



Évaluation du  
**LITTORAL CANADIEN  
DU LAC HURON**

**2021** RAPPORT  
DE RÉSULTATS

N<sup>o</sup> de cat. : En164-71/5-2021F-2-PDF  
ISBN : 978-0-660-39159-5  
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<sup>e</sup> 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](mailto: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 of Contents

<b>Introduction</b> .....	4
<b>Délimitations des unités régionales</b> .....	5
<b>Évaluation des zones littorales canadiennes du lac Huron de 2021</b> .....	16
<b>Processus littoraux</b> .....	19
<b>Contaminants dans l'eau et les sédiments</b> .....	25
<b>Algues nuisibles et nocives</b> .....	33
<b>Lacunes dans les données et limites de la recherche scientifique sur les eaux littorales</b> .....	43
<b>Prochaines étapes</b> .....	48
<b>Annexe A</b> .....	49

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 Huron 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 eaux des Grands Lacs, avec leurs 16 000 kilomètres de rives, de cours d'eau interlacustres et de bassins versants, constituent le plus grand écosystème d'eau douce au monde 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 aient porté des fruits, la qualité de l'eau et la santé des écosystèmes dans de nombreuses zones littorales continuent de se dégrader. À de nombreux endroits dans les 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 humaines dans le paysage ont une influence plus directe sur la qualité des eaux littorales que sur la qualité des eaux extracôticières<sup>1</sup>. La qualité des eaux littorales pourrait servir d'indicateur de la condition à long terme de la qualité des eaux extracôticières et de la condition panlacustre<sup>2</sup>. La gestion des eaux littorales comporte 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 échelles temporelles quotidiennes, saisonnières et annuelles. Les zones littorales des Grands Lacs sont en outre particulièrement vulnérables aux répercussions 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 par l'activité humaine sur les écosystèmes limite encore davantage leur capacité d'adaptation et de rétablissement.

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 qui nécessitent 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 versants et les eaux libres des Grands Lacs.

## Cadre de gestion des eaux littorales

Dans le cadre de la version révisée de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs (AQEGL) de 2012, le Canada met en œuvre un « cadre de gestion des eaux littorales » qui prévoit une évaluation globale de l'état des eaux littorales des Grands Lacs. Ce cadre est une approche systématique, intégrée et collective permettant d'évaluer la santé des zones littorales des Grands Lacs ainsi que 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

---

<sup>1</sup> 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.

<sup>2</sup> 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.



niveaux afin de restaurer et de protéger la santé écologique des zones littorales des Grands Lacs.

L'objectif du cadre de gestion des eaux littorales 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 littorales et en maintenir les avantages 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 qui sont une source de stress ou constituent une menace pour les zones qui présentent une 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 des eaux littorales appuiera la prise de mesures dans les zones littorales soumises à des facteurs de stress et permettra de mieux protéger les zones littorales de grande qualité en communiquant les résultats, en établissant les 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.

Ce rapport présente une synthèse des résultats de l'évaluation des eaux littorales du lac Huron réalisée en 2021. Pour voir la méthode détaillée de l'évaluation globale des eaux littorales, y compris la description des catégories et des mesures d'évaluation et des sources de données, se reporter au document intitulé Évaluation du littoral Canadien des Grands Lacs.

Le cadre de gestion des eaux littorales vise les eaux littorales et les échantures le long des rives de la partie canadienne des Grands Lacs, les cours d'eau 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 des eaux littorales 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 des rives, là où les eaux subissent directement l'influence des bassins versants, tout en reconnaissant que cette zone subit aussi des influences extracôtières.

## Délimitations des unités régionales

La première étape de l'évaluation des eaux littorales consistait à découper le littoral en unités régionales en se fondant sur les 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 extracôtières, terrestres et latérales des unités pertinentes sur le plan écologique.

Les eaux littorales de la partie canadienne du lac Huron sont uniques en ce sens qu'elles comptent trois masses d'eau en interaction : la rivière Ste-Marie et le chenal du Nord, la baie Georgienne et le bassin principal. Le chenal du Nord s'étend de la rivière Ste-Marie à la baie Georgienne et est abrité du bassin principal par l'île Manitoulin. L'est de la baie Georgienne est

un immense archipel en eau douce le long d'un littoral complexe caractérisé par des échantures et un certain nombre de milieux humides. Bien que chacune de ces zones soit caractérisée par des éléments physiographiques uniques, elles représentent collectivement le lac Huron.

## Limites extracôtières

Après un examen de la documentation pertinente et des méthodes de surveillance des eaux littorales, on a établi que les eaux littorales ont une profondeur maximale de 30 mètres. Avec une profondeur moyenne (mesurée au niveau de référence des basses eaux) d'environ 59 mètres, le lac Huron se classe au deuxième rang parmi les Grands Lacs sur le plan de la faible profondeur (figure 1) et, bien que la bathymétrie des eaux littorales varie dans le chenal du Nord, la baie Georgienne et le bassin principal, on a retenu une profondeur de 30 mètres comme limite extracôtière. En raison du profil de profondeur unique du lac Huron, la courbe de profondeur de 30 mètres est plutôt loin au large dans certains secteurs. Entre autres exemples, l'unité régionale de Killarney a un « bras » qui s'étend sur près de 50 kilomètres au large le long du Grand Banc jusqu'à l'île Lonely, et dans l'unité régionale de la rivière des Français au bras Parry, la limite extracôtière est un peu irrégulière autour des îles Limestone. Dans certaines unités régionales (p. ex. l'île Manitoulin Nord, l'île Manitoulin Sud, Killarney, le bras Parry et l'île aux Chrétiens), on trouve des poches d'eau plus profonde à l'intérieur de la limite extracôtière de 30 mètres en raison de crêtes et de vallées au fond du lac.

L'ensemble de données raster sur la bathymétrie panlacustre du Great Lakes Aquatic Habitat Framework (GLAHF<sup>3</sup>) a été converti en courbes de niveau de 5 mètres, et la courbe de 30 mètres a été utilisée pour créer une limite extracôtière ininterrompue.

## Limites terrestres

Étant donné que l'évaluation porte essentiellement sur les eaux littorales du lac Huron, la limite terrestre a été définie à partir de la ligne des hautes eaux. Les niveaux moyens mensuels maximaux historiques des lacs du réseau coordonné de jauges de Pêches et d'Océans Canada pour le lac Michigan-Huron ont été examinés et<sup>4</sup>, on a déterminé que la moyenne mensuelle maximale était de 1,5 mètre au-dessus du zéro hydrographique.

Sur le lac Huron, le zéro hydrographique est de 176 m, ce qui donne une moyenne mensuelle maximale de 177,5 m (176 [zéro hydrographique] + 1,5 [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. Pour extraire la courbe de niveau de 177,5 m, on a obtenu des modèles numériques d'élévation auprès du Ministère du Développement du Nord, des Mines, des Richesses naturelles et des Forêts de l'Ontario (NDMNRF)<sup>5</sup> afin d'établir la limite terrestre des unités régionales.

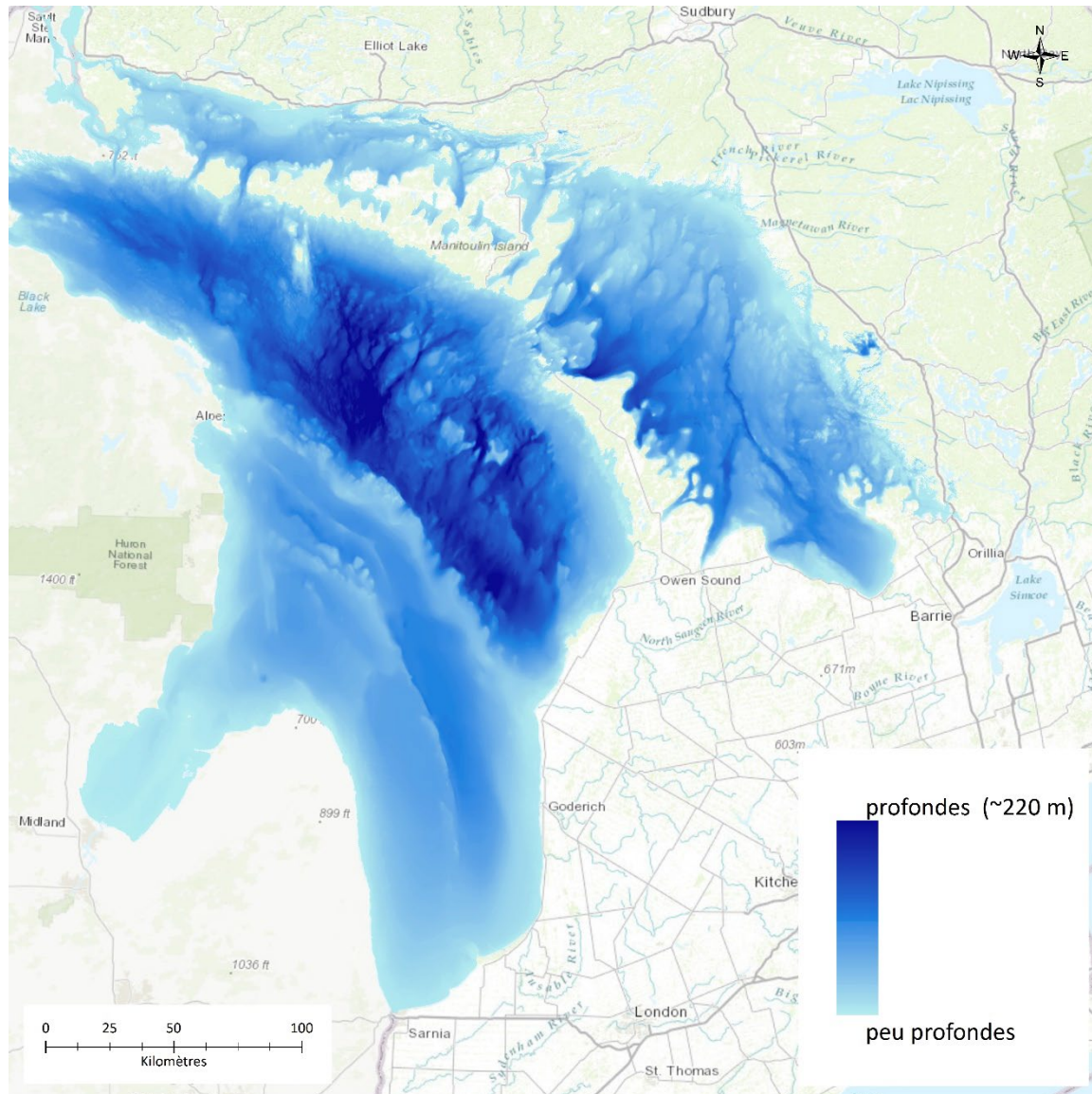
---

<sup>3</sup> Great Lakes Aquatic Habitat Framework (GLAHF) – Geomorphology – Lake Bottom: <https://www.glahf.org/data/>

<sup>4</sup> Pêches et d'Océans Canada. *Niveaux de l'eau moyens mensuels historiques* (de 1918 à 2020) [http://www.tides.gc.ca/C&A/network\\_means-fra.html](http://www.tides.gc.ca/C&A/network_means-fra.html)

<sup>5</sup> Ministère du Développement du Nord, des Mines, des Richesses naturelles et des Forêts de l'Ontario (NDMNRF). *Ontario Digital Elevation Model (Imagery-Derived)*. <https://geohub.lio.gov.on.ca/datasets/mnrf:ontario-digital-elevation-model-imagery-derived>

Figure 1. Données bathymétriques du lac Huron (tirées du Great Lakes Aquatic Habitat Framework); la courbe de niveau de 30 m a été utilisée pour déterminer les limites extracôtières des unités régionales.



## Limites latérales

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

Une grande partie du littoral du lac Huron est dominée par un substrat grossier et dur (figure 2). Les hauts-fonds et les bassins et chenaux profonds sont associés à l'activité d'affouillement glaciaire. Des rivages rocheux associés au bouclier précambrien s'étendent entre les rives nord et est de la baie Georgienne et le chenal du Nord. Le calcaire domine sur les rivages de l'île Manitoulin – la plus grande île en eau douce au monde – et sur la rive nord de la péninsule Bruce. Dans le sud, les dépôts glaciaires des zones littorales créent des dunes de plages de sable fin et blanc, dont certaines des plus longues plages en eau douce du monde – Wasaga et Sauble. L'orientation et la morphologie du littoral peuvent avoir une incidence sur la présence (ou l'absence) de caractéristiques littorales. Entre autres exemples, de nombreuses baies se trouvant dans le littoral du chenal du Nord et de la baie Georgienne sont protégées du bassin principal par des affleurements rocheux. Les 30 000 îles de la baie Georgienne créent des rivages complexes avec des eaux chaudes peu profondes qui abritent des milieux humides littoraux abondants et vierges.

L'énergie des vagues a également une grande incidence sur les rives. À l'échelle panlacustre, les gradients dans l'énergie des vagues peuvent avoir une incidence sur les régimes 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/émergente, car l'exposition à une forte énergie peut se traduire par une absence de végétation aquatique. L'énergie des vagues peut aussi avoir une incidence sur les caractéristiques des sédiments le long des rives, les milieux abrités comportant des sédiments fins, et les zones littorales ouvertes, un substrat fait de sable ou de matériaux plus grossiers. En raison de son incidence sur les processus littoraux, on a inclus l'énergie des vagues comme variable physique pour définir les limites le long du littoral. La densité annuelle moyenne de l'énergie des vagues a été calculée à la courbe de niveau de 5 mètres de profondeur autour du lac Huron, par incréments de 2 kilomètres (figure 3). Le régime initial des vagues a été généré au moyen d'une simulation rétrospective des vents et des vagues historiques, puis transformé à la profondeur de 5 mètres en tenant compte des contours du fond du lac et de la théorie linéaire de propagation des ondes. Les résultats obtenus ont révélé d'autres régimes associés à d'autres variables physiques.

De Cap Hurd à Goderich, l'énergie annuelle des vagues est élevée. Le littoral est exposé et la forte énergie des vagues transporte les sédiments vers le sud. L'énergie annuelle des vagues au sud-est de l'île Manitoulin est également élevée, passant d'une énergie modérée à une énergie élevée vers le parc marin Fathom Five. En général, la densité annuelle de l'énergie des vagues est plus faible dans les zones plus abritées du chenal du Nord et de la baie Georgienne.



Figure 2. Types de substrats dans le lac Huron (tiré du Great Lakes Aquatic Habitat Framework).

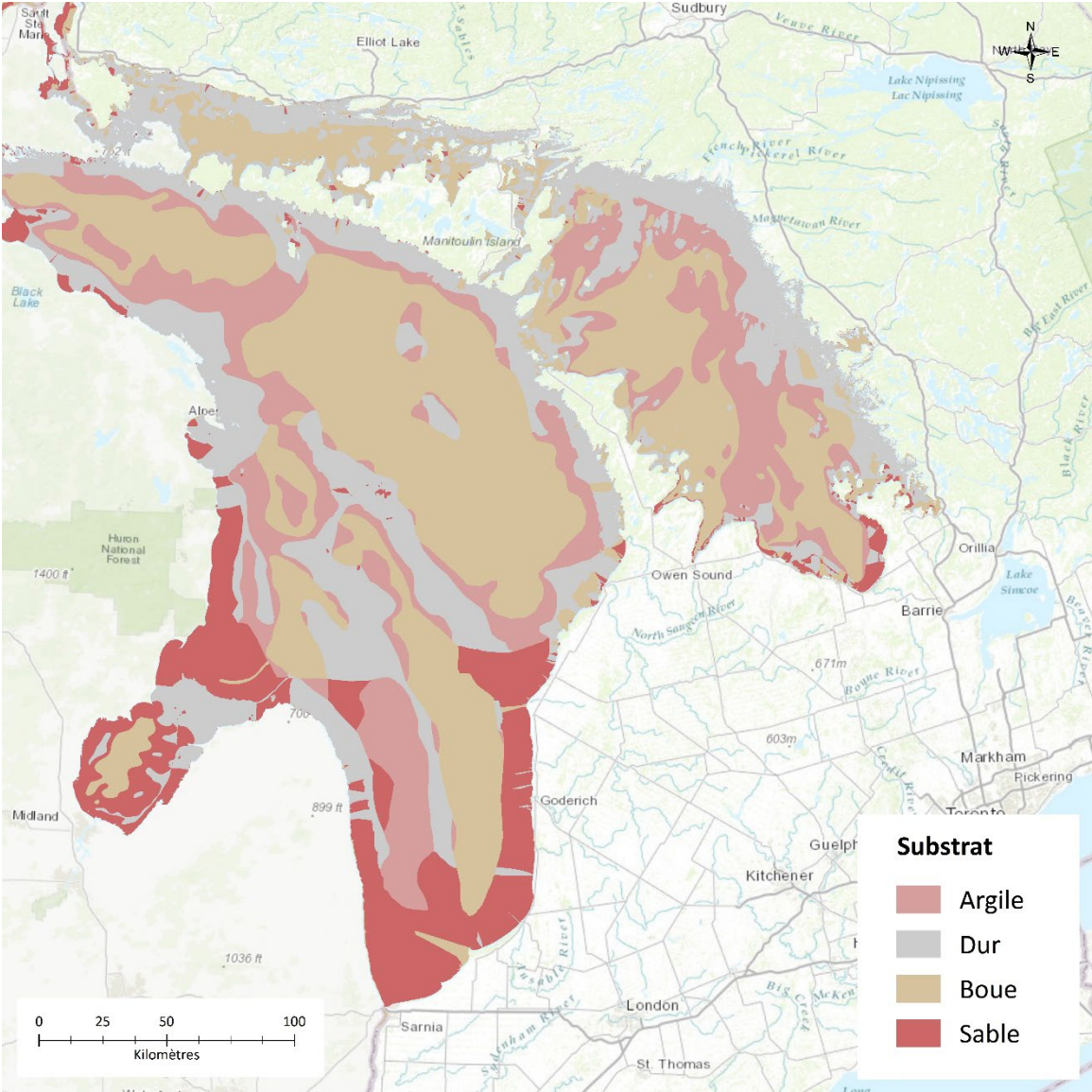
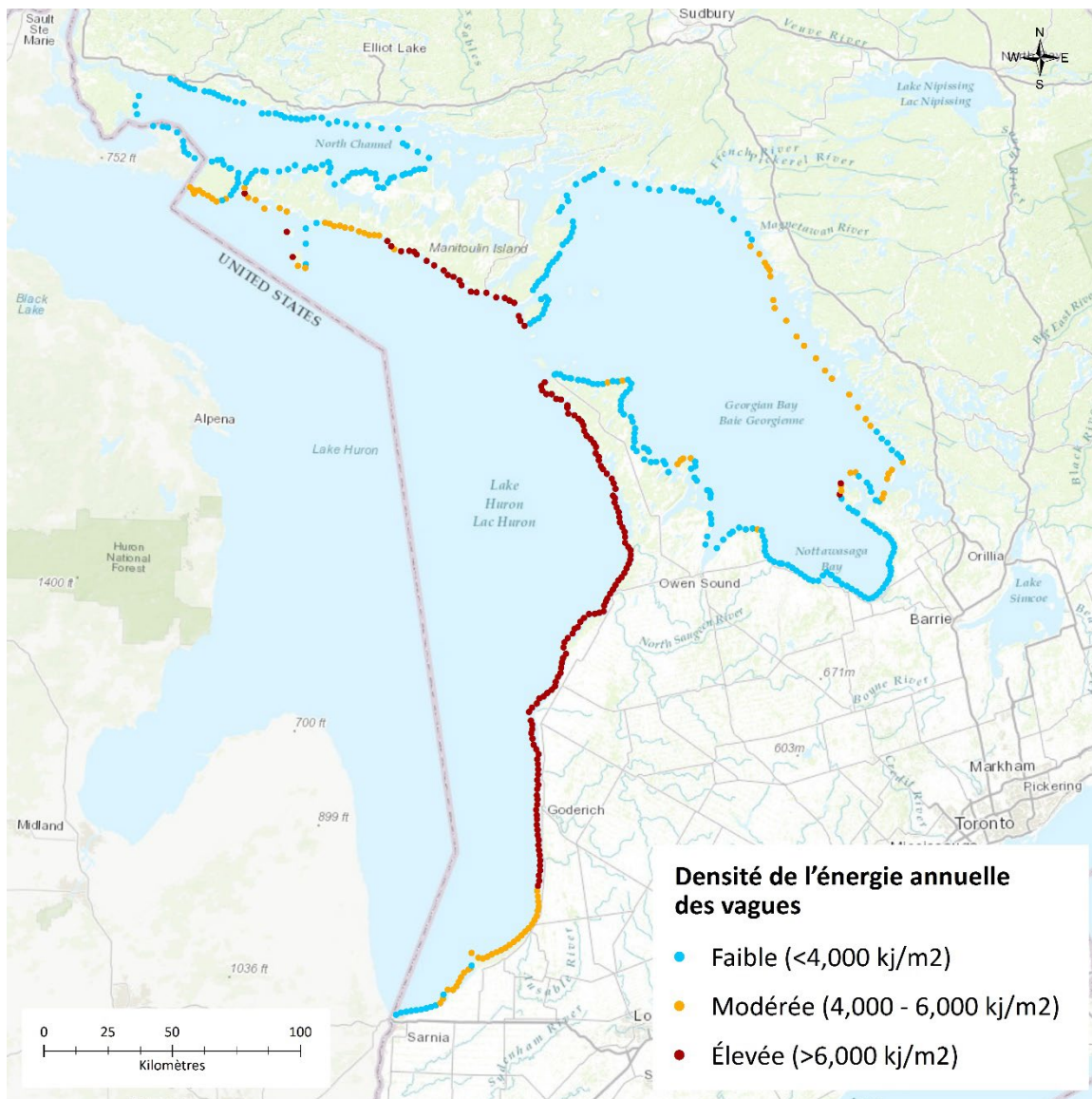


Figure 3. Résultats de l'analyse de la densité annuelle de l'énergie des vagues sur le lac Huron; à noter que la densité de l'énergie des vagues n'a pas été modélisée dans la rivière Ste-Marie ni dans les échantreures.



La superposition de ces variables à évolution lente a révélé plusieurs régimes uniques à partir desquels 23 unités régionales avec cinq classifications d'écosystèmes ont été établies (tableau 1 et figure 4).

Tableau 1. Vingt-trois unités régionales écologiquement pertinentes ont été délimitées à l'aide de variables à évolution lente.

Nom de l'unité régionale et type d'écosystèmes	Superficie	Substrat (GLAHF)	Énergie des vagues (Zuzek Inc.)	Description
<b>CHENAL INTERLACUSTRE</b>				
<b>RIVIÈRE STE-MARIE (LH01)</b>	14 050 ha	Boue	s.o. (non calculé dans le chenal interlacustre)	<p>La partie canadienne de la rivière Ste-Marie est principalement constituée de boue et de sable provenant de Sault Ste. Marie jusqu'à l'extrémité sud où le substrat se transforme en fond dur. Le côté ouest de l'île Saint-Joseph est caractérisé par un mélange de boue et de substrats durs.</p> <p>La rivière Ste-Marie comprend une section de rapides avec des installations et des chenaux pour la navigation, l'hydroélectricité et la régularisation de l'eau, et une section inférieure qui se trouve en grande partie à l'altitude du lac Huron. Le cours inférieur de la rivière a la morphologie d'un détroit complexe. On trouve des chenaux étroits, des lacs larges et étendus, quatre grandes îles et de nombreuses petites îles.</p>
<b>ÉCHANCRURE ABRITÉE</b>				
<b>BRAS SEVERN (LH10)</b>	26 972 ha	Substrat dur	s.o. (non calculé dans l'échancrure abritée)	Groupe de baies abritées de la baie Georgienne; fond grossier et dur au milieu du bras Severn avec de la boue, du limon et des milieux humides littoraux dans les baies abritées et des zones de sable dans le sud-est. Comprend le canal Musquash.
<b>LITTORAL À ÉNERGIE ÉLEVÉE</b>				
<b>FATHOM FIVE (LH18)</b>	20 083 ha	Substrat dur	Énergie élevée	Extrémité nord de l'escarpement du Niagara; unité régionale caractérisée par un substrat très grossier (dur); comprend le parc marin national du Canada Fathom Five, où les structures rocheuses constituées de roches sédimentaires ressemblent à des pots de fleurs.
<b>DU CAP HURD À LA POINTE CHIEFS (LH19)</b>	53 148 ha	Substrat dur	Énergie élevée	Zone littorale du lac Huron à l'énergie la plus élevée; le substrat dominant est un fond grossier et dur avec de petites poches de boue et de limon dans les zones plus abritées (p. ex. les baies Gauley et Myles et la pointe Chiefs).

