

Évaluation du
**LITTORAL CANADIEN
DU LAC SUPÉRIEUR**

2020 RAPPORT
DE RÉSULTATS

N^o de cat. : En164-71/4-2020F-PDF
ISBN : 978-0-660-36633-3
EC21052

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

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

Photo: © Getty Images

© Sa Majesté le Roi du chef du Canada, représenté par le ministre de l'Environnement et du Changement climatique, 2022

Also available in English

Table des matières

Introduction.....	4
Délimitation des unités régionales.....	5
Évaluation de 2020 des eaux littorales canadiennes du lac Supérieur.....	13
Processus littoraux.....	16
Contaminants dans l'eau et les sédiments.....	22
Algues nuisibles et nocives.....	29
Usage humain.....	32
Lacunes dans les données et limites de la science relative au littoral.....	37
Prochaines étapes.....	40
Annexe A.....	40

Le présent document soutient les engagements du Canada dans l'Annexe sur l'aménagement panlacustre de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs de 2012 en vue de fournir une évaluation globale des eaux littorales.

Pour plus de renseignements sur les secteurs préoccupants ou l'état des Grands Lacs, veuillez consulter la page suivante : <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/protection-grands-lacs.html>

Environnement et Changement climatique Canada tient à remercier les personnes et les organismes qui ont fourni des données et des avis et révisé ces travaux. L'évaluation des eaux littorales de la partie canadienne du lac Supérieur n'aurait pas été possible sans la contribution du ministère de l'Environnement, de la Protection de la nature et des Parcs de l'Ontario, du ministère des Richesses naturelles et des Forêts de l'Ontario, de Swim Drink Fish Canada, de la National Oceanic and Atmospheric Administration, de Lee Grapentine, Ph. D. (ECCC), de Peter Zuzek et de Kevin Grootendorst (Zuzek Inc.) et de membres du personnel du programme d'ECCC.

Introduction

Les Grands Lacs, avec leurs 16 000 kilomètres de rives, de rivières interlacustres et de bassins hydrographiques, constituent le plus grand écosystème d'eau douce du monde et possèdent et présentent une grande importance sociale, économique et environnementale pour la région, le pays et la planète. Bien que les efforts déployés au cours des 50 dernières années pour restaurer et protéger les Grands Lacs ont porté fruit, la qualité de l'eau et la santé des écosystèmes dans de nombreuses zones littorales continuent d'être dégradées. Dans de nombreuses zones littorales des Grands Lacs, les conditions se sont détériorées en raison de divers facteurs de stress attribuables aux humains, au climat et aux espèces envahissantes. Les activités anthropiques dans le paysage ont une influence plus directe sur la qualité des eaux littorales que sur la qualité des eaux extracôtières¹. La qualité des eaux littorales pourrait servir d'indicateur de la condition à long terme de la qualité des eaux extracôtières et de la condition panlacustre². La gestion des eaux littorales représente son lot de défis du fait que les zones littorales sont des environnements complexes et hautement variables, dans lesquels les apports des affluents et les processus dans les eaux libres varient dans l'espace et selon les jours, les saisons et les années. Les zones littorales des Grands Lacs sont en outre particulièrement vulnérables aux effets des changements climatiques, qui pourraient entraîner une perte de biodiversité des espèces aquatiques et des changements fondamentaux dans les caractéristiques, la répartition, la structure et le fonctionnement de l'écosystème. Le stress exercé sur les écosystèmes par les activités anthropiques limite davantage la capacité d'adaptation et de rétablissement de ces écosystèmes.

Bien qu'il y ait eu d'importants investissements dans des travaux localisés de surveillance, d'évaluation et de remise en état, aucune évaluation approfondie de l'état global des eaux littorales n'a été effectuée, ce qui fait qu'il n'existe pas de mécanisme robuste permettant de mesurer le stress cumulatif sur les écosystèmes littoraux ni de méthode pour répertorier et prioriser les zones nécessitant une remise en état ou une protection. Il est urgent de prendre des mesures pour éliminer le stress et les menaces dans les zones littorales, car ces dernières constituent le lien écologique essentiel entre les bassins hydrographiques et les eaux libres des Grands Lacs.

Cadre de gestion des eaux littorales

¹ Yurista, P.M., Kelly, J.R., Cotter, A.M., Miller, S.E., et Van Alstine, J.D. 2015. Lake Michigan: Nearshore variability and a nearshore-offshore distinction in water quality. *Journal of Great Lakes Research*. 41:111-122.

² Yurista, P.M., Kelly, J.R. et Scharold, J.V. 2016 Great Lakes nearshore-offshore: distinct water quality regions. *Journal of Great Lakes Research*. 42:375-385.

Dans la version révisée de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs (AQEGL) de 2012, le Canada a mis au point un « Cadre de gestion des eaux littorales » prévoyant une évaluation globale de l'état des eaux littorales des Grands Lacs. Le Cadre consiste en une approche systématique, intégrée et collective, permettant d'évaluer la santé des zones littorales des Grands Lacs et de déterminer et de communiquer les effets cumulatifs et les facteurs de stress en cause. Il vise à orienter et à promouvoir les interventions à tous les niveaux afin de restaurer et de protéger la santé écologique des zones littorales des Grands Lacs.

L'objectif du Cadre de gestion est de s'attaquer aux problèmes actuels et émergents touchant les eaux littorales des Grands Lacs, là où des activités de restauration, de protection et de prévention sont essentielles pour améliorer et maintenir la santé écologique des zones côtières et en maintenir les bénéfiques pour la société, la culture, les loisirs et l'économie. Grâce à l'évaluation des zones littorales et à la communication des résultats, il sera possible de déterminer les facteurs et les effets cumulatifs représentant une source de stress ou constituant une menace pour les zones à grande valeur écologique. Une coordination et une collaboration continues et renforcées sont essentielles pour gérer et protéger nos eaux littorales et pour prévenir et réduire au minimum les répercussions des facteurs de stress chimiques, physiques ou biologiques sur la qualité des eaux et des écosystèmes dans le bassin hydrographique des Grands Lacs. Le Cadre de gestion appuiera la prise de mesures dans les zones littorales soumises à des facteurs de stress et permettra de mieux protéger les zones littorales à grande valeur écologique en communiquant les résultats, en définissant des priorités et en mobilisant les organismes et les entités responsables de l'élaboration et de la mise en œuvre de stratégies de prévention, de restauration et de protection.

Le Cadre de gestion des eaux littorales vise les eaux littorales et les baies le long des rives de la partie canadienne des Grands Lacs, les rivières interlacustres et le fleuve Saint-Laurent. L'AQEGL reconnaît l'interconnectivité des bassins hydrographiques des Grands Lacs, où des matières et de l'eau provenant de zones problématiques s'écoulent dans les lacs et les voies interlacustres. Le Cadre de gestion tient compte de cette relation entre la zone d'influence et la zone d'impact. On définit généralement le littoral comme la zone des Grands Lacs et des cours d'eau interlacustres qui se trouve à proximité de la côte, là où les eaux subissent directement l'influence des bassins hydrographiques, tout en reconnaissant que cette zone subit aussi des influences extracôtières.

Le présent rapport fournit une synthèse des résultats de l'évaluation des eaux littorales du lac Supérieur de 2020. Pour obtenir la méthodologie détaillée de l'évaluation globale des eaux littorales, notamment la description des catégories d'évaluation, les mesures et les sources des données, veuillez consulter la *Méthodologie détaillée de l'évaluation des eaux littorales des Grands Lacs canadiens*.

Délimitation des unités régionales

La première phase de l'évaluation des eaux littorales consiste à découper le littoral en unités régionales basées sur les différents types d'écosystèmes. Des variables qui évoluent lentement, comme la profondeur, le substrat, les limites des embouchures des rivières, la densité de l'énergie des vagues et les conditions de hautes eaux, ont été utilisées pour définir les limites

extracôticières, terrestres et latérales des unités pertinentes sur le plan écologique.

Limite extracôticière

Après examen de la documentation et des méthodes pertinentes quant à la surveillance des eaux littorales, on a défini les zones « littorales » comme celles étant d'une profondeur maximale de 30 m. Avec une profondeur moyenne d'environ 149 m, le lac Supérieur est le plus profond des Grands Lacs et présente une pente littorale très raide (figure 1). En découpant les limites extracôticières des unités régionales selon une profondeur de 30 m (utilisée dans les lacs Ontario et Huron), la zone littorale était, en de nombreux endroits, trop étroite pour être délimitée. À partir de ce profil, on a retenu une profondeur de 100 mètres comme limite extracôticière. L'ensemble de données raster sur la bathymétrie panlacustre du Great Lakes Aquatic Habitat Framework (GLAHF)³ a été converti en courbes de niveau de 5 m, et la courbe de 100 m a été utilisée pour créer une limite extracôticière ininterrompue.

Limite terrestre

Étant donné que l'évaluation porte essentiellement sur les zones littorales du lac Supérieur, la limite terrestre a été définie à partir de la ligne des hautes eaux. Après examen des niveaux d'eau mensuels moyens historiques provenant du réseau coordonné de stations hydrométriques Pêches et d'Océans Canada pour le lac Supérieur⁴, on a constaté que la moyenne mensuelle maximale était de 0,7 mètre au-dessus du zéro hydrographique.

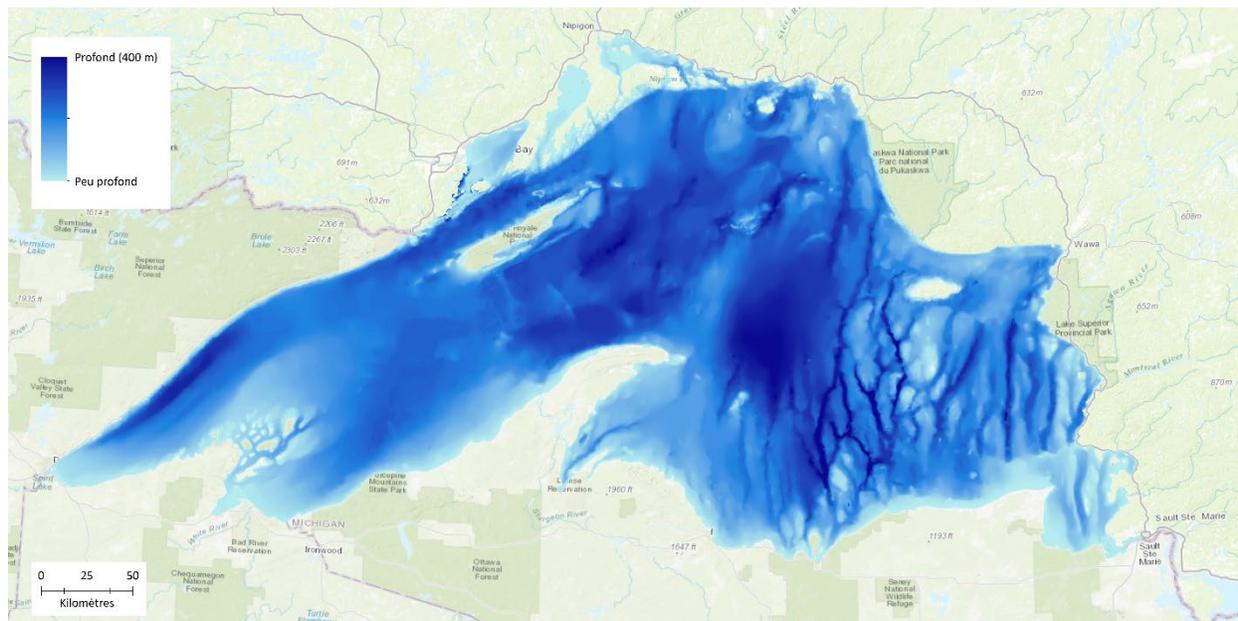
Sur le lac Supérieur, le zéro hydrographique est de 183,2 m, entraînant une moyenne mensuelle maximale de 183,9 m (183,2 [zéro hydrographique] + 0,7 [moyenne mensuelle maximale]). Bien que la surface du lac puisse dépasser ce niveau sous l'effet des vagues et des ondes de tempête, on s'intéresse ici à la surface statique du lac en l'absence de tempête. Des modèles altimétriques numériques, obtenus du ministère des Richesses naturelles et des Forêts de l'Ontario⁵, ont été utilisés pour extraire la courbe de niveau de 183,9 m afin de définir la limite terrestre des unités régionales.

³ Great Lakes Aquatic Habitat Framework (GLAHF) – Géomorphologie – Fond du lac. <https://www.glahf.org/data/>

⁴ Pêches et d'Océans Canada. *Niveaux de l'eau moyens mensuels historiques pour Lac Supérieur*. [Niveaux de l'eau moyens mensuels historiques pour Lac Supérieur | Pêches et Océans Canada \(tides.gc.ca\)](https://tides.gc.ca/mensuels-historiques-pour-lac-superieur)

⁵ Ministère des Richesses naturelles et des Forêts de l'Ontario. *Modèle altimétrique numérique de l'Ontario (imagerie, en anglais uniquement)*. <https://geohub.lio.gov.on.ca/datasets/mnrf:ontario-digital-elevation-model-imagery-derived>

Figure 1 : Bathymétrie du lac Supérieur (tirée du Great Lakes Aquatic Habitat Framework); une profondeur de 100 m a été utilisée pour définir les limites extracôtières des unités régionales.



