



Pêches et Océans
Canada

Fisheries and Oceans
Canada

Sciences des écosystèmes
et des océans

Ecosystems and
Oceans Science

Secrétariat canadien des avis scientifiques (SCAS)

Document de recherche 2023/054

Région de l'Ontario et des Prairies

Évaluation préliminaire de l'état du poisson et de son habitat dans la région de l'Ontario et des Prairies de Pêches et Océans Canada

Cody J Dey¹, Sarah Matchett², Andrew Doolittle², Jennifer Jung³, Richard Kavanagh²,
Regina Sobowale⁴, Todd Schwartz⁴, Cindy Chu¹

¹ Laboratoire des Grands Lacs pour les pêches et les sciences aquatiques
Pêches et Océans Canada
867 Lake Shore Rd.
Burlington (Ontario) L7S 1A1

² Écosystèmes aquatiques, Programme de protection du poisson et de son habitat
Région de l'Ontario et des Prairies
Pêches et Océans Canada
867 chemin Lakeshore
Burlington (Ontario) L7S 1A1

³ Écosystèmes aquatiques, Programme de protection du poisson et de son habitat
Région de l'Ontario et des Prairies
Pêches et Océans Canada
1 028 chemin Parsons Sud-Ouest
Edmonton (Alberta) T6X 0J4

⁴ Écosystèmes aquatiques, Programme de protection du poisson et de son habitat
Région de l'Ontario et des Prairies
Pêches et Océans Canada
501 croissant University
Winnipeg (Manitoba) R3T 2N6

Avant-propos

La présente série documente les fondements scientifiques des évaluations des ressources et des écosystèmes aquatiques du Canada. Elle traite des problèmes courants selon les échéanciers dictés. Les documents qu'elle contient ne doivent pas être considérés comme des énoncés définitifs sur les sujets traités, mais plutôt comme des rapports d'étape sur les études en cours.

Publié par :

Pêches et Océans Canada
Secrétariat canadien des avis scientifiques
200, rue Kent
Ottawa (Ontario) K1A 0E6

[http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/
csas-sccs@dfo-mpo.gc.ca](http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/csas-sccs@dfo-mpo.gc.ca)



© Sa Majesté le Roi du chef du Canada, représenté par le ministre du
ministère des Pêches et des Océans, 2023

ISSN 2292-4272

ISBN 978-0-660-49250-6 N° cat. Fs70-5/2023-054F-PDF

La présente publication doit être citée comme suit :

Dey, C.J., Matchett, S., Doolittle, A., Jung, J., Kavanagh, R., Sobowale, R., Schwartz, T., et Chu, C. 2023. Évaluation préliminaire de l'état du poisson et de son habitat dans la région de l'Ontario et des Prairies de Pêches et Océans Canada. Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2023/054. v + 77 p.

Also available in English :

Dey, C.J., Matchett, S., Doolittle, A., Jung, J., Kavanagh, R., Sobowale, R., Schwartz, T., and Chu, C. 2023. Preliminary assessment of the State of Fish and Fish Habitat in Fisheries and Oceans Canada's Ontario and Prairie Region. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2023/054. v + 72 p.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ.....	iv
GLOSSAIRE	V
INTRODUCTION	1
MÉTHODES.....	2
ZONES VISÉES PAR LE RAPPORT SUR L'ÉTAT DU POISSON ET DE SON HABITAT	2
Zone des Grands Lacs inférieurs (ZGLI).....	2
Zone des versants est de l'Alberta (ZVEA)	4
INDICATEURS ET PARAMÈTRES.....	6
Biodiversité.....	6
Qualité de l'eau	7
Connectivité	8
Utilisation des terres et couverture terrestre	9
Changements climatiques.....	10
ENSEMBLES DE DONNÉES, ANALYSES ET SEUILS	11
Biodiversité.....	12
Qualité de l'eau	13
Connectivité	15
Utilisation des terres et couverture terrestre	16
Changements climatiques.....	17
RÉSULTATS.....	18
ZONE DES GRANDS LACS INFÉRIEURS (ZGLI).....	18
Indicateur : biodiversité	18
Indicateur : qualité de l'eau	23
Indicateur : connectivité	28
Indicateur : utilisation des terres et couverture terrestre	31
Indicateur : changements climatiques.....	35
ZONE DES VERSANTS EST DE L'ALBERTA (ZVEA).....	38
Indicateur : biodiversité	38
Indicateur : qualité de l'eau	42
Indicateur : connectivité	47
Indicateur : utilisation des terres et couverture terrestre	53
Indicateur : changements climatiques.....	56
DISCUSSION.....	59
REMERCIEMENTS	62
RÉFÉRENCES CITÉES	62
ANNEXE A.....	68
ANNEXE B.....	70
ANNEXE C.....	74
ANNEXE D.....	76
ANNEXE E.....	77

RÉSUMÉ

Dans la foulée de la modernisation de la *Loi sur les pêches*, le ministère des Pêches et des Océans (MPO) s'est engagé à produire des rapports sur l'état du poisson et de son habitat dans les écosystèmes d'eau douce du Canada. Dans le cadre de cette initiative, la région de l'Ontario et des Prairies du MPO a choisi la zone des Grands Lacs inférieurs (ZGLI) – c'est-à-dire les bassins versants des lacs Érié et Ontario – et la zone des versants est de l'Alberta (ZVEA) comme zones prioritaires pour la production d'un rapport en 2023. Le Secrétariat canadien des avis scientifiques a tenu une réunion les 29 et 30 juin 2021 afin d'obtenir les commentaires d'universitaires, de spécialistes de l'environnement ainsi que de représentants du Programme de protection du poisson et de son habitat et du Secteur des sciences du MPO sur les indicateurs, les paramètres et les données appropriés qui pourraient être utilisés pour rendre compte de l'état du poisson et de son habitat de la région de l'Ontario et des Prairies du MPO. Les cinq indicateurs choisis par cette dernière étaient les suivants : la biodiversité, la qualité de l'eau, la connectivité, l'utilisation des terres et la couverture terrestre, et les changements climatiques. Les données relatives à un maximum de six paramètres par indicateur ont été résumées pour chacune des zones visées par le rapport.

Les résultats indiquent que la ZGLI est très riche en espèces de poissons. Cependant, un certain nombre d'espèces de poissons et de moules sont inscrites sur la liste des espèces en péril. Les paramètres de qualité de l'eau dépassaient souvent les seuils établis dans les régions où le développement urbain et agricole était le plus important, et il y avait également une absence de couvert végétal naturel sur les rives dans ces régions. Quatre-vingt-douze pour cent des obstacles à l'intérieur de la ZGLI nuisent au déplacement des poissons. On a constaté que les vitesses de recul et d'avancement bioclimatiques les plus élevées se trouvent dans les unités d'évaluation entourant la région du Grand Toronto et les unités d'évaluation du bassin du lac Ontario. Les prévisions des crues ont montré des changements variables quant à l'emplacement et à la hauteur des crues à récurrence de 100 ans compte tenu des changements climatiques.

La ZVEA est moins riche en espèces de poissons que la ZGLI et abrite ainsi un nombre inférieur d'espèces en péril. Les paramètres de qualité de l'eau étaient souvent conformes aux lignes directrices pour la protection de la vie aquatique, et la connectivité variait d'un cours d'eau à l'autre dans la zone. L'utilisation des terres et la couverture terrestre dans la ZVEA présentaient une grande variation spatiale, soit des parcours naturels et des cultures dans le sud-est et des arbres et de la neige ou de la glace dans les régions de l'ouest et du nord-est. En raison de la présence de grands parcs nationaux et provinciaux, des unités d'évaluation entières sont protégées dans les régions montagneuses de la ZVEA. Les vitesses d'avancement bioclimatiques étaient deux fois plus rapides et les hauteurs de crue étaient également plus élevées dans la ZVEA que dans la ZGLI.

Ce document donne un aperçu de l'état du poisson et de son habitat dans la ZVEA et la ZGLI. Toutefois, les données accessibles pour certains paramètres étaient limitées, ce qui a entraîné une grande incertitude liée à l'état du poisson et de son habitat dans certaines unités d'évaluation. Par conséquent, nous avons cerné les principales lacunes et limites quant aux données pour les indicateurs et les paramètres sélectionnés. Cette information pourrait être utilisée pour établir l'ordre de priorité des étendues spatiales et des éléments visés par les projets de recherche et de surveillance à venir. Le processus décrit dans ce document montre comment le MPO pourrait appliquer une approche quantitative à la production de rapports sur l'état du poisson et de son habitat dans d'autres régions.

GLOSSAIRE

État du poisson – Diversité, composition ou abondance du poisson par rapport à la communauté naturelle.

État de l’habitat du poisson – Capacité d’une zone de soutenir les processus du cycle vital d’organismes aquatiques par rapport à la fonction naturelle de la zone.

Indicateur – Caractéristiques physiques, chimiques et biologiques d’un écosystème aquatique utilisées pour décrire l’état du poisson et de son habitat. Selon MPO (2022a), les principaux indicateurs d’intérêt pour les rapports sur l’état du poisson et de son habitat dans la région de l’Ontario et des Prairies seront la biodiversité, la qualité de l’eau, la connectivité, l’utilisation des terres et les changements climatiques.

Paramètre (MPO 2022a) – Variable mesurée directement pour quantifier un indicateur. La description de certains indicateurs peut comporter un ou plusieurs paramètres. Par exemple, le paramètre « oxygène dissous » peut être utilisé pour quantifier l’indicateur « qualité de l’eau ».

Seuil de déclaration – Valeur d’un paramètre ou d’un indicateur servant à définir la limite supérieure ou inférieure d’une catégorie utilisée dans un système de classification.

Zone visée par le rapport (MPO 2022a) – Zone géographique qui fait l’objet d’un rapport sur l’état du poisson et de son habitat.

Unité d’évaluation (MPO 2022a) – Zone géographique où des paramètres sont évalués par rapport à des seuils. L’étendue d’une unité d’évaluation dépend de l’étendue et de l’ampleur de la zone visée par le rapport et des données accessibles. Les unités d’évaluation peuvent aller de segments individuels d’un lac ou d’un cours d’eau à des bassins versants entiers (p. ex., niveau de bassin versant tertiaire, code d’unité hydrologique 8).

INTRODUCTION

Le 28 août 2019, une nouvelle *Loi sur les pêches* est entrée en vigueur avec des dispositions modernisées pour aider à protéger le poisson et l'environnement. En particulier, la *Loi* vise à « encadrer : a) la gestion et la surveillance judicieuses des pêches; et b) la conservation et la protection du poisson et de son habitat, notamment par la prévention de la pollution. » (article 2.1) Pour mettre en œuvre la *Loi* modernisée, le Programme de protection du poisson et de son habitat (PPPH) et le Secteur des sciences des écosystèmes et des océans (Secteur des sciences) du ministère des Pêches et des Océans (MPO) ont obtenu de nouvelles ressources. Ces dernières ont permis au MPO d'accroître sa capacité de travailler avec des partenaires et des intervenants dans les milieux dulcicoles, marins et côtiers afin d'améliorer la conservation, la protection et la restauration du poisson et de son habitat.

Grâce à ces ressources supplémentaires, le MPO prévoit également améliorer la façon dont il rend compte aux Canadiens de ses propres activités liées à la protection du poisson et de son habitat, ainsi que de l'état ou de la santé globale des habitats et des espèces aquatiques. Le premier rapport sur l'état du poisson et de l'habitat du poisson sera publié en 2023 et portera sur les écosystèmes d'eau douce du Canada. Les rapports sur l'état du poisson et de son habitat s'ajouteront aux rapports sur l'état des océans du MPO (p. ex., MPO 2020) et les rapports sur les écosystèmes d'eau douce produits par d'autres organisations (p. ex., Conservation Ontario 2018, ECCC et l'EPA 2019 et WWF-Canada 2020). La région de l'Ontario et des Prairies a sélectionné deux zones qui seront au cœur de ses contributions au rapport national de 2023. Il s'agit de la zone des Grands Lacs inférieurs (ZGLI) en Ontario et de la zone des versants est de l'Alberta (ZVEA).

En raison de la complexité des écosystèmes aquatiques et de la mosaïque des pressions naturelles et anthropiques qui les touchent, il n'est pas possible de rendre compte de chaque composante du poisson et de son habitat dans chaque zone visée par le rapport. Par conséquent, les rapports sur les écosystèmes sont généralement axés sur un ensemble d'indicateurs qui caractérisent l'état des écosystèmes pris en considération. Dans les réseaux d'eau douce, la fonction écologique est liée à des caractéristiques physiques et chimiques comme la température de l'eau, la chimie de l'eau, la structure des chenaux, la disponibilité de la lumière et les caractéristiques du substrat (Vannote *et al.* 1980, Sterner *et al.* 1997, Wolters *et al.* 2017). De plus, des caractéristiques biologiques comme la richesse, l'abondance et les interactions trophiques des espèces sont des déterminants clés d'importants processus écosystémiques, notamment la productivité des pêches (Cusens *et al.* 2012). Ces relations suggèrent de nombreux indicateurs qui pourraient être utilisés pour produire des rapports sur l'état du poisson et de son habitat dans les milieux dulcicoles. Dans un examen d'études antérieures évaluant la « santé » ou l'« intégrité » des écosystèmes d'eau douce, O'Brien et ses collaborateurs (2016) ont constaté que les indicateurs fondés sur la structure ou la richesse des communautés de poissons et de macroinvertébrés, les niveaux d'éléments nutritifs et les caractéristiques physiques et chimiques de l'eau (p. ex., turbidité, oxygène dissous, pH, température) étaient les plus courants.

Le Secrétariat canadien des avis scientifiques (SCAS) a tenu une réunion les 29 et 30 juin 2021 afin de recueillir les commentaires d'universitaires, de spécialistes de l'environnement ainsi que de représentants du PPPH et du Secteur des sciences du MPO sur les indicateurs, les paramètres et les données appropriés qui pourraient être utilisées pour rendre compte de l'état du poisson et de son habitat dans les zones de la région de l'Ontario et des Prairies visées par le rapport. Une liste provisoire d'indicateurs et de paramètres a fait l'objet d'une discussion, et une liste définitive a été établie en fonction des commentaires des participants et de l'expertise du PPPH.

Les cinq indicateurs sélectionnés pour la production du rapport sur l'état du poisson et de son habitat dans la région de l'Ontario et des Prairies sont les suivants : 1) la biodiversité, 2) la qualité de l'eau, 3) la connectivité, 4) l'utilisation des terres et 5) les changements climatiques. Pour chacun de ces indicateurs, deux à six paramètres ont été choisis comme variables précises à quantifier. Le présent document décrit la compilation de données, les analyses et les seuils utilisés pour synthétiser l'information sur l'état du poisson et de son habitat dans les zones de la région de l'Ontario et des Prairies visées par le rapport.

Voici les principaux objectifs de ce document :

(i) Présenter une synthèse des données accessibles et du statut de chaque paramètre environnemental dans les zones visées par le rapport (ZGLI et ZVEA).

(ii) Relever les incertitudes et les lacunes dans les connaissances en ce qui concerne l'accessibilité de données et les méthodes utilisées pour développer les systèmes de classification de l'état du poisson et de son habitat.

Ces objectifs correspondent aux objectifs 1 et 4 décrits dans le cadre de référence du présent processus du SCAS (MPO 2022b), les objectifs 2 et 3 étant abordés dans Dey et Chu (2023).

MÉTHODES

ZONES VISÉES PAR LE RAPPORT SUR L'ÉTAT DU POISSON ET DE SON HABITAT

Le PPPH a choisi deux zones pour la production du rapport sur l'état du poisson et de son habitat dans la région de l'Ontario et des Prairies. Les zones visées par le rapport sont : (i) la zone des Grands Lacs inférieurs (ZGLI) et (ii) la zone des versants est de l'Alberta (ZVEA).

Zone des Grands Lacs inférieurs (ZGLI)

La ZGLI est située dans le sud de l'Ontario et comprend les bassins versants des cours d'eau qui se déversent dans le lac Ontario et le lac Érié (Figure 1). Elle fait partie de l'écozone des plaines à forêts mixtes (Agriculture et Agroalimentaire Canada 2013), qui se caractérise par des forêts mixtes d'arbres à feuilles caduques et persistantes. Cependant, une grande partie de la zone a maintenant été convertie en terres cultivées, en pâturages ou en zones urbaines et suburbaines, car la zone abrite la plus forte densité de population humaine au Canada. Les grands centres urbains de la zone visée par le rapport comprennent la région du Grand Toronto, Hamilton, Windsor, Peterborough, St. Catharines, London, Kitchener-Waterloo, Guelph et Kingston.

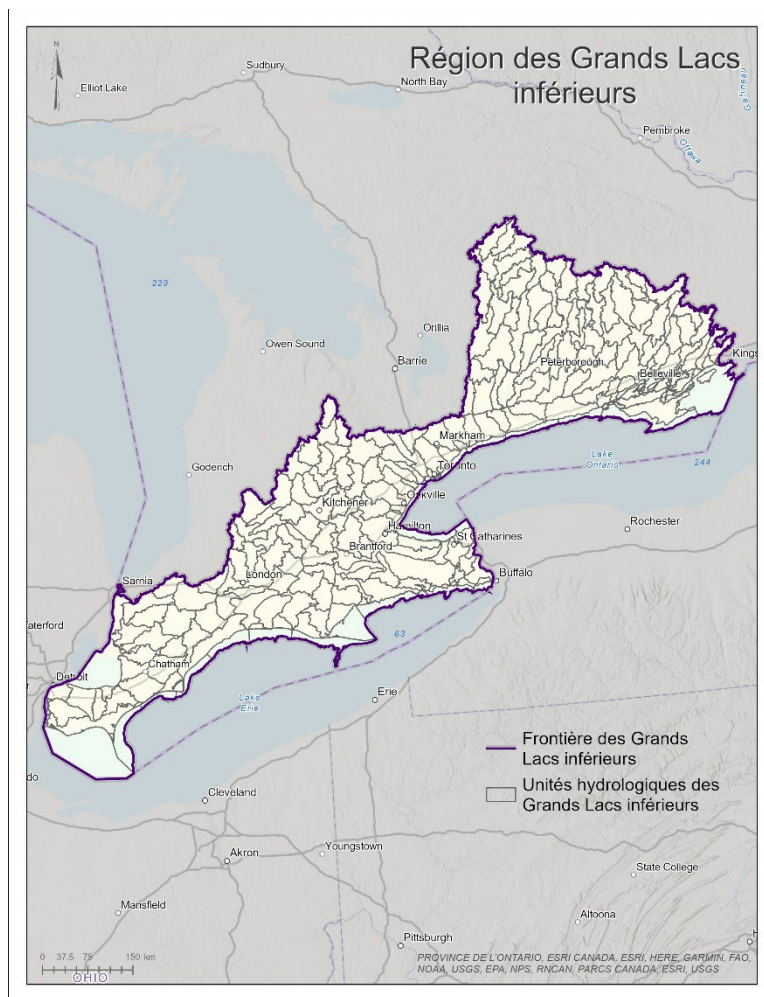


Figure 1. Zone des Grands Lacs inférieurs (ZGLI) et unités d'évaluation.

