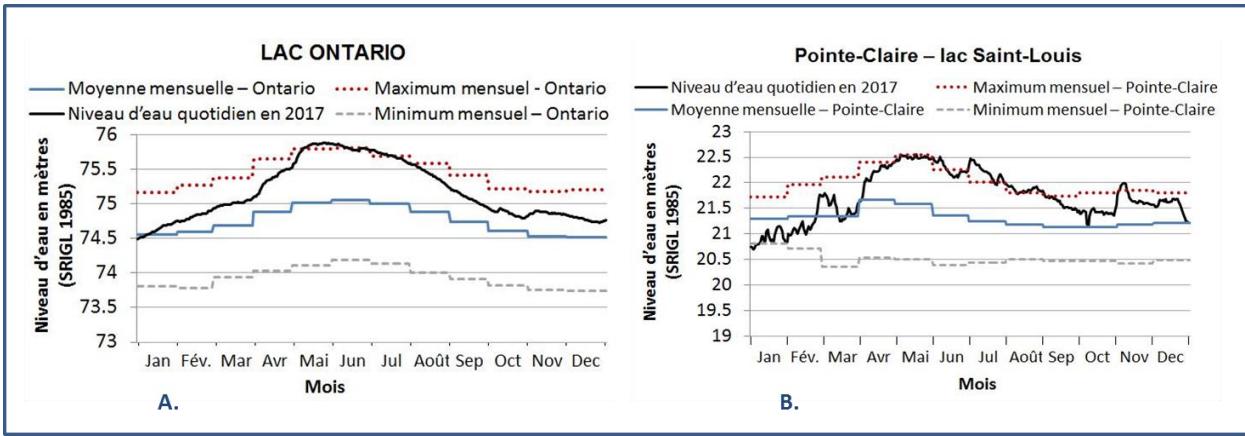


Figure 4-10 : Niveau d'eau mensuel et moyen quotidien de 1918 à 2017 pour le lac Ontario (A) (Source : Coordinating Committee on Great Lakes Basic Hydraulic and Hydrologic Data, 2017) et le fleuve Saint-Laurent à Pointe-Claire, sur le lac Saint-Louis près de Montréal, au Québec (B) (Source : Gouvernement du Canada).

Comme entièrement documenté dans le rapport du Conseil, les aspects les plus importants de cet événement ont commencé en avril, alors qu'une série de fortes tempêtes a traversé la région tout au long du mois, faisant ainsi augmenter rapidement le niveau d'eau du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent. Ces tempêtes ont aussi saturé la surface terrestre et fait augmenter le niveau d'eau des rivières et des affluents intérieurs, dont le plus important est le grand bassin de la rivière des Outaouais, qui se jette dans le fleuve Saint-Laurent près de Montréal. Les conditions humides se sont poursuivies et culminées à deux systèmes extrêmement larges et lents qui ont traversé la région d'un bout à l'autre, le premier du 29 avril au 1^{er} mai et le deuxième du 4 au 8 mai. Le débit de la rivière des Outaouais a atteint un niveau record le 8 mai et combiné à l'affluent élevé du lac Érié, a entraîné un volume exceptionnel d'eau qui a pénétré dans le système du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent pendant cette période.

Le niveau d'eau du lac Ontario a commencé l'année très proche de sa moyenne. Comme les trois premiers mois de l'année ont été généralement humides, le niveau d'eau du lac a augmenté au-delà de sa moyenne et a débuté avril à environ 30 cm (11,8 po) au-dessus de sa moyenne. Les apports en eau extrêmes observés au printemps ont contribué à l'augmentation record du lac Ontario pendant les mois d'avril et de mai et le lac a atteint un sommet de 75,88 m (248,95 pi) à la fin de mai, le niveau d'eau le plus élevé jamais enregistré du lac depuis le début des relevés en 1918. Celui-ci est demeuré élevé tout au long de l'été, mais comme les conditions sont devenues relativement plus sèches et que le débit a été élevé, il a chuté de façon spectaculaire au cours des mois qui ont suivi, et des baisses records ont été observées en août et en septembre 2017. Au début d'octobre le niveau d'eau du lac Ontario était supérieur d'environ 25 cm (9,8 po) à sa moyenne et il est demeuré à peu près ainsi par rapport à sa moyenne jusqu'à la fin de l'année.

Le niveau d'eau du fleuve Saint-Laurent tel que mesuré à Pointe-Claire, sur le lac Saint-Louis (figure 4-10 B) a commencé l'année sous sa moyenne, poursuivant une tendance amorcée à l'été 2016. En février, il a légèrement grimpé, avec une hausse soudaine et prononcée après un important dégel marqué par des orages et des pluies. Il a varié tout au long du mois de mars en

fonction du débit, des conditions météorologiques et de l'état des glaces, mais il a augmenté rapidement au cours des trois premières semaines d'avril, après un autre événement de dégel marqué encore une fois par des orages et des pluies. Tout au long du premier tiers de mai, le débit de la rivière des Outaouais ayant augmenté rapidement en raison des pluies abondantes, le niveau d'eau du lac Saint-Louis a augmenté. Puis, en juin il a généralement chuté, le débit de la rivière des Outaouais diminuant, mais remontant par suite de pluies abondantes au cours de la deuxième moitié du mois. Le niveau d'eau du lac Saint-Louis en juin, juillet et août a atteint de nouveaux sommets mensuels records. Son niveau d'eau a commencé à diminuer tout au long de l'automne, mais il est demeuré au-dessus de sa moyenne. Alors qu'il approchait de sa moyenne en octobre, une autre tempête a frappé et le niveau d'eau du fleuve Saint-Laurent a augmenté rapidement vers la fin du mois. À la fin de l'année, le niveau d'eau du lac Saint-Louis s'était abaissé tout près de sa moyenne.

La tendance principale des conditions météorologiques exceptionnelles observées à la fin d'avril et au début de mai 2017 était ce qu'on appelle une courbe de débit méridionale, ou de grande amplitude (figure 4-11), qui se caractérise par des crêtes et des creux de pression profonds qui ont tendance à diriger le flux d'air général du nord au sud ou du sud au nord. Ce type de configuration peut entraîner des tempêtes qui suivent une trajectoire directement au-dessus des Grands Lacs après avoir capté l'humidité du golfe du Mexique, et c'est cela qui s'est produit à la fin d'avril et au début de mai 2017. Ces systèmes pluviaux se déplacent souvent lentement et ont donc beaucoup de temps pour relâcher leur humidité dans un secteur, ce qui ajoute à la quantité de précipitations qu'ils produisent. À la fin d'avril et au début de mai 2017, cet effet a été amplifié par une zone de haute pression située sur la côte est de l'Amérique du Nord, ce qui a entraîné un ralentissement encore plus prononcé de ces systèmes chargés d'humidité et des précipitations totales bien supérieures à la normale dans le lac Ontario, le fleuve Saint-Laurent et la rivière des Outaouais (figure 4-12).

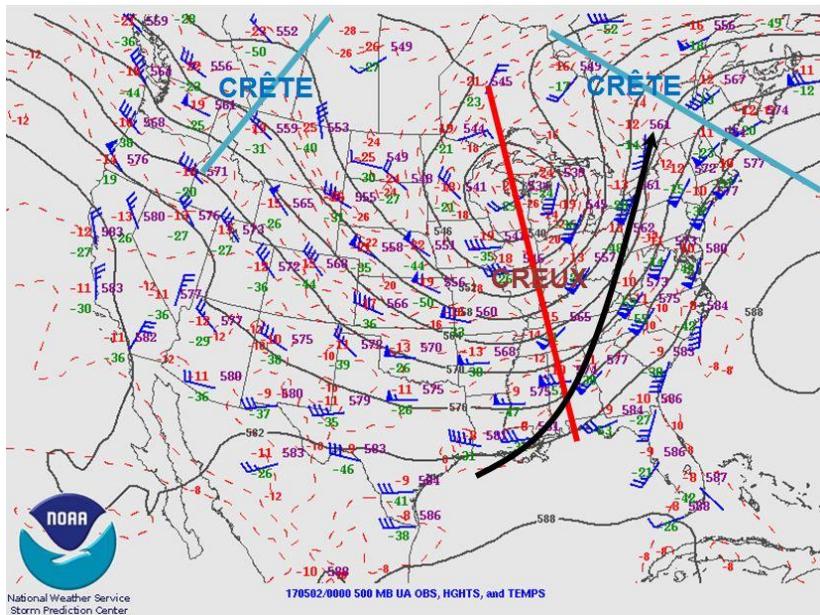


Figure 4-11 : Analyse de 00z (20 h HAE), le 2 mai 2017. Carte de 500 mb fournie par le National Weather Service Storm Prediction Centre. Les lignes de crête ont été dessinées en bleu et les creux en rouge. La direction générale du débit en provenance du golfe du Mexique a été représentée par la flèche noire. (Source : NOAA, Storm Prediction Centre, 2017)

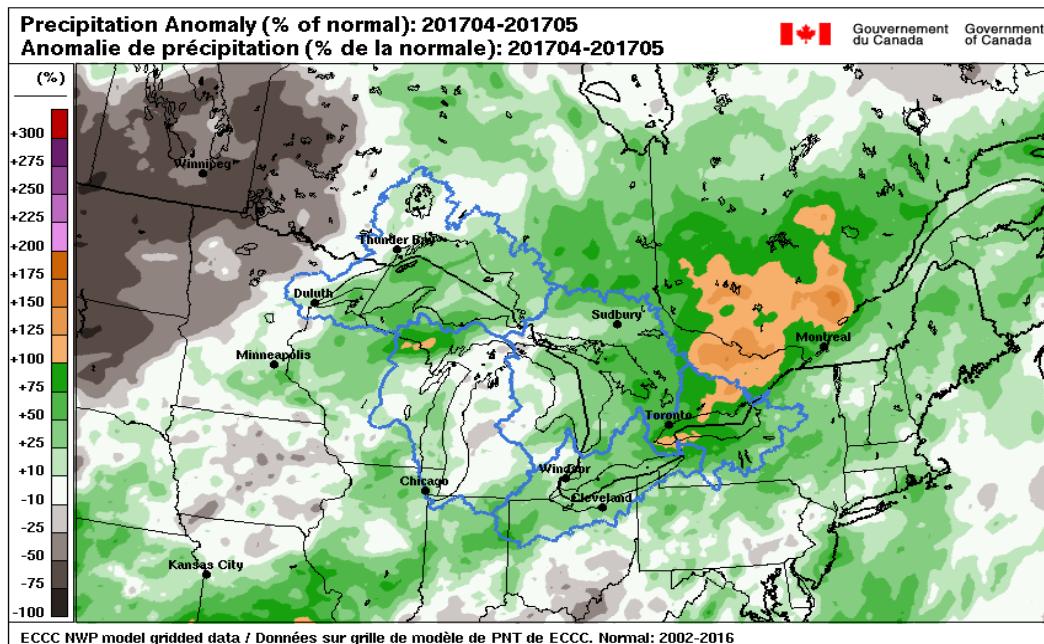


Figure 4-12 : Anomalie de l'accumulation totale des précipitations en avril et en mai 2017 dans la région des Grands Lacs fondée sur le pourcentage d'écart par rapport à la moyenne de 2002 à 2016. Les données sur les précipitations sont un ensemble de données fusionnées contenant les données du modèle de prévision numérique du temps (PNT) d'ECCC. (Source : ECCC - Service météorologique du Canada)

Après le printemps humide, le reste de l'été et le début de l'automne ont été marqués par des précipitations plus proches de la moyenne sur le lac Ontario. Cependant, un autre mois

extrêmement humide s'est produit en octobre, lorsque le lac a reçu presque autant de précipitations qu'en mai. Une tempête particulièrement forte à la fin du mois a contribué au maintien de conditions élevées de ruissellement en novembre.

En 2017, les fluctuations des températures pendant les mois d'hiver ont influé sur le débit et le niveau d'eau du lac Ontario, principalement en raison de leur rôle dans la création de conditions de glace uniques sur le fleuve Saint-Laurent. Les mois de janvier et de février ont été beaucoup plus chauds que la moyenne, et des températures chaudes records ont été enregistrées en février dans la majeure partie du bassin des Grands Lacs. Cette situation a été suivie par des températures beaucoup plus froides en mars, qui ont toutes contribué à un cycle de gel et de dégel sans précédent, avec une couche de glace qui s'est formée et qui a fondu cinq fois sur le fleuve Saint-Laurent. Comme l'explique le rapport du Conseil (CILOFSL, 2018), ces conditions de glace variables obligaient l'ajustement continual du débit du lac Ontario pour éviter de perturber la couche de glace fragile et de la faire s'effondrer et créer des embâcles.

L'influence du vent et des vagues peut, bien sûr, aggraver sensiblement les problèmes associés à un niveau d'eau élevé. Selon la direction et la force du vent, les vagues peuvent s'accumuler sur un long chenal sur de grands lacs comme le lac Ontario. La vitesse du vent et la hauteur des vagues, qui sont étroitement corrélées, dépendent largement des conditions locales; toutefois, en général, les vents les plus forts ont tendance à se produire au printemps et à l'automne.

Pour avoir une idée des conditions de vent sur le lac Ontario au cours du printemps en avril et mai 2017, alors que le niveau d'eau du lac approchait de son sommet et qu'un certain nombre d'événements de haut niveau d'eau liés au vent ont également été relevés, on a examiné les données d'une bouée située au large de la berge nord du lac Ontario, près de la pointe Prince Edward (lat. 43.79N, long. 76.87W). D'après ces données, les vitesses moyennes et maximales des vents en avril et en mai ont été typiques comparativement aux données historiques de cette station qui remontent à 1992. La hauteur maximale des vagues mesurée à cette bouée en avril et en mai a été de 1,24 m (4,07 pi) et de 1,56 m (5,12 pi), respectivement. Dans l'historique, la hauteur maximale des vagues pour avril est en moyenne de 1,9 m (6,23 pi) et de 2,4 m (7,87 pi) pour mai. Rien dans cet historique de données n'indique qu'il y ait eu quoi que ce soit d'inhabituel au sujet de la vitesse du vent ou de la hauteur des vagues pendant ces deux mois de l'année à cet endroit. Néanmoins, avec le niveau d'eau record, même ces conditions de vent et de vagues relativement normales et les ondes de tempête (p. ex., le 30 avril 2017) ont contribué de façon importante aux impacts sur le littoral, comme nous l'avons vu dans la section 5.

Dans le bassin du lac Ontario, les données du US Army Corps of Engineers (USACE) indiquent que la valeur quotidienne de l'EEN a été un peu plus élevée au début de février que la moyenne de 2009 à 2017 pour cette période de l'année (figure 4-13). Toutefois, les températures chaudes de février ont entraîné une chute spectaculaire de l'EEN. Il s'est rétabli quelque peu en mars, puis a été suivi par une fonte typique de fin de saison.

Dans le bassin de la rivière des Outaouais, l'EEN dans la moitié sud du bassin a été légèrement inférieur à la moyenne au début d'avril, tandis que dans la moitié nord, il a été supérieur à sa moyenne, même si les valeurs ont été bien inférieures à celles de l'année précédente.

Si l'on regarde plus particulièrement les composantes de l'ANB pour le lac Ontario, la période a été dominée par un printemps très humide (figure 4-14). Les précipitations sur le lac ont été deux fois plus importantes que leur moyenne des mois de mai et d'octobre, et nettement inférieures à la moyenne seulement en septembre. L'évaporation du lac a été proche de la moyenne pour toute l'année. L'eau de ruissellement dans le lac a rebondi, passant d'un début légèrement inférieur à la moyenne à bien plus du double de la quantité moyenne en mai. Elle a ensuite diminué graduellement au cours de l'été avant de grimper bien au-dessus de sa moyenne en novembre.

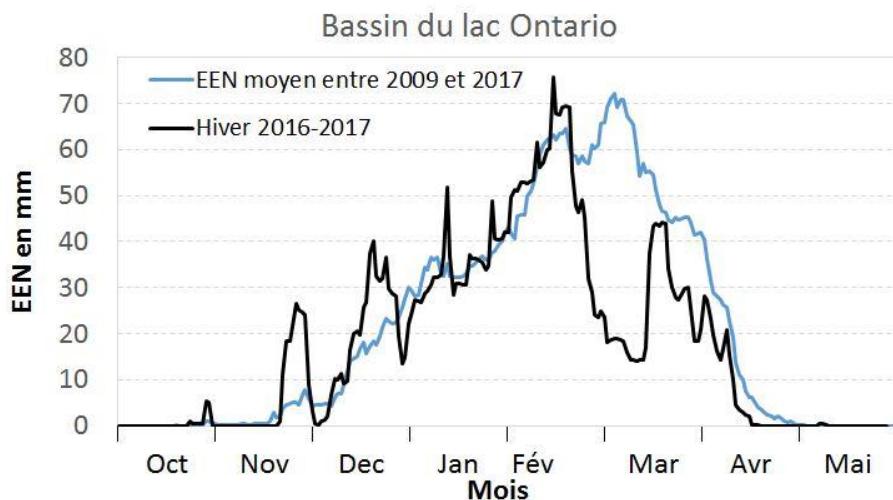
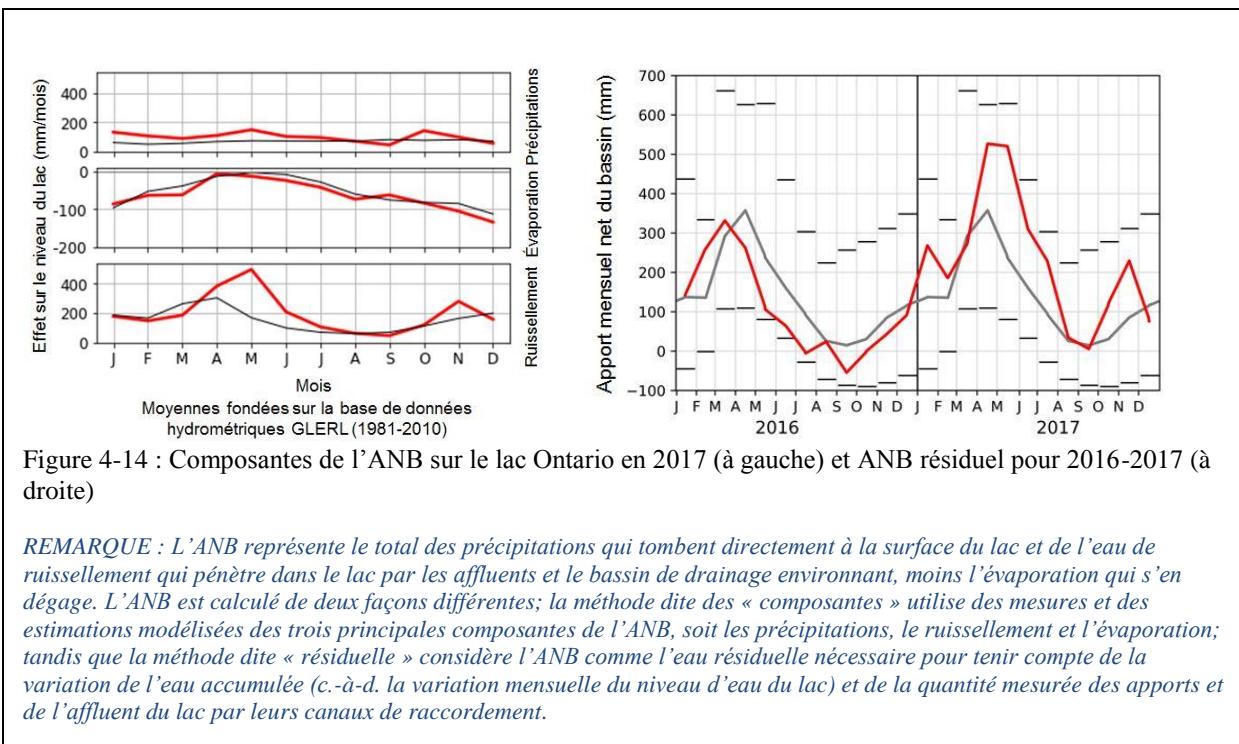


Figure 4-13 : EEN du lac Ontario provenant du Snow Data Assimilation System (SNODAS)



4.2 Les conditions hydroclimatiques de 2017 auraient-elles pu être prévues?

Comme l'apport total en eau des bassins du lac Ontario et de la rivière des Outaouais est un des principaux facteurs de variation du niveau d'eau dans le système, il représente un aspect important de la régularisation du débit du fleuve Saint-Laurent. Le Plan 2014 comprend des indicateurs des conditions futures d'apport d'eau, tout comme son prédécesseur, le Plan 1958-DD, afin de réduire la fréquence et la gravité du niveau d'eau extrêmes par rapport à ce qui se produirait sans régularisation.

Au cours de la LOSLRS et des efforts subséquents, une série de simulations ont été effectuées pour illustrer les avantages potentiels d'une éventuelle amélioration suffisante des prévisions des conditions d'apport d'eau. Les résultats suggèrent qu'en théorie du moins, une connaissance préalable du temps humide ou sec de trois à six mois à l'avance pourrait améliorer le rendement obtenu par rapport au plan de régularisation dans certaines situations en offrant la possibilité d'ajuster le débit à temps pour réduire, sans toutefois l'éliminer, le risque de niveau d'eau extrême. Conséquemment, dans quelle mesure les prévisions saisonnières à long terme existantes ont-elles permis de bien prédire les conditions extrêmes de 2017, et peut-on tirer des leçons de l'événement pour améliorer les prévisions à l'avenir?

Les prévisions à long terme n'ont pas bien fonctionné. À titre d'exemple, le North American Multimodel Ensemble (NMME) est un système de prévisions saisonnier à modèles multiples qui

utilise les données de prévision produites par les centres de recherche des États-Unis et du Canada. Chaque mois, le NMME utilise les données d'une série de modèles individuels pour créer des prévisions globales pour six mois de la température et des précipitations. Ces modèles de prévisions saisonnières sont parmi les plus perfectionnés actuellement disponibles.

La figure 4-15 ci-après montre la répartition des prévisions du modèle NMME pour les précipitations sur le lac Ontario effectuées en mars 2017 pour les six mois suivants. La figure indique un large éventail de prévisions possibles de précipitations produites par les divers modèles (voir la légende des figures pour une description détaillée de la figure), oscillant de conditions « humides » au-dessus de la normale (rouge) à des conditions « sèches » au-dessous de la normale (bleu), mais la plupart des prévisions du modèle tombent dans la catégorie « quasi normale » (gris). Très peu des prévisions ont dépassé les plages historiques, ce qui indique que les précipitations extrêmes n'ont pas été considérées comme probables en avril et en mai. Fait intéressant, la moyenne des précipitations prévues en mai a été légèrement inférieure à la moyenne historique pour le mois, ce qui indique que la plupart des modèles avaient prévu un mois de mai plus sec que la normale.

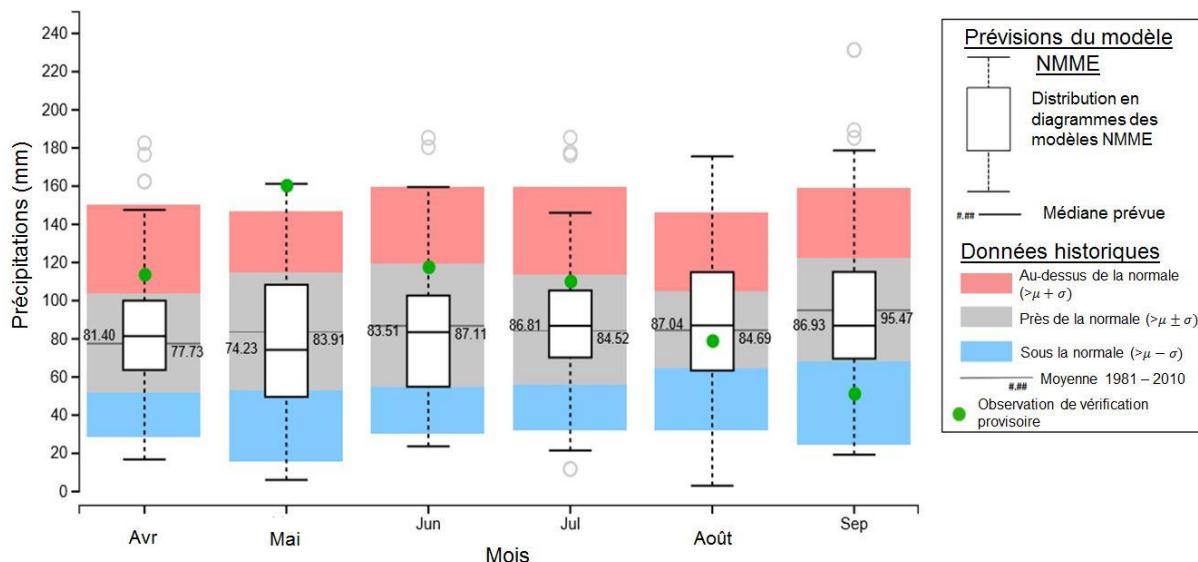


Figure 4-15 : Répartition des prévisions semestrielles du NMME effectuées en mars 2017. Les barres rouge, grise et bleue représentent les fourchettes supérieures, proches et inférieures à la moyenne d'après les données de 1981 à 2010, respectivement. La case pour chaque mois représente la fourchette du 25^e au 75^e percentile, tandis que la barre noire horizontale au milieu de la case représente la médiane de tous les modèles de prévision et le point vert représente la valeur réelle des précipitations pour ce mois. (Source : NOAA - Great Lakes Environmental Research Laboratory (GLERL), mars 2017)

Les points verts indiquent les précipitations réelles observées, supérieures à la normale en avril, suivies de précipitations bien supérieures à la normale en mai. Ainsi, on peut voir que même un mois à l'avance, il n'y avait aucun signal fiable dans les prévisions disponibles indiquant que les précipitations du printemps 2017 seraient extrêmes. De plus, les prévisions de trois à six mois à l'avance tendent à être encore plus incertaines, et bien qu'une prévision précise aussi lointaine puisse permettre d'abaisser le niveau d'eau des lacs avant les apports extrêmes d'eau, il est

également possible que d'autres facteurs puissent l'empêcher (c'était effectivement le cas en 2017, car les conditions glaciales auraient limité l'écoulement de l'eau de janvier à mars et empêché son débit élevé qui aurait été nécessaire pour abaisser le niveau d'eau du lac Ontario avant les apports d'eau extrêmes imprévisibles plus tard au printemps).

La question demeure à savoir s'il y a moyen d'améliorer ces prévisions. Par exemple, si les conditions climatiques ayant précédé la crue des eaux en 2017 ont été les mêmes que celles qui ont précédé de semblables crues observées au cours des années précédentes, l'on pourrait peut-être prévoir la crue des eaux chaque fois que ces conditions se présentent?

L'on appelle modèles de téléconnexion les régimes à grande échelle d'anomalies de pression et de circulation qui peuvent englober de vastes régions. Les modèles de téléconnexion peuvent persister pendant des semaines, des mois et des années et avoir une incidence importante sur les régimes météorologiques observés à des milliers de kilomètres de distance. Ces modèles reflètent les changements observés dans les modèles d'ondes atmosphériques et de courants-jets dans l'ensemble de la planète. Les modèles de téléconnexion qui sont généralement perçus comme ayant une certaine influence sur les conditions météorologiques nord-américaines à des degrés divers sont l'oscillation Nord-Atlantique (NOA), le régime Pacifique-Amérique du Nord (PAN), El Niño-oscillation australe (ENSO) et l'oscillation arctique (OA).

En général, les corrélations entre les téléconnexions et les régimes météorologiques sont plus fortes lorsque les téléconnexions se trouvent à l'extrême supérieure ou inférieure de leur plage, mais cela n'a été le cas pour ni l'une ni l'autre de ces téléconnexions pendant le premier semestre de 2017 : NAO 0,3 (plage de -3 à +3), PAN 0,3 (plage de -3 à +3), ENSO 0,1 (plage de -2 à +3) et OA 0,4 (plage de -4 à +4). En conséquence, les valeurs des modèles de téléconnexion n'indiquaient pas qu'il y aurait des précipitations élevées records sur le lac Ontario en avril et en mai.

Un article récent (Carter et Steinschneider, 2018) répertorie les similitudes et les différences entre sept inondations modernes du lac Ontario (1951, 1952, 1973, 1974, 1976, 1993 et 2017) et à l'aide d'autres ouvrages de référence, l'on y donne une idée très générale des facteurs climatiques et des modèles de téléconnexion d'intérêt. Bien qu'il y ait eu d'importantes années de hautes eaux dans les annales avant 1951, on a enregistré moins de phénomènes climatiques qui pourraient expliquer la cause de ce niveau élevé.

Au cours de six des sept années d'inondation (la seule exception étant 1993), les précipitations hivernales sur les Grands Lacs ont été supérieures à leur moyenne et la plupart ont été largement supérieures à la moyenne. Quatre des six années ont également coïncidé avec de faibles valeurs d'ENSO (communément appelé La Niña), y compris 1951, 1974, 1976 et 2017. Historiquement, les années La Niña ont fait ressortir une tendance vers des conditions météorologiques relativement sèches dans le sud des États-Unis et des conditions humides dans le nord et le sud du Canada, y compris dans les Grands Lacs, et c'était effectivement le cas en 2017.

Physiquement, cela se produit parce que le courant-jet dans l'est du Pacifique se déplace vers le nord et que plus d'eau circule dans une « rivière » atmosphérique de vapeur d'eau sur le nord-ouest du Pacifique. Le fait qu'il y ait des conditions océaniques et atmosphériques

communes au cours de certaines de ces années de crue suggère la possibilité que des inondations puissent être prévues à l'avance avec un degré de précision un peu plus élevé.

Cependant, les années de La Niña n'ont pas toutes donné lieu à des conditions hivernales humides sur les Grands Lacs ou à un niveau d'eau élevé plus tard au printemps. C'est en partie parce que le phénomène ENSO n'est qu'une des influences du climat sur les Grands Lacs, et il y a de nombreux effets qui ne sont pas pris en compte dans ces téléconnexions.

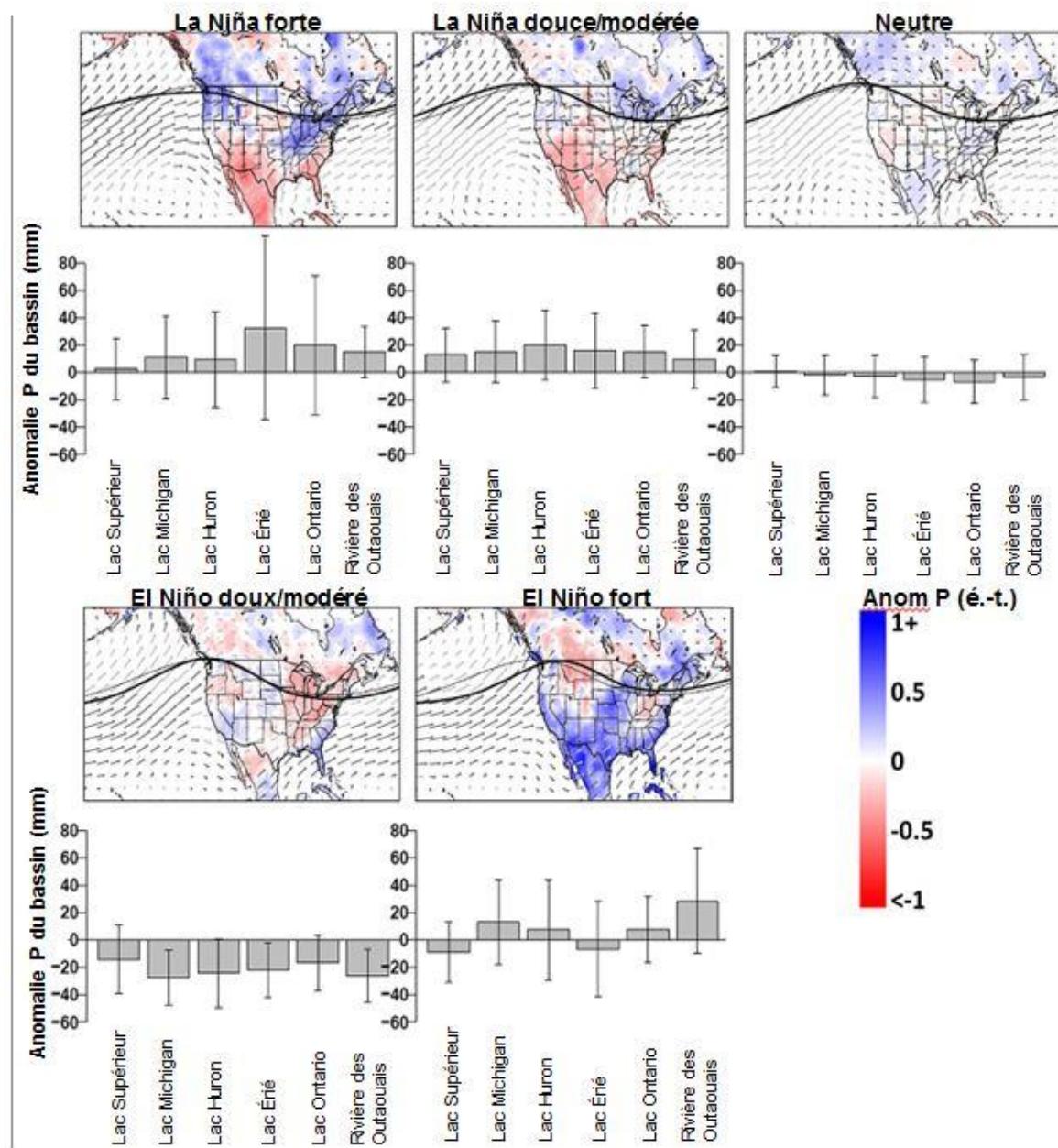


Figure 4-16 : Anomalies cumulatives des précipitations dans les Grands Lacs et la rivière des Outaouais de décembre à mars, classées selon les conditions ENSO (Source : Carter et Steinschneider, 2018).

Comme on peut le voir dans la figure 4-16, bien que les années La Niña fortes et douces/modérées aient fait ressortir une tendance générale vers des précipitations hivernales supérieures à la moyenne (comme l'indiquent les barres grises positives) dans les bassins des Grands Lacs et de la rivière des Outaouais, ce n'est pas le cas pour toutes les années (comme l'indiquent les pattes noires au-dessus et au-dessous de zéro). Les hivers humides n'ont pas non plus entraîné de conditions d'eau élevée au printemps de l'année suivante. Cela indique que même si les conditions ENSO peuvent avoir un certain effet sur les régimes météorologiques des Grands Lacs, elles ne sont pas du tout un indicateur parfait et il y a certes d'autres facteurs importants qui influent sur les conditions de crue dans le bassin.

Alors, y a-t-il d'autres facteurs globaux qui pourraient être invoqués en combinaison avec La Niña pour prévoir les crues? La mise à l'essai des plans de régularisation au cours de la LOSLRS a montré que le niveau d'eau de plus de 75,5 mètres dans le lac Ontario est en grande partie causé par un ANB élevé. Des apports élevés en provenance du lac Érié peuvent contribuer à ce niveau d'eau élevé, mais ils sont également quelque peu plus prévisibles, et les plans de régularisation en tiennent compte (LOSLRS, 2006). Comme on l'a vu dans les conditions d'humidité extrême observées en 2017, un ANB élevé au printemps résultant de fortes précipitations au-dessus des lacs et des terres peut être un facteur encore plus important de crue du lac Ontario. Carter et Steinschneider (2018) soutiennent que même si les conditions ENSO dans l'océan Pacifique peuvent donner une certaine indication des conditions météorologiques hivernales dans les Grands Lacs, les modèles de téléconnexion dans l'océan Atlantique peuvent être plus représentatifs des conditions météorologiques printanières, plus précisément de la position de l'anticyclone de l'Atlantique Nord (AAN). L'AAN fait tourner le débit d'air dans le sens horaire autour d'un centre où la pression atmosphérique est élevée et qui est situé à peu près à l'est de la Floride. La position et l'orientation de la lisière ouest de l'AAN sont des facteurs importants des précipitations estivales dans le sud-est des États-Unis et peuvent avoir une certaine influence sur les précipitations printanières sur l'est des Grands Lacs.

Carter et Steinschneider (2018) ont fait valoir que la position de la lisière ouest de l'AAN pourrait être reliée à la position élevée de l'ANB printanier sur le lac Ontario. Par exemple, sur les sept années de crue examinées, quatre ont présenté des anomalies de précipitations printanières élevées, et trois d'entre elles, y compris 2017, ont renvoyé à des années où la crête ouest de l'AAN était déplacée plus à l'ouest qu'à la normale (figure 4-17).

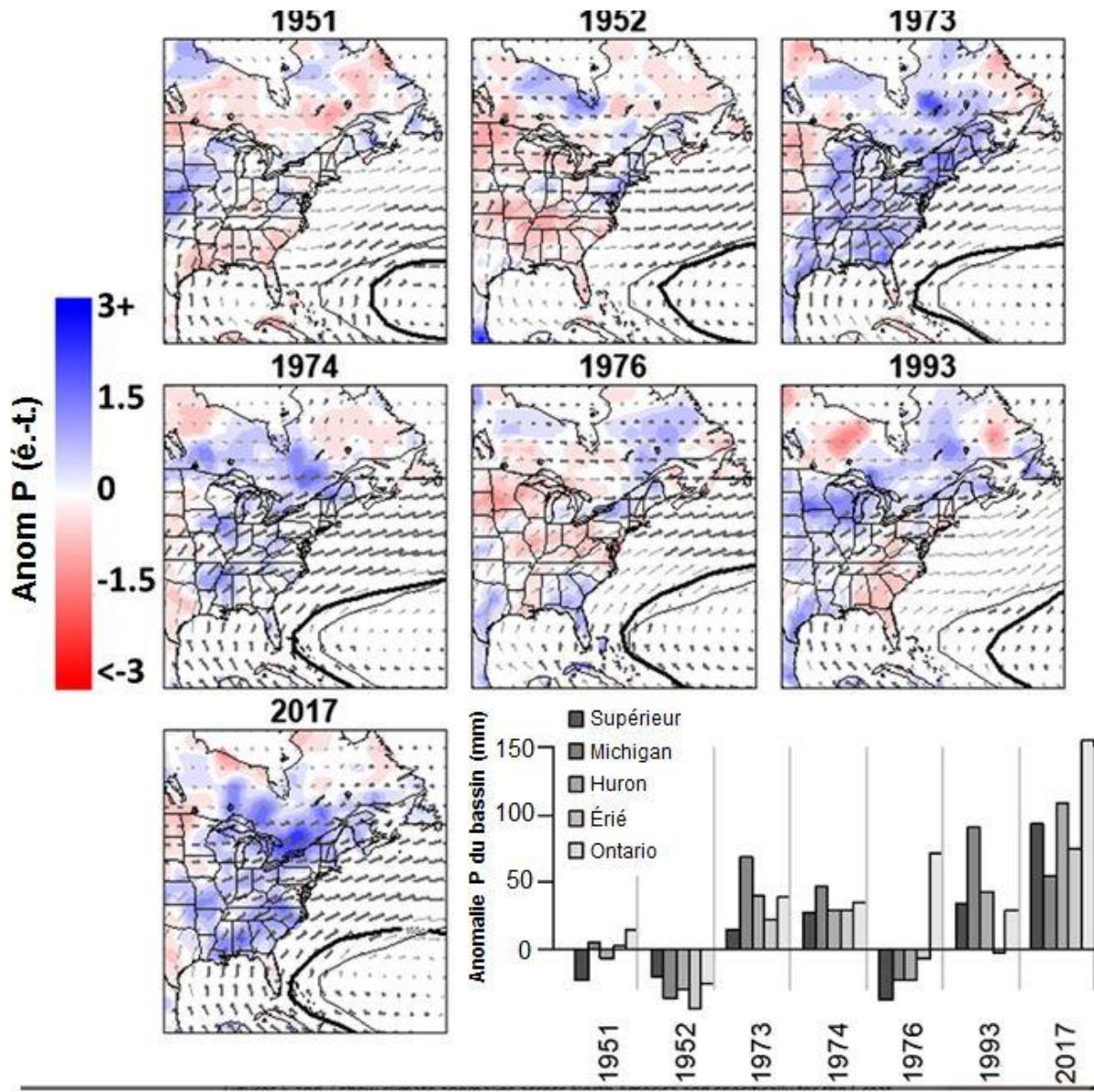


Figure 4-17 : Anomalies cumulatives des précipitations dans les Grands Lacs pour la période d'avril à juin de sept années historiques de crue classées selon les conditions de l'AAN (Source : Carter et Steinschneider, 2018).

Cela donne à penser que les efforts déployés pour produire une prévision du niveau élevé des lacs fondée sur des conditions ENSO et l'AAN pourraient être prometteurs. La première étape consisterait à approfondir la relation entre ces modèles de téléconnexion, l'apport d'eau et le niveau d'eau des Grands Lacs. Même si de solides liens sont mis en relief, il faudrait alors déterminer dans quelle mesure ces facteurs peuvent être prévus et combien de temps à l'avance, puisque les mesures de régularisation du débit devraient être prises des semaines, voire des mois à l'avance, pour avoir une incidence significative sur la réduction des risques. Bien qu'il existe une certaine compétence en prévision des conditions ENSO, il n'existe pas pour l'instant de prévision de l'AAN s'étant avérée suffisamment précise.

Comme l'illustrent les travaux récents de Carter et de Steinschneider (2018) et les résultats de la capacité de prévision des modèles opérationnels actuels (NMME), il subsiste un écart considérable entre les prévisions à long terme de l'apport d'eau et les décisions opérationnelles. L'amélioration des compétences en prévisions à long terme de l'apport d'eau est un domaine de recherche active et il est possible que de tels travaux améliorent la fiabilité et l'exactitude des prévisions à l'avenir. À long terme, la régularisation du débit du lac Ontario pourrait bénéficier d'améliorations prévues qui donnent suffisamment de temps (et de fiabilité) pour appuyer la diminution ou l'élévation du niveau en prévision de conditions extrêmes afin de réduire leur fréquence et leur gravité. Toutefois, de telles améliorations semblent encore loin et, même si elles sont couronnées de succès, il est peu probable qu'elles éliminent les compromis à faire entre les divers secteurs d'intérêt en jeu.

4.3 Comment l'année 2017 a-t-elle cadré avec les conditions historiquement observées?

Pour donner suite à la directive du Comité GAGL d'évaluer si les futures sources d'apport d'eau seront différentes de celles utilisées pour tester les plans actuels de régularisation du débit, il est important de suivre les données historiques pour déterminer si les conditions peuvent changer au fil du temps. Il est largement admis que le climat n'est pas stationnaire et que des tendances décennales et à long terme sont à prévoir (Livingstone, 2008). C'est seulement au moyen d'une surveillance continue que l'ampleur et la direction de ces tendances peuvent être détectées dans l'ensemble des Grands Lacs. Les conditions de 2017 ont sans aucun doute été très inhabituelles, mais le Comité GAGL aimerait savoir à quel point elles ont été inhabituelles par rapport aux données historiques, et si ces conditions sont compatibles avec les données récentes qui pourraient indiquer une tendance et peut-être une plus grande probabilité que de telles conditions se reproduisent ou se produisent plus fréquemment à l'avenir. De telles tendances, si elles existent, pourraient améliorer la robustesse des évaluations du plan de régularisation.

L'on examine dans la présente section les diverses composantes de l'ANB, y compris les précipitations au-dessus des lacs, l'évaporation des lacs et l'eau de ruissellement des bassins, ainsi que les conditions récentes dans les cinq bassins des Grands Lacs et comment 2017 se compare aux données historiques récentes.

Bien qu'il existe de nombreuses variables différentes, le présent rapport se concentrera sur celles qui sont pertinentes dans l'examen des plans de régularisation qui existent actuellement, à savoir les précipitations, l'eau de ruissellement et l'évaporation. À l'heure actuelle, la source cohérente de plus longue date de ce type de données pour les Grands Lacs provient du Laboratoire de recherches environnementales sur les Grands Lacs (GLERL) de la NOAA, d'après son système de prévisions hydrologiques avancées (AHPS). Veuillez également noter que les données des dernières années sont considérées comme préliminaires.

Comme pour toute séquence de données météorologiques, il y a beaucoup de variabilité dans les totaux annuels, ce qui peut masquer les tendances à long terme. Il peut donc être utile de résumer les données sur de plus longues périodes. On peut le constater dans les précipitations totales sur le lac Supérieur; bien qu'il y ait beaucoup de variation sur le plan des données annuelles, une

tendance générale est beaucoup plus facile à observer dans les données moyennes sur les périodes décennales (figure 4-18). Dans ce cas, il semble que la tendance à l'augmentation des précipitations se soit manifestée au cours du dernier siècle, bien qu'elle se soit quelque peu stabilisée depuis les années 1970. Le total pour 2017 (1 080,1 mm; 42,5 po) a poursuivi la tendance de fortes précipitations sur les lacs au cours des dernières années.

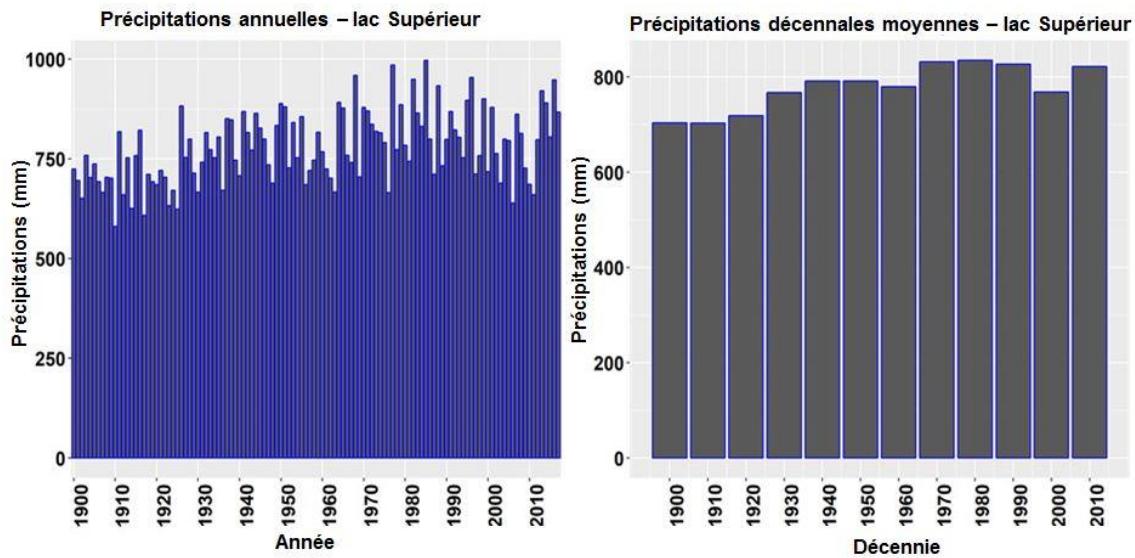


Figure 4-18 : Précipitations annuelles et décennales sur le lac Supérieur.

L'évaporation du lac Supérieur indique clairement une tendance à l'augmentation des valeurs (remarquez que les données fiables sur l'évaporation ne remontent qu'aux années 1950), avec un bond notable entre les années 1990 et 2000 (figure 4-19). En 2017, l'évaporation du lac (713,9 mm; 28,1 po) a été l'une des plus élevées jamais observée dans les annales. Bien que le ruissellement dans le lac ait connu une réduction générale au cours des trois dernières décennies (figure 4-20), la valeur pour 2017 (713,1 mm; 28,1 po) a été la plus élevée observée au cours des 20 dernières années.

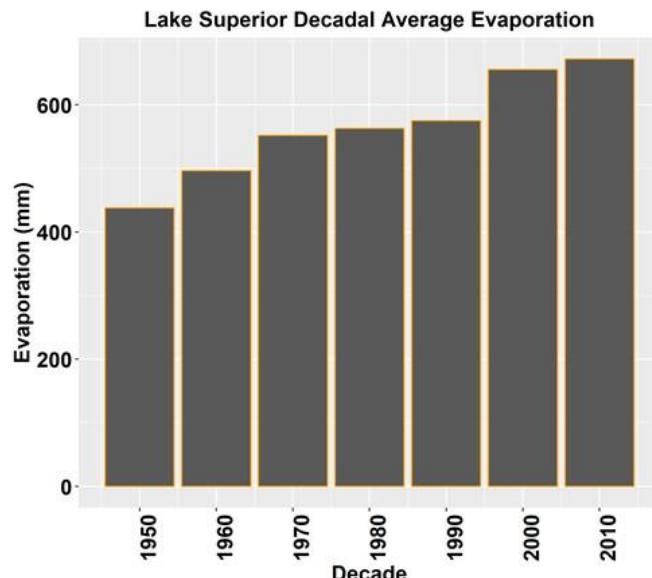


Figure 4-19 : Évaporation moyenne par décennie du lac Supérieur

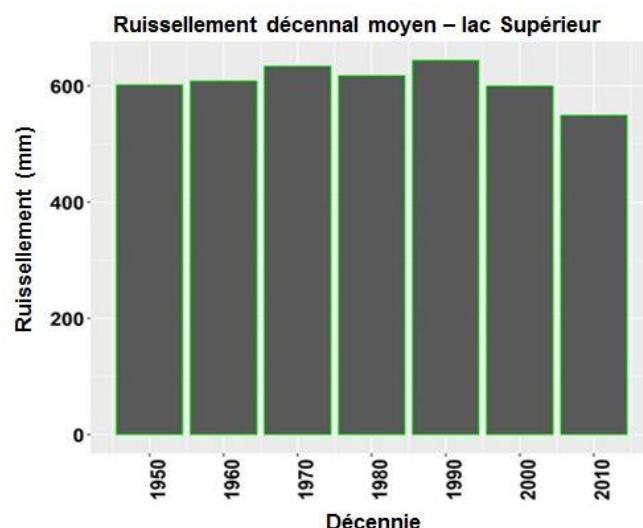


Figure 4-20 : Ruisseaulement moyen par décennie du lac Supérieur

Comme dans le lac Supérieur, les lacs Michigan et Huron ont également connu une augmentation générale des précipitations au-dessus des lacs au cours du dernier siècle et un nivellation général au cours des dernières décennies (figure 4-21). Les précipitations sur les lacs de 2017 (877,7 mm; 34,6 po) sont légèrement supérieures à la valeur moyenne des dernières décennies. L'évaporation des lacs a connu une augmentation marquée entre les années 1990 et 2000, et 2017 (688,3 mm; 27,1 po) est arrivée à peu près au même niveau que la moyenne des années 2010 (figure 4-22).

La quantité d'eaux de ruissellement déversées dans les lacs Michigan et Huron a connu une forte diminution au cours de la dernière décennie, la décennie des années 2010 étant la plus faible des années de relevé, en remontant aux années à 1950 (bien sûr, les données de cette décennie sont incomplètes et l'ajout de quelques années supplémentaires pourrait modifier cette constatation,

mais probablement pas de façon significative) (figure 4-23). Même si la valeur pour 2017 (751,4 mm; 29,6 po) a été supérieure à la moyenne de la décennie 2010, elle est toujours demeurée inférieure aux quatre moyennes décennales précédentes.

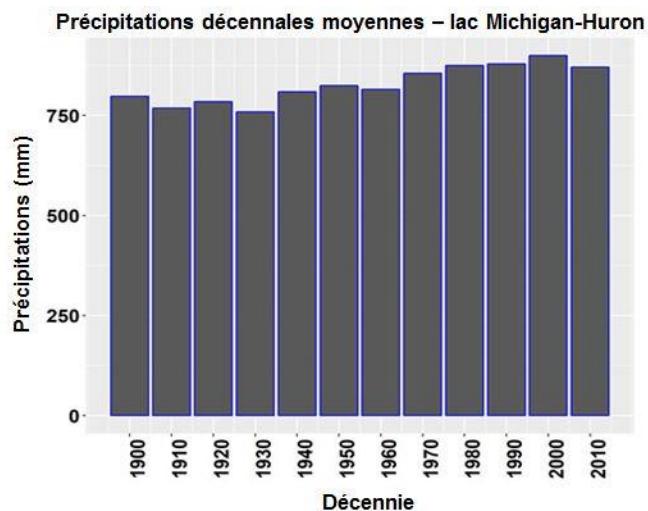


Figure 4-21 : Moyenne décennale des précipitations dans les lacs Michigan-Huron

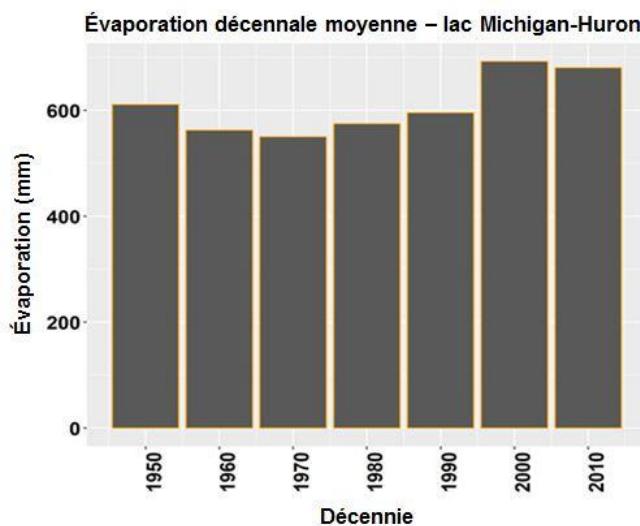


Figure 4-22 : Évaporation moyenne par décennie des lacs Michigan-Huron

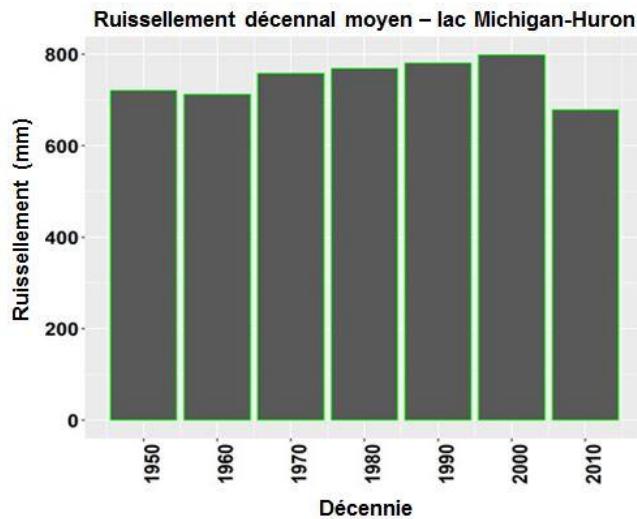


Figure 4-23 : Ruisseaulement moyen par décennie des lacs Michigan-Huron

Les précipitations sur le lac Érié ont généralement augmenté depuis le milieu du siècle dernier, bien que, jusqu'à présent, la décennie en cours soit légèrement inférieure à la valeur des années 2000 (figure 4-24). La valeur pour 2017 (927,1 mm; 36,5 po) a été la plus élevée des six dernières années. Bien que l'évaporation du lac ait augmenté, le lac Érié n'a pas connu la même hausse marquée que les lacs précédents (figure 4-25). La quantité d'évaporation en 2017 (956,0 mm; 37,6 po) a été légèrement inférieure à la moyenne de la dernière décennie. Encore une fois, le ruissellement a connu une diminution marquée au cours de la dernière décennie pour le lac Érié (figure 4-26). Compte tenu de l'augmentation des précipitations, on peut supposer que l'évaporation terrestre a également dû augmenter au cours de la dernière décennie. La valeur de 2017 pour le ruissellement (826,6 mm; 32,5 po) a été la plus élevée depuis 2011, mais inférieure à la moyenne de la décennie 2000.

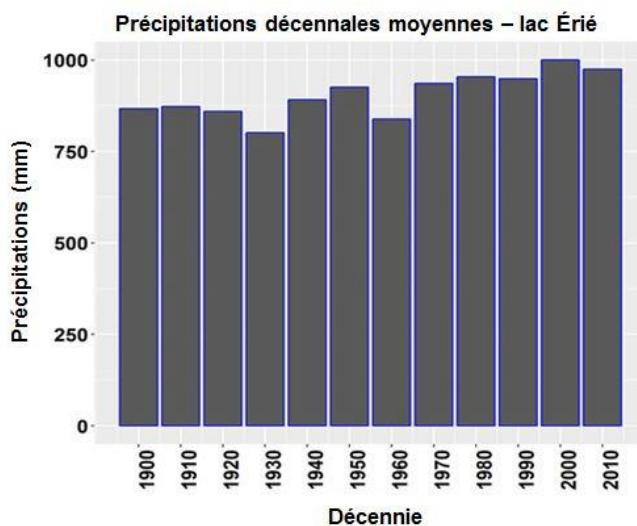


Figure 4-24 : Moyenne décennale des précipitations dans le lac Érié

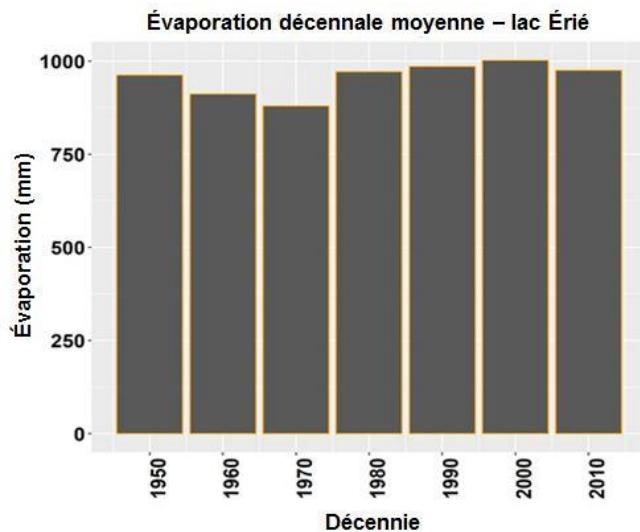


Figure 4-25 : Évaporation moyenne par décennie du lac Érié

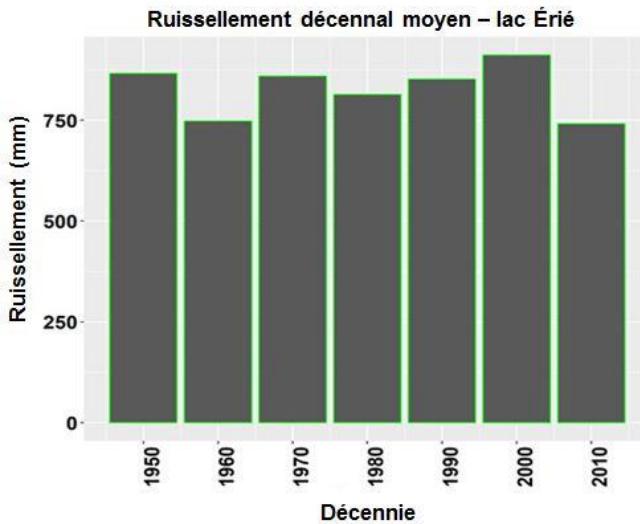


Figure 4-26 : Ruisseaulement moyen par décennie du lac Érié

Après avoir augmenté au cours des décennies de la seconde moitié du siècle dernier, les précipitations sur le lac Ontario sont demeurées relativement stables au cours des dernières décennies (figure 4-27). En 2017, la valeur totale des précipitations sur le lac (1222,2 mm; 48,1 po) a constitué le total le plus élevé de l'histoire du lac, qui remonte à 1900. L'évaporation au-dessus du lac a affiché une augmentation décennale constante depuis les années 1990 (figure 4-28). La valeur pour 2017 (742,4 mm; 29,2 po) a été typique de ce que nous avons vu au cours de la dernière décennie. Le ruissellement dans le lac Ontario a connu une diminution spectaculaire au cours de la dernière décennie; en fait, depuis le début des relevés en 1950, et quatre des cinq valeurs les plus basses se sont produites depuis 2012 (figure 4-29). Toutefois, la valeur de 2017 (2363,4 mm) n'a pas correspondu du tout à cette tendance et a plutôt été la valeur la plus élevée des eaux de ruissellement dans le lac Ontario.

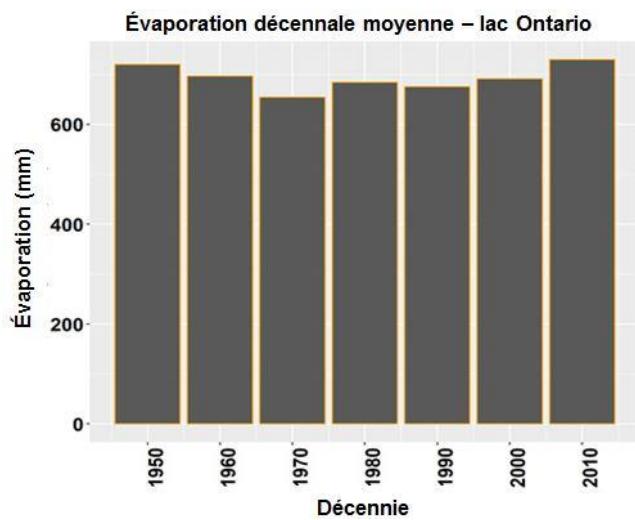


Figure 4-27 : Moyenne décennale des précipitations au-dessus du lac Ontario

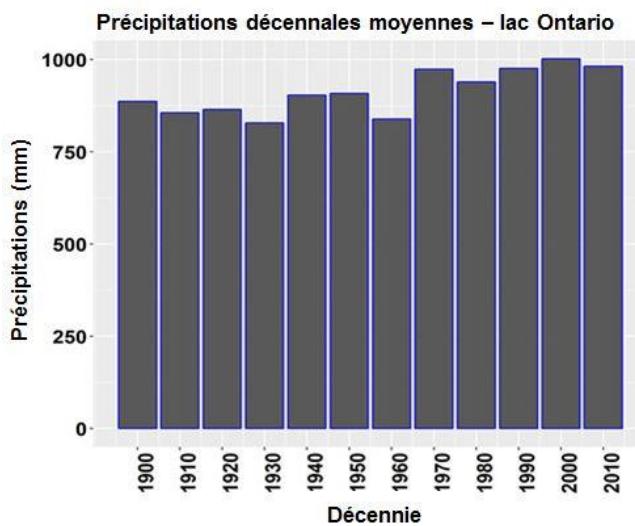


Figure 4-28 : Évaporation moyenne par décennie du lac Ontario

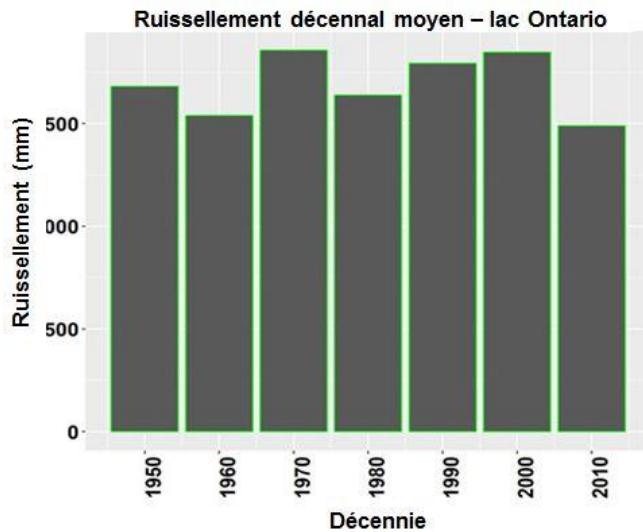


Figure 4-29 : Ruisseaulement moyen par décennie du lac Ontario

Il est possible que les tendances récentes en matière de précipitations au-dessus du lac et d'évaporation puissent se poursuivre à l'avenir en raison des changements climatiques, mais il n'est pas possible, dans l'état actuel de la recherche, de prédire avec exactitude quand ces types de conditions seront répétés. Les conditions observées en 2017, bien qu'elles soient rares, semblent correspondre en grande partie à l'éventail des conditions d'apport d'eau utilisées dans les études antérieures de la CMI (GEIGLA et LOSLRS), qui étaient fondées en grande partie sur les conditions climatiques historiques, complétées par des modèles statistiques et climatiques décrivant les scénarios futurs possibles. Toutefois, il n'est pas clair si de telles conditions pourraient survenir plus fréquemment à l'avenir.

4.4 Qu'est-ce qui a été exceptionnel dans l'hydroclimat des Grands Lacs en 2017?

4.4.1 Précipitations records dans les bassins du lac Ontario et de la rivière des Outaouais

Le bassin de la rivière des Outaouais couvre une superficie de 146 300 km² (56 480 milles carrés) et est le plus grand affluent du cours inférieur du fleuve Saint-Laurent. Comme le débit de la rivière des Outaouais se combine au débit du lac Ontario en amont de Montréal, il est essentiel à la régularisation du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent.

La figure 4-30 illustre à quel point les précipitations ont été exceptionnelles en 2017 dans le bassin du lac Ontario et de la rivière des Outaouais. Les précipitations totales sur le lac Ontario d'avril à mai (données de source GLERL (Hunter et al, 2015)) entre 1900 et 2017 sont reportées en fonction du même paramètre à la Ville d'Ottawa dans la partie sud du bassin de la rivière des Outaouais (données d'ECCC sur les conditions météorologiques de la station « Ottawa CDA »

de la Ferme expérimentale de la Ville d’Ottawa; cette station a été utilisée pour représenter le bassin de la rivière des Outaouais puisqu’elle disposait de données remontant à 1900). Chaque année est représentée par un point et chaque point est codé en couleur pour indiquer l’élévation mensuelle maximale du lac Ontario d’avril à mai de cette année-là. L’année 2017 est très différente des 117 dernières années, établissant des records de niveau d’eau élevé, de précipitations dans le bassin du lac Ontario et de précipitations dans le bassin de la rivière des Outaouais. Dans un climat stationnaire, il n’y aurait que 0,6 % de chance que cela se produise au cours d’une année donnée (ou un événement par 160 ans).

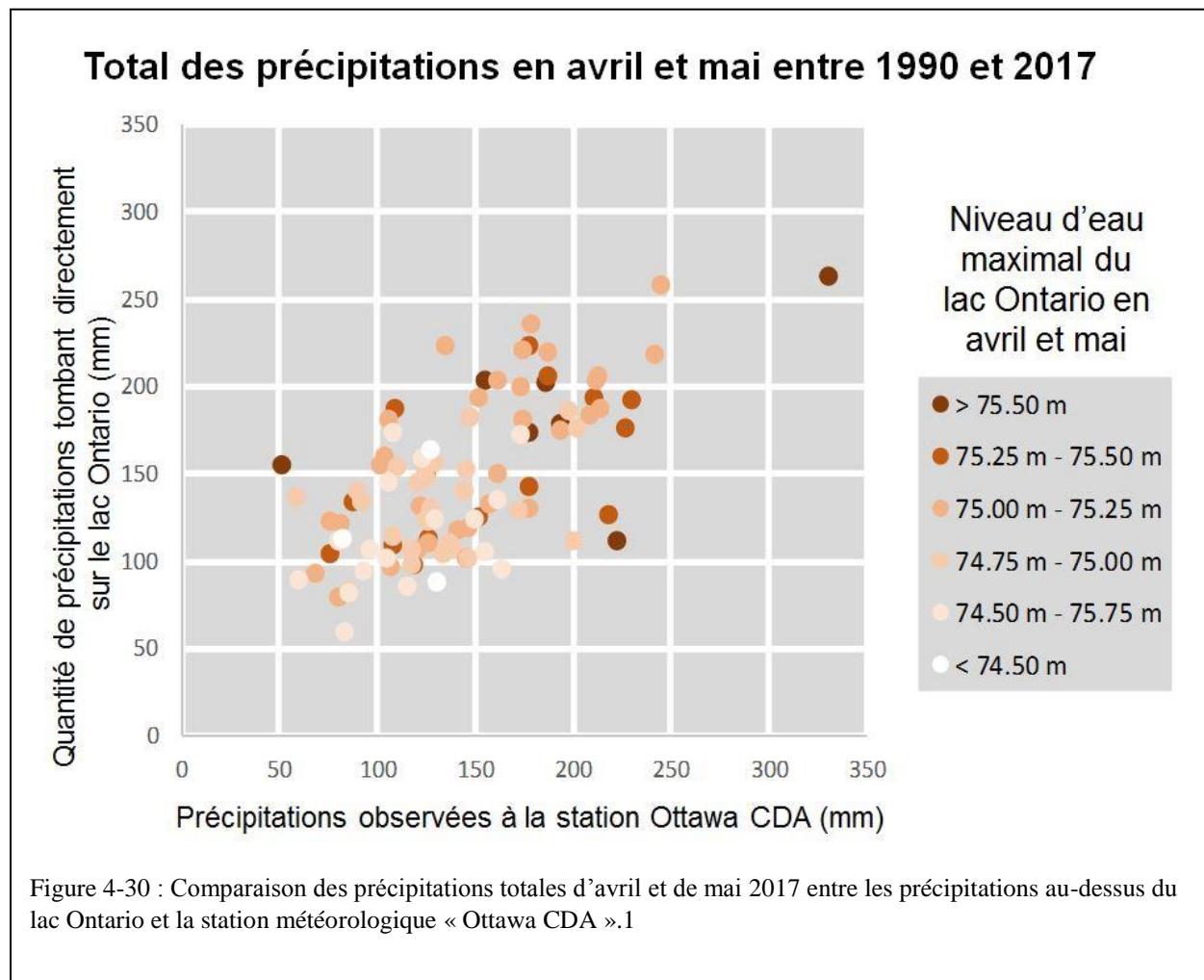


Figure 4-30 : Comparaison des précipitations totales d’avril et de mai 2017 entre les précipitations au-dessus du lac Ontario et la station météorologique « Ottawa CDA ».1

À la station Ottawa CDA, les précipitations totales d’avril 2017, soit 159,0 mm (6,26 po) ont été les plus élevées jamais enregistrées (0,7 % de probabilité ou 1 événement par 148 ans), tandis que les 172,4 mm (6,79 po) en mai ont été les troisièmes en importance selon les relevés (0,7 % ou 1 événement par 136 ans). Le total combiné d’avril et de mai a été le plus élevé de l’histoire (0,6 % ou 1 événement par 166 ans).

Le total des précipitations sur le lac Ontario en avril 2017, soit 111,8 mm (4,40 po) a été le cinquième plus élevé jamais enregistré (0,8 % de probabilité ou 1 événement par 119 ans). Pour le mois de mai, le total de 150,3 mm (5,92 po) a été le deuxième plus élevé, seulement derrière 1919, lorsque 152,1 mm (5,99 po) étaient tombés (0,8 % de chance ou 1 événement par 127 ans). Le total pour les mois d'avril et de mai 2017 a été de 262,1 mm (10,32 po), soit le plus élevé de tous les relevés (0,8 % de chance ou 1 événement par 132 ans), mais seulement un peu plus élevé que les 257,6 mm (10,14 po) enregistrés en 2011.

Les précipitations extrêmes dans les bassins du lac Ontario et de la rivière des Outaouais ont été exacerbées par l'affluent élevé du lac Érié dans le lac Ontario. Les conditions humides dans le bassin du lac Ontario en 2017 (figure 4-31) sont illustrées par les ANT hebdomadaires pour l'année, qui comprennent les effets de l'ANB du lac Ontario et des apports du lac Érié. Comme le montre la figure 4-32, les ANT ont dépassé les valeurs élevées records à plusieurs reprises en 2017, le plus remarquable étant au début de mai, où les ANT ont dépassé les valeurs les plus élevées jamais enregistrées (1900-2016).