Limite latérale

On a défini les limites latérales en évaluant les données relatives au substrat, la morphologie du littoral et l'énergie des vagues. Les zones littorales du lac Supérieur ne sont pas homogènes; des variations dans le substrat (figure 2) et dans l'énergie des vagues (figure 3) donnent lieu à des caractéristiques spatialement explicites utilisées pour délimiter les unités régionales.

L'énergie des vagues peut avoir une influence considérable sur la ligne de côte; à l'échelle panlacustre, les gradients dans l'énergie des vagues peuvent influencer les configurations d'érosion et de dépôt qui façonnent le littoral. Par ailleurs, l'exposition à l'énergie des vagues joue un rôle déterminant dans la présence ou l'absence de végétation aquatique submergée ou émergente, car l'exposition à une forte énergie peut se traduire par l'absence de végétation aquatique. L'énergie des vagues a également une incidence sur les caractéristiques des sédiments le long de la côte : les milieux abrités comportent des sédiments fins, et les zones côtières ouvertes disposent d'un substrat fait de sable ou de matériaux plus grossiers.

En raison de son influence sur les processus littoraux, on a inclus l'énergie des vagues comme variable physique pour définir les limites le long de la côte. La densité annuelle moyenne de l'énergie des vagues a été calculée à la courbe de niveau de 5 m de profondeur autour du lac Supérieur, par incréments de 2 km (figure 3). Le régime initial des vagues a été généré au moyen d'une simulation rétrospective des vents et des vagues historiques sur le lac Supérieur, puis transformé à la profondeur de 5 mètres, en tenant compte des contours du fond du lac et de la théorie linéaire des vagues. Les résultats relatifs à l'énergie des vagues obtenus ont révélé d'autres régimes associés à d'autres variables physiques. Une grande partie du littoral du lac Supérieur est exposée. Dans ces zones, comme le long du parc national Pukaskwa et du

parc provincial du lac Supérieur, l'énergie des vagues est très élevée. La nature de cette côte à haute énergie, ouverte et exposée, caractérisée par des types plus durs de substrat, signifie une présence faible de milieux humides côtiers dans la zone littorale. Bien qu'il existe des milieux humides sur le littoral, ceux-ci se trouvent principalement dans les zones les plus abritées.

Figure 2 :Types de substrats dans le lac Supérieur (tirés du Great Lakes Aquatic Habitat Framework).

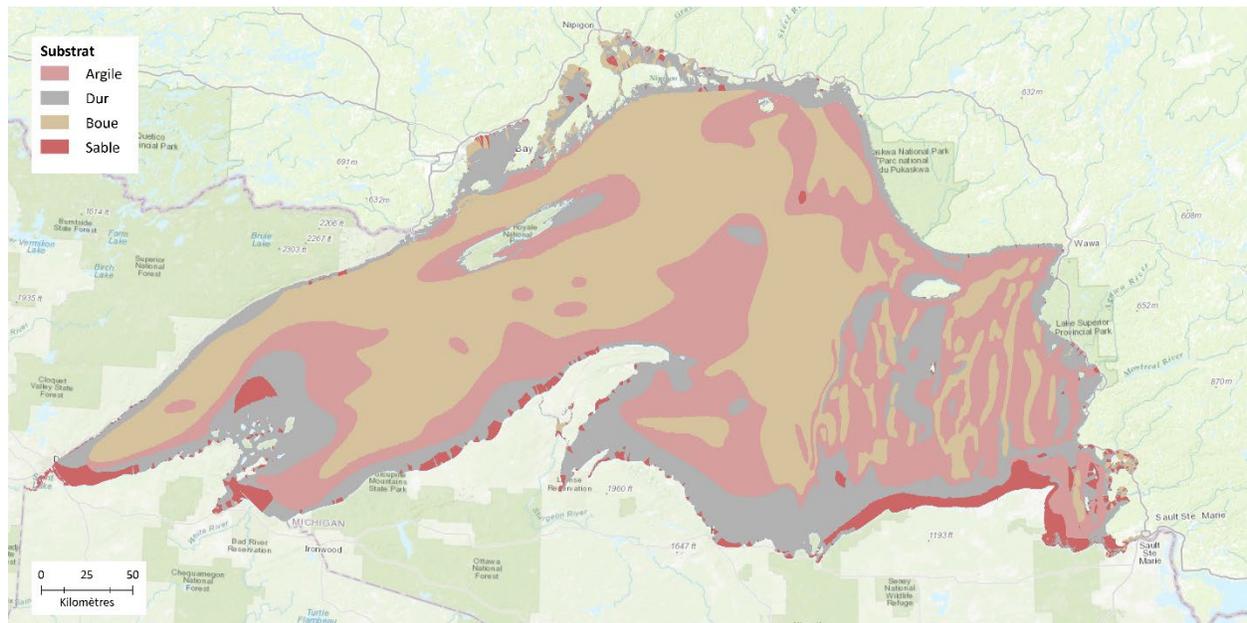


Figure 3 : Résultats de l'analyse de la densité de l'énergie des vagues pour le lac Supérieur. La densité de l'énergie des vagues n'a pas été modélisée dans les baies ou les voies interlacustres.



La superposition de ces variables à évolution lente a révélé plusieurs régimes uniques, à partir desquels neuf unités régionales, présentant cinq classifications d'écosystèmes, ont été recensées (tableau 1 et figure 4).

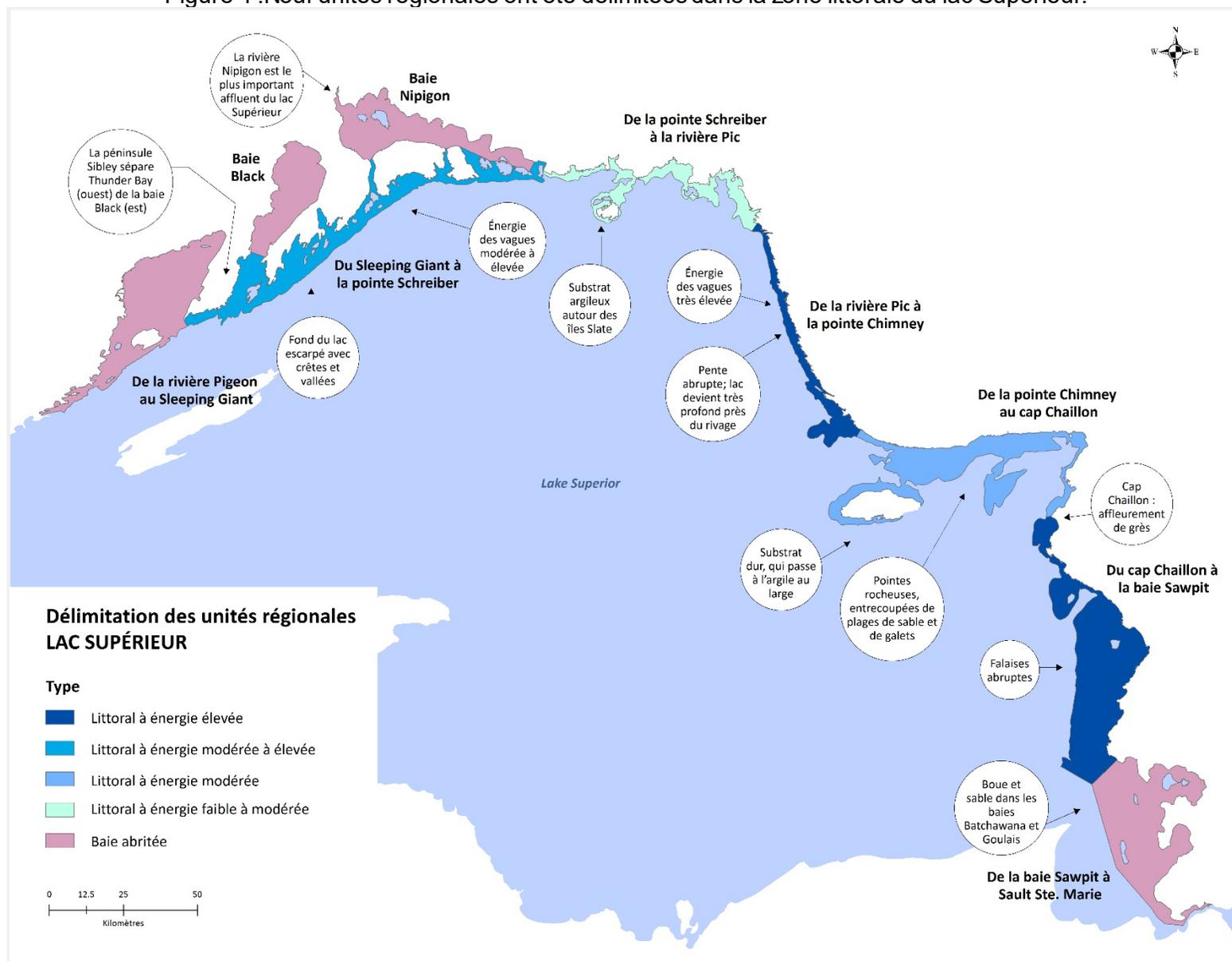
Tableau 1 : Neuf unités régionales, pertinentes sur le plan écologique, ont été délimitées à l'aide de variables à évolution lente.

Nom de l'unité régionale et type d'écosystème	Taille	Substrat (GLAHF)	Énergie des vagues (Zuzek Inc.)	Description
BAIE ABRITÉE				
DE LA RIVIÈRE PIGEON AU SLEEPING GIANT (LS01)	95 055 ha	Dur, avec boue et sable	Faible énergie	Caractérisée par un substrat dur, avec de la boue, des limons et du sable au large de la ville de Thunder Bay, au nord de l'île McKellar. Pentés plus raides à l'ouest, de la rivière Pigeon au ruisseau Whiskeyjack. Till et substrat rocheux autour de l'île Pie, avec une pente de fond du lac également abrupte. Thunder Bay est partiellement abritée de l'énergie du vent et des vagues par la péninsule Sibley.

BAIE BLACK (LS02)	47 025 ha	Dur, boue et limon	S.O.	Abrutée de l'énergie du vent et des vagues du lac Supérieur; assez peu profonde, avec quelques milieux humides côtiers. Substrat dur, avec de la boue et du limon proche du rivage. Séparée de Thunder Bay par la péninsule Sibley.
BAIE NIPIGON (LS03)	61 524 ha	Dur, boue	S.O.	Unité au point le plus au nord du lac Supérieur; peu profonde, abritée de l'action des vents et des vagues du lac; substrat dur, avec de la boue à l'ouest de l'île Vert et des crêtes et vallées abruptes à l'est. La rivière Nipigon est le plus important affluent du lac Supérieur.
DE LA BAIE SAWPIT À SAULT STE. MARIE (LS09)	103 802 ha	Dur ou argile, sable	Faible énergie	La baie Batchawana et la baie Goulais sont caractérisées par un fond de boue et de sable; l'extérieur des baies présente un mélange de substrat dur et argileux, qui passe au sable vers Sault Ste. Marie.
LITTORAL À ÉNERGIE ÉLEVÉE				
DE LA RIVIÈRE PIC À LA POINTE CHIMNEY (LS06)	30 021 ha	Dur	Énergie élevée	Côte à énergie très élevée, avec une pente de fond du lac abrupte, délimitant ainsi une unité régionale étroite. Le littoral se caractérise par un granit dur, rose et ardoise, entrecoupé de petites plages de sable.
DU CAP CHAILLON À LA BAIE SAWPIT (LS08)	122 432 ha	Dur, argile	Énergie élevée	L'énergie des vagues est plus importante dans la partie sud de l'unité régionale. Caractérisée par un fond dur, qui passe à l'argile dans les zones plus profondes; falaises abruptes et affleurements rocheux entrecoupés de plages de sable le long du rivage. Le cap Chaillon se caractérise par un affleurement de grès.
LITTORAL À ÉNERGIE MODÉRÉE À ÉLEVÉE				
DU SLEEPING GIANT À LA POINTE SCHREIBER (LS04)	85 276 ha	Dur	Énergie modérée à élevée	Caractérisée par un substrat dur, qui passe à l'argile et à la boue à la limite extracôtère; énergie modérée au sud de la péninsule de la baie Black, qui devient élevée à l'est de l'île St. Ignace. Sur la péninsule Sibley, le Sleeping Giant est une formation rocheuse géomorphologique importante.
LITTORAL À ÉNERGIE MODÉRÉE				
DE LA POINTE CHIMNEY AU CAP CHAILLON (LS07)	89 801 ha	Dur, argile	Énergie modérée	Substrat dur, qui passe à l'argile au large. Des pentes abruptes, avec des crêtes et des vallées, caractérisent le fond près de la côte et autour de l'île Michipicoten; pointes rocheuses entrecoupées de plages de sable et de galets. L'énergie des vagues est accrue dans la baie Michipicoten, au sud du cap Chaillon.