La zone visée par le rapport s'étend sur 59 077 km² et se situe entièrement dans l'écorégion des Grands Lacs laurentiens (WWF 2019, Abell *et al.* 2000), qui contient plus de 20 % de l'eau douce de surface du monde et qui est drainée par le fleuve Saint-Laurent vers l'océan Atlantique. Les principaux cours d'eau de la zone sont les rivières Detroit, Thames, Niagara, Grand, Credit, Don, Humber et Trent. La zone englobe également les chutes Niagara, qui présentent le débit le plus élevé de toutes les chutes d'eau en Amérique du Nord. De plus, elle contient de nombreux lacs naturels et artificiels (c'est-à-dire des réservoirs), dont le plus grand se trouve dans le nord-est de la zone, à l'exception du lac Sainte-Claire, qui se trouve dans l'ouest.

Tableau 1. Répartition des habitats aquatiques dans la ZGLI.

Type d'habitat aquatique	Sous-type d'habitat aquatique	Superficie ou longueur
Lacs, étangs et réservoirs	—	1 404 km ²
Cours d'eau	—	—
—	Ordre de Strahler 1 ou 2	57 129 km
—	Ordre de Strahler 3 ou 4	16 386 km
—	Ordre de Strahler 5 ou 6	4 660 km
—	Ordre de Strahler supérieur à 6	884 km
Terres humides	—	5 079 km ²

La ZGLI abrite la part de la biodiversité terrestre et aquatique la plus élevée au Canada (Secrétariat du Rapport sur l'état et les tendances des écosystèmes 2016). On y trouve un grand nombre de moules et de poissons qu'on ne trouve nulle part ailleurs au Canada, ainsi qu'un ensemble diversifié de poissons de pêche sportive, dont l'achigan à petite bouche et à grande bouche (*Micropterus Dolomieu* et *M. salmoides*), le grand brochet (*Esox Lucius*), l'omble de fontaine (*Savelinus fontinalis*) et plusieurs espèces de salmonidés naturalisés (*Oncorhynchus* spp. et *Salmo trutta*).

Malheureusement, les habitats aquatiques (Tableau 1) de la ZGLI sont menacés par un certain nombre de facteurs associés au développement et à d'autres activités humaines. De nombreux réseaux aquatiques sont également touchés par de multiples facteurs de stress concomitants en raison de la densité de la population humaine dans la zone.

Les menaces suivantes sont préoccupantes :

- les variations des débits attribuables aux barrages et aux bassins de retenue et aux prélèvements d'eau provenant d'activités agricoles, industrielles et urbaines;
- la baisse de la qualité de l'eau en raison de changements dans les régimes sédimentaires et d'autres contaminants (p. ex., carburant, fumier, éléments nutritifs, huiles, pesticides, sels de voirie et effluents d'eaux usées) et augmentation de la température de l'eau en raison d'une perte de végétation riveraine;
- la fragmentation de l'habitat causée par des barrages et d'autres obstacles;
- la perte et la dégradation de l'habitat découlant du développement agricole et urbain (p. ex., construction de quais et de marinas, dragage, construction et exploitation de bassins de retenue, activités d'entretien et de réparation des drains municipaux, enlèvement de la végétation riveraine, durcissement des berges);
- les répercussions des changements climatiques sur la quantité, le débit et la température de l'eau;
- l'introduction d'espèces aquatiques envahissantes.

Zone des versants est de l'Alberta (ZVEA)

La ZVEA est située en Alberta et comprend les versants est des Rocheuses et les zones en aval immédiat de la province (Figure 2). Elle comprend le cours supérieur de la rivière Saskatchewan, qui se déverse vers le nord-est dans le lac Winnipeg et finalement dans la baie d'Hudson, ainsi que les bassins des rivières Athabasca et Smoky, qui se déversent dans la rivière de la Paix et, finalement, dans l'océan Arctique. Les principales rivières de la zone visée par le rapport sont les rivières Oldman, Bow, Red Deer et Smoky qui traversent les centres urbains de Lethbridge, Calgary, Red Deer et Grande Prairie, respectivement, ainsi que les rivières Athabasca et Saskatchewan Nord, qui naissent dans le champ de glace Columbia et qui s'écoulent à l'extérieur de la zone, au nord-est.

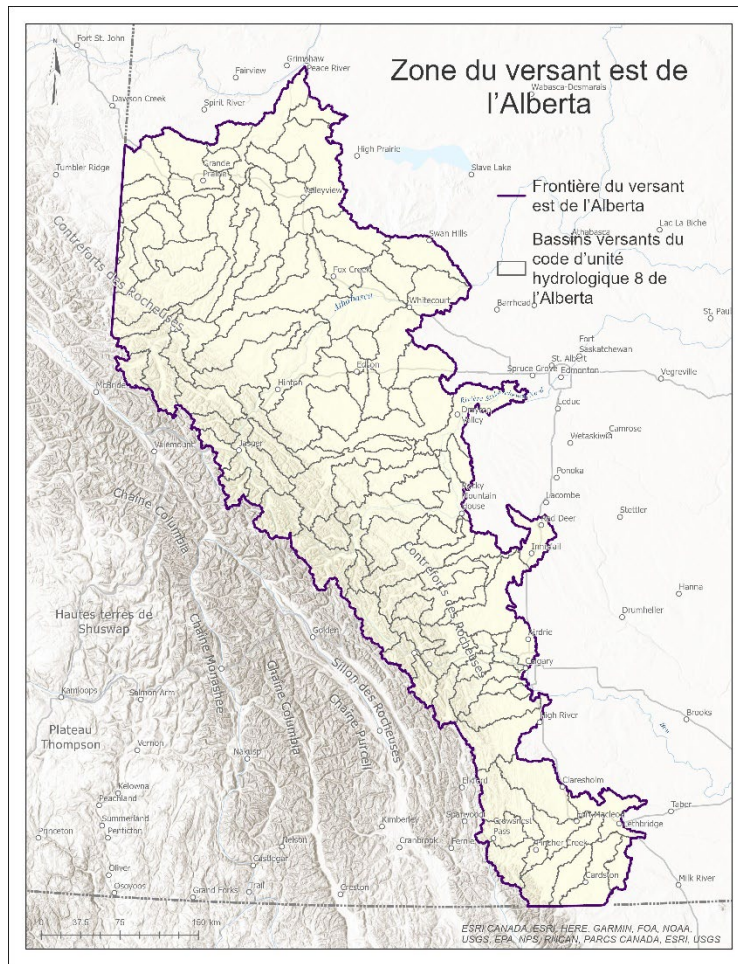


Figure 2. Zone des versants est de l'Alberta (ZVEA) et unités d'évaluation.

D'une superficie de 150 571 km², cette zone visée par le rapport se situe dans les écozones de la cordillère montagnarde, des prairies et des plaines boréales (Agriculture et Agroalimentaire Canada 2013) et se caractérise par divers habitats terrestres, notamment sur les versants de relief alpin à haute altitude ainsi que dans les contreforts montagneux, la forêt boréale, la forêt-parc et les prairies. Cette zone fait également partie des écorégions d'eau douce des cours supérieurs de la rivière Saskatchewan et du fleuve Mackenzie (WWF 2019, Burridge et Mandrak 2019a,b). L'ancienne écorégion est principalement composée de rivières alimentées par des glaciers, dont bon nombre commencent par des ruisseaux à forte pente qui deviennent plus lents et plus larges à mesure qu'ils s'écoulent vers l'est à partir des montagnes, ainsi que plusieurs grands lacs, dont le lac Waterton, qui est la source de la rivière Oldman. La dernière écorégion d'eau douce est principalement composée de rivières tempérées en zones inondables situées dans de larges vallées où se trouvent de nombreuses terres humides boréales. Les poissons de pêche récréative notables dans la zone visée par le rapport sont l'omble à tête plate (*Salvelinus confluentus*; le poisson de la province de l'Alberta), la truite fardée versant de l'ouest (*Oncorhynchus clarkii lewisi*), le ménomine des montagnes (*Prosopium williamsoni*), l'ombre arctique (*Thymallus arcticus*) et le grand brochet ainsi que l'omble de fontaine et la truite arc-en-ciel non indigènes (*Oncorhynchus mykiss*).

Tableau 2. Répartition des habitats aquatiques dans la ZVEA.

Type d'habitat aquatique	Sous-type d'habitat aquatique	Superficie ou longueur
Lacs, étangs et réservoirs	–	2 157 km ²
Cours d'eau	–	–
–	Ordre de Strahler 1 ou 2	132 133 km
–	Ordre de Strahler 3 ou 4	32 232 km
–	Ordre de Strahler 5 ou 6	10 853 km
–	Ordre de Strahler supérieur à 6	3 689 km
Terres humides	–	9 455 km ²

Les habitats aquatiques (Tableau 2) et les poissons de la ZVEA sont menacés par le développement et d'autres activités humaines, y compris l'introduction d'espèces de poissons non indigènes. En particulier, l'agriculture et l'urbanisation ont modifié la couverture terrestre dans une grande partie du sud et de l'est de la zone visée par le rapport, tandis que les infrastructures et les activités de transport et de loisirs sont courantes dans les régions montagneuses. De plus, l'extraction de ressources naturelles, notamment l'exploration et l'extraction de pétrole et de gaz, a eu des répercussions sur certaines parties de la zone visée par le rapport. Les menaces particulières découlant de ces activités sont :

- la fragmentation de l'habitat causée par des barrages et des ouvrages de franchissement de cours d'eau associés aux infrastructures de transport;
- la variation des débits attribuable aux barrages et aux bassins de retenue et aux prélèvements d'eau provenant d'activités agricoles, industrielles et urbaines;
- la baisse de la qualité de l'eau associée au ruissellement agricole, à l'urbanisation et à la mise en valeur de ressources naturelles;
- les répercussions des changements climatiques sur la quantité, le débit et la température de l'eau;
- l'introduction d'espèces aquatiques envahissantes, y compris des truites envahissantes.

INDICATEURS ET PARAMÈTRES

Les cinq indicateurs sélectionnés pour la production d'un rapport sur l'état du poisson et de son habitat dans la région de l'Ontario et des Prairies sont les suivants : 1) la biodiversité, 2) la qualité de l'eau, 3) la connectivité, 4) l'utilisation des terres et 5) les changements climatiques. Pour chacun de ces indicateurs, deux à six paramètres ont été sélectionnés aux fins de quantification (Tableau 3).

Biodiversité

Il est possible de surveiller les paramètres de la biodiversité, comme la richesse en espèces et la composition des communautés, pour déterminer la santé des écosystèmes et évaluer si les communautés changent au fil du temps. Ce suivi peut également aider à comprendre les facteurs de variation naturelle de l'environnement, à déterminer les effets des activités anthropiques sur les écosystèmes, à évaluer l'efficacité des mesures de gestion et à définir les zones à restaurer ou à protéger (Chu *et al.* 2016, Montgomery *et al.* 2020).

Les paramètres de la biodiversité utilisés dans le rapport sur l'état du poisson et de son habitat sont les suivants : 1) la richesse en espèces de poissons, 2) un indice lié aux invertébrés benthiques, basé sur le pourcentage d'éphéméroptères (éphémères), de plécoptères (perles) et de trichoptères (phryganes) [indice EPT] dans la communauté d'invertébrés aquatiques, 3) la richesse en espèces en péril et 4) la richesse en espèces aquatiques envahissantes.

Les profils de richesse en espèces de poissons au Canada sont liés aux préférences des espèces en matière d'habitat, à la disponibilité de différents types d'habitats, à la dynamique des communautés et à la colonisation post-glaciaire (Mandrak et Crossman 1992). La quantification de la richesse en espèces de poissons dans les zones visées par le rapport a pour but de déterminer les profils généraux de la biodiversité ainsi que les points névralgiques de la biodiversité qui peuvent orienter la planification de la conservation et de la gestion.

L'indice EPT est une mesure taxonomique qui décrit la proportion d'éphéméroptères, de plécoptères et de trichoptères par rapport au nombre total d'individus dans la communauté d'invertébrés benthiques. Il est également une mesure de la qualité de l'eau largement appliquée dans les évaluations des bassins versants parce que les EPT sont sensibles à la pollution et aux perturbations, de sorte que les habitats de grande qualité présentent habituellement la plus grande richesse en espèces ou des valeurs d'EPT élevées (Wallace *et al.* 1996, Gazendam *et al.* 2011). Par conséquent, l'indice EPT sert à mesurer non seulement la composition de la communauté d'invertébrés benthiques, mais aussi de l'état de l'habitat dans les zones visées par le rapport.

Des espèces peuvent être inscrites sur la liste des espèces en péril pour un certain nombre de raisons, notamment une diminution de la taille de la population, une sensibilité élevée à l'activité humaine, de petites aires de répartition spatiales ou une probabilité élevée d'extinction (COSEPAC 2021). Le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC) peut désigner une espèce comme étant en voie de disparition, menacée, préoccupante, insuffisamment documentée ou non en péril après avoir évalué l'information à sa disposition. Toutefois, seules les espèces inscrites à l'annexe 1 (la liste fédérale officielle des espèces en péril) bénéficient d'une protection légale en vertu de la *Loi sur les espèces en péril* (2002). À l'annexe 1 du rapport sur l'état du poisson et de son habitat, la richesse en espèces de poissons, de moules et de mollusques en péril a été résumée pour chaque unité d'évaluation. La présence d'espèces en péril peut être un indicateur de la bonne qualité des habitats, et la connaissance des modèles de la biodiversité des espèces en péril peut orienter les mesures de planification et de gestion de la conservation.

Les espèces aquatiques envahissantes sont des espèces de poissons, d'invertébrés ou de plantes qui ont été introduites dans un nouveau milieu aquatique, en dehors de leur aire de répartition naturelle. Les espèces aquatiques désignées comme envahissantes ont des effets négatifs connus sur le biote indigène (MPO 2019). Ces effets peuvent se concrétiser lorsque des populations d'espèces aquatiques envahissantes n'ont pas de prédateurs naturels, ce qui favorise l'établissement, la croissance et la propagation de leurs populations. Elles peuvent prendre la place d'espèces indigènes ou en tirer profit. Les espèces aquatiques envahissantes peuvent également modifier les habitats et les rendre inhospitaliers pour des espèces indigènes (Gallardo *et al.* 2016). Comme il s'agit d'une menace pour les espèces et les habitats indigènes, la richesse en espèces aquatiques désignées comme envahissantes a été prise en compte dans chaque zone visée par le rapport sur l'état du poisson et de son habitat.

Qualité de l'eau

La qualité de l'eau dépend des caractéristiques chimiques et physiques de l'eau. Dans les cours d'eau et les lacs, elle est influencée par le climat, la géologie du bassin versant, le régime d'écoulement et l'utilisation des terres, et elle peut être touchée par le rejet de substances dans les effluents associés aux activités humaines. La qualité de l'eau est un élément clé de l'habitat que l'on peut surveiller afin de déterminer la santé des écosystèmes aquatiques, l'état de l'eau potable, les conditions propices à la nage et l'étendue de la pollution de l'eau.

Les paramètres de la qualité de l'eau inclus dans le rapport sur l'état du poisson et de son habitat sont les suivants : 1) conductivité, 2) phosphore total, 3) chlorure, 4) nitrates, 5) température et 6) oxygène dissous. La conductivité est une mesure de la capacité de l'eau à faire passer un courant électrique et est influencée par le nombre d'ions concentrés comme les alcalis, les chlorures, les sulfures, les sels dissous et les matières inorganiques dans l'eau. Les habitats aquatiques présentent généralement une plage relativement constante de conductivité qui, une fois établie, peut servir de référence aux fins de comparaison avec les mesures régulières de conductivité. Les changements de la conductivité peuvent indiquer un rejet ou une pollution qui rend l'écosystème inhospitalier pour certaines espèces. Pour les poissons, la conductivité est associée à des mécanismes intercellulaires de transport ionique régulant l'osmorégulation et l'équilibre acido-basique chez les organismes d'eau douce (Griffith 2014). Le phosphore est un nutriment essentiel dans les écosystèmes aquatiques qui influence la croissance du phytoplancton et des macrophytes ainsi que la productivité globale de l'eau douce (Caraco 1993). Une trop grande quantité de phosphore peut entraîner l'eutrophisation et la réduction de l'habitat propice à de nombreux organismes aquatiques. Les concentrations de chlorure sont généralement faibles dans les écosystèmes d'eau douce (Dugan *et al.* 2017), mais des niveaux élevés, comme ceux associés à l'épandage de sels de voirie dans les zones visées par le rapport, peuvent perturber l'osmorégulation dans les organismes aquatiques, ce qui peut entraîner une diminution de la croissance, de la survie et de la reproduction ainsi que la mort. Comme le phosphore, les nitrates sont des éléments nutritifs essentiels pour les plantes, mais des quantités excessives peuvent accélérer l'eutrophisation et rendre les habitats moins propices aux plantes et aux animaux aquatiques. La température a été classée comme une variable principale dans les écosystèmes aquatiques parce qu'elle influence la croissance, la survie, la répartition et la phénologie de nombreuses espèces aquatiques (Caissie 2006). Au Canada, les conditions thermiques de l'eau chaude peuvent limiter les processus biologiques des organismes des cours d'eau et la productivité globale de l'écosystème (Cushing et Allan 2001). Enfin, l'oxygène dissous est utilisé par toutes les formes de vie aquatique et de faibles concentrations d'oxygène dissous dans l'eau peuvent nuire à la qualité de l'habitat du poisson.