Bien qu'il soit difficile d'attribuer les conditions observées au cours d'une année donnée aux effets des changements climatiques, l'un des résultats prévus de ces changements est l'augmentation du nombre de tempêtes violentes et de précipitations extrêmes. Une séquence de paramètres climatiques fondée sur les scénarios climatiques futurs les plus récemment utilisés dans le cadre de l'étude du GEIGLA suggère que les mois de précipitations extrêmes sur le lac Ontario seraient de deux à trois fois plus fréquents en 2050 que sous le climat actuel (MacKay et Seglenieks, 2013). Le rapport de la National Climate Assessment for 2018 Great Lakes Synthesis des États-Unis indique que la tendance vers des épisodes de précipitations plus intenses devrait se poursuivre à l'avenir (GLISA, 2018; D'Orgeville et al, 2014; Notaro, M. et al), bien qu'il révèle également que les projections des modèles portant sur les variations de précipitations sont moins certaines que celles pour les températures (GLISA, 2018; Pryor et al, 2013; Kunkel et al, 2013). Les volumes de ruissellement de 2017 se situaient dans les limites des données d'apport d'eau utilisées pour évaluer les plans du projet LOSLRS, mais pour le Comité GAGL, cela soulève la question de savoir si nos simulations testent adéquatement la possibilité d'un important changement à la hausse de l'ampleur et/ou de la fréquence des fortes précipitations et du ruissellement. Cette question est abordée plus en détail dans la section 6.

Apport hebdomadaire net du bassin dans le lac Ontario

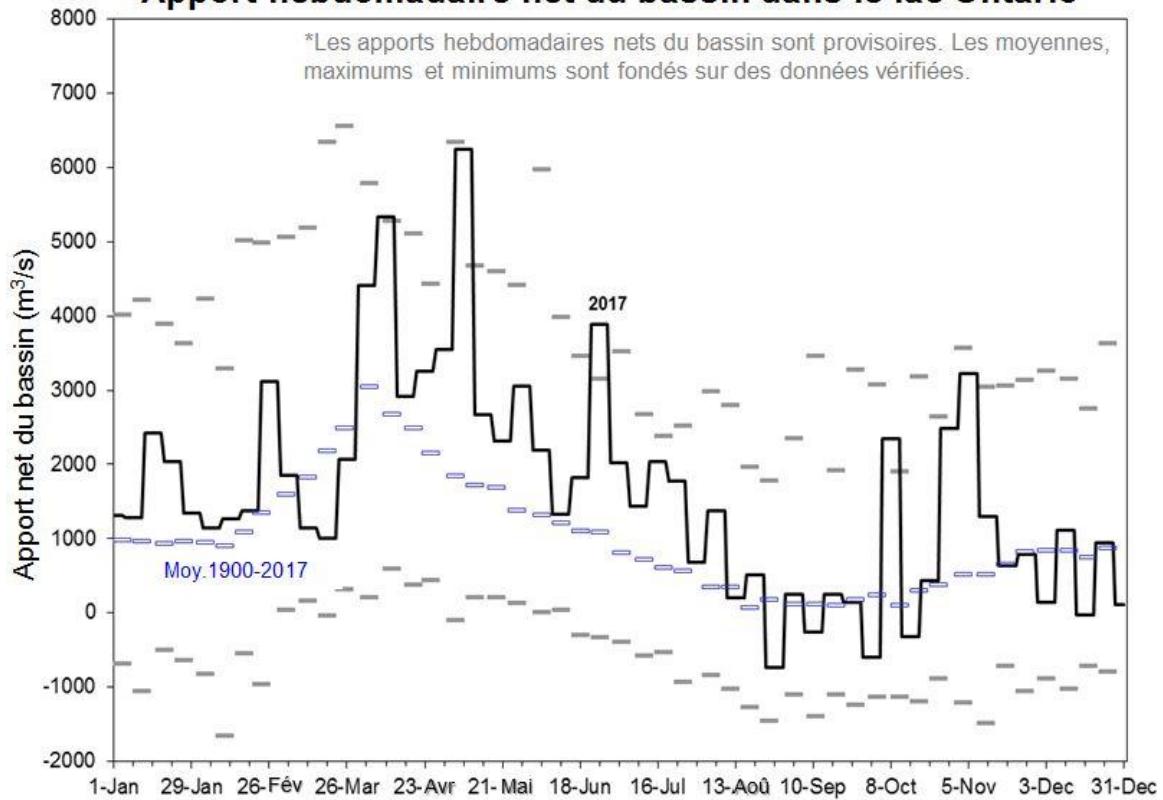


Figure 4-31 : Apport net du bassin (ANB) hebdomadaire du lac Ontario en 2017. (Source : Conseil international du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent)2

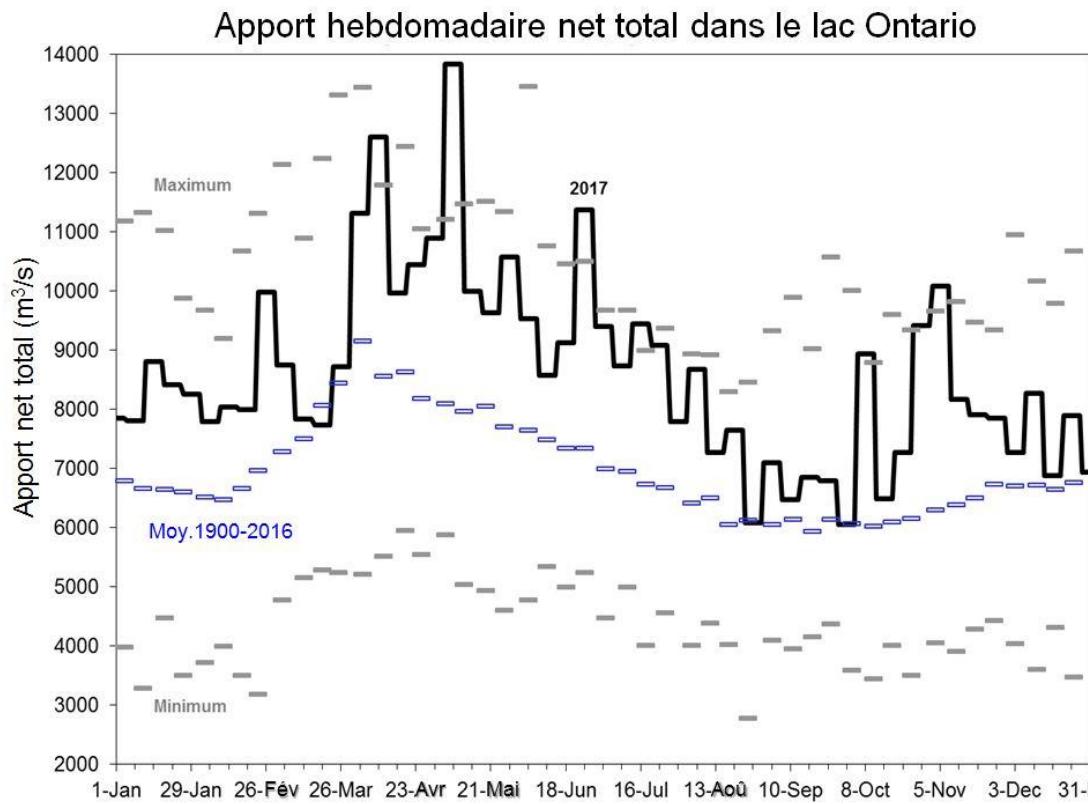


Figure 4-32 : Apports nets totaux (ANT) hebdomadaires du bassin du lac Ontario en 2017. (Source : Conseil international du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent)3

4.4.2 Fluctuations de l'état des glaces

L'état des glaces le long du fleuve Saint-Laurent et en aval du barrage Moses-Saunders à Beauharnois au début de 2017 a également influé sur le débit régularisé du lac Ontario fut écoulé pendant l'hiver. La formation d'une couverture de glace stable dans les zones critiques du fleuve Saint-Laurent est importante, car elle réduit le risque d'embâcles, ce qui peut restreindre considérablement le débit et entraîner des inondations en amont. Au fur et à mesure que la glace commence à se former, le débit du lac Ontario est généralement réduit afin de ralentir la vitesse des courants dans le fleuve Saint-Laurent, ce qui contribue à empêcher la nappe de glace fragile de se briser ou de s'effondrer sur elle-même, et réduit également le potentiel de formation de frasil (c.-à-d. des cristaux de glace super refroidis), qui peut s'accumuler et augmenter le risque d'embâcles aux endroits critiques. Une fois qu'une couverture de glace s'est formée et qu'elle est stable, ces risques sont réduits et son débit peut être augmenté en toute sécurité. Toutefois, si la couverture de glace devient instable ou se brise par la suite, son débit doit être réduit de nouveau afin de réduire les risques en amont et en aval.

Depuis le début de la régularisation du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent, les températures froides au début de l'hiver créent généralement une couverture de glace dans les sections critiques (c.-à-d. le canal de Beauharnois et la section internationale du fleuve), puis cette glace demeure stable pendant l'hiver et finit par fondre lorsque les températures plus chaudes reviennent au printemps. Historiquement, les relevés des glaces sur le fleuve Saint-Laurent remontent à 1961; toutefois, les premiers relevés ne comprennent généralement que les dates de la première et de la dernière glace sur le fleuve Saint-Laurent, et ils ne décrivent pas en détail les fluctuations des températures et/ou de l'état des glaces. Des dossiers plus détaillés, y compris de tels renseignements, ne sont conservés que depuis l'an 2000 environ.

En 2017, la glace est brièvement venue et elle est repartie pendant les températures chaudes et presque records de janvier et de février, avant de se reformer de nouveau lorsque les températures sont devenues anormalement froides en mars sur les bassins du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent. Une couverture de glace importante s'est formée et a disparu à deux reprises sur le fleuve Saint-Laurent en mars 2017, deux événements sans précédent. Dans l'ensemble, l'hiver a connu cinq périodes de formation de glace dans les zones critiques du fleuve Saint-Laurent, ce qui est probablement le cycle de gel et de dégel le plus élevé jamais observé dans le fleuve (le rapport du Conseil intitulé [Conditions observées et régularisation du débit en 2017](#) traite plus en détail de l'état des glaces).

Les scénarios climatiques futurs conviennent généralement que des températures plus élevées, surtout pendant la période hivernale, sont plus susceptibles d'être observées au cours des prochaines décennies (GLISA, 2018). C'est ce que l'on peut conclure de l'étude des archives. Par exemple, à l'aide des données recueillies à l'aéroport de Dorval, au Québec, qui est situé près de Montréal et non loin des barrages de Beauharnois ou Moses-Saunders, au cours des années 1960 et 1970, il n'y a pas eu d'années pendant lesquelles on a enregistré en janvier et février 25 jours ou plus de températures au-dessus de zéro. Dans les années 1980, il y en a eu une; dans les années 1990, il y en a eu deux; dans les années 2000, il n'y en a eu qu'une seule. Depuis 2010 toutefois, cela s'est déjà produit à quatre reprises, y compris en 2017.

En conséquence, il n'est pas déraisonnable de s'attendre à ce que les températures plus élevées et, par extension, la fluctuation de l'état des glaces se poursuivent, et ces modèles et tendances potentiels constituent un facteur à prendre en considération et un domaine de recherche important pour le Comité GAGL, étant donné qu'ils peuvent influer sur la régularisation du débit du lac Ontario et la capacité des plans de régularisation à libérer de l'eau pendant les mois d'hiver.

4.5 Principales constatations : que retenir des conditions hydroclimatiques de 2017?

Bien que l'ANB de 2017 ait été très humide dans l'ensemble du bassin des Grands Lacs et qu'il ait même atteint des sommets records pendant quelques semaines dans le bassin du lac Ontario, ce sont les précipitations combinées sur le bassin du lac Ontario et de la rivière des Outaouais, avec des apports élevés en provenance du lac Érié, qui ont rendu l'année 2017 si exceptionnelle. L'état inhabituel des glaces du fleuve Saint-Laurent en 2017 a ajouté au niveau d'eau extrême, en empêchant un écoulement maximal de l'eau hors du lac Ontario à ces périodes. Ce que ces événements inhabituels en 2017 mettent en évidence, c'est l'importance de mettre à l'essai des conditions extrêmes plausibles en coordination avec les efforts d'évaluation du plan 2014 du Comité GAGL. Ce dernier reconnaît l'importance de poursuivre l'analyse dans ce domaine, particulièrement en ce qui concerne la façon dont les conditions hydroclimatiques extrêmes peuvent avoir une incidence sur la régularisation du débit du lac Ontario.

Même si des conditions extrêmes avaient déjà été observées, il ne fait aucun doute que 2017 a été un événement rare dans les annales. Il est difficile d'évaluer si les conditions de 2017 sont plus susceptibles de se reproduire à l'avenir. Selon la plupart des prévisions saisonnières au début de l'année, les apports d'eau élevés étaient imprévus, ce qui indique que les précipitations extrêmes n'étaient probablement pas prévues en avril et en mai 2017. De plus, il ne faut pas oublier que les prévisions de précipitations saisonnières à long terme sont encore en cours. La recherche-développement d'outils de prévision à long terme plus perfectionnés est un processus qui exigera de nombreuses années et des ressources considérables. Il s'agit d'un domaine de recherche en cours à l'échelle mondiale, mais les prévisions de précipitations saisonnières à long terme demeureront difficiles. Bien que les modèles de prévision actuels aient montré certaines améliorations possibles des compétences au cours des dernières années, l'on ne sait pas trop comment ces modèles pourraient être utilisés pour aider le Comité GAGL à atteindre ses objectifs à long terme d'examen et d'évaluation des plans. De plus, l'exactitude de ces prévisions diminue pour des périodes de décalage plus longues, tandis que les décisions relatives au débit doivent être modifiées des semaines ou des mois à l'avance afin de réduire considérablement le risque de niveau d'eau élevé et de crue sur le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent.

Une analyse préliminaire des répercussions des diverses conditions hydroclimatiques est menée dans la section 6 du présent rapport et est décrite plus en détail à l'annexe 2 – Examen du plan. D'autres travaux sont prévus dans ce domaine.

5.0 Évaluation de l'incidence du niveau et du débit d'eau de 2017

5.1 Introduction

La présente section donne un aperçu général des impacts observées pour une variété de secteurs en 2017 dans l'ensemble du système des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent en fonction du niveau d'eau et des conditions observées. À moins d'indication contraire, deux régions géographiques sont mentionnées pour décrire les diverses catégories d'intérêt, soit les Grands Lacs d'amont (lacs Supérieur, Michigan, Huron, Érié et les voies interlacustres), le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent en amont du barrage de Cornwall/Massena et en aval du barrage jusqu'à Trois-Rivières. **Il est important de préciser que le présent rapport ne vise pas à représenter une analyse économique ou environnementale complète des impacts de la crue de 2017. Il s'agit plutôt de saisir les catégories critiques d'impacts et d'avoir une idée de leur répartition géographique pour appuyer les efforts à long terme visant à valider et à améliorer les modèles existants reliant les variations du niveau d'eau aux impacts et ultimement, d'évaluer le rendement des stratégies de régularisation du débit qui sont actuellement en place.** Dans certains cas, l'on continue de recueillir des données. Lorsque ces ensembles de données seront disponibles, le comité GAGL cherchera à intégrer l'information dans les analyses et les rapports futurs. En général, il n'y a pas de standard établit sur la cueillette d'information normalisée sur les dommages observés après un événement et rapportée par les divers paliers de gouvernement. **Il s'agit d'un obstacle critique relevé par le comité GAGL afin d'exercer les activités de validation de modèles.**

5.1.1 Indicateurs de rendement et zones d'adaptation

Six grandes catégories d'intérêt sont couvertes dans le cadre de cet examen, y compris l'utilisation de l'eau par les municipalités et les industries, la navigation commerciale, l'hydroélectricité, les propriétés riveraines, l'environnement, la navigation de plaisance et le tourisme. Tous ces secteurs sont touchés par les changements du niveau ou du débit d'eau des Grands Lacs et tous ont été touchés à divers degrés par le niveau d'eau élevé en 2017 dans l'ensemble de la région des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent, en particulier dans le réseau du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent. En documentant les répercussions et les avantages, le Comité GAGL a porté une attention particulière aux indicateurs de rendement existants qui avaient été établis par les études précédentes de la CMI (la LOSLRS et celle du GEIGLA) et qui faisaient partie des modèles utilisés dans l'évaluation et le choix final des plans de régularisation existants.

Les indicateurs de rendement représentent une mesure quantifiable de la relation entre un avantage ou un coût économique, social ou environnemental et différents niveau et débit d'eau dans le réseau des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent. Ces relations doivent :

- représenter un événement d'importance pour le secteur d'intérêt;
- démontrer une sensibilité mesurable aux variations du niveau de l'eau;
- dénoter une fiabilité/certitude des données et des renseignements scientifiques qui les appuient.

Les indicateurs de rendement n'ont pas été conçus pour être utilisés isolément ou pour refléter les impacts absous, mais plutôt pour être utilisés dans une comparaison relative des différents plans de régularisation. Ils doivent représenter des impacts sociétaux plus larges et saisir les résultats et les compromis entre les divers secteurs d'intérêt et ceux qui sont observés à plus grande échelle géographique. Une liste complète des indicateurs de rendement utilisés pour les Grands Lacs d'amont et le système du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent au cours des plus récentes études de la CMI se trouve à l'annexe 1. Les conditions relevées en 2017 sur le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent étaient en dehors de la plage des conditions pour lesquelles des données étaient disponibles afin de développer les indicateurs de rendement existants. En conséquence, l'information de 2017 est essentielle pour appuyer la validation et l'amélioration d'un certain nombre d'indicateurs de rendement de la LOSLRS et pour ajouter de nouveaux renseignements et donner de nouvelles indications sur ce qui est susceptible de se produire dans des conditions qui n'avaient été que simulées précédemment.

Les **zones d'adaptation** étaient les zones de niveau d'eau utilisées exclusivement dans l'étude du GEIGLA et définies généralement par le régime de niveau d'eau (niveau, plage, taux de changement, fréquence), l'emplacement et d'autres facteurs qui causent des vulnérabilités pour un intérêt particulier, comme un manque de résilience. La résilience peut affecter la capacité de n'importe quel intérêt à composer avec le niveau de l'eau et elle est définie comme la capacité de se relever rapidement des difficultés éprouvées (voir l'encadré ci-après).

Les zones d'adaptation ont été définies comme un reflet de la capacité d'un secteur d'intérêt à « s'adapter » à un régime de niveau d'eau donné et elles comprenaient trois paliers de conditions de niveau d'eau à difficulté progressive, comme suit :

- Zone A - Gamme de conditions de niveau d'eau que le secteur d'intérêt trouverait tolérable;
- Zone B - Gamme de conditions de niveau d'eau qui auraient des répercussions défavorables, mais non irréversibles, sur le secteur d'intérêt;
- Zone C - Un éventail de conditions de niveau d'eau qui auraient des effets négatifs graves, durables ou permanents sur le secteur d'intérêt.

Les conditions qui existaient en 2017 sur les Grands Lacs d'amont sont demeurées à l'intérieur des zones d'adaptation établies dans le cadre de l'étude du GEIGLA. De plus amples renseignements sur les zones d'adaptation se trouvent à l'annexe 1.

La présente section du rapport décrit chaque catégorie d'intérêt, leur sensibilité générale à la fluctuation du niveau d'eau et résume les impacts positifs et négatifs particuliers de la crue de 2017. En raison des dommages considérables causés dans le bassin du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent à la suite du niveau d'eau record enregistré en 2017, les annexes ont été rédigées de manière à fournir des détails et des informations additionnelles sur cette partie du système des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent.

RÉSILIENCE

La résilience est définie comme la capacité de se rétablir ou de s'adapter facilement d'un malheur ou au changement. Le Comité GAGL n'utilise pas la résilience de la même façon qu'un indicateur de rendement ou qu'une zone d'adaptation pour évaluer l'incidence d'un changement du niveau d'eau sur un secteur d'intérêt. Néanmoins, la résilience d'un secteur d'intérêt joue un rôle important dans la façon dont ces indicateurs de rendement et ces zones d'adaptation sont définis. Par exemple, la catégorie des secteurs d'intérêt municipaux et industriels a tendance à être assez résiliente face aux changements du niveau de l'eau parce que les conséquences des impacts négatifs sont tellement importantes qu'elles ont tendance à être estimées avec une grande prudence lorsque sont construites de grandes centrales, pour s'assurer que le service au public n'est pas interrompu. Cela influe sur la définition d'un indicateur de rendement ou d'une zone d'adaptation pour ce secteur d'intérêt. De même, les changements survenus dans l'industrie de la navigation commerciale au cours des 10 à 20 dernières années, comme l'inclusion des propulseurs d'étrave, l'amélioration des rapports puissance-longueur et les systèmes d'information automatiques (SIA), les ont rendus plus résilients aux changements du niveau et du débit de l'eau au fil des ans. Ces changements doivent être pris en compte dans les algorithmes élaborés pour les indicateurs de rendement en fonction de la sensibilité d'un secteur d'intérêt aux changements du niveau de l'eau.

5.2 Utilisations municipales et industrielles de l'eau

La catégorie des impacts sur l'utilisation municipale et industrielle de l'eau tient compte de façon générale des impacts des fluctuations du niveau d'eau sur le traitement des eaux douces et des eaux usées pour les municipalités, les utilisateurs industriels et les utilisateurs résidentiels. Elle met l'accent sur l'importance d'avoir suffisamment d'eau douce pour assurer une capacité de prélèvement adéquate tout en évitant d'avoir une quantité d'eau telle que les infrastructures riveraines (p. ex., les usines de traitement) risquent d'en subir des dommages.

Les prélèvements d'eau totaux dans le bassin des Grands Lacs d'amont ont été estimés à environ 112 000 ML/jour (29 800 Mgal/jour) au cours de la période visée par l'étude du GEIGLA, les quatre principales utilisations représentant environ 98 % des prélèvements d'eau dans le bassin des Grands Lacs d'amont, à savoir la production d'énergie thermoélectrique (75 %); les utilisations industrielles (13 %), les approvisionnements publics (9 %) et l'irrigation (1 %). La majeure partie de cette eau est retournée dans le bassin. Les utilisations axées sur la consommation (c'est-à-dire les utilisations qui ne retournent pas l'eau dans le système)

représentent moins de 1 % du débit (GEIGLA, 2012). Sur le lac Ontario et sur le cours supérieur du fleuve Saint-Laurent, au moment de la publication du rapport de la LOSLRS, on estimait qu'environ 6,3 millions de résidents le long des rives du lac Ontario et du cours supérieur du Saint-Laurent (en Ontario et aux États-Unis) dépendaient des prélèvements d'eau du lac et du fleuve et qu'environ 2,3 millions d'habitants dépendaient du cours inférieur du fleuve Saint-Laurent (LOSLRS, 2006).

L'accès sûr à de l'eau douce propre a été un facteur de développement le long des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent. Les prélèvements d'eau demeurent essentiels pour les régions métropolitaines, les clients des installations publiques d'approvisionnement, les installations agricoles et l'industrie générale des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent. Les interruptions possibles de l'apport d'eau préoccupent donc la population des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent. Même les interruptions temporaires peuvent avoir de graves conséquences économiques et sur la santé humaine. Il n'est donc pas surprenant que la CMI ait constaté, au cours de l'étude du GEIGLA et de la LOSLRS, que dans l'ensemble, la catégorie de l'utilisation municipale, industrielle et domestique de l'eau soit résiliente aux changements du niveau d'eau dans sa gamme historique de variation (LOSLRS, 2006; GEIGLA, 2012). Dans ni l'une ni l'autre des études, il n'a été possible de faire la distinction entre les facteurs de vulnérabilité mis en relief dans les différents plans de régularisation. En conséquence, ni le Plan 2012 ni le Plan 2014 ne devraient améliorer ou aggraver la situation pour ce secteur d'intérêt par rapport aux plans de régularisation qu'ils ont remplacés. Autrement dit, même si les impacts sont possibles aux extrêmes, on s'attendrait à ce qu'ils le soient, peu importe le plan de régularisation. La seule exception mentionnée, concernait les puits riverains privés, mais les données étaient incomplètes et n'ont pas permis de faire une évaluation complète.

5.2.1 GRANDS LACS D'AMONT - Utilisation municipale et industrielle de l'eau

Sensibilité au niveau d'eau et au débit - L'apport d'eau potable et le traitement des eaux usées peuvent tous deux être touchés par l'évolution du niveau d'eau. Dans le secteur des Grands Lacs d'amont, il n'a pas été possible d'établir des indicateurs de rendement quantifiables de ces impacts pendant la période de l'étude du GEIGLA en raison de la taille et de la portée des Grands Lacs d'amont et des différences relativement faibles de niveau d'eau produits par d'autres plans de régularisation. Au lieu de cela, des zones d'adaptation au niveau de l'eau ont été répertoriées afin de caractériser les problèmes opérationnels potentiels des utilisations municipales, industrielles et domestiques de l'eau associés aux fluctuations du niveau et du débit d'eau (Bartz et Inch, 2011). Parmi les impacts associés au niveau d'eau élevé, mentionnons les inondations des bâtiments, les problèmes d'érosion et de protection des rives (comme pour le secteur d'intérêt côtier), l'inondation des infrastructures (comme les tunnels) et l'augmentation des coûts d'exploitation lorsque l'infiltration dans l'usine est plus élevée, ce qui augmente la demande d'eau (GEIGLA, 2012). Les effets associés à un faible niveau d'eau pourraient inclure des problèmes de qualité de l'eau et des problèmes potentiels de prise d'eau si les profondeurs sont insuffisantes. Historiquement, dans les Grands Lacs d'amont, puisque le niveau d'eau n'a

pas causé de défaillance des prises d'eau municipales, ce secteur d'intérêt a été considéré comme assez résilient aux fluctuations du niveau d'eau dans la plage historique. Cependant, d'après les relevés du niveau d'eau critique déclaré par de nombreuses installations particulières le long des lacs, un niveau d'eau extrême à l'intérieur ou à l'extérieur de la plage historique pourrait causer des prises d'eau inutilisables ou compromises, des problèmes de sédimentation/des exigences accrues en matière d'exploitation et d'entretien, et une réduction de la qualité de l'eau (LOSLRS, 2006; GEIGLA, 2012). Les impacts potentiels d'un niveau d'eau extrême dans la plage historique ou au-delà de celle-ci sont importants, compte tenu des dizaines de milliers de structures et de canalisations de prise d'eau en surface et souterraine en place, des prises d'eau de grande capacité pour les grandes régions métropolitaines aux prises pour l'utilisation individuelle destinées aux ménages. Des mesures visant à réduire le plus possible les risques, comme l'installation d'équipement résistant aux inondations, l'amélioration de la protection des rives, la construction de digues sous l'eau ou le prolongement des conduites de prise d'eau dans les eaux plus profondes en période de crue, seraient probablement prises bien avant qu'une situation de crise grave ne soit atteinte, car les conséquences sont trop importantes pour assumer le risque (GEIGLA, 2012).

Résumé des répercussions observés en 2017 : Le Comité GAGL n'a pas observé de répercussions directes du niveau d'eau élevé sur les réseaux d'approvisionnement en eau ou sur les systèmes municipaux de traitement des eaux usées le long du secteur des Grands Lacs d'amont en 2017.

Évaluation du modèle : Pour les Grands Lacs d'amont, aucun indicateur de rendement particulier n'a été élaboré pendant l'étude du GEIGLA relativement à ce secteur d'intérêt. Cela s'explique par le fait que l'échantillon des réponses à un sondage (questionnaire) mené auprès des responsables d'installations municipales à ce moment, l'époque n'a pas été assez réparti sur les divers lacs et que, dans certains cas, les réponses au sondage ont été trop vagues pour permettre d'établir des relations quantitatives avec le niveau d'eau (GEIGLA, 2012). Au lieu de cela, des directives générales sur les zones d'adaptation ont été élaborées ([Bartz et Inch, 2011](#)) relativement à i) la population desservie par les réseaux publics d'approvisionnement en eau qui sont touchés par un niveau d'eau élevé et faible et ii) le nombre d'installations de prélèvement d'eau où des problèmes sont prévus et/ou où les activités peuvent cesser, ainsi que la plage de fonctionnement optimale et le niveau où des modifications sont nécessaires pour les prises d'eau et les exutoires. En 2017, le niveau d'eau est demeuré à l'intérieur de la fourchette dans laquelle ce secteur d'intérêt devrait bien s'adapter, d'après l'information recueillie pendant l'étude du GEIGLA. À ce jour, aucune information n'a été trouvée dans les médias ou au moyen d'appels téléphoniques de vérification ponctuelle auprès des installations municipales d'approvisionnement en eau qui contredirait ce résultat. Bien qu'on s'attende à ce que les zones d'adaptation fassent l'objet d'un examen à un moment donné dans l'avenir, rien de ce qui est survenu en 2017 ne permet de croire qu'il s'agit d'une priorité.

Principales constatations et prochaines étapes : D'après les renseignements disponibles, le Comité GAGL n'a pas constaté de perte importante d'approvisionnement en eau ou d'interruption de services d'eaux usées en 2017 en raison des conditions de niveau d'eau élevé

dans les Grands Lacs d'amont. À l'avenir, le Comité GAGL cherchera à réévaluer les zones d'adaptation utilisées pendant l'étude du GEIGLA et leur pertinence dans les évaluations futures.

5.2.2 LAC ONTARIO-FLEUVE SAINT-LAURENT - Utilisation municipale et industrielle de l'eau

Résumé des indicateurs de rendement - Deux indicateurs de rendement principaux liés aux répercussions municipales et industrielles ont été élaborés pendant la LOSLRS afin d'englober les répercussions potentielles sur le niveau de l'eau dans ce secteur, soit :

- Indicateur de rendement de l'infrastructure : les coûts d'infrastructure des usines de production d'eau potable à engager pour s'adapter au niveau d'eau critique identifié (LOSLRS, 2006)
- Indicateur de rendement du goût et de l'odeur : les coûts de mise à niveau des usines municipales de traitement de l'eau potable pour traiter les composés du goût et de l'odeur (LOSLRS, 2006)

En plus des indicateurs de rendement établis, des renseignements de base ont été recueillis sur d'autres répercussions possibles en ce qui concerne les utilisateurs résidentiels autonomes du secteur privé. Compte tenu du manque de données et du nombre relativement faible d'utilisateurs comparativement à ceux qui sont desservis par les installations publiques d'approvisionnement en eau et de traitement des eaux usées (p. ex., figure 5-1), les critères de niveau d'eau ont été appliqués pour déterminer le niveau d'eau susceptible de causer des problèmes aux utilisateurs autonomes, mais l'impact économique n'a pas été quantifié dans le cadre de l'effort global d'évaluation du plan.

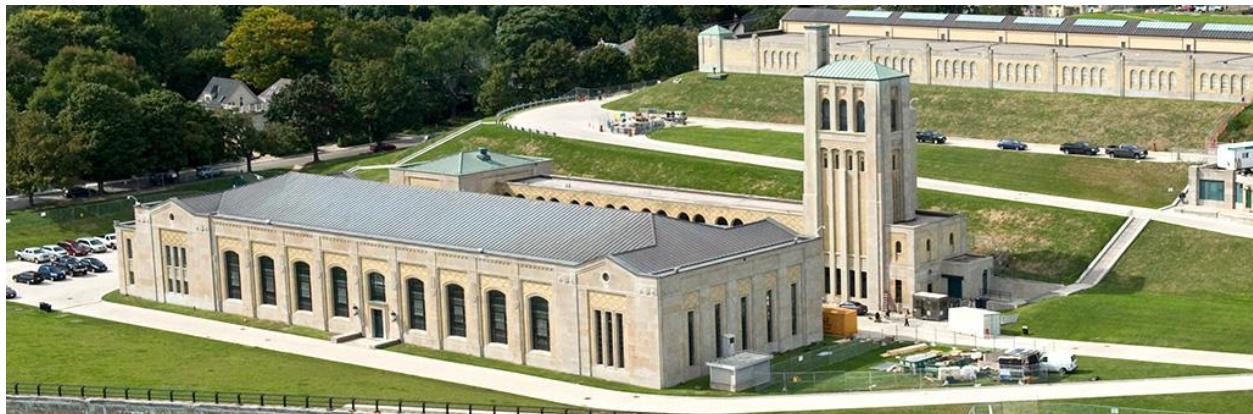


Figure 5-1 : Station de traitement de l'eau RC Harris, Toronto (Ontario) (Photo : Site Web de la Ville de Toronto : <https://www.toronto.ca/services-payments/water-environment/tap-water-in-toronto/fast-facts-about-the-citys-water-treatment-plants/>)

Sensibilité au niveau de l'eau et au débit : Au cours de la LOSLRS, l'on a constaté de façon générale, pour le lac Ontario et le cours supérieur du fleuve Saint-Laurent, que le niveau d'eau dans les plages historiques pouvait être géré en majeure partie par les installations d'approvisionnement en eau existantes (LOSLRS, 2006). Dans des conditions d'eau extrêmement basse, la diminution de la colonne d'eau au-dessus des prises d'eau entraîne une réduction de capacité de pompage de l'usine, ce qui constitue une préoccupation pour certaines installations, particulièrement dans le cours supérieur du fleuve Saint-Laurent. Il est également possible que les problèmes de goût et d'odeur s'intensifient dans des conditions de faible niveau d'eau, bien qu'il y ait probablement d'autres facteurs qui contribuent également à ces problèmes. Dans des conditions de niveau d'eau élevée, les infrastructures d'approvisionnement en eau et de traitement des eaux usées risquent d'être inondées, ce qui réduit la capacité de service. Il a été question en particulier par le passé, relativement au lac Ontario, de la nécessité d'installer des sacs de sable autour du poste de pompage de la Monroe County Water Authority afin de se protéger contre les inondations (LOSLRS, 2006).

Sur le cours inférieur du fleuve Saint-Laurent, les problèmes d'approvisionnement en eau sont liés au goût et à l'odeur, au frasil et à la capacité de prise réduite, et ils sont principalement associés aux conditions de faible niveau d'eau. Trois des trente installations de services publics ont relevé des limites de capacité en cas de bas niveau d'eau. Les usines de traitement des eaux usées et le débit peuvent être sensibles aux conditions d'eau élevée, mais d'après les résultats de l'étude menée pendant le projet, ils n'ont pas été jugés trop sensibles et jugés marginaux par rapport aux autres indicateurs de rendement, de sorte qu'aucun indicateur de rendement d'eau élevée n'a été élaboré dans cette catégorie (LOSLRS, 2006).

Résumé des répercussions observées en 2017 : Le niveau d'eau élevé dans le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent en 2017 a eu des répercussions directes sur l'approvisionnement en eau des municipalités. Par exemple, la Monroe County Water Authority a noté que le niveau d'eau se situait entre 1 et 2 pieds après l'inondation de certaines infrastructures essentielles d'approvisionnement en eau potable. Ailleurs dans le réseau et, d'après le suivi effectué auprès d'un certain nombre d'exploitants américains de traitement de l'eau, il y a également eu des répercussions sur les opérations, y compris une augmentation de l'infiltration dans des stations de relevage. Bien que ces répercussions directes soient notables et aient eu une incidence directe sur un certain nombre d'utilisateurs, l'information actuellement à la disposition du Comité GAGL indique que la plupart des grands réseaux municipaux et les millions de clients qu'ils desservent sont demeurés opérationnels tout au long de 2017 et ont généralement été en mesure de gérer les conditions extrêmes, bien qu'avec des interventions adaptées dans certains cas, y compris la mise en place de sacs de sable. L'information détaillée est encore limitée dans certaines régions, en particulier sur le cours inférieur du fleuve Saint-Laurent, et il est possible que certaines répercussions aient échappé au Comité GAGL.

Du côté des eaux usées, les crues ont créé des difficultés opérationnelles supplémentaires et des dommages dans certaines régions. Dans l'État de New York, les interventions de 31 usines de traitement des eaux usées ont été consignées et, de ce nombre, six ont fait état d'un certain degré

d'incidence négative sur l'exploitation de l'usine. L'impact le plus souvent signalé a été l'infiltration des eaux pluviales qui a entraîné des débordements des égouts unitaires et des égouts sanitaires, ce qui aurait pu être le résultat de fortes précipitations et d'un ruissellement élevé, et non pas un impact direct des crues. Sodus Point, en particulier, a signalé des besoins de mise en place de sacs de sable pour protéger certaines stations de pompage. On a également signalé des besoins excessifs en matière de pompage dans les villes de Sodus Point, Clayton et Ontario, dans l'État de New York. En plus de ces répercussions, un certain nombre d'exploitants ont également signalé une augmentation de la fréquence des rejets d'eaux usées non traitées et l'ont partiellement attribuée à une plus grande infiltration dans le réseau d'égouts en raison du niveau d'eau élevé. Compte tenu des réponses actuelles, il n'est pas clair quels autres facteurs (comme les précipitations excessives) ont contribué à ces répercussions. La Ville de Hamilton (Ontario) a fait remarquer que le niveau élevé des lacs réduisait la capacité de certains de ses réservoirs de trop-plein d'égouts unitaires parce qu'ils étaient submergés par l'eau du lac, en particulier ses installations de Strachan et d'Eastwood (Ville de Hamilton, 2017). Il y a aussi eu de nombreux cas où la capacité de drainage (égouts) a été réduite dans les zones basses adjacentes au rivage, ce qui a nécessité des investissements opérationnels de la part des municipalités (p. ex., certains secteurs de Sodus Point, comté de Monroe, Niagara-on-the-Lake, Hamilton, Toronto, etc.).

Le Comité GAGL n'a pas encore identifié d'endroits où les installations primaires de traitement des eaux usées ne pourraient pas être exploitées en raison des conditions d'eau élevée. L'information détaillée est encore limitée dans certaines régions, en particulier sur le cours inférieur du fleuve Saint-Laurent, et il est possible que certains impacts aient échappé au Comité GAGL.

L'information concernant les répercussions sur les utilisateurs industriels n'est pas facilement disponible pour le moment, et l'information relative aux répercussions sur les utilisateurs domestiques ayant leur propre puits est limitée. Il y a certes eu des rapports au sujet des répercussions sur les puits riverains et les systèmes septiques (inondation et érosion des champs d'épuration) et celles-ci ont été signalées dans les réponses à un questionnaire d'auto-déclaration en ligne distribué aux propriétaires fonciers par Conservation Ontario (voir l'encadré ci-après; figures 5-2 et 5-3). D'après les résultats du questionnaire en ligne, des répercussions sur les puits riverains ont été signalées surtout dans le comté de Prince Edward et le comté de Lennox and Addington sur les rives du lac Ontario, en Ontario, et dans les comtés de Jefferson et Monroe, dans l'État de New York. Les chiffres déclarés étaient plus élevés aux États-Unis, mais un pourcentage plus élevé de répondants canadiens ont déclaré des répercussions sur les puits riverains. Le Comité GAGL n'est pas en mesure de quantifier l'étendue de ces répercussions pour le moment, car ses relevés ne constituent pas un échantillon statistiquement représentatif, et il n'a pas été possible pour le Comité de déterminer si l'impact était directement lié au niveau d'eau élevé ou s'il a été causé par la pluie excessive, le ruissellement et le niveau élevé des nappes phréatiques.

De plus amples renseignements concernant les répercussions sur les utilisations municipales et industrielles de l'eau du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent se trouvent à l'annexe 1 – Évaluation des effets du présent rapport. Il manque encore des détails dans l'information disponible, et le Comité GAGL recueille d'autres données auprès des exploitants municipaux et industriels. Ces travaux devraient être terminés d'ici avril 2019.

RÉPERCUSSIONS SUR LES PROPRIÉTAIRES RIVERAINS

En 2017, le Comité GAGL a lancé un processus visant à recueillir de l'information concernant les répercussions de la crue des eaux sur les propriétaires fonciers riverains. Les efforts du GAGL ont été complémentaires et élargis à une enquête indépendante menée par la New York Sea Grant et la Cornell University pour le littoral de New York plus tôt en 2017 (New York Sea Grant et Cornell University, 2018). Dans le cadre des efforts du GAGL, la CMI a chargé Conservation Ontario d'élaborer et de mettre en œuvre un questionnaire d'auto-déclaration en ligne que les propriétaires fonciers pouvaient remplir (fondé en partie sur les questions utilisées précédemment dans les relevés de la Sea Grant et de Cornell de New York). Le questionnaire a été conçu pour recueillir de l'information sur le type et l'étendue des répercussions sur le littoral. Conservation Ontario a fourni un bref résumé du projet, et le Comité GAGL l'appelle souvent le sondage de Conservation Ontario. Toutefois, le Comité GAGL a continué de travailler avec ces résultats à des fins d'analyse et de déclaration, et il est à la base d'un certain nombre de cartes et de graphiques dans les sections du présent rapport portant sur l'évaluation des répercussions.

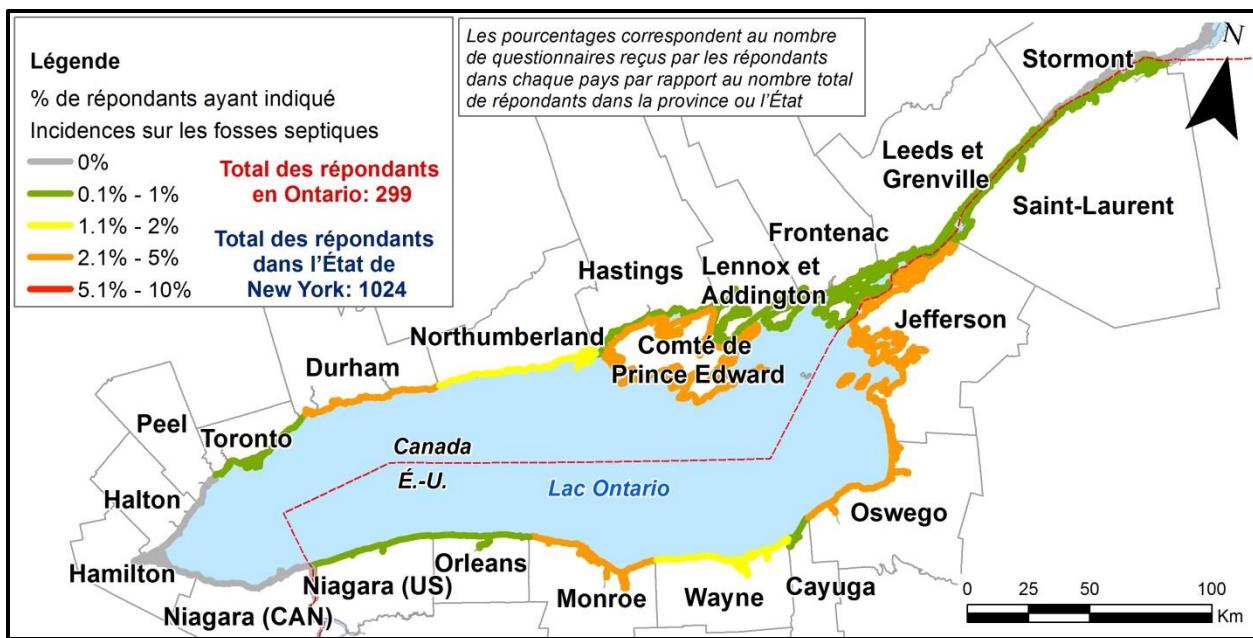


Figure 5-2 : Pourcentage des réponses au sondage indiquant une inondation des fosses septiques (exprimé en % relatif par comté par rapport au nombre total de personnes ayant déclaré une incidence dans le pays) (Source : ECCC, d'après les données obtenues dans le cadre du questionnaire de Conservation Ontario pour la CMI)

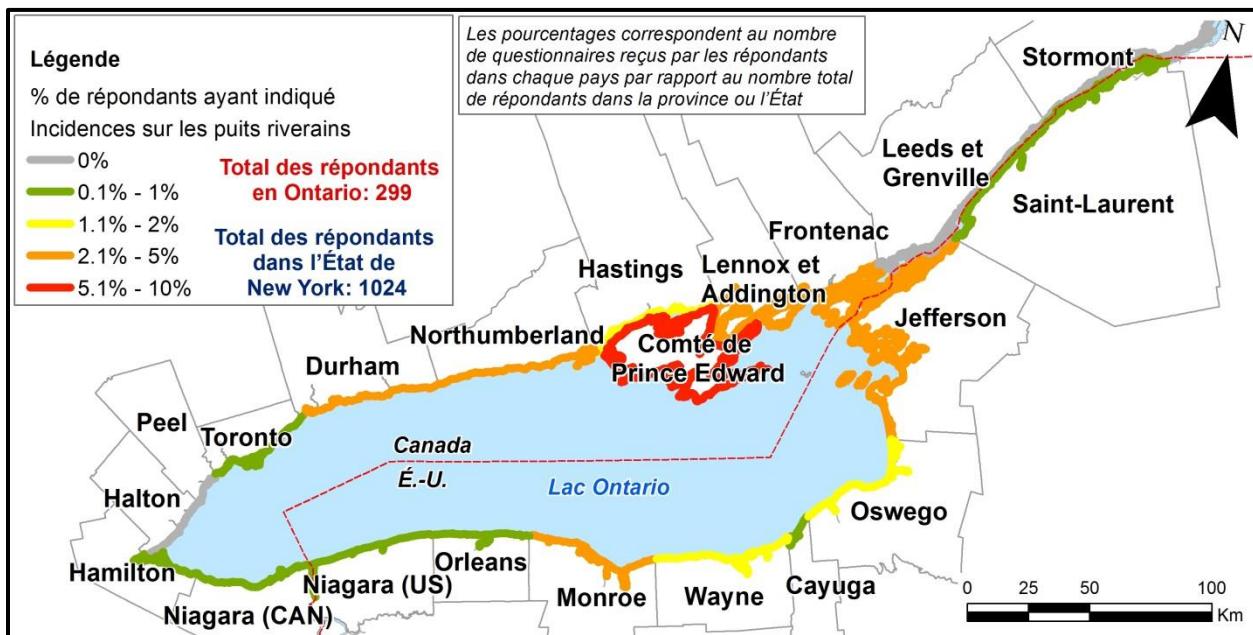


Figure 5-3 : Pourcentage des réponses au sondage indiquant une inondation de puits riverains (exprimé en % par comté par rapport au nombre total de personnes ayant déclaré une incidence dans le pays) (Source : ECCC, d'après les données recueillies dans le cadre du questionnaire de Conservation Ontario pour la CMI)

Évaluation du modèle : D'après l'information et les indicateurs de rendement élaborés pendant la LOSLRS, on s'attend à ce que la grande majorité des services municipaux d'approvisionnement en eau et de traitement des eaux usées demeurent opérationnels en période de crue à l'intérieur de la gamme historique. Le niveau d'eau a dépassé les maximums historiques en 2017, mais, d'après les renseignements préliminaires limités disponibles (principalement par suite d'un suivi direct effectué auprès de quelques exploitants sur la rive américaine), il semble que la vaste majorité des services sur le lac Ontario ont pu être fournis en 2017, ce qui est conforme aux conclusions de l'étude. Cependant, on a signalé des difficultés opérationnelles particulières et des interventions adaptées à certains endroits, ainsi que des difficultés plus générales en matière de drainage dans les zones basses desservies par les réseaux d'égouts municipaux du lac Ontario, qui ne sont pas prises en compte dans les indicateurs de rendement actuels et qui nécessitent une évaluation plus approfondie par le Comité GAGL pour déterminer si elles devraient être représentées dans les modèles de répercussions et, le cas échéant, de quelles façon. De plus, les conditions de 2017 pourraient faire la lumière relativement aux répercussions potentielles de la crue des eaux pour les utilisateurs d'eau domestique autonomes qui n'ont pas été prises en compte dans les modèles de répercussions élaborés pendant la LOSLRS. On s'attend à ce que des problèmes semblables aient été observés dans le cours inférieur du fleuve Saint-Laurent, mais le Comité GAGL dispose de peu d'information au sujet des répercussions sur le cours inférieur du fleuve Saint-Laurent à l'heure actuelle. Des efforts sont en cours pour lancer une enquête auprès d'un certain nombre d'installations municipales et industrielles sur le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent et pour recueillir d'autres renseignements à l'appui des activités à long terme du Comité GAGL. Ce dernier dispose de peu d'information de validation concernant les utilisateurs industriels de l'eau, et on ne sait pas encore comment remédier à cette lacune. Une fois les données recueillies, un traitement et un examen plus approfondis de l'information sur les répercussions seront nécessaires pour qu'une comparaison complète puisse être effectuée entre les résultats des modèles existants et les conditions observées.

Principales constatations et prochaines étapes : D'après les renseignements limités dont dispose actuellement le Comité GAGL, il y a eu des répercussions et des interventions opérationnelles à un certain nombre d'endroits sur le lac Ontario et sur le fleuve Saint-Laurent en raison de la crue des eaux en 2017 qui a eu des répercussions directes sur certains utilisateurs. Cependant, les utilisateurs des réseaux d'aqueduc et d'égout municipaux plus importants ont pu compter sur les services nécessaires en 2017 malgré la crue extrême. On dispose actuellement de moins d'information sur les utilisateurs résidentiels et industriels autonomes. D'après les réponses au questionnaire d'auto-déclaration, les répercussions dans ces catégories n'ont pas été réparties également le long de la rive du lac Ontario.

Aucun impact n'a été signalé sur les utilisateurs industriels par suite des événements de 2017, mais cela ne veut pas dire qu'il n'y en a pas eu. Les réponses de l'industrie aux demandes de renseignements ont été incroyablement rares. Il n'est pas concluant de dire que la poignée de réponses indiquant qu'il n'y a pas eu de répercussions est une représentation exacte de l'ensemble de la communauté industrielle du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent.

L'indicateur de rendement pour l'évaluation des utilisateurs municipaux et industriels du cours inférieur du Saint-Laurent est fondé sur les coûts de mise à niveau des usines municipales de traitement de l'eau potable pour traiter les composés du goût et de l'odeur, et sur les coûts requis pour adapter les usines à un niveau inférieur au niveau critique et, bien qu'aucun niveau d'eau élevé n'ait été exprimé pour les usines de traitement de l'eau, l'on a soupçonné que la crue des eaux a eu une incidence sur les usines de traitement des eaux usées dans les cas d'inondation. Même dans cette situation, la plupart des exutoires d'eaux usées sur le fleuve Saint-Laurent sont munis de valeurs de contrôle qui les protègent contre le refoulement (LOSLRS, 2006 - annexe 2). L'information sur les coûts des mises à niveau ou de rénovation des usines par suite des événements de 2017 n'a pu être recueillie, ce qui met en relief les difficultés liées à l'évaluation des répercussions sur ce secteur. Étant donné le manque de données pour ce secteur, le Comité GAGL cherche à recueillir de l'information auprès des exploitants municipaux et industriels sur le réseau du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent au sujet des répercussions et des seuils associés aux conditions de 2017 afin d'appuyer les activités de gestion adaptative à long terme.

5.3 Navigation commerciale

La navigation commerciale englobe les flottes nationales et internationales de vraquiers, de pétroliers, de barges et d'autres navires commerciaux transportant des marchandises dans le réseau des Grands Lacs et de la Voie maritime du Saint-Laurent (GEIGLA, 2012; CMI, 2014), ainsi que les navires océaniques qui font escale au port de Montréal (figures 5-4 et 5-5). Quatre principaux secteurs géographiques sont pris en considération pour la navigation commerciale, soit les Grands Lacs d'amont, du lac Érié en amont du canal Welland jusqu'à Duluth, au Minnesota, sur le lac Supérieur; le lac Ontario (et le canal Welland reliant le lac Érié au lac Ontario); la section du lac Ontario comprise dans la Voie maritime du Saint-Laurent jusqu'à Montréal (du port de Montréal jusqu'au lac Ontario); et la Voie navigable du Saint-Laurent (du port de Montréal jusqu'à Trois-Rivières), qui peut accueillir des navires océaniques plus grands que ceux qui peuvent circuler sur la Voie maritime. On estime que 237 868 emplois et 35 milliards de dollars d'activité économique sont attribuables au réseau des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent (sans compter les avantages économiques du transport de conteneurs en direction et en provenance du port de Montréal vers les marchés étrangers) (Martin and Associates, 2018). Le commerce qui a transité par la Voie maritime du Saint-Laurent (du lac Érié au port de Montréal) a soutenu 92 661 emplois et une activité économique de 12,9 milliards de dollars. Le port de Montréal est le plus grand port de conteneurs de l'Est du Canada et l'un des quinze premiers en importance en Amérique du Nord. On y traite plus de 35 millions de tonnes de marchandises par année et plus de 1,2 million de conteneurs d'équivalents-vingt pieds (EVP) ([Port de Montréal, 2018](#)). Le port de Montréal a soutenu 2 673 emplois directs en 2017 (Martin and Associates, 2018).

Au cours de l'étude du GEIGLA, en consultation avec des experts de la communauté de navigation des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent, la CMI a conclu que le plan actuel de régularisation du débit du lac Supérieur, le Plan 2012, apporterait des avantages économiques supplémentaires en termes de coûts de transport au secteur d'intérêt de la navigation commerciale. Le Plan a été comparé à l'ancien plan de régularisation (plan 1977A) dans une grande variété de situations d'apport d'eau en conditions humide et sèche, et on a constaté qu'il constituait un plan plus robuste qui donnait de meilleurs résultats dans une vaste gamme de futures scénarios possibles en apport d'eau. Dans le cadre de la LOSLRS, la CMI, en consultation avec des experts de la communauté de navigation des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent, a conclu que le Plan 2014 offrirait à peu près les mêmes avantages que le Plan 1958-DD en incluant des règles pour appuyer un niveau suffisant pour les navires à fort tirant d'eau à tous les endroits dans la Voie maritime, du lac Ontario jusqu'au lac Saint-Louis. Il permettrait également de maintenir à peu près les mêmes coûts de transport liés à la nécessité de charger plus légèrement les navires en raison du tirant d'eau limité pendant les périodes de bas niveau d'eau et des coûts semblables liés aux retards causés par les forts courants pendant les situations de débit élevé.



Figure 5-4 : Port de Montréal (Photo : Administration portuaire de Montréal, 2012)



Figure 5-5 : Carte des Grands Lacs et de la Voie maritime du Saint-Laurent

5.3.1 GRANDS LACS D'AMONT - Navigation commerciale

Sensibilité au niveau d'eau et au débit : La régularisation du débit du lac Supérieur dans le cadre du Plan 2012 influe sur le niveau et le débit d'eau dans l'ensemble du système des Grands Lacs d'amont, plus particulièrement dans la rivière Sainte-Marie et sur le chenal « Rock Cut » du côté ouest de l'île Neebish, au sud de Sault Ste. Marie, au Michigan, où le niveau d'eau est particulièrement sensible aux changements de débit du lac Supérieur, ainsi qu'aux faible niveau d'eau qui survient pendant des périodes relativement sèches (figure 5-6). La navigation commerciale est particulièrement sensible à un bas niveau d'eau, qui peut nécessiter une réduction de la vitesse de navigation et du tirant d'eau, ainsi qu'un allégement de la cargaison transportée. L'industrie du transport maritime sur les Grands Lacs d'amont profite généralement d'un niveau plus élevé, car les navires peuvent transporter plus de marchandises en moins de voyages. Le niveau d'eau supérieur à la moyenne dans l'ensemble du système des Grands Lacs et du Saint-Laurent en 2017 aurait donc été généralement bénéfique pour la navigation commerciale, mais ce n'est vrai que lorsque le niveau d'eau est modérément élevé, comme c'était le cas pour les Grands Lacs d'amont en 2017. Les répercussions augmentent avec un niveau plus extrême, et plusieurs mesures d'atténuation coûteuses doivent être imposées pour maintenir la sécurité de la navigation, comme ce fut le cas dans le cours inférieur du réseau du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent en 2017, mais pas sur les Grands Lacs d'amont. Un niveau d'eau plus élevé peut également endommager et mettre hors service les installations de

chargement et de déchargement et avoir une incidence sur le fonctionnement sécuritaire des écluses s'il atteint le sommet des murs d'approche ou des vannes d'écluse (GEIGLA, 2012).

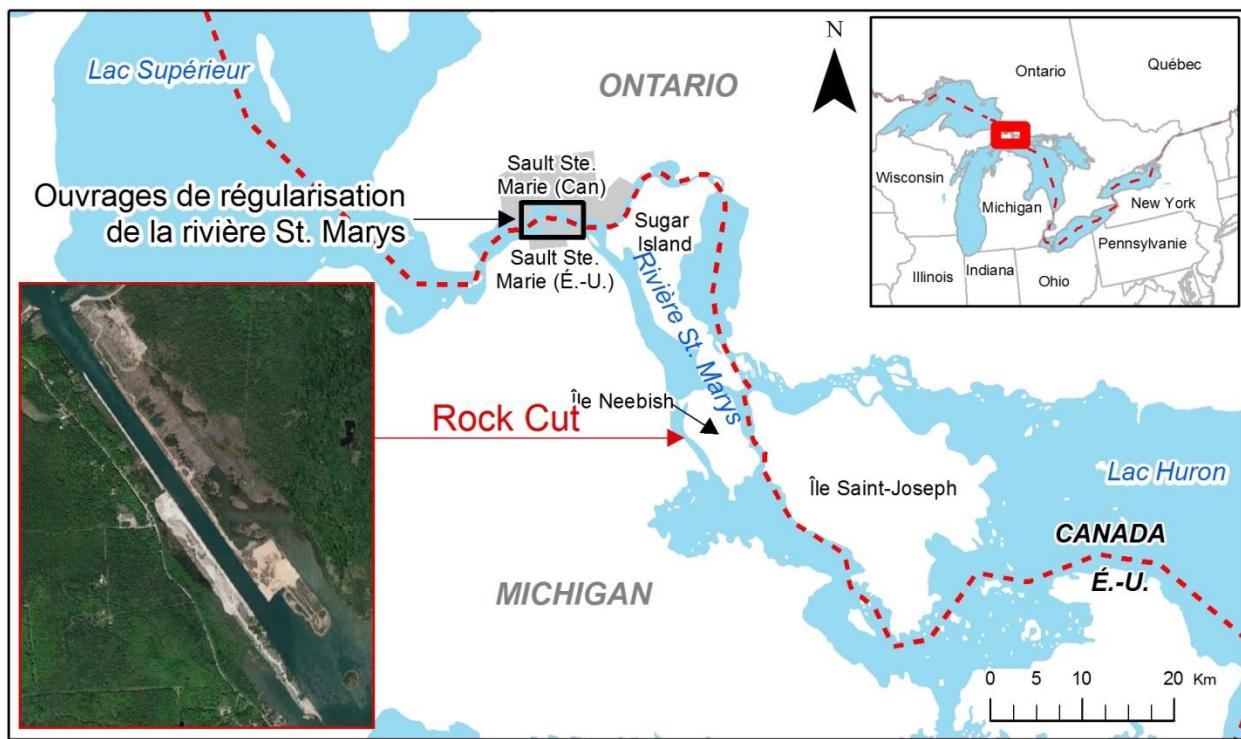


Figure 5-6 : Emplacement du chenal « Rock Cut » menant à la rivière Sainte-Marie (Source : ECCC)

Résumé des impacts observés en 2017 : En 2017, le niveau d'eau de tous les Grands Lacs a augmenté. Dans les Grands Lacs d'amont, les expéditeurs sont particulièrement préoccupés par la rivière Sainte-Marie et le chenal « Rock Cut » (figure 5-6). Le débit, la vitesse et la profondeur peuvent limiter la capacité de charge à ces endroits plus que la hauteur des quais, mais aucune incidence n'a été observée sur la partie supérieure du système en 2017.

Le tableau 5-1 compare le tonnage mensuel de marchandises passant par le canal des chutes Sainte-Marie en 2016 et 2017. Des records de tonnage pour un seul voyage ont été établis en août et en septembre 2017 aux écluses de Sault Ste. Marie. Ces tonnages mensuels plus élevés ont été principalement attribuables à la demande économique de matières premières et non pas directement à la hausse de leur niveau d'eau; toutefois, leur niveau d'eau plus élevé a permis de recueillir des données sur le tonnage pour un seul voyage. Si leur niveau d'eau avait été inférieur au zéro des cartes, les relevés de tonnage n'auraient pas pu être établis.

Tableau 5-1 : Tonnes de marchandises transportées dans le canal des chutes Sainte-Marie en 2017 (source : US Army Corps of Engineers, District de Detroit, Bureau de secteur de Sault Ste. Marie)

Tonnage de marchandises sur le canal des chutes Sainte-Marie			
Mois	Tonnes nettes 2016	Tonnes nettes 2017	Augmentation/Diminution
Mars	999 703	1 423 568	423 865
Avril	6 214 977	7 045 959	830 982
Mai	7 159 615	8 125 048	965 433
Juin	7 540 657	8 552 164	1 011 507
Juillet	7 236 489	8 692 701	1 456 212
Août	7 446 741	8 645 393	1 198 652
Septembre	7 789 090	8 946 754	1 157 664
Octobre	7 315 668	7 676 940	361 272
Novembre	6 844 907	7 882 489	1 037 582
Décembre	6 783 280	7 076 676	293 396
Janvier	2 148 641	1 264 176	-884 465
Total	67 479 768	75 331 868	7 852 100

Évaluation du modèle : Dans le cadre de l'étude du GEIGLA, un indicateur de rendement économique a été élaboré pour la navigation commerciale en fonction des coûts d'expédition le long de chaque itinéraire à des profondeurs différentes dans chaque mois civil. Des zones d'adaptation ont également été établies pour le secteur d'intérêt en fonction de « conditions idéales » pour l'industrie du transport maritime (zone A) et pour les intérêts où l'impact de l'évolution du niveau d'eau commencerait à se faire sentir. Ces zones d'adaptation ont été établies à l'échelle du lac (une pour chaque Grand Lac) et pour le quai sud-ouest du lac Supérieur (rivière Sainte-Marie). D'après cette évaluation, le niveau et le débit d'eau observés en 2017 devaient fournir des conditions généralement positives pour le transport maritime et se situaient dans la zone d'adaptation « A » et dans la plage de niveau d'eau que l'industrie maritime trouverait tolérable.

Le district de Detroit de l'USACE tient à jour une base de données pour assurer le suivi du tonnage passant par les écluses de Sault Ste. Marie. Les membres du Comité GAGL travaillent avec les maîtres-éclusiers de Sault Ste. Marie et l'équipe fédérale de navigation de l'USACE pour recueillir des données mensuelles sur le tonnage et des données historiques annuelles sur le tonnage afin de comparer le niveau d'eau des lacs Supérieur et Michigan-Huron (en ce qui concerne le zéro des cartes). Afin d'englober certains des itinéraires de navigation entre les lacs, des données portuaires fédérales peuvent être recueillies auprès du bureau des opérations du district de Detroit de l'USACE et de l'équipe de navigation fédérale pour déterminer quels quais sont les plus vulnérables à un niveau d'eau variable. La figure 5-7 présente une analyse rapide des données mensuelles sur le tonnage et du niveau d'eau des six dernières années. Notez la

légère augmentation du tonnage en 2014, qui a suivi plusieurs années consécutives de bas niveau d'eau (2000-2013). Bien qu'il s'agisse d'un ensemble de données restreint (seulement six ans), il est peu probable que le niveau d'eau régularisé soit le principal déterminant du trafic maritime qui passe par les écluses de Sault Ste. Marie. Il faut tenir compte des facteurs de l'offre et de la demande économiques et du marché. Y a-t-il eu une forte demande pour un produit en particulier en 2014, par exemple? Y a-t-il eu une raison économique? Une analyse plus poussée des tendances générales du secteur serait prudente pour la navigation commerciale.

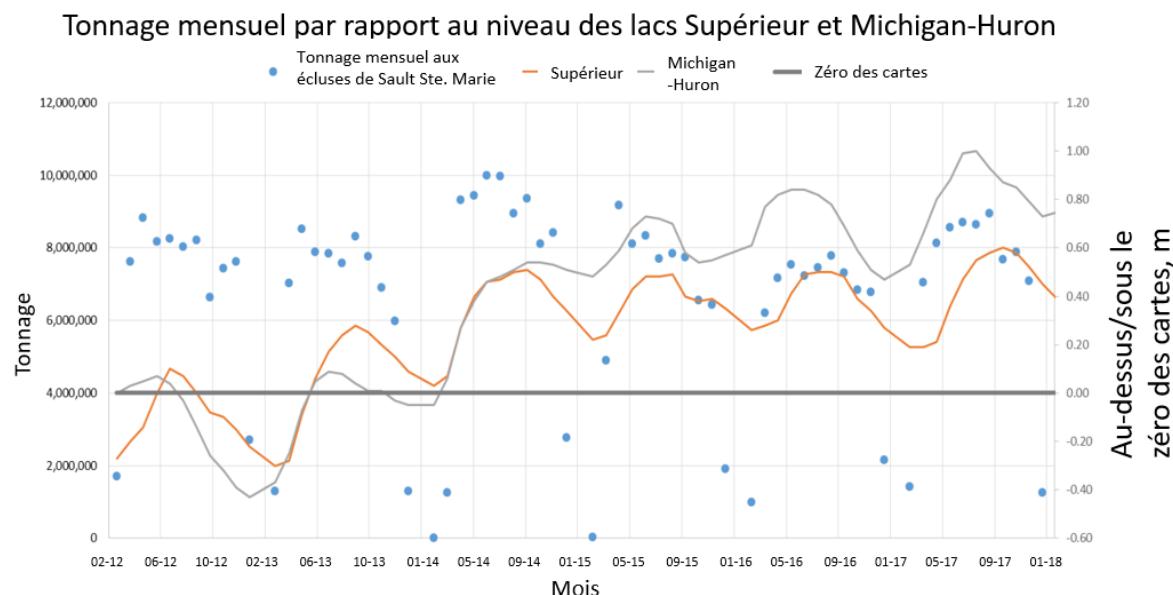


Figure 5-7 : Tonnage mensuel sur le lac Supérieur et les lacs Michigan-Huron (source : USACE, district de Detroit)

Le Comité GAGL examinait déjà la nécessité d'un nouveau modèle de coûts d'expédition, en grande partie parce que les données utilisées pour élaborer les indicateurs de rendement précédents du GEIGLA sont désuètes et n'englobent pas les progrès technologiques sur certains navires qui leur permettent de transiter de façon plus efficace et sécuritaire. De plus, les répercussions sur la navigation dans un secteur peuvent avoir des effets correspondants ou connexes ailleurs dans le réseau, de sorte qu'un modèle à l'échelle du système pour remplacer les modèles distincts existants du lac Ontario - Saint-Laurent et du secteur des Grands Lacs d'amont est logique.

Principales constatations : Sur les Grands Lacs, le niveau de 2017 est demeuré dans la zone d'adaptation « A », ce qui signifie que les quais commerciaux répertoriés pendant l'étude du GEIGLA avaient une profondeur et une hauteur de quai suffisantes pour l'accessibilité des navires. En 2017, le niveau a varié de 45 cm (1,5 pi) à 1,2 m (4 pi) au-dessus du zéro des cartes dans l'ensemble des Grands Lacs, ce qui est conforme aux critères d'augmentation du niveau d'eau tout en maintenant la hauteur minimale des quais. La seule exception concerne la rivière Détroit, où l'augmentation de trois pieds du niveau déclaré serait acceptable pour 96 % des quais. Le niveau du lac Sainte-Claire (point de référence de la rivière Détroit) a été de 0,76 m à

1,2 m (2,5-4 pi) au-dessus du zéro des cartes, ce qui signifie que certains quais répertoriés pendant l'étude du GEIGLA seraient inaccessibles en raison de la crue. Toutefois, aucun incident de ce genre n'a été signalé. Il est possible que le point de référence du lac Sainte-Claire soit trop conservateur et qu'il faille le remplacer par des élévations de référence basses pour la rivière Détroit, en particulier. D'autres enquêtes seront menées à l'avenir. De plus, comme nous l'avons vu dans la section sur l'évaluation des modèles, il faudrait envisager un modèle complet de navigation commerciale sur les Grands Lacs et le fleuve Saint-Laurent.

5.3.2 LAC ONTARIO-FLEUVE SAINT-LAURENT - Navigation commerciale

Sensibilité au niveau d'eau et au débit : La régularisation du débit de du lac Ontario prévue dans le Plan 2014 a une incidence sur le niveau et le débit d'eau sur tout le réseau du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent en aval jusqu'aux environs de Trois-Rivières, et la navigation commerciale est touchée par ces conditions dans l'ensemble de la région, y compris dans la partie de la Voie maritime du fleuve Saint-Laurent située entre Montréal et le Lac Ontario (MLO) et dans le port de Montréal. La navigation commerciale est particulièrement sensible aux basses eaux, qui peuvent parfois exiger une réduction de la vitesse de navigation et des tirants d'eau, ce qui entraîne une diminution du fret transporté et une augmentation des coûts. En conséquence, les priorités cruciales en matière de navigation commerciale sur le réseau du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent comprennent la nécessité de réduire le risque de bas niveau d'eau dans l'ensemble du réseau et de maintenir la capacité qu'a le Conseil d'accorder, au besoin et lorsque les conditions le permettent, le transit de certains navires au moyen de dérogations mineures à court terme. La stabilité et la prévisibilité du niveau d'eau, élevé ou bas, peuvent également constituer des facteurs critiques, particulièrement sur le fleuve Saint-Laurent, car les décisions de chargement sont parfois prises des semaines à l'avance pour les navires internationaux qui arrivent au port de Montréal et ceux qui transitent par la Voie maritime. Un niveau stable et prévisible aide à réduire les risques d'échouement, de perte de maîtrise, de collision, de déversement d'hydrocarbures ou de produits chimiques et de problèmes liés à la vitesse de transit sécuritaire. En ce qui concerne les impacts des crues, celles-ci entraînent habituellement un débit et des vitesses plus élevés dans le fleuve Saint-Laurent, ce qui peut aussi être très préoccupant pour la navigation commerciale en raison des risques accrus (échouements, pertes de maîtrise, collisions, déversements d'hydrocarbures ou de produits chimiques) et des problèmes liés à la vitesse de transit sécuritaire. Si le niveau d'eau à l'écluse d'Iroquois atteignait 75,61 m (248 pi), l'écluse serait inondée et son fonctionnement ne serait plus possible, ce qui interromprait la navigation jusqu'à ce que le niveau tombe sous ce seuil.

Résumé des impacts observés en 2017 : L'année 2017 a connu l'écoulement d'eau le plus élevé jamais enregistré sur une longue période dans le fleuve Saint-Laurent. Ce débit a obligé l'industrie du transport maritime à prendre des mesures exceptionnelles pour assurer la sécurité du transport et éviter la fermeture de la Voie maritime. Les situations de niveau d'eau élevé qui occasionnent des problèmes de vitesse dans certaines parties de la Voie maritime ont toujours constitué une source de préoccupation et ont figuré parmi les principales difficultés observées au cours de la période de niveau d'eau élevé record de 2017 (débit d'eau record jusqu'à 10 400 m³/s). À mesure que le niveau d'eau du lac Ontario a diminué et que son débit est

demeuré élevé, les responsables de la Voie maritime ont exprimé leur inquiétude face au faible niveau observé au lac Saint-Laurent.