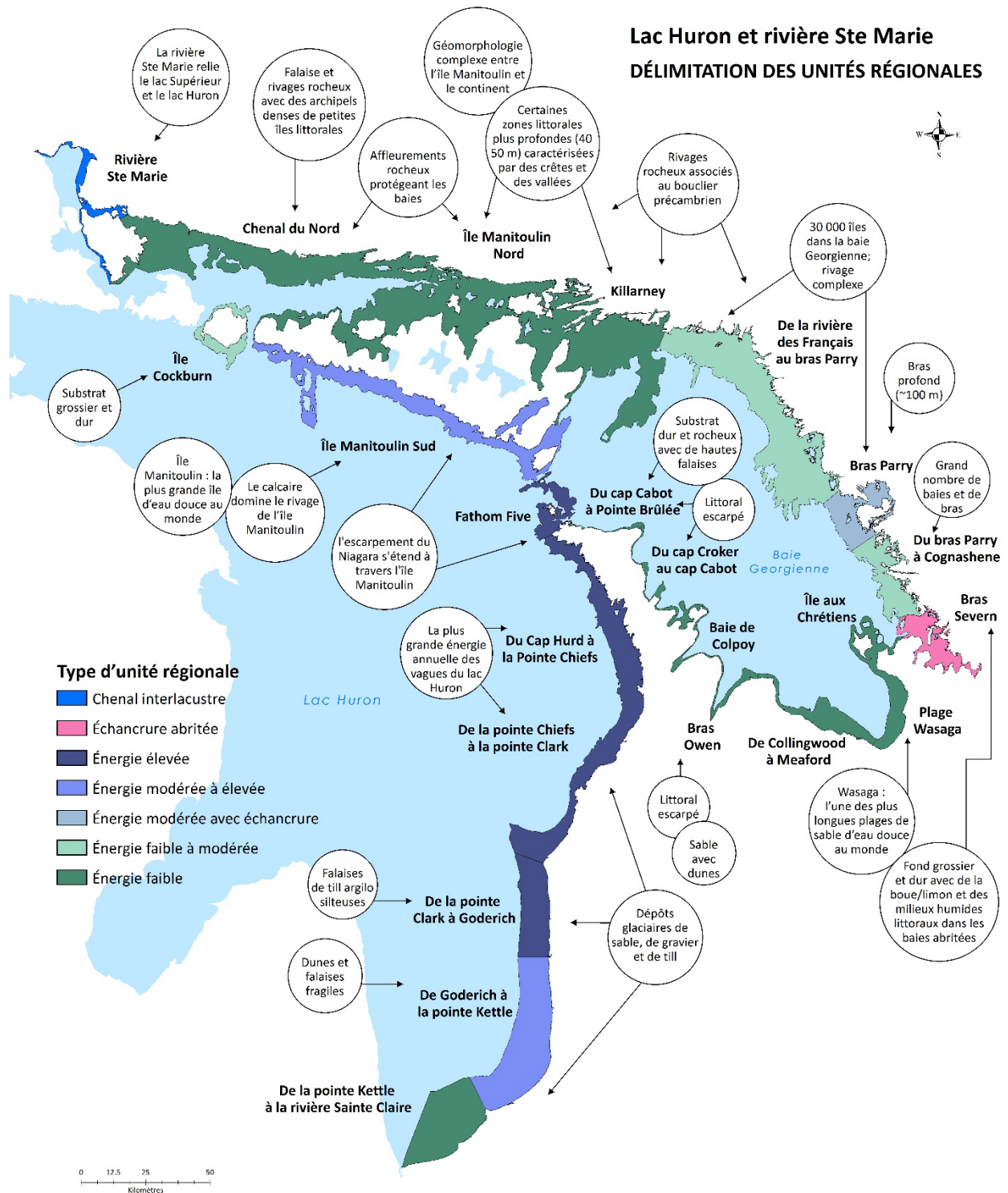
<b>DE LA POINTE CHIEFS À LA POINTE CLARK (LH20)</b>	56 573 ha	Boue, substrat dur	Énergie élevée	Zone littorale à énergie élevée; la boue et le substrat dur passent au sable près de la zone de conservation de l'île Stoney. Au nord, la plage Sauble est l'une des plus longues plages de sable en eau douce au monde, et d'autres plages de sable caractérisent la région; on trouve de grandes embouchures de rivières – la rivière Sauble.
<b>DE LA POINTE CLARK À GODERICH (LH21)</b>	42 784 ha	Sable	Énergie élevée	Sable grossier; le littoral est caractérisé par des falaises qui augmentent en hauteur vers Goderich; les falaises sont formées par un till argilo-silteux avec du sable et du gravier.
<b>LITTORAL À ÉNERGIE MODÉRÉE À ÉLEVÉE</b>				
<b>ÎLE MANITOULIN SUD (LH05)</b>	92 835 ha	Substrat dur	Énergie modérée à élevée	S'étend sur toute la partie sud de l'île Manitoulin – la plus grande île en eau douce au monde – et autour de l'île Great Duck. Principalement un substrat grossier et dur, mais on trouve des poches de boue, de limon et de till indifférencié ou de substrat rocheux dans la baie South. Littoral assez exposé avec une énergie modérée passant à une énergie annuelle élevée des vagues à l'est.
<b>DE GODERICH À LA POINTE KETTLE (LH22)</b>	90 992 ha	Sable	Énergie modérée à élevée	Énergie élevée dans l'extrémité nord de l'unité régionale passant à une énergie modérée vers la pointe Kettle; substrat de sable avec des falaises érodées.
<b>ÉNERGIE MODÉRÉE AVEC ÉCHANCRURE</b>				
<b>BRAS PARRY (LH08)</b>	31 956 ha	Substrat dur	Énergie modérée avec échancre	Énergie modérée près du littoral du sud de l'île Franklin au sud de l'île Parry, et boue dans l'échancre du bras Parry. Le bras Parry est protégé de la baie Georgienne et est beaucoup plus profond (profondeur maximale approximative de 105 m) que celle-ci. De nombreuses petites îles le long du littoral.
<b>LITTORAL À ÉNERGIE DE FAIBLE À MODÉRÉE</b>				
<b>ÎLE COCKBURN (LH04)</b>	14 285 ha	Substrat dur	Énergie faible à modérée	Séparé du point le plus à l'ouest de l'île Manitoulin par le détroit Mississagi; substrat très grossier et dur.
<b>DE LA RIVIÈRE DES FRANÇAIS AU BRAS PARRY (LH07)</b>	147 539 ha	Substrat dur	Énergie faible à modérée	Littoral dominé par un substrat dur; de nombreuses baies et bras avec des milieux humides littoraux; de nombreuses îles.
<b>DU BRAS PARRY À</b>	34 150 ha	Substrat dur	Énergie faible à modérée	Dominé par un substrat dur très grossier ainsi que des baies et des bras entrecoupés d'îles. Zone de boue et



<b>COGNASHENE (LH09)</b>				d'eaux plus profondes au large, avec des crêtes et des vallées littorales qui remontent vers des eaux moins profondes.
<b>LITTORAL À ÉNERGIE FAIBLE</b>				
<b>CHENAL DU NORD (LH02)</b>	131 364 ha	Substrat dur	Énergie faible	Unité régionale caractérisée par un substrat très grossier (calcaire), avec des poches de boue et de limon le long du littoral (en particulier aux embouchures des rivières); rivages et falaises rocheuses, archipels denses de petites îles littorales du bouclier précambrien; pentes/crêtes abruptes et vallées au niveau du chenal Whalesback; le delta de la rivière Spanish est une importante zone de dépôt avec des milieux humides littoraux.
<b>ÎLE MANITOULIN NORD (LH03)</b>	125 608 ha	Substrat dur, boue	Énergie faible	Comprend les baies et les anses du nord de l'île Manitoulin caractérisées par de la boue et du limon. Substrat dur et grossier qui domine le chenal entre l'île Manitoulin et le continent, avec une zone de crêtes/vallées profondes (~40-50 m) et un substrat de boue molle.
<b>KILLARNEY (LH06)</b>	141 101 ha	Substrat dur	Énergie faible	Unité régionale caractérisée par un substrat très grossier (dur) avec des plaques de boue et de limon; une zone de crêtes/vallées plus profondes (~40-50 m) et un substrat de boue molle s'étendent le long de la chaîne de montagnes La Cloche Sud/pointe Badgeley.  Zone littorale très étroite et abrupte le long du côté est de l'île Manitoulin. Comprend la baie Manitowaning et s'étend jusqu'à la baie McGregor.
<b>ÎLE AUX CHRÉTIENS (LH11)</b>	13 171 ha	Substrat dur	Énergie faible	Fond du lac caractérisé par des crêtes et des vallées; dominé par un substrat dur avec des poches de sable et une poche d'eaux plus profondes (~40 m) caractérisée par de la boue entre l'île aux Chrétiens, l'île Beckwith et le continent.
<b>PLAGE WASAGA (LH12)</b>	19 337 ha	Sable	Énergie faible	La plage Wasaga est l'une des plus longues plages en eau douce au monde; on trouve de nombreuses autres plages le long du littoral, toutes dominées par du sable.
<b>DE COLLINGWOOD À MEAFORD (LH13)</b>	24 729 ha	Substrat dur; sable	Énergie faible	Substrat caractérisé par un mélange de fond dur, de boue, de limon et de sable. Zones de sable avec des dunes. La pente du littoral devient plus raide à l'ouest de Meaford.

<b>BRAS OWEN (LH14)</b>	6 281 ha	Substrat dur	Énergie faible	Pente littorale abrupte au nord du bras Owen, avec des crêtes et des vallées; un substrat dur avec du gravier et des rochers à l'est et à l'ouest devient du sable/des dunes, de la boue et des limons dans le bras Owen.
<b>BAIE DE COLPOY (LH15)</b>	3 376 ha	Sable	Énergie faible	Comme le littoral est caractérisé par une forte pente et que l'eau devient profonde très près du rivage, l'unité régionale est étroite. On passe d'un fond de sable à un substrat dur à la pointe Kings.
<b>DU CAP CROKER AU CAP CABOT (LH16)</b>	9 761 ha	Substrat dur	Énergie faible	Littoral composé principalement de substrat dur, avec du sable dans la baie Sydney; rivages caractérisés par de hautes falaises et des pentes abruptes dans le littoral, avec des crêtes et des vallées. Des formations rocheuses sont exposées dans les falaises, avec un épandage fluvioglacière et des marmites érodées; on trouve au fond des monticules de débris rocheux envahis par la végétation.
<b>DU CAP CABOT À POINTE BRÛLÉE (LH17)</b>	1 696 ha	Substrat dur	Énergie faible	Les pentes raides donnent lieu à une unité régionale très étroite le long du littoral du parc national du Canada de la Péninsule-Bruce; substrat dur et rocheux avec des grottes calcaire.
<b>DE LA POINTE KETTLE À LA RIVIÈRE SAINTE-CLAIRE (LH23)</b>	63 274 ha	Sable	Énergie faible	Unité régionale caractérisée par un substrat sableux avec de la boue et du limon autour de la pointe Kettle.

Figure 4. Le littoral du lac Huron et de la rivière Ste-Marie a été délimité en 23 unités régionales.



# Évaluation des zones littorales canadiennes du lac Huron de 2021

En 2021, ECCC a entrepris l'évaluation globale de l'état des eaux littorales dans le lac Huron. Le présent rapport résume les résultats obtenus au chapitre du stress cumulatif dans 23 unités régionales.

L'évaluation repose sur onze mesures (voir l'encadré), réparties dans quatre catégories d'éléments probants, qui ont été 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 le poids de la preuve. Les notes des quatre catégories sont ensuite combinées en un stress global cumulé pour chaque unité régionale.

Une approche fondée sur le **poids de la preuve** a été utilisée pour élaborer un processus décisionnel structuré pour l'évaluation globale. Le poids de la preuve est un processus d'intégration systématique et transparente de multiples ensembles de données où un « poids » (+ ou ++) est attribué à chaque mesure d'évaluation sur la base d'une notation par catégorie de trois facteurs : la pertinence, la force et la fiabilité. Les catégories et les mesures utilisées sont les suivantes :

- Processus littoraux : Durcissement des rives (+), Barrières littorales (+), Connectivité des affluents (+)
- Contaminants dans l'eau et les sédiments : Qualité de l'eau (+), Qualité des sédiments (++), Communauté benthique (++)
- Algues nuisibles et nocives : *Cladophora* (+), Cyanobactéries (++)
- Utilisations humaines : Mises en garde relatives à la baignade (+), Consommation de poisson (+), Eau potable traitée (+)

Pour plus de détails sur la méthode d'évaluation, voir le document *Évaluation du littoral Canadien des Grands Lacs*.

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

Dans l'ensemble, les zones littorales du lac Huron sont soumises à un stress faible ou modéré. Une unité régionale – l'île Manitoulin Sud – est soumise à un stress très faible. Cela signifie que toutes les mesures et catégories reflètent un stress faible.

Aucune zone ne serait soumise à un stress élevé, bien qu'il y ait encore deux secteurs préoccupants dans plusieurs unités régionales. Comme l'illustre la figure 5, les unités régionales étant soumises à un stress faible sont l'île Cockburn, l'île aux Chrétiens, de Collingwood à Meaford, le bras Owen, la baie de Colpoy, du cap Croker au cap Cabot, Fathom Five et de cap Hurd à la pointe Chiefs. Bien que les unités régionales du sud de la baie Georgienne soient soumises à un stress faible, on y trouve certains problèmes liés à l'altération des rives. Cela est en grande partie associé à la construction de chalets et à l'aménagement de loisirs dans les unités régionales de Collingwood à Meaford, du bras Owen et de la baie de Colpoy.

Toutes les autres unités régionales sont soumises à un stress modéré. Dans le chenal du Nord et l'est de la baie Georgienne, on note

une qualité modérée à médiocre des communautés benthiques, des niveaux élevés de métaux

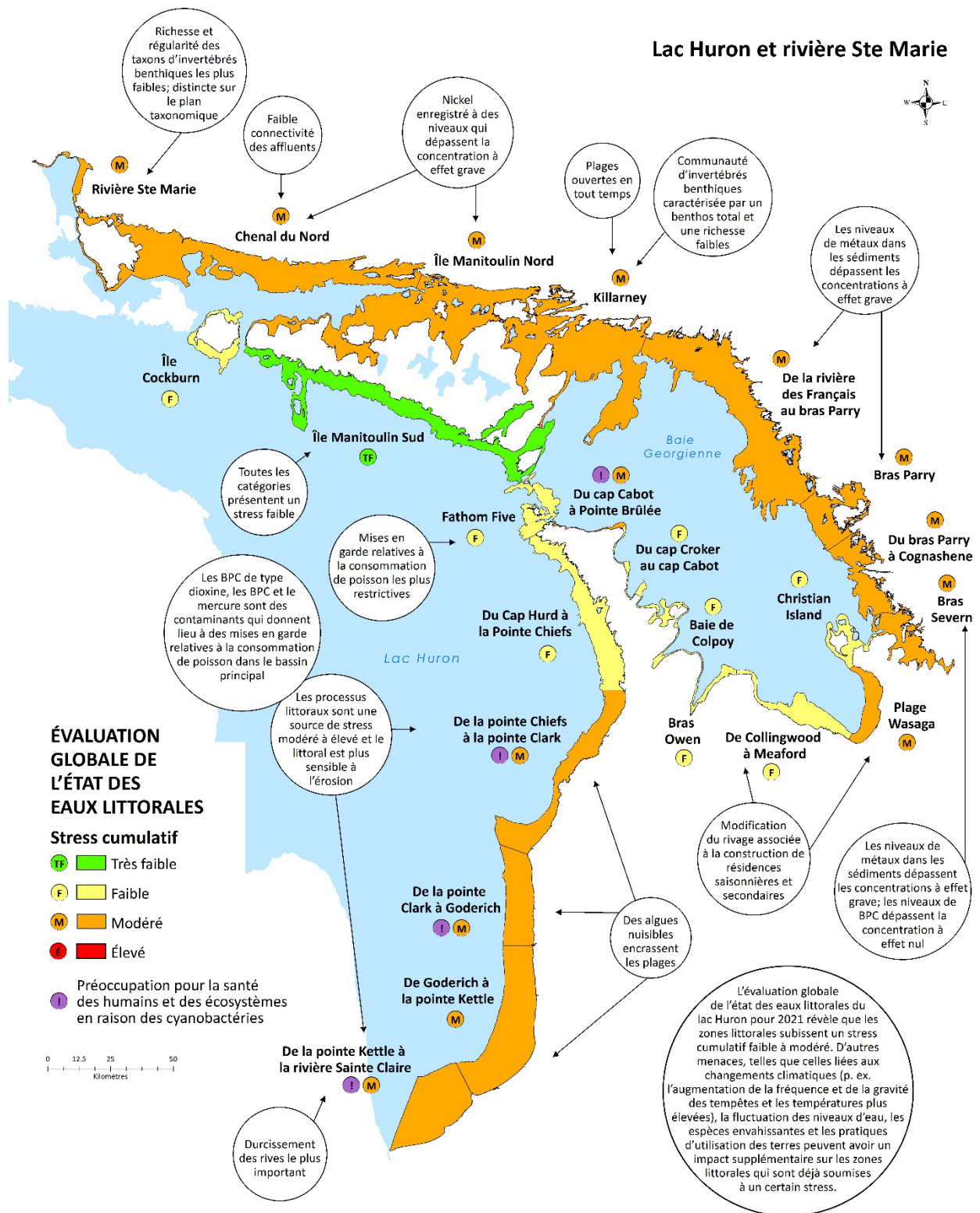


dans les sédiments et des mises à garde relatives à la consommation de certaines espèces de poissons. La mesure de la consommation de poisson indique un stress modéré du cap Cabot jusqu'à la rivière Sainte-Claire, avec des mises en garde relatives à une consommation allant en moyenne de trois à sept repas par mois. Des préoccupations pour la santé des humains et des écosystèmes attribuables à la présence de cyanobactéries sont soulevées dans quatre unités régionales (du cap Cabot à la pointe Brûlée, de la pointe Chiefs à la pointe Clark, de la pointe Clark à Goderich et de la pointe Kettle à la rivière Sainte-Claire). De petites zones de cyanobactéries ont été détectées dans certaines des plus grandes baies de la baie Georgienne, et une étude plus approfondie devra être menée.

Il y avait un manque important de données spatiales et temporelles sur les eaux littorales du lac Huron, en particulier en ce qui concerne la qualité de l'eau, les sédiments et le benthos. De nombreux programmes de surveillance fédéraux canadiens visent à mesurer l'état des lacs ouverts tel qu'il est présenté dans les rapports sur l'état des Grands Lacs ou sont axés sur des secteurs préoccupants précis. Il n'y a pas de stations d'échantillonnage fédérales dans douze unités régionales.

Les secteurs préoccupants (AOC) 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 définis, dont 12 canadiens et 5 binationaux. Dans le lac Huron, deux unités régionales ont un secteur préoccupant (AOC) des Grands Lacs à l'intérieur de leurs limites. Dans l'unité régionale de la rivière St. Marys, le secteur préoccupant de la rivière St. Marys a vu des améliorations de la qualité de l'eau et de la santé de l'écosystème grâce aux efforts combinés de nombreux partenaires. L'AOC de Spanish Harbour, dans l'unité régionale du chenal du Nord, a été désigné comme AOC en rétablissement car toutes les actions sont terminées et la zone a maintenant besoin de temps pour que l'environnement se rétablisse naturellement. Depuis 1987, les gouvernements du Canada et de l'Ontario appuient les mesures locales visant l'assainissement des AOC. Sur le lac Huron, deux secteurs préoccupants – le bras Severn et le havre Collingwood – ont été retirés de la liste et sont considérés comme rétablis.

Figure 5. Résultats de l'évaluation globale de l'état des eaux littorales du lac Huron et de la rivière Ste-Marie en 2021.



## Processus littoraux

Carte des résultats des catégories dans la figure 6, descriptions des mesures individuelles ci-dessous.

### Durcissement des rives

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

Les seuils sont fondés sur le meilleur jugement professionnel.

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 migratoires, les frayères et les aires d'alevinage et d'alimentation. Le durcissement des rives peut réduire la résilience littorale; en l'absence de végétation naturelle ou de certaines caractéristiques, comme des milieux humides littoraux, les rivages pourraient ne plus pouvoir s'adapter à la hausse et à la baisse des niveaux d'eau, ce qui risquerait d'entraîner des réductions physiques de l'habitat aquatique disponible.

Le lac Huron possède le plus long rivage de tous les Grands Lacs et représente la moitié du littoral canadien des Grands Lacs. Au total, moins de 10 % de la longueur totale des rives ont été durcis, et dans dix unités régionales, plus de 95 % des rives restent naturelles. Avec 56 % de durcissement des rives, l'unité régionale de la pointe Kettle à la rivière Sainte-Claire a le plus haut pourcentage de rives durcies. Une grande partie des rives renforcées de cette zone est associée aux efforts visant à protéger les biens contre les impacts des vagues et à aider à ralentir l'érosion.

Dans le sud de la baie Georgienne, du bras Severn à la baie de Colpoy, l'altération des rives est principalement associée à la construction de chalets et de résidences secondaires. En raison de la proximité de Toronto, de nombreux chalets ont été convertis en résidences à l'année, ce qui a entraîné un aménagement et une altération des rives. Dans l'est de la baie Georgienne, les unités régionales de la rivière des Français au bras Parry, du bras Parry et du bras Parry à Cognashene sont caractérisées par des rives naturelles avec seulement une petite altération le long de la ville de Parry Sound. Des aménagements saisonniers et de petites infrastructures de marina parsèment les rives dans ces unités régionales, mais l'impact cumulé ne crée probablement pas de stress important sur les eaux littorales.

## **Barrières littorales**

<b>Stress faible</b>	0 barrière littorale
<b>Stress modéré</b>	1 barrière littorale
<b>Stress élevé</b>	> 1 barrière littorale

Les seuils sont fondés sur le meilleur jugement professionnel.

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

Dans le lac Huron, la dérive littorale ne s'applique pas dans toutes les unités régionales. Dans la rivière Ste-Marie, dans le chenal du Nord et jusqu'à la baie Georgienne, le substrat littoral est caractérisé par un substrat rocheux et la dérive littorale n'est pas un processus important. Cependant, dans les unités régionales caractérisées par du sable, de la boue ou du limon, la dérive littorale constitue un processus important qui déplace les sédiments le long des rives.

L'unité régionale de la plage Wasaga comprend le parc provincial Wasaga Beach, qui est l'une des plus longues plages en eau douce continues au monde. Le maintien des processus naturels qui permettent le transport des sédiments est important pour la reconstitution des plages, et il n'y a pas d'obstacles artificiels de plus de 100 m de longueur dans l'unité régionale.

Les barrières littorales sont une source de stress modéré et élevé de la pointe Chiefs à la rivière Sainte-Claire. Dans ces unités régionales, la direction nette du transport sédimentaire en zone littorale est du nord au sud (sauf dans l'unité régionale de la pointe Chiefs à la pointe Clark où la direction nette varie) et constitue un processus important qui maintient les caractéristiques de l'écosystème littoral. Les structures artificielles qui se prolongent dans le lac peuvent entraver le transfert naturel des sédiments et avoir des effets négatifs en aval. L'érosion des falaises peut être cruciale pour le maintien de grandes étendues de rives. Entre autres exemples, le sable qui s'érode des falaises au sud de Goderich réapprovisionne les plages des parcs provinciaux Pinery et Ipperwash, à 75 km au sud.



## Connectivité des affluents

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

Les seuils sont fondés sur le rapport du sous-indicateur de l'état des Grands Lacs pour la connectivité de l'habitat aquatique utilisant les données du ministère du Développement du Nord, des Mines, des Richesses naturelles et des Forêts de l'Ontario.

Le bassin versant du lac Huron est très vaste et la connectivité des affluents est complexe. Environ 29 % de la longueur totale des affluents qui sont situés en aval d'une chute d'eau sont coupés du littoral en raison de la présence d'un ou de plusieurs barrages. Les affluents en amont d'une chute d'eau sont considérés comme naturellement coupés du littoral et ne sont pas inclus dans le calcul de la connectivité globale des affluents, car il est peu probable que l'obstacle (la chute d'eau) soit enlevée. Ceux qui sont naturellement coupés du littoral à cause d'une chute d'eau représentent près de 35 % de tous les affluents du lac Huron (voir le tableau 2).