Connectivité

La connectivité est la mesure dans laquelle le paysage facilite ou entrave les déplacements entre des parcelles de ressources. Les connexions entre un cours d'eau et sa plaine inondable (connectivité latérale), et entre ce cours d'eau et les cours d'eau situés en amont et en aval (connectivité longitudinale), influencent la façon dont les sédiments, les nutriments, le carbone et les animaux se déplacent dans un réseau fluvial. Ces connexions sont importantes pour maintenir la santé des cours d'eau (Fuller et Death 2018). La fragmentation de la connectivité peut perturber le flux d'énergie et d'autres ressources dans les écosystèmes aquatiques, modifier le débit naturel et les régimes de température de l'eau, empêcher les poissons d'accéder à des parcelles d'habitat importantes (p. ex., des frayères), et réduire la résilience des écosystèmes en limitant l'immigration et le flux génétique. Les obstacles naturels (p. ex., les chutes d'eau) et les structures artificielles peuvent causer la fragmentation de l'habitat, mais dans certaines situations, elles sont utilisées par les gestionnaires des pêches comme outil de gestion pour entraver les déplacements d'espèces aquatiques envahissantes, prévenir la propagation de maladies, prévenir le rejet de sédiments contaminés ou protéger les populations de poissons susceptibles d'être en compétition ou introgression (Walter *et al.* 2021). Dans la ZVEA, plusieurs sous-populations de la truite fardée versant de l'ouest (*Oncorhynchus clarkii lewisi*) demeurent génétiquement pures principalement en raison des obstacles qui entravent les invasions en amont par des espèces non indigènes comme la truite arc-en-ciel (The Alberta Westslope Cutthroat Trout Recovery Team 2013). Dans la ZGLI, un certain nombre de barrages

bloquent la migration des lamproies marines adultes (*Petromyzon marinus*), ce qui les empêche d'accéder à l'habitat de fraie et de croissance en amont. Bien que les chutes d'eau soient des caractéristiques naturelles qui peuvent nuire à la connectivité, elles figurent dans le rapport sur l'état du poisson et de son habitat parce qu'elles représentent une connectivité réalisée, c'est-à-dire que le fait de connaître leur présence nous informe sur la connectivité maximale possible dans un bassin versant compte tenu des obstacles naturels et artificiels.

Les paramètres de la connectivité dans la ZGLI sont la densité des chutes d'eau, des barrages et des voies migratoires ainsi que la franchissabilité de ces obstacles. De plus, nous quantifions la densité des ouvrages de franchissement de cours d'eau (routes et chemins de fer) dans chaque unité d'évaluation. Ce dernier paramètre a été retenu parce que des études antérieures laissent entendre qu'il y a 38 fois plus de traversées routières que de barrages dans le bassin des Grands Lacs, et que seulement 36 % des ouvrages de franchissement de cours d'eau sont entièrement franchissables pour les poissons (Januchowski-Hartley *et al.* 2013). La connectivité dans la ZVEA a été évaluée à l'aide de la densité des chutes d'eau, des barrages et des passes à poissons et de la praticabilité de ces barrières ainsi des mesures de connectivité des cours d'eau du ministère de l'Environnement et des Parcs de l'Alberta (MEPA) et de la densité des traversées routières et ferroviaires. Il convient de noter que cette évaluation ne vise pas à déterminer les obstacles naturels ou artificiels qui devraient être éliminés pour améliorer la connectivité.

Utilisation des terres et couverture terrestre

Les paramètres liés à l'utilisation des terres et à la couverture terrestre utilisés dans le présent document sont les suivants : 1) les types d'utilisation des terres et de couverture terrestre dans les zones visées par le rapport, 2) la proportion de couverture perturbée (non naturelle, c'est-à-dire les zones bâties et les terres cultivées) à moins de 30 m d'un plan d'eau dans les unités d'évaluation, 3) la proportion d'aires protégées dans les unités d'évaluation et 4) la densité routière et ferroviaire dans les unités d'évaluation. L'influence de l'utilisation des terres et de la couverture terrestre sur l'état biologique et physique du poisson et de son habitat est bien documentée (Klein 1979, Steedman 1988, Stanfield et Kilgour 2013). Des changements dans l'hydrologie des cours d'eau, la qualité de l'eau et la température se produisent lorsque les forêts et les terres humides sont converties en zones agricoles et urbaines (Leopold 1968). De plus, les routes améliorent l'accès et l'utilisation des écosystèmes aquatiques par les humains, créent des corridors pour les espèces envahissantes et favorisent le développement humain (Trombulak et Frissell 2000). Les altérations physiques et chimiques qui en résultent peuvent affecter les assemblages biologiques, souvent de façon prévisible (Vannote *et al.* 1980, Wang *et al.* 2003a et b, Frimpong *et al.* 2005). De nombreuses études ont démontré une réponse seuil dans la relation entre les indicateurs biotiques et les paramètres liés à l'utilisation des terres et à la couverture terrestre dans les cours d'eau tempérés du nord (Wang *et al.* 2003a, King *et al.* 2005, Stanfield et Kilgour 2006).

Les zones tampons riveraines procurent des avantages importants au poisson et à son habitat. Les arbres et les grands arbustes peuvent offrir un couvert végétal qui donne de l'ombre et aide à modérer la température de l'eau. La végétation ligneuse fournit de la litière de feuilles et d'autres débris organiques, ce qui profite aux invertébrés aquatiques en leur fournissant un habitat et de la nourriture, tandis que les gros débris ligneux fournissent un habitat (p. ex., couverture, aires de croissance et de fraie) aux invertébrés et aux poissons. La végétation dans une zone tampon riveraine peut également ralentir le mouvement de l'eau sur le sol, réduisant ainsi l'érosion et les apports de sédiments pendant les crues. La végétation le long des plans d'eau peut également réduire la quantité d'éléments nutritifs pénétrant dans l'eau.

Les aires protégées sont des écosystèmes protégés de façon permanente et des éléments importants du patrimoine naturel et culturel dans des régions définies (ministère de l'Environnement, de la Protection de la nature et des Parcs de l'Ontario 2021). Ils comprennent les parcs nationaux, provinciaux et territoriaux, les réserves fauniques et les propriétés foncières privées qui sont gérés de manière à limiter les répercussions des activités humaines et à endiguer la perte de biodiversité et de services écosystémiques, à fournir un habitat sûr aux espèces, à maintenir les processus écologiques et à créer des espaces où les gens peuvent se rapprocher de la nature. Le niveau de protection et d'application des mesures de protection varie selon les différents types d'aires protégées, certaines étant visées par un plus grand nombre de restrictions relatives aux activités humaines (p. ex., la chasse ou le développement) que d'autres. Bien que de nombreuses aires protégées à l'intérieur des zones visées par le rapport soient de nature terrestre, elles englobent souvent des écosystèmes d'eau douce ou sont liées à ceux-ci et peuvent conférer certains avantages indirects à ces écosystèmes aquatiques (Chu *et al.* 2018, Lamothe *et al.* 2019). Par conséquent, le rapport sur l'état du poisson et de son habitat résume la proportion des aires protégées de chaque unité d'évaluation.

Changements climatiques

Les changements climatiques modifient les cycles hydrologiques mondiaux et réchauffent certains habitats aquatiques. Parmi les effets régionaux et locaux, mentionnons la modification des régimes d'écoulement et des régimes thermiques, les changements de la phénologie des glaces, la dynamique des sédiments et les flux d'éléments nutritifs. Cette évolution de l'habitat a des effets en cascade sur la répartition, la dynamique des communautés, la démographie, la phénologie et l'évolution de nombreuses espèces de poissons d'eau douce (Lynch *et al.* 2016, Myers *et al.* 2017). Les vitesses climatiques et les prévisions des zones inondables font partie des paramètres des changements climatiques inclus dans le rapport sur l'état du poisson et de son habitat. Les fluctuations climatiques sont des estimations du taux instantané ($\text{km}\cdot\text{an}^{-1}$) auquel les conditions climatiques changent. Elles peuvent être considérées comme la vitesse à laquelle le climat évolue sur le territoire et peuvent être utilisées pour déterminer où les conditions climatiques passées ou actuelles devraient se trouver selon les scénarios climatiques du futur (Loarie *et al.* 2009). Les régimes d'écoulement et des crues ont également changé avec les changements climatiques, et les crues extrêmes peuvent nuire aux écosystèmes aquatiques et causer une destruction importante de biens et d'infrastructures (Talbot *et al.* 2018). Cependant, la crue est aussi un processus environnemental fondamental dans les réseaux aquatiques; elle améliore la connectivité longitudinale dans les zones inondables, recharge les réserves d'eau souterraine et a des effets positifs sur un certain nombre de services écosystémiques (Talbot *et al.* 2018). Dans le présent document, nous faisons état de l'étendue, de la profondeur et du volume estimés d'une crue à récurrence de 100 ans dans les conditions climatiques actuelles et futures, afin d'estimer les répercussions des changements climatiques sur la dynamique des crues.

Tableau 3. Indicateurs et paramètres inclus dans le rapport sur l'état du poisson et son habitat dans la zone des Grands Lacs inférieurs (ZGLI) et la zone des versants est de l'Alberta (ZVEA) de la région de l'Ontario et des Prairies (voir les sources de données à l'Annexe A).

Indicateur	Paramètre pour la ZGLI	Paramètre pour la ZVEA
Biodiversité	Richesse en espèces de poissons	Richesse en espèces de poissons
	Indice EPT	Indice EPT
	Richesse en espèces en péril	Richesse en espèces en péril

Indicateur	Paramètre pour la ZGLI	Paramètre pour la ZVEA
Qualité de l'eau	Richesse en espèces aquatiques envahissantes	Richesse en espèces aquatiques envahissantes
	Chlorure	Chlorure
	Conductivité	Conductivité
	Oxygène dissous	Oxygène dissous
	Nitrates	Température
Connectivité	Phosphore total	–
	Température	–
	Densité des chutes d'eau	Densité des chutes d'eau
	Densité des barrages	Densité des barrages
	Densité des passes à poissons	Densité des passes à poissons
	Franchissabilité des obstacles	Franchissabilité des obstacles
Utilisation des terres et couverture terrestre	Densité des ouvrages de franchissement de cours d'eau	Densité des ouvrages de franchissement de cours d'eau
	–	Connectivité des cours d'eau
	Types d'utilisation des terres et de couverture terrestre	Types d'utilisation des terres et de couverture terrestre
	Couvert riverain	Couvert riverain
Changements climatiques	Aires protégées	Aires protégées
	Densité du réseau routier	Densité du réseau routier
	Vitesses bioclimatiques	Vitesses bioclimatiques
	Prévision des hauteurs et des superficies des zones inondables	Prévision des hauteurs et des superficies des zones inondables

ENSEMBLES DE DONNÉES, ANALYSES ET SEUILS

Les unités d'évaluation (c'est-à-dire l'échelle spatiale à laquelle les données des paramètres ont été résumées) étaient les bassins versants quaternaires et les zones riveraines pour la ZGLI (n = 195) et les bassins versants du code d'unité hydrologique 8 pour la ZVEA (n = 107). Ces échelles ont été choisies en fonction des normes provinciales de production de rapports sur les bassins versants et de gestion des bassins versants. Les analyses sectorielles et les connaissances des participants à la partie 1 de la réunion au sujet du rapport sur l'état du poisson et de son habitat du SCAS (MPO 2022a) ont servi à déterminer les sources de données de chacun des paramètres. Les données facilement accessibles ont ensuite été compilées pour chaque zone visée par le rapport.

Dans de nombreux cas, les données d'un paramètre n'étaient accessibles que pour un petit nombre de sites d'échantillonnage au sein de chaque unité d'évaluation, ce qui peut ou non représenter l'état réel du paramètre pour tous les habitats aquatiques de l'unité d'évaluation. De plus, certains ensembles de données ne comprenaient que des échantillons prélevés sur de courtes périodes ou pendant certaines saisons (p. ex., l'été). Nous soulignons les difficultés particulières associées à l'incertitude et à la représentativité des données plus loin dans cette section ainsi que dans la section « Discussion » du présent document.

À moins d'indication contraire, les mêmes méthodes ont été utilisées pour analyser les données des paramètres de chaque zone visée par le rapport. Pour rendre compte de l'état actuel du poisson et de son habitat, les données de bon nombre des paramètres ont été filtrées en fonction de périodes récentes (p. ex., de 2015 à 2020). Les seuils disponibles et les systèmes de classification de base ont été appliqués à différents paramètres, le cas échéant.

Dey et Chu (2023) présentent d'autres directives sur l'élaboration de seuils et de systèmes de classification.

Biodiversité

Les données sur la répartition des espèces de poissons pour la ZGLI et la ZVEA ont été tirées de plusieurs sources de données (Annexe A), notamment une base de données sur les poissons des cours d'eau de l'Ontario (Smith *et al.* 2023) et un ensemble de données national sur la répartition des poissons (Anas et Mandrak 2022). La richesse en espèces de poissons (le nombre total d'espèces par bassin versant) a été résumée pour chaque unité d'évaluation à l'aide des statistiques zonales dans ArcGIS® (version 10.2 Esri Redlands, Californie). Les valeurs de richesse des unités d'évaluation ont ensuite été classées à l'aide des seuils naturels de Jenks. L'approche de classification des seuils naturels de Jenks maximise la variance entre les groupes tout en la minimisant à l'intérieur des groupes (Jenks 1967).

La qualité des données sur les espèces de poissons a été évaluée à l'aide des courbes d'accumulation des espèces (Colwell et Coddington 1994). La richesse cumulative en espèces a été mesurée en fonction du nombre de sites échantillonnés. Les unités d'évaluation pour lesquelles les courbes des espèces ont atteint une asymptote ont été classées comme des sources de données de *grande* qualité, parce que le nombre suffisant de sites échantillonnés donne la certitude que toute la communauté de poissons ou presque y était représentée. Les courbes qui n'ont pas atteint une asymptote ont été classées comme des sources de données de *mauvaise* qualité. Les courbes d'accumulation des espèces ont été ajustées en R à l'aide de la fonction « specaccum » du progiciel *vegan: Community Ecology Package* (Oksanen *et al.* 2019).

La présence de moules et de poissons figurant à l'Annexe 1 de la *Loi sur les espèces en péril* (LEP) a été obtenue à partir d'une base de données du MPO pour la ZGLI, et celle de poissons et de mollusques aquatiques en péril a été obtenue à partir du Fisheries and Wildlife Management Information System (FWMIS) pour la ZVEA (Annexe A). Les données sur la répartition des espèces en péril ont fait l'objet d'une jointure spatiale avec les unités d'évaluation de chaque zone visée par le rapport, et la richesse en espèces en péril (le nombre d'espèces par unité d'évaluation) a été résumée à l'aide de statistiques zonales. Les valeurs de richesse ont été classées à l'aide des seuils naturels de Jenks. Des listes d'espèces désignées comme préoccupantes, menacées ou en voie de disparition par le COSEPAC ont également été produites pour la ZGLI et la ZVEA, mais la production de cartes de répartition pour chaque espèce, puis les résumés pour chaque zone visée par le rapport, dépassaient la portée du présent document. On a aussi envisagé d'examiner la portée proportionnelle des unités d'évaluation désignées comme habitat essentiel dans ce document. Toutefois, l'interprétation de ces éléments proportionnels est compliquée par le fait que seules les espèces en voie de disparition ou menacées peuvent faire l'objet d'une telle désignation et que ce ne sont pas toutes les espèces en voie de disparition ou menacées qui ont des habitats essentiels désignés. Par conséquent, les proportions des unités d'évaluation contenant des habitats essentiels ne figurent pas dans ce document.

Les poissons envahissants dont il est question dans le présent document (Annexes B et C) sont les poissons qui figurent sur la liste fédérale ou provinciale des espèces aquatiques envahissantes en raison de leurs effets néfastes sur les écosystèmes aquatiques. Les données sur la répartition des espèces de poissons envahissantes ont été obtenues auprès de l'équipe des espèces aquatiques envahissantes du ministère du Développement du Nord, des Mines, des Richesses naturelles et des Forêts de l'Ontario (DNMRNF) pour la ZGLI et de l'équipe des espèces aquatiques envahissantes du MEPA (gouvernement de l'Alberta). La liste de la ZGLI contenait des données sur les espèces accessibles par l'entremise d'[EDDMapS](#) (Ontario) et

des [dispositions générales](#) de la *Loi de 2015 sur les espèces envahissantes* de l'Ontario. Sur la liste de l'Alberta figuraient les espèces interdites en vertu de la *Fisheries (Alberta) Act*. L'information fournie a été comparée à la liste nationale des espèces de poissons (Anas et Mandrak 2022) et à la liste des espèces aquatiques envahissantes du MPO. La répartition des espèces de poissons envahissantes a ensuite été cartographiée sur chaque unité d'évaluation, et le nombre d'espèces aquatiques envahissantes par unité d'évaluation a été résumé à l'aide de statistiques zonales. La richesse en espèces de poissons envahissantes a été catégorisée à l'aide des seuils naturels de Jenks.

Les communautés de poissons présentes dans chaque unité d'évaluation ont été résumées sous forme de pourcentages d'espèces indigènes, d'espèces non indigènes, d'espèces en péril et d'espèces aquatiques envahissantes afin de dresser un portrait plus détaillé de la composition de chaque communauté dans chaque unité d'évaluation. La richesse en espèces indigènes comprenait les espèces inscrites ou non sur la liste des espèces en péril. Les espèces non indigènes sont des espèces originaires d'un autre endroit en Amérique du Nord ou d'un autre continent qui se sont établies dans une unité d'évaluation après y avoir été introduites, mais qui ne figurent pas sur la liste des espèces aquatiques envahissantes. La répartition des espèces de poissons de l'Atlas national (Anas et Mandrak 2022) a été comparée aux données sur la répartition des poissons pour déterminer si une espèce est considérée comme indigène ou non indigène dans chaque unité d'évaluation.

Des données sur les macroinvertébrés benthiques ont été obtenues auprès du Réseau de surveillance biologique du benthos de l'Ontario pour la ZGLI et auprès du Réseau canadien de biosurveillance aquatique pour la ZVEA (Annexe A). On a calculé l'indice EPT en additionnant le nombre de taxons distincts dans ces trois ordres sensibles à la pollution, lesquels sont ensuite exprimés en pourcentage du total. Étant donné que de nombreuses unités d'évaluation (tant dans la ZGLI que dans la ZVEA) contenaient peu d'échantillons (donc l'incertitude quant aux EPT prévus dans chaque unité d'évaluation était élevée) et que les conditions d'habitat au niveau du site influencent les EPT, nous présentons les données de l'indice EPT sous la forme de résumés au niveau du site plutôt que pour chaque unité d'évaluation. Les données de l'indice EPT ont été classées par échelons de 5 et 10 %.