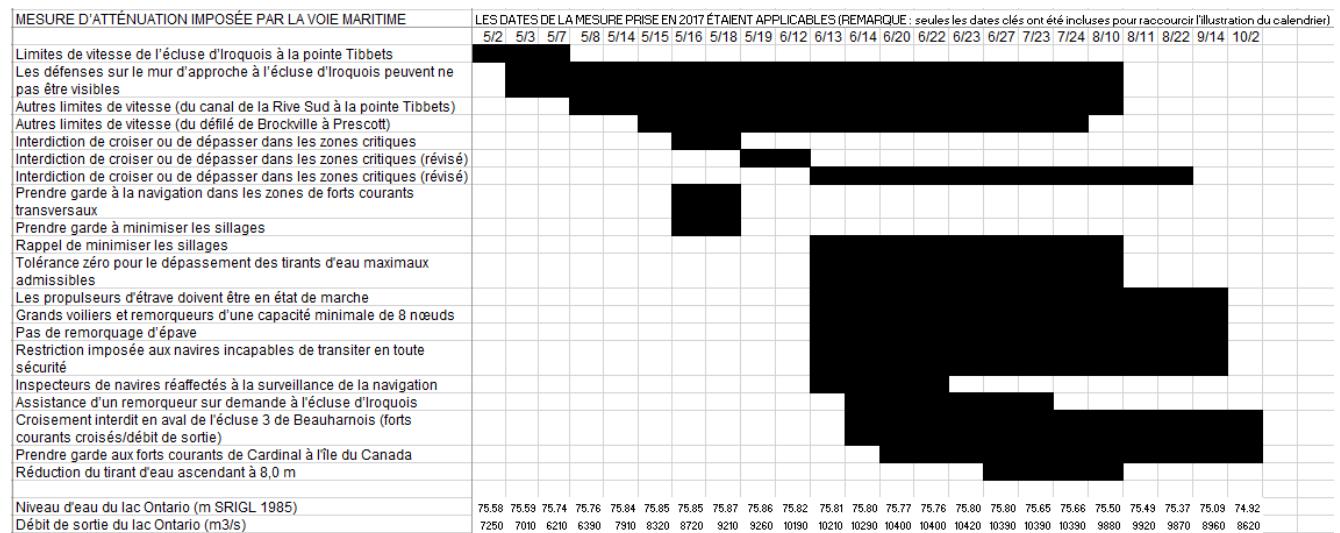
La répercussion la plus importante sur la navigation commerciale en 2017 a été liée au débit exceptionnel dans le fleuve Saint-Laurent et à la mise en œuvre d'une série de mesures d'atténuation (c.-à-d. des restrictions imposées et des services ajoutés par les responsables de la Voie maritime pour assurer la sécurité des navires malgré les conditions difficiles). Parmi ces mesures, mentionnons :

- Limites de vitesse entre l'écluse d'Iroquois et la pointe Tibbets (imposées à compter du [2 mai](#))
- Mise en garde : les défenses sur le mur d'approche à l'écluse d'Iroquois peuvent ne pas être visibles ([3 mai](#))
- D'autres limitations de vitesse sur le fleuve Saint-Laurent, du lac Saint-Louis au lac Ontario ([8 mai](#) et [15 mai](#))
- Aucun croisement ni dépassement dans les zones critiques (passages American et Brockville, canal Wiley-Dondero; 16 mai, révisé le [19 mai](#))
- Mise en garde de prudence concernant la navigation dans des zones de courants croisés élevés (Îles Galop, Toussaint et Ogden, Copeland Cut et Polly's Gut; 16 mai)
- Demande aux navigateurs de circuler à la vitesse sécuritaire la plus basse afin de réduire le sillage de leur navire, particulièrement près de la rive (16 mai)
- Aucune tolérance pour les navires excédant le tirant d'eau maximal autorisé et rappel de fonctionner à la vitesse sécuritaire la plus basse afin de réduire le sillage des navires, particulièrement près de la berge ([13 juin](#))
- Un certain nombre d'exigences de transit (13 juin), notamment :
 - que le propulseur d'étrave des navires qui en sont équipés soit en état de marche dans la section de la Voie maritime située entre Montréal et le lac Ontario;
 - que tous les grands voiliers et touages (remorqueurs/barges) qui transitent dans la section de la Voie maritime située entre Montréal et le lac Ontario soient en mesure de naviguer à un minimum de 8 nœuds (vitesse-surface);
 - qu'aucun touage de navire privé d'énergie ne sera autorisé;
 - que les navires incapables de transiter en toute sécurité à ce débit peuvent être sujets à des restrictions de transit

- Affectation des inspecteurs de navires à la surveillance de la navigation essentielle à la mission (13 juin), annulée (23 juin)
- Modifications des zones critiques où les croisements ou les dépassements sont interdits (passages American et Brockville et canal Wiley-Dondero; 13 juin)
- Remorqueurs disponibles sur demande pour assistance à l'écluse d'Iroquois (14 juin)
- Aucun croisement de navire en aval de l'écluse 3 de Beauharnois (14 juin) en raison du débit élevé au déversoir de Pointe-des-Cascades et de l'augmentation des courants transversaux
- Mise en garde de prudence concernant la navigation dans d'autres zones critiques identifiées à proximité de Cardinal et de l'île du Canada (20 juin)
- Réduction du tirant d'eau à 8,0 m pour les navires remontant la section située entre Montréal et le lac Ontario (27 juin)

Le tableau 5-2 présente une liste des mesures d'atténuation prises ainsi que leur calendrier de mise en œuvre, tandis que la figure 5-8 illustre le niveau d'eau et le débit du lac Ontario pendant la période où les mesures d'atténuation étaient en vigueur.

Tableau 5-2 : Calendrier des mesures d'atténuation imposées pour la Voie maritime



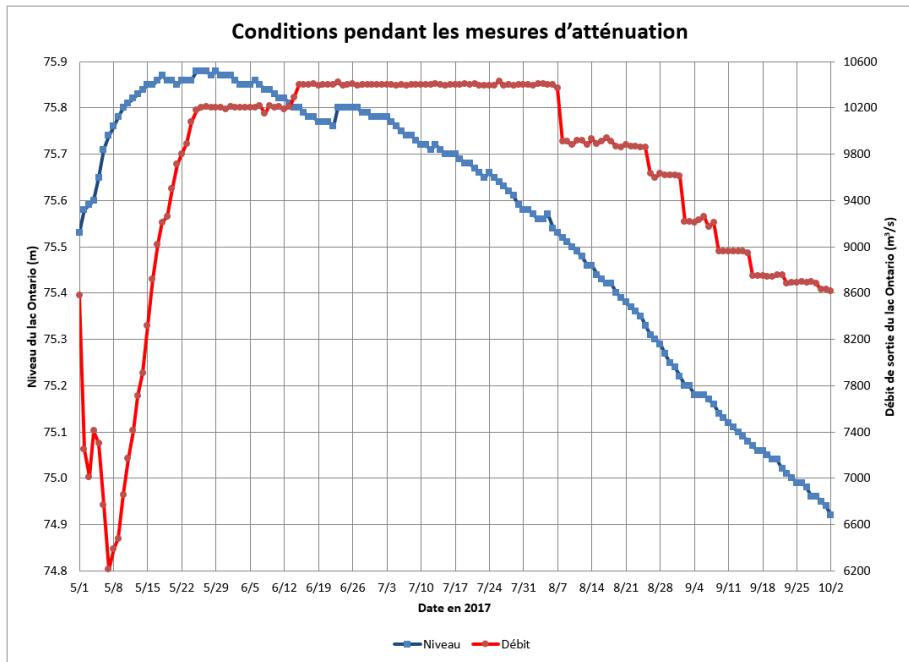


Figure 5-8 : Graphique montrant le niveau d'eau et le débit du lac Ontario pendant la période où les mesures d'atténuation étaient en vigueur.

Ces mesures d'atténuation ont permis de maintenir la navigation commerciale sécuritaire dans des conditions éprouvantes. La diminution de la manœuvrabilité, la gestion de la vitesse des navires et l'augmentation des coûts de location des navires ont été les principales répercussions sur le commerce. Les coûts du carburant ont également augmenté en raison des retards. Dans son rapport intitulé *Navigation at High Flows - 2017*, la Corporation de gestion de la Voie maritime du Saint-Laurent (CGVMSL, 2018) signale que le temps de transit a augmenté de deux heures ou plus par rapport au temps de transit normal en remontée de 24 heures ou de 22 heures en direction descendante par la section MLO, car les navires ont pris les précautions nécessaires pour naviguer en toute sécurité dans le réseau (surtout pendant la période où le débit était de 10 200 m³/s ou plus). L'écluse d'Iroquois a été la plus touchée par le débit élevé, car les approches de l'écluse vers l'aval et vers l'amont étaient beaucoup plus difficiles. Le remorqueur qui a été mis à la disposition des navigateurs a été utilisé régulièrement, soit pour aider à utiliser les amarres, soit simplement pour être prêt à intervenir en cas de besoin. Soixante et un pour cent des navires ont demandé l'aide de remorqueurs, et un plus grand pourcentage des navires dirigés vers l'aval en ont fait autant.

Une autre répercussion, quoique moins importante, a été le nombre réduit d'éclusages sans amarrage effectués à l'écluse d'Iroquois (c.-à-d. des navires qui se déplacent dans les écluses sans avoir recours à des amarres). En général, il y a environ 1 500 éclusages sans amarrage par année à Iroquois, mais en 2017, il n'y en a eu que 72 (tous en mars et en avril, avant le débit plus élevé). Cela s'est traduit par un temps d'éclusage plus lent, car le personnel de l'écluse devait sécuriser les amarres. La disponibilité des inspecteurs pour les inspections des navires a également été réduite en raison de leur réaffectation au Centre de contrôle de la circulation de la

CGVMSL du 13 au 23 juin, de façon qu'un inspecteur de navire y soit en service en tout temps. Néanmoins, malgré les mesures d'atténuation imposées et les conditions difficiles auxquelles de nombreux navires ont été confrontés en 2017, la Voie maritime du Saint-Laurent a signalé 4 119 transits de navires, en hausse de 9 % par rapport à 2016. Le total du fret transporté a également augmenté de près de 9 % par rapport à 2016 (tableau 5-3).

Le port de Montréal a subi quelques impacts mineurs en raison du niveau d'eau élevé, notamment des dommages à la chaussée et au béton causés par l'inondation et l'érosion au printemps. De plus, certains navires ont dû être déplacés autour du port pour éviter que leur coque ne remonte sur les quais. L'alimentation électrique de nombreux quais a dû être coupée par mesure de sécurité du 7 au 17 mai 2017, lorsque les niveaux d'eau ont atteint +3 m (+9,8 pi) au-dessus du zéro des cartes au quai 1. Malgré ces impacts, le port de Montréal a généralement bénéficié du niveau d'eau élevé, avec des charges record de 37,8 millions de tonnes (Mt) en 2017, battant ainsi le record précédent de 35,4 Mt établi en 2016.

Tableau 5-3 : Statistiques sur le trafic de navigation commerciale dans la Voie maritime
(Source : Corporation de gestion de la Voie maritime du Saint-Laurent, 2017)



TRAFIG MENSUEL SUR LA VOIE MARITIME
Décembre 2017

Trafic (en milliers de tonnes)	CGVMSL – trafic combiné			
	Cumul annuel à ce jour		Variation par rapport à 2016	
	2016	2017	Tonnes	%
Marchandises totales	35 010	38 121	3 111	8.89%
Céréales uniquement	11 266	10 069	-1 197	-10.62%
Mineraux de fer	6 233	8 039	1 806	28.97%
Charbon	2 248	2 257	9	0.40%
Vrac sec	8 892	10 485	1 593	17.92%
Vrac liquide	3 685	3 790	105	2.85%
Marchandises générales	2 628	3 426	798	30.36%
Transits de navires	2016	2017	Transits	%
Total des transits	3 774	4 119	345	9.14%

Corporation de gestion de la Voie maritime du Saint-Laurent

Évaluation du modèle : On s'attend à des vitesses élevées dans la Voie maritime entre Ogdensburg et Long-Sault dans des conditions comme celles de 2017, tout comme à un niveau d'eau variable à différents points du fleuve en raison du débit élevé. Dans le modèle actuel de navigation commerciale, de telles conditions entraîneraient une augmentation des coûts de transport dans le système (une incidence négative) en raison de l'augmentation de la consommation de carburant, de la prolongation des temps de transit et, dans certains cas, de la réduction de la capacité de chargement. Le niveau d'eau et le débit record du lac Ontario de 2017

ont offert une rare occasion de mesurer la performance des navires et les impacts sur la navigation commerciale dans la Voie navigable du fleuve Saint-Laurent sous de hautes vélocités. Les mesures d’atténuation prises par l’industrie du transport maritime en 2017 ont toutes trait aux retards et aux coûts de transport. Les mesures d’atténuation prises par l’industrie en raison de la vitesse élevée et des coûts associés à ces mesures pourraient contribuer à l’élaboration d’un nouveau modèle de navigation commerciale à l’échelle du système des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent. Un modèle mis à jour permettrait de procéder à une évaluation plus approfondie des règles actuelles de Limite L du Plan 2014 établies pour assurer une navigation commerciale sécuritaire, et une discussion supplémentaire est incluse dans les annexes du présent rapport. Il n’est pas encore clair s’il sera possible d’établir un indicateur de rendement utilisant les coûts de transport parce que les répercussions sur les entreprises de transport et les propriétaires de fret ne sont pas facilement accessibles sous une forme pouvant être partagée plus ouvertement, surtout parce que ces résultats concernent des détails très exclusifs sur les contrats commerciaux et tendances d’échanges commerciaux. Il se peut qu’une autre mesure soit nécessaire et qu’il faille poursuivre le travail à ce sujet.

Principales constatations : Bien qu’il y ait eu des répercussions sur la navigation commerciale en raison des courants élevés dans le fleuve Saint-Laurent, ce secteur d’intérêt a également été en mesure de tolérer un écoulement de l’eau plus élevé que prévu ou que jamais auparavant sans interrompre la navigation. Dans l’ensemble, malgré les mesures d’atténuation, l’année a été très productive pour le secteur de la navigation commerciale, en grande partie en raison de la demande économique.

Le comité GAGL n’a pas validé le modèle à l’aide des données de niveau et de d’écoulement de l’eau de 2017 pour estimer la mesure dans laquelle il a bien évalué les impacts à la navigation dans ces conditions exceptionnelles, mais il pourrait le faire à l’avenir dans le cadre d’un effort visant à améliorer le modèle de navigation.

Les données utilisées pour élaborer l’indicateur de rendement des coûts de transport pour la navigation commerciale sur le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent sont désuètes et doivent être mises à jour ou modifiées, ce qui devrait être considéré comme hautement prioritaire. Pour ce faire, le comité GAGL a l’intention d’examiner cet indicateur en fonction de l’information obtenue en 2017 afin de le mettre à jour. Comme indiqué dans la section sur l’évaluation du modèle, il n’est pas encore certain qu’il sera possible d’établir un indicateur de rendement fondé sur les coûts de transport, en raison de détails très exclusifs sur les contrats commerciaux et les tendances d’échanges commerciaux. Il se peut qu’une autre mesure soit nécessaire et qu’il faille poursuivre le travail à ce sujet.

5.4 Hydroélectricité

Le secteur d'intérêt de la production d'hydroélectricité représente les propriétaires/exploitants de centrales hydroélectriques sur le réseau des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent et la valeur de l'énergie produite. Dans la région des Grands Lacs, il y a deux centrales hydroélectriques situées du côté américain de la rivière Sainte-Marie, à Sault Ste. Marie (Michigan), soit les centrales du gouvernement américain et de Cloverland Electric Cooperative (CEC). Il y a une centrale du côté canadien, la centrale Francis H. Clergue, qui appartient à Brookfield Renewable Energy, Inc., à Sault Ste. Marie (Ontario), et qui est exploitée par cette entreprise. Les trois stations de la rivière Sainte-Marie ont une capacité combinée d'environ 115 MW. Les ordonnances d'approbation de la CMI régissent l'utilisation de l'eau par les centrales hydroélectriques le long de la rivière Sainte-Marie, et le CICLS de la CMI veille à ce que le débit soit libéré du lac Supérieur conformément à ces ordonnances.

Plus loin dans le réseau, il y a trois centrales hydroélectriques situées sur la rivière Niagara qui séparent les Grands Lacs du lac Ontario en raison de l'escarpement de la chute du Niagara. Le barrage Robert Moses (propriété et exploitation de la NYPA) est situé à Lewiston (New York) et a une capacité de production hydroélectrique totale d'environ 2 675 MW (figure 5-9). Du côté canadien, les centrales « Sir Adam Beck » 1 et 2 (propriété et exploitation d'OPG) sont situées de l'autre côté de la frontière à Queenston (Ontario) et ont une capacité de production hydroélectrique totale d'environ 2 000 MW. Ces centrales génèrent beaucoup plus d'électricité que celles de la rivière Sainte-Marie en raison de leur plus grande hauteur de chute utile attribuable à l'escarpement de la chute du Niagara et du débit plus élevé de la rivière Niagara. Plusieurs petites centrales, d'une capacité totale d'environ 180 MW, utilisent également les eaux du canal Welland. La quantité d'eau disponible pour les centrales de la rivière Niagara et du canal Welland dépend du niveau et du débit d'eau du lac Érié ainsi que du Traité de la rivière Niagara de 1950.

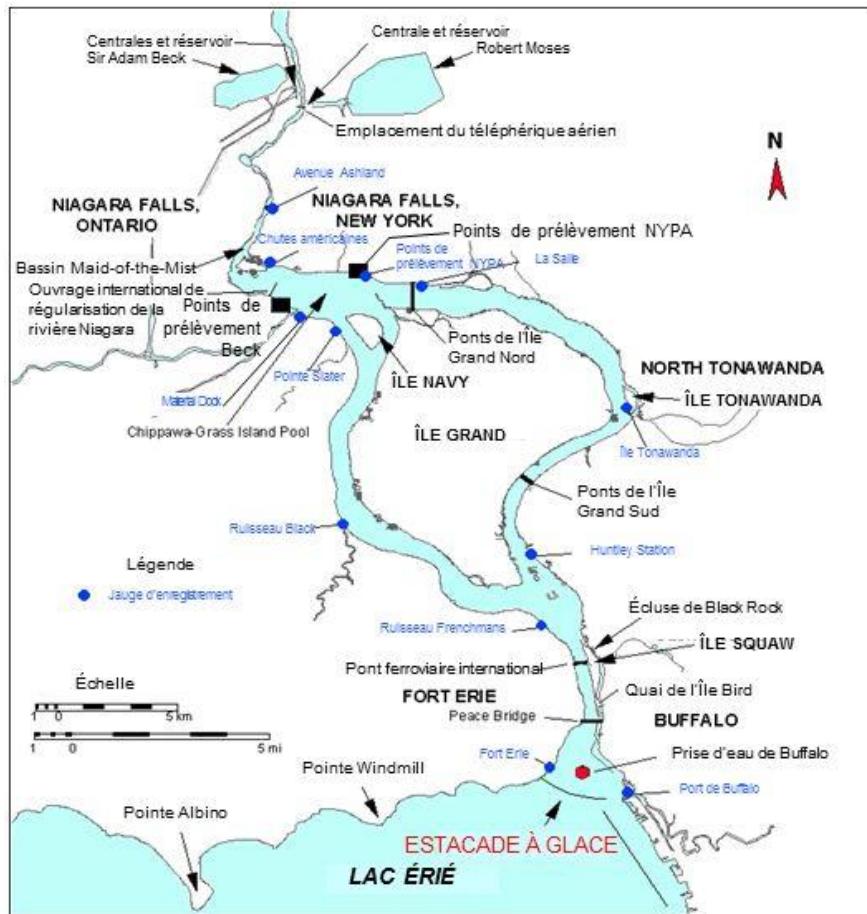


Figure 5-9 : Emplacement des barrages Beck et Moses (Source : 130^e rapport semi-annuel de l'INBC : 28 mars 2018)

En descendant le système, deux centrales hydroélectriques sont situées sur la section internationale du fleuve Saint-Laurent, entre Massena, dans l'État de New York et Cornwall, en Ontario, y compris la centrale Robert Moses, appartenant à la NYPA, et la centrale Robert H. Saunders, appartenant à OPG et exploitée par cette dernière. Ensemble, ces centrales sont appelées barrage Moses-Saunders. Les centrales de Beauharnois et des Cèdres d'Hydro-Québec (CMI, 2014) sont situées plus en aval aux points d'entrée du lac Saint-François. Ensemble, ces centrales ont une capacité de production de 3 820 MW (1 957 MW à Moses-Saunders et 1 853 MW à Beauharnois-Les Cèdres) et produisent suffisamment d'énergie pour répondre aux besoins d'environ deux millions de foyers.

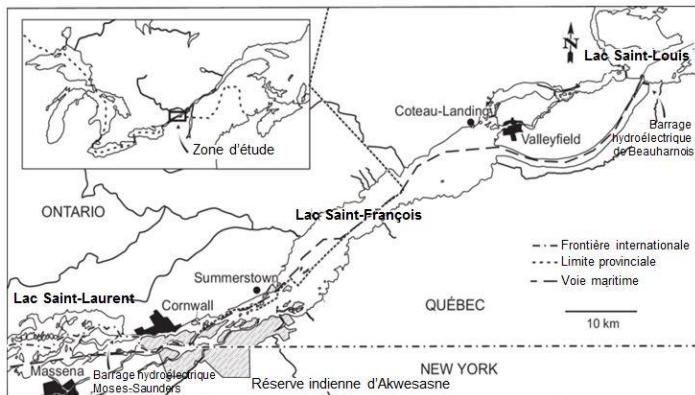


Figure 5-10 : Emplacements des barrages Moses-Saunders et Beauharnois (Source : ECCC)

5.4.1 GRANDS LACS D'AMONT - Hydroélectricité

Sensibilité au niveau d'eau et au débit : La quantité d'électricité produite par les centrales hydroélectriques dépend de la hauteur de chute utile (*c.-à-d.* la différence entre le niveau d'eau en amont et en aval des centrales) et de la quantité d'eau qui y passe. Dans certains cas, la crue permet aux exploitants de centrales hydroélectriques d'accroître leur production d'électricité. Toutefois, un niveau et un débit d'eau très élevés peuvent avoir des répercussions négatives sur leurs activités. Par exemple, le niveau d'eau très élevé des lacs et leur débit correspondant peuvent entraîner un « excès » d'eau détournée par le déversoir et, conséquemment, une occasion manquée de produire de l'énergie supplémentaire en raison du manque de capacité hydroélectrique disponible (GEIGLA, 2012). De même, un niveau d'eau élevé en aval, qui peut être aggravé par une arrivée d'eau élevé dans une station ou un déversoir, peut entraîner une élévation plus basse des eaux en amont et plus haute des eaux d'échappement et ainsi réduire la hauteur de chute utile de la centrale et faire diminuer la production d'hydroélectricité. Un faible niveau d'eau a tendance à avoir une plus grande incidence sur la production hydroélectrique, forçant les centrales à fonctionner en deçà de leur capacité et à réduire leurs revenus (GEIGLA, 2012).

Par suite de l'étude du GEIGLA, il a été noté que les activités d'entretien d'une centrale hydroélectrique peuvent également être à l'origine d'une réduction de la capacité hydroélectrique pendant les périodes de crue, ce qui peut entraîner des fluctuations importantes et fréquentes du débit et du niveau d'eau dans les rapides Sainte-Marie, ainsi que des conséquences imprévues et potentiellement négatives à cet endroit, à moins que des stratégies puissent être élaborées pour y remédier. Les effets de la régularisation du débit du lac Supérieur sur tout changement de niveau d'eau du lac Érié et du débit de la rivière Niagara découlant de différents plans de régularisation du lac Supérieur sont faibles, surtout par rapport aux effets beaucoup plus importants des changements dans l'apport d'eau, et le Plan 2012 n'a pas d'incidence significative sur la production d'électricité sur la rivière Niagara.

Résumé des répercussions observées en 2017 - En raison en partie de plusieurs autres facteurs, le niveau d'eau et le débit des Grands Lacs d'amont n'ont pas eu d'effet important sur les activités de production d'hydroélectricité aux centrales de Cloverland, de Brookfield ou du gouvernement américain en 2017, même si, par suite d'une tempête importante survenue à la fin d'octobre 2017, l'eau s'est approchée du niveau critique à la centrale de Cloverland pendant une courte période, et il a fallu procéder à une intervention temporaire. Les travaux d'entretien prévus aux centrales et dans le canal de la Cloverland Electric Company ont entraîné des réductions importantes de la capacité hydroélectrique, ce qui a exigé une réduction du débit à la centrale de Cloverland, comme c'est le cas depuis plusieurs années au cours de la période récente de débit relativement élevé, ce qui a nécessité des dérogations aux plans de régularisation. Les activités d'entretien à la centrale de production d'énergie renouvelable de Brookfield ont également entraîné des interruptions qui ont eu une incidence sur le débit régularisé. Ces interruptions ont été analysées afin de déterminer leur incidence sur le débit régularisé, et on a tenté d'aborder leurs impacts sur les rapides de Sainte-Marie dans la stratégie de dérivation du Conseil. La centrale du gouvernement des États-Unis n'a eu aucune préoccupation concernant l'exploitation et la production d'électricité avec leur niveau d'eau actuel et ne lui a attribué aucun problème. Ses responsables ont déclaré que leur exploitation est dictée par le marché et la demande d'électricité.

Le débit de la rivière Niagara a connu une augmentation dès le début de 2015. En raison des conditions météorologiques observées dans le bassin du lac Érié en avril et en mai 2017, le niveau d'eau du lac Érié a augmenté rapidement au début de mai. L'impact du niveau d'eau plus élevé a été aggravé par des vents plus fréquents et soutenus du sud-ouest poussant de l'eau et de la glace dans la tête du Niagara. En conséquence, le débit de la rivière Niagara a été parmi les plus élevés depuis 1998. Malgré ces facteurs, la gestion du CGIP et de l'International Niagara Control Works (INCW) en amont des chutes Niagara n'a entraîné aucune infraction au débit de chute en 2017. De plus, le niveau du CGIP est régularisé en vertu de la Directive de 1993 de l'INBC. Les conditions inhabituelles de 2017 n'ont pas empêché les sociétés d'hydroélectricité d'exploiter l'INCW en se conformant aux exigences de la Directive de 1993. L'INBC supervise l'exploitation des ouvrages de contrôle par les sociétés d'hydroélectricité, et le Conseil a communiqué avec ces sociétés pour qu'elles commentent la façon dont le niveau d'eau élevé a influé sur le fonctionnement des ouvrages de contrôle. Même si l'augmentation du débit n'a pas eu d'effet global sur la régularisation du CGIP et sur la production d'électricité subséquente, elle a créé certains problèmes en ce qui concerne le niveau d'eau du bassin Maid-of-the-Mist. Les sociétés d'hydroélectricité y ont travaillé avec les exploitants des bateaux d'excursion pour établir un protocole concernant ce niveau d'eau. Les sociétés d'hydroélectricité ont soigneusement tenu compte de leurs activités afin de réduire les effets nuisibles sur le niveau de l'eau dans le bassin pendant les heures d'opération des bateaux d'excursion.

Les taux de compensation et leurs mécanismes pour les sociétés d'hydroélectricité sont confidentiels, de sorte qu'il n'est pas possible de traduire les avantages et les impacts en termes pécuniaires par rapport aux conditions de 2017. La déclaration d'état des revenus publics d'OPG en 2017 indique que pour 2017, cette dernière a généré 1 TW supplémentaire d'énergie dans

toutes ses installations comparativement à 2016. Cette augmentation de la production est principalement attribuable à l'augmentation de la disponibilité de l'eau dans l'Est de l'Ontario (fleuve Saint-Laurent, rivières des Outaouais et Madawaska). À la centrale Saunders, OPG a généré un peu plus d'énergie que prévu en 2017. Cependant, il y a eu une augmentation de la production d'énergie qui n'a pas eu d'avantage économique direct pour OPG. Le cadre réglementaire dans lequel la centrale de Saunders est exploitée empêche OPG d'en tirer des avantages économiques en raison de toute différence favorable entre les prévisions et la disponibilité réelle de l'eau. De même, le projet énergétique St. Lawrence - FDR de la NYPA a généré 11 % plus d'énergie que prévu en 2017. Toutefois, la NYPA n'a réalisé aucun avantage économique découlant de l'augmentation de la production en raison de la baisse des prix du marché de l'énergie. En fait, les revenus de la NYPA ont diminué de 20 % entre 2016 et 2017.

Évaluation du modèle : Aucune évaluation du modèle pour les Grands Lacs d'amont n'a été effectuée au cours de la période visée par le rapport. Si les indicateurs de rendement de l'hydroélectricité doivent être utilisés pour quantifier les impacts économiques futurs, une analyse à jour de la valeur marchande de l'énergie devra être effectuée puisque le modèle existant applique les prix établis pendant l'étude du GEIGLA. De plus, l'incapacité d'obtenir des données sur les revenus de la production hydroélectrique peut signifier que l'indicateur de rendement a besoin d'être revu.

Principales constatations : Le débit et le niveau d'eau dans les Grands Lacs d'amont n'ont pas eu d'effet important sur les activités de production d'hydroélectricité sur la rivière Sainte-Marie en 2017. Le niveau d'eau et le débit supérieurs à leur moyenne dans la rivière Sainte-Marie, ainsi que les activités d'entretien continues au Canada et aux États-Unis, ont donné lieu à un débit disponible pour la production d'hydroélectricité qui a souvent dépassé la capacité des centrales, et l'eau excédentaire ne fut pas utilisée pour la production mais a plutôt relâchée par les rapides de Sainte-Marie.

Une réévaluation de la valeur marchande de l'énergie et l'incapacité d'obtenir de l'information économique ont dorénavant des répercussions sur les indicateurs de rendement de l'hydroélectricité.

5.4.2 LAC ONTARIO-FLEUVE SAINT-LAURENT - Hydroélectricité

Sensibilité au niveau d'eau et au débit - La régularisation du débit influe sur le niveau d'eau et le débit à travers tout le réseau du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent, ce qui a des impacts sur la production hydroélectrique. La production d'hydroélectricité est particulièrement sensible aux faibles conditions d'eau qui résultent en une diminution de la production. La stabilité et la prévisibilité du niveau d'eau et du débit peuvent être un facteur critique, particulièrement dans le fleuve Saint-Laurent, puisque les prévisions de production et les prix du marché sont influencés par les conditions changeantes et l'incertitude des prévisions. L'apport d'eau extrêmement élevé et le niveau d'eau élevé qui en résulte, comme ce fut le cas en 2017, peuvent également être une source de préoccupation en raison de problèmes comme l'augmentation de déversement, la perte en hauteur de chute d'eau utile, le report de travaux d'entretien prévu, l'augmentation des opérations et de l'entretien et d'autres coûts supplémentaires connexes.

Suite à l'étude LOSLRS, il a été conclu que, dans le cadre du Plan 2014, un niveau d'eau saisonnier d'automne légèrement plus élevé et plus naturel du lac Ontario jusqu'au printemps, qui profite aux écosystèmes côtiers, augmenterait aussi légèrement la charge hydraulique et conséquemment, la production d'énergie aux centrales électriques Moses-Saunders. Le Plan 2014 peut aussi augmenter légèrement la quantité et la valeur de l'hydroélectricité produite aux centrales d'Hydro-Québec, puisqu'il tend à y avoir moins de déversement d'eau et donc un pourcentage plus élevé d'eau pouvant passer par la centrale de Beauharnois. Même si un niveau d'eau plus élevé dans le lac Ontario réduirait légèrement la charge aux centrales électriques de Niagara, l'effet net serait d'augmenter la production hydroélectrique de toutes ces centrales d'environ 0,4 %, ou assez pour répondre aux besoins d'environ 8 000 foyers. Pendant la LOSLRS, le principal indicateur de rendement utilisé (selon les conseils des experts économiques) fut l'augmentation de la valeur de l'énergie hydroélectrique causée par un changement dans les plans de régularisation. De plus, des paramètres importants, appelés stabilité et prévisibilité du débit, ont été élaborés. Un débit plus stable varie moins d'une semaine à l'autre, tandis qu'un débit plus prévisible varie moins d'un mois à l'autre. Dans la mesure du possible, les producteurs d'hydroélectricité retireront les turbines de la production aux fins d'entretien seulement lorsque le débit pourra passer par d'autres turbines qui demeurent en service. Une augmentation importante et inattendue du débit peut nécessiter le déversement d'une partie du débit (c.-à-d. un débit d'eau, mais pas son écoulement dans une turbine pour produire de l'électricité). Le Plan 2014 prévoit un débit légèrement plus stable et prévisible, ce qui réduit les risques de pertes d'énergie pendant l'entretien des turbines par rapport au Plan 1958-DD.

Résumé des répercussions observées en 2017 : L'année 2017 a vécu le débit le plus élevé jamais observé sur une période de temps continu à travers le barrage Moses-Saunders sur le fleuve Saint-Laurent, entraînant une production d'énergie supérieure aux prévisions, mais qui obligea les sociétés d'hydroélectricité à prendre des mesures pour maintenir le fonctionnement des unités pendant des périodes de temps prolongées afin de réduire le besoin de déverser davantage d'eau. Les centrales ont été exploitées à pleine capacité pendant des mois, ce qui a obligé à reporter à des dates ultérieures certaines activités d'entretien importantes et, bien que l'entretien supplémentaire ne puisse être considéré comme un « coût » (car les unités en service équivalent davantage à une compensation supplémentaire découlant de l'augmentation de la production d'électricité), il faut noter qu'il peut y avoir des dépassements de coûts considérables lorsque les centrales sont exploitées pendant des périodes prolongées et que les unités de production subissent des pannes. De plus, les coûts d'exploitation et d'entretien de certaines activités ont été plus élevés que prévu en raison de l'augmentation du débit. Par exemple, la mobilisation des équipes pour effectuer des opérations supplémentaires de vannes ou de déversoir et le nettoyage accru des débris dans le bassin d'admission ont entraîné des coûts d'exploitation plus élevés en 2017.

Évaluation du modèle : Dans son rapport de 2014 sur le Plan 2014, la CMI a estimé la valeur marchande d'environ 25 millions de MWh d'énergie produite par les barrages hydroélectriques sur le fleuve Saint-Laurent à environ 1,5 milliard de dollars américains par année à un taux du marché de 60 \$/MWh (selon une estimation antérieure fournie en 2005 par Synapse Energy

Economics Inc. (CMI, 2006)). Il convient de signaler que les taux de 2017 dans chacune des trois administrations (New York, Ontario et Québec) étaient probablement beaucoup plus bas que cela. Le comité GAGL reconnaît que cette valeur marchande est probablement surestimée de nos jours et il en demandera une mise à jour si possible. Dans son rapport de 2006, le CILOFSL a calculé la base économique pour l'hydroélectricité en vertu du Plan 1958-DD comme l'excédent économique (c.-à-d. les revenus d'exploitation nets moins le coût économique du capital, avant déduction des impôts, paiements de transfert et prix spéciaux) de 250 millions de dollars US pour Moses-Saunders et de 100 millions de dollars US pour Beauharnois-Les Cèdres. Ce calcul ne tient pas compte de la valeur de l'énergie qui peut avoir été perdue à d'autres endroits en raison de l'augmentation de la production à Moses-Saunders. Comme la charge n'a pas nécessairement augmenté, la production d'autres centrales aurait diminué. Encore une fois, le comité GAGL reconnaît que ces estimations antérieures sont probablement gonflées de nos jours et demandera des informations à jour du Plan 2014 lors de ses futures évaluations. Comme dans le cas des Grands Lacs d'amont, l'incapacité d'obtenir des valeurs monétaires à partir de la production hydroélectrique signifie que l'indicateur de rendement a besoin d'être dorénavant réévalué par le comité GAGL.

Principales constatations : Même si des augmentations de la production d'énergie ont été réalisées en 2017 par l'entremise du barrage Moses-Saunders, grâce à un débit élevé et à quelques périodes d'augmentation de la hauteur de chute d'eau utile de la centrale, le secteur de l'hydroélectricité a également subi des effets négatifs liés à la crue des eaux, comme des pertes de possibilité de production en raison de déversement accru d'eau, l'augmentation des coûts d'exploitation et la nécessité de reporter l'entretien de divers équipements. Les travaux futurs exigeront une réévaluation de la valeur marchande de l'énergie et des prix de l'hydroélectricité. L'augmentation du débit dans les centrales hydroélectriques a entraîné plusieurs répercussions connexes sur le secteur de l'hydroélectricité. La mobilisation plus fréquente des équipes pour des opérations supplémentaires aux vannes a fait augmenter les coûts d'exploitation en 2017. D'autres opérations des vannes entraînent également une augmentation des coûts d'entretien, qui ne peuvent toutefois être mesurés, en raison de l'usure de l'équipement mécanique et électrique utilisé pour lever et abaisser les vannes.

En raison de l'incapacité de recueillir les données nécessaires pour évaluer les indicateurs de rendement existants, il faut élaborer une stratégie pour modifier ou remplacer l'indicateur existant. L'indicateur de rendement actuel correspond à la valeur pour la société de l'énergie produite - fondée sur le nombre de mégawattheures par trimestre, lui-même basé sur les valeurs marchandes estimées pour chaque trimestre de l'année (LOSLRS, 2006). Comme mentionné, les taux de compensation et les mécanismes des sociétés d'hydroélectricité sont confidentiels. Sans les valeurs estimatives du marché par trimestre, il n'est pas possible d'évaluer cet indicateur de rendement, compte tenu de l'information disponible. Il sera également utile pour le Comité GAGL de terminer l'évaluation des erreurs potentielles dans la courbe de tarage du barrage Long Sault, y compris la nécessité d'effectuer d'autres mesures de vérification du débit. La courbe de tarage devra être mise à jour au besoin pour améliorer l'exactitude et la précision des taux de déversement d'eau signalés.

5.5 Impacts côtiers

La catégorie des impacts côtiers est axée sur les impacts directs sur les infrastructures riveraines, principalement résidentielles, le long des rives des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent. Le secteur des impacts côtiers est défini comme correspondant aux personnes et aux organisations ayant un intérêt direct dans les propriétés installées le long des rives et des chenaux reliant les Grands Lacs et le fleuve Saint-Laurent (propriétés riveraines), en particulier les propriétaires de terrains privés (GEIGLA, 2012; CMI, 2014). Au cours de cette période, il y avait environ 93 400 propriétés le long des rives des Grands Lacs d'amont et des voies interlacustres (63 700 aux États-Unis et 29 700 au Canada) (GEIGLA, 2012). D'après le rapport de 2006 de la LOSLRS de la CMI, on estime que le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent comptent environ 25 000 propriétés situées directement le long du lac Ontario et du cours supérieur du fleuve Saint-Laurent ou à proximité de ceux-ci, et environ 60 % des rives du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent sont consacrées à des terres à usage résidentiel. De ce nombre, environ 3 000 sont situés sous une élévation de 76,2 m (250 pi) et à risque d'être inondées (LOSLRS, annexe 2, 2006). Sur le cours inférieur du fleuve Saint-Laurent, environ 5 770 logements unifamiliaux se trouvent à l'intérieur de la zone d'inondation de 1 à 100 ans (CMI, 2014). Un niveau d'eau élevé et des vagues alimentées par le vent peuvent entraîner l'inondation de propriétés et d'infrastructures, contribuer à accélérer les taux de récession (érosion) des rives et réduire la durée de vie d'ouvrage de protection existante utilisée pour stabiliser les rives. Les zones des Grands Lacs exposées à de fortes vagues sont considérées comme des rives exposées et, dans ces zones, l'action des vagues peut contribuer de façon importante aux impacts sur le rivage lorsqu'elle est combinée à un niveau d'eau élevé, à des conditions pluviales et à des ondes de tempête à court terme. Ces conditions peuvent contribuer à l'accélération de la récession, endommager des ouvrages de protection des rives existantes, endommager et/ou détruire les maisons et autres structures sur les propriétés riveraines et entraîner des inondations causées par les tempêtes qui peuvent créer des dommages importants pendant la durée de la tempête. Comme le niveau d'eau des Grands Lacs peut demeurer élevé pendant de longues périodes (des semaines, voire des années), de multiples tempêtes peuvent se produire pendant une longue période de crue. Les conditions de bas niveau d'eau réduisent généralement la menace d'inondation pour les propriétaires riverains et peuvent entraîner une réduction apparente des taux de récession, même si ces conditions peuvent aussi mener à une augmentation de l'affouillement à la base des falaises et au niveau de la berge, ce qui peut accroître la vulnérabilité lors des périodes subséquentes de crue (Baird, 2004). Les problèmes de faible niveau d'eau peuvent aussi donner lieu à l'exposition des vasières, à des difficultés d'accès à l'eau, etc. (Baird, 2010).

5.5.1 GRANDS LACS D'AMONT – Impacts côtiers

Sensibilité au niveau d'eau et au débit - D'après les données du GEIGLA, la CMI a conclu que le Plan 2012 pour le débit du lac Supérieur procurerait des avantages modestes au secteur d'intérêt des impacts côtiers, principalement en réduisant les coûts totaux du maintien de la

protection des rives des lacs Supérieur et Michigan-Huron. Même s'il s'agit du principal indicateur de rendement évalué, on a également tenu compte des statistiques sur le niveau d'eau élevé et bas et de la robustesse du plan de régularisation dans sa capacité d'atteindre des objectifs réglementaires particuliers dans un large éventail de scénarios hydrologiques futurs plausibles, y compris ceux liés aux changements climatiques.

Des zones d'adaptation ont été mises en place par le GEIGLA pour aider à évaluer les options de plan de régularisation en permettant aux préparateurs de plans de prévoir les impacts d'un niveau d'eau extrême. La zone A englobe un éventail de conditions de niveau d'eau que le secteur d'intérêt trouverait tolérables, la zone B, un éventail de conditions de niveau d'eau qui auraient des effets défavorables, mais non irréversibles, sur le secteur d'intérêt, et la zone C, un éventail de conditions de niveau d'eau qui auraient des effets négatifs graves, durables ou permanents sur le secteur d'intérêt. Le Groupe de travail sur les zones côtières a défini plus en détail les zones A, B et C par rapport aux sensibilités côtières et à l'économie en se fondant sur les sites américains et canadiens situés le long des Grands Lacs d'amont (voir le tableau 5-4).

Tableau 5-4 : Résumé des zones d'adaptation côtières définies par le Groupe de travail technique sur les zones côtières (GEIGLA, 2012)

	Zone A	Zone B	Zone C
Adaptation	Les secteurs d'intérêt devraient être largement adaptés aux conditions dans cette aire de répartition, ayant déjà construit certaines structures de protection des rives. Si le niveau d'eau persiste pendant plusieurs années aux extrémités de cette zone, il y a un risque que des secteurs d'intérêt s'adaptent à un rayon d'action plus étroit et négligent ou enfreignent les structures de protection à terre ou construisent dans des endroits qui ne conviennent pas à long terme.	L'adaptation au niveau d'eau dans cette zone peut être limitée et exiger la construction d'une protection côtière supplémentaire; modification de la structure; dragage au-delà du dragage d'entretien; la reconversion temporaire ou la perte temporaire de l'utilisation du rivage ou des exigences de recul.	L'adaptation à l'intérieur de cette zone peut nécessiter une protection à terre et des modifications du bâtiment au-delà des capacités moyens de la plupart des personnes; des modifications importantes à l'infrastructure, comme le déplacement de routes ou de structures majeures; la perte permanente ou la relocalisé à certains endroits est possible.
Points chauds les plus vulnérables	Des falaises cohésives avec peu de plage pour les protéger contre les crues et les ondes de tempête. Endroits dotés d'une protection côtière existante si ceux-ci ne sont pas entretenus ou s'il y a une brèche.	Des falaises cohésives avec peu de plage pour les protéger contre les crues et les ondes de tempête. Lieux dotés d'une protection côtière existante ou adjacents à celle-ci, qui peuvent ne pas être adéquats dans des conditions plus extrêmes.	Des falaises cohésives avec peu de plage pour les protéger contre les crues et les ondes de tempête. Lieux dotés d'une protection côtière existante ou adjacents à celle-ci, qui peuvent ne pas être adéquats dans des conditions plus extrêmes.
Capacité de relèvement	Peut se relever de la plupart des dommages qui se produisent dans cette fourchette ou s'y adapter.	Généralement en mesure de se relever, mais il peut y avoir des pertes importantes en raison de	Certains secteurs d'intérêt pourraient ne pas être en mesure de se relever complètement, en

	Dans certains secteurs, cependant, il y a un risque de glissement de falaise important qui pourrait entraîner des pertes permanentes.	l'érosion causée par les crues. Les investissements en capital effectués pour s'adapter à cette zone pourraient ne pas permettre d'accroître la résilience au futur niveau de la zone B.	particulier ceux touchés par l'érosion des dunes et ses falaises liées au niveau de l'eau.
Gravité de la perte financière nette	En général, les pertes sont minimes dans cette fourchette, mais elles risquent d'être localisées si l'onde de tempête provoque l'effondrement de la falaise. De minimes à modérés, selon le coût d'entretien et le degré de négligence de la protection côtière existante.	Peut être importante, mais la plupart sont en mesure de payer les coûts à même les recettes, le financement et les réclamations d'assurance.	Pertes importantes, dépassant dans certains cas la capacité de remboursement des organisations ou des particuliers. Ceux qui se reconstituent auront probablement besoin d'emprunter sur des actifs futurs pour couvrir les coûts nets. Peut donner lieu à une demande d'aide d'urgence fédérale.
Indicateurs suggérés pour l'évaluation des seuils	Permis de protection côtière (USACE/État); reportages dans les médias sur les dommages; réclamations d'assurance; exigences en matière de retrait et autres règlements locaux sur l'utilisation des terres.		

Résumé des répercussions observées en 2017 : Le niveau d'eau dans tous les Grands Lacs d'amont a été supérieur à la moyenne tout au long de 2017. Celui du lac Supérieur est demeuré largement supérieur à sa moyenne tout au long de l'année et, à l'exception de novembre, il est demeuré à moins de 10 cm (3,9 po) du niveau d'eau mensuel maximal enregistré de juin à décembre 2017. Ce niveau d'eau élevé, combiné à quelques tempêtes importantes à la fin d'octobre 2017, a entraîné d'importantes inondations côtières et une érosion des propriétés publiques et privées. Le 24 octobre, la plus haute vague enregistrée au cours des 30 dernières années s'est produite près de la ville de Marquette, au Michigan, avec des hauteurs de vagues au large atteignant près de 9,1 m (30 pi) et des rafales de vent de 124 km/h (77 mi/h). Les figures 5-11 à 5-16 donnent des exemples de certains des impacts observés. Il y a moins d'information sur les impacts sur le littoral canadien, mais, d'après les renseignements fournis par le personnel du ministère des Richesses naturelles et des Forêts de l'Ontario, il y a eu en décembre 2017 des problèmes d'inondation locale là où la région de Chippewa rejoint le lac Supérieur. Par ailleurs, peu de répercussions ont été rapportées.



Figure 5-11 : Le 27 octobre 2017, des vagues puissantes se sont abattues sur les dunes le long du lac Supérieur sur la pointe du parc Duluth, entre le 800 environ et le 900, Lake Avenue South, les transformant en une ligne de « falaises » (Photo : Bob King / rking@duluthnews.com - <http://www.duluthnewstribune.com/news/4351737-park-point-residents-assess-damage-worryabout-a-future-storms>)



Figures 5-12 et 5-13 : La tempête du 24 octobre 2017 a provoqué une remontée des vagues ayant laissé de grosses pierres et des débris sur le boulevard Lakeshore à Marquette, au Michigan. (Photo : Great Lakes Coastal Reporting Tool (<http://superiorwatersheds.org/report-erosion-hazard>)



Figure 5-14 : L'érosion le long des falaises du lac Michigan à Mount Pleasant, au Wisconsin, a incité le propriétaire à démolir un garage. Le propriétaire a perdu de 6 à 8 pieds de terrain depuis avril 2016. (Photo : Sears, M., Milwaukee Journal Sentinel, 2016)



Figure 5-157 : Érosion côtière signalée au parc et au terrain de camping du canton d’Ontonagon. Depuis trois ans, le personnel surveille le taux d’érosion et évalue à 120 pieds la perte de rivage depuis 2014. L’érosion a entraîné la fermeture de certains emplacements de camping et elle a eu des répercussions sur les services publics d’électricité.
(Photo : [Superior Watershed Partnership and Land Trust - Great Lakes Coastal Reporting Tool](#))



Figure 5-16 : Inondation des rives dans un parc à Sault Ste. Marie (Ontario) en octobre 2017 (Photo : <https://www.sootoday.com/local-news/high-water-on-st-marys-river-15-photos-748392>)

On a également signalé des inondations localisées le long de la rivière Sainte-Marie à Sault Ste. Marie pendant une journée de grands vents en octobre 2017 (voir la figure 5-16), et le CICLS a émis des communiqués de presse tout au long de l'été et de l'automne 2017 pour avertir les utilisateurs de l'inondation prévue de certaines zones basses de l'île Whitefish et du fait que certains sentiers récréatifs et certaines parties de ces zones seraient probablement inondés (http://ijc.org/fr_ilabc/) (voir la figure 5-17).



Figure 5-17 : Sentiers récréatifs de l'île Whitefish susceptibles d'être inondés en 2017 (photo prise en 2014) (Photo : ECCC)

Comme le montre la figure 5-18 ci-après, le niveau d'eau du lac Supérieur en 2017 se situait près ou au-dessus de la zone d'adaptation de transition A-B. Les sensibilités attendues décrites dans les zones A et B (voir le tableau 5-4) semblent être représentatives des reportages dans les médias en 2017 sur l'érosion côtière, les inondations et les répercussions sur la protection du littoral.

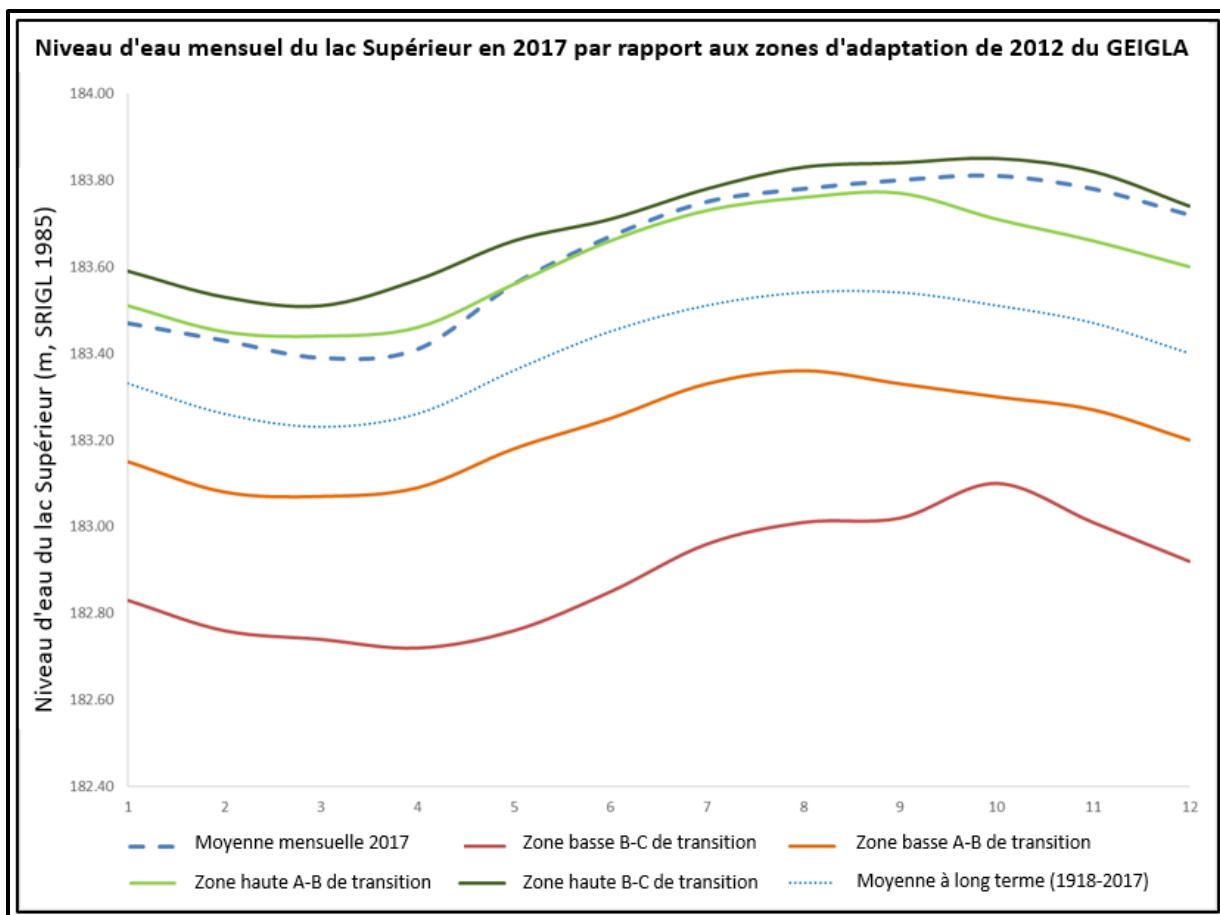


Figure 5-18 : Comparaison du niveau d'eau mensuel du lac Supérieur en 2017 par rapport aux zones d'adaptation côtières qui ont été établies pour le lac Supérieur dans le cadre de l'étude GEIGLA de 2012. (Source : USACE Detroit)

La figure 5-19 est un résumé des demandes de permis reçues par année par le bureau de réglementation du district de Detroit de l'USACE sur le lac Supérieur, dont l'empreinte réglementaire englobe toute la rive du lac Supérieur au Michigan. Les rives du Minnesota et du Wisconsin relèvent quant à elles de la compétence réglementaire du district de St. Paul de l'USACE. La figure résume le nombre de permis demandés pour des projets nouveaux, de remplacement ou d'amélioration de propriétés riveraines (c.-à-d. estacades, digues, perrés, etc.) par rapport à l'élévation panlacustre de cette année-là. Depuis que le niveau d'eau du lac Supérieur a commencé à augmenter en 2013 ou qu'il s'approche des zones d'adaptation élevées, le nombre de demandes de permis a également commencé à augmenter.

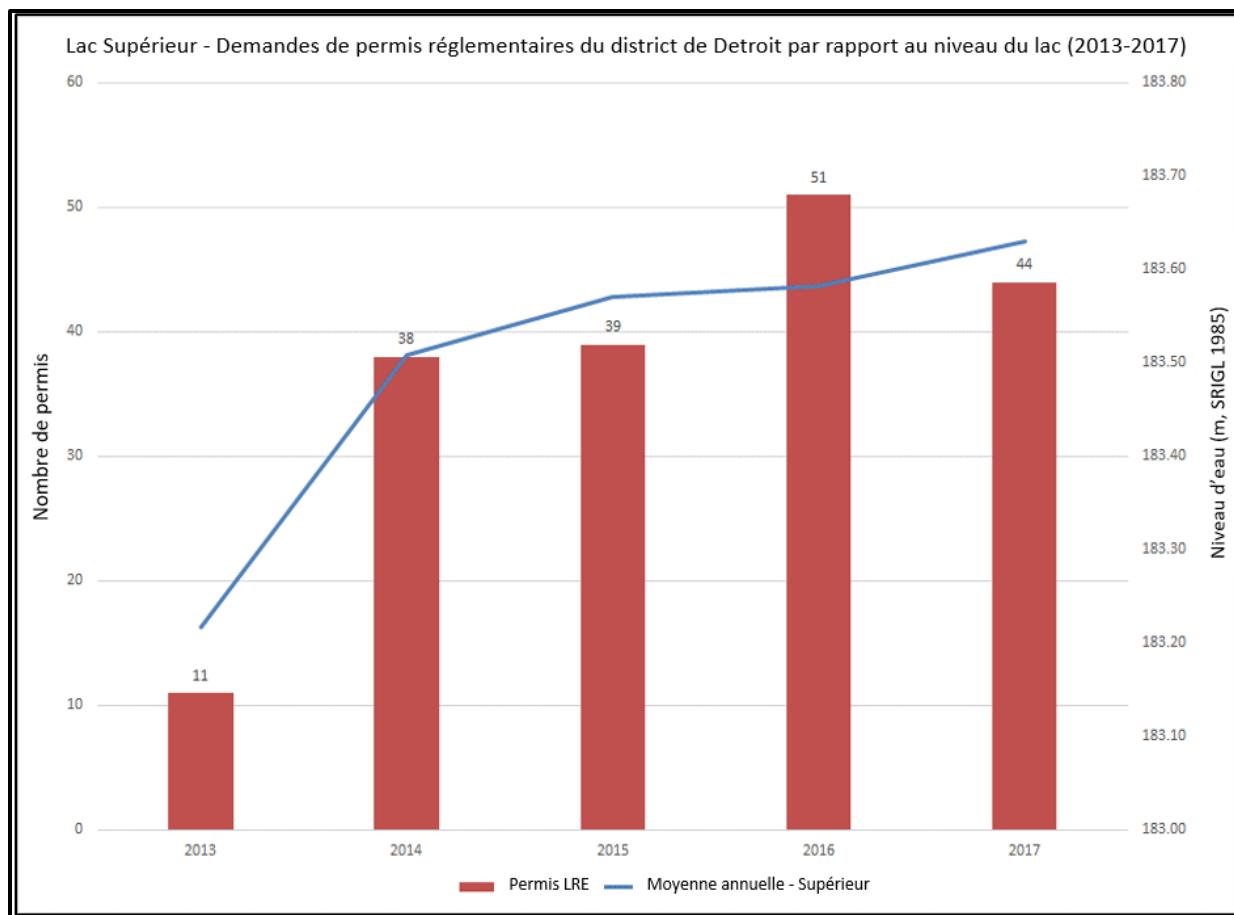


Figure 5-19 Comparaison entre les demandes de permis reçues chaque année par le Bureau de réglementation du district de Detroit de l'USACE et le niveau d'eau moyen annuel du lac Supérieur. Les demandes de permis résumées dans ce graphique relèvent du Code of Federal Regulation 33 Part 322 - Permits for Structures in or Affecting Navigable Waters des États-Unis, en mettant l'accent sur les types de projets qui relèvent de la protection des rives (c.-à-d. digues, estacades, enrochement pour la protection des rives, etc.) (Source : USACE, District de Detroit).

Les lacs Michigan-Huron sont demeurés au-dessus de leur moyenne tout au long de l'année, mais au moins 38 cm (15 po) sous le niveau d'eau maximum enregistré. Bien qu'on s'attende à ce que les taux d'érosion soient plus élevés par rapport au bas niveau d'eau observé au cours des années 2000, il n'y a eu que peu ou pas d'indications, si l'on se fie aux reportages dans les médias ou aux discussions avec les gestionnaires des rives, d'inondations, d'érosion inhabituelle ou de dommages à la structure de protection des rives. La Nottawasaga Valley Conservation Authority, sur la rive sud de la baie Georgienne, a signalé que le 16 novembre 2017, le niveau d'eau plus élevé du lac, combiné à de forts vents du nord-ouest, a provoqué l'inondation de la plage principale de Wasaga Beach, ainsi que l'inondation du bord de la route publique dans ce secteur. La Ville a installé des digues de sable temporaires le long de la plage pour tenter de contenir la crue des eaux et la montée des vagues. On a également signalé divers problèmes accrus attribuables à l'érosion des berges du lac Huron en Ontario.

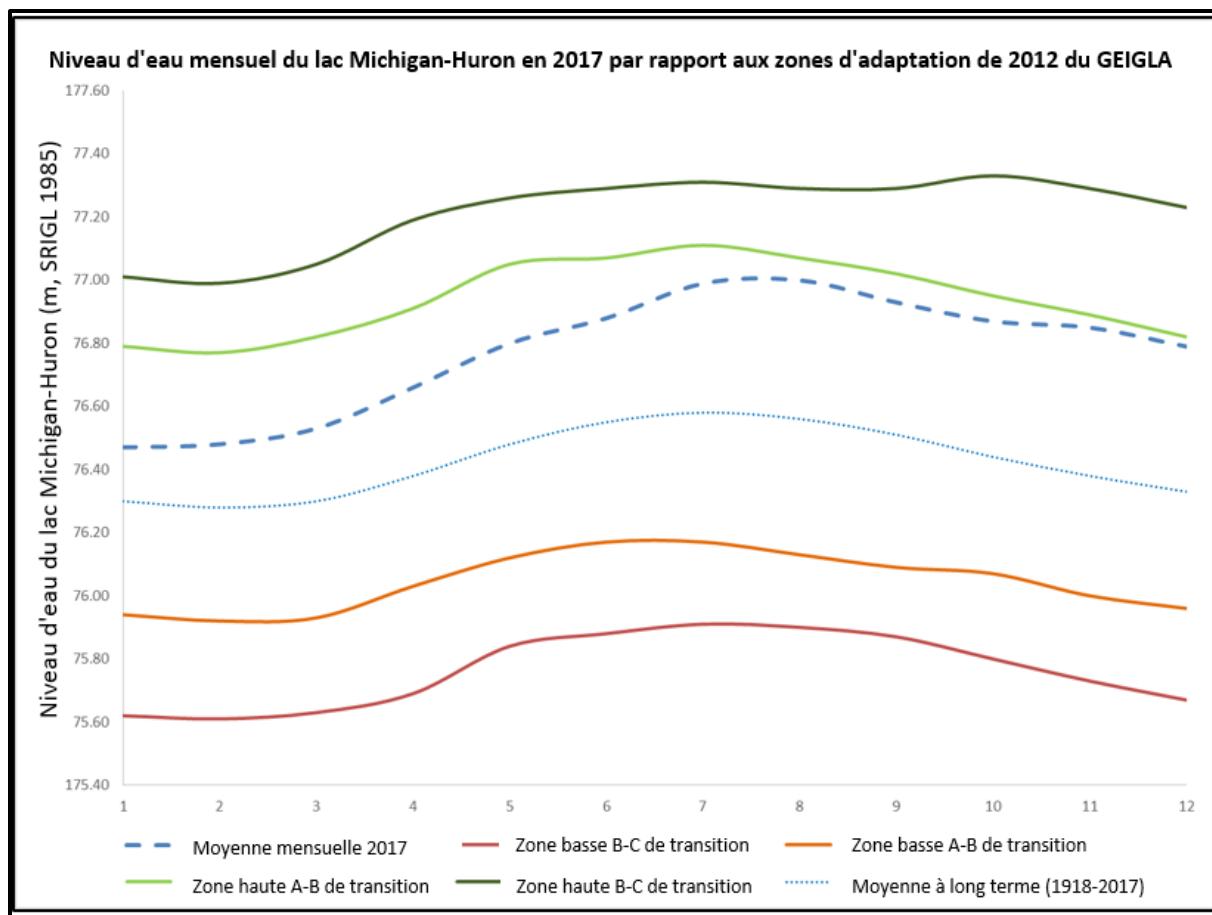


Figure 5-20 : Comparaison du niveau d'eau mensuel des lacs Michigan-Huron en 2017 par rapport aux zones d'adaptation côtières établies pour les lacs Michigan-Huron dans l'étude GEIGLA de 2012. (Source : USACE Detroit)

En 2017, le niveau d'eau des lacs Michigan-Huron s'est maintenu dans les limites de tolérance des zones d'adaptation basses et élevées définies antérieurement dans l'étude du GEIGLA, approchant de la zone de transition A-B à la fin de l'automne (figure 5-20). Les sensibilités attendues décrites dans les zones A et B (voir le tableau 5-4 ci-dessus) semblent être représentatives des reportages dans les médias en 2017 sur l'érosion côtière, les inondations et les répercussions sur la protection du littoral.

Le niveau d'eau lac Érié est également demeuré élevé tout au long de l'année et se situait en mai 2017 à moins de 15 cm (6 po) du niveau d'eau record mensuel et à moins de 21 cm (8 po) du niveau d'eau maximal du lac Érié de 175,04 m (574,3 pi) enregistré par le Système de référence international des Grands Lacs (SRIGL) en juin 1986. Il y a eu une augmentation notable du nombre de demandes de permis présentées à l'USACE-Buffalo District Regulatory Council pour des structures de protection des rives du lac Érié comparativement à 2015 et 2016 (figure 5-21). Sur le littoral canadien, le Conseil de protection de la nature de Lower Thames a signalé des problèmes de débordement de la digue dans le parc provincial Rondeau et des problèmes de protection du littoral sur certains terrains en juin 2017. Le Conseil de protection de la nature de la région d'Essex a signalé une hausse du nombre de demandes de réparation de berges et de

dommages aux rives sur la côte est de l'île Pelée et le long de la rive du lac Érié, à l'ouest de la pointe Pelée, entre Leamington et Kingsville (Conseil de protection de la nature de la région d'Essex, communication personnelle, 13 juin 2017).

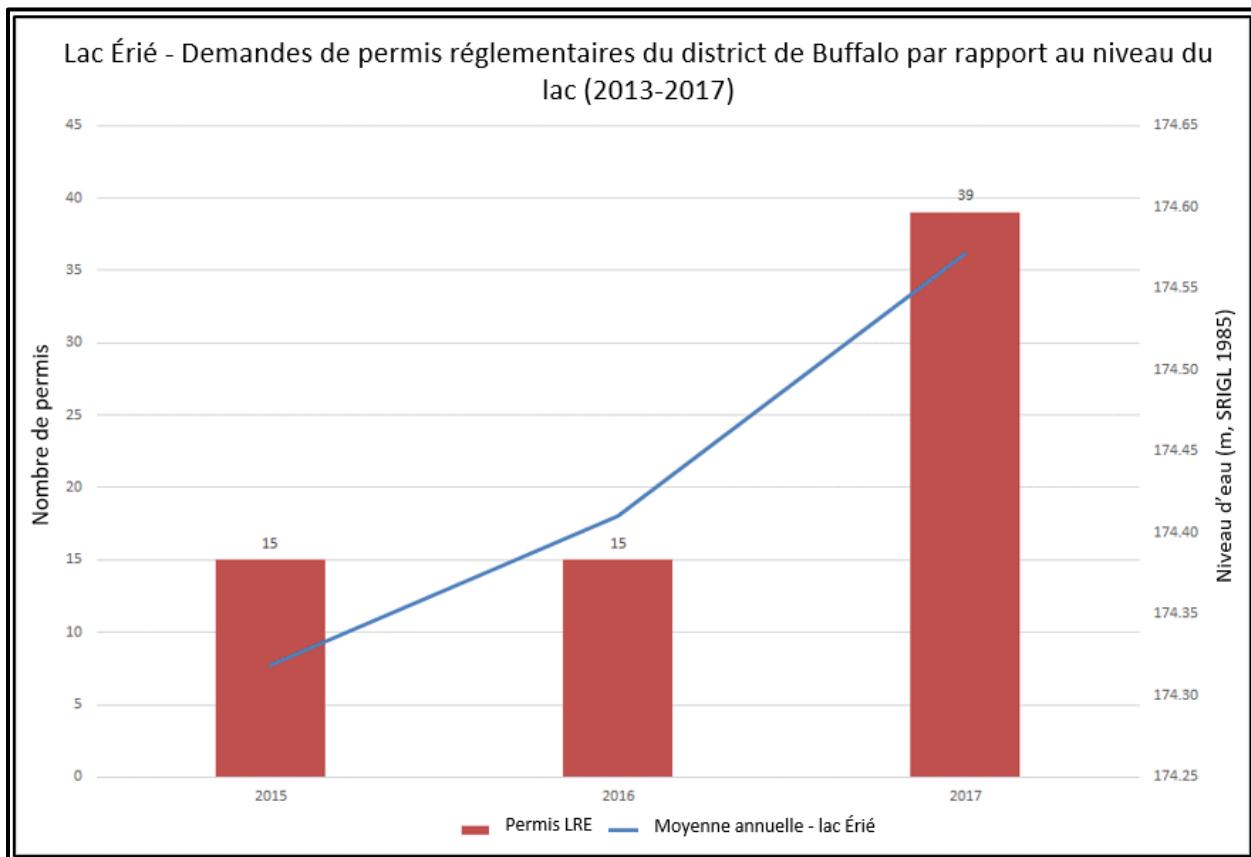


Figure 5-21 : Demandes de permis pour le district de Buffalo dans le lac Érié selon le niveau d'eau observé (2015-2017) (Source : District de Detroit de l'USACE)

Le Conseil de protection de la nature de Long Point a signalé un rétrécissement de la plage dans le parc provincial et l'érosion de la protection du littoral exposée. Le niveau d'eau du lac Érié en 2017 s'est situé près ou au-dessus de la zone d'adaptation de transition A-B (figure 5-22). Les sensibilités attendues décrites dans les zones A et B (voir le tableau 5-4 ci-dessus) semblent être représentatives des reportages dans les médias en 2017 sur l'érosion côtière, les inondations et les répercussions sur la protection du littoral.