Dans les unités régionales du chenal du Nord, du bras Severn et de la pointe Chiefs à la pointe Clark, la connectivité des affluents est une source de stress élevée. Les obstacles de la rivière Blind, du lac Lauzon et d'Española entravent la connectivité d'une partie importante des affluents de l'unité régionale du chenal du Nord, qui présente la plus grande longueur totale d'affluents en aval d'une chute. Dans l'unité régionale du bras Severn, près de 90 % des affluents sont coupés du littoral. Un barrage sur la rivière Saugeen entrave la connectivité d'environ 85 % des affluents en aval d'une chute d'eau dans l'unité régionale de la pointe Chiefs à la pointe Clark.

Les unités régionales de la baie Georgienne – de Killarney à Cognashene et de la plage Wasaga à Meaford – se situent dans la plage de stress modéré, car entre 25 et 75 % de la longueur totale des affluents sont reliés au littoral. L'unité régionale de la rivière des Français au bras Parry compte presque 25 % de tous les affluents du lac Huron, mais seulement 36 % d'entre eux sont reliés au littoral en raison des barrages du lac Harris et de la rivière Naiscoot.

Toutes les autres unités régionales conservent une connectivité élevée des affluents et dans six unités régionales, 100 % des affluents en aval d'une chute d'eau sont reliés au littoral.

Les obstacles à la connectivité des affluents peuvent avoir des effets nuisibles sur la santé des écosystèmes aquatiques en limitant l'accès des poissons à l'habitat 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 varie. Dans les zones où un plan de gestion de l'eau est en place, par exemple, des débits et des niveaux d'eau optimaux peuvent être mis en œuvre pour favoriser l'habitat de fraie, d'alevinage et de grossissement des poissons. La présente évaluation ne tient pas compte de la gravité de l'impact.

Bien que les traversées routières n'aient pas été prises en compte dans cette évaluation, plusieurs initiatives régionales ont été entreprises pour répertorier les ponceaux qui agissent

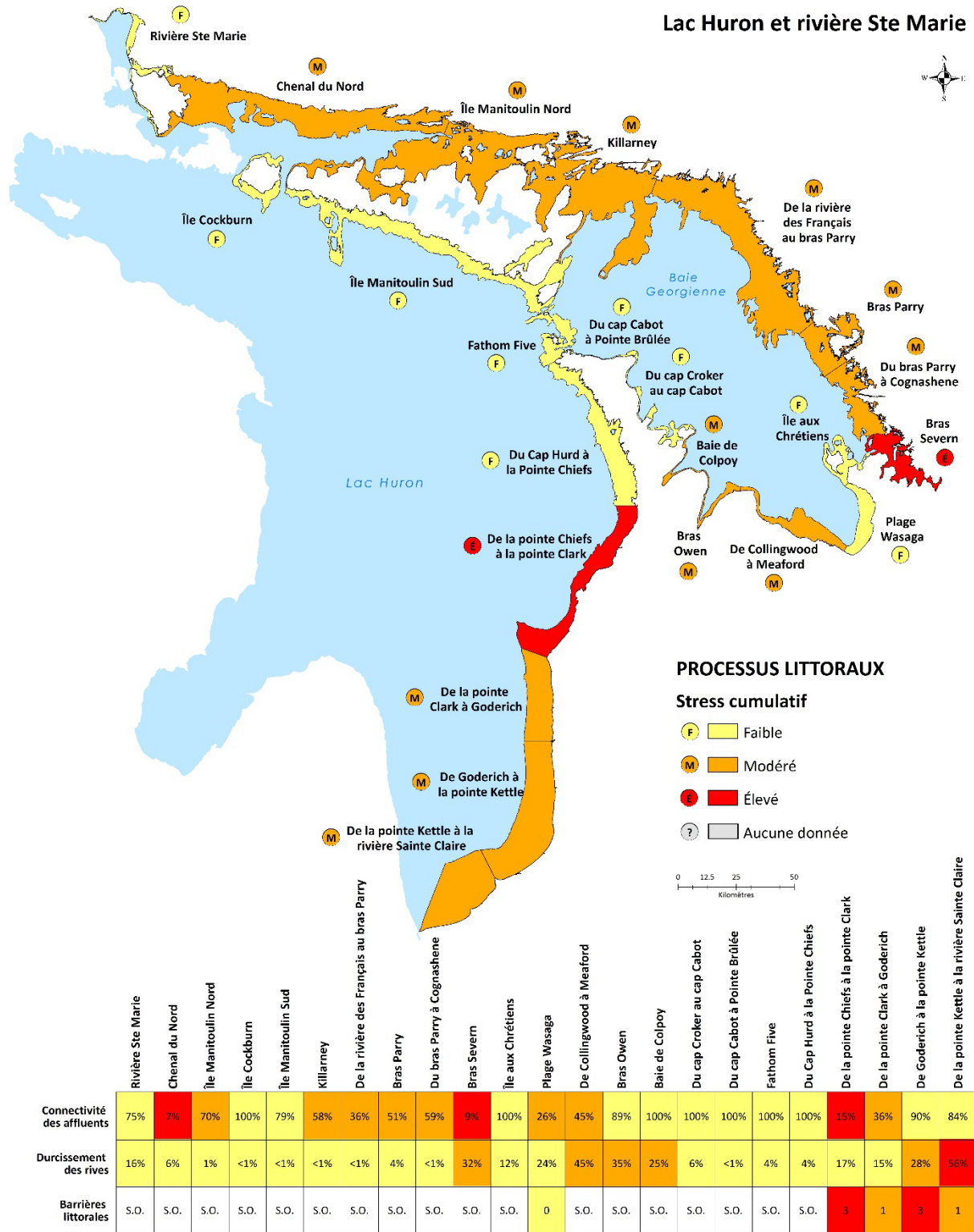
comme entraves et en diminuer le nombre; ces obstacles pourraient être examinés dans des évaluations ultérieures. En outre, certains obstacles aident à contrôler la lamproie marine en bloquant l'accès aux zones de fraie, et leur suppression peut avoir un impact négatif plus important sur l'écosystème. Notons que cette considération n'a pas été prise en compte dans la mesure.

Tableau 2. Résumé de la connectivité des affluents dans chaque unité régionale; les affluents qui sont situés en amont d'une chute d'eau (qui sont donc naturellement coupés du littoral) 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 coupés du littoral)	Longueur des affluents en amont d'un barrage (coupés du littoral)	Longueur des affluents en aval d'une chute d'eau ou d'un barrage (reliés au littoral)	Pourcentage de la longueur totale des affluents reliés au littoral (coupés du littoral + reliés au littoral)
Rivière Ste-Marie	2 719 km	76 km	657 km	1 986 km	75 %
Chenal du Nord	31 044 km	10 053 km	19 577 km	1 414 km	7 %
Île Manitoulin Nord	1 947 km	936 km	298 km	713 km	70 %
Île Cockburn	157 km	0 km	0 km	157 km	100 %
Île Manitoulin Sud	885 km	0 km	187 km	698 km	79 %
Killarney	1 728 km	14 km	715 km	999 km	58 %
De la rivière des Français au bras Parry	32 103 km	21 303 km	6 950 km	3 850 km	36 %
Bras Parry	2 384 km	0 km	1 169 km	1 215 km	51 %
Du bras Parry à Cognashene	9 255 km	8 043 km	494 km	718 km	59 %
Bras Severn	12 343 km	0 km	11 266 km	1 077 km	9 %
Île aux Chrétiens	31 km	0 km	0 km	31 km	100 %
Plage Wasaga	4 474 km	110 km	3 218 km	1 146 km	26 %
De Collingwood à Meaford	2 100 km	267 km	1 005 km	828 km	45 %
Bras Owen	939 km	394 km	57 km	488 km	89 %

Baie de Colpoy	168 km	0 km	0 km	168 km	100 %
Du cap Croker au cap Cabot	148 km	0 km	0 km	148 km	100 %
Du cap Cabot à la pointe Brûlée	35 km	0 km	0 km	35 km	100 %
Fathom Five	47 km	0 km	0 km	47 km	100 %
Du cap Hurd à la pointe Chiefs	619 km	0 km	0 km	619 km	100 %
De la pointe Chiefs à la pointe Clark	8 255 km	1 693 km	5 584 km	978 km	15 %
De la pointe Clark à Goderich	4 288 km	0 km	2 757 km	1 531 km	36 %
De Goderich à la pointe Kettle	3 157 km	21 km	328 km	2 808 km	90 %
De la pointe Kettle à la rivière Sainte-Claire	747 km	0 km	121 km	626 km	84 %
<b>TOTAL</b>	<b>119 600 km</b>	<b>42 917 km</b>	<b>54 392 km</b>	<b>22 291 km</b>	<b>29 %</b>

Figure 6. Résultats de la catégorie Processus littoraux (la mention « s.o. » signifie que la mesure ne s'applique pas à l'unité régionale).



## Contaminants dans l'eau et les sédiments

Carte des résultats des catégories dans la figure 7, descriptions des mesures individuelles ci-dessous.

### Qualité de l'eau

<b>Stress faible</b>	0 dépassement
<b>Stress modéré</b>	1 ou 2 dépassements
<b>Stress élevé</b>	> 2 dépassements

Les seuils sont fondés sur les recommandations provinciales et fédérales et sur le meilleur jugement professionnel, en utilisant les données d'Environnement et Changement climatique Canada (2015-2018).

Dans tout le lac Huron, la qualité de l'eau est une source de stress faible. On a étudié les données de surveillance d'Environnement et Changement climatique Canada de 2015 à 2018 afin de détecter les dépassements des recommandations fédérales ou provinciales publiées sur la qualité de l'eau. En 2017, l'antracène (un type d'hydrocarbure aromatique polycyclique – HAP) a atteint un niveau légèrement supérieur à la recommandation provinciale, plaçant l'unité régionale du chenal du Nord dans la gamme de stress modéré, mais aucun autre dépassement n'a été relevé dans les unités régionales qui disposaient de données de surveillance.

Les paramètres analysés n'étaient pas normalisés dans toutes les stations d'échantillonnage. Dans douze unités régionales (LH03, LH04, LH05, LH08, LH11, LH13, LH16, LH17, LH19, LH20, LH21 et LH22 [voir les numéros des unités régionales dans le tableau 1]), le seul paramètre de la qualité de l'eau pour lequel des données étaient disponibles était le chlorure.

Il a été impossible d'évaluer la qualité de l'eau dans les unités régionales de la rivière Ste-Marie, du bras Parry à Cognashene, de la plage Wasaga, de la baie de Colpoy et de la pointe Kettle à la rivière Sainte-Claire étant donné l'absence de sites de surveillance fédéraux.

### Qualité des sédiments

<b>Stress faible</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• BPC &lt; concentration à effet nul (CEN)</li><li>• Pesticides organochlorés et HAP &lt; concentrations minimales sans effet (CMSE)</li><li>• Métaux &lt; concentrations à effet probable (CEP) ou grave (CEG)</li></ul>
<b>Stress modéré</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• BPC &gt; CEN</li><li>• Pesticides organochlorés et HAP &gt; CMSE mais &lt; CEG</li><li>• Métaux &gt; CEP mais &lt; CEG</li></ul>
<b>Stress élevé</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tout contaminant &gt; CEG</li></ul>



Les seuils sont fondés sur les recommandations provinciales et fédérales et sur le meilleur jugement professionnel, en utilisant les données de la chimie des sédiments des zones riveraines des Grands Lacs du ministère de l'Environnement, de la Conservation et des Parcs de l'Ontario (2009, 2011, 2015).

Dans l'ensemble du lac Huron et de la baie Georgienne, les contaminants présents dans les sédiments sont une source de stress allant de faible à élevé (tableau 3). Cinq unités régionales (chenal du Nord, île Manitoulin Nord, de la rivière des Français au bras Parry, bras Parry et bras Severn) sont soumises à un stress élevé en raison de la présence de métaux (nickel, manganèse ou fer) à des concentrations supérieures à la limite provinciale du niveau d'effet sévère (CEG). Ces cinq unités régionales se situent toutes dans le chenal du Nord et la baie Georgienne, où le bassin versant est dominé par le Bouclier canadien. Les dépassements de métaux peuvent refléter des concentrations naturellement élevées dues au ruissellement depuis le substrat rocheux plutôt qu'une source localisée de contaminants. Une enquête plus approfondie devra être réalisée pour en déterminer la cause.

Des BPC ont été détectés dans les sédiments à des concentrations supérieures à la CEN dans l'unité régionale du bras Severn. Bien que la concentration soit inférieure à la concentration minimale avec effet (CMAE) et ne constitue probablement pas une menace pour les organismes vivant dans les sédiments, un dépassement de la CEN indique un risque d'bioaccumulation dans la chaîne alimentaire.

La qualité des sédiments est une source de stress modéré dans l'unité régionale du bras Parry à Cognashene, car deux HAP [indeno(1,2,3-c,d)pyrène et benzo(k)fluoranthène] ont été détectés à des concentrations supérieures à la CMAE.

Dans toutes les autres unités régionales, aucun contaminant n'a été détecté à des niveaux préoccupants et la qualité des sédiments est une source de stress faible.

La qualité des sédiments n'a pas pu être évaluée dans sept unités régionales étant donné l'absence de stations de surveillance provinciales.

Tableau 3. Dépassement des lignes directrices pour la mesure de la qualité des sédiments dans chaque unité régionale.

<b>Unité régionale</b>	<b>Le Score</b>	<b>Dépassement</b>
Rivière Ste Marie	Pas de données	pas d'échantillonnage ambiant dans l'unité régionale
Chenal du Nord	Stress élevé	1 métal trouvé au-dessus de la CEG
Île Manitoulin Nord	Stress élevé	1 métal trouvé au-dessus de la CEG
Île Cockburn	Pas de données	pas de stations d'échantillonnage dans l'unité régionale
Île Manitoulin Sud	Stress faible	aucun contaminant trouvé au-delà des recommandations
Killarney	Pas de données	pas de stations d'échantillonnage dans l'unité régionale
De la rivière des Français au bras Parry	Stress élevé	1 métal trouvé au-dessus de la CEG
Bras Parry	Stress élevé	1 métal trouvé au-dessus de la CEG
Du bras Parry à Cognashene	Stress modéré	métaux et HAP trouvés à des niveaux supérieurs aux lignes directrices
Bras Severn	Stress élevé	métaux et BPC trouvés à des niveaux supérieurs aux lignes directrices
Île aux Chrétiens	Pas de données	pas de stations d'échantillonnage dans l'unité régionale
Plage Wasaga	Stress faible	aucun contaminant trouvé au-delà des recommandations
De Collingwood à Meaford	Stress faible	aucun contaminant trouvé au-delà des recommandations
Bras Owen	Stress faible	métaux trouvés dans les sédiments mais pas à des niveaux préoccupants

Baie de Colpoy	Stress faible	métaux trouvés dans les sédiments mais pas à des niveaux préoccupants
Du cap Croker au cap Cabot	Pas de données	pas de stations d'échantillonnage dans l'unité régionale
Du cap Cabot à la pointe Brûlée	Pas de données	pas de stations d'échantillonnage dans l'unité régionale
Fathom Five	Stress faible	métaux trouvés dans les sédiments mais pas à des niveaux préoccupants
Du cap Hurd à la pointe Chiefs	Stress faible	métaux trouvés dans les sédiments mais pas à des niveaux préoccupants
De la pointe Chiefs à la pointe Clark	Stress faible	aucun contaminant trouvé au-delà des recommandations
De la pointe Clark à Goderich	Stress faible	aucun contaminant trouvé au-delà des recommandations
De Goderich à la pointe Kettle	Stress faible	métaux trouvés dans les sédiments mais pas à des niveaux préoccupants
De la pointe Kettle à la rivière Sainte Claire	Pas de données	pas de stations d'échantillonnage dans l'unité régionale

### **Communauté benthique**

<b>Stress faible</b>	La communauté benthique est dans un état fonctionnel et présente une grande diversité (67 <sup>e</sup> percentile supérieur des notes).
<b>Stress modéré</b>	La communauté benthique est dans un état dégradé, mais fonctionnel (entre le 33 <sup>e</sup> et le 67 <sup>e</sup> percentile des notes).
<b>Stress élevé</b>	La communauté benthique est dans un état très dégradé et non fonctionnel (33 <sup>e</sup> percentile inférieur des notes).

Les seuils sont fondés sur une analyse statistique, suivant les données d'Environnement et Changement climatique Canada (2010-2014).

La composition de la communauté d'invertébrés benthiques peut varier considérablement en raison des conditions de l'habitat naturel et des facteurs de stress humains, mais la santé générale d'un écosystème peut se refléter dans la communauté benthique. Dans cette évaluation, celle-ci est donc utilisée comme une mesure de l'exposition aux contaminants

(provenant des sédiments et de l'eau). Dans tout le lac Huron, la qualité de la communauté benthique varie (tableau 4).

Dans les unités régionales de la rivière Ste-Marie, de Killarney et du cap Croker au cap Cabot, la note de la communauté benthique indique un stress élevé, car l'état relatif des communautés d'invertébrés benthiques était faible. Les sites de la rivière Ste-Marie présentaient la plus faible richesse et régularité des taxons, et la qualité générale des sites était la plus faible de toutes les unités régionales.

À l'autre extrémité du spectre de la qualité, les unités régionales du bras Parry et de la baie de Colpoy se situaient dans le percentile supérieur de la gamme de qualité de tous les sites. Les sites du bras Parry présentaient le benthos total, la richesse et la régularité les plus élevés.

La qualité de la communauté benthique dans les unités régionales du chenal du Nord, de l'île Manitoulin Nord, de la rivière des Français au bras Parry, du bras Parry à Cognashene, de la plage Wasaga, du bras Owen, du cap Hurd à la pointe Chiefs et de Goderich à la pointe Kettle était relativement moyenne. À l'exception du site de l'unité régionale de Goderich à la pointe Kettle, qui était au deuxième rang pour le benthos total, les communautés d'invertébrés benthiques de ces sites présentaient généralement un faible benthos total.

Il a été impossible d'évaluer la qualité de la communauté benthique dans huit unités régionales, étant donné l'absence de sites de surveillance.

Voir l'annexe A pour plus de détails sur l'analyse statistique utilisée pour évaluer la communauté benthique.

Tableau 3. Qualité de la communauté benthique dans les unités régionales, dans les stations d'ECCC, en fonction des données de 2010 à 2014. En général, un stress faible correspond à un benthos total plus élevé, à un nombre de taxons plus important et à une régularité plus élevée.

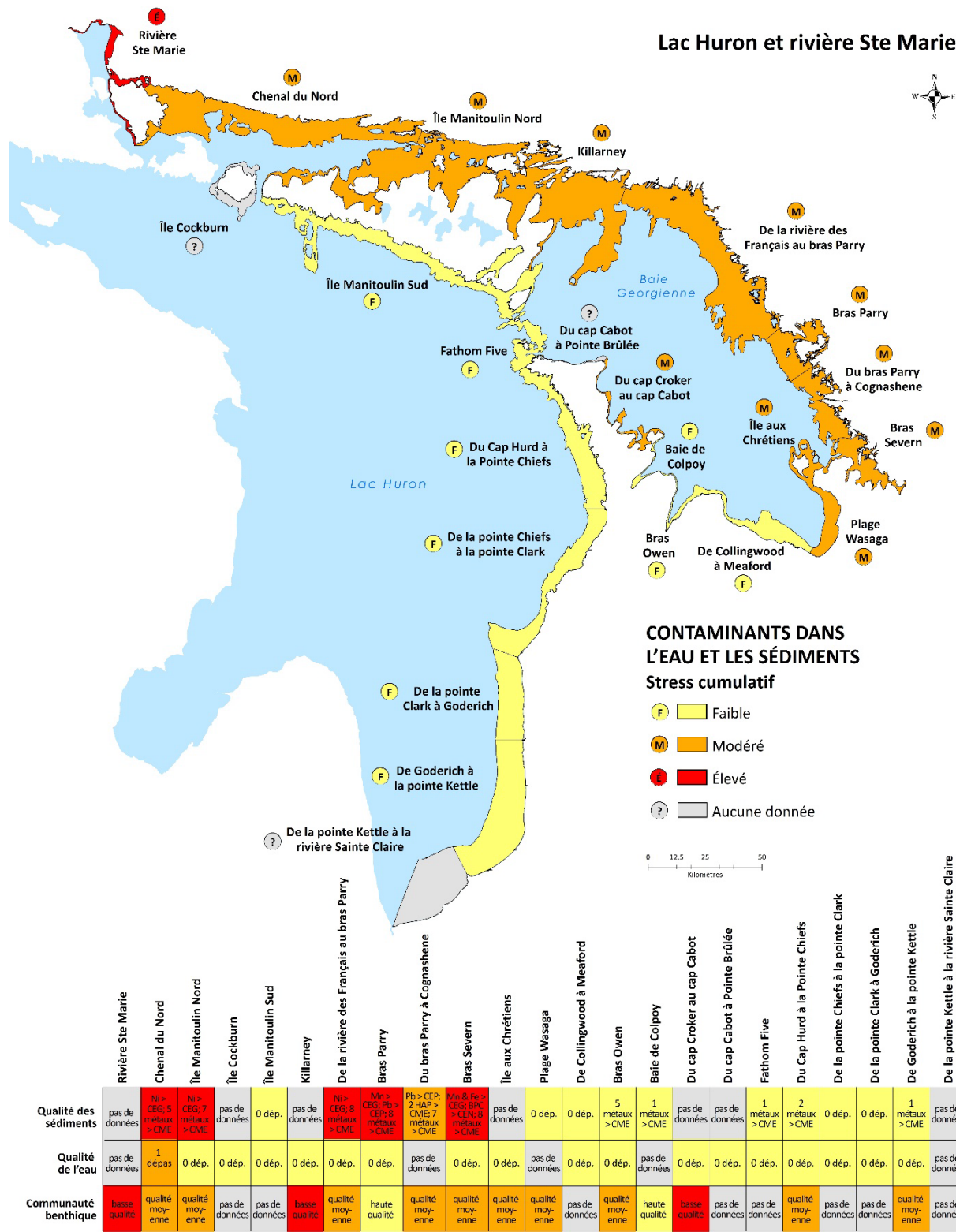
Unité régionale	Qualité de la communauté benthique		
	Nombre de sites	Niveau de stress	Commentaires
Rivière Ste-Marie	8	Stress élevé	Richesse et régularité des taxons les plus faibles; distincte sur le plan taxonomique
Chenal du Nord	26	Stress modéré	Benthos total faible et richesse faible; régularité élevée
Île Manitoulin Nord	12	Stress modéré	Benthos total faible et richesse faible

Île Cockburn	0	Manque de données	
Île Manitoulin Sud	0	Manque de données	
Killarney	4	Stress élevé	Benthos total faible et richesse faible
De la rivière des Français au bras Parry	4	Stress modéré	Benthos total modéré; richesse et régularité élevées
Bras Parry	2	Stress faible	Benthos total, richesse et régularité les plus élevés
Du bras Parry à Cognashene	3	Stress modéré	Benthos total faible
Bras Severn	14	Stress modéré	Benthos total faible et richesse des taxons faible
Île aux Chrétiens	1	Stress modéré	Benthos total modéré; richesse et régularité élevées
Plage Wasaga	1	Stress modéré	Benthos total le plus faible
De Collingwood à Meaford	0	Manque de données	
Bras Owen	3	Stress modéré	Benthos total élevé; régularité faible; distincte sur le plan taxonomique
Baie de Colpoy	1	Faible niveau de stress	Benthos total et richesse modérés; régularité élevée
Du cap Croker au cap Cabot	3	Stress élevé	Benthos total et richesse des taxons faibles; distincte sur le plan taxonomique
Du cap Cabot à la pointe Brûlée	0	Manque de données	



Fathom Five	0	Manque de données	
Du cap Hurd à la pointe Chiefs	2	Stress modéré	Benthos total modéré; richesse élevée
De la pointe Chiefs à la pointe Clark	0	Manque de données	
De la pointe Clark à Goderich	0	Manque de données	
De Goderich à la pointe Kettle	0	Stress modéré	Benthos total élevé; régularité faible
De la pointe Kettle à la rivière Sainte-Claire	0	Manque de données	

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



## Algues nuisibles et nocives

Carte des résultats des catégories dans la figure 8, descriptions des mesures individuelles ci-dessous.

### Cyanobactéries

<b>Stress faible</b>	Aucune prolifération de cyanobactéries dépassant 2 % de l'unité régionale n'a été détectée sur une quelconque image composite satellitaire sur sept jours.
<b>Stress modéré</b>	Sans objet
<b>Stress élevé</b>	La prolifération de cyanobactéries dépasse 2 % de l'unité régionale sur toute image composite satellitaire sur sept jours.