Qualité de l'eau

Les données du Réseau provincial de contrôle de la qualité de l'eau ([ministère de l'Environnement, de la Protection de la nature et des Parcs de l'Ontario](#) [MEPP] et [DataStream Grands Lacs](#)) et sur la chimie de l'eau dans les zones riveraines des Grands Lacs ([MEPP](#)) ont été utilisées pour quantifier les concentrations de chlorure, la conductivité, les nitrates, le phosphore total, l'oxygène dissous et les températures de l'eau dans les cours d'eau, les lacs et les zones riveraines de la ZGLI (Annexe A). Les données à long terme des stations en rivière, les données sur la qualité de l'eau des lacs et le réseau de surveillance des affluents (Annexe A) du MEPA ont été utilisés pour quantifier les concentrations de chlorure, la conductivité, l'oxygène dissous et la température de l'eau dans les cours d'eau et les lacs de la ZVEA. Les données comprenaient l'emplacement du site échantillonné, la date et la valeur des paramètres mesurés. Les données de chaque paramètre n'étaient pas disponibles pour chaque site échantillonné. Les données disponibles sur la composition chimique de l'eau ont été filtrées pour la période 2015 à 2020 (six années complètes) afin de refléter l'état actuel de la qualité de l'eau. Elles ont également été filtrées en fonction des mesures disponibles entre avril et novembre parce que de nombreuses stations n'avaient pas enregistré de données hivernales. Pour obtenir une puissance suffisante visant à détecter un changement (habituellement une probabilité de 80 % de détecter un changement de 50 %; Cohen 1988, Lester *et al.* 2021), il fallait qu'au moins 25 sites soient échantillonnés dans les unités d'évaluation. Aucune des

unités d'évaluation de la ZVEA et de la ZGLI n'a atteint ce seuil; par conséquent, nous présentons ces données à l'échelle du site plutôt qu'à l'échelle de l'unité d'évaluation. Pour tenir compte de l'incertitude à l'intérieur d'un site, les stations offrant au moins 10 échantillons au cours de la période de cinq ans ont été prises en compte dans d'autres analyses. Les valeurs médianes ont été calculées pour les variables de la chimie de l'eau. Les valeurs médianes de la composition chimique de l'eau ont été comparées aux lignes directrices environnementales existantes pour la protection de la vie aquatique (Tableau 4). Les résultats de la composition chimique de l'eau ont été cartographiés afin de résumer la proportion des sites compatibles (ou incompatibles) avec la protection de la vie aquatique dans la ZGLI ou la ZVEA. Les valeurs médianes ont été classées à l'aide des seuils naturels de Jenks en tenant compte des valeurs issues des lignes directrices environnementales, comme un des seuils entre classes. Il est à noter que les valeurs seuils représentent les tolérances supérieures pour la vie aquatique, à l'exception du seuil pour l'oxygène dissous, qui est une limite inférieure. Cependant, des limites inférieures et supérieures propres à la zone ne sont pas bien décrites dans la ZVEA et la ZGLI et devraient être prises en compte dans les prochains rapports sur l'état du poisson et de son habitat. Par exemple, bien que des valeurs de conductivité très élevées soient considérées comme problématiques pour les écosystèmes d'eau douce, la conductivité dans la ZVEA peut également être suffisamment faible pour limiter la croissance des poissons en raison d'une relation en « U » inversé entre la conductivité et la productivité (Knaepkens *et al.* 2002, Zhang *et al.* 2019). Les futurs rapports devraient porter sur l'élaboration et l'application de courbes de qualité de l'habitat qui relie la chimie de l'eau et les conditions thermiques aux espèces de poissons présentes dans la ZGLI et la ZVEA. D'autres paramètres de la chimie de l'eau reconnus comme importants dans les écosystèmes aquatiques, comme le total des solides dissous, le total des solides en suspension et le sélénium, n'étaient pas facilement accessibles pour ce document, mais les données à leur sujet devraient être compilées et résumées à l'avenir.

Il n'a pas été possible de calculer des paramètres courants de la température de l'eau, comme la température moyenne hebdomadaire maximale, le taux de variation ou la température maximale hebdomadaire trimestrielle (Baldwin 1957, Mohseni *et al.* 1998, Moore *et al.* 2013) pour l'une ou l'autre des zones visées par le rapport, comme les données sur les températures qui étaient facilement accessibles sont mesurées à intervalles mensuels. Des données continues (p. ex., horaires) existent pour certains sites (p. ex., [la surveillance de la température des cours d'eau est effectuée par Trout Unlimited dans la ZVEA](#)) et les offices de protection de la nature dans la ZGLI ([Credit Valley Conservation](#)), mais la compilation de tels ensembles de données par de multiples organismes dépasse la portée du présent document sur l'état du poisson et de son habitat. Toutefois, de tels efforts devraient être poursuivis pour les futures versions du rapport. Les valeurs mensuelles moyennes pour les mois de juillet et d'août (période de températures de l'eau les plus chaudes dans les deux zones visées par le rapport) ont été calculées à partir des données sur les températures et déclarées comme la *température moyenne de juillet à août* pour chaque site. Les sites qui ont fait l'objet d'au moins huit mesures en juillet et en août de 2015 à 2020 inclusivement ont été pris en compte dans les analyses. Les guildes thermiques pour les poissons canadiens ont été définies comme étant l'eau froide (espèces qui préfèrent une température inférieure à 19 °C en été), l'eau fraîche (espèces qui préfèrent une température de 19 à 25 °C) et l'eau chaude (espèces qui préfèrent une température supérieure à 25 °C) [Coker *et al.* 2001], mais ces catégories pourraient ne pas convenir à la ZVEA, où la plupart des espèces sont adaptées aux ruisseaux et aux lacs alpins froids. Par conséquent, les températures moyennes de juillet et août indiquées ici montrent la variation des conditions thermiques entre les zones visées par le rapport plutôt que des habitats thermiques propres aux espèces ou aux guildes. Comme pour les variables de la chimie de l'eau, d'autres recherches sont nécessaires pour définir les tolérances thermiques supérieures

et inférieures des poissons et les appliquer afin de déterminer la quantité d'habitats thermiques dans la ZGLI et la ZVEA.

Tableau 4. Seuils de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique.

Paramètre de la qualité de l'eau	Seuil	Source du seuil
Chlorure	120 mg Cl·L ⁻¹	Conseil canadien des ministres de l'Environnement 1999
Conductivité	500 µS·cm ⁻¹	Carr et Rickwood 2008
Oxygène dissous	6 mg·L ⁻¹	Conseil canadien des ministres de l'Environnement 1999
Nitrates	3 mg de NO ₃ -N·L ⁻¹	Conseil canadien des ministres de l'Environnement 1999
Phosphore total	0,03 mg·L ⁻¹	Conseil canadien des ministres de l'Environnement 1999

Connectivité

Les paramètres de la connectivité de la ZGLI et de la ZVEA sont la densité des chutes d'eau, des barrages et des passes migratoires ainsi que le nombre d'obstacles franchissables, infranchissables ou dont la franchissabilité est inconnue. Ces paramètres ont été résumés à partir des renseignements sur les obstacles disponibles dans la Base de données sur les obstacles aquatiques du Canada (BDOAC; Annexe A). La BDOAC est l'une des synthèses les plus récentes des obstacles au Canada. Dans la BDOAC, les chutes d'eau sont des obstacles naturels possibles au déplacement des poissons. Bien que les chutes d'eau soient des caractéristiques naturelles, elles ont été prises en compte dans le présent document parce qu'elles peuvent avoir une incidence sur la connectivité maximale possible au sein de chaque unité d'évaluation. Les barrages considérés comme petits (< 5 m), moyens (de 5 à 15 m) ou grands (≥ 15 m ou de 5 à 15 m qui retiennent plus de 3 millions de mètres cubes). Les passes migratoires sont des structures qui sont construites pour faciliter le passage des poissons en amont ou en aval ([Fédération canadienne de la faune](#)). Les densités (nombre par 10 km de longueur de cours d'eau) ont été calculées comme le nombre de chutes d'eau, de barrages ou de passes migratoires divisé par la longueur totale des rivières et des ruisseaux dans chaque unité d'évaluation, multiplié par 10. Les densités ont été classées en fonction des seuils naturels de Jenks. Le nombre total de barrages et de chutes d'eau qui constituent des obstacles ou des obstacles partiels au déplacement des poissons et le nombre de barrages où il n'existe aucune passe migratoire connue ont été résumés pour chaque zone visée par le rapport.

Nous avons également analysé la densité des traversées routières et ferroviaires de cours d'eau (rivières et ruisseaux) dans les deux zones visées par le rapport. L'ensemble de données de la BDOAC décrit ci-dessus ne comprend pas les ouvrages de franchissement de cours d'eau (p. ex., ponceaux) qui constituent des obstacles, mais des analyses antérieures ont laissé entendre que nombre d'entre eux pourraient ne pas être entièrement franchissables par les poissons. Dans chaque unité d'évaluation, nous avons calculé le nombre de traversées routières et ferroviaires de cours d'eau en recoupant la couche hydrologique avec les couches routière et ferroviaire dans chaque zone visée par le rapport. Ces résultats sont présentés sous forme de nombre de traversées par 10 km de cours d'eau dans chaque unité d'évaluation et sont classés à l'aide des seuils naturels de Jenks.

Enfin, la connectivité dans la ZVEA a également été évaluée à l'aide de l'indicateur de connectivité des cours d'eau du MEPA, où la connectivité varie de 100 %, si le réseau des

cours d'eau est entièrement connecté, à 0 %, s'il est complètement déconnecté (Alberta Environment and Parks 2022). L'indicateur de connectivité des cours d'eau est basé sur la méthode de la théorie des graphes proposée dans Diebel *et al.* (2015) et mesure la connectivité fonctionnelle tout en tenant compte du type d'habitat et des limites de dispersion des espèces. Pour appliquer cette méthode, le MPEA utilise un modèle de franchissabilité des pontons en conjonction avec des données sur les caractéristiques linéaires (routières et ferroviaires), les barrages et d'autres obstacles ainsi que le réseau provincial de cours d'eau. Il est important de noter que ce paramètre met l'accent sur l'incidence des obstacles artificiels sur la connectivité, de sorte que les zones dont les valeurs des indicateurs de connectivité des cours d'eau sont élevées peuvent encore contenir des obstacles naturels qui entravent le déplacement des poissons. Les valeurs des indicateurs de connectivité des cours d'eau pour chaque unité d'évaluation depuis 2018 (les données disponibles les plus récentes) ont été utilisées et résumées pour chaque unité d'évaluation.

Utilisation des terres et couverture terrestre

Les données sur l'utilisation des terres et la couverture terrestre sont issues de l'imagerie Sentinel-2 de l'ESA à une résolution de 10 m. L'imagerie est mise à jour chaque année et les résultats proviennent du modèle de classification des terres par apprentissage en profondeur (intelligence artificielle) de l'Impact Observatory, qui utilise un ensemble de données de formation de milliards de pixels d'images identifiés par l'être humain, mis au point par la National Geographic Society (Karra *et al.* 2021). Dix catégories de prévisions de l'utilisation des terres et de la couverture terrestre sont générées : eau, arbres, végétation inondée, cultures, zone bâtie, sol nu, neige et glace, nuages et les parcours naturels. L'« eau » comprend les zones où la présence de l'eau est permanente, comme les lacs, les rivières et les étangs. Les zones humides comportant des affleurements rocheux ou une végétation importante ne sont généralement pas définies comme de l'eau. Les groupes importants de végétation dense de 15 pieds ou plus sont classés comme des « arbres ». Les zones de « végétation inondée » sont indicatives de zones humides. Les « cultures » désignent les parcelles de céréales, d'herbes ou autres plantées par l'humain et actives ou en jachère qui ne sont pas de la même hauteur que les arbres. Toutes les grandes surfaces uniformes et imperméables ont été classées dans la catégorie « zone bâtie », notamment les grands réseaux routiers et ferroviaires et les régions métropolitaines densément peuplées. Le « sol nu » désigne toutes les régions où la végétation est faible ou inexistante chaque année, comme les déserts, les lits de lac asséchés et les mines. Les grandes zones homogènes de neige permanente ou de glace sont classées comme « neige/glace » et n'apparaissent généralement qu'aux latitudes les plus élevées. La catégorie « parcours naturel » est utilisée pour les aires ouvertes où il y a des graminées en permanence et où les plantations humaines ne sont pas bien définies. Enfin, les régions où aucune information sur la couverture terrestre n'était disponible en raison du couvert nuageux persistant sont désignées « nuages ». L'exactitude globale de la classification est de 85 %, et les classifications de l'eau, des arbres, des cultures et des zones bâties sont particulièrement efficaces (Karra *et al.* 2021). Les types d'utilisations des terres et de couverture terrestre ont été cartographiés à l'échelle de la ZGLI et de la ZVEA.

De plus, la densité du réseau routier dans chaque unité d'évaluation a été quantifiée à l'aide des couches des réseaux routiers provincial et national (Annexe A). Ces densités ont été calculées parce que, même si les routes représentent une faible proportion de la couverture terrestre dans la plupart des régions, elles peuvent avoir des effets écologiques très variés, notamment en agissant comme des prédicteurs de changements futurs dans l'utilisation des terres, et elles peuvent accroître l'accès aux ressources halieutiques et la probabilité d'exploitation (Forman et Alexander 1998, Hunt *et al.* 2011).

Les données sur les cours d'eau (rivières et ruisseaux) ainsi que l'utilisation des terres et la couverture terrestre ont fait l'objet d'une analyse spatiale visant à déterminer l'état des zones riveraines dans les zones visées par le rapport. On a recommandé des zones riveraines végétalisées d'une largeur d'au moins 30 m de part et d'autre des cours d'eau et le long d'au moins 75 % de l'étendue d'un cours d'eau pour la préservation et la protection de l'habitat aquatique (Environnement Canada 2013). Aux fins du présent document, nous avons tenu compte du pourcentage de la zone tampon de 30 m entourant chaque cours d'eau qui était composé de milieux naturels (arbres, végétation inondée, sol nu, neige/glace et parcours naturel) par rapport aux types de couverture terrestre perturbés (zones bâties, cultures). L'ensemble de données Sentinel-2 a été retenu pour la ZGLI et la ZVEA parce que la couverture des données était complète pour tous les bassins versants. Les pixels identifiés « arbres », « végétation inondée », « sol nu », « neige/glace » et « parcours naturels » étaient considérés comme une couverture terrestre naturelle, tandis que les pixels identifiés « zones bâties » et « cultures » étaient considérés comme une couverture terrestre perturbée. Les zones couvertes de nuages ont été retirées du calcul. Le couvert riverain a été classé selon les plages < 25 %, 25 à 50 %, 50 à 75 % et > 75 % de couverture naturelle, la dernière catégorie étant le seuil recommandé pour la préservation et la protection de l'habitat aquatique.

Les données sur les terres protégées nationales, provinciales et privées proviennent de la Base de données canadienne sur les aires protégées et de conservation du Canada (Annexe A). Ces données englobent les aires protégées, telles que définies dans l'[objectif 1 du Canada du document Comptabilisation des aires protégées et des autres aires de conservation](#), ainsi que d'autres mesures de conservation efficace par zone (AMCEZ). Les aires protégées sont des parcs fédéraux et provinciaux, des réserves de conservation, des aires de nature sauvage ainsi que des parcelles d'aires protégées détenues par des organisations non gouvernementales. Les différents types d'aires protégées et d'AMCEZ ont été résumés dans chaque zone visée par le rapport parce que le niveau de protection varie d'une zone à l'autre. La proportion de terres protégées dans les bassins versants quaternaires et les zones riveraines de la ZGLI ainsi que le pourcentage de terres protégées dans les huit bassins versants du code d'unité hydrologique 8 de la ZVEA ont été résumés à l'aide de statistiques zonales. Les pourcentages ont été classés par échelons 0, 2, 5, 10, 17, 30 et > 50 %, de sorte qu'il a été facile de repérer les bassins versants sans aires protégées, et ceux qui atteignent les objectifs d'Aichi de 17 % et de 30 % après 2020 en matière de biodiversité établis par la Convention sur la diversité biologique et la Coalition de la haute ambition pour la nature et les peuples (ONU-CA 2010, ECCC 2021).

Changements climatiques

Les paramètres des changements climatiques pris en compte dans le rapport sont les vitesses d'avancement et de recul bioclimatiques ainsi que les hauteurs et les superficies des zones inondables. Pour les deux paramètres, les changements prévus dans les années 2050 ont été signalés parce qu'il s'agit de l'horizon temporel souvent utilisé pour la planification de la conservation et de la gestion (comm. pers. de J. Gleeson, conseiller principal en politiques sur les changements climatiques, DNMRNF). Les analyses des deux paramètres étaient fondées sur des prévisions faites à l'aide de modèles climatiques mondiaux qui sont soumis à une incertitude considérable et sont fondés sur des sources multiples, notamment quant aux scénarios d'émissions, à la structure et la paramétrisation des modèles ainsi qu'à la variation interne (processus) du système climatique mondial (Zhang et Chen 2021). Les vitesses bioclimatiques prospectives et rétrospectives pour l'ensemble de la phase 5 du Projet de comparaison de modèles couplés (CMIP5) et les scénarios d'émissions projetés pour le profil représentatif d'évolution (RCP) 4.5 (émissions modérées) et 8.5 (émissions élevées) dans les années 2050, proviennent du portail de données sur l'adaptation climatique Adaptwest (Adaptwest Project 2015, Carroll *et al.* 2015, Hamann *et al.* 2015). Les vitesses d'avancement

représentent l'exposition au changement climatique et peuvent être considérées comme les vitesses auxquelles les organismes qui devront migrer pour maintenir leurs conditions climatiques. Les vitesses de recul représentent la distance minimale, compte tenu des conditions futures projetées à un site, à laquelle un organisme devrait migrer de plusieurs sites pour en coloniser un autre (Carroll *et al.* 2015, Hamann *et al.* 2015). Les vitesses analysées dans ce document sont celles du changement des conditions bioclimatiques de la période des normales climatiques 1981 à 2010 à la période prévue des années 2050. Les vitesses bioclimatiques qui refléteraient les changements climatiques des dernières années (p. ex., changement de 1981 à 2010 ou de 1991 à 2020) n'étaient pas facilement accessibles. Les vitesses sont fondées sur 11 variables climatiques, comme la température annuelle moyenne (°C), les précipitations annuelles moyennes (mm), les degrés-jours supérieurs à 5 °C (degrés-jours de croissance), le nombre de jours sans gel, le taux d'évaporation de référence de Hargreave et l'indice d'humidité climatique de Hargreave, dont on sait qu'ils influencent les écosystèmes terrestres et aquatiques. Les vitesses ont été résumées pour les unités d'évaluation de chaque zone visée par le rapport à l'aide de statistiques zonales. Les vitesses ont été classées par incréments de 1 km⁻¹ pour la ZGLI et de 2 km⁻¹ pour la ZVEA afin de montrer la variation à l'intérieur des zones visées par le rapport et entre les scénarios d'émissions RCP 4.5 et 8.5.