LITTORAL À ÉNERGIE FAIBLE À MODÉRÉE				
DE LA POINTE SCHREIBER À LA RIVIÈRE PIC (LS05)	38 210 ha	Dur	Énergie faible à modérée	La côte est caractérisée par des pentes abruptes, délimitant ainsi une unité régionale très étroite, car l'eau devient très profonde proche du rivage. Fond dur avec argile glaciolacustre autour des îles Slate.

Figure 4 : Neuf unités régionales ont été délimitées dans la zone littorale du lac Supérieur.



Évaluation de 2020 des eaux littorales canadiennes du lac Supérieur

En 2020, Environnement et Changement climatique Canada (ECCC) a entrepris une évaluation globale de l'état des eaux littorales du lac Supérieur. Le présent rapport résume les résultats obtenus au chapitre du stress cumulatif dans les neuf unités régionales.

On a utilisé une approche fondée sur la **valeur de la preuve** pour élaborer un processus décisionnel structuré aux fins de l'évaluation globale. La valeur de la preuve est un processus qui permet l'intégration systématique et transparente de plusieurs ensembles de données où la « valeur » (+ ou ++) est attribuée à chaque mesure utilisée en fonction d'une classification nominale de trois facteurs : pertinence, solidité et fiabilité. Voici certaines de ces catégories et mesures :

- Processus côtiers : Durcissement du littoral (+), Barrières littorales (non applicable), Connectivité des affluents (+)
- Contaminants dans l'eau et les sédiments : Qualité de l'eau (+), Qualité des sédiments (++), Communauté benthique (++)
- Algues nuisibles et nocives : *Cladophora* (données manquantes), Cyanobactéries (++)
- Activités anthropiques : Mises en garde sur les plages (+), Consommation de poisson (+), Eau potable traitée (+)

Pour plus de détails sur la méthodologie d'évaluation, veuillez consulter la *Méthodologie détaillée de l'évaluation des eaux littorales des Grands Lacs canadiens*.

L'évaluation a tenu compte de onze mesures (voir l'encadré). Cependant, l'une d'entre elles n'était pas applicable (barrières littorales) et une autre n'a pas pu être évaluée, faute de données (*Cladophora*). Les neuf mesures restantes sont regroupées en quatre catégories de preuves, élaborées en regard des objectifs généraux de l'AQEGL et des exigences particulières du Cadre de gestion des eaux littorales. Chacune des mesures se voit attribuer un niveau de stress « faible », « modéré » ou « élevé » sur les zones littorales de chaque unité régionale, qui est ensuite ramené à un niveau global de stress pour chaque catégorie à l'aide d'une approche fondée sur la valeur de la preuve. Les quatre catégories sont ensuite regroupées dans un niveau de stress global pour chaque unité régionale.

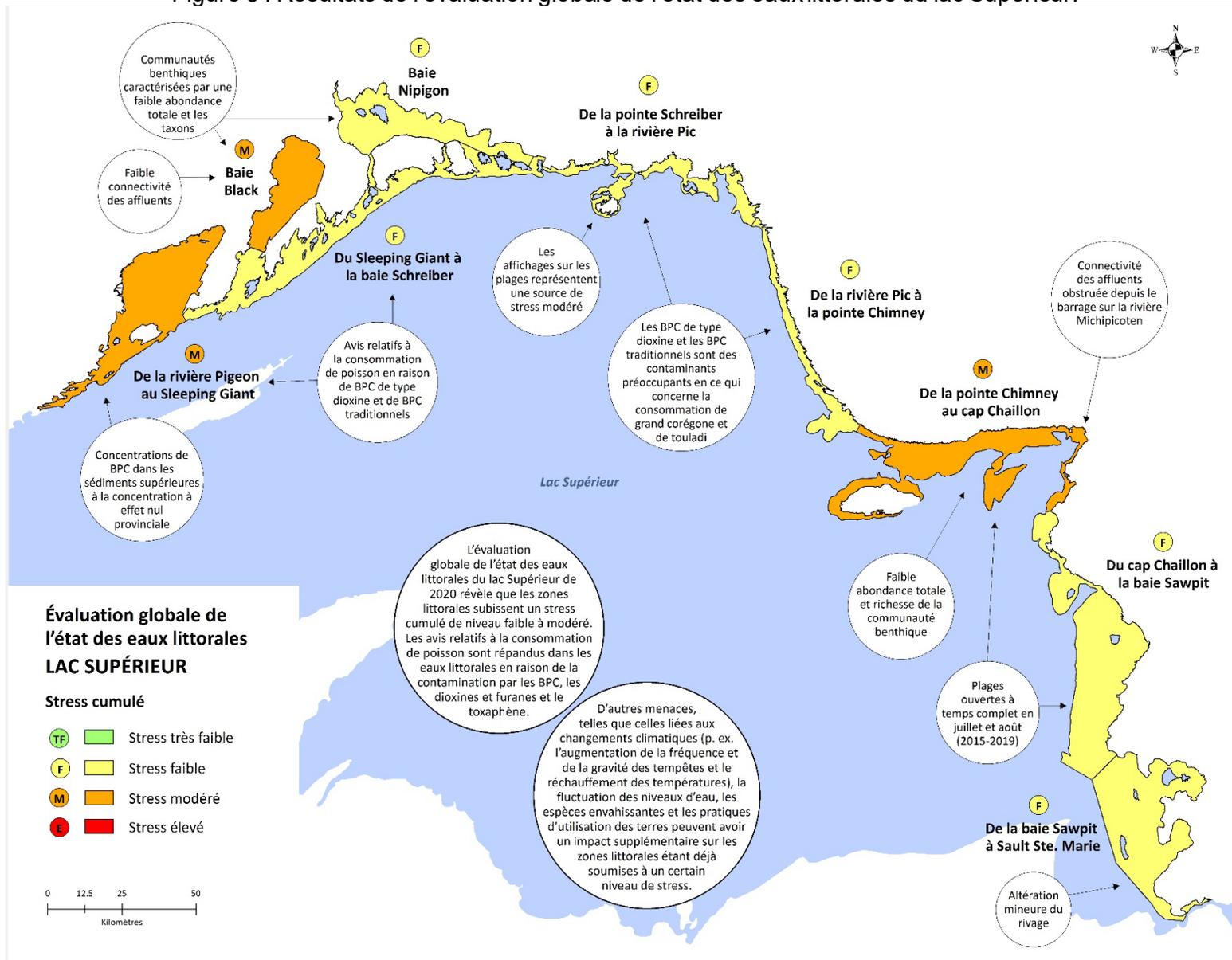
Les principales conclusions de l'évaluation sont présentées ci-dessous et à la figure 5.

Dans l'ensemble, les zones littorales du lac Supérieur subissent un stress faible ou modéré, aucune zone n'a été évaluée comme subissant un stress élevé, bien qu'il existe encore quelques secteurs préoccupants au sein de plusieurs unités régionales. Comme le

montre la figure 5, les unités régionales évaluées comme subissant un niveau de stress modéré sont les suivantes : de la rivière Pigeon au Sleeping Giant (y compris le secteur préoccupant de Thunder Bay), la baie Black et de la pointe Chimney au cap Chaillon. Parmi les problèmes dans ces zones, on peut citer : les avis relatifs à la consommation de certaines espèces de poissons, la présence de biphényles polychlorés (BPC) dans les sédiments, les gradients à l'extrémité inférieure de la santé de communautés d'invertébrés benthiques du lac Supérieur, la présence de barrages qui entravent la connectivité des affluents et les affichages sur les plages en raison de contamination par *E. coli*. La mesure de la consommation de poisson indique un stress modéré pour l'ensemble du lac, avec des avis de consommation moyenne allant de deux à sept repas par mois. Aucune prolifération d'algues nocives n'a été détectée dans les eaux côtières canadiennes en 2019. Les mesures concernant le durcissement du rivage et l'eau potable traitée sont toutes comprises dans les seuils de stress faible. Au moment de l'évaluation, aucune donnée n'était disponible en ce qui concerne *Cladophora* dans le lac Supérieur. Il y avait un manque important de données spatiales et temporelles relatives aux zones littorales du lac Supérieur, en particulier en ce qui concerne la qualité de l'eau, les sédiments et le benthos. Le ministère de l'Environnement, de la Protection de la nature et des Parcs a réalisé les derniers relevés de surveillance en 2019, mais seules les données de 2011 étaient disponibles au moment de l'évaluation. De nombreux programmes de surveillance fédéraux canadiens sont conçus soit pour mesurer l'état des lacs ouverts, comme indiqué dans les rapports relatifs à l'état des Grands Lacs, soit pour se concentrer sur des secteurs préoccupants particuliers.

Trois unités régionales comptent un secteur préoccupant des Grands Lacs à l'intérieur de leurs limites. Ces secteurs sont des lieux de la région des Grands Lacs reconnus comme ayant été confrontés à un haut degré de préjudice environnemental. En vertu de l'Accord de 1987 relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs entre le Canada et les États-Unis, 43 secteurs ont été reconnus, 12 d'entre eux étant canadiens et 5 étant binationaux. Depuis 1987, les gouvernements du Canada et de l'Ontario appuient les mesures locales visant à assainir les secteurs préoccupants. Dans le cas du lac Supérieur, toutes les mesures d'assainissement de la baie Jackfish ont été achevées, permettant de désigner ce site comme un secteur préoccupant en voie de rétablissement. Cela signifie que toutes les mesures sont complétées et que la zone a maintenant besoin de temps pour que son environnement se rétablisse de manière naturelle.

Figure 5 : Résultats de l'évaluation globale de l'état des eaux littorales du lac Supérieur.



Processus côtiers

Les descriptions des mesures individuelles sont présentées ci-dessous, tandis qu'une représentation cartographique des résultats de la catégorie est disponible à la figure 6.

Durcissement du rivage

Stress faible	< 25 % de la longueur totale du littoral d'une unité régionale sont durcis
Stress modéré	De 25 à 50 % de la longueur totale du littoral d'une unité régionale sont durcis
Stress élevé	> 50 % de la longueur totale du littoral d'une unité régionale sont durcis

Seuils fondés sur le meilleur jugement professionnel disponible.

Le littoral offre un ensemble unique de conditions et de processus qui, conjointement, répondent aux besoins des espèces aquatiques et des communautés biologiques à différents stades de leur cycle de vie. Ces processus littoraux jouent également un rôle déterminant dans la distribution et la santé des populations de poissons par leurs effets sur leur habitat, notamment les couloirs de migration, les frayères et les aires d'alevinage et d'alimentation. Le durcissement des rives peut réduire la résilience côtière; en l'absence de végétation naturelle ou de certaines caractéristiques, comme des milieux humides côtiers, le littoral pourrait ne plus pouvoir s'adapter à la hausse et à la baisse des niveaux d'eau, ce qui risque d'entraîner une réduction physique de l'habitat aquatique disponible.

Le durcissement du rivage représente une faible source de stress dans le lac Supérieur. Globalement, moins de 5 % de la longueur totale du littoral s'est durcie, et la quasi-totalité du littoral reste naturelle dans six unités régionales. L'altération du rivage est principalement associée aux activités de transport urbain et maritime, comme on peut le voir dans les unités régionales de la rivière Pigeon au Sleeping Giant et de la baie Sawpit à Sault Ste. Marie. Avec 10 % du rivage s'étant durci, l'unité régionale de la rivière Pigeon au Sleeping Giant présente le pourcentage le plus élevé en la matière, mais l'altération du rivage est largement limitée à l'embouchure de la rivière Kaministiquia (rivières Mission et MacIntyre) et le long du littoral de Thunder Bay. De même, le rivage de l'unité régionale de la baie Sawpit à Sault Ste. Marie est principalement altéré autour de la zone urbaine de Sault Ste. Marie.

De petits aménagements récréatifs et saisonniers ainsi que de petites marinas ornent le littoral d'autres unités régionales, mais, même cumulé, ceux-ci ne sont pas susceptibles de créer un stress sur le littoral.

Barrières littorales – Mesure non applicable

Stress faible	0 barrière littorale
Niveau de stress modéré	1 barrière littorale
Stress élevé	> 1 barrières littorales

Seuils fondés sur le meilleur jugement professionnel disponible.

Les barrières littorales sont définies dans l'évaluation globale de l'état des eaux littorales comme des éléments perpendiculaires à la rive de plus de 100 m de longueur et qui perturbent le mouvement naturel des sédiments (dérive littorale). La dérive littorale est le mouvement naturel du sable et du gravier dans les zones littorales, et dans les zones où elle constitue un processus physique important. La présence de barrières littorales peut entraver les processus littoraux naturels liés à la dynamique des sédiments.

Le littoral du lac Supérieur est caractérisé par un substrat rocheux, la dérive littorale n'est donc pas un processus important. Cette mesure n'est pas applicable.