Les seuils sont fondés sur les recommandations de l'Organisation mondiale de la santé relatives aux cyanobactéries, à l'aide d'images composites satellitaires provenant de la Harmful Algal Bloom Forecasting Branch de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA, 2019).

Les cyanobactéries constituent une préoccupation pour la santé des humains et des écosystèmes et une source de stress élevé dans les unités régionales du Du cap Cabot à la pointe Brûlée, de la pointe Chiefs à la pointe Clark, de la pointe Clark à Goderich et de la pointe Kettle à la rivière Sainte-Claire. Dans ces zones, des cyanobactéries ont été détectées dans une image composite satellitaire sur sept jours. Il faudra effectuer un échantillonnage supplémentaire dans le lac pour déterminer si les bactéries produisent activement des toxines.

On sait que des efflorescences épisodiques se produisent dans certaines zones littorales et dans des échancrures fermées, par exemple dans la baie Sturgeon et la baie Deep et dans certaines parties du chenal du Nord, ce qui a conduit les unités de santé publique locales à émettre des avis déconseillant l'utilisation de l'eau à des fins domestiques ou récréatives. Des cyanobactéries ont été détectées dans certaines grandes échancrures de l'est de la baie Georgienne. Toutefois, compte tenu de la taille de ces unités régionales, l'étendue ne dépassait pas 2 % de la superficie.

### Cladophora

<b>Stress faible</b>	Couverture < 20 %
<b>Stress modéré</b>	Couverture de 20 à 35 %
<b>Stress élevé</b>	Couverture > 35 %

Les seuils sont fondés sur le meilleur jugement professionnel, en utilisant la cartographie de la végétation aquatique submergée (VAS) de 2016 à 2019 obtenue par satellite du Michigan Tech Research Institute (MTRI).

Des algues nuisibles ont été signalées s'échouant dans certaines parties du lac Huron où ils se décomposaient en tapis noirs et odorants. Ces algues peuvent constituer une menace pour les

espèces sauvages et la santé humaine, car des cas d'*E. coli* et de botulisme de type E ont été signalés parmi les tapis d'algues. Les algues nuisibles peuvent avoir un impact sur les processus industriels en bouchant les prises d'eau et en étouffant le fond du lac, ce qui a un impact sur l'habitat des poissons.

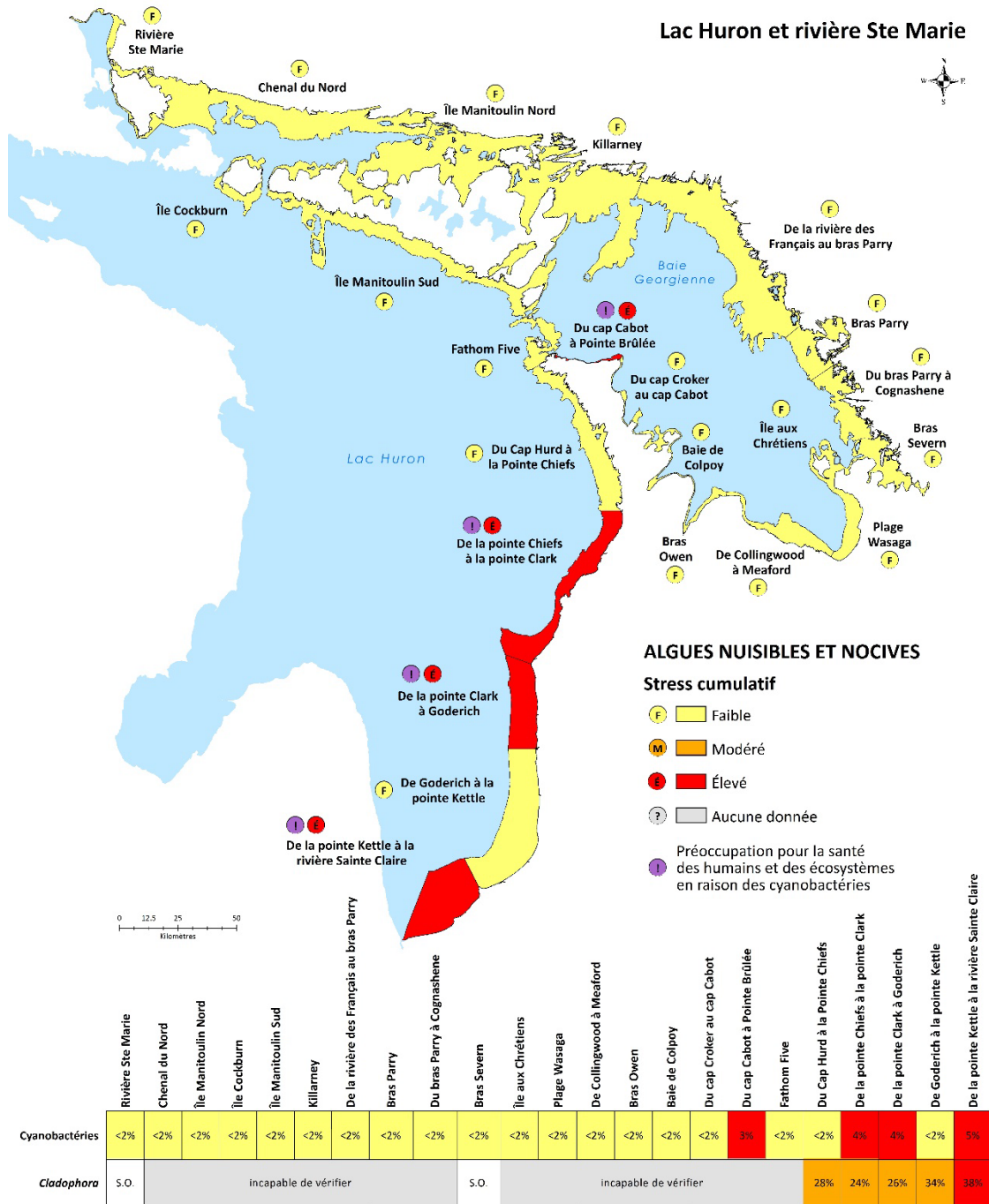
Il existe plusieurs types d'algues nuisibles; dans le lac Huron, il s'agit principalement des genres *Cladophora* et *Chara*. *Cladophora* est une algue verte filamenteuse qui pousse sur les substrats durs dans les eaux littorales à des profondeurs allant jusqu'à environ 20 m (avec une limpidité de l'eau adéquate). *Chara*, une algue macroscopique ayant une structure ramifiée, pousse généralement le long du lit du lac à des profondeurs de deux à trois mètres. Bien que ni l'une ni l'autre ne produisent de toxines, ces algues peuvent toutes deux contribuer à des conditions de nuisance dans les eaux littorales. La quantification de la croissance des algues nuisibles le long du lit du lac se fait à l'échelle du lac entier à l'aide d'images satellitaires qui ne permettent pas de distinguer les types de végétation aquatique submergée.

On disposait d'estimations par satellite de la végétation aquatique submergée pour l'ensemble du lac, mais il a été impossible de vérifier les résultats dans les zones situées à l'extérieur de la rive sud-est du bassin principal, de Tobermory à la rivière Sainte-Claire. La mesure de *Cladophora* n'a donc pas été évaluée dans le chenal du Nord et dans la baie Georgienne.

Dans les cinq unités régionales où *Cladophora* a été évaluée, les algues nuisibles étaient une source de stress modéré à élevé. Le long de la partie du rivage allant de Tobermory à la rivière Sainte-Claire, les algues nuisibles sont un problème depuis de nombreuses années. Des algues nuisibles ont notamment été observées là où il y a des apports locaux de nutriments, comme à l'embouchure des drains et des cours d'eau. L'étendue la plus importante se trouvait dans l'unité régionale de la pointe Kettle à la rivière Sainte-Claire, où la végétation aquatique submergée couvrait 38 % du fond du lac visible sur les images satellitaires.

Cette mesure ne s'applique pas aux unités régionales qui sont des échancrures caractérisées par des milieux humides littoraux (bras Severn) ou des voies interlacustres (rivière Ste-Marie).

Figure 8. Résultats de la catégorie Algues nuisibles et nocives (la mention « s.o. » signifie que la mesure ne s'applique pas à l'unité régionale; la mention « impossible à vérifier » signifie qu'il avait des données satellitaires pour la mesure, mais que les résultats n'ont pas pu être vérifiés dans le cadre de la consultation d'experts ou de la vérification sur le terrain).





## Utilisations humaines

Carte des résultats par catégorie dans la figure 10, descriptions des mesures individuelles ci-dessous.

### Consommation de poisson

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

Les seuils ont été établis en consultation avec le ministère de l'Environnement, de la Protection de la nature et des Parcs de l'Ontario à partir des mises en garde relatives à la consommation du Guide de consommation du poisson de l'Ontario; le nombre moyen de repas par mois est fondé sur les mises en garde relatives à la consommation pour l'achigan à petite bouche, la truite arc-en-ciel, le touladi, le doré jaune et la perchaude.

Les poissons des Grands Lacs constituent une source de nourriture variée et accessible. Ils peuvent toutefois devenir une source de contamination et un risque pour la santé humaine si les mises en garde relatives à la consommation ne sont pas suivies. La province de l'Ontario fournit des conseils de consommation en fonction de plusieurs critères, notamment la taille du poisson, l'espèce, l'emplacement et le contaminant (p. ex. le mercure et les BPC).

La présence de contaminants chez de nombreuses espèces de poissons est surveillée dans le lac Huron et dans la baie Georgienne. Dans les eaux littorales du lac Huron, les espèces de poissons les plus ciblées par les pêcheurs commerciaux et récréatifs sont le touladi, la truite arc-en-ciel, la perchaude, l'achigan à petite bouche et le doré jaune. Différentes espèces de poissons sont ciblées dans différentes régions du lac en raison des besoins liés à l'habitat et au cycle de vie. Les mises en garde relatives à la consommation examinées dans chaque unité régionale reflètent cette situation : le doré jaune et la perchaude dans toutes les unités régionales; l'achigan à petite bouche dans le chenal du Nord et l'est de la baie Georgienne; la truite arc-en-ciel et le touladi du sud de la baie Georgienne, autour de Tobermory et dans le bassin principal. Le Guide de consommation du poisson de l'Ontario<sup>6</sup> fournit des mises en garde relatives à la consommation selon des catégories de taille déterminées. Les catégories les plus représentatives des poissons capturés et conservés pour la consommation ont été utilisées pour évaluer cette mesure (voir tableau 5).

Dans tout le lac Huron et la baie Georgienne, les mises en garde relatives à la consommation de poisson indiquent une source de stress faible à modéré (voir le tableau 5). Avec neuf repas par mois, les mises en garde moyennes étaient les moins restrictives dans les unités régionales du sud de la baie Georgienne, de l'île aux Chrétiens au cap Cabot et autour de l'île Cockburn. Les mises en garde moyennes indiquaient également une source de stress faible dans les unités régionales de la rivière Ste-Marie et du bras Parry à Cognashene, avec huit repas par mois. Bien que les mises en garde moyennes soient plus restrictives pour les autres unités régionales, aucune d'entre elles n'indique une source de stress élevé. Avec trois repas par

<sup>6</sup> 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>

mois, les mises en garde moyennes étaient les plus restrictives dans l'unité régionale Fathom Five. Notons toutefois que l'on ne disposait de données que pour le touladi. Le touladi fait généralement l'objet des mises en garde relatives à la consommation les plus restrictives parmi les espèces prises en compte.

Les mises en garde relatives à la consommation ainsi que les contaminants préoccupants varient selon les espèces (voir le tableau 5). Les mises en garde relatives à la consommation de poisson sont liées aux concentrations de mercure dans la perchaude, le doré jaune et l'achigan à petite bouche. Les mises en garde concernant la truite arc-en-ciel et le touladi résultent d'une combinaison de BPC, de dioxines/furanes, de BPC de type dioxine et de mercure.

Dépôts atmosphériques et activités humaines telles que l'exploitation minière peuvent être une source de contaminants pour le lac Huron. Des sources naturelles de mercure peuvent également pénétrer dans le lac par le biais du ruissellement de surface et des eaux souterraines. Au cours des quatre dernières décennies, l'intervention gouvernementale binationale et les mesures volontaires de l'industrie ont entraîné des réductions des BPC et des dioxines/furanes, mais en raison de leur longue demi-vie et de leur capacité de bioaccumulation, ces produits chimiques peuvent entraîner des avis de consommation chez les poissons et représentent un risque pour la santé humaine. Les niveaux de BPC et de mercure dans les poissons du lac Huron se sont améliorés au cours des années 1970 et 1980, mais ces diminutions se sont stabilisées<sup>7</sup>. Les niveaux de dioxines/furanes dans les poissons du lac Huron se sont également améliorés, mais des préoccupations locales/régionales demeurent à certains endroits<sup>8</sup>.

Pour obtenir des renseignements précis sur les mises en garde relatives à la consommation pour les espèces évaluées dans le cadre de la mesure de la consommation de poisson, et pour toutes les autres espèces de poisson trouvées dans les Grands Lacs, veuillez consulter le Guide de consommation du poisson de l'Ontario<sup>9</sup>.

---

<sup>7</sup> Turyk ME, Bhavsar SP, Bowerman W, et al. Risks and benefits of consumption of Great Lakes fish. *Environ Health Perspect.* 2012;120(1):11-18. doi:10.1289/ehp.1003396

<sup>8</sup> Gandhi et al., 2019. Dioxins in Great Lakes fish : past, present and implications for future monitoring. *Chemosphere.* V 222, pages 479-488

<sup>9</sup> Ministère de l'Environnement, de la Protection de la nature et des Parcs de l'Ontario. Consommation de poisson de l'Ontario (2017-2018) *Contaminants présents dans le poisson*

<https://www.ontario.ca/fr/page/consommation-du-poisson-de-lontario-2017-2018#section-7>

Tableau 4. Mises en garde moyennes relatives à la consommation de poisson (en repas par mois, population sensible) pour les espèces de chaque unité régionale et contaminant préoccupant dont il est question.

(N/A : l'espèce n'a pas été évaluée car elle n'est pas représentative des poissons capturés et conservés pour la consommation dans cette unité régionale ; aucune donnée : le poisson a été évalué dans l'unité régionale mais aucune donnée d'avis sur la consommation n'était disponible)

	Achigan à petite bouche		Truite arc-en-ciel		Touladi		Doré jaune		Perchaude		MOYENNE
	De 30 à 50 cm	Contaminant	De 40 à 70 cm	Contaminant	De 45 à 70 cm	Contaminant	De 35 à 60 cm	Contaminant	De 20 à 30 cm	Contaminant	
Rivière Ste-Marie	5	Mercure, BPC	S.O.		S.O.		7	Mercure	10	Mercure	8
Chenal du Nord	5	Mercure, BPC					6	Mercure	8	Mercure	6
Île Manitoulin Nord	5	Mercure, BPC					8	Mercure	8	Mercure	7
Île Cockburn	6	Mercure					Pas de données		12	Mercure	9
Île Manitoulin Sud	S.O.		9	BPC de type dioxine	2	BPC de type dioxine	Pas de données		12	Mercure	8
Killamey	5	Mercure	S.O.		S.O.		9	Mercure	7	Mercure	7
De la rivière des Français au bras Parry	5	Mercure					5	Mercure	12	Mercure	7
Bras Parry	5	Mercure					5	Mercure	12	Mercure	7
Du bras Parry à Cognashene	4	Mercure					6	Mercure	12	Mercure	8
Bras Severn	6	Mercure					8	Mercure	8	Mercure	7
Île aux Chrétiens	S.O.		17	Dioxines/furanes; mercure	3	BPC de type dioxine	8	Mercure	8	Mercure	9
Plage Wasaga			17	Dioxines/furanes; mercure	3	BPC de type dioxine	8	Mercure	8	Mercure	9
De Collingwood à Meaford			17	Dioxines/furanes; mercure	3	BPC de type dioxine; mercure	8	Mercure	9	Mercure	9
Bras Owen			17	Dioxines/furanes; mercure	3	BPC de type dioxine	8	Mercure	8	Mercure	9
Baie de Colpoy			17	Dioxines/furanes; mercure	3	BPC de type dioxine	8	Mercure	8	Mercure	9
Du cap Croker au cap Cabot			17	Dioxines/furanes; mercure	4	BPC de type dioxine	8	Mercure	8	Mercure	9
Du cap Cabot à la pointe Brûlée			Pas de données		5	BPC de type dioxine	Pas de données		Pas de données		5
Fathom Five			Pas de données		3	BPC de type dioxine	Pas de données		Pas de données		3

Du cap Hurd à la pointe Chiefs	4	BPC de type dioxine	2	BPC de type dioxine	9	Mercure	8	Mercure	6
De la pointe Chiefs à la pointe Clark	4	BPC de type dioxine	2	BPC de type dioxine	9	Mercure	8	Mercure	6
De la pointe Clark à Goderich	13	BPC; mercure	0	BPC de type dioxine	8	Mercure	6	Mercure	7
De Goderich à la pointe Kettle	10	BPC; mercure	0	BPC de type dioxine; mercure	8	Mercure	6	Mercure	6
De la pointe Kettle à la rivière Sainte-Claire	6	BPC de type dioxine; BPC	1	BPC de type dioxine; BPC	8	Mercure	6	Mercure	5

### **Mises en garde relatives à la baignade**

<b>Stress faible</b>	Mises en garde affichées 5 % du temps ou moins en juillet et en août, de 2016 à 2020
<b>Stress modéré</b>	Mises en garde affichées de 5 à 20 % du temps en juillet et en août, de 2016 à 2020
<b>Stress élevé</b>	Mises en garde affichées plus de 20 % du temps en juillet et en août, de 2016 à 2020

Les seuils ont été établis suivant le meilleur jugement professionnel à partir des données de Swim Drink Fish Canada (2016-2020).

Cette évaluation a porté sur des renseignements sur 71 plages du lac Huron surveillées (figure 9). Dans l'ensemble, les mises en garde relatives à la baignade indiquent une source de stress faible à modéré. Si l'on considère toutes les plages du lac Huron, la qualité de l'eau est généralement très bonne, des mises en garde n'étant affichées que pendant 6,6 % des jours en juillet et en août sur une période de cinq ans.

Aucune mise en garde n'a été affichée sur les deux plages (Sheguindah et Manitowaning) de l'unité régionale de Killarney et sur la seule plage (Singing Sands) de l'unité régionale de cap Hurd à la pointe Chiefs. Dans les unités régionales de l'île Manitoulin Nord, de l'île Manitoulin Sud, du bras Parry et de l'île aux Chrétiens, la qualité de l'eau des plages est bonne, des mises en garde n'ayant été affichées que pendant moins de 2 % des jours en juillet et en août, de 2016 à 2020.

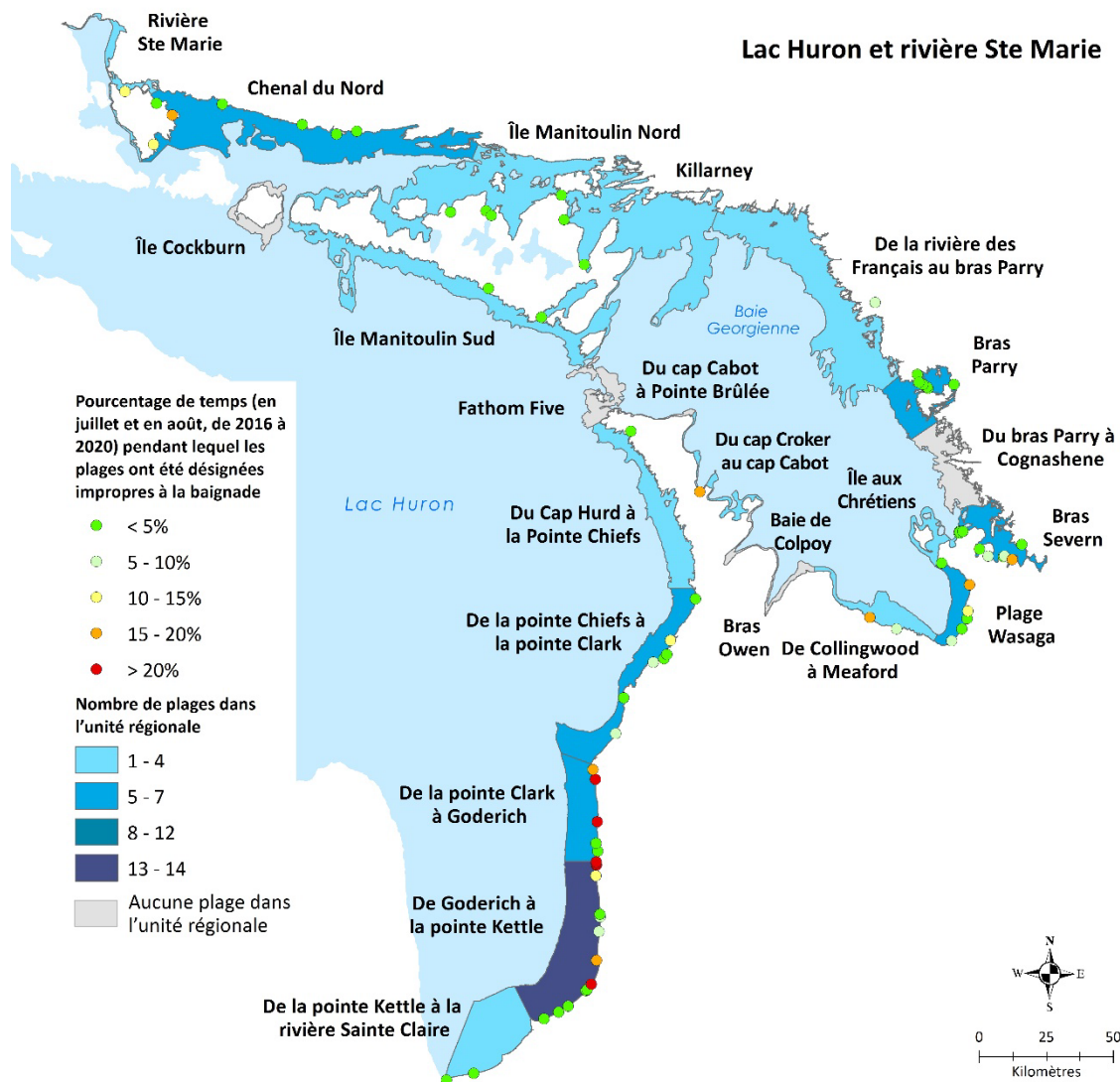
Les plages ayant été jugées impropres à la baignade pendant le pourcentage de temps moyen le plus élevé se trouvent dans les unités régionales de la pointe Clark à Goderich et de Goderich à la pointe Kettle (voir la figure 9). La plage principale de Goderich a fait l'objet d'une mise en garde 31 % du temps pendant les mois de juillet et d'août, de 2016 à 2020, soit le plus haut pourcentage de temps parmi toutes les plages du lac Huron. L'unité régionale de Goderich

à la pointe Kettle compte 14 plages surveillées, soit le plus grand nombre de toutes les unités régionales.

L'unité régionale du cap Croker au cap Cabot a fait l'objet de mises en garde 19 % du temps, soit le taux le plus élevé de toutes les unités régionales. Cette unité compte d'ailleurs la seule plage (Lion's Head) jugée impropre à la baignade 100 % du temps en juillet 2018.

La mesure ne s'applique pas dans les unités régionales de l'île Cockburn, du bras Parry à Cognashene, du bras Owen, de la baie de Colpoy, du cap Cabot à la pointe Brûlée ou de Fathom Five, car on n'y trouve aucune plage surveillée.

Figure 9. Le nombre de plages surveillées publiquement dans chaque unité régionale et le pourcentage de fois où chaque plage a été signalée comme dangereuse pour la baignade au cours de la saison 2016-2020.