L'étendue et la profondeur d'une crue à récurrence de 100 ans pour des conditions récentes (1980 à 2019) et dans le cadre de deux scénarios climatiques futurs (ensemble CMIP6, Shared Socioeconomic Pathway [SSP] et RCP 4.5 et 8.5) pour les années 2050 proviennent de [Floodmapviewer](#) (Mohanty et Simonovic 2021, Simonovic *et al.* 2021). Les cartes des crues ont été générées à l'aide du modèle hydrodynamique des crues mondiales CaMa-Flood, qui utilise des données comme les valeurs d'écoulement sur 100 ou 200 ans, les conditions de précipitations prévues, des renseignements physiques et topographiques sur les bassins fluviaux afin de simuler les débits des crues dans les zones inondables, comme les niveaux d'eau de crue dans les chenaux de cours d'eau et sur terre. Dans ce document, nous avons résumé la superficie totale inondée et les hauteurs correspondantes (c'est-à-dire la profondeur de l'eau) des zones inondées pour les scénarios climatiques (émissions) actuels et du futur. Les hauteurs de crue variables selon les scénarios climatiques actuels et prévus SSP2 4.5 et SSP5 8.5 jusqu'aux années 2050 ont également été cartographiées pour chaque zone visée par le rapport à l'aide d'un calcul matriciel dans ArcGIS.

RÉSULTATS

ZONE DES GRANDS LACS INFÉRIEURS (ZGLI)

Indicateur : biodiversité

La richesse en espèces de poissons dans la ZGLI a été multipliée par 10, passant de 8 à 103 espèces par unité d'évaluation (Figure 3; Annexe B), pour une valeur médiane de 47 espèces. La richesse en espèces était généralement plus élevée dans les unités d'évaluation du lac Érié que dans celles du lac Ontario et était la plus élevée près de la région du Grand Toronto et du lac Sainte-Claire. La richesse en espèces était la plus faible dans les régions septentrionales de la zone visée par le rapport. La qualité des données variait dans l'ensemble de la zone visée par le rapport, les unités d'évaluation du sud et du centre ayant des données de meilleure qualité que les unités d'évaluation du nord de la zone visée par le rapport (Annexe D).

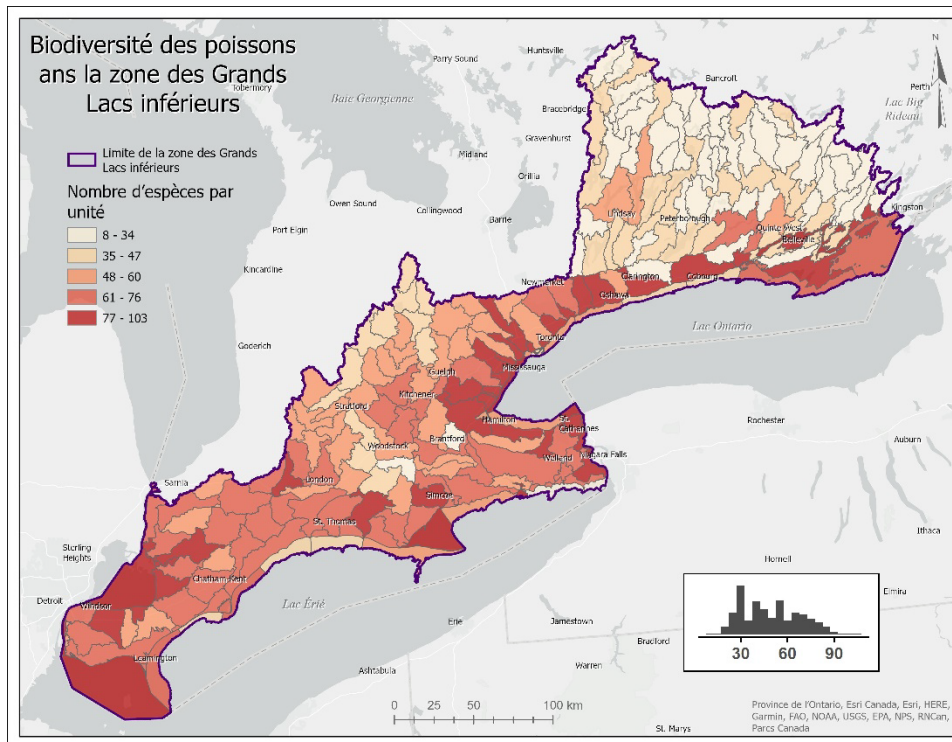


Figure 3. Nombre d'espèces de poissons dans chaque unité d'évaluation au sein de la ZGLI.

Les données sur les EPT étaient disponibles pour 1 630 sites dans la ZGLI (Figure 4), dont bon nombre étaient concentrés autour de grands centres urbains. Le pourcentage médian d'EPT pour toutes les unités d'évaluation était de 23,4 %, 75 % des sites ayant des valeurs d'EPT inférieures à 54 %.

La richesse en espèces de poissons et de moules en péril dans la ZGLI était la plus élevée dans les unités d'évaluation situées au sud-ouest de la zone visée par le rapport et était généralement plus élevée dans le bassin versant du lac Érié que dans celui du lac Ontario (Figure 5). De nombreuses unités d'évaluation du nord de la zone visée par le rapport ne comptent aucune espèce en péril, à l'inverse des unités d'évaluation du sud-ouest, en comptent jusqu'à 31. Voir le Tableau 5 pour une liste complète des espèces en péril dans la ZGLI.

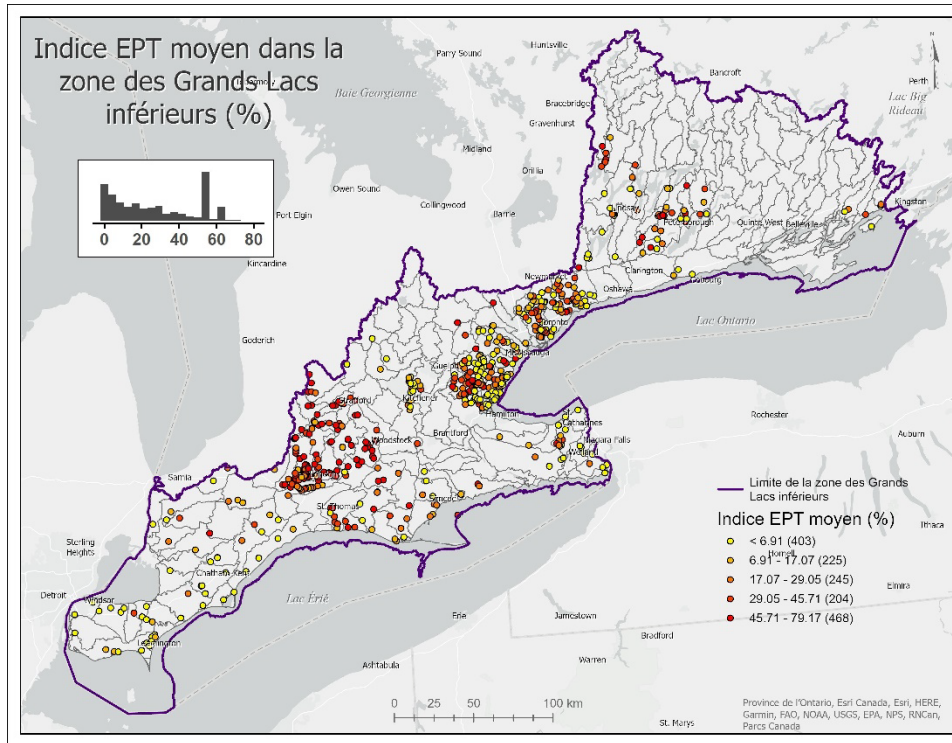


Figure 4. Valeurs de l'indice EPT au niveau du site dans la ZGLI.

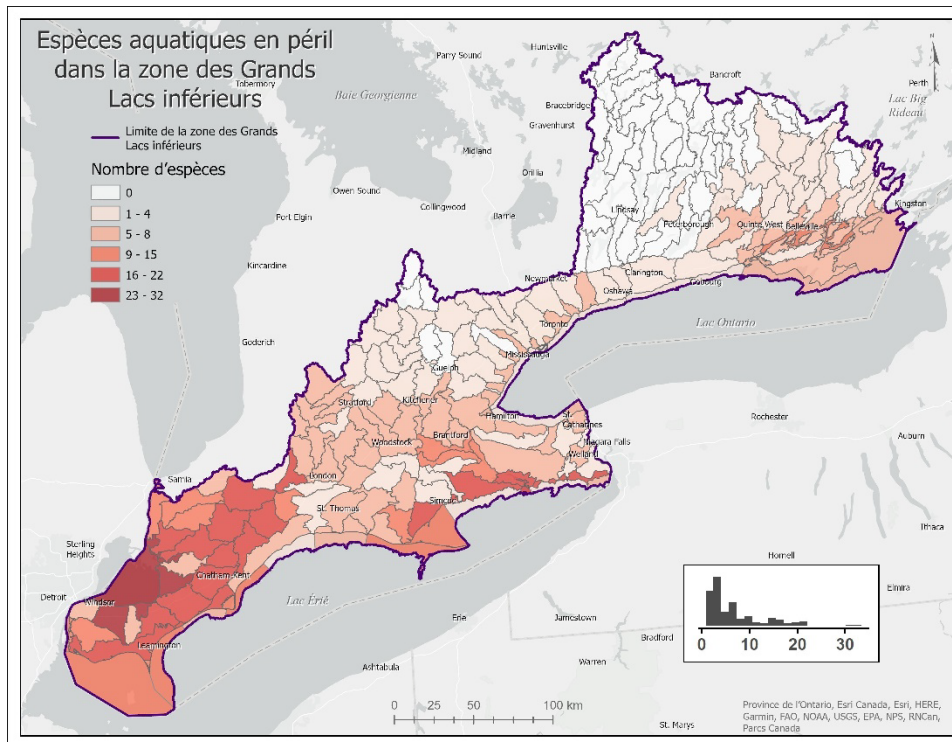


Figure 5. Nombre d'espèces de poissons et de moules en péril dans chaque unité d'évaluation de la ZGLI.

Tableau 5. Espèces de poissons et de moules en péril de la ZGLI inscrites à l'Annexe 1 de la LEP et désignées par le COSEPAC comme étant disparues (D), en voie de disparition (VD), disparues du Canada (DC), préoccupantes (P) ou menacées (M).

Espèce (et population, le cas échéant)	Statut selon la LEP	Statut selon le COSEPAC
Anquille d'Amérique (<i>Anquilla rostrata</i>)	-	M
Saumon atlantique (<i>Salmo salar</i>), population du lac Ontario	-	D
Chevalier noir (<i>Moxostoma duquesnei</i>)	M	M
Fondule rayé (<i>Fundulus notatus</i>)	P	P
Doré bleu (<i>Sander vitreus glaucus</i>)	-	D
Méné d'herbe (<i>Notropis bifrenatus</i>)	P	P
Fouille-roche gris (<i>Percina copelandi</i>), populations du lac Érié	M	M
Fouille-roche gris (<i>Percina copelandi</i>), populations du lac Ontario	M	M
Chabot de profondeur (<i>Myoxocephalus thompsonii</i>), populations des Grands Lacs et de l'ouest du Saint-Laurent	P	P
Dard de sable (<i>Ammocrypta pellucida</i>), population du lac sud-ouest de l'Ontario	M	M
Dard de sable (<i>Ammocrypta pellucida</i>), population du lac West	M	M
Brochet vermiculé (<i>Esox americanus vermiculatus</i>)	P	P
Gravelier (<i>Erimystax x-punctatus</i>)	D	D
Sucet de lac (<i>Erimyzon sucetta</i>)	M	M
Kiyi du lac Ontario (<i>Coregonus Kiyi orientalis</i>)	-	D
Esturgeon jaune (<i>Acipenser fulvescens</i>), populations des Grands Lacs et du haut Saint-Laurent	-	M
Lamproie du Nord (<i>Ichthyomyzon fossor</i>), populations des Grands Lacs et du haut Saint-Laurent	P	P
Chat-fou du Nord (<i>Ichthyomyzon fossor</i>)	M	M
Crapet du Nord (<i>Lepomis peltastes</i>), populations des Grands Lacs et du haut Saint-Laurent	P	P
Spatulaire (<i>Polyodon spathula</i>)	-	D
Petit-bec (<i>Opsopoeodus emiliae</i>)	M	M
Méné camus (<i>Notropis anogenus</i>)	M	M
Corégone pygmée (<i>Prosopium coulterii</i>), populations des Grands Lacs et du haut Saint-Laurent	-	M
Méné long (<i>Clinostomus elongates</i>)	M	M
Dard de rivière (<i>Percina shumardi</i>), populations des Grands Lacs et du haut Saint-Laurent	-	M
Chevalier de rivière (<i>Moxostoma carinatum</i>)	P	P
Cisco à museau court (<i>Coregonus reighardi</i>)	M	M
Méné à grandes écailles (<i>Macrhybopsis storeriana</i>), populations des Grands Lacs et du Haut-Saint-Laurent	M	M
Lamproie argentée (<i>Ichthyomyzon unicuspis</i>), populations des Grands Lacs et du haut Saint-Laurent	P	P
Méné miroir (<i>Notropis photogenis</i>)	M	M
Lépisosté tacheté (<i>Lepisosteus oculatus</i>)	M	M
Meunier tacheté (<i>Minytrema melanops</i>)	P	P
Crapet sac-à-lait (<i>Lepomis gulosus</i>)	P	M
Ligumie pointue (<i>Ligumia nasuta</i>)	P	M
Troncille pied-de-faon (<i>Truncilla donaciformis</i>)	M	M
Obovarie olivâtre (<i>Obovaria olivaria</i>)	M	M
Ptychobranche réniforme (<i>Ptychobranthus fasciolaris</i>)	M	M

Espèce (et population, le cas échéant)	Statut selon la LEP	Statut selon le COSEPAC
Toxolasme nain (<i>Toxolasma parvum</i>)	M	M
Mulette feuille d'érable (<i>Toxolasma parvum</i>), population des Grands Lacs et du haut Saint-Laurent)	P	P
Épioblasme ventrue (<i>Epioblasma rangiana</i>)	M	M
Villeuse irisée (<i>Villosa iris</i>)	P	P
Villeuse haricot (<i>Villosa fabalis</i>)	M	M
Obovarie ronde (<i>Obovaria subrotunda</i>)	M	M
Pleurobème écarlate (<i>Pleurobema sintoxia</i>)	M	M
Mulette du Necture (<i>Simpsonaias ambigua</i>)	M	M
Épioblasme tricorne (<i>Epioblasma triquetra</i>)	M	M
Oblique à trois cornes (<i>Obliquaria reflexa</i>)	M	M
Lampsile fasciolée (<i>Lampsilis fasciola</i>)	P	P

La richesse en espèces aquatiques envahissantes dans la ZGLI était également élevée dans les unités d'évaluation situées dans le sud-ouest de la zone visée par le rapport, et d'autres points chauds sur le plan des espèces aquatiques envahissantes ont été trouvés dans les bassins versants de l'ouest du lac Ontario (Figure 6). Dans l'ensemble de la zone visée par le rapport, 61 % des unités d'évaluation contenaient au moins une espèce aquatique envahissante et affichaient une valeur maximale de six espèces aquatiques envahissantes.

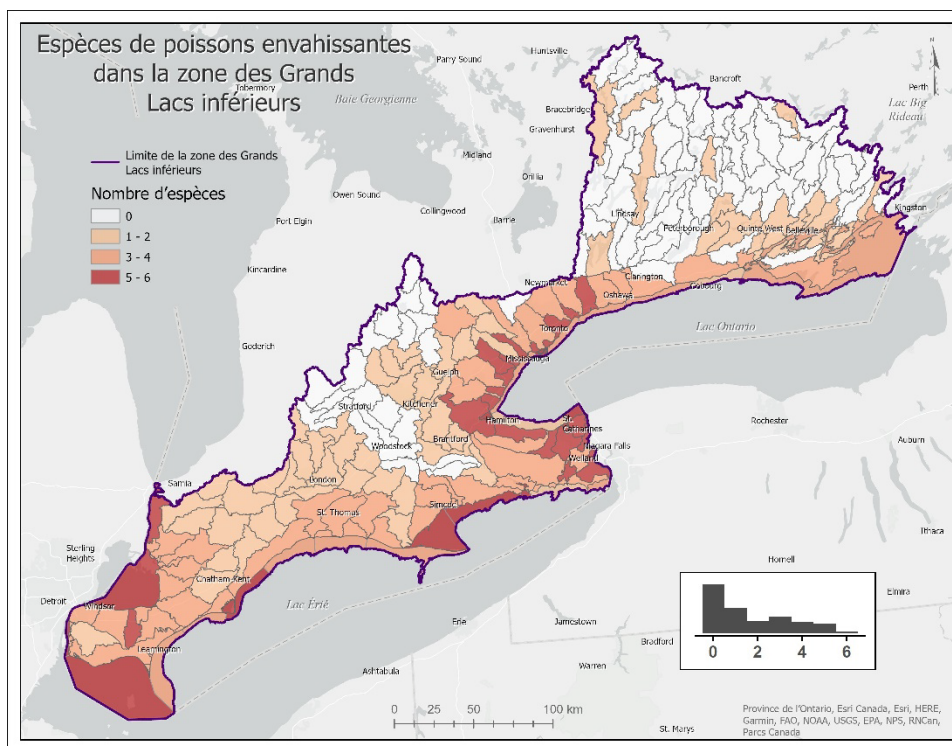


Figure 6. Nombre d'espèces aquatiques envahissantes dans chaque unité d'évaluation de la ZGLI. Les espèces aquatiques envahissantes figurent à l'Annexe B.

Dans l'ensemble des unités d'évaluation, la valeur médiane du pourcentage d'espèces de poissons indigènes était de 93 % (Figure 7), et les pourcentages d'espèces indigènes les plus élevés se trouvaient dans le nord de la zone visée par le rapport comparativement au sud et à

l'ouest. Dans l'ensemble des unités d'évaluation, les espèces envahissantes représentaient une médiane de 2 % de la communauté de poissons, tandis que les espèces de poissons non indigènes représentaient une médiane de 4 % de la communauté de poissons. Les unités d'évaluation du sud et du sud-ouest présentaient généralement des pourcentages plus élevés d'espèces non indigènes, envahissantes et en péril que les unités d'évaluation du nord (Figure 7).