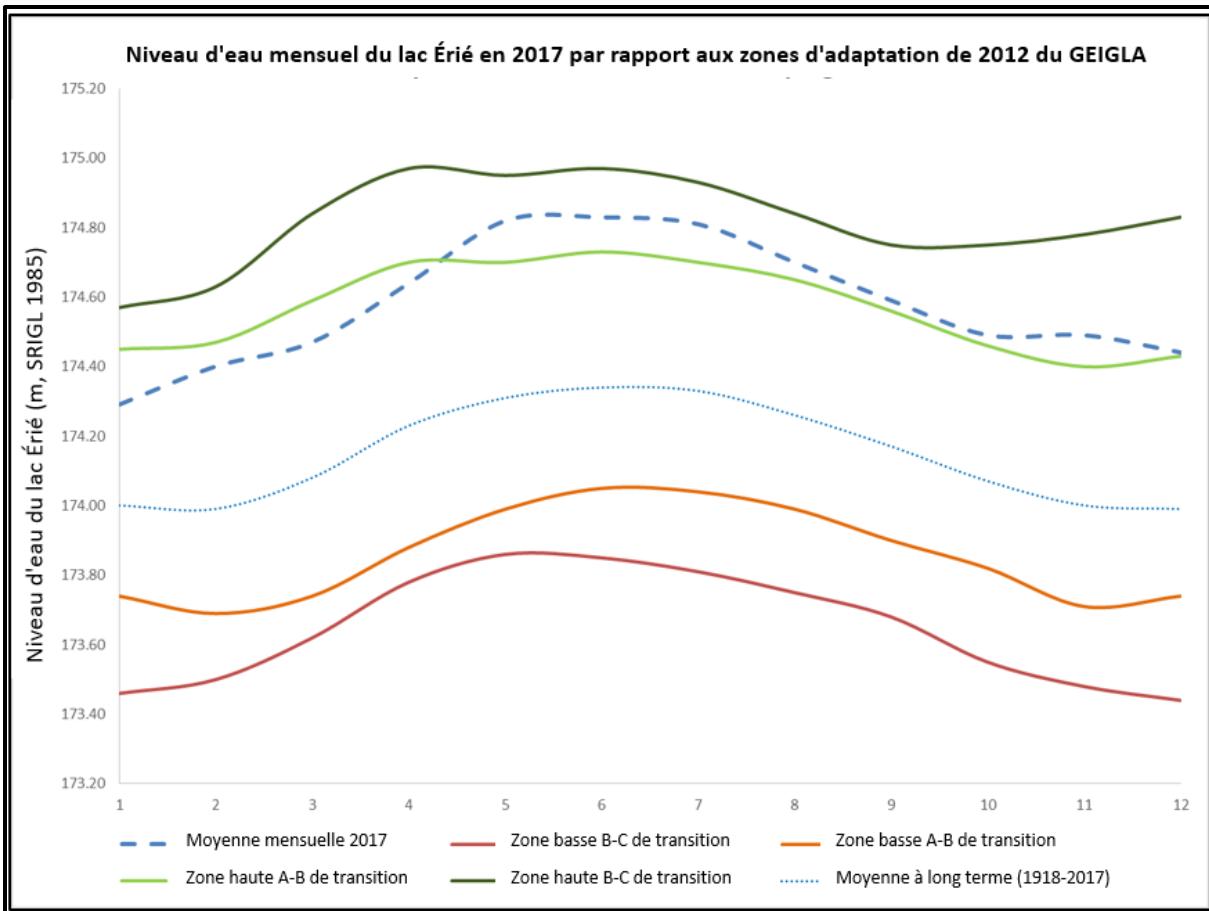


Figure 5-22 Comparaison du niveau d'eau mensuel du lac Érié en 2017 par rapport aux zones côtières d'adaptation qui ont été établies pour le lac Érié dans l'étude du GEIGLA en 2012. Le niveau d'eau sur le lac Érié s'est situé en 2017 près ou au-dessus de la zone A-B de transition pour les zones côtières d'adaptation. (Source : USACE Detroit)

Évaluation du modèle : Le principal indicateur de rendement utilisé pour comparer les impacts côtiers associés à d'autres plans de régularisation au cours de la période visée par l'étude du GEIGLA était le coût d'entretien de la protection des rives existantes. En plus de l'indicateur modélisé, des zones d'adaptation ont été élaborées comme approche plus générale pour comparer le rendement obtenu par rapport au plan. Dans la documentation à l'appui du GEIGLA de 2012, on a proposé un certain nombre de façons d'évaluer les seuils élevés et faibles des zones côtières d'adaptation. Dans le cas des zones de gestion des crues, il a été suggéré de surveiller les dommages causés aux résidents par les inondations sous l'angle de leur ampleur (\$) et de leur répartition géographique, ce qui pourrait se faire au moyen de rapports sur les réclamations d'assurance ou sur les plaintes aux administrations municipales. Une autre façon possible de suivre les résultats de l'indicateur et de la zone d'adaptation était la mise en œuvre d'une nouvelle protection à terre ou le remplacement de la protection existante par un suivi de la délivrance des permis et de la valeur des constructions. Cette dernière approche a été tentée pour les Grands Lacs d'amont en 2017 en utilisant la meilleure information disponible dans les bureaux de réglementation de l'USACE, sans toutefois recueillir d'information sur les coûts. D'autres efforts à cet égard doivent être évalués et classés en ordre de priorité par le Comité

GAGL, car il n'est pas encore clair dans quelle mesure cette information pourrait être utile aux fins de l'examen continu du plan.

Un autre facteur important dont il faut tenir compte dans l'évaluation du rendement obtenu par rapport au plan est l'incidence des décisions relatives au débit sur l'île Whitefish. L'île Whitefish est une terre de la Première Nation Batchewana qui est principalement utilisée à des fins récréatives avec des sentiers de randonnée, de petits pavillons et des kiosques d'information pour les visiteurs. L'île est située immédiatement en aval des vannes des ouvrages compensateurs adjacents aux rapides, et d'importantes parties de l'île sont inondées à mesure que d'autres vannes sont ouvertes. Même si l'inondation de l'île est inévitable et que l'on s'attend à ce qu'elle se produise quand plus de vannes sont ouvertes, le Conseil tente de réduire les répercussions sur l'île dans la mesure du possible. Dans le cadre de l'étude du GEIGLA, aucun indicateur en particulier n'a été mis au point pour les répercussions côtières sur l'île Whitefish, notamment les inondations des zones récemment aménagées de l'île. Le Comité GAGL considère qu'un indicateur de rendement des inondations de l'île Whitefish est une priorité importante et a prévu son élaboration dans le Plan travail pour l'exercice 2018. Les progrès ont toutefois été limités et les travaux se poursuivront dans l'exercice 2019 et peut-être après, selon les ressources disponibles.

Principales constatations et prochaines étapes : Les impacts côtiers sur les Grands Lacs d'amont sont principalement attribuables aux tempêtes. Même si tous les lacs ont été au-dessus de la moyenne, les secteurs d'intérêt riverains ont été en mesure de faire face au niveau observé. Il n'existe pas d'indicateurs de rendement côtier pour la rivière Sainte-Marie, où les répercussions d'un changement apporté au plan de régularisation pourraient être les plus importantes et c'est un aspect sur lequel le Comité GAGL devra se pencher plus attentivement. C'est un point qui avait été inscrit dans les plans de travail précédents du Comité GAGL, mais les progrès ont été limités jusqu'ici.

5.5.2 LAC ONTARIO-FLEUVE SAINT-LAURENT – Impacts côtiers

Sensibilité au niveau d'eau et au débit : Lors de l'élaboration du Plan 2014, la CMI a conclu que les berges seraient endommagées, peu importe le plan de régularisation, mais que le Plan 2014 ferait augmenter les dommages aux intérêts côtiers sur le lac Ontario et le cours supérieur du Saint-Laurent comparativement au plan de régularisation (1958-DD). Les résultats du modèle suggèrent que la plupart des dommages prévus impacteraient le coût d'entretien des structures de protection des rives, avec seulement des augmentations très mineures attendues des dommages causés par les inondations et l'érosion autour du lac Ontario par rapport au plan de régularisation précédent. D'après une évaluation des dommages potentiels causés par les inondations aux intérêts situés en aval sur le fleuve du Saint-Laurent (en aval du barrage Moses-Saunders), il ressort que ces intérêts sont vulnérables aux changements du niveau d'eau, mais qu'il n'y avait pas de différence entre les impacts ou les avantages de l'ancien plan de régularisation et du Plan 2014.

Trois indicateurs principaux de rendement furent utilisés pendant la LOSLRS pour représenter les impacts sur les propriétaires riverains du lac Ontario aux fins de la comparaison des options du plan de régularisation, notamment :

- Inondation du rez-de-chaussée des édifices résidentiels;
- Érosion des terres aménagées (c.-à-d. avec bâtiment) mais non protégées;
- Coûts d'entretien de la protection des rives.

L'indicateur de rendement de l'inondation du rez-de-chaussée a été appliqué à toutes les zones riveraines dans la base de données, y compris bon nombre des plus grandes échancrures autour du lac. Cependant, en raison de l'importance du vent et des vagues en combinaison avec le niveau d'eau, les indicateurs d'érosion et d'entretien de la protection des rives ont été appliqués uniquement aux rives à découvert et non au rivage dans les échancrures protégées ou dans la baie de Quinte où l'action des vagues était considérée comme minimale. Dans le cours supérieur du Saint-Laurent, des Mille-Îles au barrage Moses-Saunders, le principal indicateur de rendement était l'inondation des édifices résidentiels au rez-de-chaussée.

Sur le Saint-Laurent en aval du barrage Moses-Saunders, le principal indicateur de rendement était l'inondation du rez-de-chaussée des édifices résidentiels, bien qu'il y ait également des paramètres non économiques dans le bas du fleuve, comme des kilomètres (milles) de routes inondées. En termes simples, tous les indicateurs de performance côtiers du lac Ontario, de la partie amont et aval du fleuve Saint-Laurent correspondent généralement à un niveau d'eau élevé et à des coûts d'entretien accrus pour les propriétaires riverains.

Résumé des impacts observés en 2017 : REMARQUE – Une grande partie de l'information actuellement mise à la disposition du comité GAGL pour évaluer ces impacts est descriptive et anecdotique, et des efforts seront dorénavant en continu afin de quantifier davantage les impacts. À l'appui de l'évaluation actuelle, le comité GAGL a recueilli des renseignements provenant de diverses sources, y compris des photos aériennes, des visites de sites riverains, des rapports de dommages par divers organismes, des reportages des médias et des résumés de permis. Comme il a été mentionné dans les sections précédentes, le comité GAGL a également travaillé avec Conservation Ontario pour élaborer et mettre en œuvre un questionnaire en ligne d'auto-déclaration à l'intention des propriétaires riverains afin de solliciter des commentaires directs sur le genre de problèmes auxquels ils furent confrontés en raison du niveau d'eau élevé en 2017. La méthode du questionnaire n'était pas considérée comme un échantillon statistiquement représentatif, de sorte qu'il n'est pas possible de vérifier les différences statistiques dans les résultats des différents sous-groupes (p. ex., Canada c. États-Unis). Une description globale des impacts est fournie ici avec des détails supplémentaires et des descriptions régionales à titre de référence à l'annexe 1 – Évaluation des effets.

Le niveau d'eau record en 2017 a directement touché les propriétaires riverains du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent. Les dommages causés aux maisons, aux propriétés et aux structures de protection des rives en raison des inondations et de l'érosion ont été généralisés sur la rive du lac Ontario. À la mi-avril 2017, les impacts côtiers ont été couramment signalés le long de la rive du

lac Ontario, et les médias ont accordé beaucoup d'attention aux dommages côtiers en mai et en juin, alors que le niveau d'eau augmentait rapidement et atteignait des records. Les répercussions ont continué d'être signalées tout au long de l'été et jusqu'à l'automne, mais à un rythme réduit. Les médias ont fait état de l'inondation de maisons, de routes, de voies d'accès, de sentiers, de pelouses, ainsi que d'interventions d'urgence et de vastes efforts de mise en place de sacs de sable pour protéger les maisons et les propriétés. Les rapports sur l'érosion du littoral et la perte de plages, de végétation et de biens (p. ex., terres, ponts et quais) étaient chose courante. On a également signalé que des structures de protection du rivage se sont rompues ou ont été endommagées en raison du niveau d'eau élevé, ce qui a rendu les propriétaires encore plus vulnérables. Des états d'urgence ont été proclamés à de nombreux endroits, y compris dans tous les comtés américains bordant le lac Ontario et les rives du haut Saint-Laurent.

Sur la côte canadienne, un état d'urgence local a été déclaré pour une partie du littoral de Clarington ainsi que pour tout le comté de Prince Edward. Les Mohawks de la baie de Quinte ont également déclaré une situation d'urgence sur leur territoire en réponse au niveau d'eau élevé. Dans le Bas-Saint-Laurent, des urgences ont été déclarées dans de nombreuses municipalités en mai 2017 au plus fort des inondations. Le tableau 5.5 dresse la liste des municipalités, en séparant celles situées directement sur le fleuve Saint-Laurent de celles situées sur la rive nord de l'île de Montréal qui ont été plus directement influencées par le niveau élevé record du débit de la rivière des Outaouais. Il convient de souligner que de nombreuses autres municipalités du Bas-Saint-Laurent ont souffert d'inondations, mais n'ont pas déclaré l'état d'urgence. Elles ont réglé la situation de leur propre chef.

Tableau 5-5 : Municipalités de la province de Québec ayant décrété un état d'urgence local pendant les pointes de crue de mai 2017 (Source : [Urgence Quebec, 2017](#))

Municipalités situées sur les abords du fleuve Saint-Laurent et du lac Saint-Louis et touchées par la gestion des eaux du lac Ontario
Région Mauricie-Municipalité Yamachiche
Région Lanaudière-Municipalité Sainte-Geneviève-de-Berthier
Région Lanaudière - Municipalité Saint-Barthélemy
Région Lanaudière - Municipalité Saint-Ignace-de-Loyola
Région Lanaudière - Municipalité Lavaltrie
Région Lanaudière - Municipalité La Visitation-de-l'île-Dupas
Région Lanaudière - Municipalité de Berthierville
Région Montérégie - Municipalité Pincourt
Région Montérégie - Municipalité L'Île-Perrot
Région de Montréal - Ville de Montréal – (parties de Montréal et bord du lac des Deux-Montagnes).
Municipalités situées sur les abords du lac des Deux-Montagnes (subissant principalement l'influence du débit de la rivière des Outaouais) :
Région Laval - Ville de Laval
Région Laurentides-Municipalité Saint-Eustache
Région Laurentides-Municipalité Deux-Montagnes
Région Montérégie-Municipalité Rigaud
Région Montérégie - Municipalité L'Île-Cadieux

Les inondations ont représenté l'incidence la plus souvent signalée par les répondants du sondage volontaire par rapport au nombre total de réponses dans chaque pays, devant l'érosion et les dommages aux structures de protection des rives (figure 5-23). Les répondants au sondage ont indiqué dans quelle mesure ils ont été touchés par le niveau d'eau élevé (1 étant faible, 10 étant élevé). Un pourcentage plus élevé de répondants américains ont indiqué un niveau d'impact de 8, 9 ou 10, tandis qu'un pourcentage plus élevé de répondants canadiens ont indiqué un impact de 7 ou moins (figure 5-24).

Des mesures d'adaptation ayant divers degrés de succès ont été prises à de nombreux endroits afin de contrer les effets du niveau d'eau élevé. D'après les observations des visites des sites d'intervention d'urgence de l'USACE, il y a eu des situations où les autorités locales, les résidents et les propriétaires d'entreprise ne connaissaient pas les bonnes méthodes d'utilisation de défense des sacs de sable et des méthodes de pompage des eaux d'inondation, ce qui a causé l'installation inadéquate de ces défenses (rapports de visite du district de Buffalo de l'USACE, p. ex., Sodus Point, NY, 19 mai 2017).

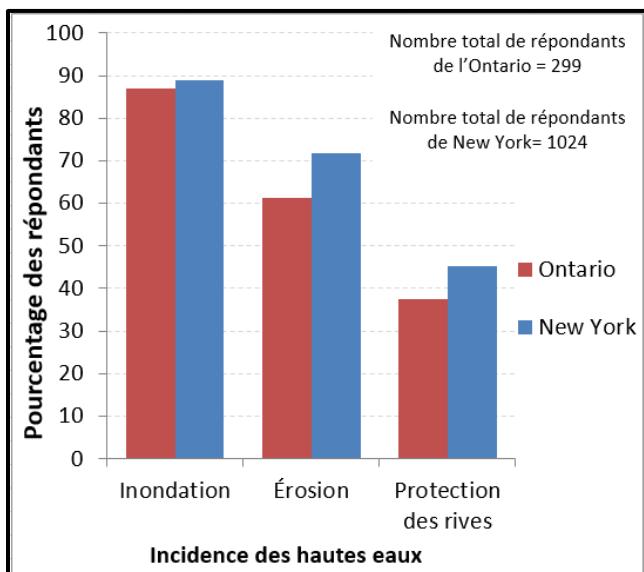


Figure 5-23 : Pourcentage de répondants de l'État de New York (É.-U.) et de l'Ontario (Canada) sur le lac Ontario ayant déclaré des inondations, de l'érosion et des répercussions sur la protection des rives (Source : ECCC, d'après les données recueillies par le sondage de la Conservation Ontario pour la CMI).

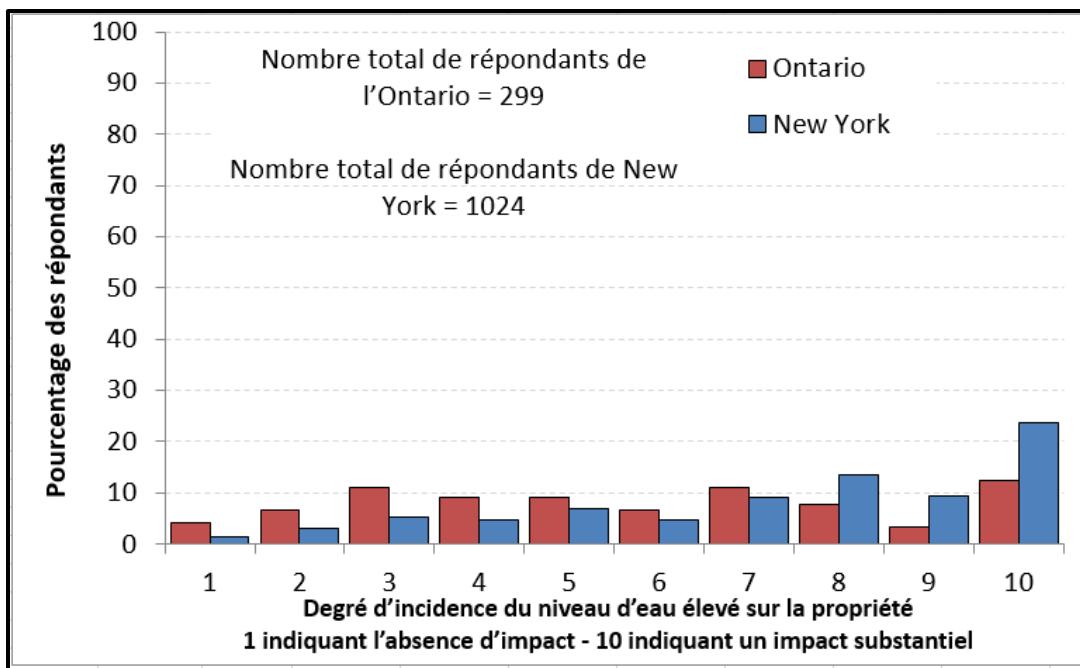


Figure 5-24 : Degré d'incidence attribuable au niveau d'eau élevé défini par les répondants au sondage (Source : ECCC, d'après les données recueillies par le sondage de la Conservation Ontario pour la CMI).⁵

Un certain nombre de reportages dans les médias ont également mis en évidence les effets psychologiques des inondations sur les gens qui vivent au long du littoral. Un récent rapport du Centre Intact d'adaptation au Climat (juin 2018) souligne à la fois l'inquiétude et le stress associés aux inondations et la nécessité de prendre congé pour intervenir lors d'inondation (Decent et Feltmate, 2018). Bien que le rapport Decent and Feltmate se concentre sur les inondations fondées sur des épisodes de pluie à court terme dans un environnement urbain, des problèmes semblables ont été vécus par les victimes des inondations le long des rives, comme l'illustrent les commentaires reçus dans le cadre du sondage de la Conservation Ontario. Un répondant a dit qu'il s'agissait d'une « expérience vraiment dévastatrice », et quelques réponses ont souligné le stress lié à la nécessité de surveiller constamment la situation pour s'assurer que les pompes fonctionnaient. Un autre répondant a dit : « C'était également très stressant, car nous ne savions pas quand ou si l'eau allait se retirer et quel impact elle aurait sur notre propriété », et un autre a mentionné que « la durée de l'inondation a été une expérience horrible ». Les répercussions financières personnelles, y compris les conséquences à long terme, ont été liées aux réponses relatives au stress.

Inondations – Lac Ontario et cours supérieur du fleuve Saint-Laurent : On a observé des inondations de propriétés résidentielles et de bâtiments le long de la rive du lac Ontario, particulièrement dans les régions durement touchées, notamment les rives d'Olcott, de Greece, de Sodus Point, de Fair Haven et des sections d'Oswego et du comté de Jefferson du côté américain, ainsi que des parties de l'île de Toronto, de Clarington, de Brighton et du comté de Prince Edward du côté canadien (voir la figure 5-25). Des exemples photographiques des impacts sont présentés dans les figures 5-26 à 5-29. Sur le cours supérieur du fleuve Saint-Laurent, des inondations ont été observées sur les rives canadienne et américaine, en particulier dans la région des Mille-Îles. Bien que l'inondation ait été l'impact le plus important signalé sur le lac Ontario et le cours supérieur du fleuve Saint-Laurent dans le questionnaire volontaire, le

type d'inondation a varié, avec l'impact le plus souvent signalé portant sur les pelouses et les quais et un faible pourcentage d'inondations du rez-de-chaussée (figure 5-30). Un sondage distinct et indépendant, menée par la New York Sea Grant et l'Université Cornell plus tôt en 2017, a également révélé un pourcentage beaucoup plus faible d'inondations du rez-de-chaussée comparativement à d'autres inondations (New York Sea Grant et Cornell University, 2018). Les images aériennes et les visites des sites ont révélé un degré élevé de mise en place de sacs de sable pour prévenir les inondations au rez-de-chaussée dans les régions les plus vulnérables, et 35 % des répondants en Ontario et 40 % des répondants de l'État de New York qui ont été victimes d'inondations ont également indiqué avoir pris cette mesure pour protéger leurs biens. Selon les résultats du sondage, les propriétaires fonciers qui ont pris des mesures d'adaptation, comme l'entassement de sacs de sable, le pompage et le nettoyage, ont déclaré que leurs coûts pour entreprendre de telles mesures ont été généralement inférieurs à 1 000 \$.

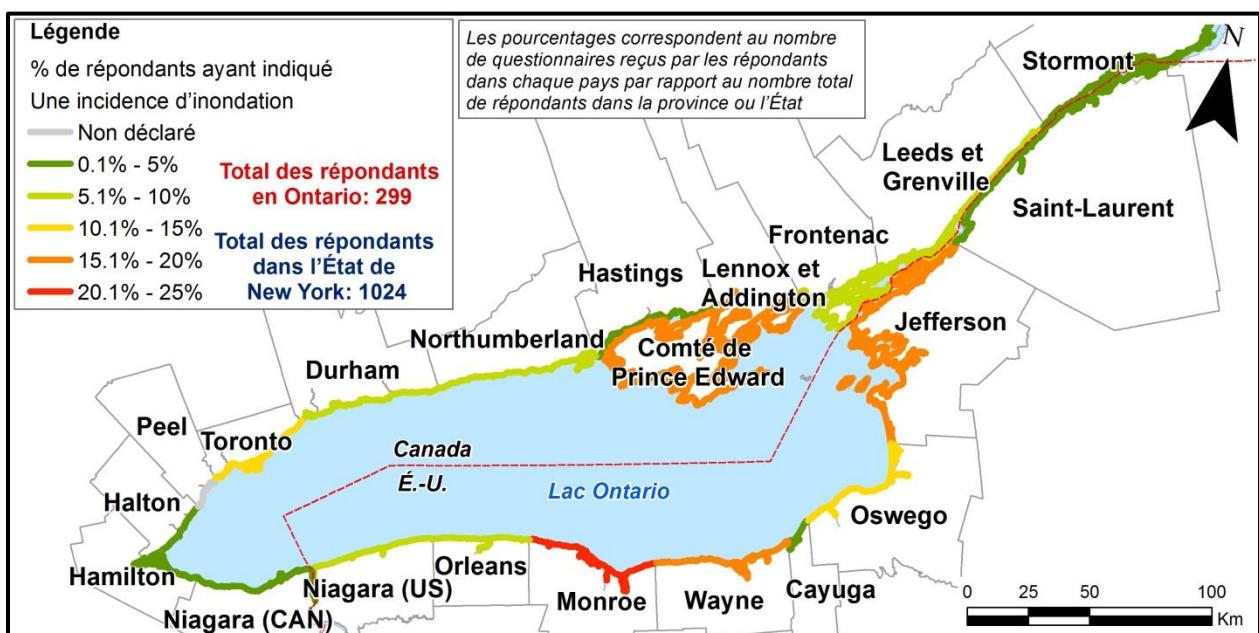


Figure 5-25 : Incidences des inondations, par comté ou municipalité (selon une échelle relative fondée sur le nombre d'impacts des inondations dans chaque comté par rapport au nombre total de réponses pour le pays dans lequel ce comté se trouve) (Source : ECCC, d'après les données obtenues par l'enquête de Conservation Ontario pour la CMI)



Figures 5-26 et 5-27 : Photos d'inondations du rivage américain soumises dans le cadre d'un sondage sur le littoral (Photos: Kevin Herrick, prise le 7 juillet 2017 (à gauche); Robert Rutz, prise le 30 avril 2017 (à droite)).



Figure 5-28 : Érection de murs de sable sur l'île de Toronto, le 26 mai 2017. Photo : © Toronto and Region Conservation (TRCA)



Figure 5-29 : Cedar Crest Beach Road. La photo à gauche a été prise le 25 mai 2017. Photo : Clarington Fire and Emergency Services. La photo à droite a été prise le 14 juin 2017. Photo : ECCC

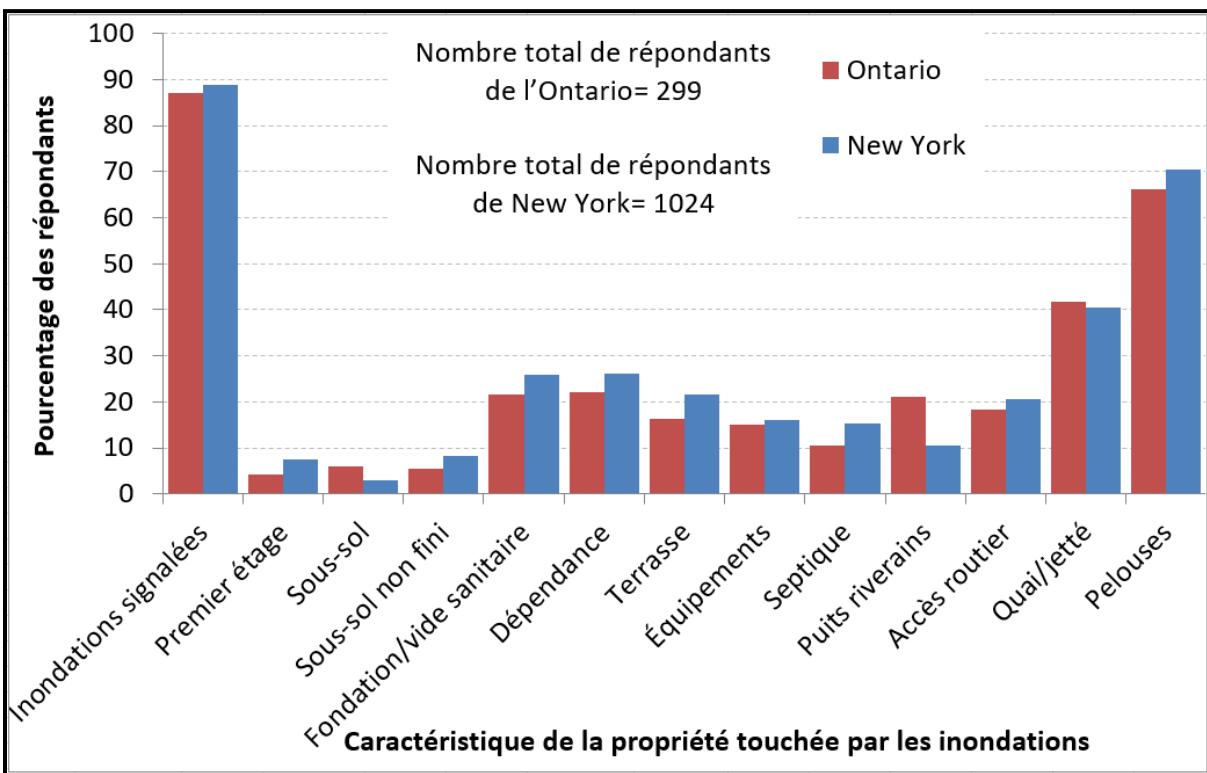


Figure 5-30 : Types d'impacts des inondations déclarés par les répondants américains et canadiens au questionnaire de Conservation Ontario (exprimés en pourcentage des répondants par province ou État) (Source : ECCC, d'après les données recueillies par l'enquête de Conservation Ontario pour la CMI)

Inondations sur la partie aval du fleuve Saint-Laurent : En aval du barrage Moses-Saunders, l'inondation la plus importante s'est produite pendant la crue nivale de la rivière des Outaouais au début de mai. Les dommages causés par les inondations associées au niveau d'eau élevé du fleuve Saint-Laurent (causés par une combinaison de débit record de la rivière des Outaouais et

de débit élevé dans le fleuve Saint-Laurent, qui ont été établis dans le but d'équilibrer le niveau d'eau élevé et les inondations en amont et en aval) se sont produits dans la région du lac Saint-Louis ainsi que dans la région de Sorel et du lac Saint-Pierre en aval jusqu'à Trois-Rivières. Des images obliques recueillies par Transports Canada pendant la pointe de crue ont été utilisées pour fournir une évaluation générale de certaines des zones les plus gravement touchées. Ces zones sont mises en évidence dans la figure 5-31 et un exemple d'imagerie de la région de Sorel est inclus à titre de référence (figure 5-32). D'après cette évaluation visuelle, il est clair que des quartiers entiers ont été touchés et, selon les rapports municipaux, plus de 2 000 maisons ont été directement touchées ou isolées à la suite des inondations dans la section aval du fleuve Saint-Laurent. Selon les rapports municipaux, plus de 1 100 maisons ont été évacuées dans 24 municipalités, soit en raison des inondations dans la collectivité, soit parce que l'accès aux routes a été interrompu en raison des inondations (Source : Centre des opérations gouvernementales, 2017). Il y a eu de nombreux exemples de vastes efforts de mise en place de sacs de sable. Le débit record du lac Ontario à partir de la fin mai 2017 a maintenu un niveau d'eau élevé et près du seuil d'inondation beaucoup plus longtemps qu'il ne l'aurait été autrement sur le fleuve Saint-Laurent près de Montréal. Bien que les médias aient parlé des coûts associés aux inondations dans la province de Québec pendant l'événement printanier, il n'a pas été possible de différencier les coûts associés uniquement au fleuve Saint-Laurent de ceux associés à la rivière des Outaouais et à d'autres parties de la province.

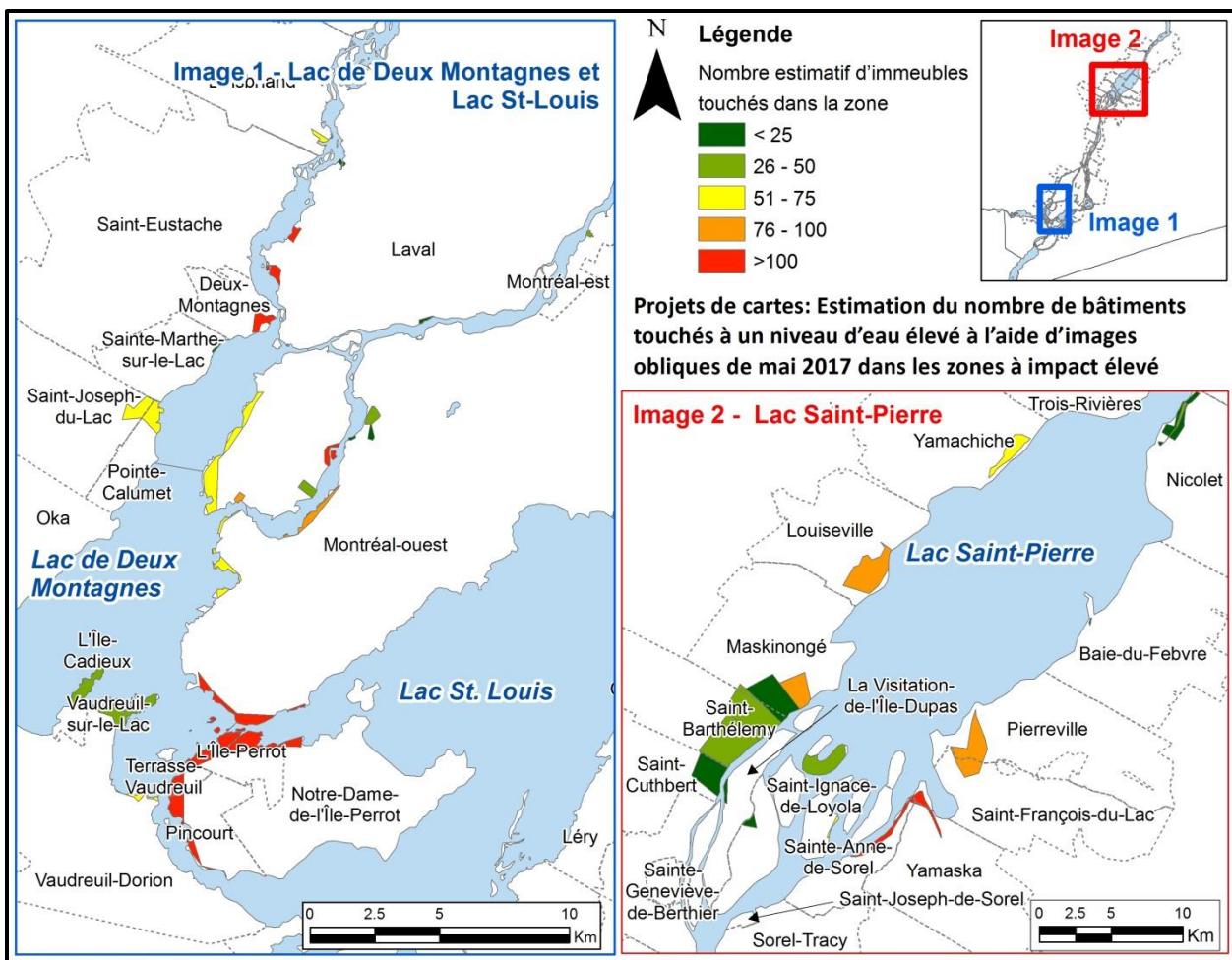


Figure 5-31 : Carte préliminaire de la forte concentration des impacts sur les bâtiments relevée au moyen d'un examen d'imagerie oblique (Source : Estimations d'ECCC/CMI fondées sur des images aériennes recueillies dans le cadre du Programme national de surveillance aérienne de Transports Canada en mai 2017.)



Figure 5-32 : Inondation dans la région du Chenail-du-Moine près de Sorel le 9 mai 2017. (Photo : Programme national de surveillance aérienne de Transports Canada, 2017)

Érosion des rivages – Lac Ontario et cours supérieur du fleuve Saint-Laurent : Les images aériennes et les visites de nombreux sites le long de la rive du lac Ontario confirment l'érosion des falaises. Cela semble être le résultat d'une combinaison de niveau d'eau élevé, d'action des vagues et de sols saturés causés par des précipitations persistantes dans de nombreuses régions. D'après les réponses au sondage volontaire des propriétaires riverains, les effets de l'érosion ont été plus souvent signalés dans les comtés/municipalités situés sur les rives sud, est et nord-est du lac par rapport au nombre total de réponses au sondage dans chaque pays (figure 5-33). Le plus souvent, les résidents ont signalé des pertes de rivage qui ont eu une incidence directe sur leur propriété à divers degrés, y compris la perte de végétation, la perte d'accès à la plage, à l'eau et à d'autres infrastructures qui étaient directement adjacentes au rivage (figure 5-34). Dans les cas les plus extrêmes, les maisons et les bâtiments ont dû être évacués en raison du risque que l'édifice même s'effondre ou soit condamné, bien que, selon les renseignements actuellement disponibles au comité GAGL, à partir des sources énumérées précédemment, cela ne semble pas être une situation courante par rapport au nombre total d'édifices directement adjacents au rivage du lac Ontario. Un pourcentage élevé de répondants de l'État de New York a indiqué que l'un des impacts était « autre », ce qui indique que les impacts n'ont pas été saisis par les catégories prédéfinies de l'enquête. Cependant, un examen des réponses dans la catégorie « autre » indique que de nombreux répondants américains ont inclus les « dommages à la protection des rives » dans cette catégorie. Aux fins du rapport, les réponses aux questions sur la protection des rives sont traitées séparément dans la section suivante.

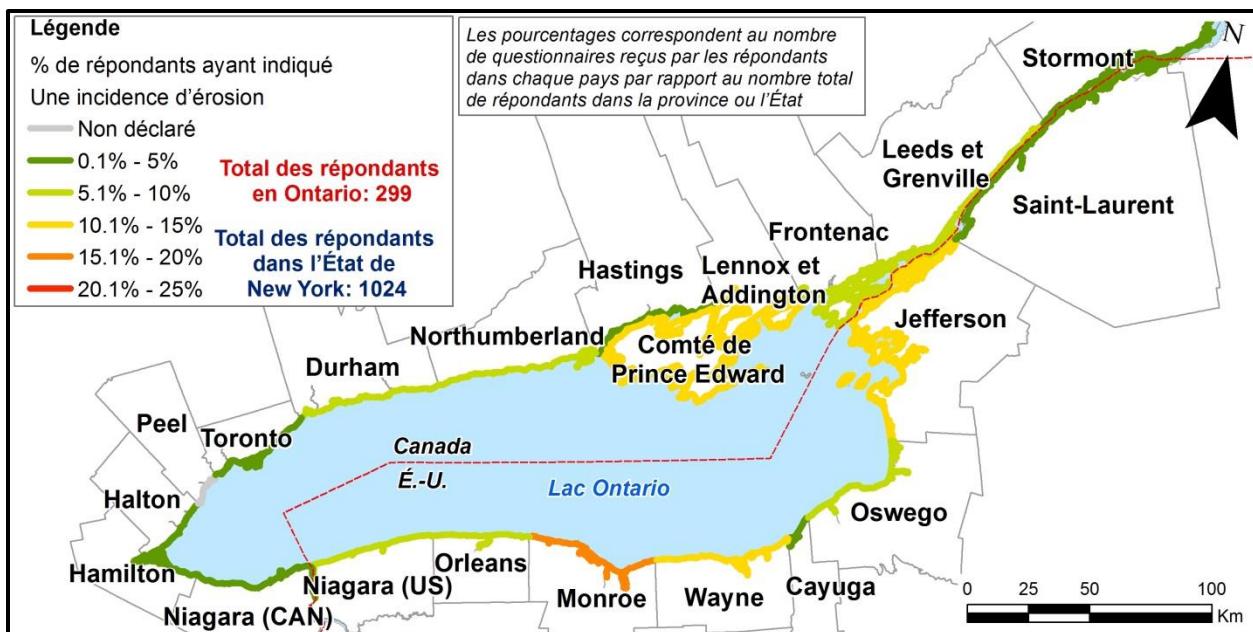


Figure 5-33 : Réponses au sondage indiquant les effets de l'érosion, par comté ou municipalité (fondés sur une échelle relative utilisant le nombre d'effets de l'érosion dans chaque comté par rapport au nombre total de réponses pour le pays dans lequel ce comté se trouve) (Source : ECCC, d'après les données obtenues par l'enquête de Conservation Ontario pour la CMI)

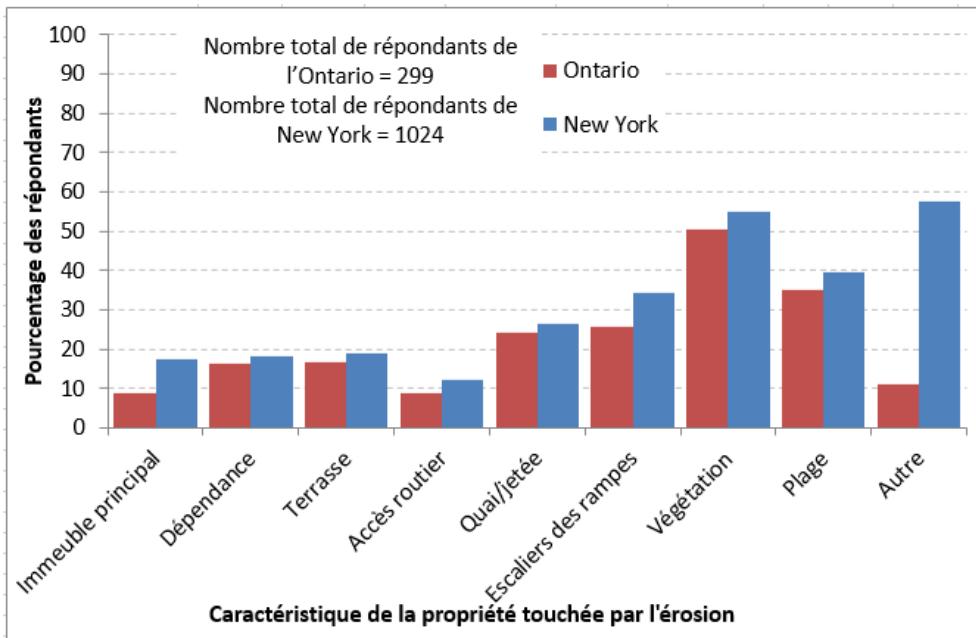


Figure 5-34 : Pourcentage des répondants indiquant les caractéristiques des propriétés touchées par l'érosion
(Source : ECCC, d'après les données tirées de l'enquête de Conservation Ontario pour la CMI)

Les terres publiques et les sentiers riverains ont également été endommagés par l'érosion (figure 5-35). De tels impacts ne seraient pas pris en compte par l'indicateur de rendement de l'érosion élaboré pendant la LOSLRS, puisque cet indicateur ne tient compte que des propriétés sur lesquelles se trouvent des bâtiments. Un certain nombre de propriétés du parc nécessitaient des mesures immédiates pour stabiliser la rive et empêcher d'autres pertes de terres et des impacts directs sur l'infrastructure, comme les sentiers.



Figure 5-35 : L'érosion des rives au parc de la plage de la Confédération, ville de Hamilton (photo prise le 17 mai 2017). Photo : Ville de Hamilton.

Érosion des rives – section aval du fleuve Saint-Laurent : Une étude détaillée sur l'érosion des rives de la section aval du fleuve Saint-Laurent est entreprise par des organismes partenaires. Le comité GAGL n'a pas été en mesure d'acquérir la portée détaillée du projet puisqu'elle n'est pas encore disponible. D'autres efforts seront nécessaires pour obtenir cette information à l'avenir.

Répercussions sur la protection des rives – Lac Ontario-et section amont du fleuve Saint-Laurent : Des dommages ont été observés aux structures de protection des rives existantes à de nombreux endroits, y compris les résidences privées et les rives publiques (figures 5-36 et 5-37). Étant donné la valeur de remplacement de la protection des rives, les coûts globaux associés à ces impacts semblent élevés. Par exemple, la Ville de Toronto a estimé les besoins de réparation potentiels à 7,38 millions de dollars en raison du niveau d'eau élevé en 2017 (Ville de Toronto, 2018). D'après les réponses au sondage volontaire de la Conservation Ontario, les comtés canadiens affichant le pourcentage le plus élevé d'incidences déclarées sur la protection des rives par rapport au taux de réponse global étaient Northumberland et le comté de Prince Edward. Sur la côte américaine, les comtés de Monroe et de Jefferson affichaient un pourcentage élevé du total des répondants dans cette catégorie (figure 5-38).



Figure 5-36 : Débordement de la protection des rives, Stoney Creek (Ont.) (Photo : ECCC, mai 2017)



Figure 5-37 : Photos de la protection des rives aux États-Unis présentées dans le cadre du sondage sur les rives (Photo : L. Frosini, prise le 21 mai 2017)



Figure 5-38 : Réponses au sondage indiquant les répercussions sur la protection des rives, par comté ou municipalité (selon une échelle relative fondée sur le nombre d'incidences sur la protection des rives dans chaque comté par rapport au nombre total de réponses pour le pays où le comté se trouve) (Source : ECCC, d'après les données obtenues par le sondage de Conservation Ontario pour la CMI)

Répercussions sur la protection des rives – section aval du fleuve Saint-Laurent : Étant donné que l'inondation était l'indicateur de rendement utilisé dans la section aval du fleuve au cours de la LOSLRS et la principale incidence négative subie en 2017, le comité GAGL n'a pas cherché à obtenir de renseignements quant aux répercussions sur les structures de protection des rives du Bas-Saint-Laurent. Une étude détaillée sur l'érosion des rives du Bas-Saint-Laurent est entreprise par des organismes partenaires, et le comité GAGL pourra suivre cette étude. La portée détaillée du projet n'est pas encore disponible. D'autres efforts seront nécessaires pour obtenir cette information à l'avenir.

Évaluation des modèles : Les trois principaux indicateurs de performance représentant les impacts sur les propriétaires riverains du lac Ontario sont les inondations du rez-de-chaussée des édifices résidentiels, l'érosion des terres aménagées mais non protégées, et les coûts d'entretien des structures de protection des rives. Le principal indicateur de rendement du fleuve Saint-Laurent est l'inondation du rez-de-chaussée. Le comité GAGL n'a terminé qu'une comparaison préliminaire des résultats des indicateurs de performance des informations descriptives disponibles sur les impacts côtiers fondés sur des années de hautes eaux tirés des données historiques et des scénarios d'apport d'eau. D'après les modèles existants, on s'attendait à ce qu'il y ait des dommages causés par les inondations du rez-de-chaussée à divers endroits le long du lac Ontario et du cours supérieur du fleuve Saint-Laurent dans les conditions de niveau d'eau de 2017 (250 propriétés individuelles) et que les dommages causés par les inondations du rez-de-chaussée augmenteraient rapidement lorsque le niveau d'eau dépasserait 75,6 m (248 pi). On s'attendait également à ce que l'entretien de la protection des rives représente certains des impacts côtiers les plus importants en raison du nombre total (plus de 4 500) et de la valeur de la protection des rives, ainsi que des coûts importants requis pour effectuer des réparations en cas de dommages. On s'attendait également à ce que le taux d'érosion augmente au-dessus des taux à long terme, ce qui nécessiterait une nouvelle protection du littoral dans les zones où elle n'était pas installée auparavant. Dans la section aval du fleuve Saint-Laurent, on s'attendait à ce que le niveau des inondations du rez-de-chaussée des maisons et des routes le long du fleuve atteigne celui de 2017. Selon le modèle existant, les impacts les plus importants le long du fleuve Saint-Laurent se produiraient en aval de Montréal dans les régions de Sorel et du lac Saint-Pierre, ce qui semble correspondre à ce qui a été observé dans la section aval du fleuve Saint-Laurent à la fin d'avril et au début de mai 2017, lorsque les basses terres ont été inondées. Dans l'ensemble, les types d'impacts observés en 2017 semblent concorder avec les grandes catégories utilisées pour représenter les impacts potentiels du plan de régularisation pour les propriétaires riverains sur tout le système du lac Ontario/fleuve Saint-Laurent, mais une évaluation plus poussée est nécessaire pour déterminer dans quelle mesure les impacts réels correspondent aux estimations modélisées des emplacements à risque. Il est important de noter qu'aucun indicateur de rendement n'est conçu ou capable de saisir tous les impacts potentiels. Ils sont élaborés comme indicateurs de la réponse dans diverses conditions de niveau d'eau et l'intention n'était pas de quantifier tous les impacts, mais d'avoir des indicateurs qui pourraient éventuellement différencier les solutions de recharge au plan de régularisation.

Même si une grande partie de ce qui a été observé en 2017 était conforme aux grandes caractérisations des indicateurs de performance existants, le niveau d'eau record de 2017 du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent a également entraîné des répercussions connexes qui ne sont pas directement saisies par les indicateurs de performance existants. Par exemple, le coût d'installation d'une nouvelle protection des rives pour protéger l'infrastructure publique, comme les sentiers riverains et les installations du parc, n'a pas été pris en compte dans l'indicateur de rendement de la protection des rives qui ne portait que sur la protection des maisons ou des bâtiments. L'indicateur d'inondation ne tenait pas compte des impacts autres que ceux liés aux inondations du rez-de-chaussée, comme les eaux de crue entourant les maisons ou les impacts sur les vides sanitaires et les bâtiments de stockage, l'inondation des bâtiments secondaires (p. ex., les remises ou les garages) et les opérations et les dépenses importantes liées à la construction de digues avec des sacs de sable. Dans le sondage en ligne sur les propriétés, les inondations du rez-de-chaussée représentaient un pourcentage relativement faible du nombre de déclarations faites par des personnes quant aux impacts des inondations, ce qui est conforme aux attentes, mais laisse également entendre qu'il y a un éventail d'autres préoccupations potentielles entourant les inondations qui ne sont pas directement évaluées dans le modèle et qui préoccupent les propriétaires fonciers. Enfin, un certain nombre de reportages dans les médias ont également mis en évidence les effets psychologiques des inondations sur les gens qui vivent le long du littoral, ce qui s'est reflété dans les réponses au sondage sur les rives où les gens ont également noté le stress lié au fardeau financier personnel, y compris la préoccupation au sujet des répercussions à long terme (voir l'annexe 1 de la LOSLRS – Évaluation des effets, pour plus de détails). Bien qu'il soit peut-être impossible d'intégrer de tels effets psychologiques dans un indicateur de rendement mesurable, il est important de reconnaître ces effets dans le contexte de crues importantes.

Reconnaissant encore une fois que les indicateurs de rendement doivent être représentatifs des impacts, mais qu'ils ne les saisiront jamais toutes, un traitement et un examen plus poussés des données sur les répercussions sont nécessaires avant qu'une comparaison puisse être effectuée entre les résultats des modèles existants et les conditions observées. En outre, un examen plus approfondi des indicateurs de rendement est nécessaire pour s'assurer que les impacts les plus importants observés dans les conditions réelles de niveau d'eau sont adéquatement représentés.

Principales constatations et prochaines étapes : Sur le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent, les répercussions du niveau d'eau record ont été largement réparties sur les rives du lac et du fleuve, bien qu'il y ait eu des régions particulièrement durement touchées. À ce jour, une grande partie de l'information disponible pour documenter les répercussions est descriptive plutôt que quantitative et repose sur des relevés volontaires, des photographies et l'interprétation de l'imagerie aérienne. Le comité GAGL attend des rapports officiels de divers organismes étatiques et provinciaux sur les impacts de 2017, de sorte qu'une base de données complète sur la répartition des impacts du niveau des propriétés n'est pas disponible à l'heure actuelle.

Les conditions de 2017 ont eu des répercussions importantes sur les intérêts côtiers dans l'ensemble du réseau. Les propriétés situées sur les rives américaines et canadiennes du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent ainsi que celles de la section aval du fleuve Saint-Laurent ont

toutes subi des dommages causés par les inondations, l'érosion et les structures défaillantes de protection du littoral. L'évaluation des ensembles de données d'imagerie aérienne, les résultats du sondage de la Conservation Ontario et les rapports de visites sur place indiquent que les impacts les plus souvent signalés étaient les inondations, suivis de l'érosion et des impacts sur les structures de protection des rives.

D'après les informations actuellement mis à la disposition du comité GAGL sous forme de réponses au sondage, d'ensembles de données d'imagerie aérienne et de rapports de visites des lieux, il existe une confiance raisonnable quant aux signalements des types d'impacts et des zones touchées. Toutefois, il n'y a pas encore d'information pour quantifier un nombre précis de propriétés touchées en raison d'un certain nombre de facteurs, comme l'incertitude inhérente à la fiabilité des réponses au sondage et la possibilité d'erreur dans l'évaluation de l'imagerie aérienne. À cette fin, un certain nombre de mesures pourraient être prises pour améliorer l'évaluation des indicateurs de performance côtiers :

- Déterminer si les définitions actuelles des indicateurs de performance doivent être réévaluées en fonction de la réaction observée aux conditions réelles du système. Par exemple, la mesure de l'érosion devrait-elle être appliquée là où des infrastructures de protection du littoral autres que des édifices résidentiels avaient été menacées en 2017 ?
- Étudier la corrélation entre les zones où on utilise des sacs de sable et le nombre de cas d'inondation du rez-de-chaussée dans ces zones;
- Poursuivre les efforts pour obtenir des statistiques officielles sur les dommages causés par les inondations et les utiliser pour valider les estimations modélisées des dommages causés par les inondations du rez-de-chaussée à divers niveaux statiques des lacs. Un niveau de 75,6 m (248 pi) et moins est particulièrement important à prendre en considération dans la présente analyse en raison des rapports faisant état de dommages aux propriétés riveraines à ces niveaux.

5.6 Écosystème

L'intérêt pour l'écosystème englobe largement « les composantes biologiques de l'environnement naturel des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent, ainsi que les services écologiques qu'ils fournissent aux personnes qui y vivent et travaillent dans la région » (GEIGLA, 2012; CMI, 2014). Cela comprend les conditions de l'habitat influencées par le niveau d'eau et les conditions de débit, notamment les habitats de terres humides semi-côtières, ainsi que les oiseaux, les poissons, les mammifères, les invertébrés, les amphibiens et les reptiles qui sont directement touchés par le niveau d'eau et les conditions de débit du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent pendant une partie critique de leur cycle de vie.

5.6.1 GRANDS LACS D'AMONT – Écosystème

Sensibilité au niveau d'eau et au débit : Pour les Grands Lacs d'amont, on a tenu compte d'un éventail d'indicateurs possibles dans l'ensemble de la grande région géographique qui pourraient être utilisés pour représenter les impacts éventuels des plans de régularisation, tant positifs que négatifs. Bien que les fluctuations du niveau d'eau aient une incidence différente sur les habitats et les espèces, certaines caractéristiques générales ont été cernées et des réponses attendues ont été associées aux changements du niveau d'eau des Grands Lacs d'amont ainsi qu'au débit de la rivière Sainte-Marie. Grâce à l'élaboration d'un Modèle intégré de la réponse écologique 2 (MIRE2) et des zones d'adaptation connexes, les vulnérabilités et les avantages potentiels de l'évolution du niveau d'eau ont été caractérisés afin de comparer de façon générale les solutions de recharge au plan de régularisation.

Les milieux humides côtiers dans la région de la baie Georgienne se sont révélés particulièrement sensibles au faible niveau d'eau pendant la période visée par le GEIGLA, en partie en raison de la géomorphologie de la rive et des limites attribuables au Bouclier précambrien et au plateau continental naturel qui permettraient aux milieux humides de migrer vers le bas. Pendant cette période, on s'est demandé si les terres humides seraient en mesure de se rétablir lorsque les crues seraient revenues. Le comité GAGL est au courant des recherches qui ont été menées et attend les résultats, qui devraient être publiés bientôt.

De façon générale, les indicateurs de performance détaillés n'étaient pas pratiques au cours du GEIGLA étant donné l'incidence limitée que la régularisation du débit peut avoir dans le réseau des Grands Lacs d'amont. La seule exception était la rivière Sainte-Marie. Bien que des indicateurs de performance écosystémique spécifiques n'aient pas été élaborés pour la rivière Sainte-Marie au cours du GEIGLA, certains éléments prioritaires ont été cernés aux fins de suivi à partir de ce projet afin de valider les hypothèses. Voici trois de ces priorités pour la rivière Sainte-Marie :

- Vérifier les avantages potentiels du ralentissement de la vitesse de réglage de l'ouverture des vannes dans les ouvrages de régularisation afin de réduire le risque que des poissons et d'autres animaux aquatiques soient évacués ou coincés dans les rapides de la rivière Sainte-Marie;
- Déterminer s'il est possible d'obtenir des avantages environnementaux supplémentaires en augmentant l'ouverture minimale des vannes pour accroître la surface humide et fournir un habitat supplémentaire dans les rapides de la rivière Sainte-Marie.

Résumé des impacts observés en 2017 : Les zones de protection des intérêts écosystémiques établis dans le GEIGLA sont différentes de celles des cinq autres intérêts, et ce, de deux façons. Premièrement, le niveau d'eau élevé et faible qui cause des problèmes aux réseaux d'aqueduc municipaux, à la navigation, à l'hydroélectricité, au développement côtier et à la navigation de plaisance est généralement bon pour les écosystèmes. Deuxièmement, les définitions des zones d'adaptation de l'écosystème sont généralement complexes et combinent souvent le niveau de l'eau, la période de l'année et la persistance. Les outils existants du GEIGLA pour mesurer les

impacts de l'ANB et du niveau d'eau par rapport aux 34 indicateurs individuels de l'écosystème sont mieux conçus pour comparer les plans de régularisation qui ont été étudiés et non les variations annuelles du niveau d'eau du passé récent (Calculateur de la zone d'adaptation du MIRE2). À l'avenir, le comité GAGL devrait élaborer un outil différent pour évaluer les changements récents du niveau d'eau par rapport aux indicateurs écosystémiques établis du GEIGLA.

ECCC mène actuellement d'autres études sur les effets potentiels des changements climatiques et du niveau d'eau sur les terres humides côtières des Grands Lacs. Les résultats ne seront pas disponibles avant quatre ans.

Évaluation du modèle : Grâce à l'élaboration du Modèle intégré de la réponse écologique 2 (MIRE2) et des zones d'adaptation connexes pendant la mise en œuvre du GEIGLA, les vulnérabilités et les avantages potentiels découlant de l'évolution du niveau d'eau ont été largement caractérisés et utilisés pour comparer les solutions de recharge au plan de régularisation. Il a été généralement conclu dans le cadre du GEIGLA que les petites différences entre les plans de régularisation mis à l'essai n'ont pas permis de déceler une réponse écosystémique sur le lac Supérieur et les lacs Michigan-Huron. Cependant, avec la mise en œuvre du Plan 2012, l'un des secteurs susceptibles d'être vulnérables aux changements dans un plan de régularisation était l'écosystème de la rivière Sainte-Marie. Pour commencer à aborder cette zone particulière, un modèle hydrodynamique bidimensionnel a été élaboré par l'USACE pour couvrir toute l'étendue de la rivière Sainte-Marie. Les travaux de 2017 ont porté sur la reconstitution des scénarios de débit contrôlé de 2015. En 2015, une stratégie de vannes partiellement ouvertes a été mise en œuvre pour répartir plus uniformément l'eau dans les rapides. Ces scénarios ont été comparés à une approche plus traditionnelle d'ouverture complète. La profondeur et la vitesse de l'eau ont été calculées sur une grille d'environ 4 m (13,1 pi) dans l'ensemble des rapides. Ces données, combinées au LiDAR, aux données photogrammétriques, à la température et à des données biologiques limitées, ont été compilées à l'aide d'un MIRE mis au point pour les rapides de la rivière Sainte-Marie. Le MIRE prévoit des zones où diverses espèces de poissons sont susceptibles de frayer et où leurs alevins peuvent survivre. Les travaux devraient se poursuivre à l'avenir dans le but d'optimiser l'habitat en fonction du Groupe de travail sur les pêches de la rivière Sainte-Marie. Par exemple, une équipe de la « US Geological Survey (USGS) Biological Station » a reçu un financement de l'USEPA pour l'exercice 2018 pour un plan d'échantillonnage triennal visant à prélever des larves de poisson dans les rapides de la rivière Sainte-Marie. Les échantillons prélevés et les espèces enregistrées serviront de validation future pour le MIRE2 relatif aux Grands Lacs d'amont par rapport aux espèces cibles pour le frai dans les rapides (esturgeon jaune, corégone et doré jaune). De plus, une demande de proposition pour 2018 (par l'entremise de l'Initiative internationale des bassins hydrographiques de la CMI) a été faite pour appuyer la collecte de sonars latéraux identifiant le substrat dans les rapides Sainte-Marie et la rivière Sainte-Marie. Le projet consistera à produire une carte qui détaillera l'emplacement du limon, de l'argile, de la boue, du sable, des galets ou du substrat rocheux dans la zone du projet. Les emplacements spatiaux du substrat permettront d'obtenir une résolution plus fine dans le modèle éco-hydraulique du MIRE et d'améliorer la prévision de

l’habitat de frai des espèces cibles et l’influence des changements de niveau d’eau et de vitesse dans les rapides.

On s’attend à ce que le travail de modélisation se poursuive dans le but d’optimiser l’habitat en fonction des extrants du modèle écohydraulique et des conseils du Groupe de travail sur les pêches de la rivière Sainte-Marie.

Principales constatations et prochaines étapes : Il est clair que le comité GAGL a besoin d’un modèle éco-hydraulique entièrement fonctionnel dans les rapides Sainte-Marie pour établir les répercussions de divers scénarios de dissémination sur les habitats de frai des espèces indigènes. Bien qu’un MIRE2 soit en développement, il n’est pas prêt à produire des résultats fiables au moment de la rédaction du présent rapport. Une fois le modèle mis à jour, étalonné et validé, les résultats pourront servir à orienter l’élaboration éventuelle d’indicateurs de performance environnementale pour les rapides de Sainte-Marie. De plus, l’Université McMaster mène actuellement des recherches dans la baie Georgienne et ECCC effectue d’autres études qui pourraient aider à valider les hypothèses selon lesquelles les fluctuations du niveau d’eau sont bénéfiques pour la santé des terres humides.

5.6.2 LAC ONTARIO – FLEUVE SAINT-LAURENT – Écosystème

Sensibilité au niveau d’eau et au débit : Trente et un indicateurs de performance de l’écosystème ont été élaborés pour le lac Ontario, le cours supérieur du fleuve Saint-Laurent (en amont du barrage) et le cours inférieur du fleuve Saint-Laurent (en aval du barrage) pendant la LOSLRS. Ces indicateurs ont été choisis par des experts en fonction de leur sensibilité aux changements du niveau d’eau, de leur importance en matière de fonctions et de services écosystémiques pour une région donné et d’une confiance envers les résultats scientifiques. Les terres humides côtières constituent une zone de transition importante entre les eaux libres et les terres sur le plan écologique et diversifiée sur le plan biologique. L’indicateur relatif aux marais côtiers pour le lac Ontario a été établi comme indicateur fondamental de la réponse de l’écosystème aux changements du niveau d’eau, car il fournit une végétation diversifiée reflétant l’histoire de l’étendue et de la durée des changements du niveau d’eau et fournit un habitat important aux espèces.

Au cours des 20 dernières années, de nombreuses études ont indiqué que la série d’indicateurs de rendement élaborés pour l’étude initiale répondrait, à divers degrés, au niveau et au débit d’eau extrême. Une période de crues, par exemple, comme celle qui a eu lieu en 2017 sur le lac Ontario, devrait avoir pour effet de forcer la zone arbustive d’un milieu humide à se déplacer vers une altitude plus élevée et de permettre l’expansion des communautés des marais. La surveillance de la façon dont les habitats des milieux humides côtiers changent en fonction de l’élévation est importante pour distinguer l’influence de la gestion du niveau d’eau et d’autres facteurs qui jouent un rôle dans les changements d’habitat, comme les espèces envahissantes, les modifications aux zones sèches adjacentes ou d’autres changements dans les apports hydrologiques. Toutefois, du point de vue d’une mobilisation des ressources, il n’est pas possible d’examiner les réponses de tous les indicateurs de rendement de la LOSLRS aux conditions de

2017. Par conséquent, les efforts se sont concentrés sur l'identification des indicateurs les plus touchés et des indicateurs qui faisaient déjà l'objet d'un suivi. Les indicateurs théorisés pour montrer une réponse importante aux hautes eaux, y compris ceux qui ont été surveillés en 2017, comme le marais, sont présentés dans cette section et plus en détail à l'annexe 1 de la LOSLRS – Évaluation des effets. Des efforts visant à élaborer des méthodes pour des programmes de surveillance à long terme afin de recueillir des données sur la réponse des indicateurs à l'avenir ont été déployés et des programmes de surveillance détaillés sont en cours d'élaboration.

À la suite de la LOSLRS, il a été conclu que, dans le cadre du Plan 2014, une variabilité plus naturelle du niveau d'eau produirait des gains environnementaux importants comparativement au Plan 1958-DD précédent. Les fortes corrélations entre les types de plantes et l'historique des inondations fournissent des preuves scientifiques. Afin d'évaluer efficacement les répercussions de l'événement de 2017 sur l'écosystème, plusieurs efforts ont été suivis. Des relevés des communautés végétales des milieux humides ont été effectués dans les zones désignées du lac Ontario où des relevés avaient été effectués au cours des dernières années. Les relevés effectués avant 2017 fournissent une base de référence comparative pour le rendement du marais en 2017. De plus, divers organismes gouvernementaux fédéraux, étatiques et provinciaux qui menaient des études sur des espèces relatives de poissons et d'animaux qui constituent certains des indicateurs de rendement étaient disposés à collaborer à leurs conclusions et à fournir un aperçu de la façon dont ces indicateurs ont fonctionné en 2017. Sur la partie en aval du fleuve Saint-Laurent, bien qu'il y ait de nombreux indicateurs écosystémiques qui sont sensibles aux changements du niveau d'eau, on ne s'attend pas à un changement important du niveau d'eau entre l'ancien plan et le nouveau plan. Néanmoins, les événements extrêmes de 2017 offrent un bon examen des résultats modélisés.

Lorsqu'il est question des impacts de niveau d'eau élevé sur les indicateurs de performance de l'écosystème, il faut souligner qu'un grand nombre d'indicateurs environnementaux réagissent aux cycles saisonniers et pluriannuels et qu'il faut du temps pour réagir. Bon nombre des indicateurs de performance qui font actuellement l'objet d'un suivi devraient avoir des effets mesurables en raison du niveau d'eau élevé pendant plusieurs années et non pas en quelques mois. Ce fait demeure un défi pour le comité GAGL. Il est impossible de faire rapport de certains des impacts sur les écosystèmes en raison du niveau d'eau élevés de 2017 sur le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent avant qu'ils ne se concrétisent. Pour ce rapport, la section sur l'écosystème porte sur les données recueillies à ce jour et sur les résultats des modèles et l'opinion d'experts sur les résultats attendus. Un suivi sera nécessaire pour déterminer si ces résultats se concrétiseront au cours des prochaines années.

Résumé des impacts observés en 2017 : Les impacts du niveau d'eau élevé de 2017 sur le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent ne sont pas clairs pour l'instant. Certains résultats préliminaires des efforts de surveillance des terres humides indiquent une certaine réaction de la végétation même au cours de l'année de niveau d'eau élevé. Les résultats du modèle de la partie aval du fleuve Saint-Laurent sont mitigés. Il reste beaucoup de collecte et d'analyse de données à faire. Les données recueillies en 2017 peuvent être utilisées pour éclairer les années

comparatives à venir. Les impacts observés sur les communautés végétales des milieux humides sont résumés dans les relevés de 32 sites précis autour de l'ensemble de la rive du lac Ontario. Les résultats de cette enquête sont résumés à l'annexe 1 – Évaluation des effets.

Les efforts d'analyse des milieux humides du Service canadien de la faune et du New York Department of Environmental Conservation (NYDEC), appuyés par l'Initiative internationale des bassins hydrographiques de la CMI, comprennent des informations sur les effets initiaux sur les communautés de plantes des milieux humides à des altitudes supérieures aux communautés typiques des marais. Le NYDEC et le SCF se sont engagés à partager les données et à poursuivre l'analyse à l'aide de la méthode d'ordination évaluée par les pairs utilisée pour délimiter les communautés végétales des milieux humides. Un résumé des efforts de surveillance du SCF et du New York Natural Heritage Program (sous l'égide du NYDEC) est inclus à l'annexe 1 – Évaluation des effets. Il est à noter que l'on ne s'attendait pas à ce que l'étendue complète de l'inondation de ces communautés situées à une élévation plus élevée soit réalisée pour l'effort de contrôle de cette année, mais les premières indications de la surveillance de cette année indiquent effectivement une certaine réaction de la végétation. Une surveillance plus poussée sera nécessaire au cours des prochaines années pour déterminer comment ces réactions de la végétation se refléteront dans les années à venir.

Plusieurs autres indicateurs de rendement devraient être touchés en raison des conditions de 2017. À ce stade-ci, aucune donnée n'a été recueillie sur ces indicateurs de rendement pour corroborer les impacts prévus. D'autres efforts sont déployés pour établir des réponses à partir de ces indicateurs de rendement. Voici d'autres indicateurs de rendement qui devraient être touchés par les conditions de 2017 :

- Les changements dans l'habitat de nidification des oiseaux en raison de la disponibilité d'espèces végétales particulières recherchées par les espèces d'oiseaux en voie de disparition ou menacées;
- Dépérissement du typha (quenouilles) en raison d'une exposition à long terme à un niveau d'eau élevé, comme le prévoit le modèle des milieux humides;
- Invasion possible de phragmites pour remplacer les quenouilles après la perturbation;
- Frai accru des poissons en raison de l'expansion des frayères; les inondations élargissent le littoral, ce qui offre un meilleur abri pour le frai et la survie des poissons;
- Les rivages subissant de lourdes pertes d'arbres créant des champs de débris et les impacts connexes sur la qualité de l'eau et/ou l'habitat des espèces; et
- Les modifications des rives comme le rétrécissement des dunes et la perte subséquente d'habitat pour les oiseaux nichant dans les dunes, et l'ouverture de brèches dans les cordons littoraux, ce qui expose les terres humides protégées aux vagues.

Le Comité GAGL participe activement à l'élaboration de programmes de surveillance à long terme pour recueillir des données de réponses relatives à des indicateurs de rendement

spécifiques. Dans le cadre de cet effort, le projet sur l'état des connaissances de la télédétection quant aux indicateurs écosystémiques est en cours (un projet de l'Initiative internationale des bassins hydrographiques de la CMI (Ryerson, 2018)) et devrait fournir des méthodologies précises pour établir des programmes de surveillance à long terme que le Comité GAGL pourrait gérer avec ses ressources limitées.

Évaluation de la modélisation : La LOSLRS a mis au point un vaste MIRE couvrant 32 indicateurs environnementaux, notamment les habitats des zones humides côtières, ainsi que les oiseaux, les poissons, les mammifères, les invertébrés, les amphibiens et les reptiles qui sont directement touchés par le niveau d'eau et le débit du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent pendant une partie importante de leur cycle de vie. Afin de déterminer les indicateurs de rendement spécifiques du lac Ontario et du cours supérieur du fleuve Saint-Laurent touchés par les conditions de 2017, deux approches ont été utilisées. La première était une analyse des algorithmes originaux des indicateurs de rendement de la LOSLRS établissant un lien entre les résultats et le niveau d'eau et une comparaison des seuils associés à ces algorithmes et des conditions observées en 2017 indiquant les effets sur des indicateurs d'espèces spécifiques. La deuxième était une analyse des résultats du MIRE utilisant une année d'apport d'eau représentative de la série historique pour représenter les conditions observées en 2017.

Les algorithmes des indicateurs de rendement de la LOSLRS ont été élaborés avec l'aide de divers experts professionnels qui ont établi des paramètres pour certains des indicateurs d'espèces les plus critiques. Afin d'établir quelles espèces ont probablement été touchées par les conditions de 2017, on a procédé à une évaluation des fluctuations du niveau d'eau et des niveaux statiques des quarts de mois quant aux algorithmes de chaque indicateur qui ont été identifiés comme étant des indicateurs environnementaux clés dans le cadre de la LOSLRS. Ces algorithmes définissent des conditions particulières au cours des quarts de mois qui devraient avoir une incidence sur le rendement de cette espèce cette année-là. Par exemple, au cours des quarts de mois 18 à 26 (environ de la deuxième semaine de mai à la deuxième semaine de juillet), les fluctuations du niveau d'eau du lac Ontario qui dépassent une augmentation ou une baisse de plus de 0,2 m (0,66 pi) par quart de mois (environ une semaine) devraient avoir une incidence négative sur les oiseaux des terres humides, le petit blongios et la Sterne noire, qui sont considérés comme des espèces en péril et désignés comme vulnérables par le MRNF et menacés ou en voie de disparition par le NYSDEC. Les conditions de 2017 ne dépassaient pas une fluctuation de 0,2 m (0,66 pi) au cours d'un quart de mois donné dans la période visée, de sorte que l'algorithme n'a pas prévu d'impact négatif pour ces espèces. Un autre facteur du taux de réussite de ces oiseaux des milieux humides est la profondeur moyenne de l'eau sous les nids dans les marais émergents des terres humides. Pour que la nidification soit réussie, le petit blongios a besoin d'une profondeur d'eau moyenne entre 0,2 mètre (0,66 pi) et 1 mètre (3,28 pi) sous son nid. L'élévation moyenne des marais émergents pour tous les types de milieux humides hydromorphiquement classifiés en 2017 était de 74,92 m (245,80 pi), tel qu'établi dans l'analyse d'échantillonnage sur le terrain de 2017 des terres humides américaines. En 2017, le lac Ontario a atteint une crête de 75,88 m (248,95 pi) au cours du quart de mois 21, ce qui se traduit par une profondeur moyenne d'eau de 1,04 m (3,41 pi) dans la zone des marais émergents. Cette valeur est légèrement supérieure à la profondeur d'eau maximale prévue par l'algorithme sous les nids

des petits blongios à plusieurs endroits différents dans les périodes sensibles du quart de mois. Par conséquent, l'algorithme a déterminé que les conditions de 2017 ont eu des conséquences négatives sur le potentiel de reproduction du petit blongios. Parmi les indicateurs environnementaux clés évalués, le petit blongios est le seul à avoir souffert des conditions de 2017.