Connectivité des affluents

Stress faible	> 75 % de la longueur totale des affluents (excepté ceux situés en amont d'une chute d'eau) sont reliés à l'unité régionale
Stress modéré	De 25 à 75 % de la longueur totale des affluents (excepté ceux situés en amont d'une chute d'eau) sont reliés à l'unité régionale
Stress élevé	< 25 % de la longueur totale des affluents (excepté ceux situés en amont d'une chute d'eau) sont reliés à l'unité régionale

Seuils basés sur les sous-indicateurs du rapport sur l'état des Grands Lacs sur la connectivité de l'habitat aquatique, en utilisant les données du ministère du Développement du Nord, des Mines, des Ressources naturelles et des Forêts de l'Ontario.

La connectivité des affluents est complexe dans l'ensemble du lac Supérieur. De nombreuses chutes d'eau font office de barrières naturelles, et de grandes rivières ont été aménagées pour la production d'énergie hydroélectrique. L'unité régionale de la baie Black est la seule où la connectivité des affluents représente une source élevée de stress. Dans les unités régionales de la rivière Pic à la pointe Chimney et de la pointe Chimney au cap Chaillon, entre 25 et 75 %

des affluents sont reliés au littoral en raison de la présence de barrières (p. ex. barrages). Toutes les autres unités régionales conservent une connectivité élevée des affluents et, pour deux d'entre elles, 100 % des affluents en aval d'une chute d'eau restent connectés au littoral.

De nombreuses unités régionales comptent des chutes d'eau qui déconnectent naturellement du littoral une grande partie de la longueur totale des affluents (tableau 2). Les affluents en amont d'une chute sont considérés comme naturellement déconnectés du littoral et ne sont pas inclus dans le calcul de la connectivité globale des affluents, car il est peu probable que la barrière (chute d'eau) soit un jour retirée.

Tableau 2 : Résumé de la connectivité des affluents dans chaque unité régionale; les affluents en amont d'une chute d'eau (naturellement déconnectés) ne sont pas inclus dans le calcul de la connectivité globale des affluents.

Unité régionale	Longueur totale des affluents	Longueur des affluents en amont d'une chute d'eau (naturellement déconnectés)	Longueur des affluents en amont d'un barrage (déconnecté)	Longueur des affluents en aval d'une chute d'eau ou d'un barrage (connectés)
De la rivière Pigeon au Sleeping Giant	13 849 km	11 313 km	208 km	2 328 km
Baie Black	3 919 km	473 km	2 805 km	641 km
Baie Nipigon	25 042 km	22 198 km	337 km	2 507 km
Du Sleeping Giant à la pointe Schreiber	1 001 km	Aucune chute d'eau	44 km	957 km
De la pointe Schreiber à la rivière Pic	5 353 km	2 658 km	0 km	2 695 km
De la rivière Pic à la pointe Chimney	16 478 km	8 836 km	2 415 km	5 227 km
De la pointe Chimney au cap Chaillon	13 379 km	4 312 km	6 651 km	2 416 km

Du cap Chaillon à la baie Sawpit	7 072 km	6 382 km	0 km	690 km
De la baie Sawpit à Sault Ste. Marie	6 809 km	4 774 km	389 km	1 646 km

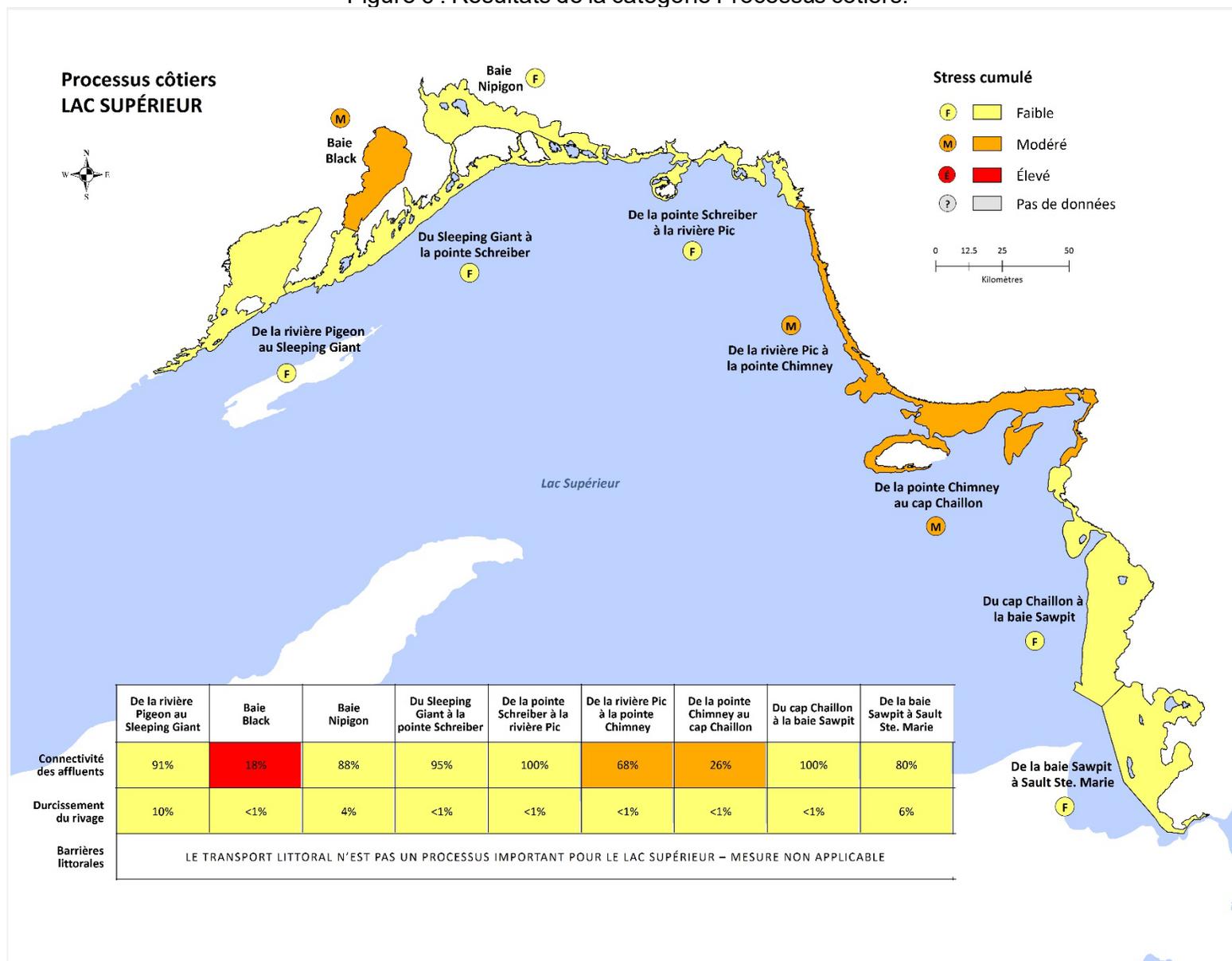
La rivière Nipigon est l'affluent le plus important du lac Supérieur (unité régionale de la baie Nipigon), mais la majeure partie de la rivière ainsi que des milliers de kilomètres de ses affluents se trouvent en amont d'une chute d'eau et donc naturellement déconnectés du littoral. Il y a trois barrages hydroélectriques sur la rivière Nipigon. Cependant, le calcul de la connectivité des affluents considère la première barrière comme étant l'obstacle à la connectivité et, dans le cas de la rivière Nipigon, il s'agit d'une chute d'eau.

La rivière Michipicoten a été aménagée pour la production d'énergie hydroélectrique, avec de nombreux barrages installés sur sa longueur. La centrale de Scott Falls est la plus en aval de ces barrières et entrave la connectivité de plus de 6 000 km d'affluents (environ 76 %).

Les entraves à la connectivité des affluents peuvent avoir des effets nuisibles sur la santé des écosystèmes aquatiques en limitant l'accès des poissons aux habitats de fraie et d'alevinage et en entravant les flux de nutriments et les processus riverains et littoraux. Le degré d'impact d'un barrage est variable. Par exemple, dans les zones où un plan de gestion de l'eau est en vigueur, des débits et des niveaux d'eau idéaux peuvent être définis pour favoriser les habitats de fraie, d'alevinage et de croissance des poissons. La présente évaluation ne tient pas compte de la gravité de l'impact.

Bien que les traversées routières n'ont pas été prises en compte dans cette évaluation, plusieurs initiatives régionales ont été entreprises pour répertorier les ponceaux faisant office de barrières et en diminuer le nombre. Ces barrières pourraient être examinées dans les évaluations futures. En outre, certaines barrières permettent de contrôler les mouvements de la lamproie marine en bloquant l'accès aux zones de fraie, et leur suppression peut avoir un impact négatif plus important sur l'écosystème, ce qui n'a pas été pris en compte dans le calcul.

Figure 6 : Résultats de la catégorie Processus côtiers.



Contaminants dans l'eau et les sédiments

Les descriptions des mesures individuelles sont présentées ci-dessous, tandis qu'une représentation cartographique des résultats de la catégorie est disponible à la figure 7.

Qualité de l'eau

Stress faible	0 dépassement
Stress modéré	1 ou 2 dépassements
Stress élevé	> 2 dépassements

Seuils basés sur les lignes directrices provinciales et fédérales et sur le meilleur jugement professionnel disponible, en utilisant les données d'ECDC et du ministère de l'Environnement, de la Protection de la nature et des Parcs de l'Ontario.

La qualité de l'eau représente une source faible de stress dans l'ensemble du lac Supérieur. On a évalué les données de surveillance d'ECDC de 2016 et de 2019 afin de détecter tout dépassement des lignes directrices fédérales ou provinciales sur la qualité de l'eau publiées, et aucun contaminant n'a présenté une concentration supérieure à ces lignes directrices. Les unités régionales des baies Black et Nipigon ne disposent d'aucun site d'ECDC. L'unité régionale de la pointe Chimney au cap Chaillon compte des sites d'ECDC, mais aucune donnée pertinente pour les paramètres de qualité de l'eau n'a été enregistrée. Pour ces trois unités régionales, on a plutôt utilisé les données sur la qualité de l'eau du ministère de l'Environnement, de la Protection de la nature et des Parcs de l'Ontario (2011), et aucun contaminant ne présentait une concentration dépassant les lignes directrices dans ces trois unités.

Qualité des sédiments

Stress faible	<ul style="list-style-type: none">• BPC < concentration à effet nul• Pesticides organochlorés et hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) < concentration minimale avec effet• Métaux < concentration avec effet probable ou grave
Stress modéré	<ul style="list-style-type: none">• BPC > concentration à effet nul

	<ul style="list-style-type: none"> • Pesticides organochlorés et HAP > concentration minimale avec effet, mais < concentration avec effet grave • Métaux > concentration avec effet probable, mais < concentration avec effet grave
Stress élevé	<ul style="list-style-type: none"> • Tout contaminant > concentration avec effet grave

Seuils basés sur les lignes directrices provinciales et fédérales et sur le meilleur jugement professionnel disponible, en utilisant les données du ministère de l'Environnement, de la Protection de la nature et des Parcs de l'Ontario et celles sur la chimie des sédiments des zones littorales des Grands Lacs sur la chimie des sédiments.

Les contaminants dans les sédiments représentent une source faible de stress (tableau 2) pour l'ensemble du lac Supérieur, à l'exception de l'unité régionale de la rivière Pigeon au Sleeping Giant, où des concentrations de BPC supérieures à la concentration à effet nul ont été enregistrées. Les données d'échantillonnage les plus récentes pour le lac Supérieur datent de 2011, et bien qu'il existe des stations indicatrices dans toutes les unités régionales, seules quatre unités disposent de données sur les substances chimiques d'intérêt, notamment les métaux, les BPC, les pesticides organochlorés et les HAP. Chacune de ces unités régionales présente des concentrations de métaux supérieures aux concentrations minimales avec effet provinciales, mais ces niveaux sont généralement représentatifs des conditions ambiantes et ne soulèvent pas de préoccupations.

Tableau 3 : Nombre de contaminants dépassant les lignes directrices fédérales ou provinciales, dans chaque unité régionale et pour chaque catégorie de contaminants. En règle générale, concentration minimale avec effet (CMAE) < concentration avec effet probable (CEP) < concentration avec effet grave (CEG), donc si un contaminant dépasse la concentration avec effet probable, il dépasse également la concentration minimale avec effet, et s'il dépasse la concentration avec effet grave, il dépasse la concentration minimale avec effet et la concentration avec effet probable. Les concentrations à effet nul ne sont utilisées que pour les BPC.