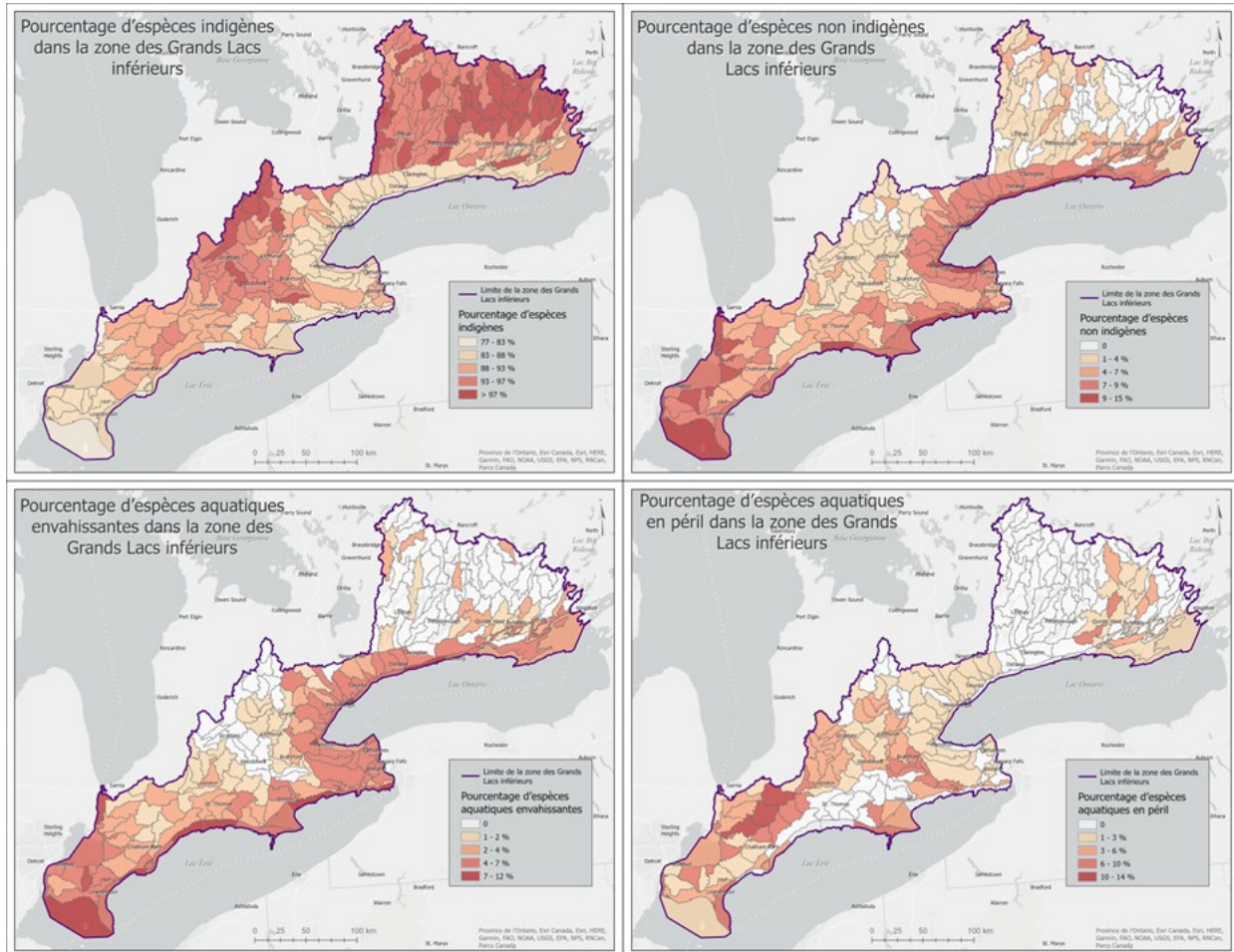


Figure 7. Pourcentage de la communauté de poissons dans chaque unité d'évaluation qui est composée d'espèces indigènes (en haut à gauche), d'espèces non indigènes (en haut à droite), d'espèces de poissons en péril (en bas à gauche) et d'espèces aquatiques envahissantes (en bas à droite).

Indicateur : qualité de l'eau

Les concentrations de chlorure ont été mesurées au moins 10 fois à 362 sites entre 2015 et 2020. Les concentrations médianes variaient de 0,395 à 606 mg·L⁻¹ (moyenne de 79,287 mg·L⁻¹). Les concentrations étaient plus élevées dans l'ouest et le centre que dans l'est de la ZGLI, et les concentrations autour des centres urbains de la région du Grand Toronto et de Windsor étaient les plus élevées (Figure 8). Environ 81,8 % des sites affichaient des concentrations médianes de chlorure convenant à la protection de la vie aquatique (CCME 1999) [Figure 9].

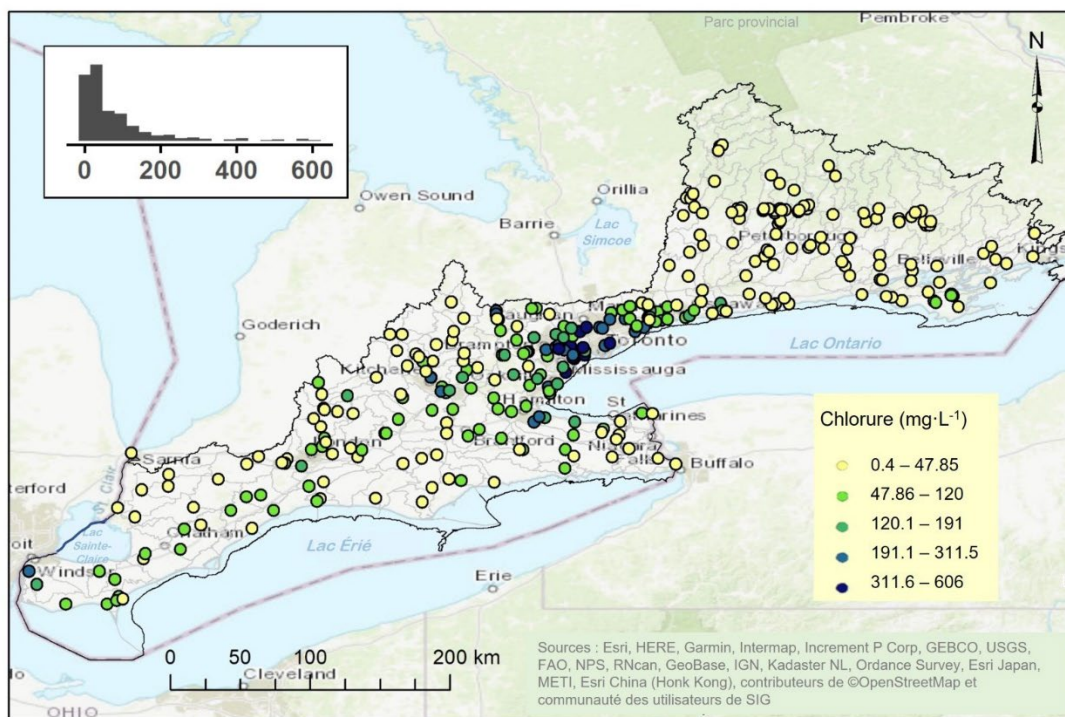


Figure 8. Concentrations médianes de chlorure ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) mesurées dans les cours d'eau, les lacs et les zones riveraines de la ZGLI.

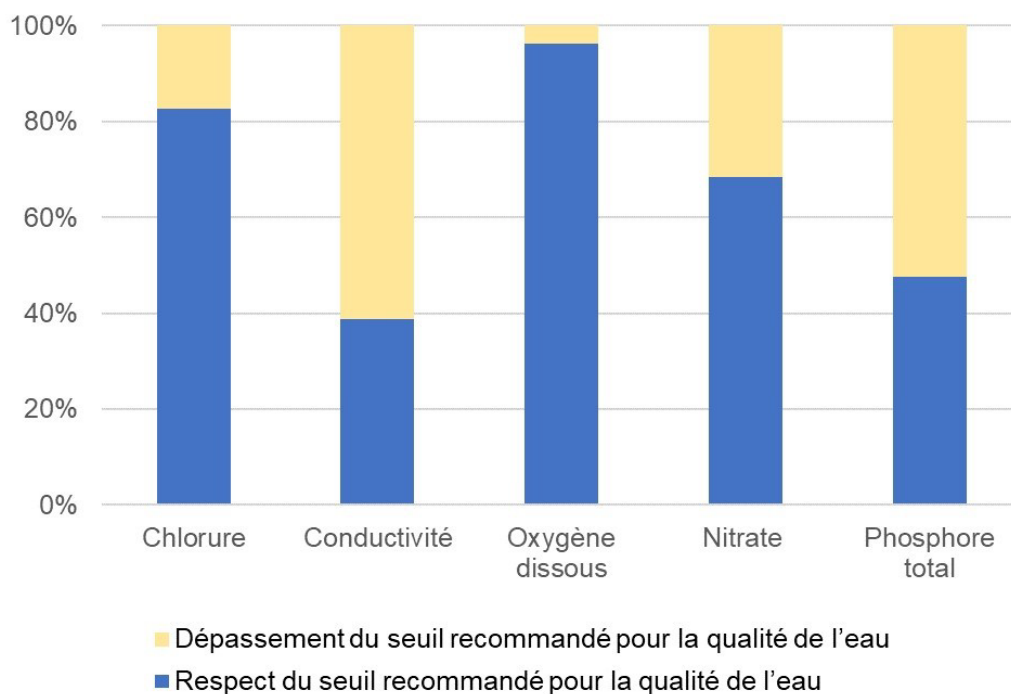


Figure 9. Pourcentage de sites d'échantillonnage de la qualité de l'eau dans la ZGLI qui respectaient ou dépassaient les recommandations pour la qualité de l'eau.

La conductivité a été mesurée à 346 sites dans l'ensemble de la ZGLI et variait de 7,95 à 2 405 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (moyenne de 495,97 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) [Figure 10]. Les sites de l'est avaient une conductivité plus faible que ceux de l'ouest. La plupart des sites de l'ouest dépassaient les 500 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ recommandés pour des réseaux sains (Carr et Rickwood 2008), et dans l'ensemble de la ZGLI, 52 % des sites dépassaient cette valeur (Figure 9). L'oxygène dissous a été mesuré à 396 sites et variait de 2,3 à 13,38 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (moyenne de 9,64 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) [Figure 11]. C'était aussi le paramètre de la chimie de l'eau qui correspondait le plus souvent aux seuils pour la protection de la vie aquatique, avec environ 97 % des sites ayant des valeurs d'oxygène dissous supérieures au minimum de 6 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ requis pour le maintien de la santé des écosystèmes aquatiques (Figure 9). Des concentrations qui pourraient nuire à la vie aquatique ont été enregistrées à Windsor et dans le comté de Prince Edward dans le sud-est de la ZGLI.

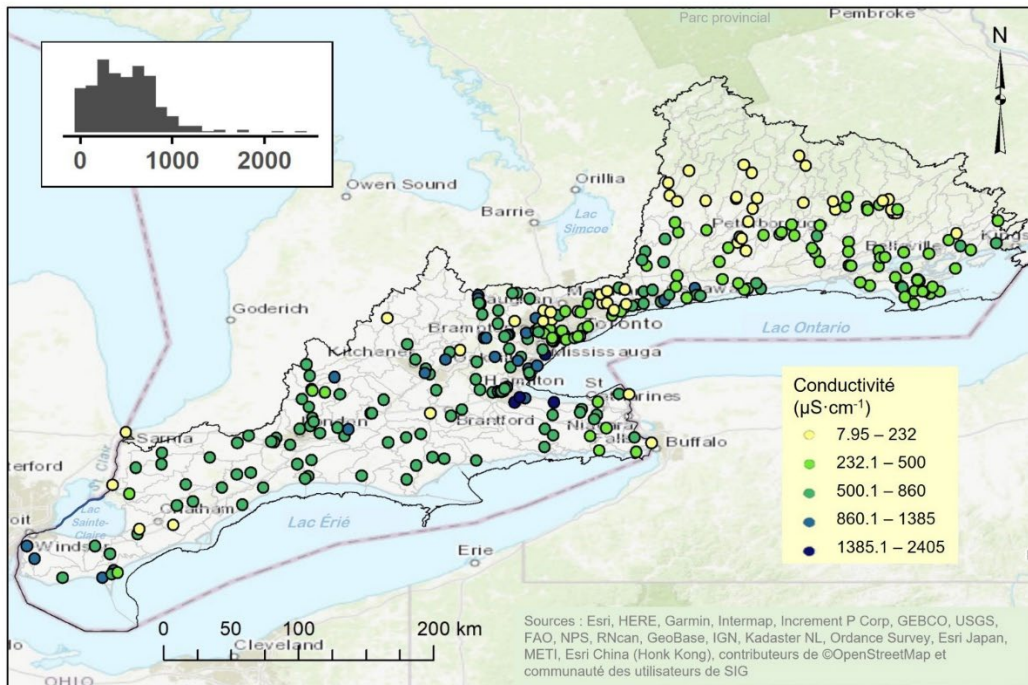


Figure 10. Conductivité médiane ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) mesurée dans les cours d'eau, les lacs et les zones riveraines de la ZGLI.

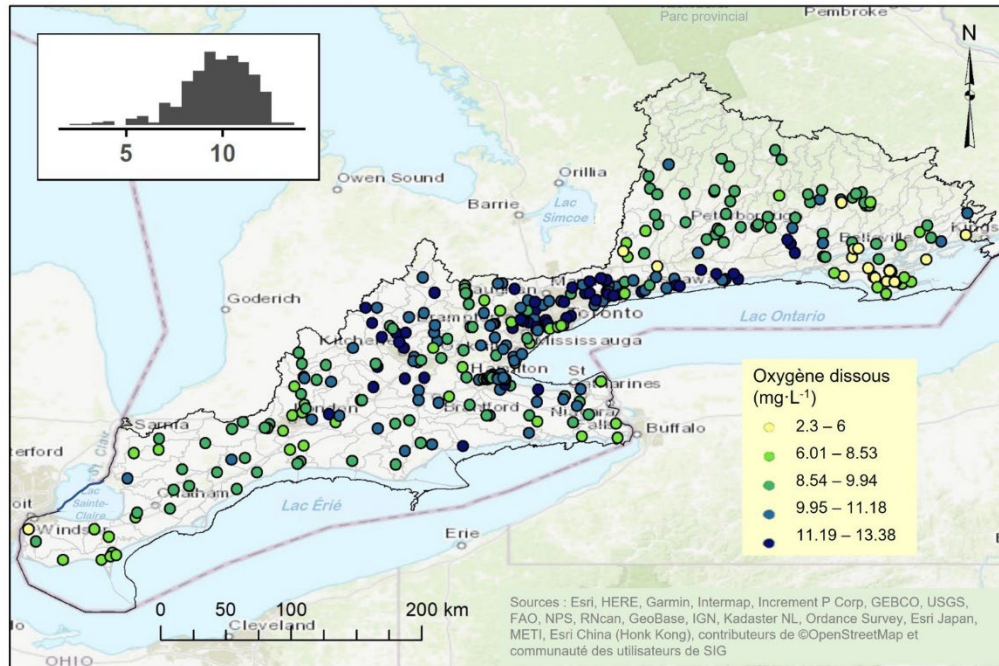


Figure 11. Concentrations médianes d'oxygène dissous ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) mesurées dans les cours d'eau, les lacs et les zones riveraines de la ZGLI.

Des données sur les nitrates étaient disponibles pour 105 sites, et la moyenne était de $2,18 \text{ NO}_3\text{-N}\cdot\text{L}^{-1}$ pour l'ensemble de la ZGLI, les concentrations se situant entre $0,118$ et $11,7 \text{ NO}_3\text{-N}\cdot\text{L}^{-1}$ (Figure 12). Les concentrations les plus élevées étaient dans l'ouest de la ZGLI. Environ 65,7 % des sites affichaient des concentrations de nitrate inférieures au seuil de $3 \text{ NO}_3\text{-N}\cdot\text{L}^{-1}$ sain pour l'environnement (Figure 9). Le phosphore total a été mesuré à 307 sites et la moyenne était de $0,06 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (plage de $0,005$ à $2,38 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$) [Figure 13]. Cette moyenne dépassait le seuil environnemental de $0,03 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, et environ 51 % des sites dépassaient cette valeur (Figure 9). Bon nombre des sites dont les valeurs de phosphore total dépassaient le seuil se trouvaient dans le sud de la ZGLI.

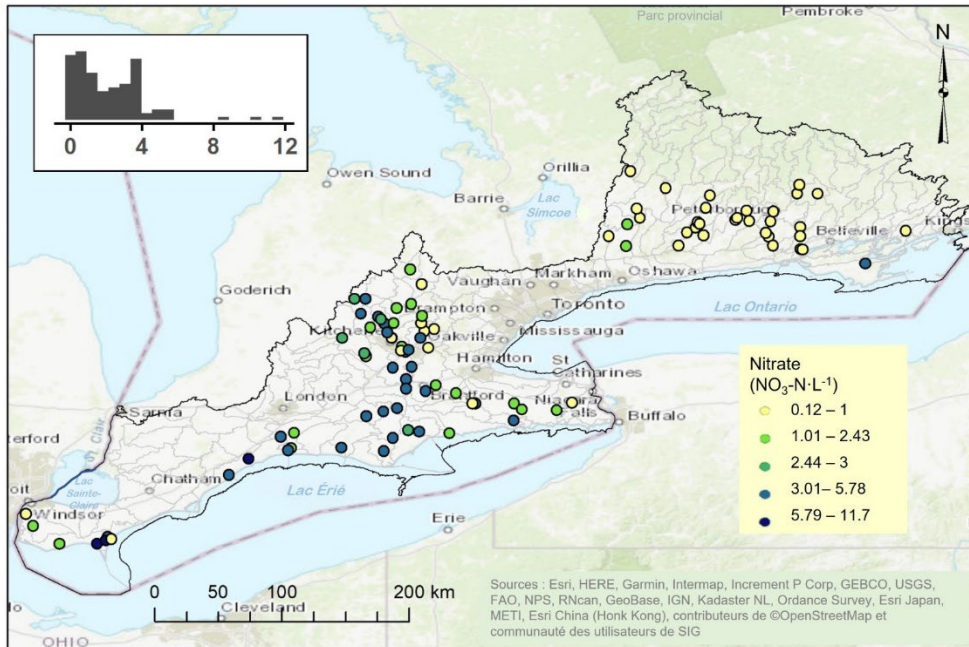


Figure 12. Concentrations médianes de nitrate ($\text{NO}_3\text{-N}\cdot\text{L}^{-1}$) mesurées dans les cours d'eau, les lacs et les zones riveraines de la ZGLI.