Les essais de modélisation de la deuxième approche effectués sur les indicateurs de rendement de l'écosystème ont révélé qu'une année comparative de niveau d'eau élevé choisie à partir de l'ensemble historique d'apports d'eau a produit les effets les plus importants dans les indicateurs de rendement du petit blongios, du râle de Virginie, de la sterne noire et de la densité de logement du rat musqué dans le cours supérieur du fleuve Saint-Laurent. L'algorithme original de l'étude a révélé une incidence importante sur ces espèces d'oiseaux en raison de niveau d'eau élevé des mois de mai, juin et juillet. Cela signifie, bien sûr, que l'événement de 2017 devrait avoir un effet très positif sur ces indicateurs de rendement. Bien que les résultats du modèle exploratoire aient indiqué des effets positifs importants sur la densité des logements de rats musqués, l'algorithme de l'étude a mis l'accent sur les effets sur cet indicateur de rendement durant la période de niveau d'eau élevé de septembre à février. Bien que le niveau d'eau ait été beaucoup plus bas à l'automne comparativement au niveau record du printemps et du début de l'été, il est demeuré bien au-dessus de sa moyenne pendant les mois d'automne. Le NYDEC a un programme de contrôle permanent du rat musqué qui pourrait aider à valider l'algorithme pour cet indicateur de rendement dans les années à venir, mais les données sur le rat musqué n'étaient pas disponibles avant l'achèvement du présent rapport.

Algorithme des terres humides du lac Ontario

Le MIRE calcule l'élévation de la végétation des terres humides en fonction du niveau d'eau du lac Ontario en utilisant :

- *l'élévation de l'assèchement* (niveau d'eau le plus élevé au cours du quart de mois) pour la réaction de la végétation aux conditions sèches; et
- *l'élévation de la crue* (quatrième niveau d'eau le plus élevé au cours du quart de mois aux alentours du pic pour représenter le mois où la crue était la plus élevée) pour la réaction de la végétation aux conditions humides.

On s'attend à ce qu'un niveau d'eau élevé, comme celui de 2017, crée des inondations et entraîne la mort des arbres et arbustes des hautes terres et des marais jusqu'à l'élévation maximum de l'inondation. L'élévation de l'inondation de 2017 décrit ci-dessus est de 75,81 m SRIGL85 (248,72 pi), et l'algorithme du MIRE prédit que l'élévation de la communauté végétale des marais où prédominent les quenouilles pourrait augmenter jusqu'à 75,81 m SRIGL85 (248,72 pi). L'algorithme du MIRE est actuellement programmé de manière à ce que la végétation réponde au niveau d'eau de l'année précédente, c'est-à-dire qu'on s'attend à ce que les arbres et arbustes des hautes terres et les marais meurent en 2018, un an après les crues de 2017. Les conditions de 2017 ont amené l'algorithme du MIRE à prévoir que la végétation des hautes terres et des marais ne serait pas impacté en 2017 par le niveau d'eau élevé. Selon l'algorithme du MIRE, ces communautés végétales devraient mourir jusqu'à l'élévation

75,81 m SRIGL85 (248,72 pi) en 2018. Cette question est abordée plus en détail à l'annexe 1 – Évaluation des effets.

Analyse du MIRE du cours inférieur du fleuve Saint-Laurent pour 2017 : Plusieurs indicateurs de performance environnementale ont été élaborés pendant la LOSLRS afin de quantifier/qualifier les impacts de l'écoulement régularisé sur la faune et la flore de la partie aval du fleuve Saint-Laurent. Les 11 indicateurs présentés à l'annexe 1 – Évaluation des effets sont les indicateurs clés choisis parmi un grand nombre d'indicateurs environnementaux (plus de 200) élaborés pour le cours inférieur du fleuve Saint-Laurent qui se révèlèrent les plus sensibles, importants et possédant le plus haut degré de certitude en termes de résultats scientifiques et modélisés. Les résultats du modèle des conditions de 2017 pour ces 11 indicateurs se trouvent à l'annexe 1 – Évaluation des effets et indiquent un mélange de pointages positifs et négatifs entre les indicateurs de rendement démontrant ce à quoi le modèle s'attendrait dans ces conditions. Le Comité GAGL n'a pas encore été en mesure de retracer les données de surveillance pour aider à vérifier les résultats du modèle.

Principales constatations et prochaines étapes : Lorsqu'on discute des impacts du niveau d'eau élevé sur les indicateurs de performance de l'écosystème, il faudrait insister que bon nombre des indicateurs environnementaux réagissent aux cycles saisonniers et pluriannuels et conséquemment prennent du temps à réagir. Plusieurs des indicateurs de performance qui font actuellement l'objet d'un suivi devraient présenter des impacts mesurables en raison d'un événement de niveau d'eau élevé répartit sur plusieurs années et non pas sur la base de quelques mois.

Les données de terrain provenant de la surveillance des terres humides canadiennes effectuée par le SCF en 2017 (projet de l'Initiative internationale sur les bassins hydrographiques de la CMI) montrent une réduction du pourcentage de couverture des marais par rapport à 2015. Il faut s'y attendre puisque l'inondation de ces espèces pendant la saison de croissance affecte les espèces dans les marais, ce qui réduit la superficie couverte par cette guilde de végétation en particulier. Il convient de noter que les changements dans l'étendue de la guilde résultant du niveau d'eau de 2017 ne seront pas immédiatement évidents, car il y a un décalage dans la réaction des diverses communautés végétales. Afin de veiller à ce que la réaction des terres humides aux conditions de 2017 soit mesurée et enregistrée adéquatement, le Comité GAGL a conclu une entente avec le SCF en 2018 pour effectuer la surveillance des terres humides à 16 sites au Canada. L'objectif de l'effort de collecte de 2018-2019 est d'évaluer la zone de végétation à ces 16 sites. Les données recueillies dans le cadre de cet effort de surveillance fourniront un ensemble de données qui pourront être utilisées pour suivre la réaction des terres humides aux conditions de 2017 au fil du temps. Il est essentiel que ces données soient recueillies au cours des prochaines années pour valider le modèle et pour l'évaluation future de l'indicateur de rendement de l'intervention sur les terres humides du lac Ontario.

En plus du besoin immédiat de relevés sur le terrain, le comité GAGL étudie activement les méthodes possibles de programmes de surveillance à long terme qui peuvent être appliqués à divers indicateurs de performance des écosystèmes. Au cours de la collecte de données de 2017 du comité GAGL, on a déterminé qu'il fallait des données de surveillance des indicateurs de performance propres aux espèces de la section aval du fleuve Saint-Laurent. Il n'y avait pas de données de surveillance disponibles à partir de 2017 qui permettraient de vérifier les résultats des essais du MIRE dans la partie aval du fleuve Saint-Laurent. Il est essentiel d'élaborer un plan pour recueillir des données sur les indicateurs de performance des espèces dans la partie aval du fleuve Saint-Laurent afin de pouvoir valider les résultats du modèle à l'avenir. Les technologies de télédétection sont à l'étude pour aider à orienter cet effort, et un atelier d'experts en matière de télédétection a eu lieu les 26 et 27 mars 2018 (Ryerson, 2018). Cet effort reposera sur la mise en œuvre de la première étape pour déterminer les indicateurs de performance qui conviennent le mieux à un plan de surveillance à long terme et à l'élaboration du plan de surveillance en fonction de ce petit ensemble d'indicateurs.

5.7 Navigation de plaisance et tourisme

Le GEIGLA a examiné les effets du niveau d'eau sur les activités de navigation de plaisance, les marinas et le tourisme côtier, y compris la circulation des navires de croisière (GEIGLA, 2012). Un indicateur de rendement de la navigation de plaisance et du tourisme a été utilisé pour évaluer les plans de régularisation pendant le GEIGLA. L'indicateur était le changement de disponibilité des cales de mise à l'eau dans la zone d'étude et il était représenté comme une note de passage/échec selon que les changements étaient considérés comme disproportionnés pour un lac ou une région en particulier. Les secteurs du tourisme côtier et des navires de croisière n'étaient pas représentés par un indicateur de rendement. Les données sur les activités et les tendances liées à la navigation de plaisance sont assez limitées et ont été identifiées comme un domaine qui nécessitait une étude plus approfondie par la gestion adaptative (GEIGLA, 2012).

Au cours de la LOSLRS, le groupe d'intérêt de la navigation de plaisance a été défini comme incluant « la navigation de plaisance et la pêche, les marinas et l'industrie des navires de croisière » (CMI, 2014). Comme l'indique le rapport du Plan 2014 de la CMI, « l'analyse entreprise dans le cadre de l'étude de la CMI sur le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent a révélé que les plaisanciers des États-Unis et du Canada ont dépensé environ 430 millions de dollars en excursions de plaisance sur le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent en 2002 » (CMI, 2014). Les principaux indicateurs de performance étaient le nombre total possible de jours de navigation perdus et la valeur économique nette perdue (volonté de payer). Ces mesures fournissent une estimation des pertes tant récréatives qu'économiques au fur et à mesure que le niveau d'eau change (CMI, 2006). L'indicateur de rendement de la volonté de payer a été élaboré en fonction des estimations du nombre de jours de navigation et de la valeur économique nette selon l'étendue d'eau, le pays (É.-U. ou Canada), la méthode d'accès à l'eau (quai privé, marina, rampe de mise à l'eau, bateau affrété), le type de bateau (à voile ou à moteur) et la longueur de l'embarcation. La valeur économique nette a été estimée selon la volonté des plaisanciers de

payer un montant supplémentaire à celui qu'ils paient déjà pour pratiquer la navigation de plaisance. L'indicateur de rendement a été appliqué en fonction des régions géographiques qui comprenaient le lac Ontario, le partie amont du fleuve Saint-Laurent divisé en trois sections appelées baie Alexandria, Ogdensburg et lac Saint-Laurent, et le cours inférieur du fleuve Saint-Laurent, qui a été divisé en sections : le lac Saint-Louis, Montréal et le lac Saint-Pierre (voir la figure 5-39).**Error! Reference source not found.**

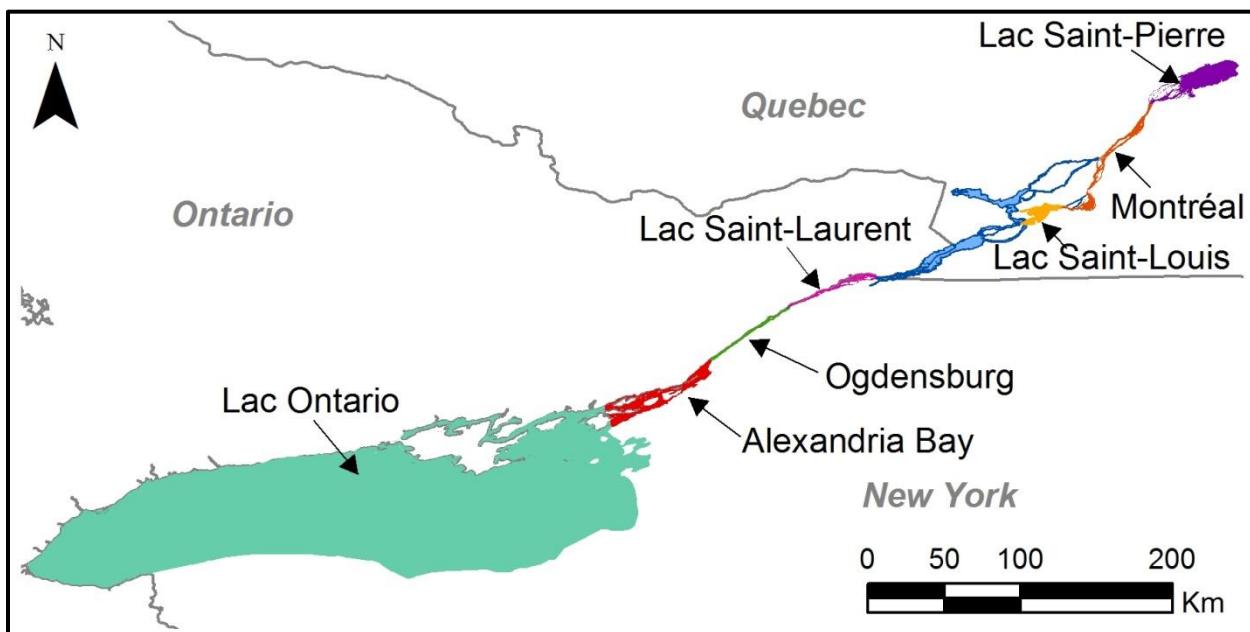


Figure 5-39 : Les étendues d'eau pour la navigation de plaisance utilisées pour l'indicateur de rendement de la navigation de plaisance (Source : Groupe d'étude international sur le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent, 2006, annexe 2)

Le tourisme a été pris en considération lors de la LOSLRS dans le cadre des activités du Groupe de travail technique sur la navigation de plaisance et le tourisme. Cependant, comme on peut le lire à la page 39 de l'annexe 2 de la LOSLRS (2006), « les conseillers économiques de l'étude ont recommandé que les résultats de l'IMPLAN (modèle d'analyse d'impact et de planification) lié au tourisme ne soient pas utilisés parce qu'ils ne sont pas comparables aux mesures utilisées par d'autres groupes d'intérêt ». Par conséquent, le principal indicateur des répercussions sur la navigation de plaisance et le tourisme était la volonté de payer pour les activités de navigation de plaisance.

5.7.1 GRANDS LACS D'AMONT – Navigation de plaisance et tourisme

Sensibilité au niveau d'eau et au débit : Bien que les plaisanciers et les exploitants de marinas soient sensibles aux fluctuations du niveau d'eau des Grands Lacs d'amont, y compris les

niveaux d'eau bas et élevés, les activités des marinas ont été plus durement touchées par le bas niveau d'eau que par celui élevé (GEIGLA, 2012).

Au cours du GEIGLA, des zones d'adaptation (pour obtenir des explications, voir la section 5.1.1) ont été élaborées afin de décrire les impacts potentiels du niveau d'eau variable pour le secteur de la navigation de plaisance (tableau 5-6).

Tableau 5-6 : Résumé des zones d'adaptation à la navigation de plaisance par rapport aux cales de mise à l'eau des marinas. (Source : GEIGLA, 2012)

	Zone A	Zone B	Zone C
Niveau d'eau maximum (m)	Supérieur : 184,3 Michigan-Huron : 177,3 Érié : 174,8	Supérieur : Il y a une augmentation de la zone A à la zone C entre 184,3 et 184,6 Michigan-Huron : 177,3 (selon les chiffres portant sur la « Perte d'exploitation » et la « Perte de cales de mise à l'eau », il y a une augmentation de la zone A à la zone C après 177,3) Érié : 174,8 – 174,95	Supérieur : > 184,6 Michigan-Huron : > 177,6 Érié : > 174,95
Niveau d'eau minimum (m)	Supérieur : 182,8 Michigan-Huron : 176,1 Érié : 173,61	Supérieur : 182,5 Michigan-Huron : 175,5 Érié : 173,61 – 173,46	Supérieur : <181,9 Michigan-Huron : < 175,2 Érié : < 173,46
Taux de variation	Les baisses ou les hausses rapides sont généralement considérées comme négatives, car les intérêts n'ont pas le temps de s'ajuster.	Un retour rapide au régime de la zone A serait bénéfique. Une autre baisse/augmentation ou une période prolongée à cette élévation pourrait pousser l'intérêt vers la zone C	Toute période de temps passée dans la zone C rendrait difficile le maintien en service d'un grand nombre de marinas
Perte par cale de mise à l'eau	Moins de 5 %	5 % – 30 %	Plus de 30 %
Adaptation	Des mesures seront prises pour protéger l'investissement même dans cette zone, mais les dépenses sont conformes aux attentes.	Propriétaires susceptibles de prendre des mesures pour protéger leur investissement. Pourrait les rendre plus résilients la prochaine fois que le niveau est extrême et les aider avec le niveau dans la zone A	Les mesures d'adaptation actuelles ne suffisent pas à assurer la protection des rives ou sont inutiles parce que le niveau d'eau est tellement bas. Les zones de danger ont été dépassées
Indicateurs suggérés pour l'évaluation des seuils	Pertes de cales de mises à l'eau et réponses d'entrevue concernant les taux de « fermetures d'entreprises »	Pertes de cales de mises à l'eau et réponses d'entrevue concernant les taux de « fermetures d'entreprises »	Pertes de cales de mises à l'eau réponses d'entrevue concernant les taux de « fermetures d'entreprises »

Le GEIGLA a conclu que la navigation de plaisance ne serait pas touchée de façon mesurable par un changement du Plan 1977A au Plan 2012 (aucune perte disproportionnée). Cette évaluation était fondée sur une mesure de la facilité d'utilisation des cales de mise à l'eau et sur une note de passage/échec fondée sur la question de savoir si une région du système pourrait être défavorisée par rapport à une autre région.

Résumé des impacts observés en 2017 : En général, le niveau d'eau légèrement supérieur à la moyenne dans les Grands Lacs d'amont est considéré comme bénéfique pour le secteur de la navigation de plaisance, car il permet aux embarcations de plaisance d'entrer et de sortir plus facilement des marinas et des ports. Toutefois, aucune donnée n'a été recueillie à ce jour par le Comité GAGL pour documenter les effets négatifs ou positifs du niveau d'eau supérieur à la moyenne en 2017 sur le secteur de la navigation de plaisance et du tourisme. Il n'y a pas eu de rapports négatifs au CICLS en 2017 et le niveau d'eau de 2017 correspond aux zones d'adaptation définies par le GEIGLA pour la navigation de plaisance (figures 5-40 à 5-42). Il n'y a pas eu de validation officielle de ces zones d'adaptation depuis l'étude de 2012 du GEIGLA.

En 2017, le niveau d'eau du lac Érié se situait près ou au-dessus de la zone A de transition maximale. Les vulnérabilités attendues et les pertes de cales de mise à l'eau décrites dans les zones A (< 5 %) sont étroitement représentatives des reportages des médias de 2017 où il y a eu des impacts négatifs temporaires sur les quais flottants, mais aucune perte ou dommage permanent aux cales de mise à l'eau et à l'accès.

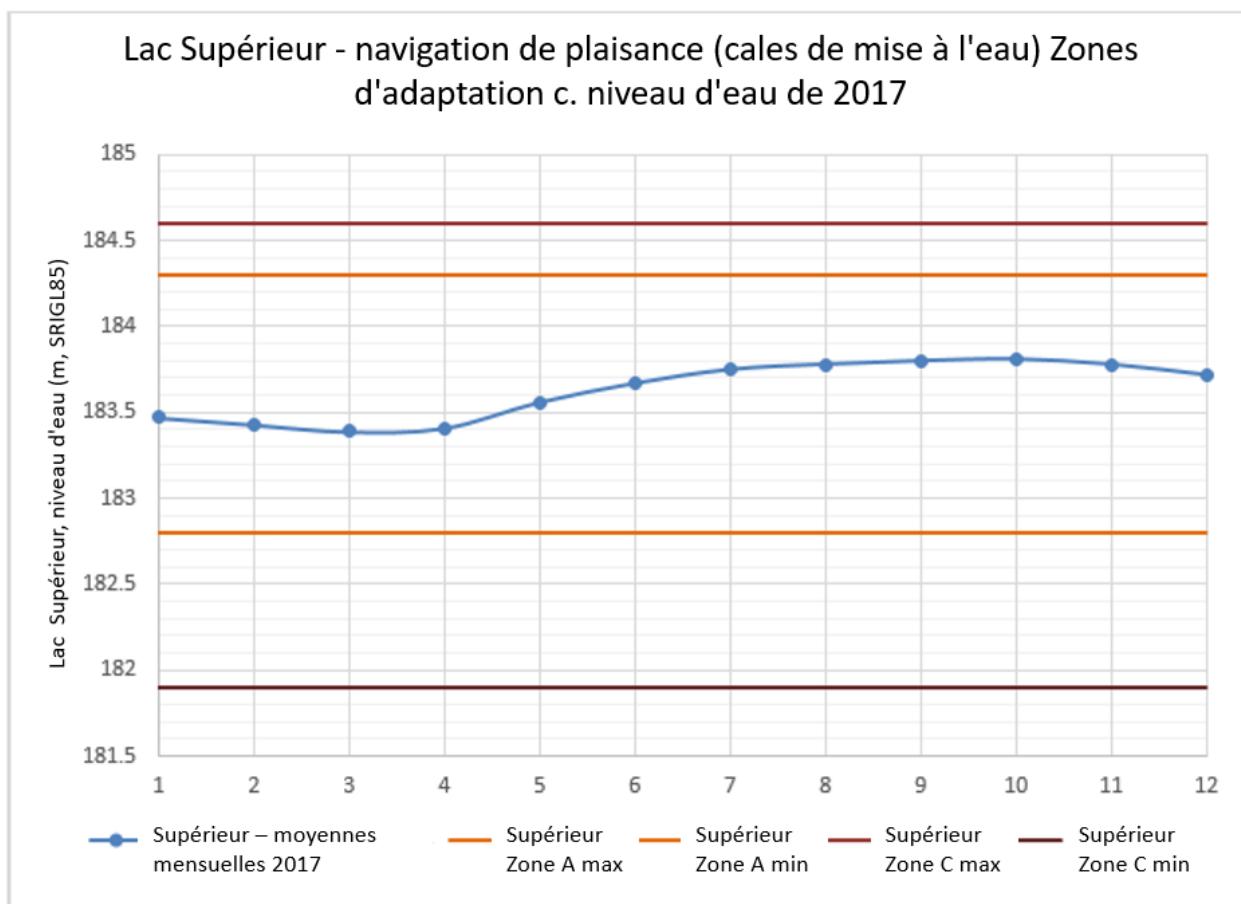


Figure 5-40 : Zones d'adaptation pour la navigation de plaisance sur le lac Supérieur (cales de mise à l'eau des marinas) comparativement au niveau d'eau de 2017 (source : USACE, district de Détroit)

Michigan-Huron - navigation de plaisance (cales de mise à l'eau)
Zones d'adaptation c. niveau d'eau de 2017

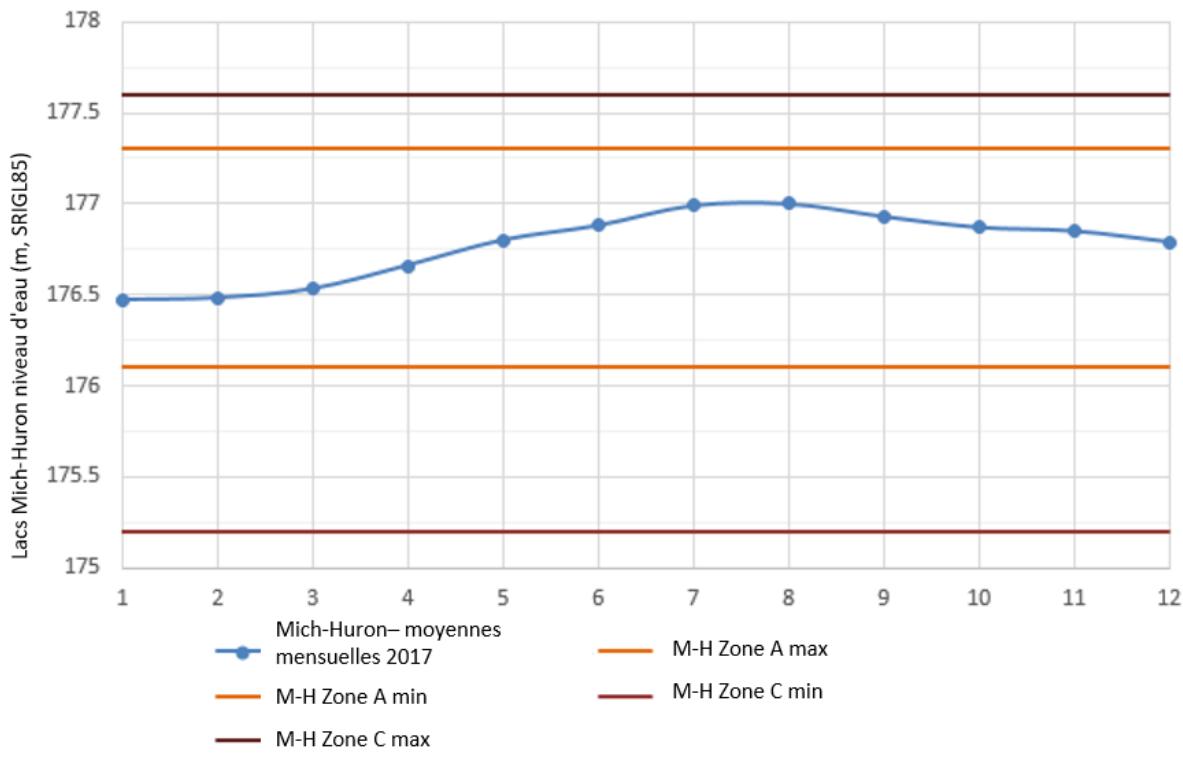


Figure 5-41 : Zones d'adaptation pour la navigation de plaisance sur les lacs Michigan-Huron (cales de mise à l'eau) comparativement au niveau d'eau de 2017 (source : USACE, district de Détroit)

Lac Érié - navigation de plaisance (cales de mise à l'eau) Zones d'adaptation c. niveau d'eau de 2017

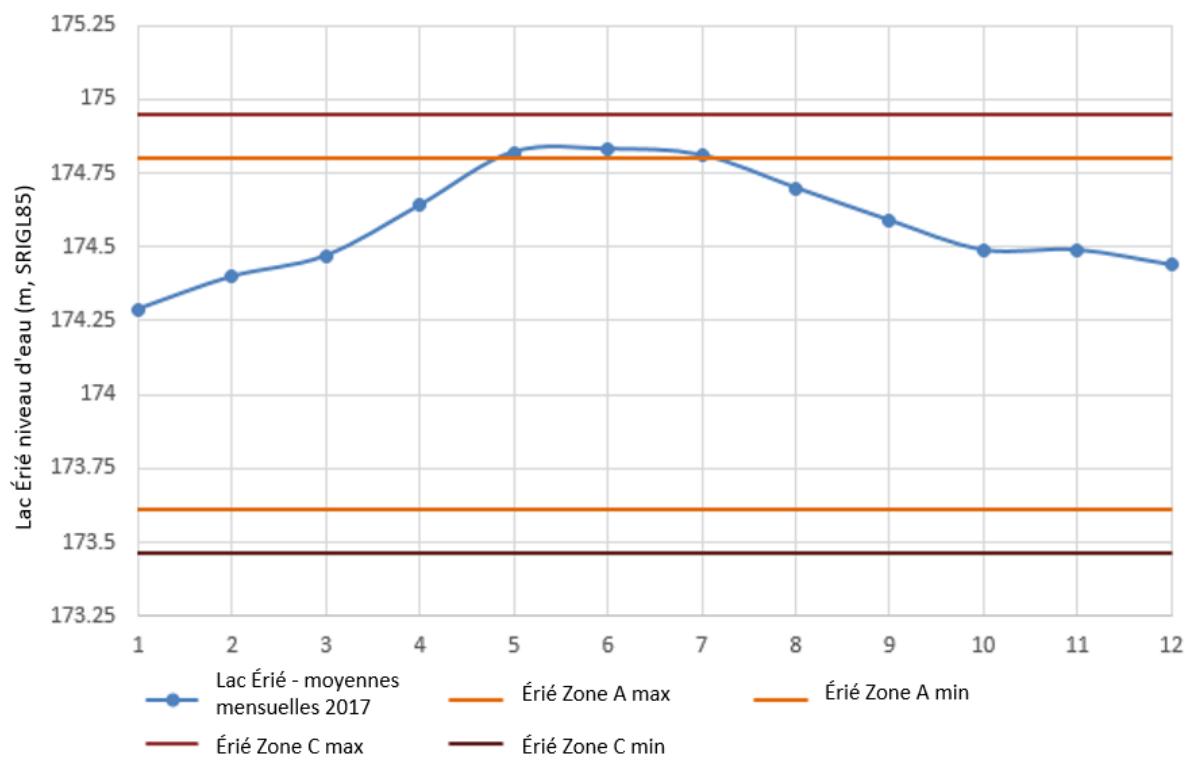


Figure 5-42 : Zones d'adaptation pour la navigation de plaisance sur le lac Érié (cales de mise à l'eau) comparativement au niveau d'eau de 2017 (source : USACE, Detroit)

Évaluation du modèle : Le comité GAGL n'a pas tenté de valider l'indicateur de rendement utilisé pendant le GEIGLA, c'est-à-dire le changement de disponibilité des cales de mise à l'eau dans la zone d'étude représentée comme un score de réussite/échec, ou les zones d'adaptation établies pendant le GEIGLA. On examinera cette question dans le futur alors que le comité GAGL se penchera sur les besoins et les priorités, puisque ce secteur est minimalement touché par le plan de régularisation.

Principales constatations et prochaines étapes : La navigation de plaisance et les activités touristiques sur les Grands Lacs d'amont ne semblent pas avoir été touchées négativement en 2017, à l'exception de certaines répercussions sur les exploitants de marinas du lac Érié. Autrement, il semble que le niveau de 2017 ait été généralement positif pour la navigation de plaisance. Étant donné que cet intérêt n'est pas particulièrement sensible aux changements de la régularisation du débit du lac Supérieur, on ignore encore quel effort sera consacré à ce secteur dans les analyses futures, ou si l'information existante est suffisante.

5.7.2 LAC ONTARIO-FLEUVE SAINT-LAURENT – Navigation de plaisance et tourisme

Sensibilité au niveau d'eau et au débit : Comme dans le cas des Grands Lacs d'amont, les plaisanciers du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent sont sensibles au bas et haut niveau d'eau. Dans le cadre de l'élaboration des indicateurs de performance de la LOSLRS, les impacts pendant les périodes d'étiage ont été jugés particulièrement critiques, car l'activité de navigation de plaisance diminue et s'arrête même à certains endroits. Cela s'explique par le bas niveau d'eau qui réduit la capacité d'utiliser les rampes de mise à l'eau ou qui rend les quais inutilisables en raison du tirant d'eau limité pour les types de bateaux qui utiliseraient normalement de telles installations. Bien entendu, les impacts se font également sentir dans des conditions de niveau d'eau élevé, comme celles observées en 2017, car les possibilités de navigation de plaisance sont réduites lorsque le niveau d'eau inonde les quais non utilisés pour le chargement ou les rampes d'embarcations. Les impacts peuvent varier d'un site à l'autre, certains emplacements ayant des eaux plus profondes et des quais flottants capables de tolérer une plus grande variabilité du niveau d'eau comparativement aux emplacements ayant des quais peu profonds et/ou non flottants (voir la figure 5-43). Les activités de navigation de plaisance varient selon les saisons et pendant la LOSLRS, les estimations de la volonté de payer ont été ajustées mensuellement d'avril à octobre. La grande majorité des activités nautiques se déroulent habituellement entre la fin juin et le début septembre, ce qui rend le niveau d'eau particulièrement important pour ce secteur lorsqu'on compare la performance globale du plan de régularisation.



Figure 5-43 : Plate-forme ajoutée au quai fixe pour avoir accès au voilier, ruisseau Oak Orchard dans le comté d'Orleans (Photo : Diane Kuehn, 2017)

Dans le cadre de la LOSLRS, la CMI a conclu, à la lumière de ses analyses de diverses séquences d'apport d'eau, que le Plan 2014 pourrait réduire les avantages moyens de la navigation de plaisance sur le lac Ontario et le fleuve en amont d'Ogdensburg (New York) et les augmenter sur le lac Saint-Laurent et le fleuve en aval du barrage Moses-Saunders. Cependant, d'autres consultations auprès de l'intérêt au cours des réunions et des audiences publiques ont révélé un appui considérable de la part des plaisanciers du cours supérieur du fleuve Saint-

Laurent en raison des risques plus importants d'élévation du niveau d'eau à l'automne, ce qui prolongerait la saison de navigation de plaisance et du fait que bon nombre d'entre eux avaient des quais flottants moins sensibles aux fluctuations du niveau d'eau.

Résumé des impacts observés en 2017 : REMARQUE – Une grande partie de l'information actuellement mise à la disposition du Comité GAGL pour évaluer ces impacts est descriptive et anecdotique, et des efforts sont en cours pour quantifier davantage les impacts. Pour appuyer l'évaluation actuelle, le Comité GAGL a recueilli de l'information provenant de diverses sources, y compris un examen des images obliques disponibles acquises pendant la période de niveau d'eau élevé (figure 5-43) et des réponses au sondage volontaire de la Conservation Ontario (figure 5-44), ainsi que des rapports publics des marinas sur leurs sites de médias sociaux. Une description globale des impacts est fournie ici avec des détails supplémentaires et des descriptions régionales fournies à titre de référence à l'annexe 1 – Évaluation des effets.

Les possibilités de navigation de plaisance ont été réduites dans de nombreux secteurs du lac Ontario, du cours supérieur du fleuve Saint-Laurent et de la partie aval du fleuve Saint-Laurent pendant les crues extrêmes de 2017. En général, les impacts de la navigation de plaisance semblent être les plus courants dans les comtés de Monroe et de Wayne, ainsi que dans le comté de Prince Edward et certaines parties du cours supérieur du fleuve Saint-Laurent. Les effets ont été observés dans d'autres zones également, mais ils ne semblaient pas aussi concentrés. De nombreuses marinas ont subi des répercussions importantes sur leurs opérations, car des quais non flottants ont été inondés (p. ex., figure 5-45) et d'autres installations (p. ex., des raccordements électriques) ont été endommagées.**Error! Reference source not found.** Compte tenu du niveau d'eau extrêmement élevé, de nombreux endroits où se trouvaient des quais flottants ont également subi des impacts négatifs ou des modifications à court terme ont dû être effectuées pour maintenir l'accès. De nombreuses rampes d'accès aux bateaux des États, des provinces et des municipalités ont été touchées, ce qui a entraîné des fermetures prolongées dans certains cas. Il est possible qu'un niveau d'eau supérieur à la moyenne plus tard en août et jusqu'en septembre et début octobre, combiné au beau temps, ait permis d'accroître l'activité nautique au cours de cette période par rapport aux années typiques, mais d'autres travaux sont nécessaires pour vérifier cette possibilité.

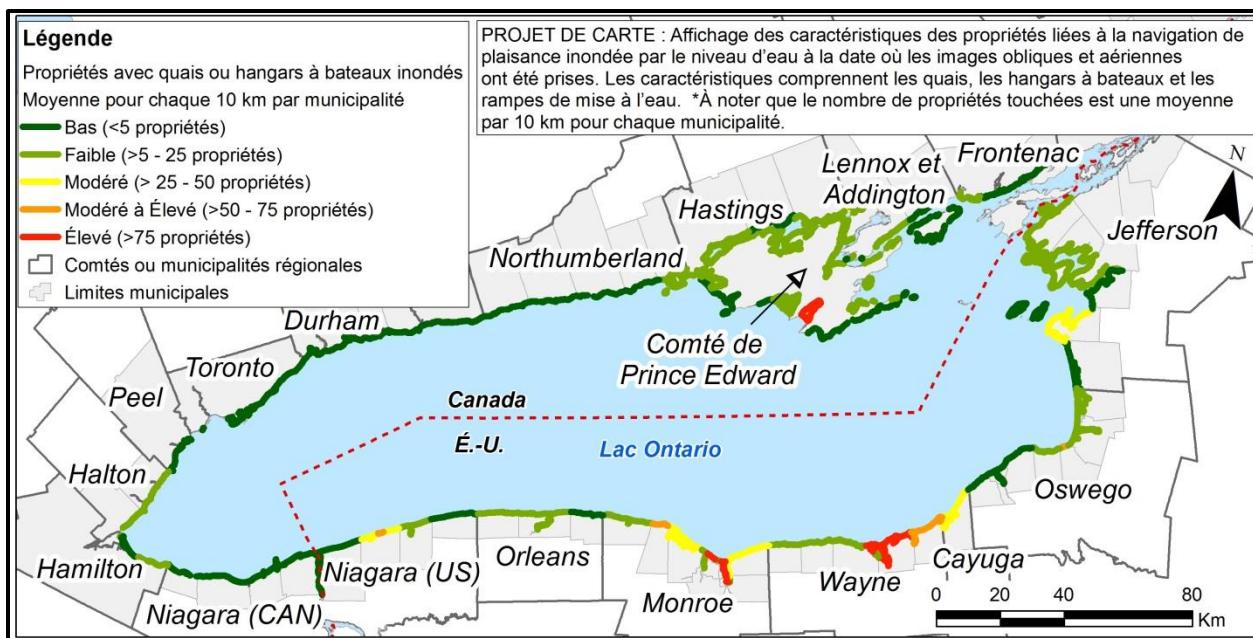


Figure 5-43 : Représentation des impacts identifiés par l'examen des images obliques (Source : Estimations d'ECCC/CMI fondées sur l'imagerie aérienne recueillie dans le cadre du Programme national de surveillance aérienne de Transports Canada en mai 2017)

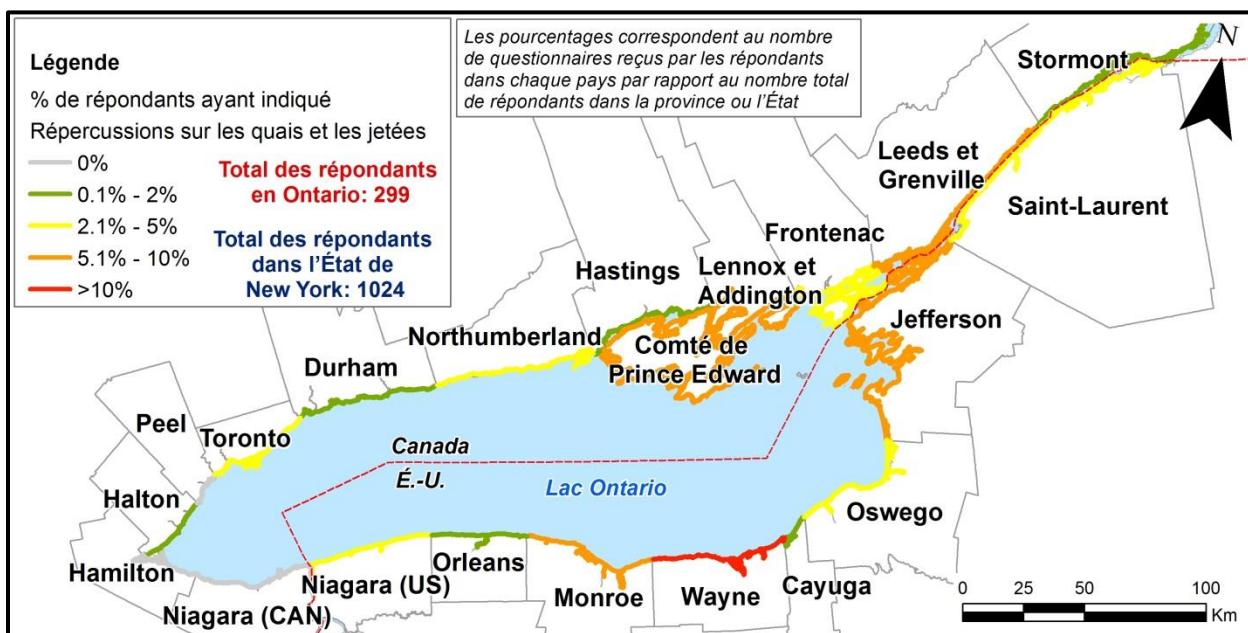


Figure 5-44 : Pourcentage des réponses au sondage indiquant l'inondation des quais et des jetées (indiqué comme pourcentage relatif par comté par rapport au nombre total de personnes ayant déclaré une incidence pour le pays) (Source : ECCC, d'après les données obtenues par le sondage de la Conservation Ontario pour la CMI)



Figure 5-45 : Yacht Club de Kingston, 14 juin 2017. Photo : ECCC

Dans la région du lac Saint-Laurent, les répercussions sur le niveau d'eau variaient grandement tout au long de la saison de navigation de plaisance. Comme dans le cas du lac Ontario et du cours supérieur du fleuve du fleuve Saint-Laurent dans la région des Mille-Îles, un niveau d'eau extrêmement élevé au début de l'année (mai et juin) a provoqué l'inondation des quais et des installations de navigation et réduit les possibilités de navigation de plaisance. Cependant, le débit record qui a commencé à la fin mai et qui s'est poursuivi jusqu'en juillet a entraîné un abaissement du niveau d'eau de la région du lac Saint-Laurent. Comme le niveau du lac Ontario a continué de diminuer tout au long de l'été et que son débit est demeuré très élevé, des problèmes d'étiage ont été observés sur le lac Saint-Laurent, ce qui a nécessité une réduction du débit à court terme au cours de la fin de semaine du 6 au 8 octobre 2017 pour permettre le halage des bateaux, une situation qui n'est pas inhabituelle au cours d'une année donnée et en vertu du plan de régularisation précédent.

En mai, sur le cours inférieur du fleuve Saint-Laurent, le niveau d'eau élevé a eu une incidence directe sur les installations de navigation et par conséquent, sur les possibilités de navigation de plaisance (figure 5-46). Le débit élevé du lac Ontario à la fin mai, en juin et jusqu'en juillet a maintenu un niveau d'eau élevé presque record dans la région du lac Saint-Louis, mais le comité GAGL ne dispose pas actuellement d'informations quant aux impacts sur les possibilités de navigation de plaisance pendant cette période. Il en va de même pour la navigation de plaisance en aval sur l'étendue d'eau près de Montréal et celle près du lac Saint-Pierre. Le comité GAGL travaille avec la CMI pour lancer un contrat visant à recueillir d'autres informations dans ce domaine au moyen d'un sondage auprès des exploitants de marinas et ces informations appuieront les efforts de validation à long terme du modèle du comité GAGL.



Figure 5-46 : Une partie des installations riveraines du Yacht Club de Beaconsfield a été inondée le 7 mai 2017.
Photo : (à gauche) Transports Canada – Programme national de surveillance aérienne, (à droite) Jacob Bruxer, ECCC, 5 mai 2017.

Des impacts sur le tourisme ont été signalés dans l'ensemble du système et comprenaient la perte de l'accès aux plages et aux installations dans les parcs éétatiques, provinciaux et municipaux, ainsi que des répercussions sur l'hébergement et d'autres installations riveraines privées. Dans la région des Mille-Îles du cours supérieur du Saint-Laurent, plus de 82 % des entreprises touristiques ayant répondu à un sondage mené par le Conseil international du tourisme des Mille-Îles ont signalé un certain degré d'impact négatif en raison du niveau d'eau élevé (1000 Islands International Tourism Council, 2017). De plus, les exploitants de bateaux d'excursion de la région des Mille-Îles ont vu le nombre de passagers diminuer pendant les pointes de crue. On a signalé de nombreux effets sur les parcs publics situés le long des rives, notamment la nécessité de déplacer des festivals ou de fermer des sites. Par exemple, l'île de Toronto a été fermée pendant 88 jours du 4 mai au 30 juillet 2017, et la perte de revenus des traversiers a été estimée à 4,50 millions de dollars (Ville de Toronto, 2018).

Évaluation du modèle : Toutes les courbes relatives à la volonté de payer des plaisanciers élaborées pendant la LOSLRS ont indiqué une perte de possibilités de navigation de plaisance en raison du niveau d'eau élevé, le seuil supérieur à partir duquel les impacts sur la navigation de plaisance se produisent et la sensibilité au niveau d'eau élevé étant différent selon la zone géographique (voir l'annexe 1 – Évaluation des effets pour un autre exemple). Cela semble concorder avec les informations anecdotiques de 2017, car il y a eu de nombreux reportages dans les médias et ailleurs au sujet des répercussions opérationnelles négatives pendant la période et de la réduction de l'activité des plaisanciers, ainsi que des fermetures de rampes d'accès, particulièrement pendant les périodes de pointe de l'inondation dans l'ensemble du réseau. Le Comité GAGL doit faire une étude plus approfondie pour comprendre l'influence des interventions adaptatives sur les possibilités de navigation de plaisance et comment elles ont permis aux plaisanciers de poursuivre leurs opérations dans certaines zones malgré des conditions extrêmes, par exemple en apportant des modifications temporaires ou à plus long terme aux installations pour permettre un accès continu. L'un des aspects que l'indicateur de rendement de la volonté de payer ne traite pas porte sur les dommages directs aux installations riveraines comme les quais, les bâtiments de stockage, etc. Il y a un certain recouvrement avec les indicateurs de rendement côtiers (p. ex., l'inondation des édifices résidentiels), mais il y a eu un

certain nombre d'exemples où les installations des marinas semblaient plus sensibles au niveau d'eau élevé (c.-à-d. qu'elles ont commencé à être inondées à un niveau d'eau plus bas) en raison de leur proximité du rivage, et il faut étudier davantage ces seuils. Il est également important que le Comité GAGL établisse un indicateur de rendement qui pourra être maintenu et surveillé à l'avenir, et on craint que la volonté de payer ne se prête pas bien à de telles mises à jour. Il faudra approfondir cette question pour déterminer s'il est possible de trouver un substitut plus simple.

Aucun autre indicateur de rendement lié au tourisme n'a été utilisé au cours de la LOSLRS. Compte tenu de l'information anecdotique de 2017, le comité GAGL pourrait avoir l'occasion d'élaborer ou de revoir des indicateurs de performance pertinents dans ce domaine. Par exemple, la perte de l'utilisation des plages a eu des répercussions locales dans plusieurs États, provinces et municipalités. Bien que le groupe de travail technique côtier de la LOSLRS ait mis à l'essai un indicateur de rendement préliminaire lié aux impacts pour les plages, il n'a pas été inclus dans l'évaluation globale fondée sur les recommandations des conseillers économiques à l'époque et pourrait devoir être revu. Les indicateurs de performance actuels ne tiennent pas compte non plus de l'impact important sur le tourisme causé par la fermeture des parcs et en particulier, de l'île de Toronto et d'autres parcs des États et des provinces, qui pourrait avoir eu une incidence négative sur l'économie locale. Comme on l'a mentionné plus tôt, même si les indicateurs de performance ne devraient pas saisir tous les impacts, ils devraient offrir une représentation mesurable des impacts clés qui sont sensibles au niveau de l'eau et importants pour la catégorie d'intérêt (c.-à-d. qu'ils représentent ce qui intéresse les gens).

Principales constatations et prochaines étapes : En 2017, la navigation de plaisance et les activités touristiques ont subi des contrecoups dans l'ensemble du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent. Comme pour les impacts côtiers, les impacts sur la navigation de plaisance ont varié selon les conditions propres aux sites, certains endroits semblant être plus vulnérables que d'autres. Une priorité à effectuer consiste au lancement d'un sondage auprès des propriétaires de marinas et de clubs nautiques afin de recueillir des informations directes sur les seuils et les impacts en 2017.

En raison de l'impossibilité d'évaluer l'indicateur de rendement actuel, il est nécessaire de réévaluer les indicateurs actuels pour la navigation de plaisance. L'évaluation du nombre total de jours possibles de navigation perdus et de la valeur économique nette perdue ou de la volonté de payer n'est pas possible avec l'information disponible après l'événement de 2017. De plus, le comité GAGL a l'intention de poursuivre les activités suivantes :

- Étudier la possibilité d'élaborer un indicateur de rendement pour suivre le tourisme, peut-être au moyen de rapports sur le nombre de visiteurs aux plages et aux rives des parcs adjacents;
- Mieux définir les seuils régionaux de niveau d'eau élevé dans l'ensemble du système (certains sites sont très sensibles au niveau d'eau élevé tandis que d'autres le sont moins, et le Comité GAGL n'a pas encore suffisamment

- d'information quant à 2017 pour évaluer toute réduction globale des activités de navigation de plaisance);
- Examiner l'incidence du moment et de la durée des inondations dans l'ensemble des activités de navigation de plaisance sur le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent (p. ex., quelle est l'importance d'un début de saison tardif par rapport à l'ensemble des activités de navigation de plaisance ?) et comment cela se compare à l'indicateur de rendement de la LOSLRS;
 - Revoir la façon dont certains impacts positifs et négatifs englobant de multiples catégories d'impacts sont saisis par les indicateurs de rendement existants. Par exemple, des chevauchements ou des écarts possibles entre les indicateurs côtiers et les indicateurs de la navigation de plaisance et du tourisme liés à l'inondation des bâtiments non résidentiels (p. ex., les bâtiments de la marina) ou à la perte d'utilisation (p. ex., fermeture des installations du parc);
 - Évaluer quelle influence le niveau d'eau peut avoir sur les activités de pêche dans le cadre d'un examen des indicateurs de rendement.

6.0 Examen et évaluation du plan

Quelles leçons peut-on tirer de l'application des plans de régularisation pour le débit des lacs Supérieur et Ontario en 2017 qui pourraient orienter les améliorations des plans ? Cette section traite de cette question pour les deux lacs, en mettant l'accent sur le plan du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent en raison du niveau d'eau et du débit record dans ce bassin. L'analyse est fondée sur le niveau d'eau, et non sur les impacts économiques ou environnementaux, parce que le comité GAGL est toujours en train de recueillir et de documenter ces impacts. À l'avenir, le comité GAGL présentera une analyse à l'aide d'indicateurs de performance économique et environnementale fondés sur les impacts en 2017, mais pour l'instant, cette section met en évidence les domaines où l'analyse d'impact devrait ajouter des éléments essentiels à l'examen continu du plan.

6.1 Introduction

La CMI exige que le comité GAGL appuie le CICLS et le CILOFSL dans l'évaluation continue des plans de régularisation afin de lui « recommander des modifications aux plans de régularisation pour tenir compte de ce qui a été appris et/ou pour tenir compte des changements apportés aux conditions du système¹ ». Le comité GAGL a élaboré le processus d'évaluation utilisé dans le présent chapitre afin de fournir une rétrospective immédiate et de générer de l'information de 2017 qui peut être ajoutée aux évaluations futures pour appuyer une évaluation du plan à long terme.

¹ Directive de la CMI 2015 au GAGL

Le comité GAGL travaille à l'établissement d'une évaluation du plan annuel qui contribue à la stratégie d'évaluation à long terme en :

1. Analysant l'influence que les conditions hydrologiques particulières au cours d'une année ont sur le niveau et le débit d'eau dans le réseau des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent (p. ex., 2017);
2. Utilisant les changements nets à partir d'ajustement de régularisation de base pour clarifier l'incidence d'une décision relative à la régularisation. Dans le présent rapport, le comité GAGL utilise l'ancien plan de régularisation, les conditions préalables au projet (les conditions hydrauliques non réglementées) et dans le cas du Plan 2014, compare même les variations simulées du Plan 2014 aux résultats réels du Plan 2014;
3. Évaluant non seulement le niveau d'eau, mais aussi les impacts, comme les dommages causés par les inondations, l'efficacité du transport maritime ou la production d'électricité. Le comité GAGL est en train d'acquérir des données sur les impacts à partir de 2017, de sorte qu'il ne sera pas possible d'inclure les évaluations d'impact dans ce rapport. Cette analyse se poursuivra à l'avenir; et
4. Appuyant une analyse pluriannuelle en utilisant un large éventail de conditions hydrologiques et autres. Il y a plusieurs raisons d'utiliser des évaluations pluriannuelles :
 - a. Une année influence la suivante. L'eau ne revient pas au même niveau à la fin de chaque année, de sorte que le niveau d'eau de la fin de l'année précédente peut être un intrant important qui influence les résultats de l'année suivante;
 - b. Les règles de régularisation qui fonctionnent bien certaines années et les conditions d'apport d'eau peuvent ne pas fonctionner aussi bien qu'elles le pourraient dans d'autres. Par exemple, comme personne ne peut prédire l'apport d'eau des Grands Lacs, les plans de régularisation doivent prévoir la possibilité d'un avenir sec ou humide. Les régularisations qui permettent le mieux d'éviter le niveau de sécheresse pourraient exacerber les inondations pendant les années humides, et vice versa;
 - c. Bon nombre des résultats positifs attendus des plans de régularisation, en particulier les plans environnementaux, ne devraient se concrétiser qu'après plusieurs années, voire des décennies, puisqu'ils dépendent eux aussi des conditions d'apport d'eau.

À partir de ce qui précède, des simulations de débit du lac Supérieur et du lac Ontario furent effectuées selon divers scénarios afin d'évaluer l'influence d'un certain nombre de facteurs liés au niveau d'eau extrême de 2017. Encore une fois, il s'agit d'une analyse très préliminaire du niveau et débit d'eau seulement. Cela ne comprend pas une évaluation des impacts environnementaux ou économiques négatifs ou positifs qui feront partie de l'examen continu à long terme des plans de régularisation.

6.2 Lac Supérieur : Examen du rendement du Plan 2012 fondé sur les conditions de 2017

En 2017, une partie de l'eau qui aurait normalement été écoulée du lac Supérieur par les centrales hydroélectriques ne pouvait pas l'être parce que certaines des turbines avaient été désactivées pour entretien à différents moments. Par conséquent, en vertu d'une application stricte des règles du Plan 2012, les rapides de Sainte-Marie auraient subi beaucoup plus d'impact en raison des changements de débit d'un mois à l'autre, ce qui aurait pu nuire à la pêche et causer des inondations sur l'île Whitefish. Le CICLS, avec l'approbation de la CMI, a tenté de réduire le risque de ces impacts en s'écartant du Plan 2012. La stratégie d'écart était fondée sur une prévision de la perte de capacité du débit hydroélectrique entre avril et novembre (et mise à jour mensuellement) en raison de l'entretien prévu des installations hydroélectriques, puis, plutôt que de libérer tout le débit excédentaire dans les rapides de Sainte-Marie chaque mois, des écarts ont été utilisés pour permettre d'étaler le déficit plus uniformément et graduellement tout au long de la période touchée par l'entretien des centrales. Les écarts ont été relativement faibles par rapport au débit total de la rivière Sainte-Marie et, en fait, la stratégie du CICLS a été conçue de manière à ce que la quantité totale d'eau rejetée soit à peu près la même afin de minimiser les effets sur le niveau du lac Supérieur et du lac Michigan-Huron.

Néanmoins, des rejets différents auraient-ils produit de meilleurs résultats ? Le Comité GAGL a comparé le débit et le niveau d'eau simulé dans le cadre de plusieurs stratégies de régularisation alternative au débit et au niveau d'eau réel observé en 2017. En tenant compte du niveau et du débit réels, sept scénarios d'écoulement de l'eau furent comparés :

Scénario 1 : Niveau et débit d'eau enregistrés (« réels ») : Cela représente le niveau et le débit d'eau réels qui ont été observés en 2017 et qui ont résulté des conditions réelles de la météo et de l'apport d'eau dans les Grands Lacs d'amont ainsi que de la stratégie de régularisation exécutée par le CICLS.

Scénario 2 : Niveau et débit simulés (« réels ») (« simulés réels ») : Ce scénario représente une simulation modélisée du niveau et du débit d'eau observés en 2017. Les conditions d'apport d'eau coordonnées à l'échelle binationale enregistrées en 2017 ont été utilisées comme données d'entrée du modèle et la stratégie d'écart réelle employée par le CICLS a été simulée au moyen du Modèle coordonné de régularisation et de laminage des Grands Lacs (CGLRRM). Les paramètres d'étalonnage du modèle ont été ajustés dans le but de simuler le plus fidèlement possible les conditions réelles de débit et de niveau d'eau qui se sont produites en 2017. Par conséquent, les différences entre ce scénario et le scénario 1 représentent l'erreur résiduelle du modèle, qui comprendrait à la fois des inexactitudes dans les apports d'eau enregistrés et dans les paramètres d'étalonnage du modèle. Les mêmes conditions coordonnées d'apport d'eau et les mêmes paramètres du modèle calibré de ce scénario ont ensuite été utilisés pour simuler tous les autres scénarios possibles (déscrits ci-après) afin de fournir une comparaison juste et cohérente des effets des différentes stratégies de régularisation seulement.

Scénario 3 : Plan 2012 – capacité opérationnelle prévue du chenal latéral : Cette simulation a été exécutée de manière à refléter le plus fidèlement possible les conditions qui se seraient produites si le CICLS ne s'était pas écarté du Plan 2012 en 2017. On y utilise les données d'apport d'eau enregistrées en 2017 et l'on suppose que le Plan 2012 a été suivi sans aucun écart. Dans ce scénario, on a utilisé les capacités prévues des chenaux latéraux (c.-à-d. les capacités hydroélectriques qui étaient prévues au moment où les calculs de régularisation ont été effectués chaque mois) pour régler l'ouverture des vannes de l'ouvrage compensateur au début de chaque mois (en fonction de la façon dont les vannes sont effectivement réglées sur le plan opérationnel), puis la capacité réelle du chenal latéral (qui peut parfois varier par rapport à celle prévue au début du mois) a servi à simuler le débit total de la rivière Sainte-Marie, le débit des rapides Sainte-Marie et le niveau d'eau qui en a résulté. Cette simulation illustre les répercussions que les interruptions de courant prévues auraient eues sur le rendement du Plan 2012.

Scénario 4 : Plan 2012 – capacité réelle du chenal latéral : Cette simulation est similaire au scénario 3 ci-devant, la seule différence étant que la capacité prévue du chenal latéral n'a pas été utilisée pour régler les vannes des ouvrages compensateurs au début de chaque mois. La capacité réelle du chenal latéral a plutôt été utilisée à la fois pour régler les vannes et pour simuler le débit et le niveau d'eau. Ce scénario reflète un peu moins fidèlement les opérations qui auraient eu lieu dans le cadre du Plan 2012, puisque dans le cadre des opérations réelles, le CICLS doit estimer la capacité prévue du chenal latéral lorsqu'il règle les vannes chaque mois et ne sait pas avec certitude quelle sera la capacité réelle du chenal latéral. Toutefois, ce scénario était nécessaire pour permettre une comparaison cohérente avec les simulations utilisant l'ancien Plan 1977A (décrit ci-après), car le modèle actuellement disponible pour l'ancien plan n'a pas la même souplesse que le modèle du Plan 2012 utilisé pour simuler le scénario plus complexe du chenal latéral prévu pour les opérations.

Scénario 5 : Plan 2012 – capacité maximale du chenal latéral : Cette simulation est également semblable au scénario 3 en ce sens qu'elle utilise les apports d'eau enregistrés en 2017 et qu'elle suppose que le Plan 2012 a été suivi sans aucun écart, mais dans ce cas, aucune limite au débit maximal du chenal latéral n'a été appliquée. Par conséquent, cette simulation représente le mieux le rendement que le Plan 2012 aurait obtenu s'il n'y avait pas eu d'entretien hydroélectrique en 2017 et si la capacité réelle du chenal latéral avait été aux valeurs maximales estimées dans le cadre de l'étude du GEIGLA.

Scénario 6 : Plan 1977A – capacité réelle du chenal latéral : Comme pour les simulations du Plan 2012 décrites précédemment, on a utilisé l'apport d'eau enregistré en 2017, mais dans ce cas, les règles de régularisation du Plan 1977A ont été utilisées sans aucun écart pour simuler le rendement qu'aurait fourni le plan de régularisation précédent dans les mêmes conditions qu'en 2017. Comme dans le scénario 4 pour le Plan 2012, cette simulation a été créée à l'aide de la capacité réelle du chenal latéral pour régler à la fois la vanne de l'ouvrage compensateur et pour simuler le niveau et le débit d'eau. Comparativement au scénario 4, cette analyse vise à vérifier si le rendement du Plan 2012 qui était prévu dans le cadre de l'étude du GEIGLA se réalise dans des conditions réelles, y compris les avantages attendus du Plan 2012 par rapport au Plan 1977A.

Scénario 7 : Plan 1977A – capacité maximale du chenal latéral : Cette simulation est semblable au scénario 5 du Plan 2012 en ce sens qu'elle utilise l'apport d'eau enregistré en 2017, mais dans ce cas, elle suppose que le Plan 1977A a été suivi sans aucun écart (comme dans le scénario 6), mais sans limitation du débit maximal du chenal latéral. Cette simulation a été ajoutée pour mieux la comparer à la simulation de la capacité maximale du chenal latéral du Plan 2012, car elle représente le mieux la façon dont le rendement des différents plans de régularisation a été comparé et évalué dans le cadre de l'étude du GEIGLA. Il est à noter que dans le cadre de l'étude du GEIGLA, les différences entre le Plan 1977A et le Plan 2012 se sont avérées relativement faibles, et il est à prévoir qu'il y aura de nombreuses années où ces scénarios montreront des résultats très similaires

Les figures 6-1, 6-2 et 6-3 montrent le niveau d'eau du lac Supérieur, du lac Michigan-Huron, ainsi que le débit de la rivière Sainte-Marie et des rapides Sainte-Marie ayant résulté de chacun des scénarios de rejet ci-devant.

Un facteur important dans l'évaluation de la différence entre ces plans est le débit dans les rapides de Sainte-Marie et le réglage des vannes des ouvrages de régularisation associés à ce débit. Les rapides de Sainte-Marie sont un important lieu de frai et de pêche et sont directement touchés par la quantité de débit écoulée par les vannes des ouvrages de régularisation. Un autre facteur important dont il faut tenir compte dans l'évaluation du rendement est l'impact des décisions sur l'île Whitefish. L'île Whitefish est une terre de la Première Nation Batchewana; il s'agit principalement d'une aire de loisirs munie de sentiers, de petits pavillons et de kiosques d'information pour les visiteurs. L'île est située immédiatement en aval des vannes des ouvrages de régularisation adjacents aux rapides, et d'importantes parties de l'île sont inondées à mesure qu'on ouvre d'autres vannes. Bien que l'inondation de l'île soit inévitable et prévue lorsque les vannes sont grand ouvertes, le CICLS tente de minimiser les impacts sur l'île dans la mesure du possible. La **Error! Reference source not found.**

Conditions réelles par rapport aux conditions « réelles » simulées (scénarios 1 et 2)

Comme nous l'avons déjà mentionné, les différences entre le niveau et le débit d'eau réels enregistrés et ceux qui sont simulés à l'aide de l'apport d'eau enregistré et de la stratégie de régularisation du CICLS en 2017 représentent l'erreur résiduelle du modèle. Comme le montre la figure 6-1, les conditions réelles enregistrées en 2017 sont reproduites fidèlement par les conditions simulées, de légères différences étant observées dans le niveau des lacs (max. 1 cm (0,4 po)) et le débit (moins de 100 m³/s (3 500 pcs)). Pour s'assurer que les différences observées dans les autres scénarios n'étaient attribuées qu'aux différences dans les stratégies de régularisation et non à ces erreurs résiduelles du modèle, l'on a ensuite utilisé les mêmes conditions coordonnées d'apport d'eau et les mêmes paramètres calibrés du modèle de ce scénario pour simuler tous les autres scénarios possibles (décris ci-après).

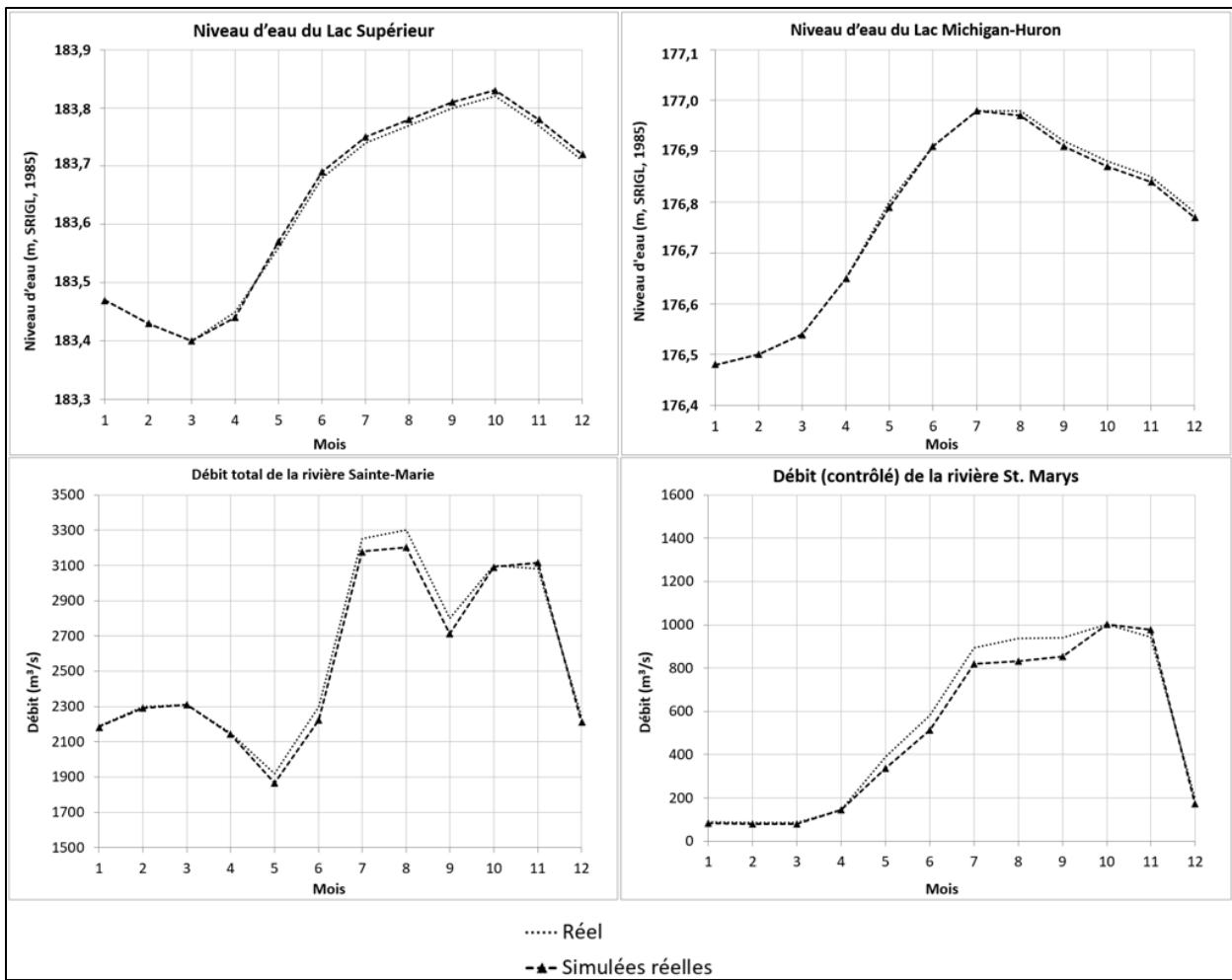


Figure 6-1 : Niveau d'eau et débit réels (Scénario 1 comparé aux conditions « réelles » simulées par le modèle (Scénario 2). Les deux scénarios incluent les effets de la stratégie d'écart du CICLS.

Conditions simulées « réelles » par rapport aux conditions du Plan 2012 (Scénarios 2 - 5)

Ces scénarios, illustrés à la figure 6-2, illustrent les impacts de la stratégie d'écart exécutée par le CICLS en 2017 comparativement à ce qui se serait produit en observant le Plan 2012. Comme on le voit, le niveau d'eau des lacs Supérieur et Michigan-Huron présente très peu de différences entre les différents scénarios. Cela n'est pas surprenant, car la stratégie d'écart mise en œuvre par le CICLS visait à libérer à peu près le même débit total au cours de l'année, simplement réparti différemment au printemps, à l'été et à l'automne. Les plus grandes différences de niveau d'eau parmi tous les scénarios pour le lac Supérieur sont survenues en juin, où la différence a été d'un maximum de 4 cm (1,6 po) comparativement au niveau réel simulé et au Plan 2012, en supposant une capacité maximale du chenal latéral disponible. Les différences au cours de tous les autres mois et scénarios étaient inférieures. La comparaison du niveau réel simulé avec la simulation du Plan 2012 qui a utilisé le débit du chenal latéral prévu sur le plan opérationnel (c.-à-d. le scénario 3, qui est la représentation la plus fidèle de ce qui se serait produit en 2017 si le Plan 2012 avait été suivi pendant la panne hydroélectrique) montre que le niveau du lac Supérieur a été plus haut d'environ 3 cm (0,8 po) en juin, mais seulement de 2 cm (0,8 po) à l'été 2017 par

suite de la stratégie de régularisation du CICLS. Sur le lac Michigan-Huron, le niveau d'eau simulé dans les divers scénarios est encore plus semblable, avec une différence maximale de 2 cm (0,8 po) entre tous les scénarios, et le niveau n'était inférieur que de 1 cm (0,4 po) en raison de la stratégie d'écart du CICLS. Ces différences de niveau d'eau sont extrêmement faibles et ne devraient pas avoir d'effets positifs ou négatifs mesurables sur les intervenants.

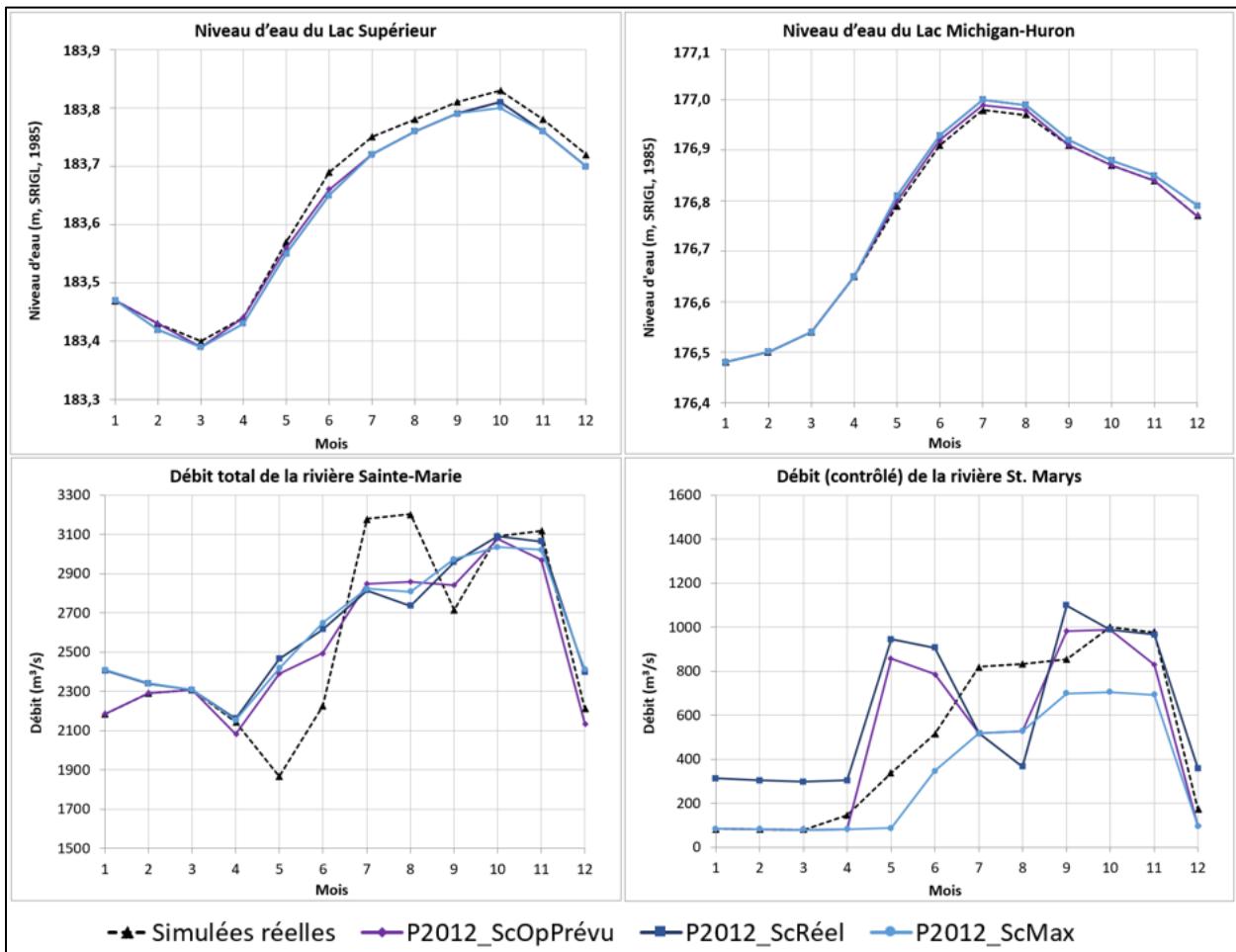


Figure 6-2 : Conditions simulées « réelles » (tenant compte des effets de la stratégie d'écart du CICLS) comparées aux conditions simulées du Plan 2012 avec et sans limites de capacité du chenal latéral.