Unité régionale	Métaux			BPC	Pesticides organochlorés			HAP		
	CMAE	CEP	CEG	CEN	CMAE	CEP	CEG	CMAE	CEP	CEG
De la rivière Pigeon au Sleeping Giant	8			1						
Baie Black	4									
Baie Nipigon	6									

Du Sleeping Giant à la pointe Schreiber	Aucune donnée récente									
De la pointe Schreiber à la rivière Pic	3									
De la rivière Pic à la pointe Chimney	Aucune donnée récente									
De la pointe Chimney au cap Chaillon	Aucune donnée récente									
Du cap Chaillon à la baie Sawpit	Aucune donnée récente									
De la baie Sawpit à Sault Ste. Marie	Aucune donnée récente									

Communauté benthique

Stress faible	La communauté benthique est fonctionnelle et très diversifiée (67 ^e rang centile)
Stress modéré	La communauté benthique est dans un état dégradé, mais fonctionnel (entre le 33 ^e et le 67 ^e rang centile)
Stress élevé	La communauté benthique est dans un état gravement dégradé et non fonctionnel (33 ^e rang centile)

Seuils basés sur une analyse statistique utilisant les données du ministère de l'Environnement, de la Protection de la nature et des Parcs de l'Ontario (2011).

La composition de la communauté d'invertébrés benthiques peut varier considérablement en raison des conditions de l'habitat naturel et des facteurs de stress anthropiques. Cependant, la communauté benthique peut être un bon indicateur de la santé générale d'un écosystème et sert à mesurer l'exposition aux contaminants (provenant des sédiments et de l'eau) dans cette évaluation. La qualité de la communauté benthique est variable dans l'ensemble du lac Supérieur (tableau 3).

Dans les unités régionales des baies Black et Nipigon et dans celle de la pointe Chimney au cap Chaillon, les notes relatives aux communautés benthiques indiquent un stress élevé, car l'état relatif des communautés d'invertébrés benthiques était jugé médiocre. Dans l'unité régionale de la pointe Chimney au cap Chaillon, la richesse et l'abondance totales, faibles, sont différentes de celles au gradient ouest-est en termes de qualité globale de la communauté. La station du ministère de l'Environnement, de la Protection de la nature et des Parcs de l'Ontario se trouve en eau profonde (entre 65 et 80 m), ce qui peut avoir une incidence sur la communauté benthique par un appauvrissement naturel.

La qualité de la communauté benthique des unités régionales de la rivière Pigeon au Sleeping Giant, du Sleeping Giant à la pointe Schreiber, et de la pointe Schreiber à la rivière Pic a été jugée relativement modérée. En règle générale, cela signifie que le benthos total, la richesse taxonomique et l'équitabilité des communautés benthiques invertébrées à ces sites sont plus faibles.

Les sites des unités régionales de la rivière Pic à la pointe Chimney, du cap Chaillon à la baie Sawpit, et de la baie Sawpit à Sault Ste. Marie se classaient dans le centile supérieur de la plage de qualité pour tous les sites. Dans ces unités régionales, la communauté benthique est de grande qualité et représente un niveau faible de stress.

Pour plus de détails sur l'analyse statistique utilisée pour évaluer la communauté benthique, veuillez consulter l'annexe A.

Limites des données relatives au benthos : Les données granulométriques du ministère de l'Environnement, de la Protection de la nature et des Parcs de l'Ontario, les données du modèle d'habitat du système d'information géographique de l'habitat (Wang et coll., 2015) et les données relatives aux facteurs de stress (Allan et coll., 2013) sont disponibles en ce qui concerne le lac Supérieur. Inclure ces données dans les analyses dépassait le cadre de l'évaluation de 2020, bien que prendre en compte les données relatives à l'habitat et aux

facteurs de stress pour les stations permettrait une évaluation plus complète à l'avenir. Les analyses des données d'ECCC relatives à l'habitat et au benthos ont montré des relations entre les descripteurs des communautés benthiques et les attributs de l'habitat, comme la profondeur, la granulométrie et la teneur en nutriments des sédiments.

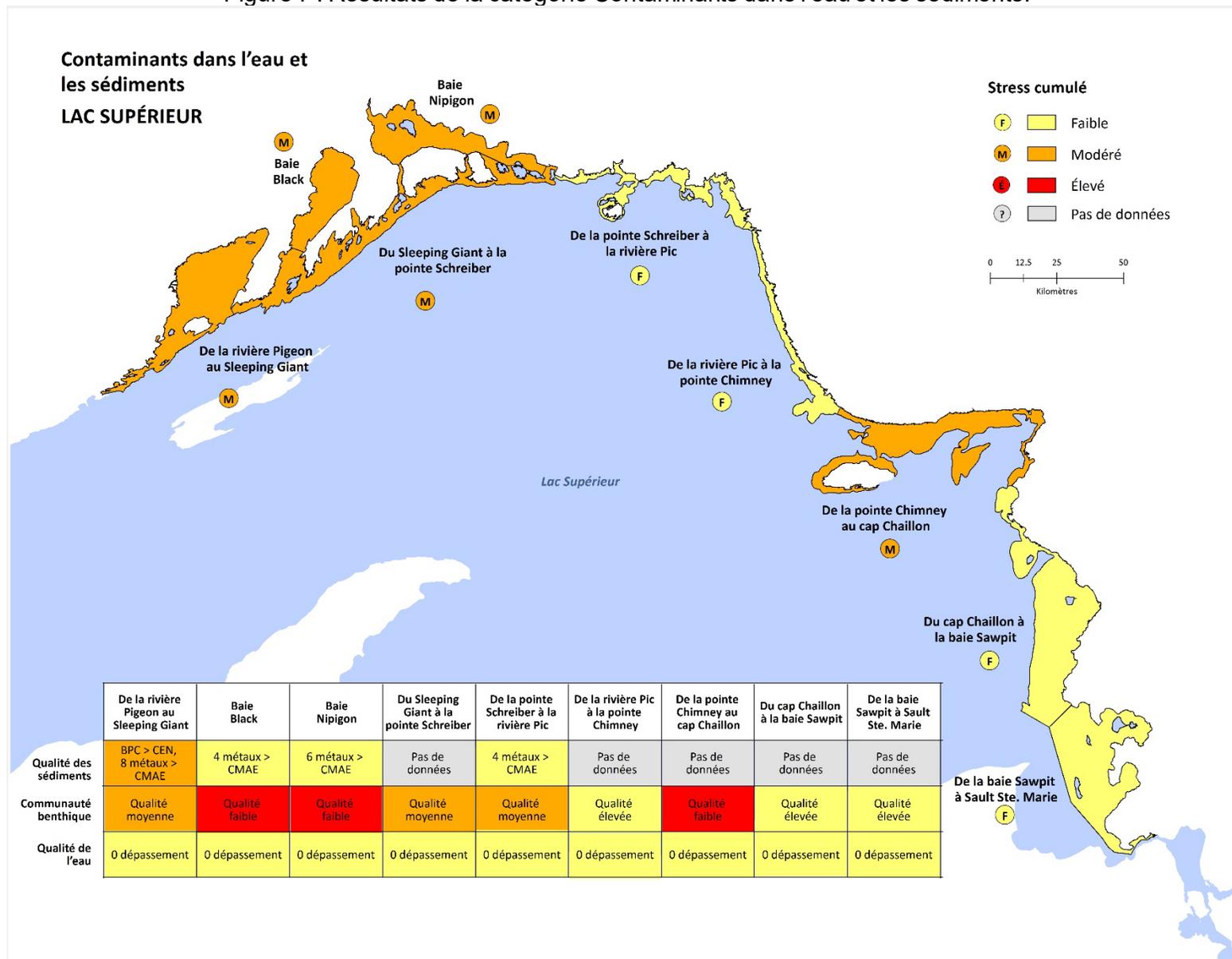
Les données les plus récentes d'ECCC sur le benthos (2011 et 2013) n'ont pas été jugées pertinentes en raison de lacunes dans la couverture et les sites de référence.

Tableau 4 : Qualité de la communauté benthique des unités régionales pour les stations du ministère de l'Environnement, de la Protection de la nature et des Parcs de l'Ontario, en utilisant les données de 2011. En règle générale, un stress faible correspond à un benthos total, à une richesse taxonomique et à une équitabilité plus élevés.

Unité régionale	Qualité de la communauté benthique		
	N ^{bre} de sites	Niveau de stress	Commentaires
De la rivière Pigeon au Sleeping Giant	4	Modéré	En moyenne, abondance totale, richesse et équitabilité faibles; présence de secteurs préoccupants
Baie Black	1	Élevé	Abondance totale, richesse et équitabilité faibles; modérément élevée en <i>Diporeia</i> et faible en autres taxons
Baie Nipigon	2	Élevé	Abondance totale et richesse faibles; équitabilité modérée; présence de secteurs préoccupants
Du Sleeping Giant à la pointe Schreiber	1	Modéré	Abondance totale et richesse élevées; élevée en <i>Diporeia</i> et <i>Pisidium</i>
De la pointe Schreiber à la rivière Pic	3	Modéré	En moyenne, abondance totale, richesse et équitabilité modérées; présence de deux secteurs préoccupants
De la rivière Pic à la pointe Chimney	1	Faible	Abondance totale et richesse élevées

De la pointe Chimney au cap Chaillon	1	Élevé	Abondance totale et richesse faibles; station en eau profonde; peut-être naturellement appauvri
Du cap Chaillon à la baie Sawpit	1	Faible	Abondance totale, richesse et équitabilité élevées
De la baie Sawpit à Sault Ste. Marie	2	Faible	Abondance totale faible; richesse et équitabilité élevées

Figure 7 : Résultats de la catégorie Contaminants dans l'eau et les sédiments.



Algues nuisibles et nocives

Les descriptions des mesures individuelles sont présentées ci-dessous, tandis qu'une représentation cartographique des résultats de la catégorie est disponible à la figure 8.

Cyanobactéries

Stress faible	Aucune prolifération de cyanobactéries dépassant 2 % de l'unité régionale détectée sur une période d'essai de 7 jours.
Stress modéré	Sans objet
Stress élevé	La prolifération de cyanobactéries dépasse 2 % de l'unité régionale sur une période d'essai de 7 jours.

Seuils basés sur les lignes directrices relatives aux cyanobactéries de l'Organisation mondiale de la santé, en utilisant des images composites satellitaires provenant du département de prévision des proliférations d'algues nocives de la NOAA (2019).

L'imagerie satellite montrant l'étendue de la prolifération de cyanobactéries dans le lac Supérieur représentait des intervalles de 7 jours, enregistrés entre juin et octobre 2019. Comme aucune prolifération n'a été détectée au cours de ces intervalles, les cyanobactéries représentent une faible source de stress et ne constituent pas un problème pour la santé des humains et des écosystèmes dans les unités régionales du lac Supérieur.

Bien qu'aucune prolifération de cyanobactéries n'a été détectée sur la rive nord, du côté canadien, certaines ont été détectées dans plusieurs baies de la rive sud du lac Supérieur, près de Duluth. Ces proliférations sont associées à des pluies extrêmes et se sont produites pendant les pics de température estivaux. On craint donc que le problème ne soit amplifié par les changements climatiques et ne devienne plus important. Le lac Supérieur se compose principalement de picocyanobactéries, moins susceptibles de produire des toxines. Des enquêtes sur la toxicité des proliférations de ces bactéries sont en cours.

Cladophora

Stress faible	< 20 % de couverture
Stress modéré	De 20 à 35 % de couverture
Stress élevé	> 35 % de couverture

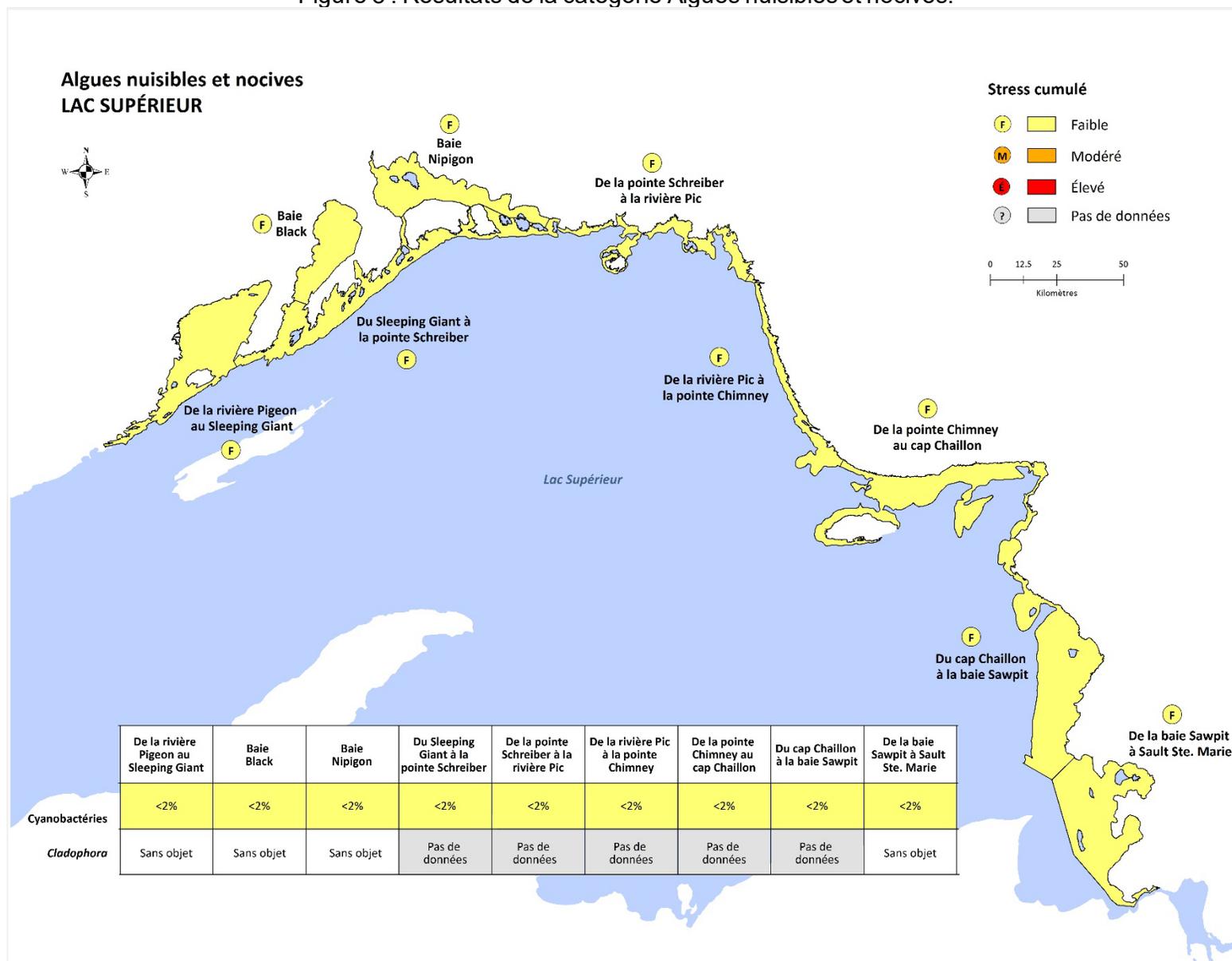
Seuils basés sur le meilleur jugement professionnel disponible, en utilisant la cartographie par satellite de la végétation aquatique submergée de 2016-2018 du Michigan Tech Research Institute (MTRI).