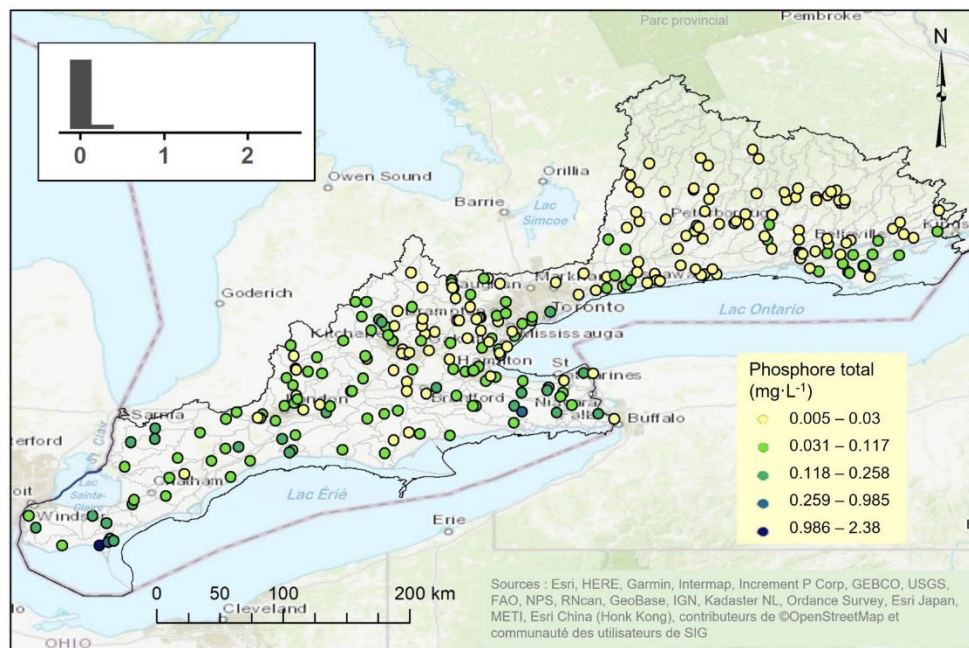


Figure 13. Concentrations médianes de phosphore total ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) mesurées dans les cours d'eau, les lacs et les zones riveraines de la ZGLI.

Les températures de l'eau étaient variables dans l'ensemble de la ZGLI. Des données sur la température moyenne estivale (juillet et août) étaient disponibles pour 421 sites, avec une médiane de 10 échantillons par site. Les températures estivales moyennes des sites variaient de 11,2 à 26,1 °C, 21,8 °C étant la valeur médiane des températures moyennes (Figure 14).

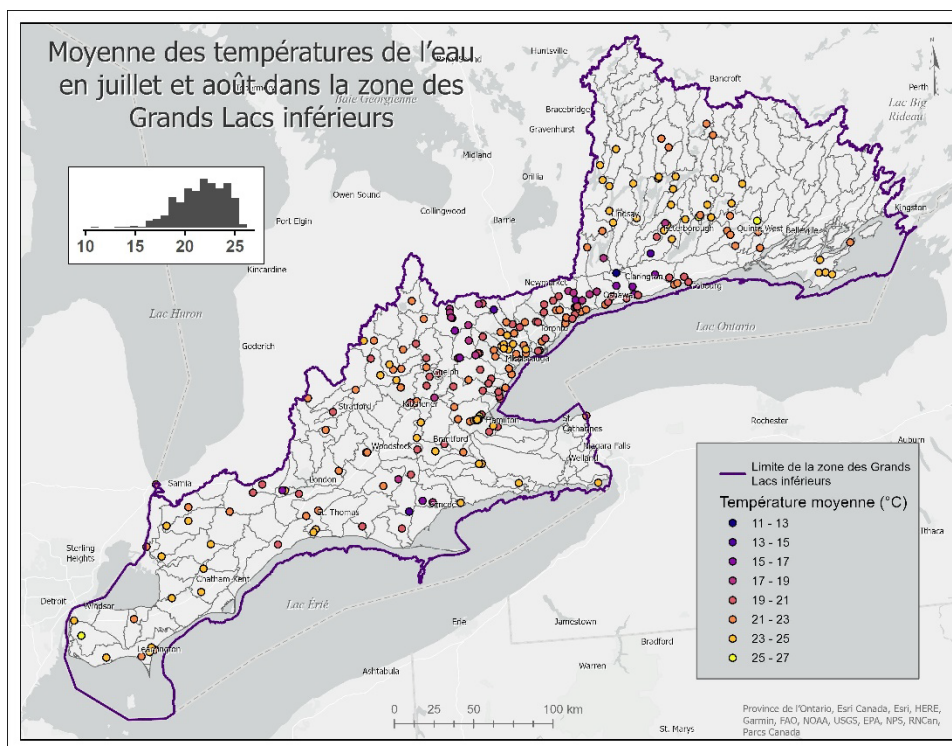


Figure 14. Températures moyennes de l'eau (°C) mesurées en juillet et août dans les cours d'eau, les lacs et les zones riveraines de la ZGLI.

Indicateur : connectivité

La densité des chutes d'eau dans la ZGLI variait de 0 à 0,278 par 10 km de longueur de rivière, la plupart des unités d'évaluation n'ayant pas de chutes d'eau (Figure 15). La densité des chutes d'eau était élevée dans les unités d'évaluation situées près de l'escarpement du Niagara (à l'ouest et au nord de la région du Grand Toronto) et dans le nord de la zone visée par le rapport. Les chutes d'eau se trouvaient principalement dans le bassin versant du lac Ontario et en très faible nombre dans le bassin versant du lac Érié.

La densité des barrages était supérieure à la densité des chutes d'eau dans 78 % des unités d'évaluation, pour une valeur maximale de près de 4 barrages par 10 km (Figure 16). La densité des barrages était particulièrement élevée dans la région des rivières Upper Grand et Upper Credit ainsi que dans les unités d'évaluation près de Kawartha Lakes, et elle était relativement plus faible dans le sud-ouest et le nord-est de la zone visée par le rapport. Relativement peu de passes migratoires étaient présentes dans la zone visée par le rapport, la plupart étant situées dans les unités d'évaluation près de la région du Grand Toronto (Figure 17). Sur les 2 452 obstacles dans la ZGLI, 2 262 sont connues pour empêcher le déplacement des poissons, 34 sont des obstacles partiels, et la franchissabilité de 156 obstacles est inconnue (Figure 18).

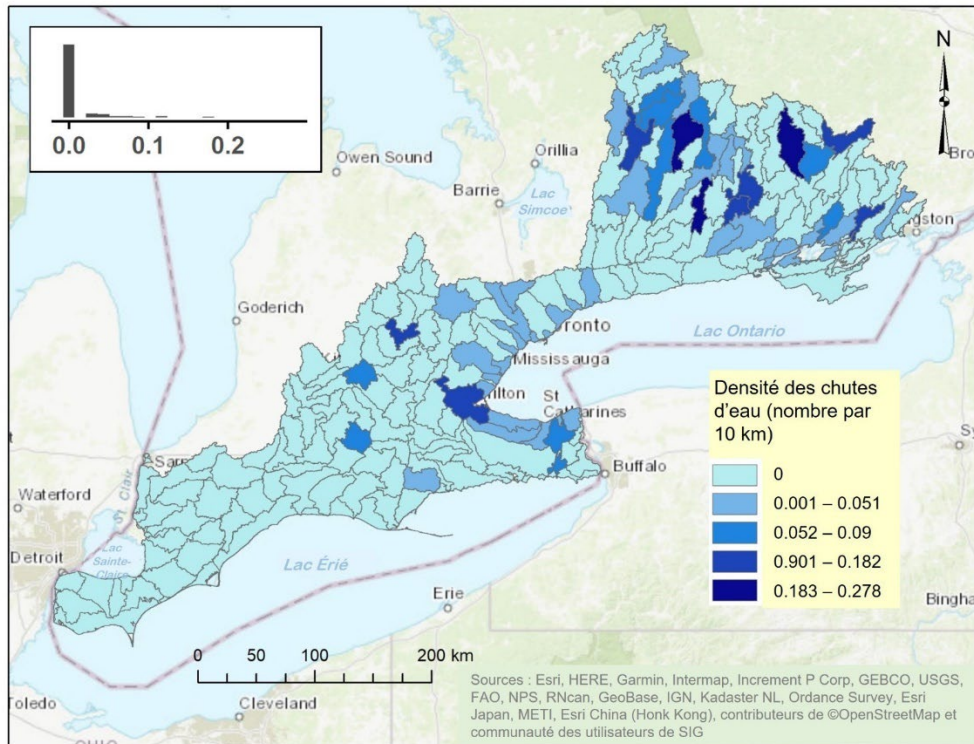


Figure 15. Densité des chutes d'eau (nombre par 10 km²) dans la ZGLI.

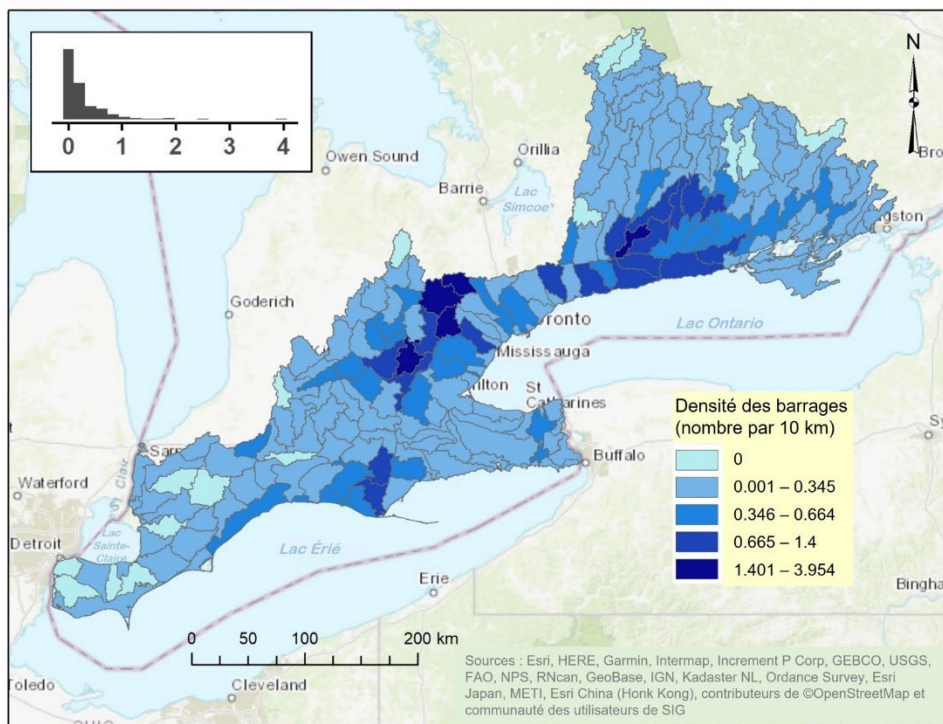


Figure 16. Densité des barrages (nombre par 10 km²) dans la ZGLI.

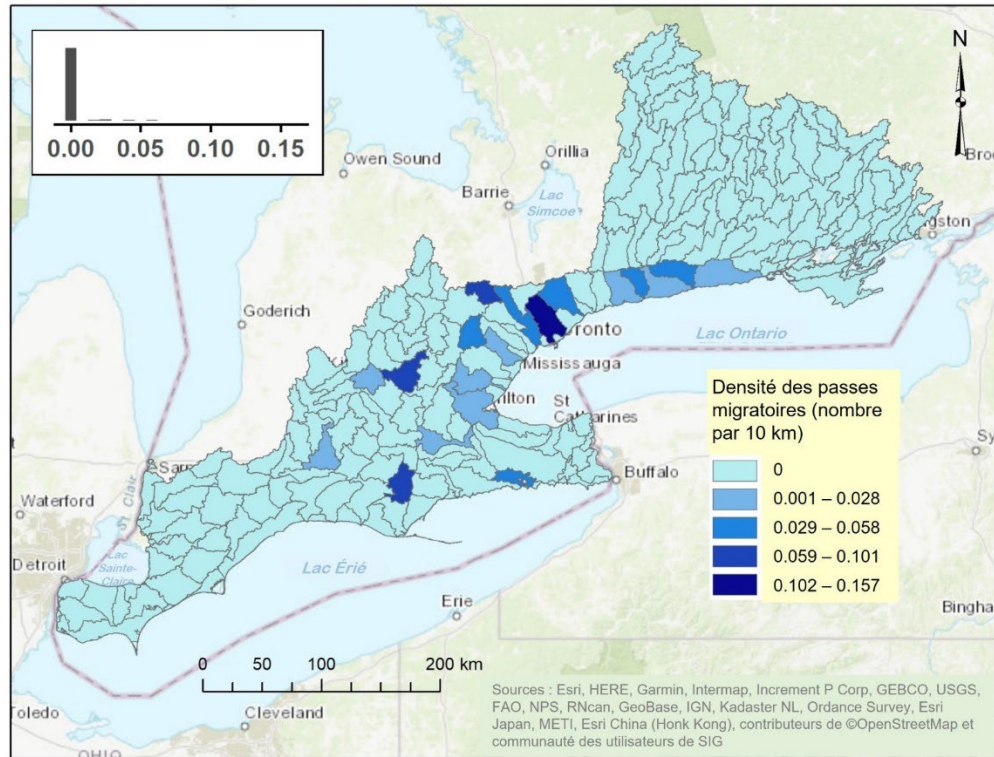


Figure 17. Densité des passes migratoires (nombre par 10 km²) dans la ZGLI.

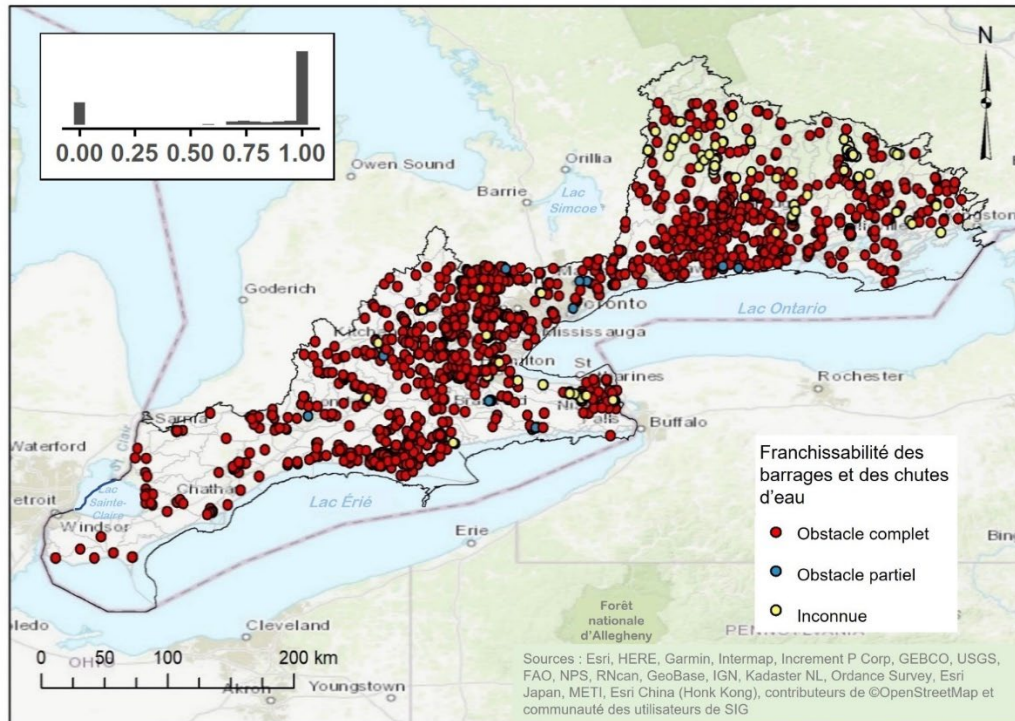


Figure 18. Franchissabilité des obstacles (chutes d'eau et barrages) dans la ZGLI.

La densité des traversées de cours d'eau variait de 0 à 30,3 par 10 km de cours d'eau dans la ZGLI (Figure 19), pour une valeur médiane de 5,3 traversées par 10 km de cours d'eau; 75 % des unités d'évaluation de la ZGLI présentaient une densité des traversées supérieure à 3,7 par 10 km de cours d'eau.

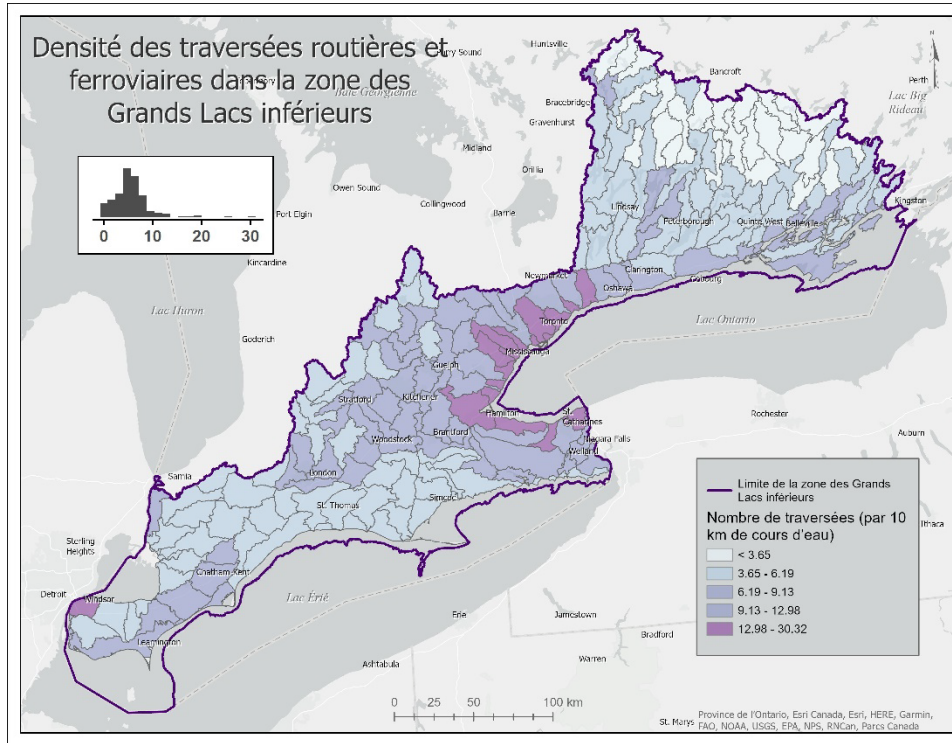


Figure 19. Densité des traversées routières et ferroviaires de cours d'eau (nombre par 10 km¹) dans la ZGLI.