En comparant le débit total de la rivière Sainte-Marie, le débit réel a été inférieur à ceux précisés dans le Plan 2012 en mai, en juin et en septembre, supérieur à ceux précisés dans le Plan 2012 en juillet et en août, et environ égal les autres mois. Ces fluctuations du débit total ont permis de faire des changements de débit beaucoup plus fluides dans les rapides de Sainte-Marie, où les conditions hydrauliques sont beaucoup plus sensibles à la fluctuation du débit. Le débit total de la rivière Sainte-Marie le plus élevé survenu en juillet et en août en vertu de la stratégie d'écart de 2017 était supérieur à ce qui aurait été prescrit dans le Plan 2012. Tel que signalé dans le cadre de l'étude du GEIGLA, un débit plus élevé dans la rivière peut entraîner des inondations au port de Sault Ste. Marie, juste en aval des Écluses du Sault, et peut causer des problèmes de

navigation. Toutefois, cette augmentation totale du débit était relativement faible et n'a pas entraîné une augmentation suffisante du niveau d'eau pour causer des inondations au port de Sault Ste. Marie. De plus, cette augmentation n'a pas causé de problèmes connus à l'industrie de la navigation commerciale.

Le débit des rapides Sainte-Marie présente les variations les plus importantes entre les deux stratégies de régularisation. Le débit réel simulé montre une variation beaucoup moins importante que le débit qui aurait été obtenu dans le cadre du Plan 2012 avec des limites de débit réelles dans le chenal latéral en 2017. L'on s'y attendait, car c'était la principale raison pour laquelle on s'est écarté du débit prévu dans le Plan 2012 en 2017. En raison des interruptions de courant prévues et imprévues, des variations importantes d'un mois à l'autre auraient été nécessaires dans le débit des rapides Sainte-Marie afin d'atteindre le débit total de la rivière Sainte-Marie prévu par le Plan 2012. Il est intéressant de noter que le débit réel simulé présente un profil semblable à celui du débit prévu dans le Plan 2012 avec la capacité maximale disponible du chenal latéral, ce qui donne à penser que, compte tenu des travaux d'entretien hydroélectrique effectués, la stratégie d'écart du CICLS a donné lieu à un débit réel qui ressemblait davantage au rendement prévu du Plan 2012 du GEIGLA dans les rapides Sainte-Marie. Il convient également de noter que le débit de pointe plus faible a entraîné moins d'inondations sur l'île Whitefish que si le Plan 2012 avait été strictement respecté, tandis que les transitions plus fluides devraient favoriser la santé environnementale des rapides.

À la lumière de ces observations, il semble que la stratégie d'écart ait atteint l'objectif de réduire les débits élevés et fluctuants dans les rapides de Sainte-Marie tout en ne produisant aucun effet négatif mesurable. Le Comité GAGL élabore actuellement des outils et des indicateurs qui pourront être utilisés pour effectuer cette analyse à l'aide d'une approche plus quantitative dans les rapports futurs.

Conditions simulées « réelles » contre Plan 2012 contre conditions du Plan 1977A (Scénarios 2 - 7)

Une comparaison des conditions réelles simulées et des conditions du Plan 2012 a également été faite avec l'ancien Plan 1977A, qui était le plan de référence par rapport auquel le rendement de tous les autres plans de régularisation a été comparé dans le cadre de l'étude du GEIGLA. En comparant ces simulations, on peut faire des observations pour déterminer si les avantages prévus du passage au nouveau plan avaient été réalisés dans les conditions sur lesquelles le plan a été évalué au départ.

Comme dans le cas de l'analyse précédente, les différences de niveau d'eau du lac Supérieur et du lac Michigan-Huron entre les deux plans sont minimes, mais on peut faire des observations intéressantes sur les différences de débit totales entre la rivière Sainte-Marie et les rapides Sainte-Marie. L'un des avantages prévus du passage du Plan 1977A au Plan 2012 était que le Plan 2012 produirait des variations plus graduées des débits d'un mois à l'autre et produirait des débits de pointe légèrement inférieurs. Comme le montre la figure 6-3, dans le graphique du débit total de la rivière en bas à gauche, le Plan 2012 aurait en effet fourni une augmentation plus graduée du débit, pendant les saisons printanière et estivale, que le Plan 1977A, qui aurait fait fluctuer le débit plus largement durant cette période, y compris un débit beaucoup plus élevé en

mai et juin 2017. Toutefois, le Plan 2012 aurait entraîné une réduction plus abrupte du débit à l'automne, avant le réglage de la vanne au minimum pour l'hiver.

Il convient peut-être surtout de souligner les différences entre les deux plans de régularisation en ce qui concerne le débit des rapides Sainte-Marie, comme le montre la partie inférieure droite de la figure 6-3. En particulier, le débit plus élevé prescrit par le Plan 1977A au cours du mois de mai 2017, combinés aux activités d'entretien hydroélectrique, aurait entraîné un débit beaucoup plus élevé aux rapides Sainte-Marie au cours du mois; en fait, les 16 vannes auraient été ouvertes si l'ancien Plan 1977A avait été strictement observé. Le Plan 2012 aurait également entraîné d'importantes fluctuations dues à l'entretien hydroélectrique, quoique moins importantes que celles qui se seraient produites dans le cadre du Plan 1977A. Par contre, comme nous l'avons mentionné précédemment, la stratégie d'écart du CICLS a entraîné des changements de débit beaucoup plus graduels et des fluctuations de débit plus fluides dans l'ensemble.

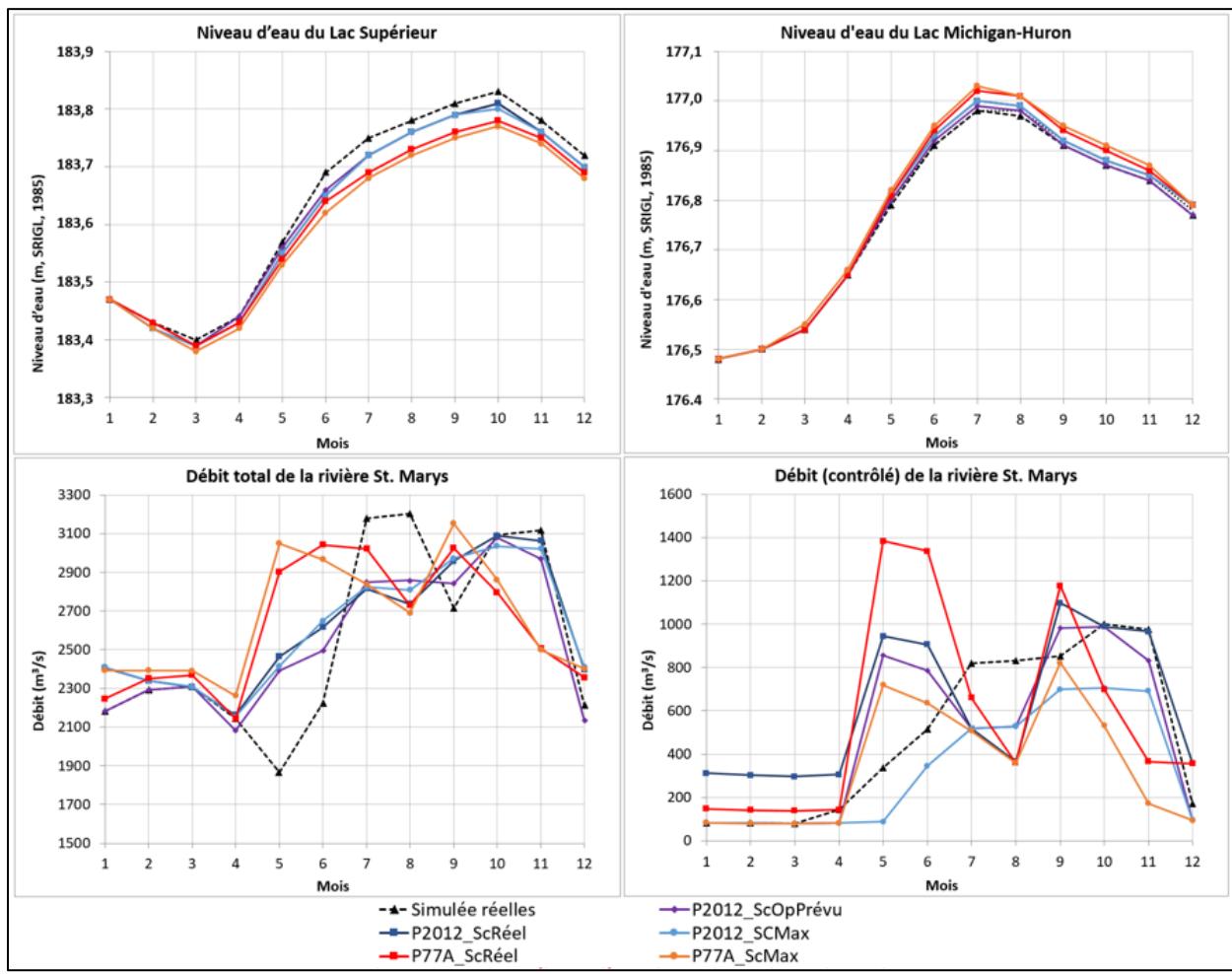


Figure 6-3 : Conditions simulées «réelles» (tenant compte des effets de la stratégie d'écart du CICLS) comparées aux conditions simulées du Plan 2012 et du Plan 1977A, avec et sans limites de capacité dans le chenal latéral.

6.3 Lac Ontario : Examen du rendement du Plan 2014 fondé sur les conditions de 2017

Cette section présente une analyse préliminaire du rendement du Plan 2014 fondée sur des simulations du niveau et du débit de l'eau. Il ne comprend pas une évaluation des impacts environnementaux ou économiques négatifs ou positifs qui feront partie de l'examen continu à long terme des plans de régularisation. L'année 2017 a été une occasion unique d'examiner divers aspects du rendement du plan dans des conditions extrêmes, mais il faut noter que le rendement du plan doit être évalué en fin de compte au moyen d'un éventail de conditions pour déterminer si les objectifs globaux sont atteints. La présente section vise à fournir un examen rétrospectif immédiat de la façon dont le Plan 2014 s'est déroulé dans les conditions extrêmes de 2017, ce qui permet au Comité GAGL de mieux cerner et différencier les conditions hydrologiques qui se sont produites, la façon dont le Plan 2014 a réagi à ces conditions et les impacts de chacune sur le niveau et le débit d'eau dans l'ensemble du bassin. Cette section présente une version abrégée de ce qui est inclus à l'annexe 2 – Examen du plan. Pour une discussion plus détaillée de cette analyse, veuillez consulter cette annexe.

La section 6.3 couvre trois domaines d'enquête. Le premier est une évaluation de la façon dont les conditions hydrologiques en 2017 ont influé sur la régularisation du débit et de la façon dont le Plan 2014 aurait performé si les conditions avaient été différentes, y compris s'il y avait eu plus ou moins de conditions de glace difficiles, moins de tempêtes printanières ou un niveau d'eau de départ différent en janvier 2017. La deuxième analyse porte sur les effets des stratégies modifiées de régularisation du débit sur le niveau et le débit d'eau en 2017, y compris les effets des règles modifiées du Plan 2014 et des limites de débit maximal, les seuils alternatifs du critère H14 différents pour déterminer quand le moment où le CILOFSL pourrait effectuer un écart, les autres stratégies d'écart du CILOFSL et les comparaisons entre les conditions observées du Plan 2014 et les simulations de l'ancien plan de régularisation 1958-DD et des conditions de sortie avant le projet. L'analyse finale porte sur une question précise de la directive du Comité GAGL afin d'évaluer si les futures sources d'apport d'eau pourraient être différentes de celles utilisées pour évaluer les plans de régularisation. Cette analyse fournit un examen des conditions de 2017 à la lumière de l'incertitude du modèle et aussi en tenant compte de la façon dont le niveau d'eau et les conditions hydroclimatiques observés sont comparés à ceux utilisés dans l'élaboration et l'évaluation des plans de régularisation, et de ce que cela pourrait signifier pour les évaluations futures.

Bien que cet examen produira des informations couvrant seulement une année, ce qui en soi est insuffisant pour évaluer pleinement le rendement du plan de régularisation compte tenu de l'incertitude et de la variabilité des conditions d'apport d'eau d'une année à l'autre et sur une plus longue période, les résultats de cet examen nous permettent de mieux comprendre le système et peuvent être ajoutés aux évaluations futures, qui comprendront également l'évaluation des indicateurs de rendement environnementale et économique pour appuyer une évaluation du plan à long terme.

6.3.1 Effets des conditions hydrologiques de 2017 pour le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent

Des simulations opérationnelles hebdomadaires de niveau et de débit d'eau furent effectuées au moyen de diverses modifications aux conditions hydrologiques observées en 2017. Les modifications représentent des changements mineurs ou des « perturbations » des facteurs naturels non contrôlés, externes à la régularisation, et les résultats de ces simulations aident à mieux définir les effets de chacun des facteurs hydrologiques sur le niveau d'eau et le débit extrême en 2017. Ces simulations peuvent être considérées comme des analyses de sensibilité des facteurs pris en considération.

Les simulations comprennent des analyses des effets de :

- a) l'état des glaces du fleuve Saint-Laurent. Cette question est abordée à la section 6.3.1 seulement, immédiatement ci-dessous;
- b) l'apport d'eau printanier (dans ce cas, en avril et en mai), y compris les multiples précipitations abondantes survenues en avril et en mai dans l'ensemble du bassin, qui ont donné lieu à un record d'ANT dans le lac Ontario et à un débit record de la rivière des Outaouais dans le Saint-Laurent. Cette question est abordée à la section 6.3.1.2;
- c) un niveau d'eau plus élevé du lac Ontario au début de 2017 (section 6.3.1.3).

Les règles du Plan 2014 sont suivies dans la section 6.3.1 seulement; les apports hydrologiques sont variés. Une analyse plus détaillée de ces simulations est décrite en détail à l'annexe 2 – Examen du plan. Les principaux éléments et constatations suivent ci-après.

SIMULATION DES DÉCISIONS HEBDOMADAIRES EN MATIÈRE DE RÉGULARISATION

L'analyse des apports hydrologiques et des règles de planification évaluées dans cette section utilise une méthode de « simulation opérationnelle hebdomadaire » qui s'aligne étroitement sur le processus réel de régularisation du débit. Il s'agit d'une approche manuelle intensive qui consiste à examiner les conditions d'une semaine à l'autre, et parfois d'une journée à l'autre, sur tout le bassin du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent, y compris les apports d'eau réels et l'état des glaces, ainsi que les considérations opérationnelles (p. ex., les pannes d'hydroélectricité, les demandes de navires, le halage de bateaux, les transits de navires sur la Voie maritime, les préoccupations d'inondation en aval, etc.) afin de déterminer si des ajustements opérationnels ou des écarts par rapport au plan auraient pu être nécessaires. Les effets de ces phénomènes sur le débit et le niveau d'eau sont évalués, puis le débit de sortie régularisé du lac Ontario est calculé, ainsi que les niveaux d'eau dans tout le réseau du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent, et recalculés au besoin (p. ex., si le niveau d'eau dépasse les valeurs critiques).

6.3.1.1 L'impact de l'état des glaces sur le niveau et le débit d'eau

L'état des glaces du fleuve Saint-Laurent pendant la période de janvier à mars 2017 était très inhabituel en raison des températures hivernales très variables. L'état des glaces au cours de cette période de trois mois est décrit en détail dans le rapport du CILOFSL [Conditions observées et régularisation du débit en 2017](#) (CILOFSL, 2018). Ponctuée d'un record de cinq cycles de gel et de dégel de la couverture de glace du fleuve, de températures très variables et d'une période relativement chaude suivie de conditions de formation de glace sans précédent et plus froide en mars, l'état des glaces était très inhabituel en 2017 et un défi opérationnel pour la gestion du

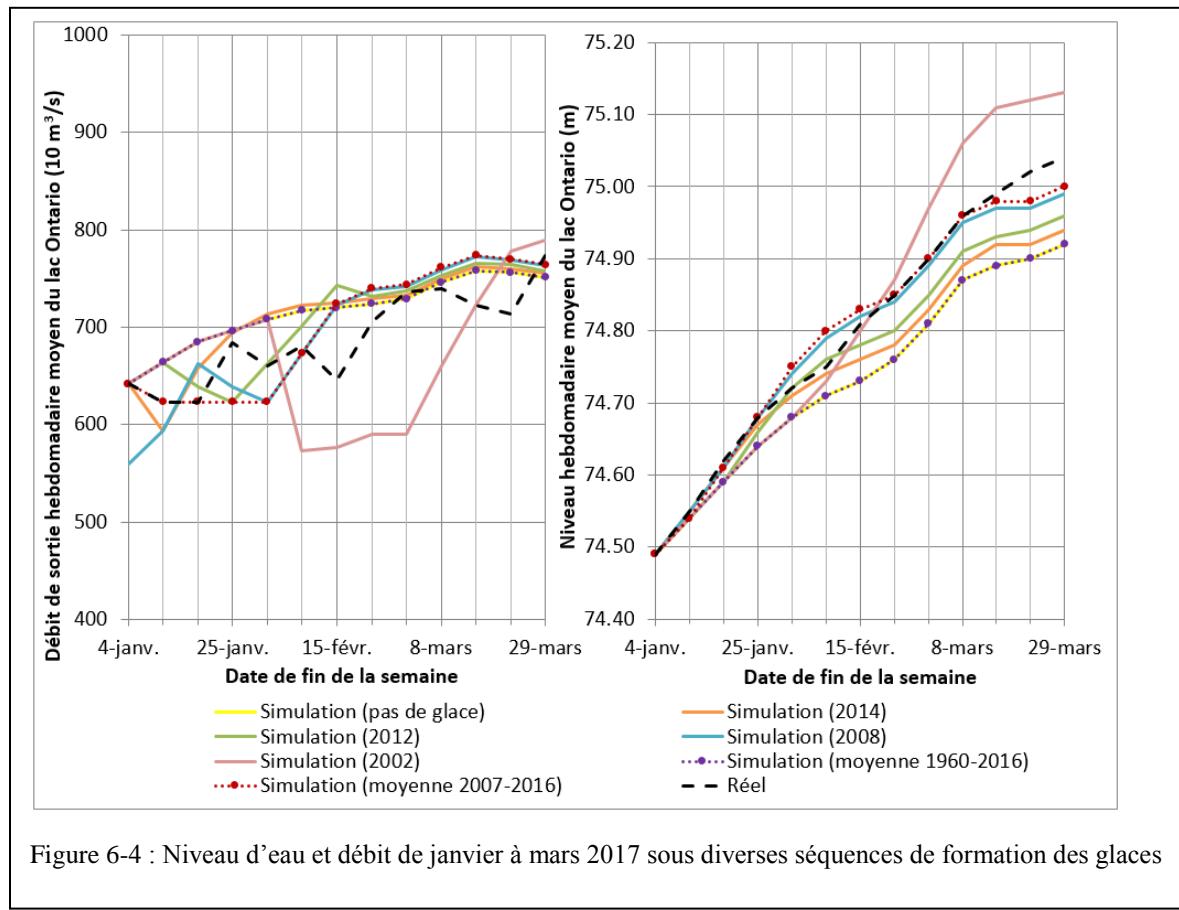


Figure 6-4 : Niveau d'eau et débit de janvier à mars 2017 sous diverses séquences de formation des glaces

débit au cours de cette période de trois mois.

Des simulations de divers scénarios de glaces ont été réalisées et comparées aux niveaux et débits d'eau réels de janvier à mars 2017. Les résultats de cette analyse (figure 6-4) montrent que, comparativement à d'autres facteurs hydrologiques, la séquence inhabituelle de formation de glace a joué un rôle relativement faible dans l'élévation du niveau d'eau en 2017, n'ayant contribué qu'environ 4 cm (1,6 po) de plus à l'élévation du niveau d'eau que ce qui se serait produit dans les conditions glacielles moyennes observées au cours de la dernière décennie. Si l'état des glaces avait été minimal et n'avait pas limité le débit, le niveau d'eau aurait été inférieur de 12 cm (4,7 po) au plus avant le 31 mars 2017. En comparaison, le niveau d'eau a augmenté de 60 cm (23,6 po) au cours de la période de janvier à mars, en raison des conditions

d'apport d'eau généralement supérieures à la moyenne au cours de cette période. De plus, la différence maximale de 12 cm (4,7 po) entre le niveau d'eau et les conditions réelles se serait produite dans le scénario très improbable où l'état des glaces n'imposait aucune restriction sur le débit. Cela ne veut pas dire que l'état des glaces n'est pas important. Par exemple, dans le scénario de 2002, qui était le scénario le plus difficile examiné sur le plan de l'état des glaces et des effets sur le débit régularisé, l'état des glaces aurait pu contribuer à une différence de 9 cm (8,3 po) sur le niveau d'eau par rapport à 2017, et jusqu'à 21 cm (8,3 po) par rapport au scénario où la glace n'a pas limité le débit. Toutefois, en 2017, les effets sur le niveau d'eau de l'état variable des glaces furent beaucoup moins importants que les autres facteurs hydrologiques durant les mois d'hiver de janvier à mars. De plus amples renseignements sur cette analyse se trouvent à l'annexe 2 – Examen du plan (2.2.1).

6.3.1.2 Incidence relative de l'apport d'eau à différentes périodes

Les mois d'avril et de mai furent extrêmement humides sur les bassins du lac Ontario et de la rivière des Outaouais, comme le rapport du CILOFSL l'a démontré ([Conditions observées et régularisation du débit en 2017](#)) et la section 4 du présent rapport. La figure 6-5 fait état de cinq tempêtes notables qui ont eu lieu au cours de cette période et les impacts qu'elles ont eus sur les précipitations cumulatives à cinq stations météorologiques autour du bassin du lac Ontario et du Saint-Laurent. Les fortes précipitations ont entraîné une augmentation importante des entrées nettes en eau dans le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent, y compris celles du lac Érié et à la rivière des Outaouais. Afin de mieux comprendre les effets de ces différents facteurs, individuellement et collectivement, le Comité GAGL a simulé les niveaux et les débits d'eau selon sept scénarios d'apports d'eau (illustrés à la figure 6-6) et a comparé les résultats avec ce qui s'est réellement passé en 2017 (figure 6-7).

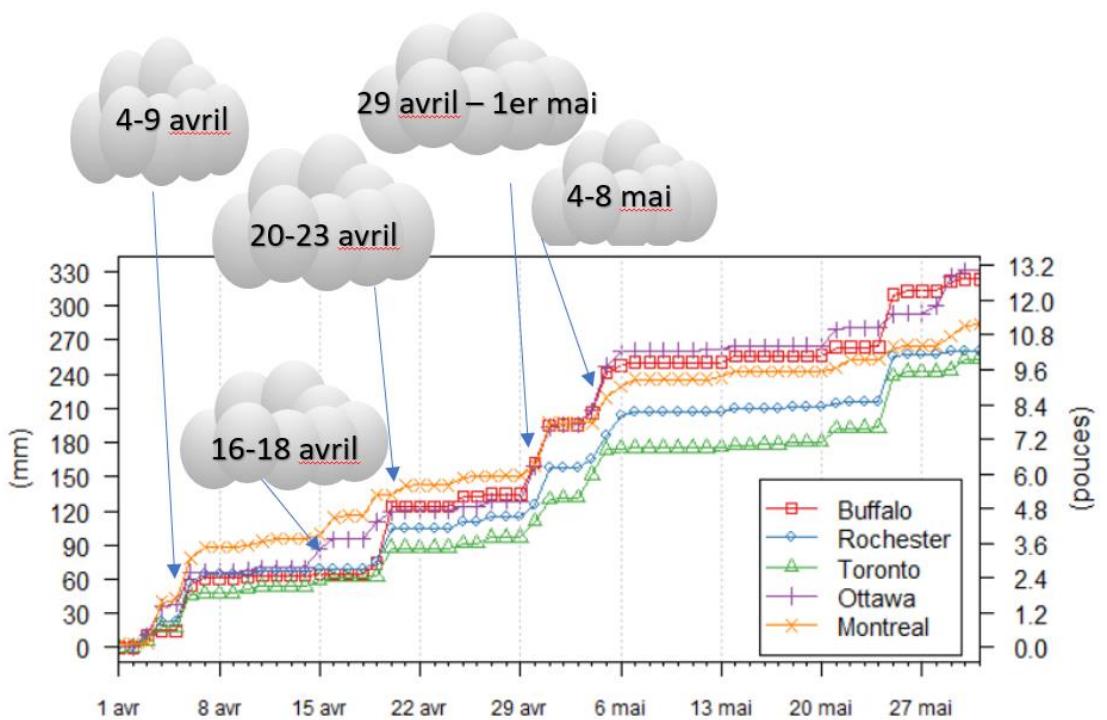
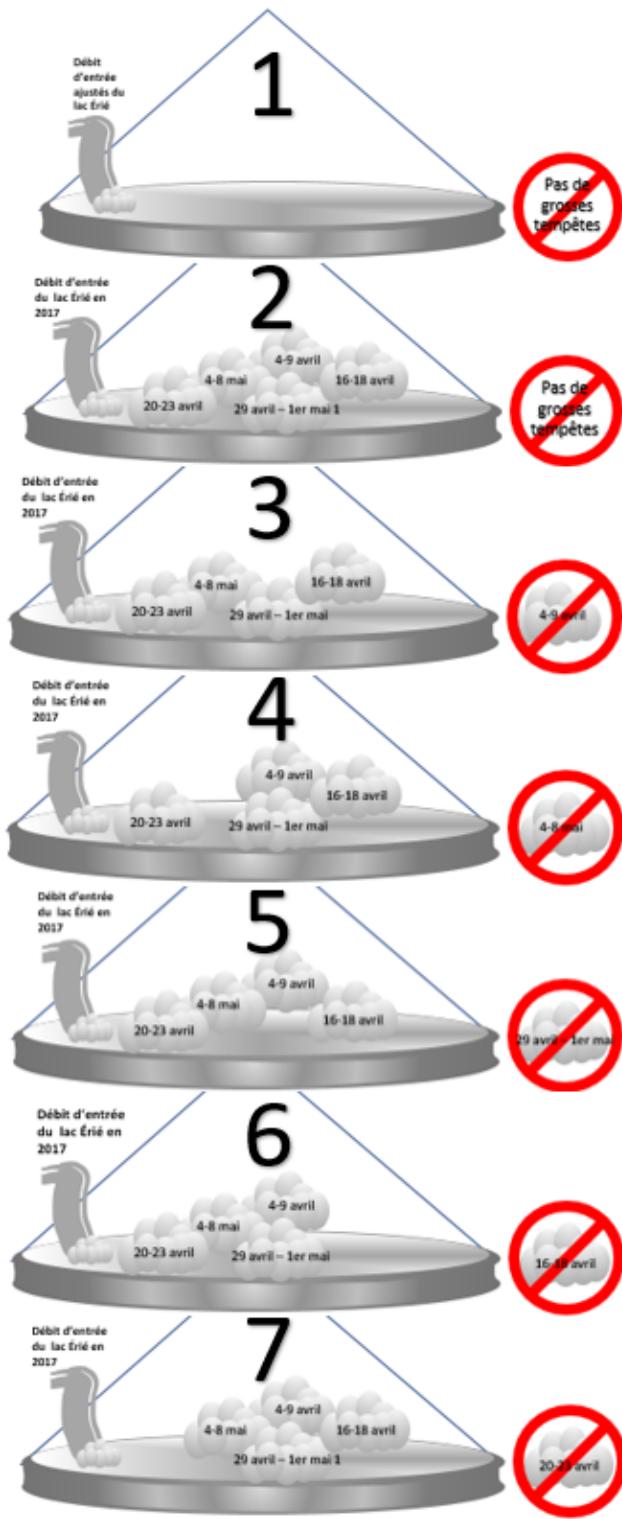


Figure 6-5 : Précipitations cumulatives d'avril à mai à cinq stations avec cinq tempêtes utilisées dans d'autres simulations hydrologiques



1. Le niveau de pointe du lac Ontario abaissé de 42 cm (17 po); le niveau de pointe du lac Saint-Louis abaissé de 21 cm (8,3 po)

2. Le niveau de pointe du lac Ontario abaissé de 39 cm (1 po); le niveau de pointe du lac Saint-Louis abaissé de 19 cm (7,3 po)

3. Le niveau de pointe du lac Ontario abaissé de 25 cm (9,8 po); le niveau de pointe du lac Saint-Louis inchangé

4. Le niveau de pointe du lac Ontario abaissé de 16 cm (6,3 po); le niveau de pointe du lac Saint-Louis inchangé

5. Le niveau de pointe du lac Ontario abaissé de 14 cm (5,5 po); le niveau de pointe du lac Saint-Louis inchangé

6. Le niveau de pointe du lac Ontario abaissé de 5 cm (2 po); le niveau de pointe du lac Saint-Louis inchangé

7. Le niveau de pointe du lac Ontario abaissé de 3 cm (1,2 po); le niveau de pointe du lac Saint-Louis inchangé

Figure 6-6 : Illustration de sept autres scénarios de débit utilisés à des fins de simulation

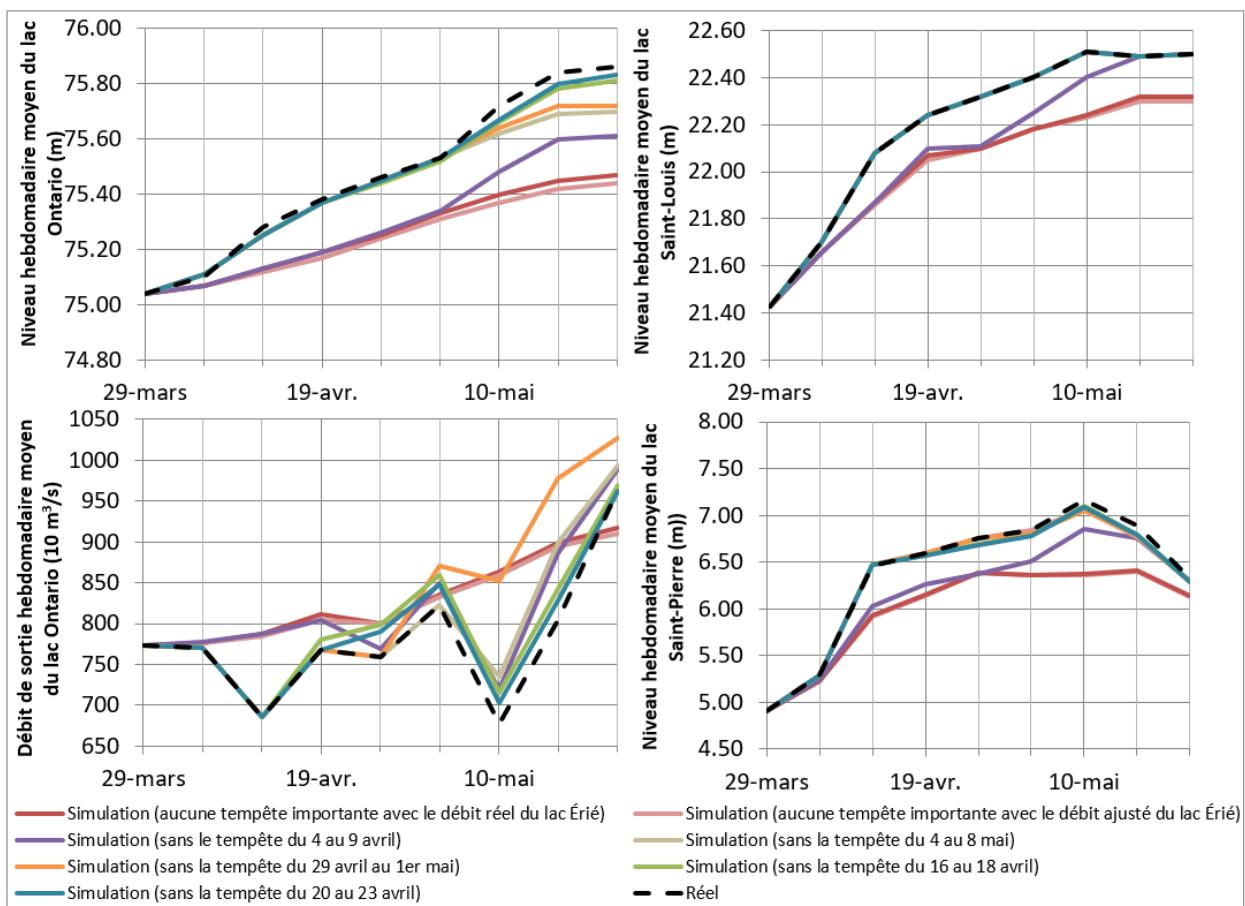


Figure 6-7 - Débit du lac Ontario, niveau d'eau du lac Ontario, niveau d'eau du lac Saint-Louis et niveau d'eau du lac Saint-Pierre selon divers scénarios d'apport d'eau printanier différents

Les simulations ont permis au Comité GAGL d'identifier et de différencier les conditions hydrologiques qui se sont produites, la façon dont le Plan 2014 a réagi à ces conditions et les effets de chacune sur le niveau et le débit d'eau dans tout le bassin. Cette analyse pourrait aider le Comité GAGL à élaborer de meilleurs ensembles de données sur l'ANB à utiliser pour mettre à l'essai ou même peaufiner le Plan 2014 à l'avenir.

D'autres séquences d'apports d'eau dans le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent (y compris l'ANB, l'apport d'eau dans le lac Érié et le débit de la rivière des Outaouais) ont été créées en réduisant les portions des séquences réelles de 2017 afin d'éliminer les augmentations qui se sont produites à la suite des plus importantes tempêtes en avril et au début de mai. D'autres détails sont fournis à l'annexe 2 – Examen du plan. D'après cette analyse et comme le démontrent les figures 6-6 et 6-7, l'exclusion de la tempête des 4-9 avril (scénario 3) a eu le plus grand impact sur le niveau d'eau de pointe du lac Ontario et du lac Saint-Louis lors de la simulation. Lorsque seule la tempête du 4 au 9 avril a été exclue de la simulation et que l'ANB a été autrement maintenu au niveau d'eau réel de 2017, le niveau d'eau de pointe du lac Ontario aurait été de 25 cm (9,8 po) sous le niveau d'eau de pointe réel de 2017. Le niveau d'eau du lac Saint-Louis

aurait également été maintenu à une élévation inférieure au celle réelle en avril, mais il aurait quand même atteint une élévation comparable au niveau de pointe réel de 2017 en mai en raison du débit extrêmement élevé de la rivière des Outaouais et des conditions humides extrêmes semblables sur le lac Ontario, ce qui aurait augmenté le niveau d'eau du lac Ontario à plus de 75,60 m (248 pi) à la mi-mai. À une élévation supérieure à 75,60 m (248 pi), le débit du lac Ontario aurait été ajusté pour maintenir le niveau d'eau du lac Saint-Louis à 22,48 m (73,8 pi), soit la valeur à plusieurs niveaux la plus élevée de la limite F.

La suppression de chacune des tempêtes du 4 au 8 mai (scénario de tempête 4) et du 29 avril au 1er mai (scénario de tempête 5) a également réduit considérablement le niveau d'eau de pointe du lac Ontario dans les simulations. L'élimination de la tempête du 4 au 8 mai a entraîné un niveau d'eau du lac Ontario inférieur de 16 cm (6,3 po) à son niveau de pointe réel, tandis que l'exclusion de la tempête du 29 avril au 1er mai a entraîné un niveau d'eau de pointe du lac Ontario inférieur de 14 cm (5,5 po) à son niveau d'eau de pointe réel. Lorsque les tempêtes du 29 avril au 1er mai ou du 4 au 8 mai auront été exclues, le niveau d'eau du lac Saint-Louis aurait quand même été comparable au niveau réel de 2017 parce que le débit du lac Ontario aurait été ajusté pour maintenir la même valeur à plusieurs niveaux de la limite F. L'exclusion des tempêtes du 16 au 18 avril ou du 20 au 23 avril a eu peu d'impact sur le niveau d'eau de pointe du lac Ontario ou du lac Saint-Louis. Cette analyse montre l'effet additif d'une série d'anomalies de précipitations modérément rares au cours d'une année de suivi dans le même bassin l'une après l'autre. De plus amples renseignements sur cette analyse se trouvent à l'annexe 2 – Examen du plan (2.2.2).

6.3.1.3 Incidence de la hausse du niveau d'eau du lac Ontario au début de 2017

En 2016, le niveau d'eau du lac Ontario à l'automne et au début de l'hiver était proche de sa moyenne, mais il a été établi en vertu de l'ancien plan de régularisation 1958-D; comment le niveau d'eau survenu plus tard en 2017 aurait-il été touché si le Plan 2014 avait été en vigueur auparavant ? Le plan 2014 a été mis en œuvre de façon opérationnelle le 7 janvier 2017, mais avant cela, le niveau et le débit d'eau en vertu du Plan 2014 avaient été simulés de façon continue de 2001 jusqu'à la fin de 2016. À la fin de la simulation, le niveau d'eau du lac Ontario était de 10 cm (4 po) supérieur à son niveau d'eau réel le 30 décembre 2016. Aux fins de cet examen, le comité GAGL a continué de simuler le Plan 2014 pour 2017, le niveau d'eau du lac Ontario étant 10 cm (3,9 po) plus élevé au début afin de déterminer l'effet que cela aurait eu sur l'élévation de pointe en 2017. Les résultats sont présentés à la figure 6-8.*Figure 6-8 : Niveau d'eau et écoulements du lac Ontario en 2017 simulés en fonction de l'élévation réelle et 10 cm plus élevée du lac Ontario le 1^{er} janvier*

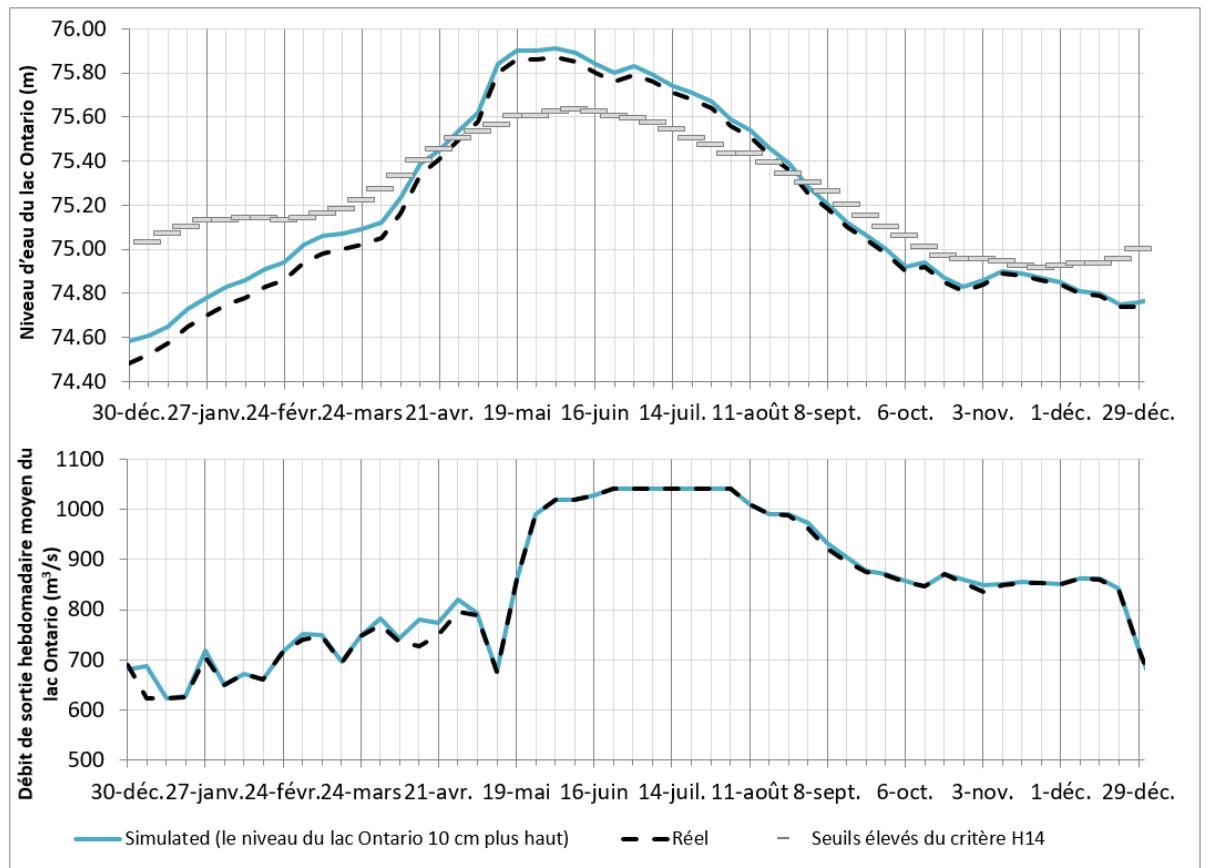


Figure 6-8 : Niveau d'eau et écoulements du lac Ontario en 2017 simulés en fonction de l'élévation réelle et 10 cm plus élevée du lac Ontario le 1^{er} janvier

La simulation montre que la différence initiale de 10 cm (4 po) au début de l'année diminue graduellement au fil du temps. Le niveau d'eau de pointe du lac Ontario aurait été de 4 cm (1,6 po) plus élevé que son pic réel observé en 2017, et son niveau d'eau n'aurait été que de 2 cm (moins d'un pouce) plus élevés à la fin de 2017. Il y a plusieurs raisons à cette réduction graduelle, mais toutes sont liées au fait que, comme le niveau d'eau aurait été plus élevé au début de l'année, le débit prescrit dans le Plan 2014 aurait également été plus élevé en général lorsque cela était possible. Si le lac Ontario avait commencé avec un niveau d'eau plus élevé, un débit plus élevé selon la courbe d'exploitation aurait été prescrit et aurait pu être libéré pendant quelques jours en hiver, et son débit n'aurait pas été limité par l'état des glaces, ce qui aurait eu un effet mineur sur sa baisse de niveau d'eau. Deuxièmement, parce que le niveau d'eau simulé du lac Ontario était plus élevé lorsque celui du lac Saint-Louis a commencé à augmenter et que la limite F fut imposée pour la première fois, le niveau d'eau initial du lac Saint-Louis qui a été maintenu et le débit correspondant de la limite F qui fut relâché était également plus élevé (voir l'annexe 2 – Examen du plan, pour les seuils de la limite F). Le niveau d'eau de pointe aurait été

de 4 cm (1,6 po) plus élevé à ce moment. Ce niveau d'eau plus élevé s'est poursuivi plus tard dans la simulation, ce qui aurait également causé des écoulements légèrement plus élevés, conformément à la limite L, à compter de l'automne, ce qui a encore une fois fait converger le niveau d'eau vers la fin de l'année.

Un niveau d'eau de départ plus élevé sur le lac Ontario n'aurait pas augmenté l'élévation de pointe de 22,48 m (73,75 pi) maintenu au lac Saint-Louis, puisqu'il s'agit du niveau d'eau le plus élevé de la limite F.

6.3.2 Impacts des stratégies modifiées de régularisation du débit en 2017

Dans ces scénarios, les conditions hydrologiques réelles observées en 2017 furent utilisées pour chaque simulation; puis des scénarios alternatifs de régularisation du débit furent élaborés et appliqués pour simuler le débit qui aurait été rejeté et le niveau d'eau en résultant sur l'ensemble du système, sous ces stratégies alternatives. Ces scénarios furent utilisés afin de tester : a) les répercussions des règles modifiées du plan et les limites de débit maximal dans le plan; b) les seuils alternatifs du critère H14 lorsque le CILOFSL pourrait dévier du plan; c) d'autres stratégies alternatives de déviation du plan du CILOFSL; et d) des comparaisons entre les conditions découlant du Plan 2014 et des simulations de l'ancien plan de régularisation 1958-DD et des conditions de sortie d'avant-projet. De plus amples détails sur ces analyses sont présentés à l'annexe 2 – Examen du plan (2.3).

6.3.2.1 Modifier le règles équilibrant les inondations en amont et en aval du barrage

Les règles relatives à la limite F du Plan 2014 prescrivent des limites maximales de débit afin d'équilibrer les impacts de niveau d'eau élevé sur le lac Ontario et le cours supérieur du fleuve avec ceux sur le lac Saint-Louis et plus en aval. Un certain nombre de scénarios fondés sur les modifications apportées aux règles relatives à la limite F du Plan 2014 furent testés pour leurs impacts sur le niveau d'eau. Les deux changements les plus importants à la limite F qui furent évalués ont eu les impacts les plus importantes sur le niveau d'eau en amont et en aval, l'un de ces changements ayant maintenu le niveau d'eau du lac Saint-Louis à une hauteur maximale de seulement 22,33 m (73,26 pi), ce qui aurait assuré la protection la plus importante du lac Saint-Louis et supérieure à celle offerte par la limite F actuelle; tandis que l'autre, qui comportait une limite F modifiée pour le lac Saint-Louis maintenue seulement au niveau le plus élevé de 22,48 m (73,75 pi), illustre les effets d'une protection plus importante du lac Ontario que celle qu'offre la limite F actuellement.

Sous le premier de ces scénarios, il aurait fallu réduire le débit du lac Ontario à compter du 5 mai pour maintenir le niveau d'eau du lac Saint-Louis à 22,33 m (73,26 pi). En raison de la baisse du débit, le niveau d'eau du lac Ontario aurait atteint un pic de 6 cm (2,4 po) de plus que celui observé au début de juin. Sous le deuxième scénario, il aurait été possible d'écouler un débit plus

élevé du lac Ontario (règle courbe de régularisation) qu'en réalité au début d'avril sans dépasser 22,48 m (73,75 pi) au lac Saint-Louis. À compter du 16 avril, des ajustements de débit auraient été nécessaires pour le maintenir à 22,48 m (73,75 pi) par la suite, bien qu'en général, ce débit aurait également été plus élevé étant donné le niveau d'eau plus élevé maintenu au lac Saint-Louis. Par conséquent, le niveau d'eau du lac Ontario aurait été inférieur de 10 cm (3,9 po) au début de juin, mais les inondations en aval le long du Saint-Laurent auraient été prolongées puisque le niveau d'eau maximal (22,48 m; 73,75 pi) aurait été atteint aussitôt que le 16 avril, soit 19 jours avant les conditions réelles.

En résumé, ces scénarios aident à démontrer comment la limite F équilibre le niveau d'eau élevé en amont avec celui en aval et comment les modifications aux limites F modifieraient l'équilibre atteint aux dépens des conditions en amont ou en aval. Bien que les changements à la limite F auraient pu abaisser le niveau d'eau du lac Ontario sans augmenter le niveau d'eau de pointe du lac Saint-Louis, ils auraient prolongé les inondations en aval pendant des semaines, comme le montre la figure 6-9 ci-dessous, montrant le niveau d'eau du lac Saint-Louis et celui plus en aval à Sorel, juste en amont du lac Saint-Pierre. De plus, il est important de noter que ces rejets modifiés auraient été nécessaires bien avant que le CILOFSL ait des prévisions fiables de ces tempêtes ultérieures, de sorte que le CILOFSL aurait été obligé d'échanger certaines inondations dans le lac Saint-Louis et plus en aval sur les rives du Saint-Laurent pour une réduction du risque d'inondation incertaine sur le lac Ontario, une décision qui aurait eu des effets mixtes en 2017, mais seulement des impacts négatifs la plupart des années.

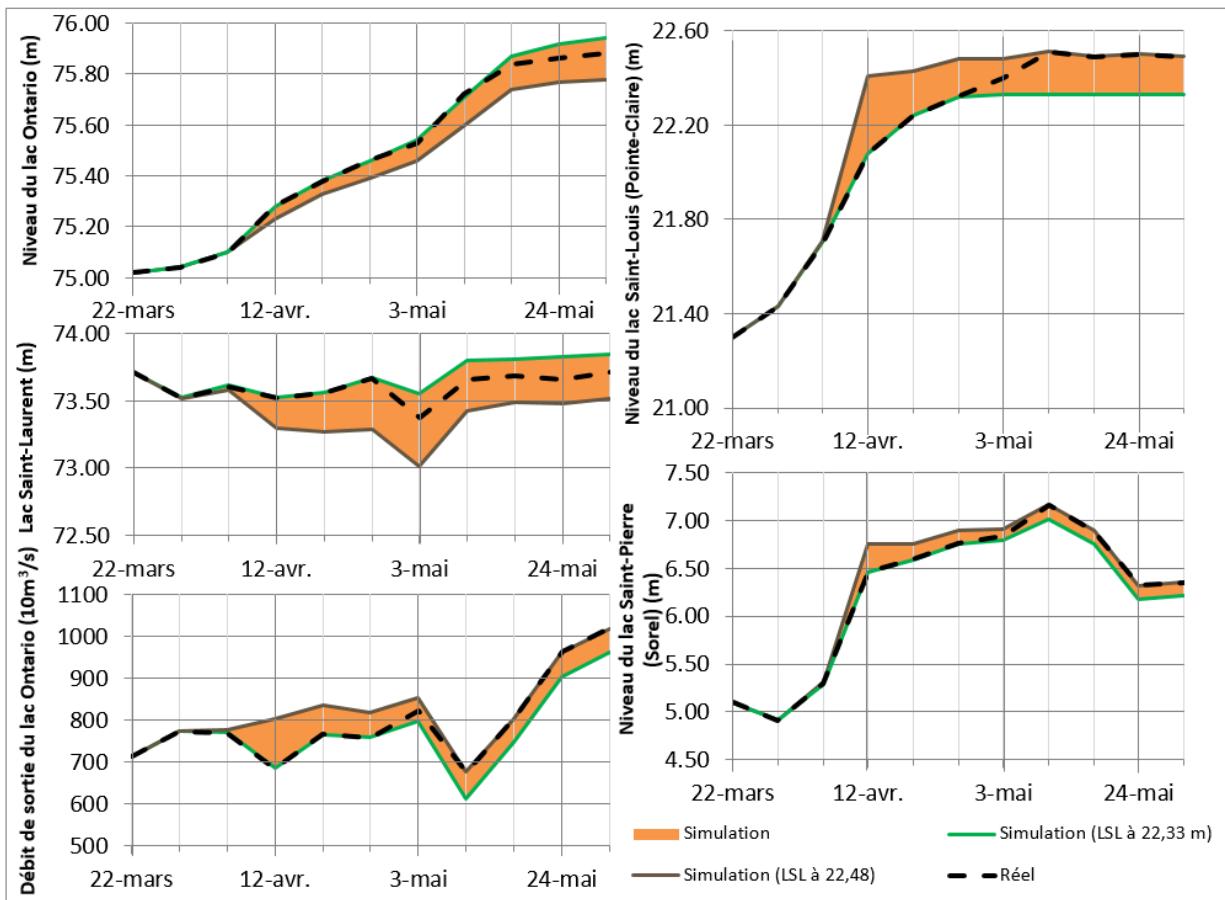


Figure 6-9 : Simulations du débit du lac Ontario, du niveau d'eau du lac Ontario, du lac Saint-Laurent, du lac Saint-Louis et du lac Saint-Pierre selon les règles modifiées de la limite F comparativement au débit et au niveau d'eau réel en 2017.

6.3.2.2 Seuil déclencheur de niveau d'eau élevé du critère H14 modifié

En vertu du critère H14 de l'ordonnance d'approbation du 8 décembre 2016, le CILOFSL est autorisé à déroger aux règles établies dans le Plan 2014 lorsque le niveau d'eau du lac Ontario atteint ou dépasse les seuils de déclenchement de niveau d'eau élevé et faible précisés dans une directive au CILOFSL. Les seuils de déclenchement pour le niveau d'eau élevé pour chaque trimestre sont fixés à des hauteurs d'eau qui devraient être dépassés seulement 2 % du temps. En 2017, plusieurs se sont dits préoccupés par le fait que la hauteur des seuils de déclenchement était trop élevé, ce qui signifie que le CILOFSL devrait attendre trop longtemps pour s'écartier du Plan 2014, ce qui entraînerait un niveau plus élevé que nécessaire du lac Ontario.

Afin de déterminer les impacts de l'abaissement des seuils de déclenchement élevés sur le niveau d'eau du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent, le comité GAGL a simulé le Plan 2014 avec des seuils de dépassement de 5 et 10 % (hauteurs d'eau qui devraient être dépassés entre 5 et 10 % du temps, respectivement). Les résultats indiquent que ces changements n'ont fait aucune

différence sur le débit ou le niveau d'eau en 2017 parce que, dans l'un ou l'autre des scénarios, lorsque le niveau d'eau dépassait le seuil de déclenchement, le CILOFSL aurait fonctionné en vertu de la limite F du Plan 2014. Cela en supposant que le CILOFSL aurait pris des décisions semblables dans l'un ou l'autre de ces scénarios, comme il l'a fait en 2017, étant donné que le CILOFSL a choisi de respecter la limite F pour continuer d'équilibrer l'impact du niveau d'eau élevé en amont et en aval, même après que celui-ci eut dépassé le réel seuil H14.

Pour déterminer dans quelle mesure le niveau d'eau de déclenchement devrait être bas pour qu'il y ait un effet significatif sur le niveau d'eau du lac Ontario, le comité GAGL a simulé les conditions de 2017 en utilisant un niveau d'eau de déclenchement réduit d'un pied au maximum comme test de sensibilité (voir l'annexe 2 – Examen du plan (2.3.2) pour plus de détails). Comme le montre la figure 6-10, même des seuils inférieurs d'un pied ont eu un impact relativement faible, diminuant le niveau d'eau de pointe du lac Ontario de 6 cm (environ 2 po) au maximum.*Figure 6-11 : Simulations du débit du lac Ontario, du niveau d'eau du lac Ontario et du lac Saint-Laurent en fonction de débit de la limite L modifiée comparativement au débit et au niveau d'eau réel en 2017.*

Il y a plusieurs raisons pour lesquelles l'abaissement des déclencheurs a si peu d'effet en 2017, comme l'explique l'annexe 2 – Examen du plan, mais, par exemple, comme les opérations de 2017 l'ont montré, le débit du lac Ontario peut être limité par la condition des glaces ou les inondations en aval. De plus, cet effet n'est possible que parce que le niveau d'eau du lac Ontario aurait dépassé le seuil élevé de niveau d'eau à la mi-février 2017 plutôt qu'à la fin d'avril. Étant donné que les impacts du niveau d'eau élevé demeuraient à venir et qu'il n'y avait aucune indication qu'ils se produiraient et compte tenu des opérations passées pas plus tard qu'en 2016, lorsque le CILOFSL avait le pouvoir discrétionnaire de dévier du Plan 1958-D, mais qu'il ne l'a pas fait dans des scénarios semblables, il apparaît très peu probable que le CILOFSL aurait procédé à des déviations majeures du plan 2014 à ce moment-là.

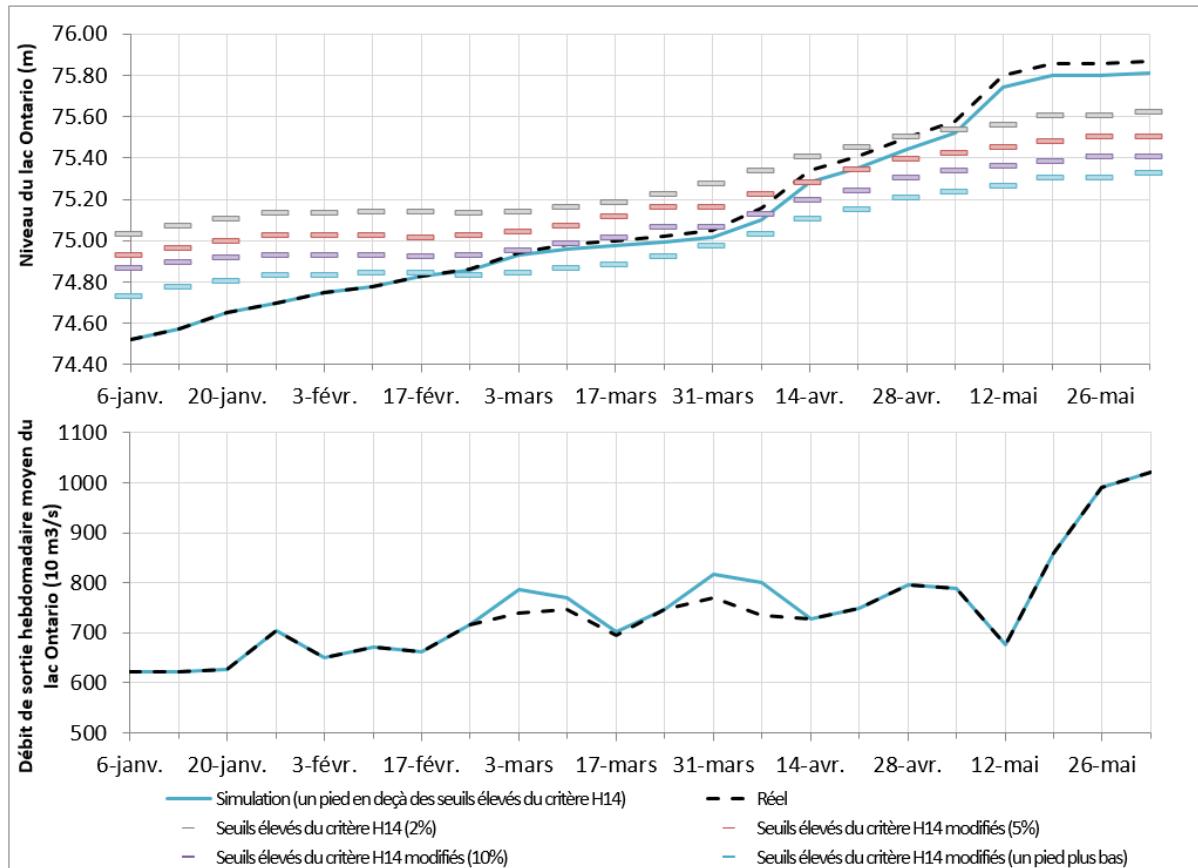


Figure 6-10 : Niveau d'eau et écoulements relatifs au lac Ontario sous des seuils déclencheurs alternatifs d'écart

6.3.2.3 Modification des règles de sécurité de la navigation

La limite L du Plan 2014 établit le débit du lac Ontario pour maintenir la vitesse d'écoulement de l'eau et le niveau d'eau du fleuve pour les navires dans la Voie maritime du Saint-Laurent. Le CILOFSL avait le pouvoir d'effectuer des déviations majeures au plan entre la fin d'avril et le début de septembre 2017. Au cours de cette période, la quantité maximale d'eau pouvant être écoulée du lac Ontario fut, tout en équilibrant les impacts entre l'amont et l'aval et maintenant le fonctionnement continu de la navigation commerciale sur la Voie maritime du Saint-Laurent. Cela comprenait l'écoulement du débit maximal de la limite L à compter du 8 août. Après que le niveau d'eau du lac Ontario soit redescendu sous le niveau déclencheur du seuil élevé du critère H14 en septembre 2017, le débit est demeuré élevé et fut en grande partie restreint par la limite L maximale du Plan 2014 jusqu'à la fin de l'année.

Deux ensembles de demandes de limites L modifiées sont testés ici pour estimer la rapidité avec laquelle la réduction du niveau du lac Ontario aurait pu être plus rapide pendant cette période de baisse du niveau d'eau si un débit légèrement plus élevé avait été rejeté. Cela aurait permis aux propriétaires riverains du lac Ontario de se relever un peu plus rapidement du niveau plus élevé observé au début de l'année, mais en l'absence de nouvelles données probantes sur les effets sur

la navigation commerciale, les risques qu'une telle stratégie imposerait au transport maritime sont inconnus.

Deux scénarios ont été mis à l'essai en augmentant le débit de la limite L prescrit par le plan jusqu'à un montant additionnel de i) $200 \text{ m}^3/\text{s}$ et ii) $300 \text{ m}^3/\text{s}$. Les impacts de ces scénarios sur le niveau d'eau et le débit sont illustrés à la figure 6-11. Si on avait rejeté jusqu'à $200 \text{ m}^3/\text{s}$ de plus que le débit de la limite L prescrit par le plan, le niveau d'eau du lac Ontario aurait été inférieur de 8 cm (3 po) à la fin de décembre. Si le débit avait augmenté de $300 \text{ m}^3/\text{s}$, cela aurait entraîné une réduction de 10 cm (3,9 po) au cours de la même période.

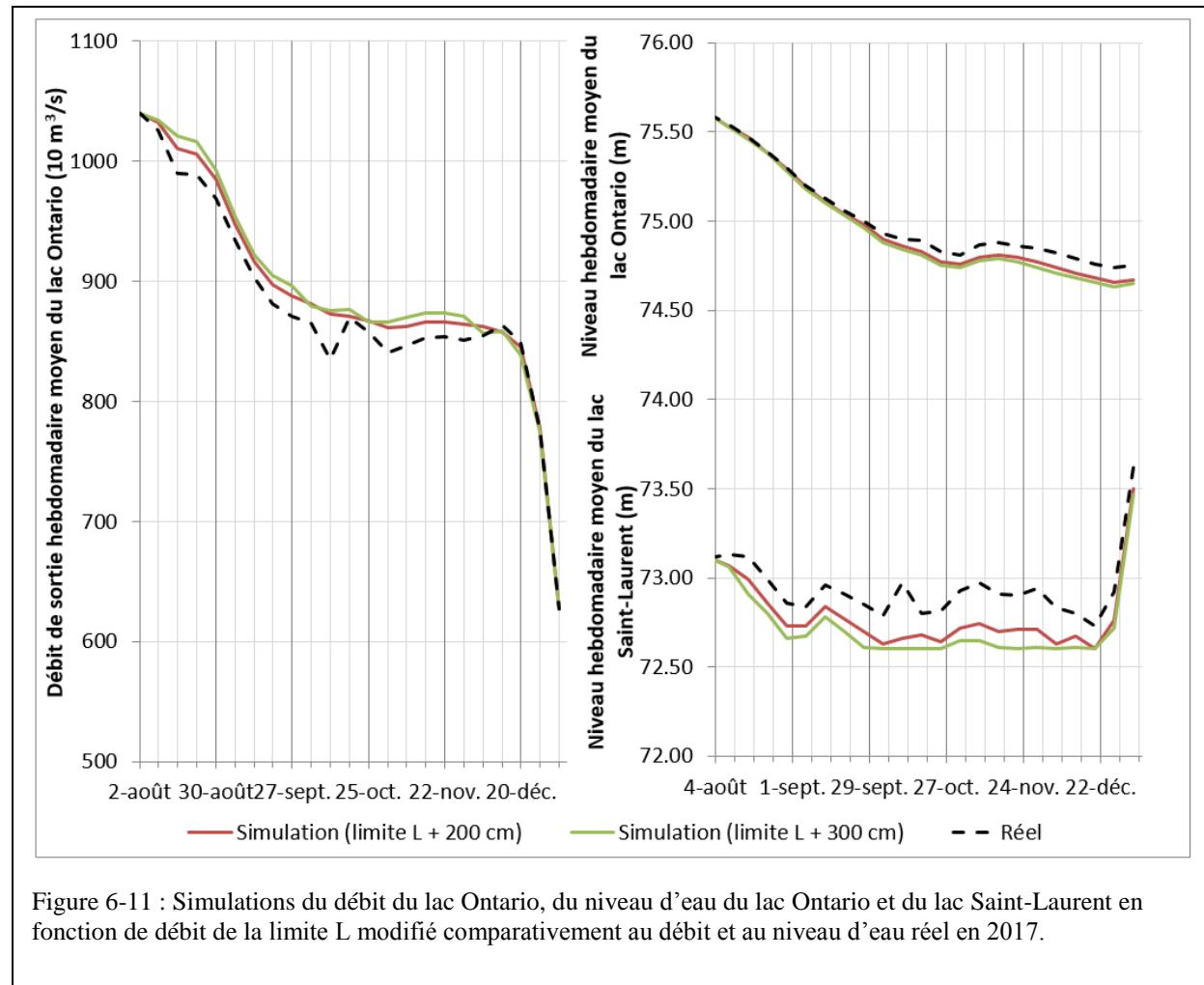


Figure 6-11 : Simulations du débit du lac Ontario, du niveau d'eau du lac Ontario et du lac Saint-Laurent en fonction de débit de la limite L modifié comparativement au débit et au niveau d'eau réel en 2017.

6.3.2.4 Scénarios d'écart majeur modifiés

Du 14 juin au 8 août 2017, le débit fut maintenu à $10\ 400 \text{ m}^3/\text{s}$, soit le plus haut débit soutenu jamais enregistré. Malgré ce débit élevé record, il demeure un intérêt à comprendre les impacts potentiels sur le niveau et le débit d'eau advenant que l'on aurait maintenu un débit plus élevé.

Trois scénarios alternatifs d'écart majeur ont été simulés et comparés aux conditions réelles, soit une simulation de l'application explicite de débit du Plan 2014 sans écart majeur en 2017, et deux simulations extrêmes des écarts majeurs qui démontrent les effets du débit maximal qui aurait pu être physiquement possible en 2017. Chacun des deux derniers scénarios comprenait l'augmentation du débit jusqu'à la capacité maximale du chenal (jusqu'à $11\ 500\ m^3/s$) à la mi-juin (au lieu de $10\ 400\ m^3/s$) et ils sont différenciés par le fait qu'un scénario retourne au débit du Plan 2014 lorsque le niveau tombe sous le niveau d'eau du seuil élevé du critère H14, tandis que l'autre a continué de libérer le débit maximal jusqu'à la fin de l'année (jusqu'à ce qu'une réduction de débit soit requise pour la gestion des glaces). Il convient de noter que le CILOFSL n'était pas autorisé à dévier de cette façon (c.-à-d. continuer à dévier après que le niveau d'eau du lac Ontario soit tombé sous le niveau déclencheur du critère H14), mais ce scénario extrême démontre le débit maximal possible dans les limites physiques du système. Notez que dans ces deux simulations, le niveau d'eau supérieur de la limite F a été respecté et que le niveau d'eau du lac Saint-Louis fut maintenu à 22,48 m (73,8 pi) ou moins et que celui du lac Saint-Laurent a été maintenu à plus de 71,80 m (235,6 pi) pour protéger les prises d'eau (conformément à un aspect de la limite I du Plan 2014).

Il est important de noter que ces simulations préliminaires ne décrivent pas les répercussions possibles sur divers intérêts pour l'ensemble du système, y compris les répercussions sur la navigation commerciale, les intérêts riverains en aval du barrage Moses-Saunders, ou les intérêts hydroélectriques, les plaisanciers ou l'environnement en amont du barrage Moses-Saunders sur le lac Saint-Laurent, où le niveau d'eau aurait été considérablement réduit si l'écoulement avait dépassé $10\ 400\ m^3/s$ de façon continue. La section 5.4 du rapport [Conditions observées et régularisation du débit en 2017](#) comprend des informations supplémentaires sur les considérations de la CILOFSL pour le maintien du débit record en 2017 et les répercussions possibles d'un dépassement de $10\ 400\ m^3/s$. Ces simulations visent simplement à illustrer les impacts potentiels sur le niveau d'eau si d'autres écarts importants avaient été effectués en 2017.

Ces scénarios n'auraient eu que peu ou pas d'effet sur les dommages causés par les inondations autour du lac Ontario, mais ils auraient réduit le niveau d'eau de fin d'année, ce qui aurait pu réduire le niveau d'eau et le risque d'une possible répétition des conditions de niveau d'eau élevé en 2018. Étant donné qu'il n'y a pas eu de conditions de niveau d'eau élevé en 2018, aucun des avantages possibles de l'une ou l'autre de ces stratégies n'aurait été réalisé. D'autres années, une telle diminution pourrait entraîner des sécheresses et des dommages. Toutes les années, ces stratégies extrêmes causeraient probablement des dommages importants à de nombreux secteurs, tant en amont qu'en aval du barrage.