### **Qualité de l'eau potable traitée**

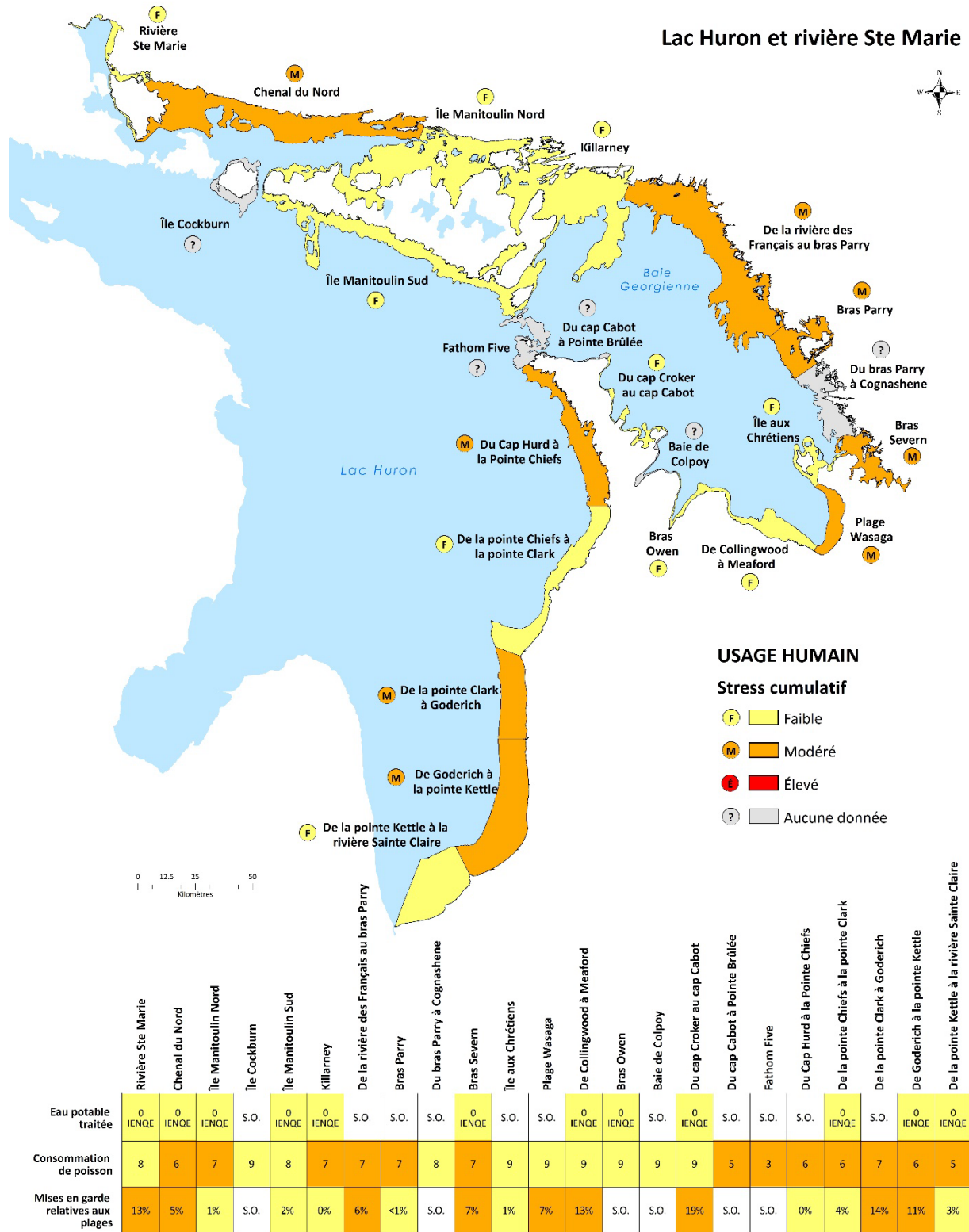
<b>Stress faible</b>	Aucun incident lié à la qualité de l'eau
<b>Stress modéré</b>	Ne s'applique pas – tout incident est considéré comme un stress élevé
<b>Stress élevé</b>	Un ou plusieurs incidents liés à la qualité de l'eau

Les seuils sont fondés sur les normes de qualité de l'eau potable de l'Ontario, en tenant compte des données du ministère de l'Environnement, de la Protection de la nature et des Parcs de l'Ontario (2015-2020).

Aucune des stations d'épuration municipales des unités régionales du lac Huron n'a connu d'incidents liés à la qualité de l'eau de 2015 à 2020. Il n'y a pas de station de traitement d'eau dans les unités régionales de l'île Cockburn, de la rivière des Français au bras Parry, du bras Parry, du bras Parry à Cognashene, de l'île aux Chrétiens, de la plage Wasaga, de la baie de Colpoy, du cap Cabot à la pointe Brûlée, de Fathom Five, du cap Hurd à la pointe Chiefs et de la pointe Clark à Goderich.



Figure 10. Résultats de la catégorie Utilisations humaines (la mention « s.o. » signifie que la mesure ne s'applique pas à l'unité régionale).



# Lacunes dans les données et limites de la recherche scientifique sur les eaux littorales

Les données utilisées dans l'évaluation ayant été obtenues de différents partenaires dans le cadre de programmes de surveillance existants, elles sont de types, de formats, de résolutions variables, conception de l'étude et utilisation prévue des données. Le cas échéant, on a utilisé les données de programmes de surveillance à long terme. Divers programmes de surveillance et relevés 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 Huron a fait ressortir un certain nombre de lacunes dans les données scientifiques et l'information disponible sur la qualité de l'eau, les contaminants et la santé écologique dans les zones littorales. 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. 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 science de la télédétection pour les données sur la santé des écosystèmes;
- en apportant un soutien constant aux programmes existants de surveillance à long terme.
- en effectuant la mise en commun en temps utile des données de surveillance par le biais de plateformes de données ouvertes.

Au-delà des limites qui ont rendu impossible l'évaluation rigoureuse 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 pour chaque catégorie. Ces limites sont décrites brièvement ci-dessous.

## Processus littoraux

L'inventaire des barrages 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

périodiquement 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 dans la mesure relative à 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 le temps, compte tenu de la taille des Grands Lacs et des conditions météorologiques qui freinent les travaux d'échantillonnage. Les grands navires de recherche souvent utilisés pour les programmes de surveillance fédéraux ne peuvent pas toujours accéder aux eaux côtières en raison des limites de profondeur. Un plus grand 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 et leur finalité ainsi que les paramètres mesurés sont multiples. Malgré la diversité des programmes de surveillance, on dispose de peu de données pour mesurer les contaminants dans l'eau et les sédiments à une échelle appropriée à la région et offrant une couverture panlacustre (voir la figure 11 et le tableau 6). 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 des contaminants organochlorés (dioxines et furanes), on dispose de données très limitées pour mesurer la santé globale des zones littorales sous le rapport des contaminants. Bon nombre des contaminants récents et nouveaux, comme les substances perfluoroalkylées et polyfluoroalkylées (PFAS), dont il existe près de 5 000 types (US FDA, 2020), ne sont pas suffisamment bien compris. Seul un sous-ensemble de seuils a été établi pour la sécurité des PFAS et des méthodes d'analyse limitées ont été développées. Par ailleurs, les concentrations sont parfois trop faibles pour être décelées par le matériel de laboratoire existant.

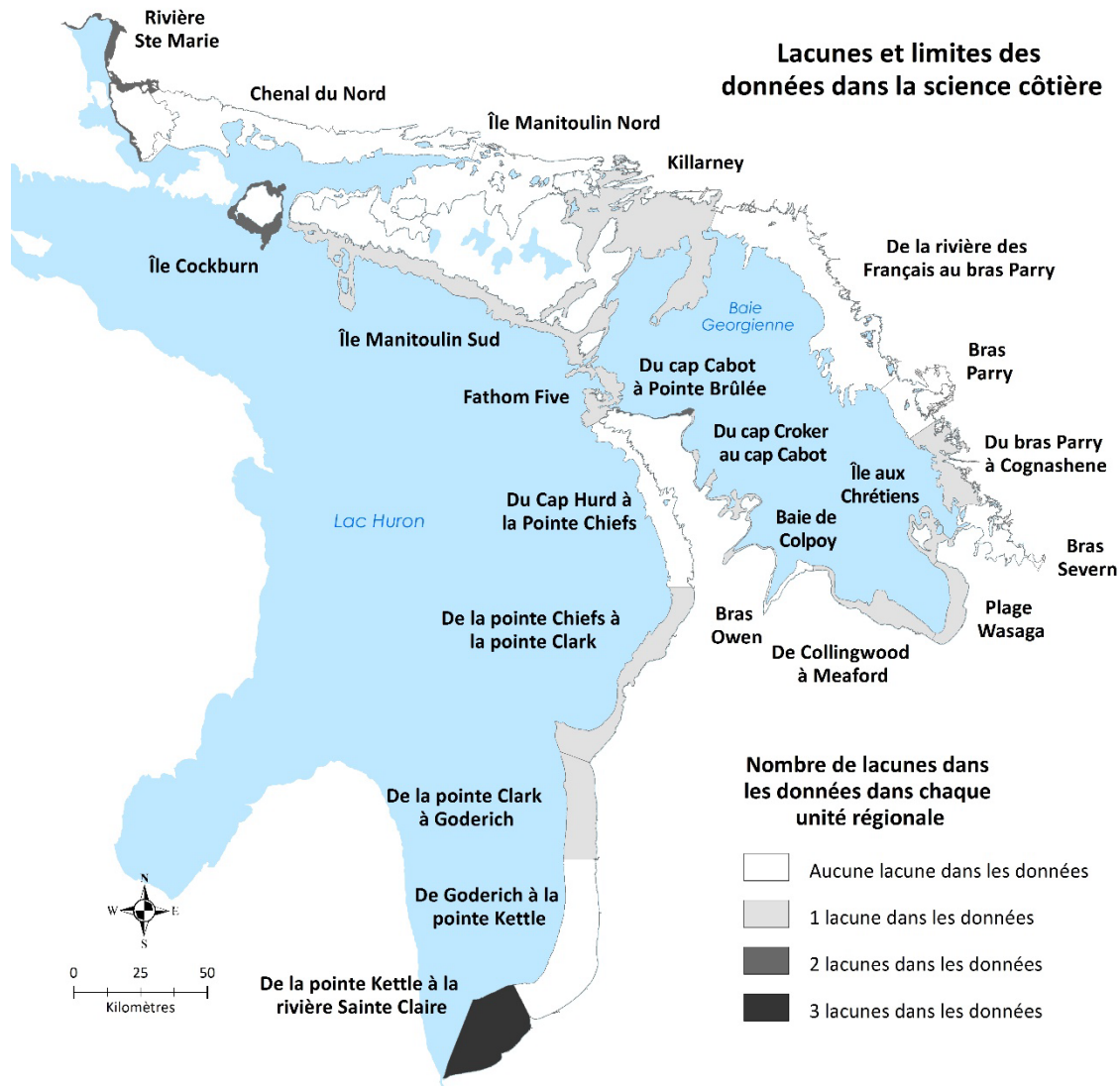
Un échantillonnage accru dans les stations de surveillance à long terme existantes améliorerait les résultats pour toutes les mesures relatives aux contaminants. L'ajout d'une couverture spatiale, mais le fait de continuer à s'assurer que la sélection des sites a lieu dans les zones où existent des sédiments de dépôt peut améliorer l'utilité des données pour refléter les conditions ambiantes. Par ailleurs, l'ajout de sites d'échantillonnage de la communauté benthique, et augmentation de la couverture temporelle et spatiale et l'utilisation de données sur l'habitat sont essentiels si l'on veut accroître le degré de confiance dans l'évaluation globale des eaux littorales.

Tableau 5. Dans le lac Huron, il existe des lacunes dans les données pour la catégorie Contaminants dans l'eau et les sédiments.

	Qualité des sédiments (chimie des	Communauté benthique (sites de	Qualité de l'eau (données de contrôle et de
--	-----------------------------------	--------------------------------	---

	sédiments dans les zones riveraines des Grands Lacs, MEPNP, 2009, 2011, 2015)	référence et secteurs préoccupants des Grands Lacs, ECCC, 2010-2014)	surveillance de la qualité de l'eau des Grands Lacs, ECCC, 2015-2018)
Rivière Ste-Marie	Une station d'échantillonnage existe mais seules les données disponibles sont liées aux nutriments, donc incapables d'évaluer		Pas de station d'échantillonnage
Île Cockburn	Pas de station d'échantillonnage	Pas de station d'échantillonnage	
Île Manitoulin Sud		Pas de station d'échantillonnage	
Killarney	Pas de station d'échantillonnage		
Du bras Parry à Cognashene			Pas de station d'échantillonnage
Île aux Chrétiens	Pas de station d'échantillonnage		
Plage Wasaga			Pas de station d'échantillonnage
De Collingwood à Meaford		Pas de station d'échantillonnage	
Baie de Colpoy			Pas de station d'échantillonnage
Du cap Croker au cap Cabot	Pas de station d'échantillonnage		
Du cap Cabot à la pointe Brûlée	Pas de station d'échantillonnage	Pas de station d'échantillonnage	
Fathom Five		Pas de station d'échantillonnage	
De la pointe Chiefs à la pointe Clark		Pas de station d'échantillonnage	
De la pointe Clark à Goderich		Pas de station d'échantillonnage	
De la pointe Kettle à la rivière Sainte-Claire	Pas de station d'échantillonnage	Pas de station d'échantillonnage	Pas de station d'échantillonnage

Figure 11. Dans le lac Huron, il existe des lacunes dans les données pour les mesures de la qualité des sédiments, de la qualité de l'eau et de la communauté benthique.



## Algues nuisibles et nocives

Les données de l'indice de cyanobactéries obtenues par satellite et produites par la NOAA n'étaient disponibles que pour une année (2019) au moment de l'évaluation. L'inclusion d'années supplémentaires de données refléterait mieux les différents facteurs climatiques qui peuvent contribuer à la prolifération d'algues. Il est possible que les variations interannuelles des précipitations et de la température entraînent la prolifération d'algues dans différentes zones littorales. La prise en compte de cinq années de données pourrait permettre de détecter des incidents de prolifération d'algues dans des unités régionales actuellement considérées

comme exemptes de telles proliférations. De plus, lorsque des proliférations ont été détectées sur les images satellitaires, aucun échantillonnage correspondant n'a été effectué dans le lac pour confirmer si la prolifération produisait activement des toxines ou non. Un échantillonnage sur place des proliférations permettrait de mieux caractériser le risque réel pour la santé humaine.

Le produit de cartographie obtenu par satellite du MTRI utilisé pour évaluer la mesure de *Cladophora* a une couverture spatiale pour l'ensemble du lac Huron. Ce produit utilise les images composites satellitaires Landsat 8 des saisons de croissance végétative de 2016 à 2019 afin de classer la végétation aquatique submergée dans la partie optiquement visible du lac. Or, l'algorithme utilisé pour classer la végétation aquatique submergée a été mis au point pour les lacs inférieurs (lac Érié et lac Ontario) et devra peut-être être adapté pour les lacs supérieurs (lac Huron et lac Supérieur). Dans le lac Huron, les résultats indiquent des étendues élevées de végétation aquatique submergée dans des zones où les algues nuisibles ne sont pas actuellement un problème connu (p. ex. le sud de la baie Georgienne). Il n'existe pas de données d'échantillonnage dans le lac permettant de vérifier ces résultats satellitaires. La seule zone où les résultats ont pu être vérifiés est la rive sud-est du bassin principal, de Tobermory à la rivière Sainte-Claire. Ainsi, la mesure de *Cladophora* n'a été évaluée que dans cinq unités régionales.

Pour vérifier les résultats obtenus ailleurs dans le lac Huron, il faudrait mieux comprendre comment les propriétés optiques du lac peuvent influencer les valeurs de réflectance. Entre autres exemples, si l'on pouvait différencier les variations saisonnières des algues (y compris les diatomées benthiques), la limite extérieure de la classification (c.-à-d. la profondeur) et le dépôt détritique, on pourrait interpréter les résultats avec plus de confiance. Des observations locales, des photographies ou d'autres rapports de ce type sur les algues nuisibles ainsi que l'échantillonnage sur place et la surveillance benthique aideraient à mieux caractériser cette mesure.

## Utilisations humaines

La qualité des eaux récréatives n'est pas évaluée régulièrement dans toutes les zones accessibles pour la baignade. Un plus grand 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 unités de santé, certaines unités prélevant des échantillons quotidiennement et d'autres toutes les deux semaines. Dans certains cas, les plages continueront d'être désignées impropres à la baignade jusqu'au prochain échantillonnage, même si les mauvaises conditions n'ont pas persisté pendant toute la période entre les échantillonnages. Un échantillonnage plus fréquent permettrait de déterminer plus exactement le nombre de jours où l'eau est impropre à la baignade puisque la durée des mises en garde 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 eaux littorales sont propices à la baignade.



# Prochaines étapes

On répétera l'évaluation globale des eaux littorales du lac Huron afin de surveiller les changements survenus au fil du temps. On intégrera les zones qui présentent une grande valeur écologique et d'autres facteurs liés à l'habitat afin de réaliser une évaluation vraiment exhaustive. Les résultats de cette évaluation seront inclus dans le Plan d'action et d'aménagement panlacustre du lac Huron de 2022-2026 et fournis aux collectivités et aux intervenants qui souhaitent collaborer à l'établissement des priorités de gestion et prendre des mesures pour protéger les zones de grande valeur écologique qui sont ou pourraient être soumises à un stress. Les signataires du Partenariat du lac Huron et de 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, comme 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 (initiative conjointe relative aux activités scientifiques et à la surveillance) 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 pour chacun des Grands Lacs canadiens, à mesure que les plans d'action et d'aménagement panlacustre sont élaborés.

En 2022, l'Évaluation globale de l'état des eaux littorales canadiennes – y compris 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 données sur les invertébrés benthiques pour le Cadre sur les zones littorales du lac Huron

Lee Grapentine, chercheur scientifique, DRHEBV, DSDE

18 juin 2021

### A. Données sur le benthos provenant d'Environnement et Changement climatique Canada (ECCC)

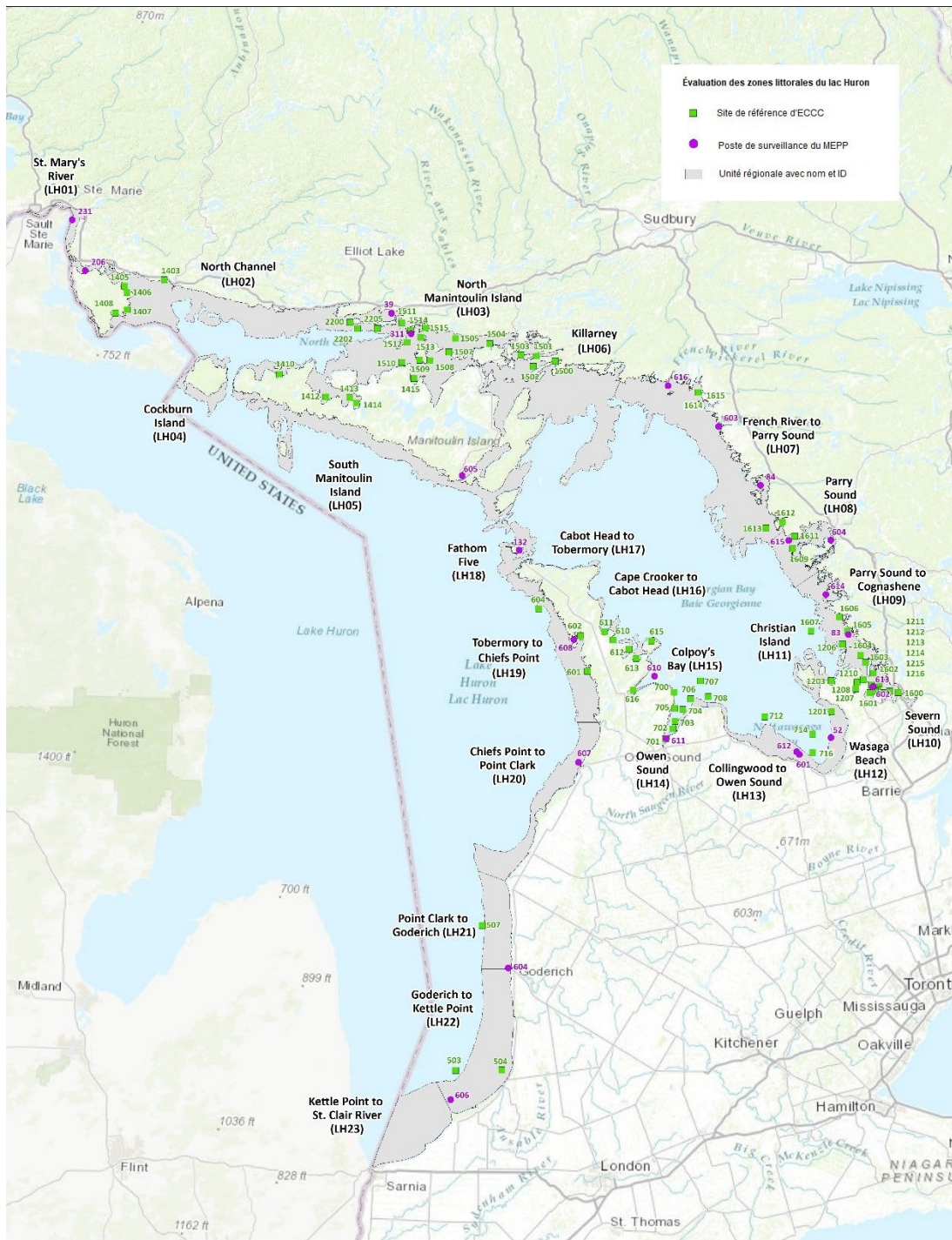
Les données disponibles sur le substrat meuble pour les années 2010 à 2014 provenant des secteurs préoccupants de la rivière Sainte-Marie et du port de Spanish et d'autres sites de référence dans le lac Huron ont été subdivisées en sous-ensembles à partir du fichier de données « AOCs & ref sites benthos (F, LL)+habitat data.xlsx ». (Dans le présent document, on emploie indifféremment les termes « site » et « station ».) Ces données ont été recueillies à l'occasion de multiples sondages sur l'état benthique des Grands Lacs à l'appui des évaluations financées par le PAGL sur la situation des deux SP.

Les données portent sur l'état des habitats (67 variables) et sur des densités des macroinvertébrés benthiques identifiées au plus bas niveau possible (LL) (297 taxons). Les données sur le benthos sont les densités (nombre par m<sup>2</sup>) des taxons identifiés au plus bas niveau possible. Les sites ont été attribués aux unités régionales (UR) du Cadre sur les zones littorales par J. Sherwood. Les limites extracôtières des unités se trouvent à 30 m de profondeur. La dimension des mailles des tamis pour le traitement des échantillons était de 0,250 mm. Au [tableau 1](#), on a comptabilisé les nombres relatifs aux sites d'ECCC visités le plus récemment dans chaque unité régionale, et échantillonnés chaque année.

**Tableau 6.** Nombre de sites d'ECCC dans le lac Huron échantillonnés par unité régionale et par année (2010-2014).

ID de l'UR	Nom de l'unité régionale	Année					Total de l'UR
		2010	2011	2012	2013	2014	
LH01	Rivière Sainte-Marie	8	0	0	0	0	8
LH02	Chenal North	0	0	19	7	0	26
LH03	Île Manitoulin Nord	0	0	9	1	2	12
LH04	Île Cockburn	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée
LH05	Île Manitoulin Sud	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée
LH06	Killarney	0	0	3	0	1	4
LH07	Rivière des Français jusqu'à Parry Sound	0	0	2	0	2	4
LH08	Parry Sound	0	1	0	0	1	2

LH09	De Parry Sound à Cognashene	1	1	0	1	0	3
LH10	Bras Severn	7	2	0	0	5	14
LH11	Île Christian	0	1	0	0	0	1
LH12	Plage Wasaga	0	0	0	1	0	1
LH13	De Collingwood à Meaford	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée
LH14	Owen Sound	0	2	1	0	0	3
LH15	Baie de Colpoy	0	1	0	0	0	1
LH16	De Cape Croker à Cabot Head	1	1	0	1	0	3
LH17	De Cabot Head à Bumt Point	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée
LH18	Fathom Five	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée
LH19	De Cape Hurd à ChiefsPoint	0	1	1	0	0	2
LH20	De ChiefsPoint à PointClark	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée
LH21	De Point Clarkà Goderich	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée
LH22	De Goderich à Kettle Point	1	0	0	0	0	1
LH23	De Kettle Point à la rivière Sainte-Claire	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée
	Total de l'année	18	10	35	11	11	85



**Figure 12.** Carte des unités régionales du lac Huron et lieux des stations du MEPP et d'ECCC. Les stations d'ECCC dans les secteurs préoccupants de la rivière Sainte-Marie et du port de Spanish ne figurent pas sur la carte. Cette carte provient de J. Sherwood.

### Préparation des données

On a utilisé pour l'évaluation les données des années 2010, 2011, 2012, 2013 et 2014.