La *Cladophora* est une algue verte filamenteuse, qui pousse sur des substrats durs dans l'ensemble des Grands Lacs. Bien que non toxique, elle représente une nuisance susceptible de menacer la santé humaine. En plus d'obstruer les prises d'eau et de dégrader l'habitat du poisson, les tapis nauséabonds de *Cladophora* en décomposition sur les plages favorisent la croissance des bactéries et constituent un facteur dans la décision d'afficher des mises en garde sur les plages.

Bien qu'une grande partie de la zone littorale constitue un habitat propice à la croissance de *Cladophora* (substrat dur dans des zones visuellement peu profondes), cela a peu de risque de constituer un facteur de stress dans le lac Supérieur en l'absence d'une source importante de phosphore. Et, actuellement, aucune source importante de phosphore n'a été décelée.

La cartographie par satellite du MTRI n'est actuellement pas en mesure d'attribuer une classification à l'ensemble du lac Supérieur, et il n'existe aucun site de surveillance de *Cladophora* dans le lac. Par conséquent, cette mesure n'est pas applicable, faute de données.

Figure 8 : Résultats de la catégorie Algues nuisibles et nocives.



Usage humain

Les descriptions des mesures individuelles sont présentées ci-dessous, tandis qu'une représentation cartographique des résultats de la catégorie est disponible à la figure 10.

Consommation de poisson

Stress faible	Moyenne \geq 8 repas par mois
Stress modéré	Moyenne de 1 à 7 repas par mois
Stress élevé	Moyenne $<$ 1 repas par mois

Seuils élaborés en consultation avec le ministère de l'Environnement, de la Protection de la nature et des Parcs de l'Ontario, en utilisant les avis relatifs à la consommation du Guide de consommation du poisson de l'Ontario; nombre mensuel moyen de repas basés sur les avis relatifs à la consommation de touladi, de grand corégone et de perchaude.

Les poissons des Grands Lacs constituent une source de nourriture diversifiée et accessible. Néanmoins, ils peuvent également représenter une source de contaminants et un risque pour la santé humaine si les avis relatifs à la consommation ne sont pas pris en compte. La province de l'Ontario fournit des avis relatifs à la consommation basés sur la taille du poisson, l'espèce, l'emplacement et le contaminant (p. ex. le mercure et les BPC). Dans tout le bassin du lac Supérieur, de nombreuses espèces de poissons sont surveillées à la recherche de différents contaminants. Les espèces de poissons des eaux littorales du lac les plus ciblées par la pêche commerciale et récréative sont le touladi, la perchaude et le grand corégone. Le Guide de consommation du poisson de l'Ontario⁶ présente des avis relatifs à la consommation pour des tailles de poissons particulières. Les classes de taille des poissons capturés et conservés pour la consommation les plus représentatives ont été utilisées pour déterminer la consommation de poisson : de 40 à 70 cm pour le touladi, de 20 à 30 cm pour la perchaude et de 40 à 60 cm pour le grand corégone. Pour cette évaluation, on a utilisé les avis destinés aux populations sensibles (enfants de moins de 15 ans et femmes en âge de procréer).

Dans l'ensemble du lac Supérieur, les avis relatifs à la consommation de poisson représentent une source modérée de stress. L'unité régionale de la baie Black et celle de la pointe Schreiber à la rivière Pic ont enregistré le nombre mensuel moyen de repas le plus élevé (7). Ce nombre se situe toujours néanmoins dans la plage de stress modéré.

Les avis relatifs à la consommation varient selon les espèces, tout comme les contaminants préoccupants (voir le tableau 5). Les avis relatifs à la consommation de poisson sont dus aux concentrations de mercure dans la perchaude et aux concentrations de BPC, de dioxines, de furanes et de toxaphène dans le grand corégone et le touladi.

⁶ Ministère de l'Environnement, de la Protection de la nature et des Parcs de l'Ontario. *Guide de consommation du poisson de l'Ontario*. <https://data.ontario.ca/fr/dataset/guide-to-eating-ontario-fish-advisory-database>

Les BPC de type dioxine et les furanes sont des sous-produits de processus industriels aux propriétés toxiques relâchés involontairement⁷. Le toxaphène est un pesticide qui était grandement utilisé dans les années 1970. Bien qu'il a été interdit au Canada et aux États-Unis, il persiste de manière extrême dans l'environnement aquatique. Les niveaux ont toutefois diminué, mais il est toujours présent dans le lac Supérieur, probablement en raison de la capacité d'absorption du pesticide de l'eau froide du lac⁸.

Pour plus de renseignements sur les avis relatifs à la consommation pour les espèces évaluées dans le cadre de la directive sur la consommation de poisson, et pour d'autres espèces de poisson présentes dans les Grands Lacs, veuillez consulter le Guide de consommation du poisson de l'Ontario (<https://data.ontario.ca/fr/dataset/guide-to-eating-ontario-fish-advisory-database>)

Tableau 5 : Avis de consommation moyenne de poisson (en repas par mois, population sensible) pour les espèces de chaque unité régionale et le contaminant préoccupant associé.

Unité régionale	Grand corégone		Perchaude		Touladi		Nbre moyen de repas/mois
	40 à 60 cm	Contaminants préoccupants	20 à 30 cm	Contaminants préoccupants	40 à 70 cm	Contaminants préoccupants	
De la rivière Pigeon au Sleeping Giant	3	BPC de type dioxine, BPC	0	Mercure	2	Toxaphène, BPC, BPC de type dioxine	1
Baie Black*	5	BPC de type dioxine, dioxines/furanes	6	Mercure	9	Mercure (40 à 45 cm), BPC de type dioxine (> 50 cm)*	7
Baie Nipigon	3	BPC, dioxines/furanes	8	Mercure	4	BPC, BPC de type dioxine	5
Du Sleeping Giant à la pointe Schreiber	2	BPC de type dioxine	-	S.O.	0	BPC, BPC de type dioxine	1
De la pointe Schreiber à la rivière Pic	9	Toxaphène, BPC, BPC de type dioxine	-	S.O.	4	BPC, BPC de type dioxine	7
De la rivière Pic à la pointe Chimney	9	Toxaphène, BPC, BPC de type dioxine	-	S.O.	1	Toxaphène, BPC, BPC de type dioxine	5
De la pointe Chimney au cap Chaillon	8	BPC de type dioxine	-	S.O.	0	BPC, toxaphène	4
Du cap Chaillon à la baie Sawpit	10	Dioxines et furanes	4	Mercure	3	BPC, toxaphène	6
De la baie Sawpit à Sault Ste. Marie	6	Dioxines et furanes	8	Mercure	2	Toxaphène, BPC, BPC de type dioxine	5

*Seule unité régionale avec un contaminant préoccupant propre à une taille de poisson.

⁷ Ministère de l'Environnement, de la Protection de la nature et des Parcs de l'Ontario. Consommation du poisson de l'Ontario (2017-18) *Contaminants présents dans le poisson* [Consommation du poisson de l'Ontario \(2017-18\) | Ontario.ca](https://data.ontario.ca/fr/dataset/guide-to-eating-ontario-fish-advisory-database)

⁸ Turek, M.E. et coll. 2012. Risks and Benefits of Consumption of Great Lakes Fish. Environmental Health Perspectives, 120 (1): 11-18. Risks and Benefits of Consumption of Great Lakes Fish (nih.gov)

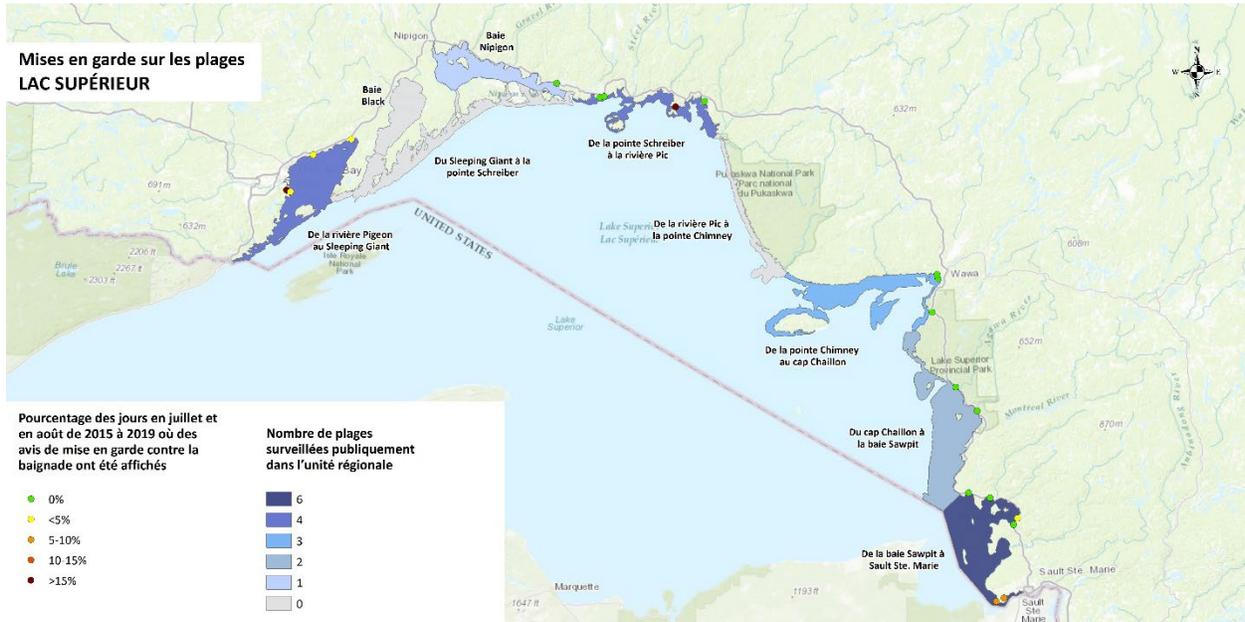
Mises en garde sur les plages

Stress faible	Affichages présents sur les plages durant 5 % ou moins de la période entre juillet et août 2015-2019
Stress modéré	Affichages présents sur les plages durant 5 à 20 % de la période entre juillet et août 2015-2019
Stress élevé	Affichages présents sur les plages durant plus de 20 % de la période entre juillet et août 2015-2019

Seuils basés sur le meilleur jugement professionnel disponible, en utilisant les données de Swim Drink Fish Canada et du Bureau de santé du district de Thunder Bay.

La présente évaluation comprend des renseignements sur 20 plages surveillées publiquement du littoral du lac Supérieur (figure 9). Les affichages sur les plages constituent une source de stress faible à modéré pour l'ensemble du lac. Sur les six unités régionales comprenant des plages surveillées publiquement, deux d'entre elles (de la rivière Pigeon au Sleeping Giant et de la pointe Schreiber à la rivière Pic) ont été jugées comme affichant un niveau de stress modéré. Ces deux unités régionales se situaient juste au-dessus du niveau de stress faible de 5 %, avec des affichages présents pendant 5,5 % et 7,8 % de la période entre juillet et août, respectivement. Les quatre autres unités subissaient toutes un stress faible, trois d'entre elles (baie Nipigon, de la pointe Chimney au cap Chaillon et du cap Chaillon à la baie Sawpit) n'ayant affiché aucune mise en garde en juillet et en août au cours de la période d'évaluation de cinq ans. Si l'on considère l'ensemble des plages du lac Supérieur, la qualité de l'eau est excellente, avec des affichages présents seulement pendant 3,8 % de la période en juillet et en août au cours de la période d'évaluation de cinq ans.