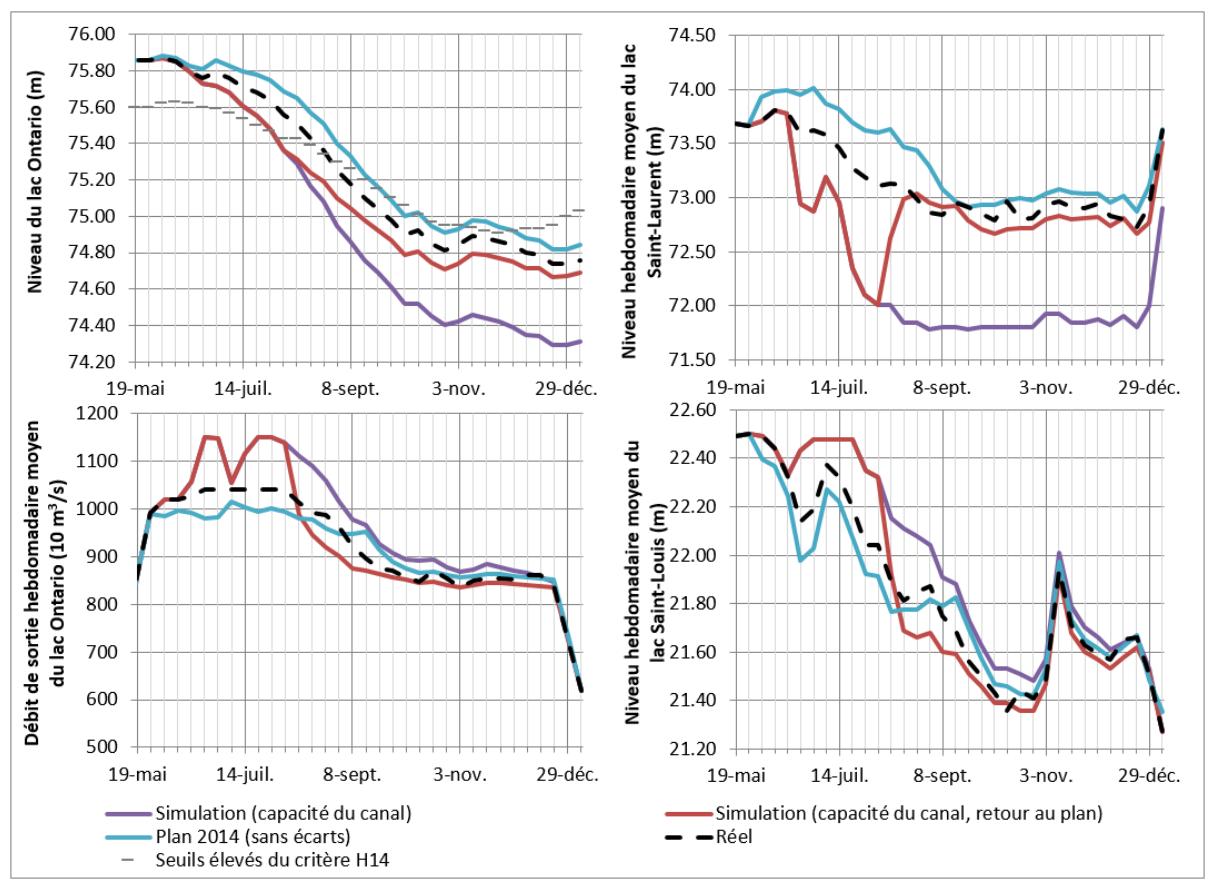


Figure 6-12 : Simulations du débit du lac Ontario, du niveau d'eau du lac Ontario, du lac Saint-Laurent et du lac Saint-Louis fondés sur des scénarios d'écart majeurs modifiés

Comme le montre la figure 6-12, la simulation du débit maximum du chenal à la fin de l'année a eu le plus grand impact sur le niveau d'eau. Dans ce scénario, le niveau d'eau du lac Ontario aurait été inférieur de 45 cm (1,5 pi) à la fin décembre. Le débit extrême (de façon soutenue si possible) aurait maintenu le lac Saint-Louis plus longtemps au stade de l'inondation et aurait dépassé le débit jugé maximal pour une navigation commerciale sécuritaire en 2017, et on se serait attendu à ce que la Voie maritime du Saint-Laurent et tout le transport maritime international sur les Grands Lacs soient interrompus pour l'année. On se serait aussi attendu à un niveau extrêmement bas du lac Saint-Laurent. Voir la section 5.4 du rapport [Conditions observées et régularisation du débit en 2017](#) pour plus de détails sur les effets négatifs potentiels (CILOFSL, 2017).

Le scénario d'écart majeur de recharge qui a été simulé (en appliquant un débit allant jusqu'à 11 500 m³/s jusqu'à ce que le niveau d'eau tombe sous le seuil élevé du critère H14) aurait entraîné un niveau d'eau du lac Ontario inférieur de 15 cm (5,9 po) au début de septembre, mais de seulement 7 cm (2,8 po) à la fin décembre. Cela s'explique par le fait que le rejet plus élevé au début de l'été réduirait le niveau d'eau du lac plus rapidement, ce qui se traduirait par une

baisse de niveau d'eau en septembre ainsi que du débit à ce moment-là parce que la limite L est fonction du niveau d'eau du lac.

Si le CILOFSL n'avait pas effectué d'écart importants (c.-à-d. s'il avait respecté explicitement la régularisation du Plan 2014 pendant la période où il avait le pouvoir d'effectuer des écarts), le niveau d'eau du lac Ontario aurait atteint un sommet de 1 cm (0,4 po) de plus et aurait été de 15 cm (5,9 po) plus haut au début de septembre. Ce niveau d'eau plus élevé aurait permis un débit plus élevé que le débit réel (tout en maintenant la sécurité de la navigation) après septembre et par conséquent, le niveau d'eau du lac Ontario aurait été de 8 cm (3,2 po) plus élevé que le niveau réel atteint à la fin de décembre (voir la section 2.3.4 de l'annexe 2 – Examen du plan, pour plus de détails).

6.3.2.5 Plan 2014 comparé au niveau d'eau et au débit du chenal de l'avant-projet

Une simulation a été menée pour comparer le niveau et le débit d'eau réels en 2017 aux conditions d'avant-projet. L'avant-projet représente le débit qui se serait produit avec la capacité du chenal juste avant la construction du projet, c'est-à-dire sans régularisation. Les résultats sont présentés à la figure 6-13.*Figure 6-13 : Simulations du débit de sortie du lac Ontario, du niveau du lac Ontario et du lac Saint-Louis comparativement au niveau et au débit de sortie réels en 2017.*

Selon la simulation préalable au projet, le niveau d'eau du lac Ontario aurait été plus élevé au début de l'année et plus élevé que celui réel de 2017 tout au long de l'année. Le niveau d'eau réel du lac Ontario a chuté en raison du débit rendu possible grâce à la régularisation en juin; le pic d'avant-projet aurait eu lieu au cours de la première semaine de juillet, atteignant un niveau d'eau d'environ 18 cm (7,1 po) supérieur au pic réel de 2017. Le niveau d'eau à la fin de 2017 aurait été d'environ 76 cm (2,5 pi) supérieur à celui réel du Plan 2014. Dans le cours inférieur du lac Saint-Louis, le niveau aurait atteint environ 53 cm (1,7 pi) de plus avec le débit non régularisé avant le projet.

Les plans de régularisation comprennent une gestion du débit pour créer un couvert de glace stable afin d'éviter les inondations causées par les embâcles qui étaient courantes avant la construction du barrage. Le niveau et le débit d'eau d'avant-projet ne tiennent pas compte de la possibilité d'embâcles dans des conditions d'avant-projet qui pourraient causer des inondations extrêmes dans le cours supérieur du fleuve Saint-Laurent en amont du barrage et sur le fleuve Saint-Laurent en amont du barrage de Beauharnois. Les inondations causées par les embâcles peuvent se produire très rapidement et avoir des effets dévastateurs extrêmes.

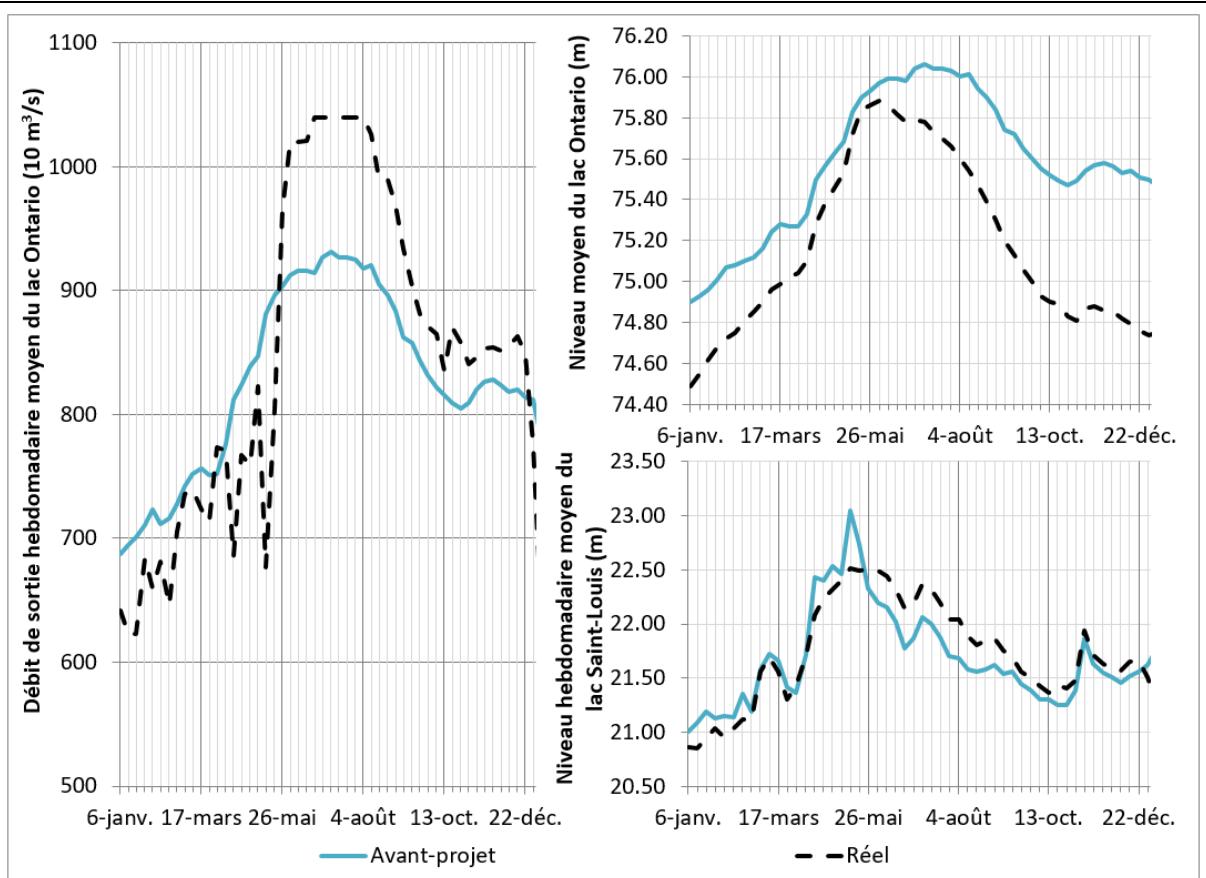


Figure 6-13 : Simulations du débit de sortie du lac Ontario, du niveau du lac Ontario et du lac Saint-Louis comparativement au niveau et au débit de sortie réels en 2017.

6.3.2.6 Plan 2014 comparé au Plan de régularisation 1958-D avec écarts

Le Plan 2014 a été mis en œuvre le 7 janvier 2017. Ce scénario de rechange remplace les écoulements prévus dans le Plan 2014 qui ont eu lieu en 2017 par des estimations des rejets qui auraient eu lieu si le précédent règlement, le Plan 1958-D, qui comportait des écarts, avait continué de fonctionner.

La section 2.3.5 de l'annexe 2 – Examen du plan contient une discussion sur la façon dont le débit fut simulé. La figure 6-14 compare le débit et le niveau d'eau réel du lac Ontario en 2017 avec le débit prescrit et le niveau d'eau prévu dans le Plan 1958-D qui auraient eu lieu en 2017 si le CILOFSL avait suivi rigoureusement la régularisation du Plan 1958-D, sans écart (série en gris pointillé). Le débit et le niveau d'eau qui auraient pu se produire en 2017 dans le cadre de l'exploitation du Plan 1958-D, avec écarts, sont indiqués par la série orange ombragée.

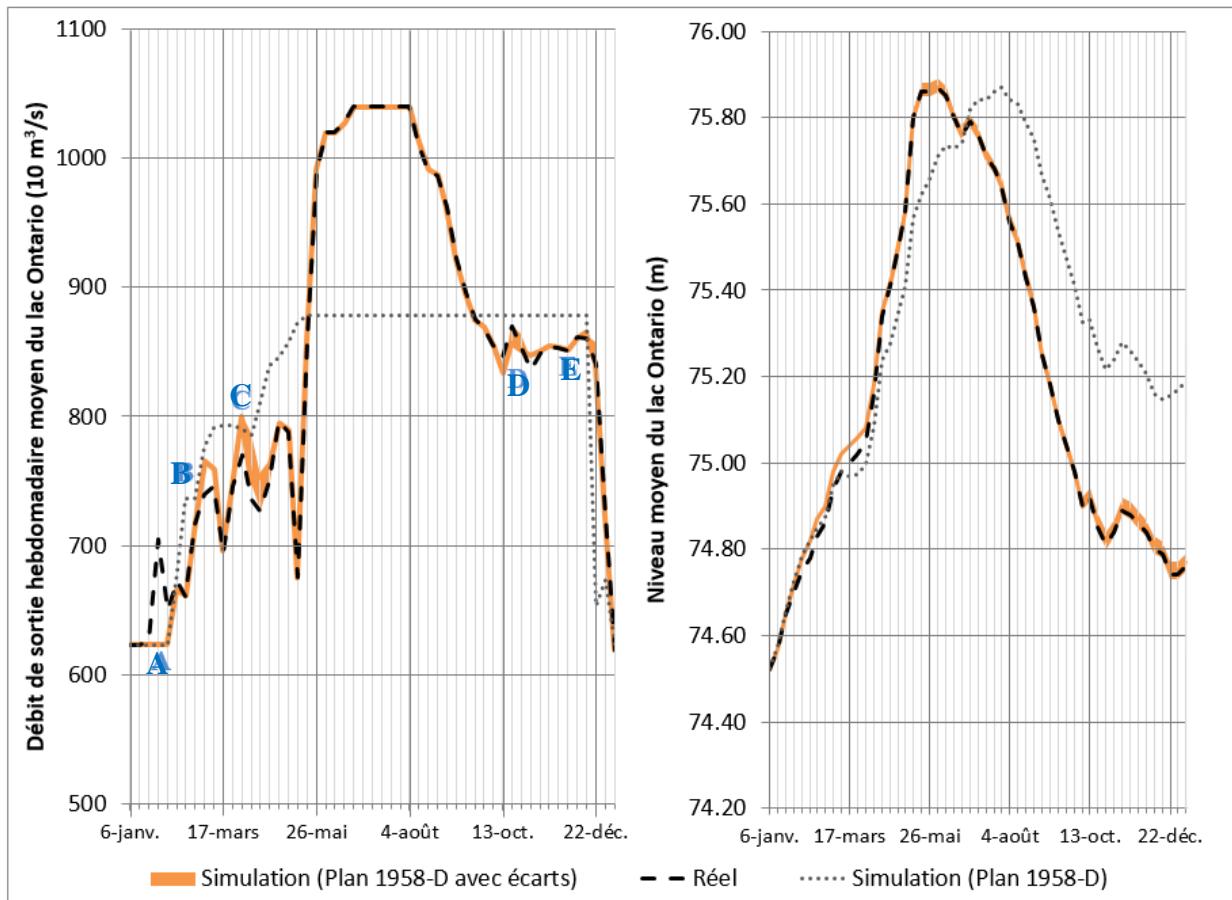


Figure 6-14 : Simulation du Plan 1958-D avec écarts (série orange ombragée) et simulation du Plan 1958-D avec débit et niveau d'eau prescrits (série grise pointillée) comparativement au débit et au niveau d'eau réels en 2017

Le débit (et par conséquent le niveau d'eau) aurait été presque identique selon le Plan 1958-D, avec des écarts en 2017. Les périodes pendant lesquelles le débit aurait pu différer sont indiquées par les lettres **A** à **E** dans la figure 6-14 et décrites ci-après.

En janvier, le Plan 1958-D précisait généralement un débit maximal de $6230 \text{ m}^3/\text{s}$ pour tenir compte de la formation de glace (même lorsque la glace ne se formait pas), tandis que le Plan 2014 prévoit un débit plus élevé jusqu'à ce que la formation de glace commence réellement (**A**). Il est peu probable que le CILOFSL ait décidé de s'écartier du Plan 1958-D et de rejeter un débit de plus de $6230 \text{ m}^3/\text{s}$ en janvier, étant donné qu'il n'y avait aucune indication que les conditions seraient extrêmement humides plus tard au printemps et que le niveau d'eau du lac Ontario était légèrement inférieur à sa moyenne à long terme. Comme preuve supplémentaire, pas plus tard qu'en 2016, le CILOFSL n'avait pas effectué d'écart dans des conditions semblables. Le débit prescrit dans le Plan 1958-D aurait été plus élevé que celui prescrit dans le Plan 2014 pendant les semaines se terminant du 3 au 17 mars (**B**), et il y aurait eu peu d'occasions pendant cette période de libérer ce débit plus élevé. Autrement, les mêmes ajustements de débit auraient été nécessaires pour la gestion des glaces, mais ils auraient été considérés comme des écarts par rapport au Plan 1958-D. Il est probable que le CILOFSL aurait libéré un débit supérieur à celui prescrit dans le Plan 1958-D pendant la courte période entre le

25 mars et le 5 avril, après que l'état des glaces dans le Saint-Laurent avait cessé de limiter le débit et avant le début de la crue nivale de la rivière des Outaouais (**C**).

La limite F du Plan 2014 est fondée en grande partie sur la façon dont le CILOFSL fonctionnait dans le cadre du Plan 1958-D pendant la crue nivale de la rivière des Outaouais. Pendant ces périodes, le CILOFSL s'écartait normalement du Plan 1958-D, car il ne comportait pas de limite F, afin d'équilibrer les niveaux d'eau élevés en amont et en aval et les impacts. Ainsi, à partir du 5 avril, on a présumé que le CILOFSL aurait dérogé au débit prescrit dans le Plan 1958-D, comme il l'avait fait dans le passé et de la même façon que le débit fut ajusté en fonction de la limite F du Plan 2014, pour compenser les dommages causés par les inondations en amont et en aval.

D'après les résultats de cette simulation du Plan 1958-D, le niveau d'eau du lac Ontario aurait atteint un sommet de plus ou moins 2 cm (0,8 po) du sommet réel en juin 2017. Comme le CILOFSL avait le pouvoir de s'écartier du Plan 2014 à ce moment-là, on a présumé que, par la suite, le CILOFSL fonctionnant en vertu du Plan 1958-D aurait également effectué un écart et libéré le même débit record pendant la majeure partie de l'été. Le CILOFSL aurait probablement atteint le même consensus pour réduire le débit afin de maintenir des conditions de sécurité pour la navigation à compter du 8 août. Conformément aux opérations réelles en 2017, le CILOFSL aurait probablement permis un écart semblable par rapport au Plan 1958-D en octobre afin de permettre le halage des bateaux sur le lac Saint-Laurent (**D**) et un essai similaire du débit supérieur à la limite L maximale en décembre (**E**). À compter du 25 décembre, on a présumé que le CILOFSL aurait réduit le débit pour faciliter la formation de glace, puisque la glace avait commencé à se former dans le canal de Beauharnois.

Selon les résultats et les incertitudes de cette simulation, le niveau d'eau du lac Ontario se serait situé à plus ou moins 3 cm (1,2 po) de celui réel à la fin de 2017 si le CILOFSL avait fonctionné selon le Plan 1958-D plutôt que le Plan 2014.

6.3.3 Niveau d'eau et conditions hydroclimatiques observés en 2017 par rapport à l'évaluation du plan

Une partie de la responsabilité du comité GAGL consiste à aider la CMI à mieux comprendre le système et à tenir compte des conditions futures. Une question clé sur laquelle le comité GAGL doit se pencher est de savoir si les futurs apports d'eau seront différents de ceux utilisés pour tester la gestion actuelle de niveau et de débit d'eau. La LOSLRS reconnaît que l'avenir ne sera pas une répétition du passé; surtout en ce qui concerne les conditions météorologiques qui alimentent l'apport d'eau au système des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent. La LOSLRS et la CMI ont reconnu que, même sans les effets d'une augmentation des gaz à effet de serre dans l'atmosphère, nous pouvons être confiants qu'il y aura des périodes où l'apport d'eau est plus fort et plus faible à l'avenir en raison des variations naturelles du climat. Par conséquent, le Conseil de la LOSLRS a choisi de mettre à l'essai tous les plans alternatifs de régularisation au

moyen d'une séquence d'apport produite de façon stochastique pour évaluer leur portée hydraulique et leurs avantages économiques.

Contrairement aux études antérieures qui avaient souvent supposé une certaine stationnarité du climat et supposaient que ce qui avait eu lieu dans le passé était un bon reflet de l'avenir, la LOSLRS a tenté de regarder au-delà du passé et d'identifier d'autres séquences hydroclimatiques futures possibles. Pour ce faire, elle a produit une importante séquence d'apports stochastiques sur 50 000 ans pour chacun des Grands Lacs, la rivière des Outaouais et d'autres affluents en aval. Bien que cette série chronologique stochastique soit fondée sur les caractéristiques statistiques des apports du vingtième siècle (LOSLRS, 2006), elle a généré un plus large éventail de conditions pour mettre à l'essai les plans de régularisation et a inclus plusieurs événements extrêmes plus humides et secs que par le passé. Le modèle d'hydrologie stochastique incluait d'importantes relations probabilistes entre les apports d'une année à l'autre, leurs tendances saisonnières et leurs corrélations d'un quart de mois à l'autre (LOSLRS, 2006). D'importantes propriétés statistiques du système ont été préservées, comme la moyenne, l'écart-type et la probabilité que des conditions humides ou sèches se produisent en même temps dans les divers bassins de drainage. Dans la plupart des cas, la séquence stochastique d'apport a été utilisée pour évaluer les différences dans les avantages annuels moyens entre les plans de régularisation alternative.

Le Comité GAGL est chargé de comparer les observations réelles aux résultats prévus du plan de régularisation; il doit donc prendre en considération les différences entre les modèles d'exploitation et de planification, et tenir compte de l'exactitude des modèles qui représentent la réalité, et déterminer ce qui peut être perdu en utilisant ces techniques de généralisation, et si elles sont importantes.

L'annexe 2 – Examen du plan présente un examen préliminaire des conditions de 2017 à la lumière de l'incertitude du modèle et de la façon dont les niveaux d'eau et les conditions hydroclimatiques observés sont comparés à ceux utilisés dans l'élaboration et l'évaluation des plans de régularisation, et ce que cela pourrait signifier pour les évaluations futures. L'annexe inclut les évaluations suivantes :

1. **Conditions des glaces (annexe 2 - 2.4.2.1) :** Des conditions de glace très variables ont été observées en 2017. Il faut examiner davantage la façon dont la condition des glaces (formation et stabilité) de 2017 se rapporte aux conditions historiques utilisées pour évaluer les solutions de rechange au plan de régularisation.
2. **Simulation du niveau d'eau du lac Saint-Louis (annexe 2 - 2.4.2.2) dans le Plan 2014 :** Compte tenu de niveau d'eau extrême sur l'ensemble du système en 2017, il a été déterminé qu'une autre validation du niveau d'eau simulé du lac Saint-Louis est nécessaire.
3. **Simulation du niveau d'eau du lac Ontario (traitée ici et à l'annexe 2 - 2.4.2.3)** Comment le niveau d'eau du lac Ontario en 2017 se compare-t-il à celui simulé à partir de la série chronologique stochastique de 50 000 ans.
4. **Apport d'eau (annexe 2 - 2.4.2.4) :** L'apport d'eau en avril et mai 2017 a dépassé celui qui s'était produit au cours de la période de relevé historique de 1900 à 2008 utilisée pour

évaluer les plans de régularisation. Comment se comparent-ils aux autres scénarios d'apport d'eau utilisés dans l'évaluation du plan, y compris les scénarios stochastiques sur 50 000 ans ? Les scénarios de changement climatique doivent être mis à jour pour cette analyse et cela se fera à l'avenir.

5. **Débit de la rivière des Outaouais (annexe 2 - 2.4.2.5) :** Comme ci-dessus, un débit record fut établi en 2017; comment ce débit se compare-t-il aux autres scénarios utilisés dans l'évaluation du plan ? De plus, comment la combinaison des apports d'eau élevés du lac Ontario et du débit élevé de la rivière des Outaouais se compare-t-elle à la série chronologique d'évaluation du plan ?

Seules les deuxième et troisième simulations sont brièvement abordées ici, car leurs constatations semblent particulièrement pertinentes.

6.3.3.1 Différences entre le niveau d'eau du lac Saint-Louis (Pointe-Claire) simulé et opérationnel

Au cours de l'été 2017, un examen des résultats des simulations effectuées aux quarts de mois pour le Plan 2014 a révélé des écarts importants sur le niveau d'eau du lac Saint-Louis dans un petit nombre de scénarios en raison d'une erreur dans la façon dont ce niveau fut calculé dans les simulations.

Dans les simulations précédentes du Plan 2014, on a constaté que le calcul de la limite F effectué au quart de mois n'était pas appliqué correctement dans le code modèle du Plan 2014 lorsque le niveau d'eau du lac Ontario était supérieur à 75,75 m (248,52 pi). Rappelons que la limite F du Plan 2014 est une régularisation à plusieurs paliers qui tente d'équilibrer les conditions d'eau élevées en amont et en aval en veillant à ce que le niveau d'eau du lac Saint-Louis demeure sous certains seuils, selon le niveau d'eau du lac Ontario. Pour ce faire, dans le modèle de simulation, une corrélation débit-niveau est utilisée pour déterminer le débit du lac Saint-Louis correspondant à chaque niveau d'eau de limite F, ce débit est réduit par le débit de la rivière des Outaouais et des affluents locaux, et le reste est utilisé pour établir le débit du lac Ontario en conséquence. Cependant, une erreur a été relevée, alors que le débit du lac Saint-Louis était multiplié par un facteur de 10 à l'intérieur du modèle lorsque le lac Ontario dépassait 75,75 m (248,52 pi), ce qui permettait au niveau d'eau du lac Saint-Louis de s'élever considérablement et d'éliminer à toute fin pratique, tout seuil de niveau d'eau de protection pour ce secteur du système. Le résultat est qu'il y a des écarts avec le niveau d'eau simulé dans certains des scénarios les plus extrêmes de niveau d'eau dans les résultats stochastiques du Plan 2014 de la LOSLRS. Les résultats historiques de la LOSLRS n'ont pas été touchés par ce problème de codage puisque le niveau d'eau de quarts de mois simulés du lac Ontario dans la simulation historique (et en fait, le niveau d'eau historique réel, avant 2017) n'avaient jamais dépassé 75,75 m (248,52 pi). C'est probablement aussi ce qui a empêché de déceler l'erreur de codage jusqu'à maintenant. Avec la correction du code, pour la simulation stochastique, le niveau d'eau

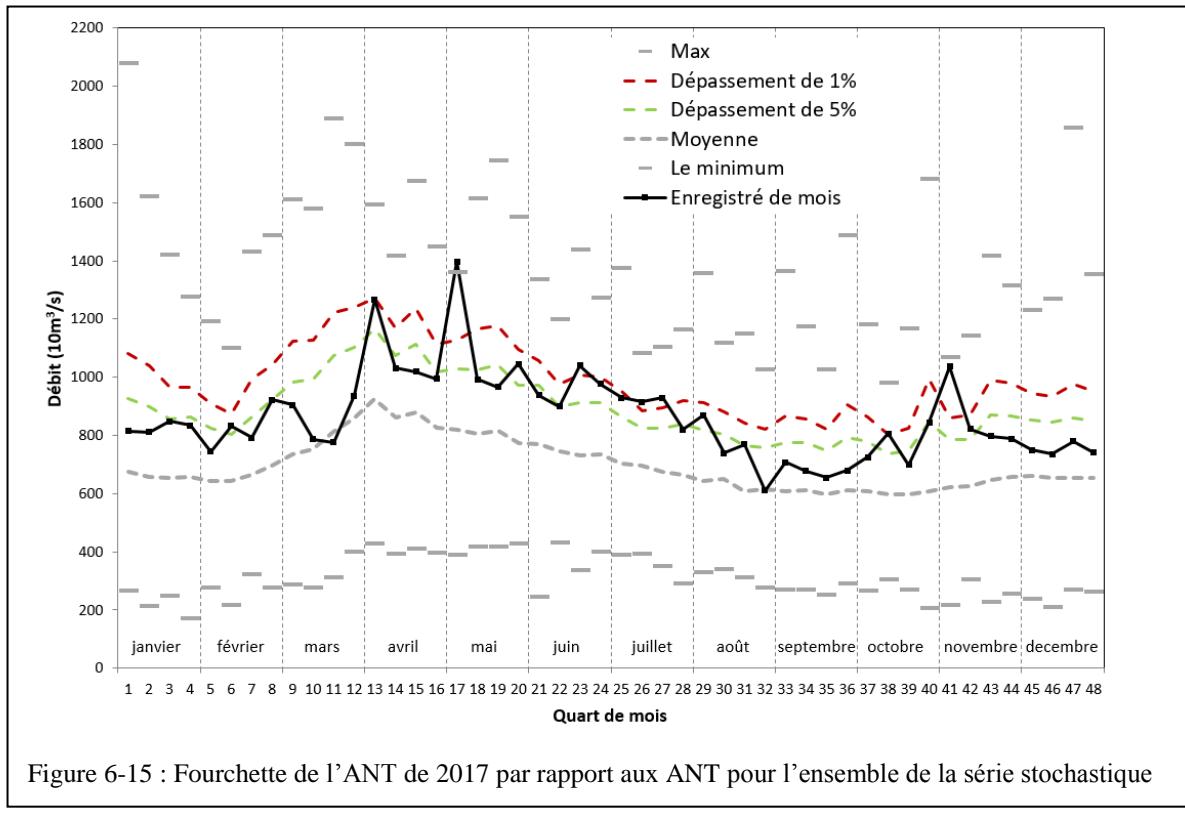
maximal simulé du lac Ontario passe de 76,62 m (251,38 pi) à 76,66 m (251,51 pi) (augmentation de 4 cm (1,6 po)), tandis que celui maximal du lac Saint-Louis est réduit de 23,33 m (76,54 pi) à 22,81 m (74,84 pi) (diminution de 52 cm (20,5 po)).

6.3.3.2 Conditions observées en 2017 par rapport à la séquence d'approvisionnement stochastique

Le niveau du lac Ontario est le résultat cumulatif du moment et de l'ampleur des différents débits d'entrée et des rejets du barrage Moses-Saunders. La relation entre les intrants et les résultats n'est pas simple. Le Plan 2014 a été conçu et mis à l'essai à l'aide d'apports d'eau historiques et d'une vaste gamme de conditions d'apport d'eau possibles à l'avenir. L'une des sources principales pour ces apports d'eau a été la série chronologique de 50 000 ans d'apport d'eau et des débits d'affluents. Le niveau de lac le plus élevé atteint dans la simulation stochastique à l'aide du Plan 2014 était de 76,66 m (251,5 pi), ce qui s'est produit au cours d'une séquence d'apport d'eau extrême. Toutefois, bien que le débit des ANT au quart de mois (débit du lac Érié plus le débit local dans le lac Ontario) ait été très élevé dans cette séquence, il n'était pas le plus élevé des données des essais stochastiques de 50 000 ans.

Les conditions de 2017 ont été extrêmes, dépassant celles du passé, et bien que des conditions semblables soient consignées dans la série stochastique utilisée pour évaluer le rendement du plan de régularisation, de telles situations sont rares (voir la figure 6-15). Des recherches continues visant à déterminer si de telles conditions continueront d'être rares ou plus fréquentes sont nécessaires pour élaborer des plans de régularisation et assurer un rendement solide au fil du temps.

De plus amples renseignements sur cette analyse se trouvent à l'annexe 2 – Examen du plan.



6.4 Constatations et prochaines étapes suggérées pour les analyses et évaluations continues du plan

Les ordonnances d'approbation pour le lac Supérieur et le lac Ontario exigent que la CMI examine les résultats de l'application de la régularisation prévue dans le Plan 2012 et le Plan 2014. Cela comprend une évaluation de la mesure dans laquelle les effets observés des niveaux d'eau se comparent à ceux prévus par la recherche et les modèles utilisés pour élaborer et choisir les plans. Cet examen peut servir à réévaluer le rendement et les options qui peuvent entraîner des changements aux plans de régularisation. Des suggestions quant aux améliorations peuvent venir des conditions particulières d'une année ou de plusieurs observations générales, par exemple, qu'il pourrait être avantageux d'utiliser un modèle de navigation qui couvre l'ensemble du réseau des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent. Dans le présent rapport, l'accent est mis sur les idées qui découlent des conditions de 2017, avec des suggestions pour des évaluations plus générales lorsque cela est logique.

6.4.1 Constatations de l'examen du plan – Grands Lacs d'amont

Sur le lac Supérieur, le CICLS s'est écarté des écoulements prévus dans le Plan 2012 en 2015 et 2016 en se fondant, en grande partie, sur une estimation révisée et inférieure du débit qui pourrait

passer par les chenaux latéraux vers les turbines hydroélectriques. De plus grands écarts ont été nécessaires en 2017 lorsque la désactivation de certaines turbines pour l'entretien a réduit encore davantage la capacité des chenaux latéraux. Comme il est indiqué à la section 6.2, « Le lac Supérieur : examen du rendement du Plan 2012 fondé sur les conditions en 2017 », la stratégie d'écart de 2017 a permis des changements beaucoup plus harmonieux du débit dans les rapides Sainte-Marie sans causer de problèmes à l'industrie de la navigation. À partir de ce qui précède, des simulations de débit du lac Supérieur et du lac Ontario furent effectuées selon divers scénarios afin d'évaluer l'influence d'un certain nombre de facteurs liés au niveau d'eau extrême de 2017. Encore une fois, il s'agit d'une analyse très préliminaire du niveau et débit d'eau seulement. Cela ne comprend pas une évaluation des impacts environnementaux ou économiques négatifs ou positifs qui feront partie de l'examen continu à long terme des plans de régularisation.

6.2 Lac Supérieur : Examen du rendement du Plan 2012 fondé sur les conditions de 2017 Le débit de pointe moins élevé dans les rapides a entraîné moins d'inondations sur l'île Whitefish, tandis que les transitions plus harmonieuses étaient conformes aux objectifs du Plan 2012 qui, selon les recherches qualitatives, devraient être bénéfiques pour la santé environnementale des rapides (GEIGLA, 2012).

Les opérations de 2017 suggèrent que le comité GAGL devrait examiner les modifications au Plan 2012 pour produire ce genre d'avantages de façon régulière, peut-être en utilisant les prévisions de la capacité de turbine disponible comme intrant. Étant donné que les avantages pour l'activité de pêche à la Sainte-Marie et la réduction des dommages causés par le niveau d'eau élevé à l'île Whitefish sont maintenant qualitatifs, la recherche visant à quantifier la relation entre le débit dans les rapides et les avantages environnementaux et côtiers pourrait aider à produire des règles plus avantageuses.

6.4.2 Constatations de l'examen du plan - Système du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent

Les événements hydrologiques de 2017 ont posé un défi extrême à la régularisation du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent et au plan de régularisation de 2014. Les résultats montrent que le Plan 2014 a généralement donné les résultats escomptés dans des conditions météo et d'apport d'eau extrêmes, c'est-à-dire qu'il a fourni une plus grande souplesse pour gérer les conditions de glace difficiles tout au long de l'hiver 2017 et, dans la mesure du possible, il a tenté de minimiser et d'équilibrer les risques d'inondation pendant les conditions météorologiques printanières extrêmes, qui se seraient produites indépendamment du plan de régularisation en place. Néanmoins, l'analyse de la section 6 a révélé certaines façons d'améliorer la conception et la mise à l'essai et l'évaluation des plans de régularisation à l'avenir. Les constatations peuvent être classées en trois catégories :

1. Réexamen des données d'entrée historiques et stochastiques de modélisation

2. Réévaluation des processus et des algorithmes du modèle de plan
3. Réexamen du processus d'évaluation et de classement des plans

Chacune est abordée dans des sous-sections distinctes ci-après.

6.4.2.1 Réexamen des données de modélisation historique et stochastique

L'évaluation et le classement des plans de régularisation du lac Ontario depuis la LOSLRS ont été fondés en grande partie sur l'hypothèse qu'un ensemble stochastique d'intrants de modèles de simulation, y compris les apports d'eau nets et totaux, le débit des affluents et les conditions des glaces, représente avec précision l'éventail des conditions hydrologiques futures qui pourraient être prévues. Personne ne peut être certain de la mesure dans laquelle les changements climatiques ont causé les conditions météorologiques en 2017, mais l'analyse à la section 6.3.1 montre que le niveau d'eau élevé de 2017 furent causé par la séquence et la survenance simultanée d'événements importants, dont certains semblent indépendants les uns des autres (février chaud suivi d'un mars froid, avril et mai extrêmement humides). Bien que certains de ces événements puissent être saisis dans une certaine mesure dans la série stochastique, ils soulèvent des questions sur la fréquence à laquelle de tels événements peuvent se produire à l'avenir et sur la possibilité que les ensembles de données stochastiques fournissent une caractérisation exacte des conditions dans lesquelles les plans seront exploités.

En 2017, il y a eu des apports nets et totaux records d'eau dans le bassin versant et dans le débit de la rivière des Outaouais. Dans la plupart des cas, les apports en eau de 2017 furent inférieurs aux apports d'eau stochastiques maximaux, mais la gravité extraordinaire des précipitations printanières correspond aux prévisions de tempêtes violentes dans le contexte du changement climatique. L'influence du changement climatique est difficile à prouver ou à réfuter, de sorte que personne ne peut savoir avec certitude si 2017 a été un événement extraordinairement rare pour le climat de cette région, ou un événement modérément rare dans un climat en mutation. L'utilisation de l'hydrologie stochastique existante de la LOSLRS est logiquement conforme à la première interprétation. Si la deuxième interprétation est vraie, l'hydrologie stochastique existante pourrait représenter faussement le risque d'apports d'eau élevés et devrait être mise à jour pour tenir compte du changement climatique.

Les tendances de la température de l'air et des eaux de surface au cours des dernières décennies appuient les projections du changement climatique pour des températures plus chaudes dans le futur, ce qui pourrait modifier la formation de la glace et les régimes de ruissellement hivernal et l'évaporation à partir de la surface du lac. Les cycles de formation de glace qui se sont produits en 2017 sont sans précédent dans les dossiers historiques et non représentés dans l'ensemble de données stochastiques de l'indicateur de l'état des glaces. La section 6.3.1.1 montre que la formation de glace cette année a augmenté le niveau d'eau du lac Ontario de plusieurs centimètres compte tenu des conditions en 2016-2017. Les données actuelles sur les glaces appliquées avec l'ensemble de l'apport d'eau stochastique ne sont qu'un échantillonnage à partir des quelques 40 ans de données sur les glaces, disponibles au moment de la LOSLRS. Ces données sur la glace comprennent une série chronologique d'indicateurs de condition de la glace de sorte que les impacts de la formation et de la rugosité de la glace soient inclus dans les essais du plan, mais il n'y a pas de chaîne indicatrice dans ces données qui correspond à ce qui s'est passé en 2017, de sorte que les simulations stochastiques ne peuvent pas révéler l'impact que les

modèles de formation de glace de 2017 auraient en combinaison avec différentes séquences d'apport d'eau et de niveau d'eau antérieur.

Les températures plus chaudes projetées en raison du changement climatique pourraient également avoir une incidence sur le moment et les taux de ruissellement des pluies hivernales et de la fonte des neiges. Il se peut qu'il y ait plus de précipitations hivernales et de fonte des neiges avec moins d'accumulation de neige et/ou que le temps qui s'écoule entre la fonte des neiges et les fortes pluies printanières augmente sous l'effet du changement climatique à un degré qui n'est pas bien représenté dans les données stochastiques actuelles (Notaro, 2015; Whitfield et Cannon, 2000; Barnett et al., 2005). L'évaporation et les précipitations peuvent toutes deux augmenter en raison du changement climatique, mais le synchronisme des deux peut aussi changer de manière non bien représentée dans les données stochastiques actuelles (Music et al., 2015, Notaro, 2015; GLISA, 2018). Toutefois, les incertitudes importantes quant à la façon dont ces facteurs changeront en raison du changement climatique demeurent un défi pour l'élaboration d'un nouvel ensemble de données stochastiques et la modification des plans de régularisation pour réagir à cette incertitude.

Cette section indique aussi clairement que le niveau d'eau élevé du lac Ontario peut être causé par la séquence et l'occurrence simultanée de facteurs climatiques, de sorte que la recherche prévisionnelle qui prédit des paramètres simples comme la quantité de précipitations printanières peut ne pas en prévoir le niveau d'eau élevé. Le comité GAGL conclut que, pour être utiles, les prévisions automnales devraient être mises à l'essai en fonction de leur capacité de prévoir le niveau d'eau élevé du lac Ontario au printemps, et non pas simplement le niveau d'eau élevé de l'ATN ou de l'ANB. Même avec de telles recherches, il pourrait s'écouler de nombreuses années ou décennies avant que ces prévisions ne soient à un stade susceptible d'influencer les décisions relatives aux plans de régularisation.

6.4.2.2 Réévaluation des processus et des algorithmes du modèle

La section 6.3.2 montre que le niveau d'eau du lac Ontario aurait pu être quelque peu réduit en 2017 en modifiant les limites F et L, qui font partie des règles du Plan 2014 et de la pratique 1958-DD, qui ont été fondées sur des perceptions de longue date concernant la protection de la sécurité de la navigation et l'équilibre entre les inondations en amont et en aval du barrage. Il n'y a pas de données probantes jusqu'à maintenant qui laissent croire qu'une modification de ces pratiques améliorerait sensiblement les résultats. Modifier ces limites aurait pour effet de déplacer les impacts ou les risques d'un secteur ou d'un intérêt à un autre. Toute analyse future devrait évaluer un large éventail de conditions d'apport d'eau extrêmes et difficiles ainsi que des indicateurs de performance socio-économique et environnementale.

La section 6.3.2.2 montre qu'aucune réduction du niveau d'eau n'aurait suivi un ajustement réaliste de niveau d'eau de déclenchement élevés H14 en fonction des conditions de 2017. Les réductions en 2017 qui auraient pu être causées par des seuils de déclenchement inférieurs d'un pied auraient, si le CILOFSL avait agi, causé des écarts par rapport aux règles du Plan 2014 dans

environ 20 % du temps, ce qui aurait éviscéré le plan. Les personnes qui ont souffert de niveau d'eau élevé ont souvent dit croire que des seuils de niveau d'eau de déclenchement inférieurs auraient été bénéfiques. D'après l'analyse de 2017, le comité GAGL ne croit pas que l'examen des changements apportés aux seuils déclencheurs soit très prometteur pour ce qui est de la recherche d'améliorations au plan dans des conditions d'apport d'eau extrêmes. Toutefois, comme dans le cas des limites, toute analyse future du seuil déclencheur élevé H14 devrait porter sur un plus large éventail de conditions d'apport d'eau extrêmes ainsi que sur des indicateurs de performance socio-économique et environnementale.

La simulation de niveau d'eau dans le fleuve Saint-Laurent est fondée sur des équations de régression utilisant des élévations antérieures de niveau d'eau, le débit de tributaires et l'écoulement du lac Ontario. Compte tenu du niveau d'eau extrême en 2017, il a été déterminé que le réexamen des régressions utilisées pour simuler le niveau d'eau du lac Saint-Louis et d'autres niveaux d'eau plus en aval pourrait entraîner des améliorations significatives de la validité du modèle de simulation dans des conditions de débit extrême.

La section 6.3.2.7 résume la découverte d'un problème de codage dans la simulation du Plan 2014 qui, lorsque le niveau d'eau du lac Ontario dépasse 75,75 m, peut sous-estimer le niveau du lac Ontario et celui à Pointe-Claire. Le comité GAGL conclut que les répercussions de la simulation effectuée aux quarts de mois du niveau à Pointe-Claire pour le Plan 2014 doivent être examinées afin de déterminer les effets qu'elles peuvent avoir sur les évaluations des plans et les compromis inhérents en amont et en aval. Cela peut comprendre la reprise des évaluations stochastiques complètes afin de déterminer les répercussions pour le calcul des résultats de l'indicateur de rendement.

6.4.3 Prochaines étapes : Réexamen du processus d'évaluation du plan

6.4.3.1 Grands Lacs d'amont : Élaboration de nouveaux outils d'évaluation à court terme des plans

Des modèles informatiques ont été élaborés au cours du GEIGLA (2007-2012) pour analyser et comparer le rendement des différents plans de régularisation. Les plans ont dû être testés dans de nombreuses conditions hydrologiques différentes, et ils ont donc utilisé des données chronologiques d'une centaine d'années. Ces modèles ne sont pas conçus pour la comparaison des différentes règles de régularisation du niveau d'eau sur un ou deux ans seulement. Le Comité GAGL élabore actuellement des outils d'évaluation à court terme. Une fois ces outils mis au point, le Comité GAGL produira des examens quantitatifs du rendement du Plan 2012 pour l'année en cours et les dernières années.

6.4.3.2 Lac Ontario - fleuve Saint-Laurent : Essais de scénarios approfondis

Le Conseil de la LOSLRS a basé une grande partie de son classement du plan sur les valeurs prévues des avantages économiques calculées sous forme de moyennes à partir de simulations stochastiques et d'indicateurs de rendement environnementale simulés à l'aide des données historiques. Les valeurs prévues sont des moyennes des impacts multipliées par la probabilité de l'impact, et le classement fondé sur ces moyennes indique comment les plans sont les plus susceptibles de donner des résultats. L'analyse des scénarios peut être utilisée en plus des calculs de la valeur prévue pour vérifier la robustesse d'un plan face à des combinaisons inhabituelles de conditions. Une autre approche qui peut être utilisée pour compléter les impacts annuels moyens basés sur l'hydrologie stochastique est l'analyse de scénarios, où les régularisations du plan sont mises à l'essai avec de nombreux ensembles de données d'entrée à court terme. Cette approche a été utilisée par le Conseil de la GEIGLA (GEIGLA, 2007-2012) et dans une moindre mesure pendant et après la LOSLRS. La section 6.3.3 et l'annexe 2 – Examen du plan ont révélé qu'il existe des indices à savoir que les intrants stochastiques ne représentent pas pleinement les conditions futures dans lesquelles le Plan 2014 sera appliqué, ce qui amène le Comité GAGL à conclure qu'une analyse plus approfondie des scénarios serait bénéfique dans la mise à l'essai du Plan 2014 :

- Dans certains cas, comme celui de la formation des glaces, il ne fait aucun doute que les données stochastiques ne représentent pas ce qui s'est passé en 2017 et que les répercussions de cette situation devraient être examinées et évaluées à fond;
- L'utilisation des avantages moyens du rendement des plans de régularisation est utile parce qu'elle intègre les résultats de tous les événements pondérés par leur probabilité d'occurrence, mais elle détourne l'attention des événements rares qui ont le plus d'impact sur les intervenants (ou les intérêts) et qui (si possible) peuvent être les plus importants pour les plans de régularisation afin de tenter de mieux les aborder, particulièrement si la probabilité de tels événements rares est susceptible d'augmenter à l'avenir;
- Certaines données indiquent que la probabilité, l'ampleur et le moment de la température, des précipitations, de l'évaporation et du ruissellement peuvent changer. La section 6.3.1 montre que la coïncidence et le séquençage de ces facteurs peuvent augmenter le niveau d'eau. On peut supposer que la simulation stochastique comprend les corrélations entre ces paramètres trouvés dans les données historiques. L'analyse des scénarios permettrait la création de combinaisons non typiques mais plausibles de ces paramètres.

7.0 Principales constatations et prochaines étapes

Le Comité GAGL a élaboré ce rapport spécial des conditions en 2017 dans le cadre de son processus de gestion adaptative à long terme pour examiner et améliorer la régularisation du débit des Grands Lacs. L'année 2017 a été percutante et difficile, particulièrement pour les intérêts du réseau du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent. Elle a permis un test crucial du Plan 2012 et Plan 2014 et présenté un défi au Comité GAGL pour ce qui est de lancer un processus de production de rapports sur les données et l'information relatives aux événements. L'information apprise en 2017 servira à orienter les activités du Comité GAGL au cours de la prochaine année et par la suite, à mesure que les ressources deviendront disponibles. Les sections suivantes présentent les constatations essentielles et les prochaines étapes possibles.

7.1 L'année 2017 a été marquée par des conditions exceptionnelles dans l'ensemble du bassin du fleuve Saint-Laurent et du lac Ontario, mais le Plan 2014 n'a pas contribué à une crue record

Constatation : L'année 2017 a été exceptionnellement humide dans l'ensemble des Grands Lacs, avec des précipitations et niveau d'eau records dans le réseau du lac Ontario et du Saint-Laurent. Ces conditions ont causé des dommages considérables aux collectivités côtières et à d'autres catégories d'intérêt en amont et en aval du barrage Moses-Saunders. L'analyse des conditions et du rendement du plan par le Comité GAGL en 2017 appuie la conclusion du CILOFSL selon laquelle le Plan 2014 n'a pas causé ni exacerbé de façon marquante les inondations et les dommages connexes qui se sont produits en 2017. L'analyse a montré que le débit écoulé en 2017 en vertu du nouveau plan de régularisation a été très semblable à celui écoulé si le Conseil avait fonctionné en vertu de l'ancien plan de régularisation, en appliquant les autorisations antérieures au chapitre des écarts et des opérations.

Prochaines étapes : Le Comité GAGL continuera d'analyser les données recueillies en 2017 et au cours des années à venir afin d'appuyer l'évaluation continue des plans de régularisation et de chercher des améliorations.

7.2 Bassin des Grands Lacs : Les données quantitatives sur les impacts de la crue de 2017 ne sont pas largement disponibles et sont nécessaires pour la validation du modèle des indicateurs de rendement

Constatation : En général, les indicateurs de rendement ont identifié les secteurs critiques en 2017, mais les conditions soulevaient des questions au sujet des détails du modèle et de la surveillance continue requise pour la validation. Bien que le Comité GAGL ait cherché diverses sources de données potentielles, la plupart des données n'étaient pas encore disponibles pour diffusion publique et, dans de nombreux cas, les données quantitatives économiques et environnementales sur les impacts n'étaient pas activement recueillies ni consolidées. Dans la plupart des cas, il était difficile (voire impossible) d'obtenir les données quantitatives nécessaires pour valider les indicateurs de rendement économique et environnementale utilisés dans les modèles existants. Cela soulève la question de la révision des indicateurs de rendement pour appuyer l'évaluation du plan à long terme. Certains secteurs semblent plus critiques que d'autres et le Comité GAGL devra prioriser les efforts de validation des indicateurs de rendement afin d'orienter efficacement sa collecte de données essentielles. Certains impacts n'ont pu être comparés aux indicateurs de rendement existants, soit parce que l'information n'était pas disponible pour appuyer la comparaison, soit parce que les impacts observés n'étaient pas directement saisis par les indicateurs de rendement existants. Les impacts observés en 2017 qui ne sont pas pris en compte par les indicateurs de rendement existants peuvent ou non refléter d'importants problèmes qui influent sur les comparaisons relatives du rendement des plans. Quoi qu'il en soit, cela met en relief la nécessité d'un examen et d'une mise à jour réguliers des indicateurs de rendement dans le cadre du processus de gestion adaptative.

Prochaines étapes : Une fois les études des impacts de 2017 terminées, le Comité GAGL devra comparer les résultats aux prévisions du modèle, faire rapport sur l'exactitude des prévisions du modèle des indicateurs de rendement et modifier les fonctions des indicateurs de rendement au besoin. Le Comité GAGL devra continuer de se pencher sur les besoins permanents de surveillance pour valider les modèles et mettre à jour les indicateurs de rendement au besoin pour appuyer l'examen continu des plans de régularisation. De plus, le Comité GAGL devra réexaminer l'importance, la sensibilité et la certitude de tous les indicateurs de rendement pour s'assurer qu'ils peuvent être utilisés efficacement dans les examens et évaluations futurs des plans.

7.3 Bassin des Grands Lacs : L'amélioration des modèles de simulation se poursuivra

Constatation : Les simulations du niveau et du débit d'eau en vertu du Plan 2012 et du Plan 2014, ainsi qu'en vertu des stratégies de régularisation alternative, devront être continuellement mises à l'essai et améliorées, au besoin, afin de réduire les incertitudes intrinsèques. Dans le cas du réseau du Saint-Laurent et du lac Ontario par exemple, la simulation du niveau du lac Saint-Louis est incertaine dans des conditions d'apport d'eau très élevées, tout comme les effets que de telles conditions peuvent avoir sur le cours inférieur du Saint-Laurent. Sur les Grands Lacs d'amont, la capacité maximale combinée des chenaux latéraux, qui mène le débit vers les centrales hydroélectriques sur la rivière Sainte-Marie, a été réduit au moment des activités d'entretien des centrales, mais les effets de ces réductions sur la capacité n'ont pas été pris en compte au moment d'évaluer le Plan 2012. Afin de réduire les impacts sur les rapides Sainte-Marie pendant les périodes de débit élevé et de capacité réduite, le CICLS a dû appliquer des écarts chaque année depuis la mise en œuvre du plan en 2015.

Prochaines étapes : Les modèles de simulation et d'évaluation seront améliorés, et les nouveaux modèles utilisés au cours des évaluations subséquentes seront périodiquement revus et mis à jour, au besoin.

7.4. Grands Lacs d'amont : De nouveaux indicateurs de rendement doivent être élaborés pour la rivière Sainte-Marie

Constatation : La régularisation du débit du lac Supérieur a le plus grand effet sur la rivière Sainte-Marie. Bien que le CICLS ait tenté de minimiser les impacts négatifs potentiels d'un débit élevé et fluctuant dans les rapides Sainte-Marie en s'écartant du Plan 2012 au cours des dernières années, il n'y a pas suffisamment de données ou de mesures de surveillance pour valider les effets des stratégies d'écart du CICLS. L'écosystème des rapides Sainte-Marie et les basses rives adjacentes de l'île Whitefish sont particulièrement sensibles aux débits élevés ou aux changements de débits causés par les travaux compensatoires. Il faut élaborer des indicateurs de rendement afin de quantifier et de mieux comprendre les impacts dans les rapides de Sainte-Marie, et ces renseignements permettront d'éclairer les futures évaluations du rendement des plans de régularisation ainsi que les effets des stratégies d'écart potentielles.

Prochaines étapes : Poursuivre les efforts d'élaboration d'indicateurs et de modèles de rendement des écosystèmes et des inondations pour la rivière Sainte-Marie.

7.5 Lac Ontario–fleuve Saint-Laurent : Les impacts de la modification des limites F et L doivent être étudiés

Constatation : Le Comité GAGL s'est penché sur certaines des règles du Plan 2014, y compris les limites maximales du débit. Ces limites du Plan 2014 ont été établies sur des décennies d'exploitation du Conseil en fonction des connaissances et de l'expérience des experts en équilibrant les impacts côtiers en amont et en aval du barrage (limite F) et en conciliant ces impacts avec le maintien de vitesses de courant et d'un niveau d'eau sûr pour les navires dans la Voie maritime du Saint-Laurent (limite L). Un examen de l'application de ces limites en 2017 a montré que leur modification n'éliminerait pas ou ne réduirait pas de façon significative les crues et le niveau d'eau, mais qu'elle déplacerait les effets d'un lieu géographique ou d'un secteur d'intérêt à un autre. Les répercussions de ces mesures sur divers secteurs d'intérêt sont incertaines. Bien que la LOSLRS ait examiné les effets de la modification de ces limites, les indicateurs de rendement utilisés pour modéliser leurs impacts doivent être examinés et éclairés par les conditions de 2017, et les compromis associés à ces limites doivent être réévalués afin de mieux comprendre et expliquer les impacts de la modification de ces limites et d'autres règles du plan.

Prochaines étapes : Le Comité GAGL continuera de concevoir et de mettre en œuvre des études visant à examiner et à évaluer les répercussions socio-économiques et environnementales des modifications apportées aux limites et aux autres règles du plan afin de mieux comprendre et expliquer les compromis et les équilibres propres aux règles et limites du plan dans un large éventail de conditions extrêmes.

7.6 Lac Ontario–fleuve Saint-Laurent : Les changements apportés aux seuils de déclenchement n'ont pas une influence notable sur le niveau d'eau dans les conditions extrêmes observées en 2017

Constatation : Le Comité GAGL a examiné les seuils de déclenchement des écarts par le Conseil et s'est demandé si des seuils de déclenchement inférieurs auraient pu permettre d'atténuer davantage les inondations en amont et en aval en 2017. Cette analyse indique qu'aucune réduction significative du niveau d'eau de 2017 n'aurait résulté d'un ajustement réaliste du seuil de déclenchement élevé du critère H14. Une analyse complète des conditions après 2017 n'a pas encore été effectuée, mais elle devra l'être pour évaluer la valeur des changements aux seuils de déclenchement dans d'autres conditions extrêmes que celles de 2017.

Prochaines étapes : Toute analyse future des seuils de déclenchement sera effectuée dans le cadre d'un examen complet de toutes les règles du Plan 2014. Cette analyse s'appuie sur des

études antérieures de la CMI et sur les leçons apprises en 2017 et les années suivantes. Elle devra également comprendre l'évaluation d'un large éventail de scénarios d'apports d'eau extrêmes ainsi que d'indicateurs de rendement socioéconomiques et environnementaux.

7.7 Lac Ontario–fleuve Saint-Laurent : Les conditions hydroclimatiques de 2017 mettent en relief l'importance des analyses de scénarios pour tester et évaluer le rendement des plans

Constatation : Deux composantes des conditions météorologiques de 2017 favorisent la prise en compte des *essais de scénarios* (comparaison des plans de régularisation à l'aide d'intrants courts et extrêmes) pour compléter les *essais de la valeur prévue* (en utilisant les produits des impacts de nombreux ensembles d'intrants différents multipliés par la probabilité que cet ensemble d'intrants se réalise). La première condition était la formation et la fonte sans précédent des glaces dans le fleuve Saint-Laurent à cinq reprises en 2017 et ses effets sur le débit régularisé et sur le niveau d'eau. Les données stochastiques utilisées dans l'évaluation du plan actuel pendant et après la LOSDLR comprenaient de nombreuses différentes dates de début et durées de formation de la couverture de glace, mais pas un scénario dans lequel la glace a subi plusieurs cycles de formation et de fonte en une année. La deuxième condition concernait les précipitations records mesurées aux stations du bassin du lac Ontario et du bassin de la rivière des Outaouais, chacune dépassant les maximums historiques.

L'analyse de la valeur prévue offre la meilleure évaluation du rendement global des règles de régularisation dans un large éventail de conditions, mais la réaction dans des scénarios très inhabituels est atténuée par la faible probabilité associée à ces événements. Les changements climatiques remettent en question l'hypothèse selon laquelle ces probabilités peuvent être bien estimées. La mise à l'essai de scénarios dans de nombreuses conditions différentes, plausibles mais extrêmes, permettrait au Comité GAGL de vérifier le rendement des plans dans des conditions extrêmes peu probables, ce qui lui donnerait la possibilité d'ajuster les règles des plans pour mieux tenir compte des conditions très inhabituelles. Elle doit être utilisée en combinaison avec la mise à l'essai des valeurs prévues afin que le plan rajusté continue de bien fonctionner dans un large éventail de conditions, tout en donnant des résultats à peu près aussi bons que possible dans des conditions plausibles mais extrêmes.

Prochaines étapes : Un nouvel ensemble d'intrants du modèle devra être créé expressément pour la poursuite de la mise à l'essai des scénarios au-delà de ce qui a déjà été analysé, et il faudra continuer de concevoir un cadre d'évaluation du rendement du plan fondé à la fois sur les essais de scénarios et sur les essais de la valeur prévue pour vérifier la solidité d'un plan en présence de combinaisons inhabituelles de conditions.

7.8 Lac Ontario–fleuve Saint-Laurent : Il faut continuer d'étudier l'importance de prévoir la crue du lac Ontario à l'appui de l'amélioration des plans

Constatation : Les analyses des conditions de 2017 ont fourni des preuves que le niveau d'eau élevé du lac Ontario peut être causé par la séquence et l'occurrence simultanée de différents facteurs climatiques, de sorte que la recherche prévisionnelle qui prédit des paramètres simples comme la quantité de précipitations printanières sur le lac Ontario ne pourrait ne pas prévoir un haut niveau d'eau élevé. Le Comité GAGL conclut que, pour être utiles, les prévisions automnales doivent être mises à l'essai en fonction de leur capacité à provoquer un niveau d'eau élevé du lac Ontario, et non pas un niveau élevé d'ANT ou d'ANB.

Aucune prévision de ce genre n'existe à l'heure actuelle, mais il pourrait être possible d'en produire une en fonction des conditions océaniques à l'automne. Étant donné qu'il peut s'écouler des années, voire des décennies, voire jamais, avant que les prévisions saisonnières permettent d'éclairer les décisions relatives aux plans de régularisation, une première étape consiste à vérifier l'hypothèse selon laquelle les prévisions pourraient réduire les inondations tout en tenant compte des besoins des autres secteurs d'intérêt.

Prochaines étapes : Le Comité GAGL doit mettre à l'essai des prévisions parfaites et évaluer les répercussions de l'utilisation de prévisions imparfaites plus réalistes comme moyen de réduire les inondations tout en protégeant d'autres secteurs d'intérêt. Le Comité doit aussi cerner les risques associés à des prévisions inexactes. Si les résultats sont prometteurs, le Comité GAGL devra étudier des méthodes d'évaluation des différentes relations entre les conditions océaniques et le niveau d'eau du lac Ontario de façon à améliorer les prévisions saisonnières. Cela devra être fait en reconnaissant que des prévisions saisonnières efficaces constituent un objectif à long terme.

7.9 Lac Ontario–Saint-Laurent : Des changements notables du pourcentage de couverture ont semblé se produire à certaines altitudes où l'inondation des communautés végétales a atteint un niveau plus élevé en 2017

Constatation : Les changements dans l'étendue de la végétation des milieux humides résultant de la crue de 2017 ne seront pas immédiatement évidents, en raison du décalage de la réaction dans certaines guildes. Toutefois, les données de terrain recueillies lors de la surveillance des milieux humides canadiens et américains effectuée à l'automne 2017 révèlent des changements notables dans le pourcentage de couverture à des élévations précises où les communautés végétales ont été inondées à un plus haut niveau en 2017. De toutes les guildes, c'est celle du

marais qui semble avoir connu le plus de changements en 2017. Il n'est donc pas surprenant que la couverture moyenne des marais ait été plus faible en 2017, comparativement aux données antérieures, car ces espèces ont subi le stress des inondations pendant une grande partie de leur période de croissance.

Prochaines étapes : Il faudra des années supplémentaires de surveillance de la réaction des milieux humides au niveau élevé de 2017, ainsi qu'à l'abaissement du niveau d'eau, pour compléter la validation de l'algorithme du marais.

Bibliographie

1000 Islands International Tourism Council (2017). *2017 High Water Impact Survey*.
https://docs.wixstatic.com/ugd/75df4e_a17593b038a843b1bcc4ae26dfbe04d2.pdf

Administration portuaire de Montréal

Bachand, M., Martin, S., Guénard, G., Champoux, O. et Morin, J. (2017). *Ecohydraulic modelling of the St. Marys Rapids: Evaluating impact of gate scenario opening on spawning habitat suitability of four species*. Rapport scientifique SR-113. Section de l'hydrologie et de l'écohydraulique du SMC, Environnement et Changement climatique Canada, Québec, préparé pour la CMI. 78 pages.

Baird, W.F. and Associates Coastal Engineering Ltd. (2004) Shore Protection Maintenance Performance Indicator : Methodology and Share Vision Application. Préparé pour le Groupe de formulation et d'évaluation des plans LOFSL, mars 2004.

Baird, W.F. and Associates Coastal Engineering Ltd. (2010) *Low Water Theme Report*. Préparé pour le Groupe de travail technique de la zone côtière GEIGLA.

Barnett, T.P., J.C. Adam et D.P. Lettenmaier (2005). *Potential impacts of a warming climate on water availability in snow-dominated regions*. Nature 438 : 303-309.O

Bartz et Inch (2011). *Coping Zones: How the Water Uses TWG (Technical Working Group) developed their coping zones*. Water Use TWG, mai 2011

Carter, E.K., et Steinschneider, S. (2018). *Hydroclimatological Drivers of Extreme Floods on Lake Ontario*, Water Resources Research, accepté.

Centre des opérations gouvernementales (2017). *Rapport d'événement* (rapport quotidien d'événement de mai 2017), Sécurité publique Québec, Gouvernement du Québec.

Commission mixte internationale (2014). *Plan 2014 - régularisation du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent : protection contre les niveaux extrêmes, restauration des milieux humides et préparation aux changements climatiques*. Rapport de la Commission mixte internationale au gouvernement du Canada et des États-Unis, juin 2014.

Conseil international du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent (2018). *Conditions observées et régularisation des débits sortants en 2017*. Rapport à la Commission mixte internationale.

Conseil international du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent (2006). *Options en matière de gestion des niveaux et des débits du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent*. Rapport définitif du Conseil international du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent à la Commission mixte internationale, mars 2006.

Conseil international du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent (2006). *Annexes - Options en matière de gestion des niveaux et des débits du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent*. Rapport définitif du Conseil international du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent à la Commission mixte internationale, mars 2006.

Conservation Ontario (2018). *Lake Ontario and St. Lawrence River Shoreline Landowner Survey Report*. 23 février 2018 (Rapport interne au Comité de gestion adaptive des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent.)

Croley, T.E., II, et T.S. Hunter. Données hydrologiques mensuelles sur les Grands Lacs. NOAA Technical Memorandum ERL GLERL-83, Laboratoire de recherches environnementales sur les Grands Lacs, Ann Arbor, MI (NTIS# PB95-173076/XAB) 83 p. (1994).

https://www.glerl.noaa.gov/pubs/tech_reports/glerl-083

Decent et Feltmate (2018). *After the Flood: The Impact of Climate Change on Mental Health and Lost Time From Work*. Intacted Centre on Climate Adaptation: A University of Waterloo Research Centre d'Orgeville1,

GLISA - Great Lakes Integrated Sciences + Assessment Synthesis. Auteurs : W. Baule, E. Gibbons, L. Briley, D. Brown (2018). Synthèse de la troisième évaluation nationale du climat pour la région des Grands Lacs. Le contenu du présent rapport est en grande partie une synthèse de l'information contenue dans les chapitres de l'Évaluation nationale du climat [ACN] sur le Midwest (chap. 18) et le Nord-Est (Ch. 16), compilé par le Groupe intégré des sciences et des évaluations des Grands Lacs [GLISA].

Groupe d'étude international des Grands Lacs d'amont (2012). *International Upper Great Lakes Study. Lake Superior Regulation: Addressing Uncertainty in Upper Great Lakes Water Levels*. Rapport définitif à la Commission mixte internationale, mars 2012, Ottawa, Ontario, Washington D.C.

Hunter, T.S., A.H. Clites, A.D. Gronewold et K.B. Campbell. *Development and application of a North American Great Lakes hydrometeorological database - Part I: Precipitation, evaporation, runoff, and air temperature* Journal of Great Lakes Research 41(1) : 65-77.
(DOI:10.1016/j.jglr.2014.4.12.006) (2015)

Kunkel, K. E., L. E. Stevens, S. E. Stevens, L. Sun, E. Janssen, D. Wuebbles, S. D. Hilberg, M. S. Timlin, L. Stoecker, N. E. Westcott et J. G. Dobson (2013). « Regional Climate Trends and Scenarios for the U.S. National Climate Assessment », *Part 3. Climate of the Midwest U.S. NOAA. Technical Report NESDIS 142-3*. 103 p., National Oceanic and Atmospheric Administration, National Environmental Satellite, Data, and Information Service, Washington, D.C.

Livingstone, David M. (2008). « A change of climate provokes a change of paradigm: Taking Leave of two tacit assumptions about physical lake forcing », *International Review of Hydrobiology*, Volume 93, Issue 4-4 Oct 2008. DOI:10.1002/iroh.200811061

M., W.R.Peltier, A.R. Erler, J. Gula (2014). « Climate change impacts on Great Lakes Basin precipitation extremes. » *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*. Septembre 2014
DOI: 10.1002/2014JD021855

MacKay, M., et F. Seglenieks (2013). « On the simulation of Laurentian Great Lakes water levels under projections of global climate change », *Climatic Change*, Vol. 117, N° 1-2, pp 55-67.

Martin and Associates, (2018). *Economic Impacts of Maritime Shipping in the Great Lakes – St. Lawrence Region*. Étude commanditée par la Saint Lawrence Seaway Development Corporation Corporation.(É.-U.), la Corporation de gestion de la Voie maritime du Saint-Laurent (Canada), l'American Great Lakes Ports Association, la Chambre de commerce maritime, la Lake Carriers' Association et la Fédération maritime du Canada.

Milwaukee Journal Sentinel

Music, B., A. Frigon, B. Lofgren, R. Turcotte et J-F. Cyr. *Present and future Laurentian: Great Lakes hydroclimatic conditions as simulated by regional climate models with an emphasis on Lake Michigan-Huron*. Climate Change. DOI : 10.1007/s10584-015-1348-8.

New York Sea Grant et Cornell University, 2018, 2017 Lake Ontario high water level impact survey : a sample of results.

<https://seagrant.sunysb.edu/coastalcomm/presentations/CodeEnforcement-0118-HWL-Austerman.pdf>.

NOAA - Laboratoire de recherches environnementales sur les Grands Lacs (GLERL), date?

NOAA et ECCC (<https://binational.net/2018/07/10/ctis-ctic-2017/>).

NOAA et ECCC 2018.

Office de protection de la nature de la région d'Essex. Communication personnelle entre W. Leger, Comité GAGL, le 13 juin 2017, réunion sur les niveaux des lacs Érié et Huron, Cambridge, Ontario.

Port de Montréal, 2012

Programme national de surveillance aérienne de Transports Canada, 2017

Pryor, S. C., et R. J. Barthelmie, 2013 : Ch. 2 : The Midwestern United States: Socio-Economic context and physical climate. *Climate Change in the Midwest: Impacts, Risks, Vulnerability and Adaptation*, S. C. Pryor, éd., Indiana University Press, 12-47.

Quinn, F.H., et R.N. Kelley. *Great Lakes monthly hydrologic data*. NOAA Data Report ERL GLERL-26, Laboratoire de recherches environnementales sur les Grands Lacs, Ann Arbor, MI (PB84-114545) 79 p. (1983).

Rapports de visite du district de Buffalo de l'USACE

Ryerson, R.A., 2018, *State of Science Assessment of Remote Sensing of Great Lakes Coastal Wetlands*. Rapport final à la CMI par KIM Geomatics Corporation. 29 mars 2018

Schoof, J. T., 2013 : Ch. 11 : Historical and projected changes in human heat stress in the Midwestern United States. *Climate Change in the Midwest: Impacts, Risks, Vulnerability and Adaptation*, S. C. Pryor, éd., Indiana University Press, 146-157.

Société de gestion de la Voie maritime du Saint-Laurent.

Statistique Canada, 2010. L'activité humaine et l'environnement : Offre et demande en eau douce au Canada. 2010 - Mise à jour. N° 16-201-X au catalogue
(<https://www150.statcan.gc.ca/n1/fr/pub/16-201-x/16-201-x2010000-fra.pdf?st=4fDLXgfl>)

USEPA <https://www.epa.gov/greatlakes/great-lakes-facts-and-figures>

Ville de Hamilton (2017) Le 23 mai 2017 Travaux publics fait rapport au maire et aux membres du conseil municipal sur les dommages causés par les précipitations récentes et les crues.

Ville de Toronto (2018) Rapport EX30.7 du 5 janvier 2018 au Comité exécutif sur les répercussions financières découlant d'élévations élevées du niveau d'eau des lacs dans les parcs riverains.