- 85 sites dans le lac Huron (notamment dans la rivière Sainte-Marie) ont été échantillonnés au moins une fois entre 2010 et 2014 à partir d'endroits situés dans les limites de 15 unités régionales.
- 3 sites ont été échantillonnés deux fois durant cette période; seul le plus récent des 2 échantillons figurait dans les analyses.
- Le nombre de taxons a été déterminé au niveau du genre. Cela consiste à faire la somme des nombres pour toutes les espèces du même genre, ce qui améliore la comparabilité entre cet ensemble de données et d'autres. L'ensemble de données qui en résulte contient des nombres (densités) relatifs à 189 taxons et 85 sites.
- Le nombre de stations par unité régionale varie de 0 à 26. Sur les 23 unités, 8 n'ont pas de stations d'ECCC. (Dans le présent rapport, site = station.)
- **Fichiers de données et d'analyse** : « Lake Huron ECCC reference and AOC site data.xlsx », feuille « LLbenth 1 »; « ECCC Huron sites analyses.mpx »

## Méthodes d'évaluation

Pour évaluer l'état ou la « santé » des communautés benthiques, il faut définir ce que l'on entend par état dégradé par opposition à état non dégradé. Cela n'est pas simple. Contrairement aux mesures physiques et chimiques de la qualité de l'environnement, pour lesquelles des repères ou des seuils sont souvent liés à divers niveaux de qualité (p. ex., bon, assez bon, médiocre), les communautés benthiques ont généralement peu d'indicateurs et de repères acceptés liés à des niveaux définis de dégradation. De nombreux indices ont été conçus et mis en application, mais ceux-ci sont souvent propres à des secteurs particuliers à l'étude et nécessitent un réétalonnage pour être utilisés ailleurs. C'est pourquoi les évaluations du benthos dans les sites de mesure nécessitent généralement des comparaisons avec le benthos dans les sites de référence. Ainsi, plutôt que d'avoir la valeur particulière d'un descripteur indiquant la dégradation d'une communauté, la dégradation est désignée par une différence statistique par rapport à l'état de référence (dans le sens associé aux effets néfastes). Malheureusement, à l'instar des lacs Érié, Ontario et Supérieur, les données disponibles à partir des projets du GLAP d'ECCC pour le lac Huron n'ont pas été recueillies de manière à pouvoir caractériser l'état de référence et à le comparer à l'état de l'unité régionale.

Les échantillons d'invertébrés benthiques ont par conséquent été quantifiés par trois descripteurs de la communauté d'invertébrés benthiques :

- benthos total (nombre total de spécimens dans l'échantillon ou le secteur);
- richesse taxinomique (nombre de taxons présents dans l'échantillon ou le secteur);
- régularité (mesure de la répartition des spécimens parmi les taxons de l'échantillon ou du secteur).

Alors que les deux premiers descripteurs sont relativement simples à calculer, il existe plusieurs formules pour décider de la régularité. Ici, j'ai calculé la régularité de Pielou :

$E = H'/\ln(\text{richesse})$ , où  $H'$  est l'indice de diversité Shannon ( $H' = -\sum p_i \ln p_i$ , et  $p_i$  est la fréquence

relative du taxon  $i$  dans l'échantillon).  $E$  varie de 0 à 1 et est une mesure de la diversité ajustée selon le nombre de taxons.

On a comparé les communautés benthiques parmi les unités régionales en fonction de chacun de ces descripteurs. De manière générale, on estime que des valeurs supérieures de ces descripteurs indiquent un meilleur état de la communauté que des valeurs inférieures. Toutefois, une abondance totale élevée assortie d'une faible richesse et/ou régularité indique une surdominance d'un ou de plusieurs taxons, ce qui peut être indicatif d'une dégradation.

Afin de convertir les 3 descripteurs de benthos en une dimension de l'état d'une communauté, on a procédé à une analyse des composantes principales (ACP) sur une matrice de corrélation calculée à partir du benthos total, de la richesse taxinomique et de la régularité. Pour tenir compte de l'influence du nombre inégal de stations par unité régionale, les moyennes des unités régionales ont été calculées pour les descripteurs avant l'ACP.

Selon les 2 premiers axes de l'ACP, un gradient de qualité correspondant à une hausse du benthos total, de la richesse taxinomique et de l'indice de régularité a été attribué à la ligne qui passe par le point d'origine dont l'angle par rapport à l'axe des abscisses est la moyenne des angles du poids des 3 descripteurs dans le diagramme de double projection de l'ACP. Les résultats relatifs à chacune des 15 unités régionales ont été projetés perpendiculairement sur la ligne du niveau de qualité. Les positions sur la ligne ont été regroupées en 3 catégories qui correspondent à un état médiocre, assez bon et bon du benthos (ce qui correspond à un stress faible, modéré et élevé) dans les unités régionales.

## Analyse des données

1. Calcul des descripteurs des communautés benthiques : benthos total, richesse taxinomique, indice de régularité.

Les valeurs des descripteurs ont été calculées pour commencer au sujet de chacun des 85 sites ([tableau 2](#)). Le benthos total est indiqué par la « somme », la richesse taxinomique par « S » et l'indice de régularité par « E ». L'indice de diversité de Shannon est également donné (« H' »), lequel sert à calculer l'indice de régularité ainsi que l'indice de diversité de Simpson.

**Tableau 2.** Statistiques descriptives des données d'ECCC sur le benthos au niveau du genre dans le lac Huron entre 2010 et 2014. Les valeurs intéressent chacun des 85 sites (rangées) provenant d'un ensemble de données comportant 189 variables de taxon.

Sommaire de :		85 emplacements		N =		189 variables					
Numéro	Nom	Moyenne	Écart-type	Somme	Minimum	Maximum	S	E	H'	D	
1	0612	55,846	293,206	10554,8584	0,000	3076,000	18	0,765	2,212	0,8496	
2	1207	72,121	422,144	13630,8506	0,000	5367,910	24	0,734	2,333	0,8144	
3	1210	23,934	155,599	4523,5200	0,000	1930,040	14	0,742	1,958	0,7723	
4	1211	29,359	168,149	5548,8306	0,000	1809,410	13	0,794	2,037	0,8221	
5	1213	20,743	114,593	3920,3799	0,000	1206,270	11	0,850	2,037	0,8341	
6	1215	27,763	147,799	5247,2700	0,000	1568,150	16	0,807	2,238	0,8456	
7	1600	24,115	119,139	4557,7207	0,000	1317,250	58	0,649	2,636	0,8662	
8	1603	22,338	109,536	4221,9302	0,000	844,390	16	0,823	2,281	0,8682	
9	1606	56,018	333,927	10587,4795	0,000	4329,000	44	0,648	2,452	0,8077	
10	0613	52,974	374,396	10012,0498	0,000	4704,460	13	0,690	1,770	0,7318	
11	0616	166,261	667,068	31423,3516	0,000	5729,790	32	0,782	2,710	0,9100	

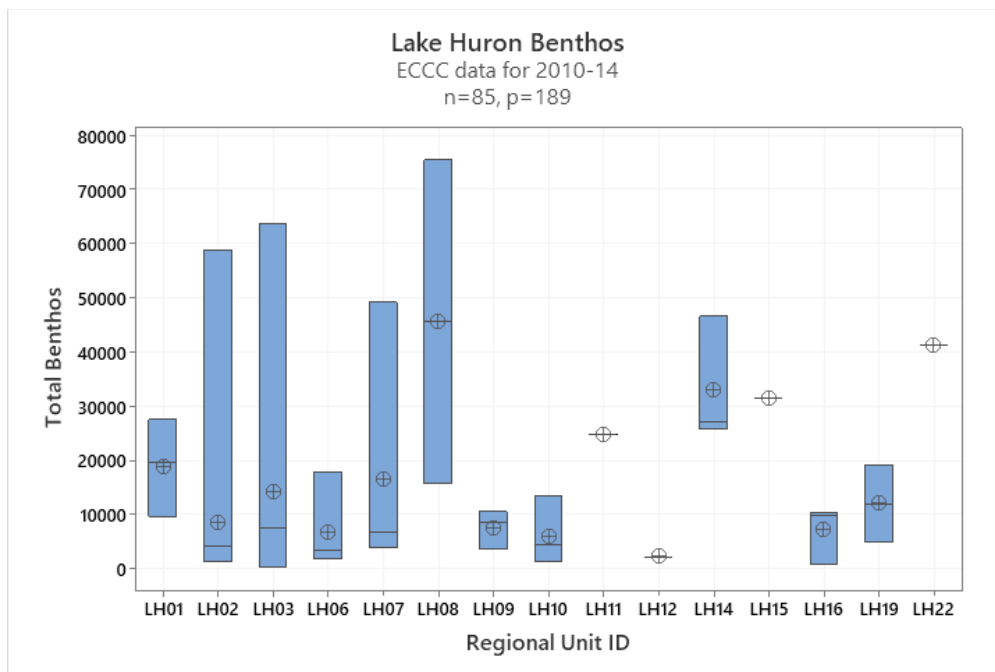


12	0701	143,604	960,663	27141,1250	0,000	7961,400	16	0,601	1,666	0,7592
13	0702	136,264	1118,740	25753,8906	0,000	13992,760	17	0,512	1,452	0,6400
14	1203	131,158	658,462	24788,8906	0,000	6513,870	23	0,740	2,320	0,8621
15	1214	60,313	336,675	11399,2480	0,000	3498,190	17	0,747	2,116	0,8307
16	1602	26,487	199,192	5006,0200	0,000	2412,550	11	0,650	1,559	0,6971
17	1605	45,315	231,986	8564,5098	0,000	2050,660	18	0,780	2,256	0,8568
18	1609	83,929	262,276	15862,5098	0,000	1568,150	28	0,911	3,035	0,9433
19	0700	246,360	1378,360	46562,1094	0,000	16646,561	26	0,707	2,303	0,8300
20	1614	27,763	145,823	5247,2500	0,000	1507,840	18	0,787	2,276	0,8495
21	1615	43,400	238,842	8202,6504	0,000	2291,920	18	0,749	2,166	0,8353
22	0615	5,333	31,920	1008,0099	0,000	371,060	16	0,726	2,012	0,8062
23	1201	12,434	54,771	2350,0107	0,000	507,110	27	0,774	2,551	0,8926
24	1206	20,104	158,845	3799,7400	0,000	2050,660	9	0,691	1,518	0,6662
25	1208	20,104	95,161	3799,7400	0,000	844,390	15	0,859	2,326	0,8768
26	1212	11,488	62,386	2171,2500	0,000	723,760	13	0,853	2,187	0,8395
27	1216	67,015	331,540	12665,8047	0,000	3196,620	28	0,734	2,444	0,8659
28	1601	20,743	106,543	3920,3804	0,000	1085,650	16	0,820	2,273	0,8559
29	1604	7,021	38,206	1326,8800	0,000	361,880	9	0,905	1,988	0,8388
30	1611	398,580	1924,982	75331,6953	0,000	23341,369	51	0,691	2,719	0,8719
31	1612	260,082	1089,582	49155,5312	0,000	10554,890	48	0,735	2,845	0,9023
32	1613	20,941	96,371	3957,9102	0,000	958,570	33	0,727	2,542	0,8832
33	0504	218,597	1637,830	41314,8125	0,000	21531,971	25	0,574	1,848	0,6993
34	0602	26,569	108,947	5021,5908	0,000	878,170	39	0,741	2,713	0,9062
35	0601	101,161	647,529	19119,3984	0,000	7539,200	20	0,665	1,992	0,7791
36	1406	76,908	318,716	14535,5693	0,000	3256,940	30	0,817	2,779	0,9043
37	1408	310,503	1026,274	58685,1602	0,000	7780,460	58	0,789	3,205	0,9372
38	1410	91,587	574,971	17309,9883	0,000	7478,890	26	0,693	2,257	0,7873
39	1412	38,932	195,698	7358,2300	0,000	1809,410	20	0,776	2,326	0,8617
40	1414	41,805	204,164	7901,0801	0,000	1869,720	17	0,824	2,336	0,8692
41	1415	104,033	635,104	19662,2285	0,000	6755,130	18	0,665	1,921	0,7986
42	1501	21,062	170,760	3980,6802	0,000	2171,290	9	0,652	1,433	0,6488
43	1502	16,275	108,575	3076,0000	0,000	1145,960	8	0,801	1,665	0,7605
44	1503	10,212	56,432	1930,0302	0,000	482,510	9	0,887	1,949	0,8340
45	1505	7,978	77,160	1507,8301	0,000	1025,330	5	0,631	1,015	0,5024
46	1507	21,381	128,039	4041,0000	0,000	1206,270	8	0,853	1,774	0,8060
47	1509	104,671	656,984	19782,8438	0,000	8564,530	32	0,665	2,304	0,7874
48	1514	336,033	1224,030	63510,2266	0,000	8323,280	37	0,786	2,838	0,9249
49	1515	28,721	198,637	5428,2100	0,000	2533,170	16	0,695	1,927	0,7430
50	2205	10,850	43,520	2050,6499	0,000	361,880	15	0,943	2,552	0,9100
51	2208	101,161	782,315	19119,3906	0,000	8262,970	18	0,522	1,509	0,6800
52	1508	100,522	444,695	18998,7422	0,000	4221,950	28	0,783	2,608	0,8917
53	1413	28,721	131,608	5428,2002	0,000	965,020	18	0,826	2,387	0,8842
54	1500	94,778	444,091	17913,0977	0,000	5066,340	37	0,745	2,689	0,8792
55	1504	2,234	15,701	422,1800	0,000	180,940	5	0,917	1,475	0,7347
56	601DB	14,360	54,638	2714,1101	0,000	422,200	15	0,963	2,607	0,9185
57	609DB	28,402	172,795	5367,8901	0,000	2110,970	16	0,749	2,077	0,7999
58	613DB	13,084	82,776	2472,8503	0,000	965,020	11	0,788	1,889	0,7841
59	67MAB	23,296	117,770	4402,8501	0,000	1025,330	18	0,801	2,314	0,8602
60	67MGI	21,700	188,562	4101,3096	0,000	2533,170	12	0,598	1,485	0,5973
61	67MSI	55,527	245,461	10494,5293	0,000	2231,600	24	0,794	2,524	0,8919
62	67MWC	22,977	125,237	4342,5605	0,000	1387,210	14	0,816	2,154	0,8383
63	67SRC03	7,340	50,193	1387,2000	0,000	603,140	8	0,813	1,690	0,7486
64	67SRC09	135,307	766,795	25572,9902	0,000	6936,070	12	0,787	1,955	0,8257
65	67SRC10	15,637	75,462	2955,3599	0,000	784,080	15	0,871	2,360	0,8721
66	67SRC11	8,935	46,936	1688,7601	0,000	422,200	11	0,882	2,115	0,8495
67	67SRC13	23,615	151,042	4463,1899	0,000	1869,720	15	0,745	2,018	0,7794
68	67SRC16	142,965	1178,901	27020,4648	0,000	15741,850	26	0,522	1,701	0,6368
69	67SRC17	25,529	139,668	4825,0601	0,000	1387,210	17	0,777	2,202	0,8372
70	67SRC26	15,956	83,319	3015,6799	0,000	904,700	14	0,849	2,239	0,8512
71	AI-1	13,084	88,863	2472,8501	0,000	844,390	7	0,816	1,587	0,7519
72	AI-2	9,254	56,769	1749,0902	0,000	542,820	8	0,854	1,777	0,7967
73	AI-3	11,807	46,502	2231,5703	0,000	361,880	19	0,914	2,693	0,9131
74	AI-4	15,956	87,178	3015,6504	0,000	965,020	15	0,815	2,208	0,8376
75	AI-5	22,019	135,567	4161,6201	0,000	1447,530	15	0,735	1,989	0,7952
76	AI-6	29,678	122,793	5609,1602	0,000	1085,650	19	0,878	2,586	0,9046
77	AI-7	28,401	155,465	5367,8701	0,000	1749,100	18	0,788	2,278	0,8370
78	EC47	51,378	554,075	9710,4893	0,000	7418,580	5	0,453	0,730	0,3826
79	EC48	54,569	546,381	10313,6191	0,000	6634,500	4	0,513	0,711	0,4671
80	EC49	145,838	1087,977	27563,3320	0,000	13208,680	9	0,686	1,507	0,7018
81	EC50	126,691	1097,849	23944,5098	0,000	11761,160	11	0,486	1,166	0,5995
82	EC51	72,121	755,878	13630,8672	0,000	10313,630	13	0,407	1,045	0,4166

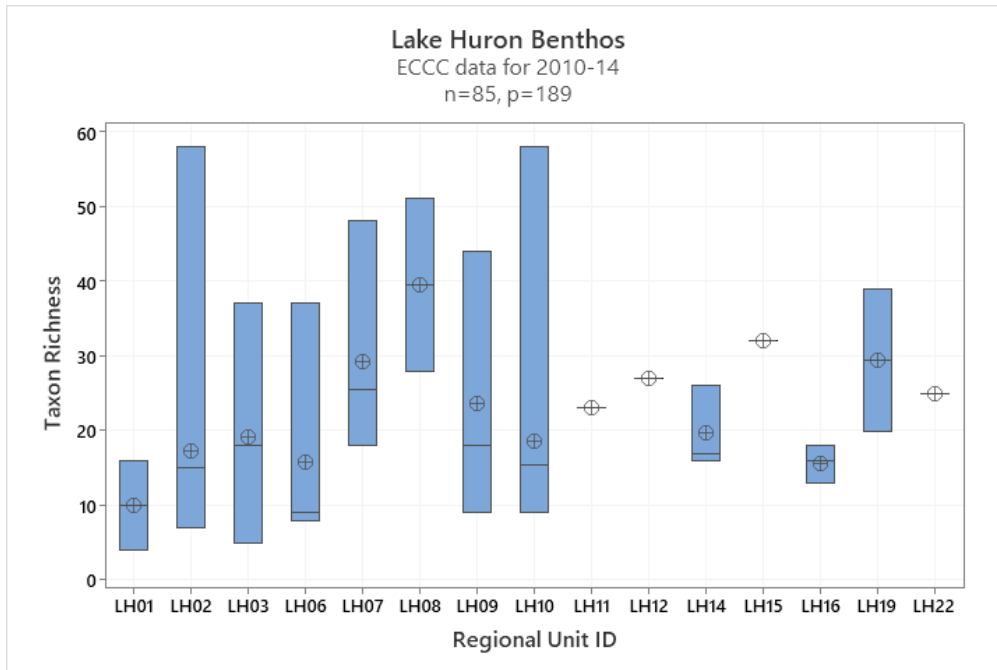
83	EC52	130,201	969,791	24607,9512	0,000	9348,610	9	0,655	1,439	0,7027
84	EC53	82,971	782,846	15681,5293	0,000	10373,940	12	0,466	1,159	0,5262
85	EC54	138,179	1320,666	26115,7852	0,000	17671,891	16	0,424	1,177	0,5139

-----  
**S = Richesse** = nombre d'éléments non à zéro dans chaque rangée  
**E = Régularité** =  $H / \ln(\text{richesse})$   
H = Diversité =  $-\sum (P_i \cdot \ln(P_i))$  = indice de diversité de Shannon  
D = indice de diversité de Simpson pour une population infinie =  $1 - \sum (P_i \cdot P_i)$   
où  $P_i$  = probabilité d'importance dans l'élément i (élément i relativisé par rangée - total)

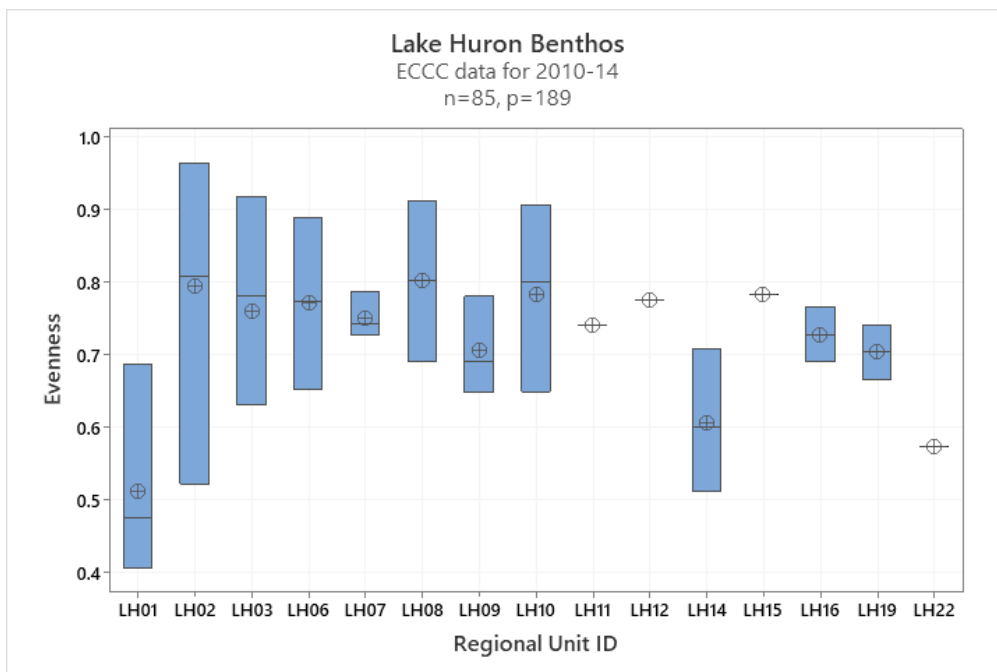
Les descripteurs des communautés benthiques sont tracés dans les diagrammes de quartiles suivants (figures 2 à 4), qui présentent l'intervalle interquartile et les symboles de moyenne. Ces graphiques indiquent l'écart entre les 11 unités régionales et au sein de chacune d'entre elles. Les comparaisons des écarts entre les unités doivent tenir compte des différences dans le nombre de sites par unité, car cela peut compromettre la variabilité au sein d'une même unité. Si l'on examine les valeurs moyennes des unités pour procéder à une comparaison entre unités, l'unité LH01 affiche les valeurs les plus basses au chapitre de la richesse et de l'indice de régularité, alors que l'unité LH08 affiche les valeurs les plus élevées en ce qui concerne les 3 descripteurs.



**Figure 13.** Benthos total moyen (nombre par m<sup>2</sup>) pour 15 unités régionales. Les diagrammes de quartiles montrent l'intervalle interquartile et les symboles de moyenne (cercle croisé). Le nombre de sites par unité régionale variait entre 1 et 26.



**Figure 14.** Richesse taxinomique moyenne (nombre de taxons au niveau du genre) pour 15 unités régionales. Les diagrammes de quartiles montrent l'intervalle interquartile et les symboles de moyenne (cercle croisé).



**Figure 15.** Régularité moyenne de 15 unités régionales. Les diagrammes de quartiles montrent l'intervalle interquartile et les symboles de moyenne (cercle croisé).

2. Calcul des moyennes de 3 descripteurs dans une unité régionale (tableau 3). Cela a pour but de tenir compte du nombre inégal de stations dans chaque unité régionale. Les unités où il y a de nombreuses stations exerceront une plus grande influence sur l'étape de classification de la qualité que les unités qui ne possèdent que quelques stations. C'est pourquoi on a fait la moyenne des descripteurs du benthos par unité régionale avant de procéder à l'ACP et au classement de la qualité.

**Tableau 3.** Descripteurs des communautés benthiques pour les sites du lac Huron d'ECSC. Les moyennes des unités régionales au sujet des données sont résumées par genre, années 2010-2014.

ID de l'UR	Nom de l'unité régionale	N <sup>bre</sup> de stations	Benthos total moyen	Richesse taxinomique moyenne	Régularité moyenne
LH01	Rivière Sainte-Marie	8	18 946	9,88	0,511
LH02	Chenal North	26	8 609	17,31	0,793
LH03	Île Manitoulin Nord	12	14 279	19,17	0,760
LH04	Île Cockburn	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée
LH05	Île Manitoulin Sud	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée
LH06	Killamey	4	6 725	15,75	0,771
LH07	Rivière des Français jusqu'à Parry Sound	4	16 641	29,25	0,750
LH08	Parry Sound	2	45 597	39,50	0,801
LH09	De Parry Sound à Cognashene	3	7 651	23,67	0,706
LH10	Bras Severn	14	5 853	18,64	0,783
LH11	Île Christian	1	24 789	23,00	0,740
LH12	Place Wasaga	1	2 350	27,00	0,774
LH13	De Collingwood à Meaford	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée
LH14	Owen Sound	3	33 152	19,67	0,607
LH15	Baie de Colpoy	1	31 423	32,00	0,782
LH16	De Cape Croker à Cabot Head	3	7 192	15,67	0,727
LH17	De Cabot Head à Burnt Point	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée
LH18	Fathom Five	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée

LH19	De Cape Hurd à ChiefsPoint	2	12 070	29,50	0,703
LH20	De ChiefsPoint à PointClark	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée
LH21	De Point Clarkà Goderich	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée
LH22	De Goderich à Kettle Point	1	41 315	25,00	0,574
LH23	De Kettle Point à la rivière Sainte-Claire	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée

Le benthos total et la richesse taxinomique sont normalement répartis par le test d'Anderson-Darlington. La régularité n'est normalement pas répartie mais elle est améliorée par la transformation  $\log(x)$ .