Figure 9 : Emplacements des plages surveillées publiquement et % des jours de juillet et d'août de 2015 à 2019 où des avis de mise en garde contre la baignade ont été affichés.



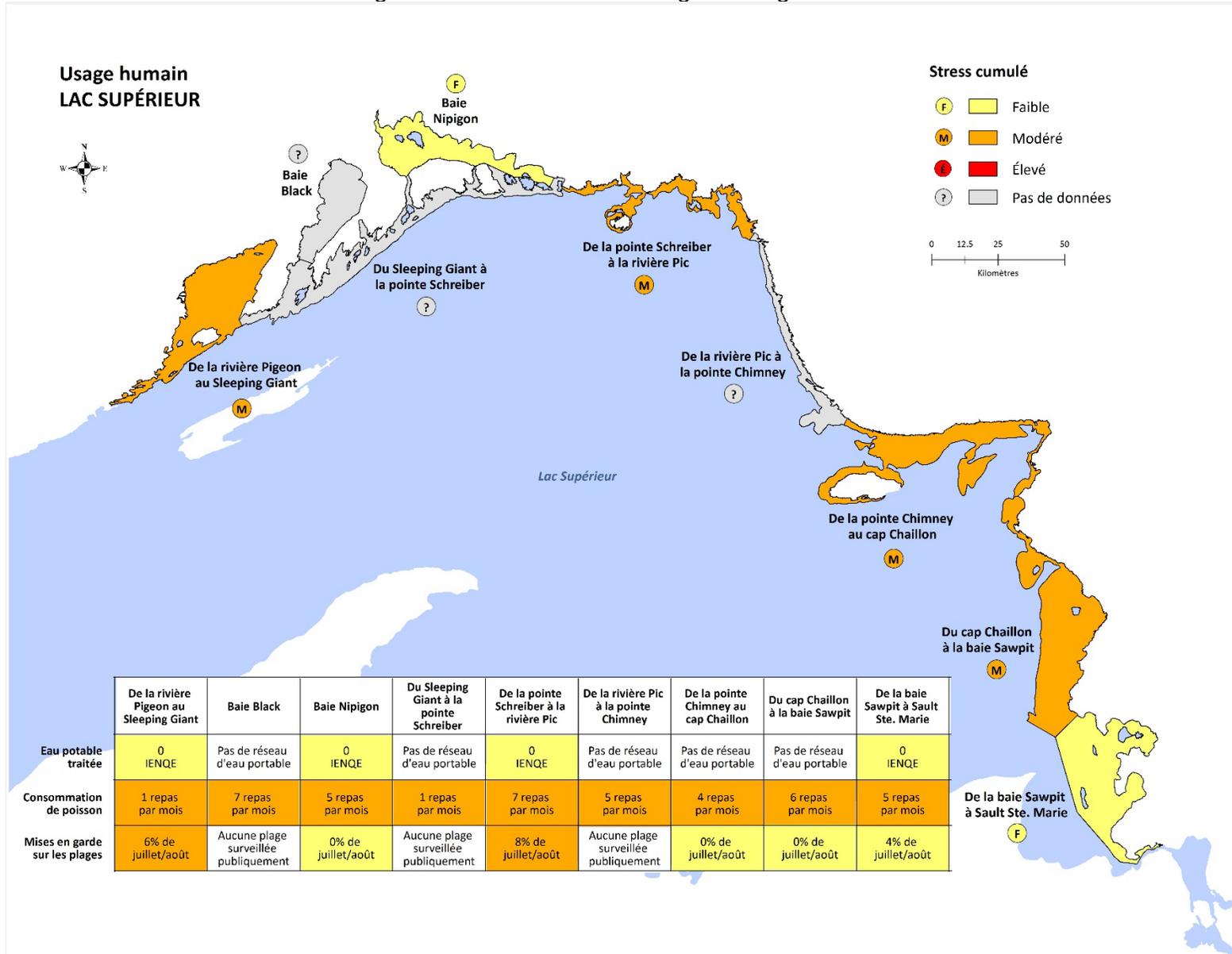
Qualité de l'eau potable traitée

Stress faible	Aucun incident indésirable relatif à la qualité de l'eau
Stress modéré	Non applicable : tout incident est considéré comme source de stress élevé
Niveau de stress élevé	1 ou plusieurs incidents indésirables relatifs à la qualité de l'eau

Seuils basés sur les Normes de qualité de l'eau potable de l'Ontario.

Aucune installation de traitement de l'eau des unités régionales du lac Supérieur n'a connu d'incidents indésirables relatifs à la qualité de l'eau entre 2015 et 2019. Il n'existe aucune installation de traitement de l'eau dans les unités régionales suivantes : baie Black, de Sleeping Giant à la pointe Schreiber, de la rivière Pic à la pointe Chimney, de la pointe Chimney au cap Chaillon et du Cap Chaillon à la baie Sawpit.

Figure 10 : Résultats de la catégorie Usage humain.



Lacunes dans les données et limites de la science relative au littoral

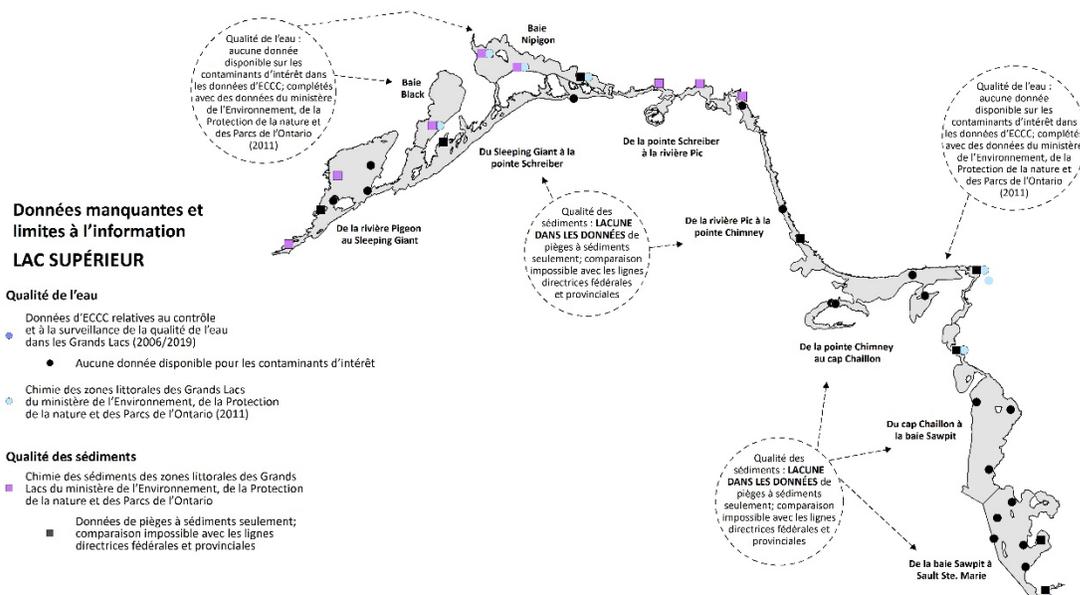
Les données utilisées dans l'évaluation ont été obtenues de différents partenaires dans le cadre de programmes de surveillance existants, elles sont donc de types, de formats et de résolutions variés. Des données issues de programmes de surveillance à long terme ont été utilisées lorsque de telles données étaient disponibles. Divers relevés et programmes de surveillance ont été examinés, et les facteurs déterminants dans le choix des données comprenaient la résolution spatiale et temporelle, la quantité de traitement nécessaire (p. ex. expertise technique, exigences logicielles) et la disponibilité des données. On a déployé des efforts considérables pour repérer des ensembles de données de haute qualité. Dans la mesure du possible, on a utilisé des données de télédétection, car cette technologie offre une haute résolution temporelle.

La première évaluation cumulative des eaux littorales du lac Supérieur a fait ressortir un certain nombre de lacunes dans les données scientifiques et les renseignements sur la qualité des eaux littorales, les contaminants et la santé écologique. On a également observé des lacunes dans la couverture temporelle et spatiale des programmes de surveillance, ainsi qu'un manque de données rigoureuses sur les interactions des facteurs de stress. La figure 11 présente les unités régionales pour lesquelles il existe un manque de données et la ou les mesures connexes qui n'ont pu être évaluées. On pourrait mieux évaluer la santé des zones littorales :

- en augmentant la résolution spatiale et temporelle de la surveillance des zones littorales;
- en faisant progresser la technologie de télédétection en ce qui concerne les données sur la santé de l'écosystème;
- en apportant un soutien constant aux programmes de surveillance à long terme existants;
- en mettant en commun en temps opportun les données de surveillance par le biais de plateformes de données ouvertes.

Au-delà des limites qui ont rendu impossible l'évaluation du stress cumulatif dans les catégories pour lesquelles les données étaient insuffisantes, les enseignements tirés de cette évaluation ont aussi fait ressortir certaines limites dans la surveillance des zones littorales et les données relatives à ces zones. Ces limites sont décrites brièvement ci-dessous.

Figure 11 : Aperçu des données manquantes et des limites à l'information dans le lac Supérieur.



Processus littoraux

L'inventaire des barrages de l'eau de l'Ontario du ministère des Richesses naturelles et des Forêts de l'Ontario et la base de données FishWerks ont été utilisés pour évaluer les obstacles à la connectivité des affluents. Aucune de ces bases de données n'est régulièrement mise à jour pour tenir compte de la construction de nouveaux barrages ou de la remise en état des barrages existants, ce qui pourrait rendre difficile le suivi des changements au fil du temps en ce qui concerne la mesure de la connectivité des affluents.

Contaminants dans l'eau et les sédiments

L'évaluation globale des eaux littorales reposait sur les données recueillies dans le cadre de divers programmes d'échantillonnage à partir de bateaux. Ce type de surveillance est généralement limité dans l'espace et dans le temps, en raison de la taille des Grands Lacs et des conditions météorologiques qui entravent les processus d'échantillonnage. Les grands navires de recherche, généralement utilisés dans le cadre de ce programme, ne sont pas toujours en mesure d'accéder aux eaux littorales, en raison de la faible profondeur de celles-ci. Accroître le nombre de sites de surveillance permettrait de mieux évaluer la qualité de l'eau et des sédiments ainsi que celle des communautés benthiques, à l'échelle de l'unité régionale.

Les programmes de surveillance fédéraux et provinciaux sont conçus pour mesurer les contaminants dans tous les milieux (air, eau, sédiments, poissons, oiseaux et benthos), mais leur couverture temporelle et spatiale, leur finalité, ainsi que les paramètres mesurés sont

variés. En dépit de la diversité des programmes de surveillance, les données disponibles offrent certes une couverture à l'échelle panlacustre, mais elles demeurent limitées pour la mesure des contaminants dans l'eau et les sédiments à une échelle régionalement appropriée. En raison de l'échelle géographique des Grands Lacs, des brèves fenêtres météorologiques pour l'échantillonnage et du coût élevé des analyses de laboratoire, en particulier dans le cas de contaminants organochlorés (p. ex. dioxines et furanes), on dispose de données très limitées pour mesurer la santé globale des zones littorales sur le plan des contaminants. Bon nombre des contaminants récents et émergents, comme les substances perfluoroalkylées et polyfluoroalkylées (PFAS), dont il existe près de 5 000 types (US FDA, 2020), ne sont pas suffisamment bien compris pour qu'il soit possible de fixer des seuils sécuritaires ou de mettre au point des méthodes d'analyse. Les concentrations sont par ailleurs parfois trop faibles pour être décelées par le matériel de laboratoire existant.

Un échantillonnage accru aux stations de surveillance à long terme existantes améliorerait les résultats pour toutes les mesures relatives aux contaminants. Non seulement un plus grand nombre de sites pourrait servir à l'évaluation en étendant la couverture spatiale, mais on pourrait inclure les zones de sédimentation dans le choix des sites et obtenir ainsi des données plus fiables et plus représentatives des conditions ambiantes. Par ailleurs, le choix de sites supplémentaires d'échantillonnage de la communauté benthique, l'augmentation de la couverture temporelle et spatiale et l'utilisation des renseignements sur l'habitat sont des composantes essentielles pour améliorer le degré de confiance dans l'évaluation globale des eaux littorales.

Algues nuisibles et nocives

Il n'existe aucune donnée permettant d'évaluer la couverture de *Cladophora* dans le lac Supérieur. La cartographie par satellite du MTRI n'est actuellement pas en mesure d'attribuer une classification à l'ensemble du lac Supérieur, et il n'existe aucun site de surveillance de *Cladophora* dans le lac. Par conséquent, cette mesure n'est pas applicable, faute de données. Bien qu'il est peu probable que *Cladophora* soit un facteur de stress dans le lac Supérieur en l'absence d'une source importante de phosphore, être en mesure de repérer les changements dans la prolifération de telles algues nuisibles permettrait d'améliorer l'efficacité de l'évaluation.