Whitfield, P.H. et A.J. Cannon. 2000. *Recent variations in climate and hydrology in Canada*. Can. Water Resources Journal. 25: 19-65

Annexe 1 : indicateurs de rendement et zones d'adaptation

Indicateurs de rendement utilisés dans l'Étude LOFSL, 2006

Principaux indicateurs de rendement environnementaux

Lac Ontario

Végétation

1. *Communauté de prairie humide – Superficie totale, selon les apports (ha)
- Poisson
2. Guilde de poissons (à végétation basse, 18°C) – disponibilité des habitats de fraye
3. *Gilde de poissons (à végétation basse, 24°C) – disponibilité des habitats de fraye
4. Guilde de poissons (à végétation basse, 24°C) – disponibilité des habitats de fraye
5. *Grand brochet – indice de recrutement des jeunes de l'année (nombre ha)
6. Achigan à grande bouche – indice de recrutement des jeunes de l'année (nombre ha)

Oiseaux

7. *Râle de Virginie (RALI) – indice de reproduction moyen (indice)
8. Petit Blongios (IXEX) – indice de reproduction moyen (indice) (espèce vulnérable)
9. *Guifette noire (CHNI) – indice de reproduction moyen (indice) (espèce vulnérable)
10. Râle jaune (CONO) – couverture de l'habitat propice à la reproduction (ha) (espèce vulnérable)
11. Râle élégant (RAEL) – couverture de l'habitat propice à la reproduction (ha) (espèce vulnérable)

Cours supérieur du fleuve Saint-Laurent

Poisson :

12. Guilde de poissons (à végétation basse, 18°C) – disponibilité des habitats de fraye des Mille-îles au lac Saint-Laurent
13. *Gilde de poissons (à végétation basse, 24°C) – disponibilité des habitats de fraye des Mille-îles au lac Saint-Laurent
14. Guilde de poissons (à végétation basse, 24°C) – disponibilité des habitats de fraye des Mille-îles au lac Saint-Laurent
15. *Grand brochet – indice de recrutement des jeunes de l'année (nombre ha) des Mille-îles au lac Saint-Laurent
16. Achigan à grande bouche – indice de recrutement des jeunes de l'année (nombre ha) des Mille-îles au lac Saint-Laurent
17. *Grand brochet – productivité nette des jeunes de l'année (grammes [poids humide]/ha) dans la région des Mille-îles

Oiseaux

18. *Râle de Virginie (RALI) – indice de reproduction moyen (indice) dans le lac Saint-Laurent

Mammifères

19. *Rat musqué (ONZI) – densité des huttes dans les zones humides des embouchures submergées (nombre ha) dans la région des Mille-îles

Cours inférieur du fleuve Saint-Laurent

Poisson

20. *Chatte de l'est (NOCR) – surface de l'habitat propice à l'alimentation (ha) du lac Saint-Louis à Trois-Rivières
21. Poissons des milieux humides – indice d'abondance dans le cours inférieur du fleuve Saint-Laurent
22. *Grand brochet (ESLU) – surface de l'habitat propice à la reproduction (ha) du lac Saint-Louis à Trois-Rivières
23. Dard de sable (AMPE) – surface de l'habitat propice à la reproduction (ha) du lac Saint-Louis à Trois-Rivières (espèce vulnérable)
24. *Méné d'herbe (NOBI) – surface de l'habitat propice à la reproduction (ha) du lac Saint-Louis à Trois-Rivières (espèce vulnérable)

Oiseaux

25. Sauvagine migratrice – superficie de l'habitat de plaine d'inondation (ha) du lac Saint-Louis à Trois-Rivières
26. Petit Blongios (IXEX) – indice de reproduction (indice) du lac Saint-Louis à Trois-Rivières (espèce vulnérable)
27. *Râle de Virginie (RALI) – indice de reproduction (indice) du lac Saint-Louis à Trois-Rivières
28. *Sauvagine migratrice – productivité (nombre de juvéniles) du lac Saint-Louis à Trois-Rivières
29. Guifette noire (CHNI) – indice de reproduction (indice) du lac Saint-Louis à Trois-Rivières

Amphibiens

30. Espèces de grenouilles – superficie des habitats de reproduction (ha) du lac Saint-Louis à Trois-Rivières
31. Tortue-molle à épines (APSP) – superficie des habitats de reproduction (ha) du Lac Saint-Louis à Trois-Rivières (espèces vulnérables)

Mammifères

32. *Rat musqué (ONZI) – huttes restantes (nombre de huttes) du Lac Saint-Louis à Trois-Rivières

*Sous-ensembles prioritaires d'indicateurs environnementaux clés

Indicateurs de rendement économique

Processus littoraux

Lac Ontario

1. Dommages causés par les inondations – dommages économiques causés aux terrains aménagés en raison d'un niveau d'eau élevé, par comté.
2. Érosion des parcelles bâties – dommages évalués d'après le coût des ouvrages de protection des rives requis, lorsque le rivage se trouve à une distance préétablie de l'habitation, par comté. La valeur des biens perdus n'est pas déterminée.
3. Entretien des ouvrages de protection des rives – coût du remplacement des ouvrages de protection des rives qui ont été endommagés par le niveau d'eau, par comté.

Cours supérieur du fleuve Saint-Laurent

4. Dommages causés par les inondations – dommages économiques causés aux terrains aménagés, par comté. Aux États-Unis seulement en raison de l'absence de données sur les parcelles des municipalités régionales canadiennes dans le cours supérieur du fleuve Saint-Laurent.

Cours inférieur du fleuve Saint-Laurent

5. Dommages causés par les inondations – dommages causés dans le tronçon du fleuve Saint-Laurent situé en aval du barrage, par municipalité; en fonction du niveau d'eau indiqué à la station hydrométrique la plus près (huit stations sont utilisées)
6. Protection des rives du fleuve Saint-Laurent – coût du remplacement des ouvrages de protection des rives qui ont été endommagés par le niveau d'eau. Chaque ouvrage se trouve dans l'une de 80 zones désignées du cours inférieur du fleuve Saint-Laurent. Ces zones ont été choisies en fonction de leur emplacement et de la similitude des conditions hydrodynamiques qui y prévalent (conditions locales de vents, vagues, débit et niveau d'eau, vagues créées par le passage des navires).

Indicateurs de performance non économique (voir le document *Board Room et Exposés contextuels*)

- Conséquences non économiques des inondations le long du fleuve Saint-Laurent – nombre de maisons expropriées; kilomètres de routes inondées et superficie des terres inondées. Les dommages sont déterminés par municipalité, en fonction du niveau d'eau indiqué à la station hydrométrique la plus près (huit stations sont utilisées).
- Érosion des rives du fleuve Saint-Laurent – pertes de terres dues à l'érosion. Répercussions déterminées à 27 endroits soumis à une forte érosion le long du cours inférieur du Saint-Laurent. Aucune perte économique mesurable découlant de la perte de terres.

Navigation commerciale

7. Coût de transport sur le lac Ontario – calculé d'après le temps de déplacement par tonne-kilomètre. Le coût est fonction du temps de déplacement et de la profondeur minimale du chenal dans le lac.
8. Coût de transport sur la Voie maritime – calculé d'après le temps de déplacement par tonne-kilomètre. Le coût est fonction du temps de déplacement, de la profondeur minimale du chenal dans la Voie maritime, du temps d'attente dû au bas niveau, des retards imputables à la pente du chenal maritime (baisse de niveau entre les stations) et des retards causés par la force du courant entre Ogdensburg – Cardinal, Cardinal – Iroquois HW, Iroquois TW – Morrisburg, Morrisburg – Long Sault.
9. Coût de transport en aval du port de Montréal – calculé d'après le temps de déplacement par tonne-kilomètre. Le coût est fonction du temps de déplacement et de la profondeur minimale du chenal à Sorel et à Trois-Rivières.

Énergie hydroélectrique

10. Valeur de l'énergie produite selon la hauteur de chute, le débit, le taux d'efficacité et le prix de l'électricité.
11. Coût des possibilités de production de pointe sacrifiée (New York Power Authority et Ontario Power Generation seulement) selon les débits régularisés moyens hebdomadaires et la valeur des possibilités de production de pointe.
12. Prévisibilité et stabilité des débits pour l'optimisation de la production d'hydroélectricité selon les variations du débit et l'énergie prévue.
13. Fréquence et importance des débordements au barrage de Long Sault durant la fraye.

Navigation de plaisance

14. Perte économique nette subie par les plaisanciers et les loueurs de bateaux lorsque le niveau d'eau s'écarte du niveau idéal pour la navigation de plaisance dans six tronçons (lac Ontario, Alexandria Bay, Ogdensburg, lac Saint-Laurent, lac Saint-Louis, port de Montréal et lac Saint-Pierre)

Utilisations domestiques, municipales et industrielles de l'eau

15. Évitement du coût des infrastructures de traitement de l'eau le long du cours inférieur du Saint-Laurent – d'après le coût de la mise à niveau des stations municipales de production d'eau potable en vue de l'élimination des composés responsables des problèmes de goût et d'odeurs.
16. Évitement du coût des infrastructures d'approvisionnement en eau le long du cours inférieur du Saint-Laurent – d'après le coût d'adaptation des stations à un niveau d'eau inférieur au niveau critique établi.

Zones d'adaptation pour le secteur supérieur des Grands Lacs pour les processus littoraux, la navigation de plaisance, les utilisations municipales et industrielles, et la navigation commerciale dans le cadre de l'Étude internationale sur le secteur supérieur des Grands Lacs (GEIGLA, 2012) (à suivre, hydroélectricité et écosystème)

Zones d'adaptation du lac Supérieur (niveau d'eau) (source : GEIGLA, 2012)

Intérêt	Conditions de niveau d'eau	Zone	Mois														
			Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.			
Littoral	Niveau d'eau élevé	Zone C	183,59	183,53	183,51	183,57	183,66	183,71	183,78	183,83	183,84	183,85	183,82	183,74			
		Zone B	183,51	183,45	183,44	183,46	183,56	183,66	183,73	183,76	183,77	183,71	183,66	183,60			
	Niveau d'eau acceptable	Zone A	183,51	183,45	183,44	183,46	183,56	183,66	183,73	183,76	183,77	183,71	183,66-	183,60			
			–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	183,27	183,20			
	Niveau d'eau bas	Zone B	183,15	183,08	183,07	183,09	183,18	183,25	183,33	183,36	183,33	183,30	183,27	183,20			
		Zone C	182,83	182,76	182,74	182,72	182,76	182,85	182,96	183,01	183,02	183,10	183,01	182,92			
Navigation de plaisance	Niveau d'eau élevé	Zone C	Navigation de plaisance hors saison			184,6	184,6	184,6	184,6	184,6	184,6	184,6	184,6	Navigation de plaisance hors saison			
		Zone B				184,3	184,3	184,3	184,3	184,3	184,3	184,3	184,3				
	Niveau d'eau acceptable	Zone A				184,3- 182,8											
						182,8	182,8	182,8	182,8	182,8	182,8	182,8	182,8				
	Niveau d'eau bas	Zone B				181,9	181,9	181,9	181,9	181,9	181,9	181,9	181,9				
		Zone C				181,9	181,9	181,9	181,9	181,9	181,9	181,9	181,9				
Utilisations municipales et industrielles de l'eau	Niveau d'eau élevé	Zone C	184,6	184,6	184,6	184,6	184,6	184,6	184,6	184,6	184,6	184,6	184,6	184,6			
		Zone B	184,3	184,3	184,3	184,3	184,3	184,3	184,3	184,3	184,3	184,3	184,3	184,3			
	Niveau d'eau acceptable	Zone A	184,3- 182,72	184,3- 182,72	184,3- 182,72	184,3- 182,72	184,3- 182,72	184,3- 182,72	184,3- 182,72	184,3- 182,72	184,3- 182,72	184,3- 182,72	184,3- 182,72	184,3- 182,72			
			182,72	182,72	182,72	182,72	182,72	182,72	182,72	182,72	182,72	182,72	182,72	182,72			
Navigation commerciale	Niveau d'eau bas	Zone B	181,6	181,6	181,6	181,6	181,6	181,6	181,6	181,6	181,6	181,6	181,6	181,6			
		Zone C	181,6	181,6	181,6	181,6	181,6	181,6	181,6	181,6	181,6	181,6	181,6	181,6			

	Niveau d'eau acceptable	Zone A	184,4-183,2	184,4-183,2	184,4-183,2	184,4-183,2	184,4-183,2	184,4-183,2	184,4-183,2	184,4-183,2	184,4-183,2	184,4-183,2	184,4-183,2	
	Niveau d'eau bas	Zone B	183,2	183,2	183,2	183,2	183,2	183,2	183,2	183,2	183,2	183,2	183,2	183,2
		Zone C	182,6	182,6	182,6	182,6	182,6	182,6	182,6	182,6	182,6	182,6	182,6	182,6

Emplacement : lac Supérieur (source : GEIGLA, 2012)

Secteur d'intérêt	Caractéristiques du régime du niveau d'eau	Zone A	Zone B	Zone C
Littoral	Réurrence du niveau minimal et maximal	Certaines répercussions possibles à l'approche du niveau maximal ou minimal de la Zone A. Une plus grande récurrence du niveau minimal ou maximal causerait certains problèmes aux parties prenantes les plus vulnérables.	Le niveau de la Zone B peut causer des problèmes aux parties prenantes modérément vulnérables et une plus grande récurrence du niveau minimal ou maximal agravera ces problèmes.	Le niveau de la Zone C causera des problèmes aux parties prenantes modérément vulnérables. Une plus grande récurrence du niveau minimal ou maximal devrait entraîner des changements importants pour les parties prenantes riveraines ou côtières.
	Durée	Au niveau maximal, les intérêts peuvent tolérer une variation dans cette fourchette et des dommages minimaux, peu importe la durée, sauf en cas de conditions extrêmes (moins de 1 % d'excédents de crues/orages). Au niveau minimal, des conditions qui perdurent (plusieurs années consécutives) entraîneront des problèmes pour les riverains.	Plus la durée du niveau maximal de la Zone B augmentera, plus il sera possible que le niveau coïncide avec de gros orages. Un niveau maximal enregistré pendant deux années consécutives (ou plus) dans la Zone B sera préoccupant pour les parties prenantes et il est possible qu'il y ait des dommages de modérés à importants, selon la gravité des orages. Pour le niveau minimal, un faible niveau enregistré dans la Zone B pendant deux années consécutives (ou plus) sera préoccupant pour les parties intéressées.	Si un niveau d'eau excédant le seuil de la Zone C est enregistré pendant une année, il pourrait y avoir des dommages modérés. Si un orage de petite ou de grande intensité survient en même temps, les dommages seront substantiellement plus importants et des conditions extrêmes entraîneront des dommages considérables. Au niveau minimal, aucune condition n'a été observée dans les relevés historiques et les conditions seront préoccupantes, même pendant une année.
	Taux de variation	Une augmentation rapide au niveau maximal ou une diminution rapide au niveau minimal diminuera le temps alloué pour l'adaptation et soulèvera des préoccupations, mais la gravité des conséquences sera minimale.	Il est possible de procéder à des modifications matérielles (ouvrages de protection, dragage, etc.) comme mesure d'adaptation au niveau de la Zone B. Une augmentation rapide au niveau maximal ou une diminution rapide au niveau minimal dans la Zone B ne permet pas de procéder aux modifications nécessaires.	Une augmentation rapide au-dessus du seuil maximal de la Zone C ou une diminution sous le seuil de la Zone C restreindra la possibilité de prendre des mesures d'adaptation (ex. : construction d'ouvrages de protection des rives) et risque d'entraîner des dommages considérables.
	Caractère saisonnier	Historiquement, le niveau du lac Supérieur atteint son sommet pendant la période allant de juillet à octobre et revient à son niveau minimum de février à avril, en moyenne. Les épisodes de crues pendant l'intervalle de récurrence du niveau de pointe à Thunder Bay tendent à être plus importants pendant l'été et l'automne selon l'analyse de Baird (2010) et coïncident donc avec le niveau de pointe, ce qui limite les répercussions des variations saisonnières.		
Navigation de plaisir	Réurrence du niveau minimal et maximal	Selon une analyse de la saison de la navigation (avril à novembre) échelonnée sur 30 ans, le niveau maximal est dépassé pendant 0 % des mois et le niveau minimal est dépassé pendant 0 % des mois.	0 % des mois dépasse le niveau maximal et 0 % des mois dépasse le niveau minimal.	0 % des mois dépasse le niveau maximal et 0 % des mois dépasse le niveau minimal.
	Durée	Peut tolérer cette variation avec de légers dommages.	Peut tolérer cette variation avec de légers dommages.	
	Taux de variation	Assez résilient.	Assez résilient.	Assez résilient.
	Caractère saisonnier			

Secteur d'intérêt	Caractéristiques du régime du niveau d'eau	Zone A	Zone B	Zone C
Navigation commerciale	Référence du niveau minimal et maximal	Max. — niveau dépassant celui des données historiques. Min. — un niveau inférieur au niveau minimal a été enregistré à maintes reprises au cours des six dernières décennies.	Un niveau ni haut, ni bas a été enregistré dans les données historiques.	Un niveau ni haut, ni bas a été enregistré dans les données historiques.
	Durée		Les transporteurs maritimes sont généralement capables de s'adapter en prenant moins de tonnages, cependant les périodes prolongées (deux ou trois ans) augmentent le risque que les utilisateurs finaux envisagent de changer de mode de transport.	
	Taux de variation	Un niveau stable est préférable à une variation rapide du niveau.	Un niveau stable est préférable à une variation rapide du niveau.	Un niveau stable est préférable à une variation rapide du niveau.
	Caractère saisonnier	Pour le minimum : juin à oct. pour le premier niveau; avril, mai, nov. et déc. pour le second niveau.	Pour le minimum : juin à oct. pour le premier niveau; avril, mai, nov. et déc. pour le second niveau.	Pour le minimum : juin à oct. pour le premier niveau; avril, mai, nov. et déc. pour le second niveau.
Utilisations municipales et industrielles de l'eau	Référence du niveau minimal et maximal	Le maximum correspond au niveau historique mensuel le plus élevé plus un écart-type de 3. Le minimum correspond au minimum mensuel historique.	Les problèmes opérationnels commencent au niveau supérieur et au niveau inférieur et avant d'atteindre le niveau où cessent les opérations à la première usine.	Le niveau dépasse considérablement les données historiques et la simulation des conditions préalables au projet.
	Durée	Peut tolérer cette variation avec de légers problèmes.	Tolérance à court terme; un niveau soutenu pendant des semaines ou des mois peut entraîner des problèmes opérationnels.	Tolérance à court terme (12 à 24 heures) des installations publiques d'approvisionnement en eau; un niveau soutenu pendant des semaines ou des mois entraînera des problèmes opérationnels dans certaines installations et une modification ou une fermeture des installations. Il s'agit du niveau où les opérations commencent à cesser.
	Taux de variation	Des augmentations et des diminutions rapides peuvent être tolérées dans cette zone.	Un passage rapide de A à B peut être toléré. Des changements opérationnels pourraient être nécessaires si le niveau ne change pas.	Plus le passage de la Zone B à la Zone C est rapide, plus le risque d'interruption de l'approvisionnement en eau est grand.
	Caractère saisonnier	Le temps de l'année où surviennent les périodes de crues saisonnières n'est pas un problème.	Les températures hivernales autour du point de congélation peuvent créer du froid sur certaines prises. Certaines prises d'eau peuvent être plus vulnérables aux problèmes opérationnels pendant l'hiver, car le niveau est bas.	Identique à B.

Zones d'adaptation du lac Michigan-Huron (niveau d'eau) (source : GEIGLA, 2012)

Secteur d'intérêt	Conditions de niveau d'eau	Zone	Mois											
			Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Littoral	Niveau d'eau élevé	Zone C	177,01	176,99	177,05	177,19	177,26	177,29	177,31	177,29	177,29	177,33	177,29	177,33
		Zone B	176,79	176,77	176,82	176,91	177,05	177,07	177,11	177,07	177,02	176,95	176,89	176,82
	Niveau d'eau acceptable	Zone A	176,79 – 175,94	176,77- 175,92	176,82- 175,93	176,91- 176,0.	177,05- 176,12	177,07- 176,17	177,11- 176,17	177,07- 176,13	177,02- 176,09	176,95- 176,07	176,89- 176,00	176,82- 175,96
	Niveau d'eau bas	Zone B	175,94	175,92	175,93	176,03	176,12	176,17	176,17	176,13	176,09	176,07	176,00	175,96
		Zone C	175,62	175,61	175,63	175,69	175,84	175,88	175,91	175,90	175,87	175,80	175,73	175,67
Navigation de plaisance	Niveau d'eau élevé	Zone C	Navigation de plaisance hors saison			177,6	177,6	177,6	177,6	177,6	177,6	177,6	177,6	Navigation de plaisance hors saison
		Zone B				177,3	177,3	177,3	177,3	177,3	177,3	177,3	177,3	
	Niveau d'eau acceptable	Zone A				177,3- 175,8								
		Zone B				175,8	175,8	175,8	175,8	175,8	175,8	175,8	175,8	
	Niveau d'eau bas	Zone C				175,5	175,5	175,5	175,5	175,5	175,5	175,5	175,5	
Utilisations municipales et industrielles de l'eau	Niveau d'eau élevé	Zone C	178,6	178,6	178,6	178,6	178,6	178,6	178,6	178,6	178,6	178,6	178,6	178,6
		Zone B	177,21	177,21	177,21	177,21	177,21	177,21	177,21	177,21	177,21	177,21	177,21	177,21
	Niveau d'eau acceptable	Zone A	177,21- 175,58	177,21- 175,58	177,21- 175,58	177,21- 175,58	177,21- 175,58	177,21- 175,58	177,21- 175,58	177,21- 175,58	177,21- 175,58	177,21- 175,58	177,21- 175,58	177,21- 175,58
		Zone B	175,58	175,58	175,58	175,58	175,58	175,58	175,58	175,58	175,58	175,58	175,58	175,58
	Niveau d'eau bas	Zone C	174,6	174,6	174,6	174,6	174,6	174,6	174,6	174,6	174,6	174,6	174,6	174,6
Navigation commerciale	Niveau d'eau élevé	Zone C	177,5	177,5	177,5	177,5	177,5	177,5	177,5	177,5	177,5	177,5	177,5	177,5
		Zone B	177,2	177,2	177,2	177,2	177,2	177,2	177,2	177,2	177,2	177,2	177,2	177,2
	Niveau d'eau acceptable	Zone A	177,2- 175,75	177,2- 175,75	177,2- 175,75	177,2- 175,75	177,2- 175,75	177,2- 175,75	177,2- 175,75	177,2- 175,75	177,2- 175,75	177,2- 175,75	177,2- 175,75	177,2- 175,75
		Zone B	175,75	175,75	175,75	175,75	175,75	175,75	175,75	175,75	175,75	175,75	175,75	175,75
	Niveau d'eau bas	Zone C	175,15	175,15	175,15	175,15	175,15	175,15	175,15	175,15	175,15	175,15	175,15	175,15

Emplacement : lac Michigan-Huron (source : GEIGLA, 2012)

Secteur d'intérêt	Caractéristiques du régime du niveau d'eau	Zone A	Zone B	Zone C
Littoral	Référence du niveau minimal et maximal	Au niveau maximal, les intérêts peuvent tolérer une variation dans cette fourchette et des dommages minimaux, peu importe la durée, sauf en cas de conditions extrêmes (orage/épisode de crue pendant un intervalle de récurrence de plus de 10 ans [10 % d'excédents]). Au niveau minimal de la Zone A, des conditions qui perdurent (plusieurs années consécutives) entraîneront des problèmes pour les riverains.	Plus la durée du niveau maximal de la Zone B augmentera, plus il sera possible qu'il coïncide avec de gros orages. Un niveau maximal enregistré pendant deux années consécutives (ou plus) dans la Zone B seront préoccupants pour les parties prenantes et il est possible qu'il y ait des dommages de modérés à importants selon la gravité des orages. Au niveau minimal, un faible niveau enregistré dans la Zone B pendant deux années consécutives (ou plus) sera préoccupant pour les parties prenantes.	Si un niveau d'eau excédant le seuil de la Zone C est enregistré pendant une année, il pourrait y avoir des dommages modérés. Si un orage d'intensité faible à modérée survient en même temps, les dommages seront substantiellement plus importants et des conditions extrêmes entraîneront des dommages considérables. Au niveau minimal, aucune condition n'a été observée dans les relevés historiques et les conditions seront préoccupantes, même pour un an.
	Durée	Au niveau maximal, les intérêts peuvent tolérer une variation dans cette fourchette et des dommages minimaux, peu importe la durée, sauf en cas de conditions extrêmes (orage/épisode de crue pendant un intervalle de récurrence de plus de 10 ans [10 % d'excédents]). Au niveau minimal de la Zone A, des conditions qui perdurent (plusieurs années consécutives) entraîneront des problèmes pour les riverains.	Plus la durée du niveau maximal de la Zone B augmentera, plus il sera possible qu'il coïncide avec de grosses tempêtes. Un niveau maximal enregistré pendant deux années consécutives (ou plus) dans la Zone B sera préoccupant pour les parties prenantes et il est possible qu'il y ait des dommages de modérés à importants selon la gravité des orages. Au niveau minimal, un faible niveau enregistré dans la Zone B pendant deux années consécutives (ou plus) sera préoccupant pour les parties intéressées.	Si un niveau d'eau excédant le seuil de la Zone C est enregistré pendant une année, il pourrait y avoir des dommages modérés. Si un orage d'intensité faible à modérée survient en même temps, les dommages seront substantiellement plus importants et des conditions extrêmes entraîneront des dommages considérables. Au niveau minimal, aucune condition n'a été observée dans les relevés historiques et les conditions seront préoccupantes, même pour un an.
	Taux de variation	Une augmentation rapide au niveau maximal ou une diminution rapide au niveau minimal diminuera le temps alloué pour l'adaptation et soulèvera des préoccupations, mais la gravité des conséquences sera minimale.	Il est possible de retrouver des modifications matérielles (ouvrages de protection, dragage, etc.) comme mesure d'adaptation au niveau de la Zone B. Une augmentation rapide au niveau maximal ou une diminution rapide au niveau minimal dans la Zone B ne permet pas de procéder aux modifications nécessaires.	Une augmentation rapide au-dessus du seuil maximal de la Zone C ou une diminution sous le seuil de la Zone C causera des dommages importants.
	Caractère saisonnier	Historiquement, le niveau du lac/baie Georgienne atteint son sommet pendant la période allant de juin à août et revient à son niveau minimum de janvier à mars, en moyenne. Les épisodes de crues pendant l'intervalle de récurrence du niveau de pointe à Honey Harbour (près de la station de Collingwood) tendent à être plus importants à l'hiver et au printemps selon l'analyse de Baird (2010). Si le niveau annuel de crues était à l'automne (sept. à nov.), il serait encore plus risqué que les conditions entraînent des dommages.		
Navigation de plaisance	Référence du niveau minimal et maximal	Selon une analyse de la saison de la navigation (avril à novembre) échelonnée sur 30 ans, le niveau maximal est dépassé pendant 3 % des mois et le niveau minimal est dépassé pendant 19 % des mois.	3 % des mois dépassent le niveau maximal et 0 % des mois dépasse le niveau minimal.	0 % des mois dépassent le niveau maximal et 0 % des mois dépasse le niveau minimal.
	Durée	Peut tolérer cette variation avec de légers dommages.	Le niveau maximal et le niveau minimal entraîneront des dommages importants si des mesures d'adaptation ne sont pas prises. Beaucoup ne pourraient survivre à une saison si le niveau maximal ou le niveau minimal est atteint. Beaucoup sont particulièrement vulnérables pendant la mise à l'eau au printemps et le halage des bateaux à l'automne.	Beaucoup ne pourraient survivre à une saison si le niveau maximal ou le niveau minimal est atteint. Beaucoup sont particulièrement vulnérables pendant la mise à l'eau au printemps et le halage des bateaux à l'automne. Beaucoup auraient du mal à survivre à plus d'une saison.
	Taux de variation	Les baisses ou les hausses rapides sont généralement considérées comme négatives, car les intérêts n'ont pas le temps de s'ajuster.	Un retour rapide au régime de la zone A serait bénéfique. Une augmentation ou une diminution plus importante ou une prolongation de la période à ce	Toute période de temps passée dans la Zone C rendrait difficile le maintien en service d'un grand nombre de marinas.

Secteur d'intérêt	Caractéristiques du régime du niveau d'eau	Zone A	Zone B	Zone C
			niveau pourraient faire basculer les intérêts dans la Zone C.	
	Caractère saisonnier	Le niveau inférieur est pire à l'automne, à l'hiver et au printemps.	Le niveau inférieur est pire à l'automne, à l'hiver et au printemps.	Identique à B.
Navigation commerciale	Récurrence du niveau minimal et maximal	Max. — le niveau a été dépassé en 1952, en 1973-1974 et en 1985-1986. Min. — un niveau inférieur au minimum a été observé en général une fois au cours des six dernières décennies.	Le niveau se situe dans cette fourchette depuis 1918.	
	Durée		Les transporteurs maritimes sont généralement capables de s'adapter en prenant moins de tonnages, cependant les périodes prolongées (deux ou trois ans) augmentent le risque que les utilisateurs finaux envisagent de changer de mode de transport.	
	Taux de variation	Un niveau stable est préférable à une variation rapide du niveau.	Un niveau stable est préférable à une variation rapide du niveau.	Un niveau stable est préférable à une variation rapide du niveau.
	Caractère saisonnier	Pour le minimum : mai à sept. pour le premier niveau; avril et oct. à déc. pour le second niveau.	Pour le minimum : mai à sept. pour le premier niveau; avril et oct. à déc. pour le second niveau.	Pour le minimum : mai à sept. pour le premier niveau; avril et oct. à déc. pour le second niveau.
Utilisations municipales et industrielles de l'eau	Récurrence du niveau minimal et maximal	Le maximum est 0,9 pied (0,29 m) de moins que les données historiques; le minimum correspond aux données historiques. Le maximum et le minimum de la simulation des conditions préalables au projet dépassent ceux de la Zone A.	Le maximum correspond au maximum des données historiques + 3 pieds (0,9 m); le minimum correspond au minimum des données historiques -3,2 pieds (1 m). Correspond à certains des niveaux minimaux et maximaux de la simulation des conditions préalables au projet et des niveaux des données historiques.	Le niveau dépasse les données historiques.
	Durée	Peut tolérer cette variation avec de légers problèmes.	Tolérance à court terme; un niveau soutenu pendant des semaines ou des mois peut entraîner des problèmes opérationnels.	Tolérance possible à court terme (12 à 24 heures) des installations publiques d'approvisionnement en eau; un niveau soutenu pendant des semaines ou des mois entraînera des problèmes opérationnels dans certaines installations et une modification ou une fermeture des installations. Il s'agit du niveau où les opérations commencent à cesser.
	Taux de variation	Une variation rapide dans la Zone A peut être tolérée.	Une variation rapide de A à B peut être tolérée. Des changements opérationnels pourraient être nécessaires si le niveau ne change pas.	Plus le passage de la Zone B à la Zone C est rapide, plus le risque d'interruption de l'approvisionnement en eau est grand.
	Caractère saisonnier	Le temps de l'année où surviennent les périodes de crues saisonnières n'est pas un problème.	Les températures hivernales autour du point de congélation peuvent créer du frimas sur certaines prises. Certaines prises d'eau peuvent être plus vulnérables pendant l'hiver, car le niveau est bas.	Identique à B.

Zones d'adaptation du lac Érié (niveau d'eau) (source : GEIGLA, 2012)

Secteur d'intérêt	Conditions de niveau d'eau	Zone	Mois											
			Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Littoral	Niveau d'eau élevé	Zone C	174,57	174,63	174,84	174,97	174,95	174,97	174,93	174,84	174,75	174,75	174,78	174,83
		Zone B	174,45	174,47	174,59	174,70	174,70	174,73	174,70	174,65	174,56	174,46	174,40	174,43
	Niveau d'eau acceptable	Zone A	174,45-173,74	174,47-173,69	174,59-173,74	174,70-173,88	174,70-173,99	174,73-174,05	174,70-174,04	174,65-173,99	174,56-173,90	174,46-173,82	174,40-173,71	174,43-173,74
	Niveau d'eau bas	Zone B	173,74	173,69	173,74	173,88	173,99	174,05	174,04	173,99	173,90	173,82	173,71	173,74
		Zone C	173,46	173,50	173,62	173,78	173,86	173,85	173,81	173,75	173,68	173,55	173,48	173,44
Navigation de plaisance	Niveau d'eau élevé	Zone C	Navigation de plaisance hors saison			175,6	175,6	175,6	175,6	175,6	175,6	175,6	175,6	175,6
		Zone B				175,3	175,3	175,3	175,3	175,3	175,3	175,3	175,3	175,3
	Niveau d'eau acceptable	Zone A				175,3-173,8	175,3-173,8	175,3-173,8	175,3-173,8	175,3-173,8	175,3-173,8	175,3-173,8	175,3-173,8	175,3-173,8
	Niveau d'eau bas	Zone B				173,8	173,8	173,8	173,8	173,8	173,8	173,8	173,8	173,8
		Zone C				173,5	173,5	173,5	173,5	173,5	173,5	173,5	173,5	173,5
Utilisations municipales et industrielles de l'eau	Niveau d'eau élevé	Zone C	176,1	176,1	176,1	176,1	176,1	176,1	176,1	176,1	176,1	176,1	176,1	176,1
		Zone B	175,04	175,04	175,04	175,04	175,04	175,04	175,04	175,04	175,04	175,04	175,04	175,04
	Niveau d'eau acceptable	Zone A	175,04-173,18	175,04-173,18	175,04-173,18	175,04-173,18	175,04-173,18	175,04-173,18	175,04-173,18	175,04-173,18	175,04-173,18	175,04-173,18	175,04-173,18	175,04-173,18
	Niveau d'eau bas	Zone B	173,18	173,18	173,18	173,18	173,18	173,18	173,18	173,18	173,18	173,18	173,18	173,18
		Zone C	171,6	171,6	171,6	171,6	171,6	171,6	171,6	171,6	171,6	171,6	171,6	171,6
Navigation commerciale	Niveau d'eau élevé	Zone C	175,3	175,3	175,3	175,3	175,3	175,3	175,3	175,3	175,3	175,3	175,3	175,3
		Zone B	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175
	Niveau d'eau acceptable	Zone A	175-173,5	175-173,5	175-173,5	175-173,5	175-173,5	175-173,5	175-173,5	175-173,5	175-173,5	175-173,5	175-173,5	175-173,5
	Niveau d'eau bas	Zone B	173,5	173,5	173,5	173,5	173,5	173,5	173,5	173,5	173,5	173,5	173,5	173,5
		Zone C	172,9	172,9	172,9	172,9	172,9	172,9	172,9	172,9	172,9	172,9	172,9	172,9

Emplacement : lac Érié (source : GEIGLA, 2012)

Secteur d'intérêt	Caractéristiques du régime du niveau d'eau	Zone A	Zone B	Zone C
Littoral	Référence du niveau minimal et maximal	Au niveau maximal, les intérêts peuvent tolérer une variation dans cette fourchette et des dommages minimaux, peu importe la durée, sauf en cas de conditions extrêmes (orage ou épisode de crues pendant l'intervalle de récurrence de plus de 10 ans [10 % d'excédents]). Au niveau minimal de la Zone A, des conditions qui perdurent (plusieurs années consécutives) entraîneront des problèmes pour les riverains.	Plus la durée du niveau maximal de la Zone B augmentera, plus il sera possible qu'il coïncide avec de gros orages. Un niveau maximal enregistré pendant deux années consécutives (ou plus) dans la Zone B sera préoccupant pour les parties prenantes et il est possible qu'il y ait des dommages de modérés à importants selon la gravité des orages. Au niveau minimal, un faible niveau enregistré dans la Zone B pendant deux années consécutives (ou plus) sera préoccupant pour les parties prenantes.	Si un niveau d'eau excédant le seuil de la Zone C est enregistré pendant une année, il pourrait y avoir des dommages modérés. Si un orage d'intensité faible à modérée survient en même temps, les dommages seront substantiellement plus importants et des conditions extrêmes entraîneront des dommages considérables. Au niveau minimal, aucune condition n'a été observée dans les relevés historiques et les conditions seront préoccupantes, même pour un an.
	Durée	Au niveau maximal, les intérêts peuvent tolérer une variation dans cette fourchette et des dommages minimaux, peu importe la durée, sauf en cas de conditions extrêmes (orage ou épisode de crues pendant l'intervalle de récurrence de plus de 10 ans [10 % d'excédents]). Au niveau minimal de la Zone A, des conditions qui perdurent (plusieurs années consécutives) entraîneront des problèmes pour les riverains.	Plus la durée du niveau maximal de la Zone B augmentera, plus il sera possible qu'il coïncide avec de grosses tempêtes. Un niveau maximal enregistré pendant deux années consécutives (ou plus) dans la Zone B sera préoccupant pour les parties prenantes et il est possible qu'il y ait des dommages de modérés à importants selon la gravité des orages. Au niveau minimal, un faible niveau enregistré dans la Zone B pendant deux années consécutives (ou plus) sera préoccupant pour les parties prenantes.	Si un niveau d'eau excédant le seuil de la Zone C est enregistré pendant une année, il pourrait y avoir des dommages modérés. Si un orage d'intensité faible à modérée survient en même temps, les dommages seront substantiellement plus importants et des conditions extrêmes entraîneront des dommages considérables. Au niveau minimal, aucune condition n'a été observée dans les relevés historiques et les conditions seront préoccupantes, même pour un an.
	Taux de variation	Une augmentation rapide au niveau maximal ou une diminution rapide au niveau minimal diminuera le temps alloué pour l'adaptation et soulèvera des préoccupations, mais la gravité des conséquences sera minimale.	Il est possible de retrouver des modifications matérielles (ouvrages de protection, dragage, etc.) comme mesure d'adaptation au niveau de la Zone B. Une augmentation rapide au niveau maximal ou une diminution rapide au niveau minimal dans la Zone B ne permet pas de procéder aux modifications nécessaires.	Une augmentation rapide au-dessus du seuil maximal de la Zone C ou une diminution sous le seuil de la Zone C causera des dommages importants.
	Caractère saisonnier	Historiquement, le niveau du lac Érié atteint son sommet pendant la période allant de mai à juillet et revient à son niveau minimal de nov. à février, en moyenne. Les épisodes de crues pendant l'intervalle de récurrence du niveau de pointe à Kingsville (plus à l'est) tendent à être plus importants à l'hiver et au printemps selon l'analyse de Baird (2010). Si le niveau annuel de pointe était au printemps (avril à mai), il serait encore plus risqué que les conditions entraînent des dommages.		
Navigation de plaisance	Référence du niveau minimal et maximal	Selon une analyse de la saison de la navigation (avril à novembre) échelonnée sur 30 ans, le niveau maximal est dépassé pendant 12 % des mois et le niveau minimal est dépassé pendant 16 % des mois.	0 % des mois dépassent le niveau maximal et 0 % des mois dépassent le niveau minimal.	0 % des mois dépassent le niveau maximal et 0 % des mois dépassent le niveau minimal.
	Durée	Peut tolérer cette variation avec de légers dommages.	Si la période se prolonge : entre zéro et 30 % des marinas fermeront et 5 à 30 % des cales de mise à l'eau.	Si la période se prolonge; plus de 30 % des marinas fermeront et 5 à 30 % des cales de mise à l'eau.
	Taux de variation	Les baisses ou les hausses rapides sont généralement considérées comme négatives, car les intérêts peuvent avoir besoin de s'ajuster (ajustement des quais).	Les baisses ou les hausses rapides sont généralement considérées comme négatives, car les intérêts n'ont pas le temps de s'ajuster.	Plus vite sera le passage de la Zone B à la Zone C, plus les dommages seront importants, car il y aura peu de temps pour la préparation et les interventions.
	Caractère saisonnier	Les seiches (dommages causés par les inondations ou la glace) sont pires en hiver.	Les seiches (dommages causés par les inondations ou la glace) sont pires hors saison.	Identique à B.
Navigation commerciale	Référence du niveau minimal et	Max. — dépassé pendant deux mois en 1986; Min. — un niveau inférieur au minimum a été	Le niveau se situe dans cette fourchette depuis 1918.	Le niveau se situe dans cette fourchette depuis 1918.

Secteur d'intérêt	Caractéristiques du régime du niveau d'eau	Zone A	Zone B	Zone C
Utilisations municipales et industrielles de l'eau	maximal	enregistré généralement une fois au cours des six dernières décennies.		
	Durée		Les transporteurs maritimes sont généralement capables de s'adapter en prenant moins de tonnages, cependant les périodes prolongées (deux ou trois ans) augmentent le risque que les utilisateurs finaux envisagent de changer de mode de transport.	
	Taux de variation	Un niveau stable est préférable à une variation rapide du niveau.	Un niveau stable est préférable à une variation rapide du niveau.	Un niveau stable est préférable à une variation rapide du niveau.
	Caractère saisonnier	Pour le minimum : avril à oct. pour le premier niveau; nov. et déc. pour le second niveau.	Pour le minimum : avril à oct. pour le premier niveau; nov. et déc. pour le second niveau.	Pour le minimum : avril à oct. pour le premier niveau; nov. et déc. pour le second niveau.
Transport maritime	Référence du niveau minimal et maximal	Le maximum correspond au niveau record; le minimum correspond au creux historique.	Le niveau dépasse les données historiques. En fonction en partie de l'endroit où les problèmes opérationnels surviennent.	Le niveau dépasse les données historiques. Selon le niveau enregistré où les opérations ont cessé.
	Durée	Peut tolérer cette variation avec de légers problèmes	Tolérance à court terme; un niveau soutenu pendant des semaines ou des mois peut entraîner des problèmes opérationnels.	Tolérance à court terme (12 à 24 heures); un niveau soutenu pendant des jours ou des mois entraînera des problèmes opérationnels dans certaines installations et une modification ou une fermeture des installations. Il s'agit du niveau où les opérations commencent à cesser.
	Taux de variation	Une variation rapide dans la Zone A peut être tolérée.	Une variation rapide de A à B peut être tolérée. Des changements opérationnels pourraient être nécessaires si le niveau ne change pas.	Plus le passage de la Zone B à la Zone C est rapide, plus le risque d'interruption de l'approvisionnement en eau est grand.
	Caractère saisonnier	Le temps de l'année où surviennent les périodes de pointe saisonnières n'est pas un problème.	Les températures hivernales autour du point de congélation peuvent créer du frimas sur certaines prises. Certaines prises d'eau peuvent être plus vulnérables pendant l'hiver, car le niveau est bas.	Identique à B.

Emplacement : rivière Sainte-Marie : zones d'adaptation d'hydroélectricité (source : GEIGLA, 2012)

Tableau des zones d'adaptation d'hydroélectricité pour la centrale Cloverland sur la rivière Sainte-Marie. Niveau en mètre (SRIGL, 1985), débit en m³/s (Rose et Yee, 2011).

Zone	Débit sortant, lac Supérieur	Niveau, lac Supérieur	Autres, m ³ /s	Cloverland, capacité de 850	Centrale des États-Unis, capacité de 405	Brookfield, capacité de 1 140	Observations
A idéal	2 374	183,45	94	735	405	1 140	Part égale d'eau disponible pour la production hydroélectrique sans déversement.
A idéal	2 374	183,45	94	850	290	1 140	Part égale d'eau disponible pour la production hydroélectrique sans déversement.
A	2 036 ~ 2 409	183,26 ~ 183,47	94	566~770	405	971~1 140	Eau adéquate pour les opérations en période de pointe (courbe IS à Cloverland).
A/B	Inférieur 1 236	182,74	94	311	260	571	Limité à l'hiver. Minimum aux centrales Cloverland et des États-Unis pour la gestion des glaces et le chauffage. L'écluse de la centrale aux États-Unis a besoin de 40 min 3 s/s.
B	Inférieur 716	182,34	94	311 minimum	0	311	Limité à l'hiver. Hypothèse : si la centrale des États-Unis n'a pas besoin d'eau pour la gestion des glaces, l'écluse et le chauffage.
B		184,25					Dépassant la paroi, infiltration d'eau sur le plancher du générateur.
B		Max. canal de fuite 177,77 m à la cale aux États-Unis					Maintenir le niveau en dessous de la partie supérieure du canal de fuite pour que l'eau ne pénètre pas dans la fosse du générateur.
Élevé, B	Inférieur 1 526	182,94	94	311 minimum	405	716	Limité à l'hiver. Minimum de 311 m ³ /s pour la gestion des glaces et le chauffage.
B/faible C	Supérieur à 1 084	182,63	94	90 minimum	405	495	Minimum de 90 m ³ /s pour le marché de l'énergie.
B/faible C		Min. canal de fuite					Pour éviter les dommages causés par la cavitation et la perte de production d'électricité.

		175,96 m à la cale des États-Unis					
C	Inférieur 904	182,51	94	0	405	405	Situation où Cloverland serait en Zone C en raison d'un apport d'eau nul.

Indicateurs de rendement écologique pour le lac Supérieur et le lac Michigan-Huron

Tableau récapitulatif des huit principaux indicateurs de rendement écologique (source : GEIGLA, 2012, p. 70, version anglaise)

Code de l'indicateur de rendement	Zone C	Indicateurs de rendement	Objectif : éviter la Zone C
SUP-01	SUP-01 permet d'évaluer le degré dans lequel les périodes de crues de pointe dans le lac Supérieur, lesquelles suivent un cycle approximatif de 30 ans, sont atténuées par la régularisation.		Prévenir/réduire au minimum la compression du niveau dans le lac Supérieur.
SUP-02	SUP-02 permet d'évaluer le degré dans lequel il y a un abaissement du lac Supérieur après un « épisode » de crue. Les cotes aux indicateurs SUP-01 et SUP-02 sont plus près des cotes préalables au projet (supérieures à 1977A) et sont meilleures.		Prévenir/réduire au minimum la compression du niveau dans le lac Supérieur.
SUP-04	Pendant la crue estivale, le niveau est monté au-dessus de 184,0 m (603,7 pieds) pendant trois années consécutives ou plus.	Abondance de riz sauvage à Kakagon Slough, près de Duluth, Minn.	Maintien de la viabilité du riz sauvage.
SUP-05	Le niveau moyen d'eau au printemps (avril à mai) est inférieur de plus de 0,67 m (2,2 pieds) au niveau moyen enregistré au cours de la période précédente de dix ans pendant sept années consécutives ou plus.	L'habitat et la population du grand brochet dans la baie Black sur la rive nord du lac Supérieur.	Prévenir un déclin significatif de la population de grands brochets.
SMQ-01	Débit moyen en juin inférieur à 1 700 m ³ /s (60 035,5 pi ³ /s) pendant cinq années consécutives ou plus.	Habitat de fraye de l'esturgeon jaune.	Zone adéquate pour la fraye de l'esturgeon jaune
SMQ-02	Débit moyen en mai-juin inférieur à 2 000 m ³ /s (70 600 pi ³ /s) pendant sept années consécutives ou plus.	Maintien du débit dans le chenal menant au lac George (un petit lac près de Sault Ste. Marie, Ont.)	Maintien du substrat dans le chenal du lac George.
LMH-07	Le niveau moyen pendant la saison de croissance (avril à oct.) est inférieur à 176,00 m (577,4 pi) pendant quatre années consécutives ou plus.	Population de poissons et faune dans les terres humides de la baie Georgienne.	Maintien de l'accès pour les poissons aux terres humides de la baie Georgienne (conditions actuelles).
LMH-08	Le niveau moyen pendant la saison de croissance (avril à oct.) est inférieur à 176,12 m (577,8 pi) pendant quatre années consécutives ou plus.	Population de poissons et faune dans les terres humides de la baie Georgienne.	Maintien de l'accès pour les poissons aux terres humides de la baie Georgienne (conditions observées sur plus de 100 ans).

Annexe 2 : Liste des sigles

AAN	Anticyclone de l'Atlantique Nord; anticyclone des Bermudes; anticyclone des Açores
ANB	apport net du bassin
ANT	apports nets totaux
CGIP	Chippewa–Grass Island Pool
CICLS	Conseil international de contrôle du lac Supérieur
CILOFSL	Conseil international du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent
CMI	Commission mixte internationale
ECCC	Environnement et changement climatique Canada
EEN	équivalent en eau de la neige; équivalent eau-neige
ENSO	El Niño et oscillation australe
EPA	Environmental Protection Agency (voir USEPA)
GAGL	Comité de gestion adaptative des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent
GEIGLA	Groupe d'étude international des Grands Lacs d'amont
GLERL	Laboratoire de recherches environnementales sur les Grands Lacs
IIBH	Initiative internationale sur les bassins hydrographiques
IMPLAN	Modèle d'analyse d'impact et de planification
INBC	Conseil international de contrôle de la rivière Niagara
IR	Indicateurs de rendement
LOSLRS	Étude sur le fleuve Saint-Laurent et le lac Ontario
MIRE	Modèle intégré de la réponse écologique
NAO	oscillation Nord-Atlantique (ou « nord-atlantique »)
NMME	North American Multi-Model Ensemble; ensemble multi-modèles nord-américain
NOAA	Agence américaine d'observation océanique et atmosphérique
NYDEC	New York Department of Environmental Conservation

NYPA	New York Power Authority
OA	Oscillation arctique
OPG	Ontario Power Generation
PAN	régime Pacifique-Amérique du Nord
SCF	Service canadien de la faune
SPCE	Système de prévision des crues et de l'érosion
SRIGL	Système de référence international des Grands Lacs
USACE	United States Army Corps of Engineers
USEPA	United States Environmental Protection Agency (voir EPA)
USGS	United States Geological Survey

Annexe 3 : Glossaire

ANTICYCLONE DE L'ATLANTIQUE NORD : Plus connu sous les noms « d'anticyclone des Bermudes » aux États-Unis et « d'anticyclone des Açores » en Europe et en Afrique. Il s'agit d'une grande région subtropicale semi-permanente de haute pression atmosphérique qui se trouve au sud des Açores, dans l'océan Atlantique, et dont la latitude moyenne est de 30° N. Il forme un des pôles de l'oscillation nord atlantique, l'autre étant la dépression d'Islande. Le système influence les conditions météorologiques et climatiques de vastes régions d'Afrique du Nord et d'Europe australe, et, dans une moindre mesure, de l'est de l'Amérique du Nord.

APPORT D'EAU : Volume d'eau qui parvient aux Grands Lacs en raison des précipitations, diminué de l'évaporation à la surface terrestre et des lacs.

APPORT NET DU BASSIN (ANB) : Quantité nette d'eau qui entre dans l'un des Grands Lacs; comprend les précipitations sur le lac moins l'évaporation du lac, plus les eaux souterraines et le ruissellement du bassin local. L'apport net du bassin ne comprend pas l'eau provenant d'un autre Grand lac.

APPORT TOTAL NET (ANT) : Apport net du bassin augmenté de l'apport d'un autre Grand lac.

APPORTS STOCHASTIQUES : Séquences simulées de conditions d'apport d'eau, générées statistiquement en fonction de la variabilité climatique historique.

ATTRIBUTS HYDROLOGIQUES : Statistiques sur le niveau et le débit des cours d'eau.

BASSIN (DES GRANDS LACS ET DU FLEUVE SAINT-LAURENT) : Surface contribuant au ruissellement des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent en aval de Trois-Rivières (Québec).

BASSIN DRAINANT; BASSIN VERSANT : Région ou zone dont les eaux de surface et les eaux souterraines finissent par se déverser dans un cours d'eau ou un plan d'eau donné.

BASSIN HYDROGRAPHIQUE : Zone qui contribue au ruissellement d'un ruisseau, d'une rivière ou d'un lac.

CHANGEMENTS CLIMATIQUES : Changements non aléatoires du climat, attribués directement ou indirectement aux activités humaines, qui modifient la composition de l'atmosphère mondiale et qui s'ajoutent à la variabilité naturelle du climat observée sur des périodes comparables.

CHARGE LÉGÈRE : Charge inférieure à la capacité d'emport un navire et imposée quand le navire à charge pleine serait trop près du fond du chenal en raison du bas niveau de l'eau.

CLIMAT : Ensemble des conditions météorologiques prévalant dans une région donnée (température, précipitations, vitesse du vent, pression atmosphérique, etc.) observées tout au long de l'année et ramenées sur une moyenne d'au moins 30 ans.

COMMISSION MIXTE INTERNATIONALE (CMI) : Organisme international indépendant créé en 1909 par les États-Unis et le Canada en vertu du *Traité relatif aux eaux limitrophes* afin de prévenir et de résoudre les différends touchant aux eaux limitrophes entre les deux pays. La CMI rend des décisions sur les demandes de projets comme les barrages dans les eaux limitrophes, délivre des ordonnances d'approbation et réglemente l'exploitation de bon nombre de ces projets. Un renvoi permanent en vertu de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs est destiné à aider les deux gouvernements nationaux à rétablir et à maintenir l'intégrité chimique, physique et biologique de ces eaux.

CONSEIL INTERNATIONAL DU LAC ONTARIO ET LE FLEUVE SAINT-LAURENT : Conseil établi par la Commission mixte internationale dans son ordonnance d'approbation de 1952 pour rebaptiser l'ancien Conseil international de contrôle du fleuve Saint-Laurent, en 2017, à la faveur de la mise en œuvre du Plan 2014 et de l'ordre d'approbation révisé. Sa principale mission est de veiller à ce que le débit sortant du lac Ontario respecte les exigences de l'ordonnance de la Commission.

CONSERVATION ONTARIO : Conservation Ontario est l'organisme-cadre qui représente tous les offices de protection de la nature de l'Ontario. Cet organisme sans but lucratif a été fondé en 1980-1981. Conservation Ontario est un réseau de 36 offices de protection de la nature.

CORDON LITTORAL : Remblai naturel allongé en formations parallèles au rivage et constitué de matériaux détritiques (sables, galets, etc.) en partie formé par l'action des marées hautes et qui agit comme barrière naturelle.

CÔTE (ou LITTORAL) : Terrain ou zone adjacente à un grand plan d'eau.

COURS SUPÉRIEUR DU SAINT-LAURENT : Section du fleuve Saint-Laurent qui court en amont du barrage Moses-Saunders, de Kingston/Cape Vincent au barrage électrique et aux écluses de Cornwall-Massena, et même au lac Saint-Laurent.

CRÊTE DES VAGUES : Sommet d'une vague.

CRUE : Débordement soudain ou élévation soudaine du niveau d'un cours d'eau sous l'effet de fortes pluies ou de la fonte des neiges.

CYCLE HYDROLOGIQUE : Circulation naturelle de l'eau allant de l'évaporation de l'eau de mer dans l'atmosphère, au ruissellement et le stockage dans les rivières, les lacs et les océans en passant par le rejet de l'humidité des plantes dans l'aire (transpiration) et par les précipitations sous forme de pluie ou de neige.

DÉBIT DU CHENAL LATÉRAL : Débit total des eaux utilisées pour la production d'hydroélectricité, pour la navigation, pour les applications municipales et industrielles et autres qui ne passent pas par les ouvrages de régularisation sur la rivière Sainte-Marie.

DIGUE : Obstacle artificiel destiné à protéger les terres des inondations marines ou fluviales.

DIRECTIVE : Instruction de la CMI donnée à un conseil ou à un comité, nouveau ou existant, afin de préciser son mandat, y compris ses tâches et responsabilités.

DISPOSITION À PAYER : Montant maximal qu'un consommateur est disposé à payer pour un article ou un service donné.

DUNE : Élévation de sable ou d'autres sédiments meubles construite par le vent au sol (dune éolienne) et par les courants sur les fonds marins (dune hydraulique).

EAU DE RUISELLEMENT : Partie des précipitations sur le sol qui finit par aboutir dans les cours d'eau et les lacs.

EAU SOUTERRAINE : Eau souterraine présente dans les sols et dans les roches perméables.

ÉCARTS-DÉVIATION : Modifications temporaires à un plan de régularisation visant à produire des effets bénéfiques ou à alléger des effets négatifs pour un intérêt donné, sans entraîner d'effets négatifs appréciables pour les autres intérêts.

ÉCOHYDRAULIQUE : Modèles qui intègrent les réactions physiques et biotiques au moyen d'algorithmes établissant un lien entre, d'une part, le niveau d'eau et d'autres facteurs climatiques et, d'autre part, les réactions de la flore et de la faune.

ÉCOSYSTÈME : Communauté vivante (biocénose) en interrelation avec son environnement (biotope), y compris pour ce qui est du transfert et de la circulation de la matière et de l'énergie.

EL NIÑO-OSCILLATION AUSTRALE (OU OSCILLATION MÉRIDIONALE EL NIÑO) (ENSO) : Variation périodique irrégulière des vents et des températures à la surface de la mer au-dessus de la partie orientale de l'océan Pacifique tropical, qui affecte le climat d'une grande partie des tropiques et des sous-tropiques.

EMBÂCLE : Accumulation de glace de rivière, quelle qu'en soit la forme, qui entrave le débit normal.

ÉNERGIE HYDROÉLECTRIQUE : Énergie produite par l'action de l'eau en mouvement à travers une turbine.

ENVIRONNEMENT : Milieu incluant l'air, l'eau, la terre, les ressources naturelles, la flore, la faune, les êtres humains et leurs interrelations, ainsi que les conditions sociales, économiques, culturelles, physiques, biologiques et autres pouvant influencer le développement ou l'existence d'un organisme ou d'une communauté.

ÉQUIVALENT EN EAU DE LA NEIGE (EEN) : Volume d'eau contenu dans le manteau neigeux. Peut être vu comme étant la profondeur d'eau qui résulterait théoriquement de la fonte instantanée de l'accumulation annuelle de neige.

ÉROSION CÔTIÈRE (ÉROSION LITTORALE ou DES BERGES) : Usure d'une rive sous l'action du courant, du vent et des vagues.

ÉROSION : Usure des surfaces terrestres sous l'action de la pluie, du ruissellement de l'eau, du vent, des vagues et des courants. L'érosion résulte naturellement des conditions météorologiques ou du ruissellement, mais l'activité humaine, comme le déboisement à des fins agricoles, l'exploitation forestière, la construction d'édifices ou de routes, peut intensifier le processus.

ÉTUDE SUR LE LAC ONTARIO ET LE FLEUVE ST-LAURENT (LOFSL) : Étude, commanditée par la CMI et achevée en 2006, visant à examiner les effets des variations du niveau et du débit de l'eau sur tous les utilisateurs et groupes d'intérêt et à déterminer s'il est possible d'améliorer la régularisation des installations existantes qui contrôlent le débit du lac Ontario.

FALAISE : Escarpement abrupt ou de hauteur variable, formé de tilles glaciaires et de dépôts lacustres d'argile, de limon, de gravier et de rochers.

FRASIL : Glace dans la colonne d'eau ayant la consistance de la neige fondante et apparaissant quand de petits cristaux de glace se forment dans l'eau refroidie lorsque la température de l'air tombe sous le point de congélation. Ces cristaux de glace se rassemblent et sont pressés par de nouveaux cristaux à mesure qu'ils se forment.

GEOMORPHOLOGIE : Domaine des sciences de la terre qui étudie l'origine et la distribution des formes de relief, avec un accent particulier sur la nature des processus d'érosion.

GESTION ADAPTATIVE : Processus de planification axé sur une démarche structurée et itérative destinée à améliorer les mesures prises par le biais de la surveillance, de la modélisation et de l'évaluation à long terme. Grâce à la gestion adaptive, les décisions peuvent être revues, ajustées et révisées à mesure que de nouvelles informations et connaissances sont disponibles ou que les conditions changent.

GROUPE CONSULTATIF SUR LES INTÉRÊTS DU PUBLIC (GCIP) - Groupe de bénévoles Américains et Canadiens ayant œuvré à l'instauration de communications efficaces entre le public et le Groupe d'étude sur le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent (2006).

HABITAT : Milieu ou lieu particulier où une plante ou un animal vit et grandit naturellement.

HYDRAULIQUE : Science qui traite des propriétés mécaniques des liquides, y compris la transmission d'énergie et les effets de l'écoulement de l'eau.

HYDROCLIMAT : Influence du climat sur les eaux de la terre, y compris les échanges d'énergie et d'humidité entre l'atmosphère et la surface de la Terre, ainsi que le transport d'énergie et d'humidité par l'atmosphère.

HYDROLOGIE - Étude des propriétés de l'eau, de sa distribution et de sa circulation à la surface et dans l'atmosphère et sous la surface de la terre.

IMAGERIE OBLIQUE : Photographie aérienne prise à un angle d'environ 45 degrés par rapport au sol.

INDICATEUR DE RENDEMENT : Mesure de la santé économique, sociale ou environnementale. Dans le contexte de l'étude, les indicateurs de rendement ont trait aux effets de différentes élévations du niveau de l'eau du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent.

INONDATION : Envahissement des zones basses par l'eau.

INTÉRÊTS : Dans le contexte du présent rapport, le mot s'entend des groupes ou secteurs desservis par les eaux du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent, y compris pour ce qui est des usages municipaux et industriels de l'eau, de la navigation (commerciale et de plaisance), de la production d'énergie hydroélectrique, du développement côtier et des écosystèmes. En vertu du Traité relatif aux eaux limitrophes de 1909, les intérêts liés à l'utilisation de l'eau pour des fins domestiques et sanitaires, pour la navigation, pour la production hydroélectrique et pour l'irrigation font l'objet d'un classement par ordre de priorité dans l'élaboration des plans de réglementation.

LA NIÑA : Phase positive de l'oscillation australe El Niño associée à des températures de surface de la mer plus froides que la moyenne dans les parties centrale et orientale de l'océan Pacifique tropical.

LIDAR (Light Detection and Ranging) : Pour « détection et localisation par la lumière », LIDAR est une méthode de télédétection reposant sur l'utilisation de la lumière sous la forme d'un laser pulsé permettant de mesurer les distances (variables) d'un objet par rapport à la terre.

LIGNE DE RIVAGE : Intersection d'un plan d'eau déterminé avec la rive. Également rive, rivage, littoral selon l'emplacement

MARAIS : Zone de terres basses et humides, caractérisée par une eau stagnante peu profonde et par une vie végétale dominée par les herbes et les quenouilles.

MARINA : Installation privée ou publique permettant aux embarcations de plaisance d'accéder à l'eau et offrant des services d'amarrage et d'autres services connexes.

MESURE STRUCTURELLE : Toute mesure nécessitant une certaine forme de construction. Comprend généralement les ouvrages de contrôle et les dispositifs de protection à terre.

MÉTHODE DE FORMULATION DU PLAN : Méthode consistant à chercher à parvenir à un meilleur plan de régularisation; comme par une optimisation mathématique fondée sur les avantages économiques.

MODÈLE D'INTERVENTION ÉCOLOGIQUE INTÉGRÉ (MIEI) : Modèle permettant d'établir le cadre d'évaluation, de comparaison et d'intégration des réponses aux indicateurs de rendement environnementale.

MODÈLE INFORMATIQUE : Série d'équations et de termes mathématiques fondés sur les lois physiques et les théories statistiques qui simulent les processus naturels.

MODÉLISATION HYDRAULIQUE : Utilisation de techniques mathématiques ou physiques pour simuler les systèmes d'alimentation en eau et faire des projections relatives au niveau, au débit et à la vitesse de l'eau.

MODÉLISATION HYDROLOGIQUE ou PLUIE-DÉBIT : Techniques physiques ou mathématiques permettant de simuler le cycle hydrologique et ses effets sur un bassin hydrographique.

MODÉLISATION : Utilisation d'ordinateurs pour développer des modèles mathématiques de systèmes ou de processus complexes.

NIVEAU D'EAU MOYEN MENSUEL : Moyenne arithmétique de toutes les observations antérieures (niveau ou débit d'eau) pour le mois.

NIVEAU D'EAU MOYEN : Moyenne arithmétique de toutes les observations (niveau ou débit d'eau) pour le mois écoulé. La période de référence utilisée dans la présente étude débute en janvier 1900. Ce terme est interchangeable avec « niveau d'eau moyen mensuel ».

NIVEAU D'EAU : Hauteur de la surface de l'eau d'un lac ou d'un point donné d'un cours d'eau. Cette hauteur est mesurée par rapport au niveau moyen de la mer.

NIVEAU DE RÉFÉRENCE : Surface à laquelle se réfèrent les hauteurs et les profondeurs portées sur les « cartes de navigation » et qui constitue un point de référence pour le dragage des ports et des chenaux. Également connu sous le nom de « niveau de référence des basses eaux ».

OFFICES DE PROTECTION DE LA NATURE : Organismes locaux de gestion des bassins hydrographiques qui offrent des services et des programmes pour protéger et gérer les répercussions sur l'eau et les autres ressources naturelles, en partenariat avec tous les ordres de gouvernement, les propriétaires fonciers et de nombreux autres organismes.

ORDONNANCE D'APPROBATION : En rendant des décisions sur les demandes d'approbation de projets touchant aux eaux limitrophes ou transfrontalières, comme les barrages et les centrales hydroélectriques, la CMI peut réglementer les modalités de ces projets au moyen d'ordonnances d'approbation afin de maintenir des cibles précises relativement au niveau et au débit d'eau dans les lacs et dans les canaux interlacustres.

OSCILLATION ARCTIQUE (AO) : Variation de la différence de pression atmosphérique, au niveau de la mer, entre le Pôle et une latitude moyenne. L'oscillation de l'Atlantique Nord est souvent considérée comme une manifestation régionale de l'AO.

OSCILLATION NORD-ATLANTIQUE (NAO) : Phénomène météorologique dans l'océan Atlantique Nord qui se traduit par des fluctuations de la différence de pression atmosphérique au niveau de la mer entre la dépression islandaise et l'anticyclone des Açores (aussi connue sous le nom de « sommet subtropical de l'Atlantique Nord »). Le NAO contrôle la force et la direction des vents d'ouest et la trajectoire des tempêtes dans l'Atlantique Nord, et varie au fil du temps sans périodicité particulière.

OUVRAGES DE RÉGULARISATION : Ensemble de barrages à vannes situés à l'embouchure des rapides de la rivière Sainte-Marie, qui font partie d'une série de structures de régularisation le long de la rivière Sainte-Marie afin de gérer le débit du lac Supérieur. Ces ouvrages comprennent 16 vannes, dont la moitié du côté américain et l'autre moitié du côté canadien de la rivière.

COURS SUPÉRIEUR DU FLEUVE SAINT-LAURENT : Partie du fleuve Saint-Laurent en aval du barrage Moses-Saunders. Comprend le lac St. François, le lac Saint-Louis, le port de Montréal, le lac Saint-Pierre et les parties de la rivière qui relient ces lacs jusqu'à Trois-Rivières (Québec), en aval.

SECTION INTERNATIONALE : Partie du fleuve Saint-Laurent qui se trouve entre le lac Ontario et le barrage Moses-Saunders.

PARTIE PRENANTE : Personne, groupe ou institution ayant un intérêt ou une préoccupation d'ordre économique, sociétal ou environnemental et qui est touché par la fluctuation du niveau d'eau ou par les mesures proposées en vue de réagir à la fluctuation du niveau d'eau dans le bassin du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent.

PLANS DE RÉGULARISATION : Dans le contexte du présent rapport, s'entend du contrôle de l'écoulement de l'eau grâce à des structures de régularisation afin de répondre aux besoins des divers intérêts qui utilisent l'eau dans un bassin donné. Ces plans intègrent les objectifs précis établis dans les ordonnances d'approbation de la CMI, établissent les niveaux mensuels ou hebdomadaires du débit et attribuent les débits aux divers intérêts qui utilisent l'eau, comme pour la production d'hydroélectricité.

POUVOIR : Droit d'appliquer des lois et des règlements ou de créer des politiques.

PRODUCTION DE POINTE AVEC AJUSTEMENT SEMAINE-FIN DE SEMAINE : Variation du débit horaire d'eau au-dessus et au-dessous de la moyenne quotidienne (par exemple, le débit en milieu de journée est plus élevé que le débit en soirée et de nuit), principalement en raison des activités de production hydroélectrique où l'eau est stockée pendant les périodes de demande hors pointe afin d'accroître la production hydroélectrique aux périodes de pointe.

PUITS RIVERAIN : Puits situé près d'un lac et dont le niveau d'eau est directement influencé par celui du lac.

RÉGIME PACIFIQUE-AMÉRIQUE DU NORD (PAN) : En climatologie désigne un modèle météorologique à grande échelle à deux modes, positif et négatif, qui relie la circulation atmosphérique sur l'océan Pacifique Nord à celle sur le continent nord-américain.

RENUVOI : Le gouvernement demande à la CMI d'étudier et de recommander des solutions aux différends transfrontaliers. Le terme est tiré de l'article IX du *Traité relatif aux eaux limitrophes* de 1909, qui précise que ces différends ou questions « seront soumis de temps à autre à la Commission mixte internationale pour faire l'objet d'un examen et d'un rapport, chaque fois que le gouvernement des États-Unis ou celui du Canada exigera que ces questions ou différends lui soient ainsi référés. »

REVÊTEMENT : Revêtement naturel (comme de l'herbe, des plantes aquatiques) ou artificiel (comme du béton, de la pierre, de l'asphalte, de la terre, des sacs de sable) pour protéger un remblai ou une autre structure contre l'érosion.

RIVERAIN (adjectif) : Qui se trouve sur la rive d'un plan d'eau.

RIVERAIN (nom) : Personne résidant sur la rive d'un plan d'eau. Désigne généralement le propriétaire privé d'une propriété riveraine.

SAUVAGINE : Ensemble des oiseaux sauvages qui dépendent écologiquement des terres humides pour leur nourriture, leur habitat et leur reproduction.

STRUCTURES DE RÉGULARISATION : Structures réglables, comme un barrage à vannes pouvant être ouvertes ou fermées pour ajuster le niveau d'eau et le débit en amont et en aval.

SYSTÈME DE PRÉVISION DES CRUES ET DE L'ÉROSION (SPCE) : Série de modèles numériques, dont COSMOS, qui compilent et évaluent les données sur les rivages pour calculer les dommages causés par les inondations et l'érosion.

SYSTÈME DE RÉFÉRENCE INTERNATIONAL DES GRANDS LACS (SRIGL) : Système de référence d'élévation utilisé pour définir le niveau d'eau dans le réseau des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent. En raison du mouvement de la croûte terrestre, le « niveau de référence » doit être ajusté tous les 30 à 40 ans.

TERRES HUMIDES : Zones caractérisée par un sol humide et une productivité biologique élevée, offrant un habitat important pour la sauvagine, les amphibiens, les reptiles et les mammifères.

TRAITÉ DES EAUX LIMITROPHES DE 1909 : Accord entre les États-Unis et le Canada qui a établi des principes et des mécanismes de règlement des différends relatifs aux eaux limitrophes communes aux deux pays. La Commission mixte internationale a été créée à la suite de ce traité.

TROPOPAUSE : Lisière entre la troposphère (couche atmosphérique la plus basse) et la stratosphère (deuxième couche de l'atmosphère terrestre) qui se trouve entre 6 et 11 milles au-dessus de la surface de la terre.

VAGUE : Mouvement oscillatoire sur un plan d'eau qui se traduit par une alternance de creux et de pics en surface.

VOIES INTERLACUSTRES : Voies navigables naturelles ou artificielles de dimension appréciable qui contiennent, périodiquement ou continuellement, de l'eau en mouvement ou qui forment un lien de connexion entre deux plans d'eau. La rivière Détroit, le lac Sainte-Claire et la rivière Sainte-Claire constituent les voies interlacustres entre le lac Huron et le lac Érié. Entre le lac Supérieur et le lac Huron, la voie interlacustre est la rivière Sainte-Marie.

ZONE OU PLAINE INONDABLE : Basses terres entourant un cours d'eau (rivière ou ruisseau) ou un plan d'eau (lac), qui sont sujettes à inondation.

ZONES DE DANGER : Zone de terre vulnérable aux inondations, à l'érosion ou à l'impact des vagues.