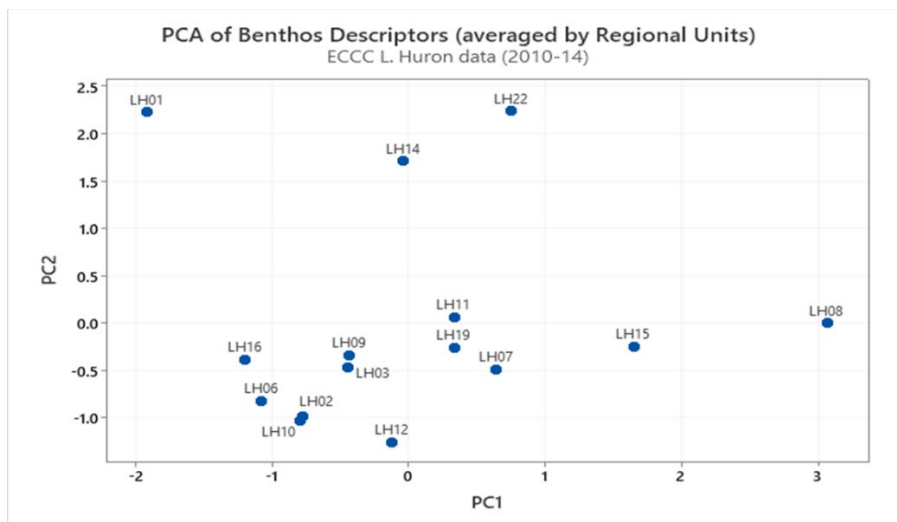
- On a procédé à l'analyse des composantes principales sur la matrice de corrélation calculée à partir des données inchangées sur le benthos total, la richesse taxinomique et la régularité. Cette étape réduit de 3 à 2 le nombre de paramètres qui décrivent le régime entre les unités régionales.

#### Eigenanalysis of the Correlation Matrix

Eigenvalue 1.5149 1.2878 0.1973  
 Proportion 0.505 0.429 0.066  
 Cumulative 0.505 0.934 1.000

#### Eigenvectors

Variable	PC1	PC2
meanTotBenth	0.588	0.564
meanRichn	0.767	-0.161
meanEvenn	0.257	-0.810



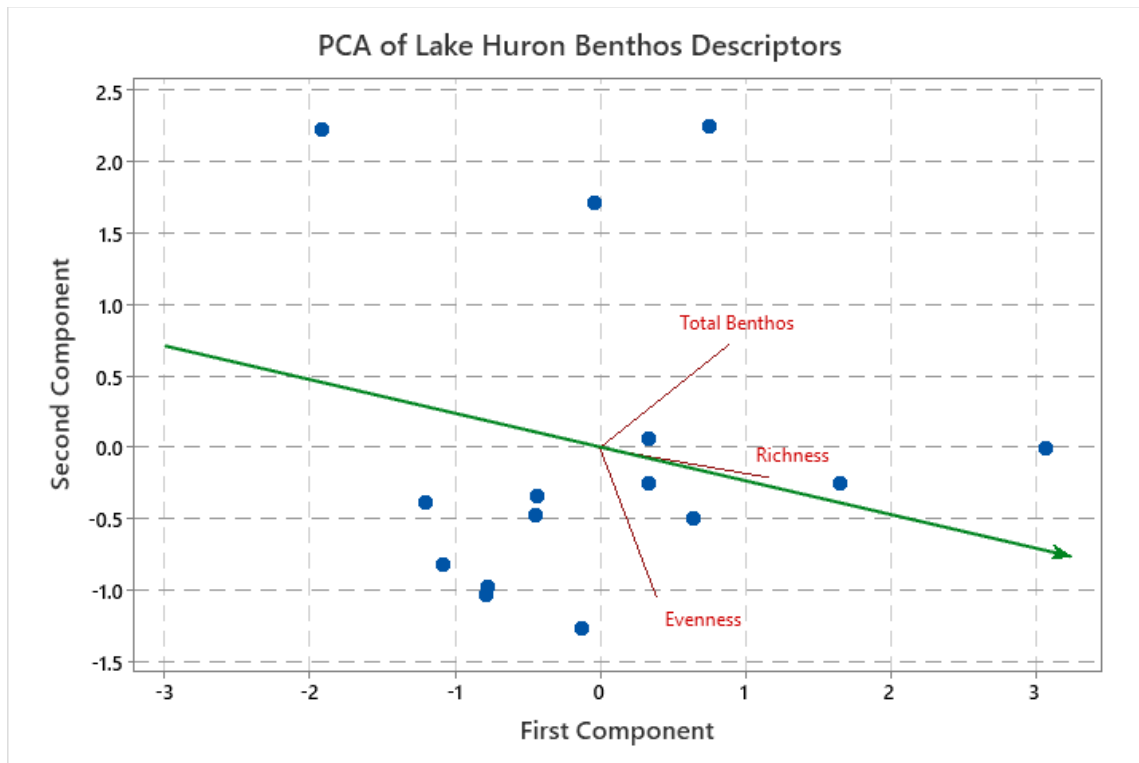
**Figure 16.** Résultats des unités régionales découlant d'une ACP de 3 descripteurs de communautés en ce qui concerne le benthos du lac Huron.

Les principaux résultats de l'ACP sont illustrés aux figures 5 et 6. Les points bleus sur le graphique sont les résultats des unités régionales dans l'espace d'ordination. Plus les 2 points sont proches l'un de l'autre, plus leurs communautés benthiques sont semblables. Les 2 axes expliquent grossièrement les valeurs égales de l'écart total des données (respectivement 51 et 41 % pour les axes 1 et 2). À la figure 6, le poids des 3 variables analysées est illustré par des lignes rouges, qui, mathématiquement, s'étendent indéfiniment depuis le point d'origine dans les deux directions. Celles-ci indiquent les directions de la hausse des descripteurs par le biais du schéma des résultats des unités régionales. (Les résultats d'une unité et le poids des descripteurs sont identiques dans toutes les figures de l'ACP, même si le poids n'est pas illustré aux figures 6 et 7.) Les projections perpendiculaires des résultats sur chacune des lignes de charge (non illustrées) indiquent les valeurs relatives des variables des descripteurs pour les unités régionales – plus elles sont loin du point d'origine, plus haute est la valeur relative de la variable.

#### 4. Détermination des cotes de qualité du benthos

Pour établir un gradient unidimensionnel de la qualité du benthos à partir des 3 descripteurs, on a tracé une ligne passant par le point d'origine correspondant à la direction qui représente le mieux la baisse/hausse conjointe des 3 descripteurs. L'angle de l'axe des abscisses de cette ligne de qualité benthique (en vert) est la moyenne des angles des 3 descripteurs. (<https://www.calculator.net/right-triangle-calculator.html> a servi à calculer les angles à partir des longueurs des deux côtés droits d'un triangle pour chaque descripteur.)

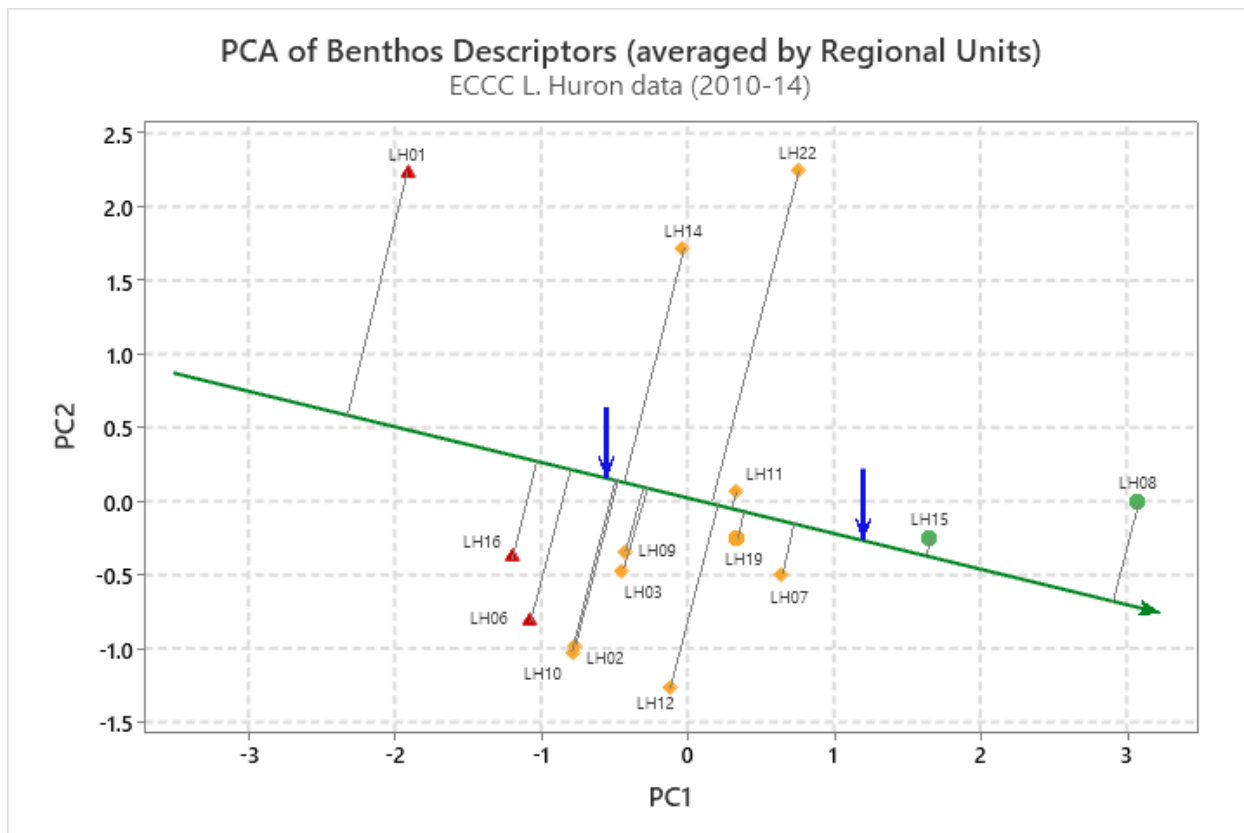




**Figure 17.** Diagramme de double projection des résultats des unités régionales (points bleus) et du poids des descripteurs (lignes rouges) d'une ACP des descripteurs des communautés benthiques (benthos total, richesse, régularité) provenant des stations d'ECBC et échantillonnés en 2010-2014. On a fait la moyenne des données des stations par unité régionale. L'angle du gradient vert de la ligne de qualité est à  $12,3^\circ$  dans le sens des aiguilles d'une montre à partir de l'axe des abscisses et représente l'angle moyen des lignes du poids des 3 descripteurs.

Des projections perpendiculaires des résultats des unités sur le gradient de qualité (figure 7) ont permis de déterminer leur qualité relative. Les classes de qualité (médiocre – rouge, assez bon – orange, bon – vert) ont été désignées en fonction des positions absolues des projections sur la ligne de qualité, laquelle est subdivisée en 3 longueurs égales, marquées par des flèches bleues, à une distance allant de minimum (LH01) à maximum (LH08).

Il devrait être possible de déterminer les classes de qualité des unités régionales en fonction de l'ordre des projections sur la ligne du gradient de qualité, ce qui aboutirait à 3 groupes comptant chacun 5 membres. La procédure à utiliser doit dépendre des hypothèses sur la manière dont la ligne représente le rythme de changement de la qualité benthique. L'approche de classement semble être celle qui exige le moins d'hypothèses, même si elle réduit par ailleurs les distances relatives aux classements, ce qui contribue à la perte de données quantitatives. Il faut signaler qu'au milieu du gradient, il y a peu de différences entre plusieurs unités.



**Figure 18.** Gradient de la qualité du benthos (ligne verte) et classes de qualité pour les unités régionales. La classe de qualité repose sur la projection perpendiculaire des résultats des unités régionales sur la ligne de qualité. Les classes de qualité (médiocre – rouge, assez bon – orange, bon – vert) ont été désignées en fonction des positions absolues des projections sur la ligne, laquelle est subdivisée en 3 longueurs égales situées à une distance allant du minimum (LH01) au maximum (LH08). La qualité des unités régionales augmente de gauche (angle supérieur) à droite (angle inférieur). Les résultats des unités régionales sont identiques à ceux des figures 5 et 6. Les flèches bleues verticales divisent la distance depuis la position maximum jusqu'à la position minimum (LH01 à LH08) sur le gradient de qualité vert en tiers de même longueur. (Voir le texte pour une analyse.)

Les cotes de qualité des 15 unités régionales sont indiquées au [tableau 4](#), les commentaires tenant compte de la cote de qualité en ce qui concerne les 3 descripteurs des communautés et les densités taxinomiques individuelles sélectionnées. À l'instar de la cote de qualité générale, ces commentaires se rapportent aux 15 unités régionales. Les commentaires sur le fait que le benthos d'une unité est distinct sur le plan taxinomique du benthos des autres unités régionales sont étayés par l'examen et l'ordination des données taxinomiques au niveau du genre.

**Tableau 4.** Qualité des communautés benthiques des unités régionales du lac Huron, selon les données des stations d'ECCC échantillonnées en 2010-2014. De manière générale, une qualité

supérieure correspond à un benthos total supérieur mais pas excessif, de même qu'à une plus grande richesse taxinomique et à un indice de régularité plus élevé.

ID de l'UR	Nom de l'unité régionale	N <sup>bre</sup> de stations	Note de stress	Commentaires
LH01	Rivière Sainte-Marie	8	Stress élevé	Plus faibles richesse et uniformité taxinomique; distinct sur le plan taxinomique
LH02	Chenal North	26	Stress modéré	Benthos total et richesse faibles; régularité élevée
LH03	Île Manitoulin Nord	12	Stress modéré	Benthos total et richesse faibles
LH04	Île Cockburn	0	Manque de données	
LH05	Île Manitoulin Sud	0	Manque de données	
LH06	Killamey	4	Stress élevé	Benthos total et richesse faibles
LH07	Rivière des Français jusqu'à Parry Sound	4	Stress modéré	Benthos total modéré; richesse et régularité élevées
LH08	Parry Sound	2	Stress faible	Benthos total, richesse et régularité les plus élevés
LH09	De Parry Sound à Cognashene	3	Stress modéré	Benthos total faible
LH10	Bras Severn	14	Stress modéré	Benthos total et richesse taxinomique faibles
LH11	Île Christian	1	Stress modéré	Benthos total modéré; richesse et régularité élevées
LH12	Plage Wasaga	1	Stress modéré	Benthos total le plus faible
LH13	De Collingwood à Meaford	0	Manque de données	
LH14	Owen Sound	3	Stress modéré	Benthos total élevé; régularité faible; distinct sur le plan taxinomique
LH15	Baie de Colpoy	1	Stress faible	Benthos total et richesse modérés; régularité élevée
LH16	De Cape Croker à Cabot Head	3	Stress élevé	Benthos et richesse taxinomique faibles; distinct sur le plan taxinomique
LH17	De Cabot Head à Burnt Point	0	Manque de données	

LH18	Fathom Five	0	Manque de données	
LH19	De Cape Hurd à Chiefs Point	2	Stress modéré	Benthos total modéré; richesse élevée
LH20	De Chiefs Point à Point Clark	0	Manque de données	
LH21	De Point Clark à Goderich	0	Manque de données	
LH22	De Goderich à Kettle Point	1	Stress modéré	Benthos total élevé; faible régularité
LH23	De Kettle Point à la rivière Sainte-Claire	0	Manque de données	

## B. Données sur le benthos provenant du ministère de l'Environnement, de la Protection de la nature et des Parcs (MEPP)

Le MEPP a procédé à la surveillance benthique de 23 stations situées dans les unités régionales du lac Huron. Les stations ont été échantillonnées dans les années 1991, 1995, 1996, 1999, 2002, 2005, 2009, 2011 et 2015. Les stations échantillonnées en 2009 ont toutes fait l'objet d'une nouvelle évaluation en 2015. Les années des échantillons figurant dans l'évaluation ont été choisies de manière à être récentes, équilibrées au maximum entre les unités, et non susceptibles d'entraîner de la confusion entre la variabilité spatiale et la variabilité temporelle. C'est ainsi que tous les échantillons des années 2011 et 2015, à l'exception des échantillons prélevés en août à la station 604 en 2015, ont été sélectionnés pour être analysés. Toutes les stations ont été échantillonnées une fois par an en août ou en septembre, à l'exception de la station 604 qui a été échantillonnée en août et en septembre 2015.

Cela fournit des données provenant d'une visite par an dans 20 stations situées dans 17 unités régionales. On a utilisé la moyenne des répliques des stations pour les analyses. La couverture temporelle et spatiale des données est identique à celle des données d'ECPC, même si le nombre de stations par unité régionale est généralement inférieur pour le MEPP quand on le compare aux données d'ECPC. Quatorze unités régionales sont représentées par une station, et 3 unités sont représentées par 2 stations. Dans six unités, il n'y avait aucune station du MEPP située dans leurs limites ([table 5](#), [figure 1](#)).

**Tableau 5.** Stations du MEPC dans les unités régionales du lac Huron avec l'année d'échantillonnage

ID de l'UR	Nom de l'unité régionale	Station(s)	Année
LH01	Rivière Sainte-Marie	206, 231	2011
LH02	Chenal North	39	2011

LH03	Île Manitoulin Nord	311	2011
LH04	Île Cockburn	Aucune donnée	Aucune donnée
LH05	Île Manitoulin Sud	605	2015
LH06	Killamey	Aucune donnée	Aucune donnée
LH07	Rivière des Français jusqu'à Parry Sound	84, 616	2015
LH08	Parry Sound	615	2015
LH09	De Parry Sound à Cognashene	83, 614	2015
LH10	Bras Severn	613	2015
LH11	Île Christian	Aucune donnée	Aucune donnée
LH12	Plage Wasaga	52	2015
LH13	De Collingwood à Meaford	612	2015
LH14	Owen Sound	611	2015
LH15	Baie de Colpoy	610	2015
LH16	De Cape Croker à Cabot Head	Aucune donnée	Aucune donnée
LH17	De Cabot Head à Burnt Point	Aucune donnée	Aucune donnée
LH18	Fathom Five	132	2015
LH19	De Cape Hurd à Chiefs Point	608	2015
LH20	De Chiefs Point à Point Clark	607	2015
LH21	De Point Clark à Goderich	604	2015
LH22	De Goderich à Kettle Point	606	2015
LH23	De Kettle Point à la rivière Sainte-Claire	Aucune donnée	Aucune donnée

Les stations ont été échantillonnées et traitées à l'aide des méthodes normalisées du MEPP. Mentionnons notamment :

- la collecte de 5 échantillons doubles de sédiments au moyen d'une benne de prélèvement Ponar par station,
- le filtrage des échantillons dans une maille de tamis de 0,600 mm et la récupération des matériaux retenus dans le tamis pour les analyser,
- l'identification des invertébrés benthiques au plus bas niveau possible.

Les données du MEPP et d'ECPC ont été recueillies au moyen de méthodes trop différentes pour qu'il soit possible de regrouper les deux ensembles de données. La différence la plus marquée tient à la dimension des mailles des tamis utilisés pour trier les invertébrés des échantillons de sédiments. Le MEPP utilise une taille de maille de 0,600 mm tandis qu'ECPC utilise une taille de maille de 0,250 mm. Cela explique que les plus petits organismes comme les oligochètes et certaines chironomidés, qui dominent le benthos des sédiments des Grands Lacs, n'aient pas pu être échantillonnés avec autant d'efficacité.

Les unités des données sur le benthos sont exprimées par le nombre/m<sup>2</sup>.

### **Préparation des données**

Après les avoir extraites du fichier de données principales « MEPP\_BenthosQueryHuron.xlsx », on a fait la moyenne des données relatives aux doubles échantillons des stations. Les nombres de taxons ont ensuite été calculés au niveau du genre. Cela consiste à faire la somme des nombres de toutes les espèces du même genre, ce qui améliore la comparabilité entre cet ensemble de données et d'autres. L'ensemble de données qui en résulte affichait des nombres (densités) relatifs à 112 taxons et à 20 stations.

**Données et fichiers d'analyse :** « Lake Huron MECP benthos data and analyses.xlsx »;  
« MECP Huron sites analyses.mpx »

### **Méthodes d'évaluation**

Pour évaluer l'état des communautés benthiques des unités régionales du lac Huron, les données sur le benthos du MEPP ont été analysées au moyen des mêmes procédures que celles qui s'appliquent aux données d'ECPC (ci-dessus). On a calculé les moyennes par station du nombre de taxons par m<sup>2</sup> pour tous les taxons au niveau du genre (et plusieurs familles et ordres des taxons qui n'ont pas été identifiés par genre). Pour chaque station, 3 descripteurs de communauté – benthos total, richesse taxinomique et régularité – ont été calculés et tracés pour faire une comparaison entre les unités régionales. Pour tenir compte de l'influence exercée par le nombre inégal de stations par unité régionale, on a calculé les moyennes des unités régionales pour les descripteurs.

On a ensuite procédé à une analyse des composantes principales sur une matrice de corrélation calculée à partir des 3 descripteurs. On a utilisé les 2 premiers axes de l'ACP pour élaborer un gradient de la qualité du benthos concordant avec la hausse du benthos total, de la richesse taxinomique et de la régularité. Le gradient linéaire passait par le point d'origine avec un angle par rapport à l'axe des abscisses équivalant à la moyenne des angles des 3 charges des descripteurs dans le diagramme de double projection de l'ACP. On a projeté

perpendiculairement les cotes de chacune des 17 unités régionales sur le gradient linéaire de la qualité. On a déterminé les classes de qualité correspondant à un état médiocre, assez bon ou bon du benthos des unités régionales selon les positions sur la ligne relative aux 3 segments de ligne de longueur égale entre les projections minimum et maximum sur la ligne.

### Analyses des données

1. Calcul des descripteurs des communautés benthiques : benthos total, richesse taxinomique, régularité.

Les valeurs des descripteurs ont été initialement calculées pour chacune des 20 stations ([tableau 6](#)). Le benthos total est indiqué par la « somme », la richesse taxinomique par « S » et la régularité par « E ». L'indice de diversité de Shannon (« H ») est également indiqué et sert à calculer l'uniformité ainsi que la diversité de Simpson.

**Tableau 6.** Statistiques descriptives des données sur le benthos du MEPP au niveau du genre dans le lac Huron entre 2011 et 2015. Les valeurs concernent chacune des 20 stations (rangées) provenant d'un ensemble de données comportant les variables de 112 taxons.