Usage humain

La qualité des eaux récréatives n'est pas évaluée régulièrement dans toutes les zones accessibles pour la baignade. Accroître le nombre d'emplacements surveillés permettrait de mieux évaluer la qualité de l'eau des plages à l'échelle de l'unité régionale. Le nombre de jours d'échantillonnage par saison varie selon les bureaux de santé, certains bureaux procèdent à un échantillonnage quotidien, d'autres le font toutes les deux semaines. Dans certains cas, des affichages indiquant que la baignade est dangereuse resteront en place jusqu'au prochain échantillonnage, même si les mauvaises conditions n'ont pas persisté pendant toute la période entre les échantillonnages. Accroître la fréquence des échantillonnages permettrait de déterminer avec plus de précision le nombre de jours où l'eau est impropre à la baignade, puisque la durée des affichages serait plus représentative des conditions réelles. Il est possible d'utiliser des outils de modélisation pour prédire la qualité de l'eau des plages à une échelle

spatiale et temporelle plus élevée, afin de mieux comprendre où et quand les conditions du littoral conviennent à la baignade.

Prochaines étapes

L'évaluation globale des eaux littorales du lac Supérieur sera répétée afin de surveiller les changements survenus au fil du temps. Les zones qui présentent une grande valeur écologique et d'autres facteurs liés à l'habitat seront intégrés afin de réaliser une évaluation véritablement exhaustive. Les résultats seront incorporés dans le Plan d'action et d'aménagement panlacustre (PAAP) du lac Supérieur de 2020-2024 et fournis aux collectivités et aux intervenants souhaitant collaborer à l'établissement des priorités de gestion pour protéger les zones à grande valeur écologique qui sont ou pourraient être soumises à un stress. Les signataires du Partenariat du lac Supérieur et l'Accord Canada-Ontario peuvent promouvoir les possibilités de collaboration en vertu du Cadre de gestion des eaux littorales.

Les lacunes recensées dans les données, telles que la nécessité d'accroître la résolution spatiale et temporelle de la surveillance des zones littorales et de soutenir les progrès en télédétection, seront prises en compte dans l'établissement des priorités de la Cooperative Science and Monitoring Initiative pour chaque lac (une composante du processus de gestion panlacustre). On continue à faire progresser le Cadre de gestion des eaux littorales aux fins de l'évaluation cumulative des eaux littorales de chacun des Grands Lacs canadiens, à mesure que les PAAP sont élaborés.

En 2022, l'Évaluation globale de l'état des eaux littorales canadiennes, notamment les résultats obtenus pour les lacs Supérieur, Huron, Érié et Ontario, constituera la première évaluation cumulative des eaux littorales de la portion canadienne des Grands Lacs.

Annexe A

Évaluation des communautés d'invertébrés benthiques du lac Supérieur pour l'évaluation du Cadre de gestion des eaux littorales

Lee Grapentine, chercheur scientifique, DRHEBH, DSTE

7 novembre 2020

Introduction

Dans le cadre de l'élaboration du Cadre de gestion des eaux littorales des Grands Lacs, une évaluation des organismes vivants dans les sédiments (communautés d'invertébrés benthiques = « benthos ») a été réalisée pour le lac Supérieur. La méthodologie était semblable

à celle utilisée pour les évaluations des invertébrés benthiques précédemment réalisées dans les lacs Érié et Ontario. Les données de surveillance existantes d'Environnement et Changement Climatique Canada (ECCC) et du ministère de l'Environnement, de la Protection de la nature et des Parcs de l'Ontario ont été obtenues pour les stations situées dans les zones considérées comme unités régionales. Les données ont été évaluées selon leur capacité à évaluer les conditions du benthos dans les unités régionales. Les données jugées convenables ont ensuite été utilisées pour décrire les caractéristiques de base des communautés pour chaque station et pour chaque unité régionale. Les unités régionales ont ensuite été notées en fonction de la qualité relative de leur communauté.

Données relatives aux conditions benthiques disponibles

ECCC

La surveillance d'ECCC comprend la collecte de 165 échantillons provenant de 97 stations dans les unités régionales du lac Supérieur au cours des années 2006 à 2013. Les emplacements des stations et les fréquences d'échantillonnage ont été conçus pour évaluer les conditions benthiques dans quatre secteurs préoccupants. Sur les 97 stations, 27 ont été désignées comme stations de référence lorsqu'elles ont été échantillonnées pour la première fois au début des années 1990. En plus d'informations sur les densités d'invertébrés benthiques, les 165 échantillons présentent des données sur plus de 60 variables d'habitat.

Les stations de référence et celles des secteurs préoccupants n'étant pas réparties de manière aléatoire dans les unités régionales, la couverture de ces dernières n'est pas équilibrée. Par exemple, deux unités régionales ne disposent d'aucune station de référence, et quatre autres unités n'ont aucune station de secteur préoccupant. Les écarts de couverture sont encore plus grands pour les deux dernières années d'échantillonnage (2011, 2013). **De ce fait, les données relatives au benthos d'ECCC n'ont pas été jugées appropriées pour évaluer le benthos dans les unités régionales du lac Supérieur.**

Ministère de l'Environnement, de la Protection de la nature et des Parcs de l'Ontario

Le ministère a effectué une surveillance du benthos dans 16 stations des unités régionales du lac Supérieur. Toutes les unités régionales disposent d'au moins une station, le nombre de stations par unité régionale variant de un à quatre. Des échantillons ont été prélevés en 1991, en 1992, en 1999, en 2005 et en 2011. Seules les données de 2011 ont été utilisées pour procéder à l'évaluation du benthos. En 2011, les 16 stations ont été échantillonnées et manipulées selon les méthodes normalisées du ministère de l'Environnement, de la Protection de la nature et des Parcs de l'Ontario. Parmi ces méthodes, on peut citer :

- la collecte de cinq échantillons répétés de benthos par station au moyen d'une benne Ponar (sauf la station 1320, pour laquelle un seul échantillon a été prélevé en 2011);
- filtrer les échantillons à travers un tamis à maille de 0,600 mm et conserver les matières retenues sur le tamis à des fins d'analyse;
- recenser les invertébrés au niveau le plus bas possible.

Les unités de données relatives au benthos sont exprimées en nombre/m². Les données granulométriques du ministère de l'Environnement, de la Protection de la nature et des Parcs de l'Ontario, les données du modèle d'habitat du système d'information géographique de

l'habitat (Wang et coll., 2015) et les données relatives aux facteurs de stress (Allan et coll., 2013) sont disponibles en ce qui concerne le lac Supérieur. Inclure ces données dans les analyses dépassait le cadre de l'évaluation de 2020, bien que prendre en compte les données relatives à l'habitat et aux facteurs de stress pour les stations permettrait une évaluation plus complète à l'avenir. Les analyses des données d'ECCC relatives à l'habitat et au benthos ont montré des relations entre les descripteurs des communautés benthiques et les attributs de l'habitat, comme la profondeur, la granulométrie et la teneur en nutriments des sédiments.

Méthodes d'évaluation

En préparation des analyses, on a établi une moyenne des données des échantillons répliqués de chaque station. Les nombres de taxons ont ensuite été additionnés au niveau du genre. Il s'agit d'additionner les nombres de toutes les espèces du même genre, ce qui améliore la comparabilité de cet ensemble de données avec d'autres. L'ensemble de données obtenu comportait des nombres (densités) pour 80 taxons et 16 stations.

Évaluer les conditions, ou la « santé », des communautés benthiques nécessite de définir ce que sont des conditions dégradées et non dégradées. Ce n'est pas une tâche simple. Contrairement aux mesures physiques et chimiques de la qualité de l'environnement, pour lesquelles il existe souvent des repères ou des seuils associés à divers niveaux de qualité (p. ex. bon, moyen, médiocre), il existe relativement peu d'indicateurs et de repères globalement acceptés et associés à des niveaux définis de dégradation en ce qui concerne les communautés benthiques. De nombreux indices ont été mis au point et en application, mais ceux-ci sont souvent propres aux zones d'étude et doivent être réétalonnés en vue d'une utilisation dans une zone différente. Par conséquent, les évaluations du benthos reposent généralement sur la comparaison du benthos entre les sites d'essai et ceux de référence. Ainsi, plutôt que d'avoir une valeur particulière pour indiquer une dégradation de la communauté, la dégradation est exprimée grâce à une différence statistique par rapport aux conditions de référence (dans la direction associée aux effets négatifs). Malheureusement, comme pour les lacs Érié et Ontario, les données mises à disposition par le ministère de l'Environnement, de la Protection de la nature et des Parcs de l'Ontario pour les unités régionales ne se prêtent pas bien aux comparaisons avec les stations de référence.

Les échantillons d'invertébrés benthiques ont donc été quantifiés par trois descripteurs de communauté couramment utilisés :

- le **benthos total** (le nombre total d'individus dans l'échantillon);
- la **richesse taxonomique** (le nombre de taxons dans l'échantillon);
- l'**équité** (mesure de la répartition des individus parmi les taxons).

Si les deux premiers descripteurs sont simples à mesurer, il existe plusieurs formules pour l'équité. Ici, on procède au calcul de l'indice d'équité de Pielou : $E = H'/\ln(\text{richesse})$, où H' représente l'indice de diversité de Shannon ($H' = -\sum p_i \ln p_i$, où p_i est la fréquence relative du taxon i dans l'échantillon). Le résultat E va de 0 à 1. C'est une mesure de la diversité ajustée en fonction du nombre de taxons.

Chacun de ces descripteurs forme la base de la comparaison des communautés benthiques entre les stations et les unités régionales. En règle générale, des valeurs élevées pour ces descripteurs indiquent une meilleure condition ou santé de la communauté. Toutefois, une abondance totale élevée accompagnée d'une faible richesse ou d'une faible équitabilité indique une surdominance d'un ou plusieurs taxons, ce qui peut être un signe de dégradation.

Afin de convertir les trois descripteurs du benthos en un indicateur unique de l'état de la communauté, une analyse en composantes principales (ACP) a été réalisée sur une matrice de corrélation calculée à partir du benthos total, de la richesse taxonomique et de l'équitabilité. Afin de diminuer l'influence éventuelle du nombre inégal de stations par unité régionale, les moyennes des unités régionales ont été calculées pour les descripteurs avant de procéder à l'ACP.

Sur la base des deux premiers axes de l'ACP, un gradient de qualité s'alignant sur une augmentation du benthos total, de la richesse taxonomique et de l'équitabilité a été attribué à la ligne -1:1 en passant par l'origine. Les scores des neuf unités régionales ont été projetés perpendiculairement sur la ligne de gradient de qualité. Les positions sur la ligne ont été regroupées en trois niveaux de qualité de trois unités régionales, correspondant à des conditions de benthos mauvaises, moyennes et bonnes.

Tableau A-1 : Qualité de la communauté benthique des unités régionales pour les stations du ministère de l'Environnement, de la Protection de la nature et des Parcs de l'Ontario, en utilisant les données de 2011. En règle générale, une qualité élevée de la communauté implique un benthos total, une richesse taxonomique et une équitabilité plus élevés. L'unité régionale entre la pointe Chimney et le cap Chaillon présente l'avant-dernière note en matière de richesse et l'une des plus faibles en matière d'abondance totale, ce qui s'écarte fortement du gradient de qualité ouest-est (l'unité de la rivière Pigeon au Sleeping Giant étant à l'ouest). La station se trouve en eau profonde (environ 65 à 80 m), ce qui a une incidence sur la communauté benthique, peut-être en raison d'un appauvrissement naturel.

Unité régionale	Qualité de la communauté benthique		
	N ^{bre} de sites	Indice de qualité	Commentaires
De la rivière Pigeon au Sleeping Giant	4	Modérée	en moyenne, abondance totale, richesse et équitabilité faibles; présence de secteurs préoccupants
Baie Black	1	Faible	abondance totale, richesse et équitabilité faibles; modérément élevée en <i>Diporeia</i> et faible en autres taxons

Baie Nipigon	2	Faible	abondance totale et richesse faibles; équitabilité modérée; présence de secteurs préoccupants
Du Sleeping Giant à la pointe Schreiber	1	Modérée	abondance totale et richesse élevées; élevée en <i>Diporeia</i> et en <i>Pisidium</i>
De la pointe Schreiber à la rivière Pic	3	Modérée	en moyenne, abondance totale, richesse et équitabilité modérées; présence de deux secteurs préoccupants
De la rivière Pic à la pointe Chimney	1	Élevée	abondance totale et richesse élevées
De la pointe Chimney au cap Chaillon	1	Faible	abondance totale et richesse faibles; station en eau profonde; appauvrissement naturel possible
Du cap Chaillon à la baie Sawpit	1	Élevée	abondance totale, richesse et équitabilité élevées
De la baie Sawpit à Sault Ste. Marie	2	Élevée	abondance totale faible; richesse et équitabilité élevées