Sommaire de : 20 stations

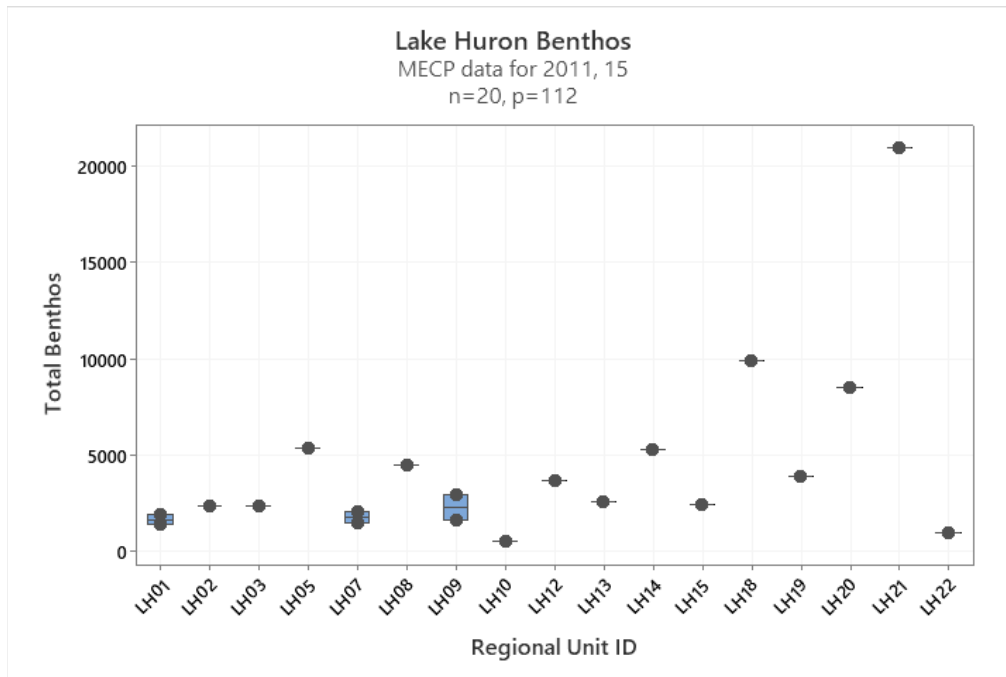
N = 112 variables

Nombre	Nom	Moyenne	Écart-type	Somme	Minimum	Maximum	S	E	H'	D
1	206	12,108	57,623	1356,1000	0,000	530,980	25	0,646	2,081	0,7907
2	231	17,088	76,810	1913,8197	0,000	511,880	21	0,647	1,969	0,8123
3	39	20,567	149,496	2303,4597	0,000	1550,920	17	0,456	1,292	0,5235
4	311	21,044	142,807	2356,9399	0,000	1451,600	16	0,485	1,345	0,5836
5	605	47,648	174,821	5336,5391	0,000	1485,980	45	0,698	2,656	0,8719
6	84	13,336	39,659	1493,6199	0,000	248,300	34	0,797	2,812	0,9128
7	616	18,077	129,094	2024,5999	0,000	1344,640	21	0,453	1,378	0,5398
8	615	39,598	282,480	4435,0190	0,000	2945,220	21	0,442	1,346	0,5408
9	83	14,632	58,123	1638,7800	0,000	359,080	26	0,687	2,238	0,8514
10	614	26,262	142,268	2941,4	0,000	1061,96	14	0,615	1,623	0,7314
11	613	4,673	20,795	523,3401	0,000	183,360	18	0,732	2,115	0,8158

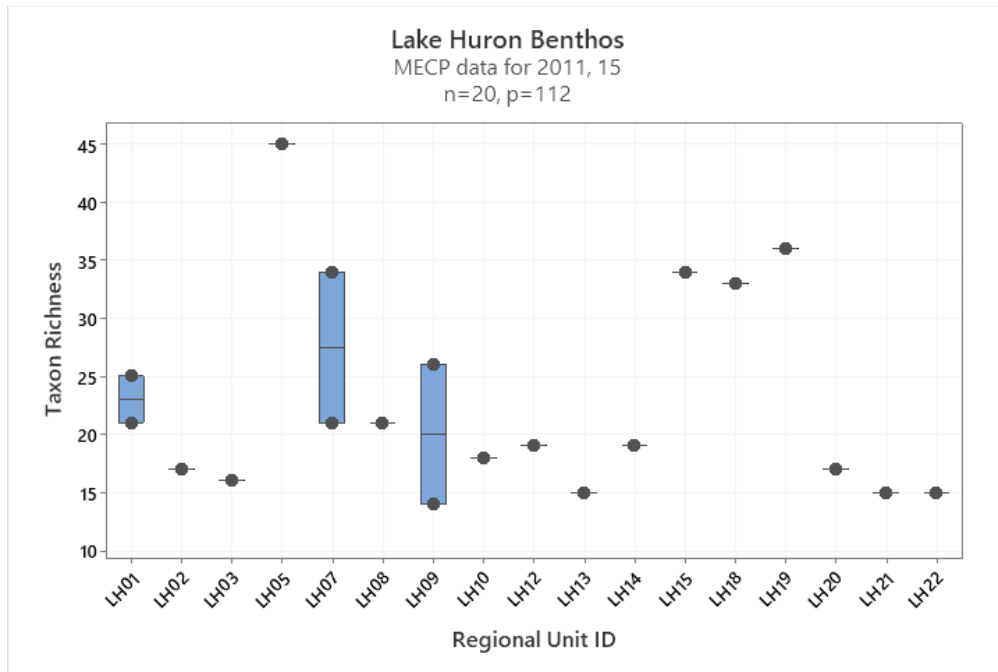


12	52	32,572	138,387	3648,0999	0,000	1088,700	19	0,721	2,123	0,8313
13	612	22,818	92,727	2555,5801	0,000	660,860	15	0,790	2,140	0,8449
14	611	46,727	192,741	5233,3994	0,000	1398,120	19	0,698	2,056	0,8405
15	610	21,794	70,565	2440,9797	0,000	538,620	34	0,762	2,688	0,8983
16	132	87,996	395,787	9855,6006	0,000	3323,400	33	0,629	2,201	0,8121
17	608	34,721	116,992	3888,7600	0,000	878,600	36	0,738	2,645	0,8906
18	607	75,820	590,406	8491,8604	0,000	6203,680	17	0,401	1,135	0,4545
19	604	186,771	1204,558	20918,3223	0,000	12357,700	15	0,542	1,468	0,6230
20	606	8,527	44,957	955,0000	0,000	401,100	15	0,666	1,803	0,7451
Moyennes		7,64	206,100	4216,0000	0,000	1926,000	23	0,630	1,956	0,7457

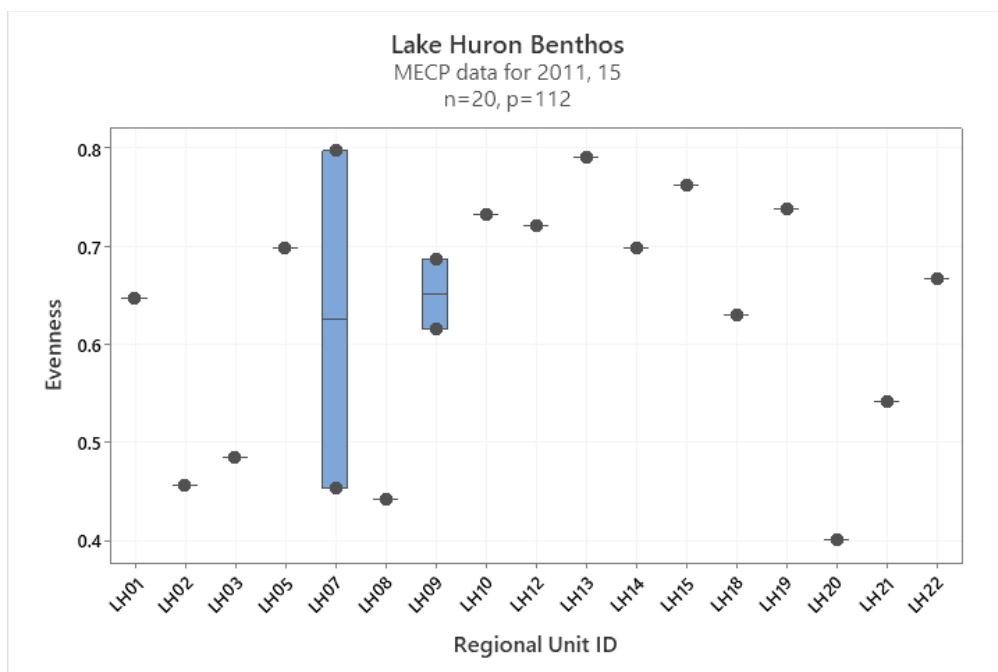
On peut voir les valeurs des descripteurs des communautés benthiques tracées dans les diagrammes de quartiles ci-dessous, qui indiquent les valeurs individuelles et, pour 3 unités régionales, l'intervalle interquartile (figures 8, 9 et 10).



**Figure 19.** Benthos total (nombre par m<sup>2</sup>) dans 17 unités régionales. Les diagrammes de quartiles illustrent les valeurs individuelles (cercles pleins) pour 20 stations ainsi que l'intervalle interquartile pour 3 unités possédant 2 stations. Le nombre de sites par unité régionale était de 1 ou 2.



**Figure 20.** Richesse taxinomique (nombre de taxons au niveau du genre par m<sup>2</sup>) dans 17 unités régionales. Les diagrammes de quartiles indiquent les valeurs individuelles (cercles pleins) pour 20 stations et l'intervalle interquartile pour 3 unités possédant 2 stations. Le nombre de sites par unité régionale était de 1 ou 2.



**Figure 21.** Régularité dans 17 unités régionales. Les diagrammes de quartiles indiquent les valeurs individuelles (cercles pleins) pour 20 stations ainsi que l'intervalle interquartile pour 3 unités possédant 2 stations. Le nombre de sites par unité régionale était de 1 ou 2.

2. Calcul des moyennes des trois descripteurs par unité régionale. On a procédé ainsi pour tenir compte du nombre inégal de stations dans chaque unité régionale.

**Tableau 7.** Descripteurs des communautés benthiques pour les stations du lac Huron du MEPP; les valeurs sont moyennées par unité régionale en fonction des données totalisées au niveau du genre pour les années 2011 et 2015. Les valeurs relatives au benthos total et à la richesse taxinomique ont été log-transformées afin d'accroître la normalité des données.

ID de l'UR	Nom de l'unité régionale	Benthos total	Log (benthos total)	Richesse taxinomique	logRichesse	Régularité
LH01	Rivière Sainte-Marie	1635	3,214	23	1,362	0,647
LH02	Chenal North	2303	3,362	17	1,230	0,456
LH03	Île Manitoulin Nord	2357	3,372	16	1,204	0,485
LH04	Île Cockburn	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée
LH05	Île Manitoulin Sud	5337	3,727	45	1,653	0,698
LH06	Killamey	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée

LH07	Rivière des Français jusqu'à Parry Sound	1759	3,245	27,5	1,439	0,625
LH08	Parry Sound	4435	3,647	21	1,322	0,442
LH09	De Parry Sound à Cognashene	2290	3,360	20	1,301	0,651
LH10	Bras Severn	523	2,719	18	1,255	0,732
LH11	Île Christian	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée
LH12	Plage Wasaga	3648	3,562	19	1,279	0,721
LH13	De Collingwood à Meaford	2556	3,407	15	1,176	0,790
LH14	Owen Sound	5233	3,407	19	1,279	0,698
LH15	Baie de Colpoy	2441	3,388	34	1,531	0,762
LH16	De Cape Croker à Cabot Head	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée
LH17	De Cabot Head à Burnt Point	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée
LH18	Fathom Five	9856	3,99433	33	1,519	0,629
LH19	De Cape Hurd à Chiefs Point	3889	3,590	36	1,556	0,738
LH20	De Chiefs Point à Point Clark	8492	3,929	17	1,230	0,401
LH21	De Point Clark à Goderich	20918	4,321	15	1,176	0,542
LH22	De Goderich à Kettle Point	955	2,980	15	1,176	0,666
LH23	De Kettle Point à la rivière Sainte-Claire	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée

Le benthos total et la richesse taxinomique n'ont pas été répartis normalement par le test d'Anderson-Darlington. C'est pourquoi ces 2 descripteurs ont été log(x)-transformés.

- On a procédé à l'analyse des composantes principales sur la matrice de corrélation calculée à partir du benthos total log(x)-transformé, de la richesse taxinomique log(x)-transformée et des données non transformées sur la régularité.

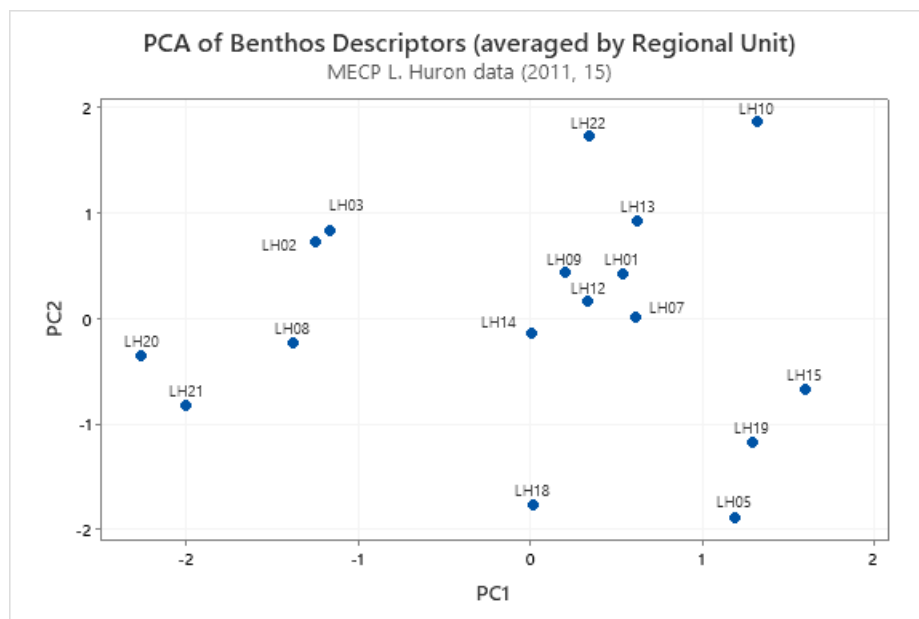
## Eigenanalysis of the Correlation Matrix

Eigenvalue	1.4140	1.1400	0.4460
Proportion	0.471	0.380	0.149
Cumulative	0.471	0.851	1.000

## Eigenvectors

Variable	PC1	PC2
logTotalBenthos	-0.446	-0.721
logRichness	0.478	-0.693
Evenness2	0.756	0.012

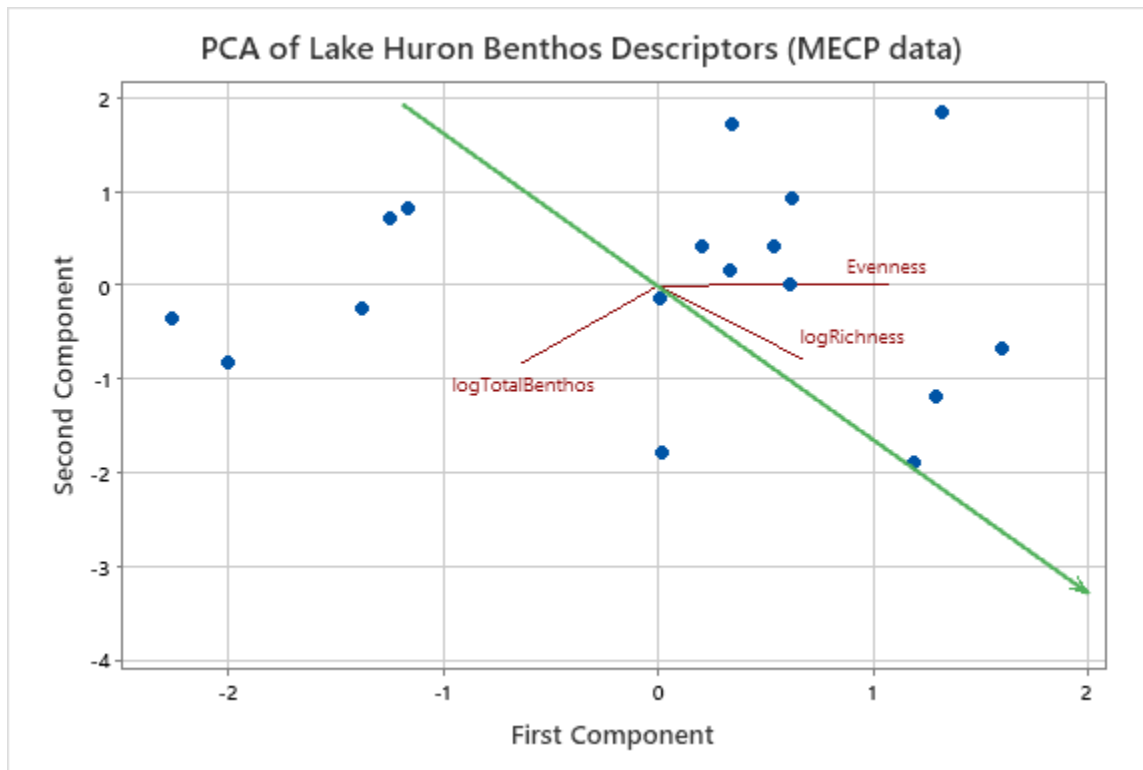
La [figure 11](#) illustre les résultats de l'ACP.



**Figure 22.** Résultats des unités régionales provenant de l'ACP des 3 descripteurs des communautés benthiques du lac Huron.

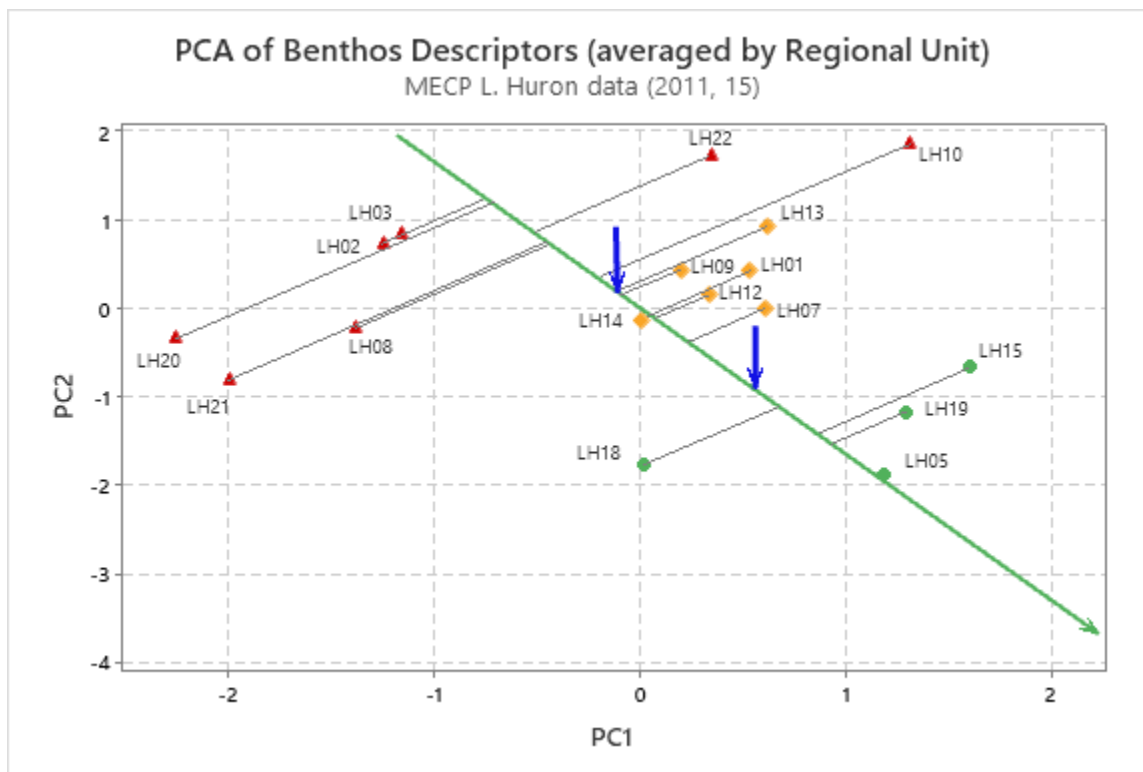
#### 4. Détermination des cotes de qualité du benthos

Pour obtenir un gradient unidimensionnel de la qualité du benthos en fonction des 3 descripteurs, on a tracé une ligne passant par le point d'origine correspondant à la direction qui représente le mieux la baisse/hausse conjointe des 3 descripteurs ([figure 12](#)). L'angle de l'axe des abscisses de cette ligne de la qualité benthique (en vert) représente la moyenne des angles des 3 descripteurs. (Le site <https://www.calculator.net/right-triangle-calculator.html> a servi à calculer les angles à partir des longueurs des 2 côtés droits d'un triangle pour chaque descripteur.)



**Figure 23.** Diagramme de double projection des résultats des unités régionales (points bleus) et du poids des descripteurs (lignes rouges) d'une ACP des descripteurs des communautés benthiques (benthos total, richesse, régularité) provenant des stations d'ECCC et échantillonnées en 2010 et 2014. On a fait la moyenne des données des stations par unité régionale. L'angle du gradient vert de la ligne de qualité est à  $12,3^\circ$  dans le sens des aiguilles d'une montre à partir de l'axe des abscisses et représente l'angle moyen des lignes du poids des 3 descripteurs.

Les projections perpendiculaires des résultats de l'unité sur le gradient de qualité (figure 13) ont permis de déterminer leur qualité relative. Les classes de qualité (médiocre – rouge, assez bon – orange, bon – vert) ont été désignées en fonction des positions absolues des projections sur la ligne de qualité, laquelle est divisée en 3 longueurs égales, marquées par des flèches bleues, à l'intérieur d'une distance allant du minimum (LH03) au maximum (LH05).



**Figure 24.** Gradient de la qualité du benthos (ligne verte) et classes de qualité pour les unités régionales. La classe de qualité repose sur la projection perpendiculaire des résultats des unités régionales sur la ligne de qualité. Les classes de qualité (médiocre – rouge, assez bon – orange, bon – vert) ont été désignées en fonction des positions absolues des projections sur la ligne, laquelle est divisée en 3 longueurs égales à l’intérieur de la distance allant du minimum (LH03) au maximum (LH05), comme l’indiquent les lignes bleues. La qualité des unités régionales augmente de gauche (angle supérieur) à droite (angle inférieur). Les résultats des unités régionales sont identiques à ceux des figures 11 et 12. Les flèches bleues verticales divisent la distance entre la position maximum et la position minimum (LH03 à LH05), sur le gradient de qualité vert, en tiers de même longueur. Signalons que les échelles des axes des abscisses et des ordonnées ne sont pas identiques.

#### Notes relatives aux résultats du MEPP

Les unités régionales LH01, LH02 et LH03 ont été échantillonnées en 2011; toutes les autres unités l’ont été en 2015. L’année d’échantillonnage pourrait-elle constituer un facteur dans la cote de qualité?

L’unité régionale LH01 se trouve dans le secteur de la rivière Sainte-Marie. Les unités LH02 et LH03 sont dans le secteur du port de Spanish. On s’attend à ce que ces secteurs préoccupants aient des effets néfastes sur la qualité.

La composition taxinomique de l’ensemble de données du MEPP (qui n’est pas présentée) suggère une configuration spatiale des répartitions des unités de qualité médiocre et de bonne qualité.



Les comparaisons des résultats du MEPP et d'ECPC doivent tenir compte a) des différences dans l'emplacement des stations, b) des différences dans les méthodes d'échantillonnage (en particulier les tailles des mailles de tamis), et c) du nombre de stations par unité régionale. (Les données d'ECPC proviennent de 4 fois plus de stations que celles du MEPP, en moyenne.)

**Tableau 8.** Qualité des communautés benthiques des unités régionales du lac Huron d'après les données des stations du MEPP échantillonnées en 2011 et en 2015. De manière générale, une qualité supérieure correspond à un benthos total plus élevé, sans être excessif, à une richesse taxinomique supérieure et à une plus grande régularité.

ID de l'UR	Nom de l'unité régionale	N <sup>bre</sup> de stations	Note de stress	Commentaires
LH01	Rivière Sainte-Marie	2	Modéré	Faible benthos total
LH02	Chenal North	1	Élevé	Benthos total, richesse et régularité faibles
LH03	Île Manitoulin Nord	1	Élevé	Benthos total, richesse et régularité faibles
LH04	Île Cockburn	0	Aucune donnée	
LH05	Île Manitoulin Sud	1	Faible	Richesse élevée; régularité élevée
LH06	Killamey	0	Aucune donnée	
LH07	Rivière des Français jusqu'à Parry Sound	2	Modéré	Benthos total faible; régularité modérée à faible
LH08	Parry Sound	1	Élevé	Faible régularité
LH09	De Parry Sound à Cognashene	2	Modéré	Benthos total, richesse et régularité modérés à faibles
LH10	Bras Severn	1	Élevé	Plus faible benthos total
LH11	Île Christian	0	Aucune donnée	
LH12	Plage Wasaga	1	Modéré	Benthos total, richesse et régularité modérés
LH13	De Collingwood à Meaford	1	Modéré	Faible richesse, régularité la plus élevée
LH14	Owen Sound	1	Modéré	Benthos total élevé
LH15	Baie de Colpo	1	Faible	Richesse et régularité élevées

LH16	De Cape Croker à Cabot Head	0	Aucune donnée	
LH17	De Cabot Head à Burnt Point	0	Aucune donnée	
LH18	Fathom Five	1	Faible	Benthostotal et richesse élevés
LH19	De Cape Hurd à ChiefsPoint	1	Faible	Richesse et régularité élevées
LH20	De ChiefsPoint à PointClark	1	Élevé	Benthostotal élevé; plus faible régularité
LH21	De Point Clark à Goderich	1	Élevé	Abondance totale élevée à la périphérie (en particulier pour les nauidés et autres oligochètes); faible richesse et régularité
LH22	De Goderich à Kettle Point	1	Élevé	Benthostotal et richesse faibles
LH23	De Kettle Point à la rivière Sainte-Claire	0	Aucune donnée	