Indicateur : utilisation des terres et couverture terrestre

L'utilisation des terres et la couverture terrestre dans la ZGLI variaient géographiquement (Figure 20). Les parties septentrionales du bassin versant du lac Ontario étaient dominées par un couvert forestier et une végétation inondée, mais les terres cultivées étaient le type de couverture terrestre dominant dans le bassin versant du lac Érié. Une grande partie de la zone bâtie se trouve dans la zone visée par le rapport associée à de nombreux grands centres urbains, notamment la région du Grand Toronto, Hamilton, Kitchener-Waterloo, London et Windsor.

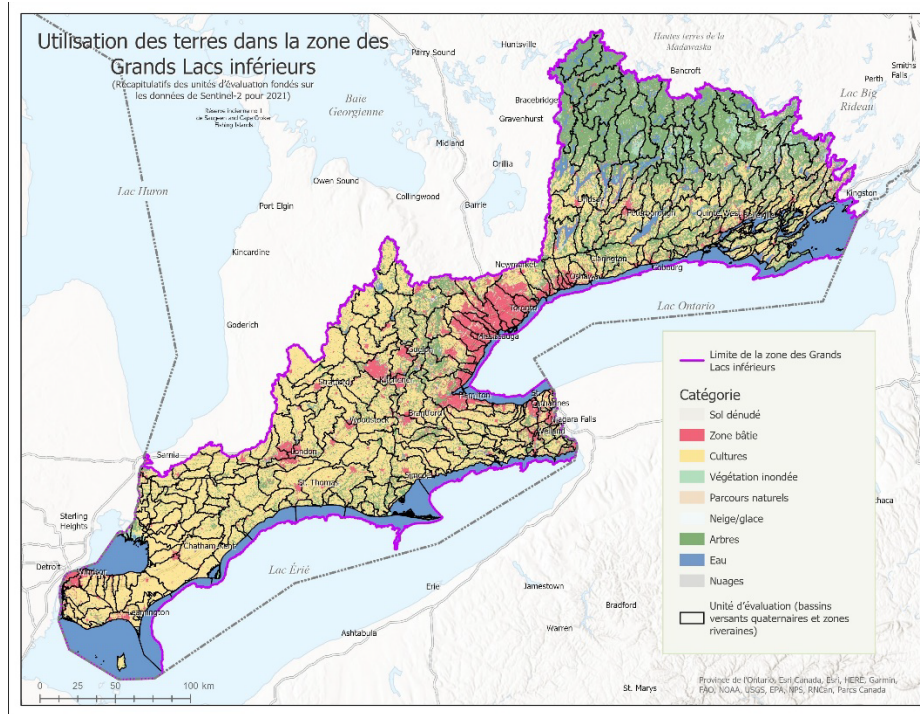


Figure 20. Utilisation des terres et couverture terrestre dans la ZGLI.

La densité du réseau routier dans la ZGLI variait de 0,14 à 9,88 km de route par kilomètre carré de zone d'évaluation, pour une valeur médiane de 1,24 km de route/km² (Figure 21). Les unités d'évaluation ayant la plus forte densité ont été trouvées dans l'ouest du lac Ontario et l'est du lac Érié.

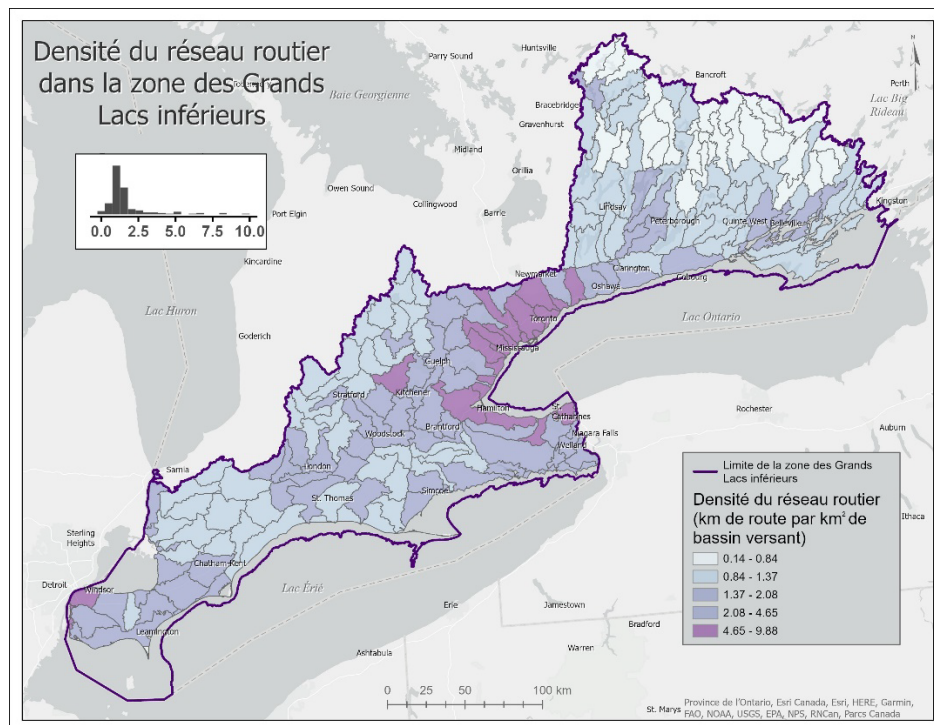


Figure 21. Densité du réseau routier dans les unités d'évaluation de la ZGLI.

Dans l'ensemble des unités d'évaluation, les zones riveraines présentaient un pourcentage médian de couverture terrestre naturelle de 47,8 %. Seulement 25,1 % des unités d'évaluation de la ZGLI présentaient une couverture terrestre perturbée inférieure à 25 % dans les zones riveraines, la plupart étant concentrées dans le nord-est de la zone visée par le rapport (Figure 22).

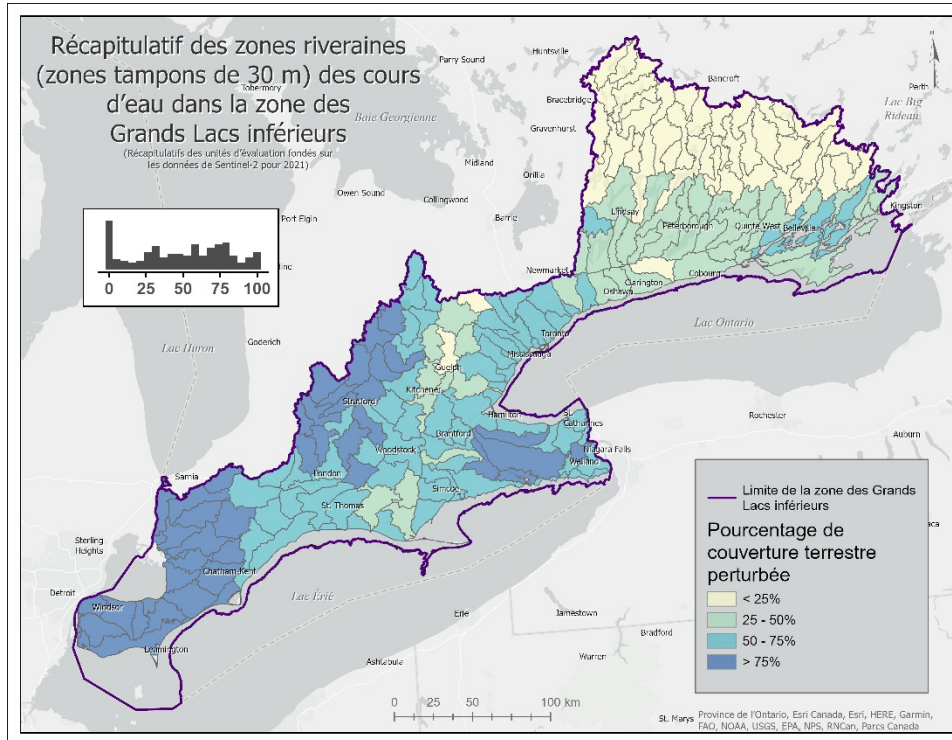


Figure 22. Pourcentage de zones riveraines (zone tampon de 30 m le long de tous les cours d'eau) avec couverture terrestre perturbée (zones bâties ou terres cultivées) dans chaque unité d'évaluation de la ZGLI.

De plus, la couverture des aires protégées dans la zone visée par le rapport était faible (Figure 23; Tableau 6), 48,2 % des unités d'évaluation n'en ayant aucune. Les valeurs relativement plus élevées de la couverture des aires protégées étaient concentrées dans le nord de la ZGLI.

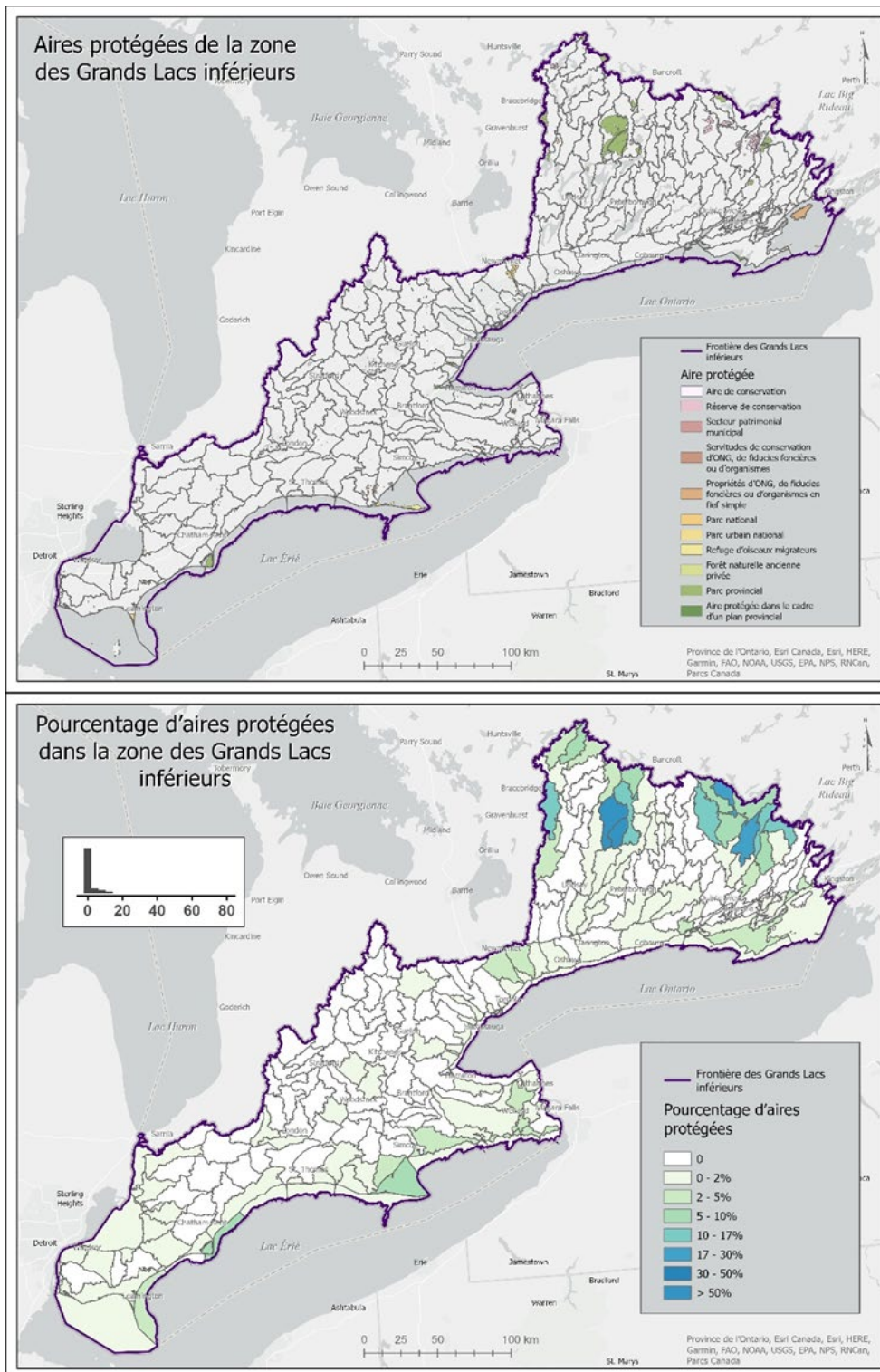


Figure 23. Couverture des aires protégées dans la ZGLI par type d'aire protégée (haut) et par pourcentage de couverture dans chaque unité d'évaluation (bas).

Tableau 6. Superficie totale des différents types d'aires protégées dans la ZGLI.

Type d'aire protégée	Superficie (km ²)
Aire de conservation	80,10
Réserve de conservation	446,15
Secteur patrimonial municipal	43,81
Parc national	31,82
Parc urbain national	90,06
Refuge d'oiseaux migrateurs	93,08
Servitudes de conservation d'ONG, de fiducies foncières ou d'organismes	1,56
Propriétés d'ONG, de fiducies foncières ou d'organismes en fief simple	280,83
Forêt naturelle ancienne privée	0,40
Parc provincial	1 382,07
Aire protégée dans le cadre d'un plan provincial	13,42
Total	2 463,30

Indicateur : changements climatiques

Dans la ZGLI, les vitesses d'avancement bioclimatiques variaient de 1,6 à 9,8 km par année⁻¹, selon l'unité d'évaluation et le scénario d'émissions (Figure 24). Les vitesses étaient plus rapides dans le scénario des émissions élevées (RCP 8.5) que dans celui des émissions faibles (RCP 4.5). Les unités d'évaluation entourant la région du Grand Toronto présentaient les vitesses d'avancement les plus rapides. Les vitesses de recul variaient de 1,6 à 11,1 km par année⁻¹ et étaient plus rapides dans les unités d'évaluation du sud-ouest et celles qui longent la rive du lac Ontario.

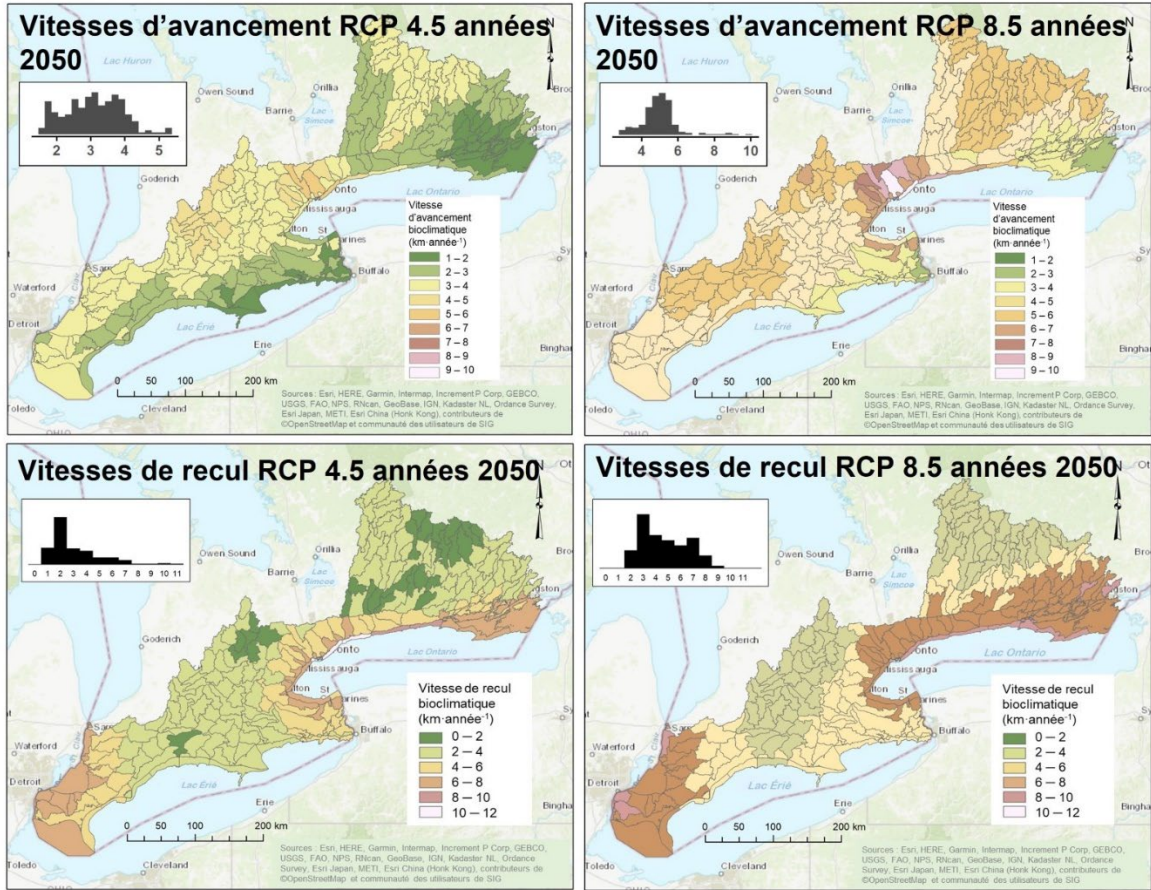


Figure 24. Vitesses d'avancement et de recul bioclimatiques ($\text{km}\cdot\text{an}^{-1}$) pour chaque unité d'évaluation de la ZGLI selon les scénarios d'émissions RCP 4.5 et RCP 8.5 pour les années 2050.

Les changements climatiques devraient modifier l'étendue des crues dans la ZGLI (Figure 25). Selon les scénarios RCP 4.5 et RCP 8.5, le volume total des crues devrait augmenter par rapport au scénario climatique actuel, particulièrement quant à l'étendue des crues d'une hauteur dépassant 5 m (Figure 26). Par rapport aux crues actuelles, on prévoyait que le volume des crues à récurrence de 100 ans augmenterait davantage selon le scénario d'émission RCP 4.5 (+10,3 km^3) comparativement au scénario d'émission RCP 8.5 (+4,7 km^3).

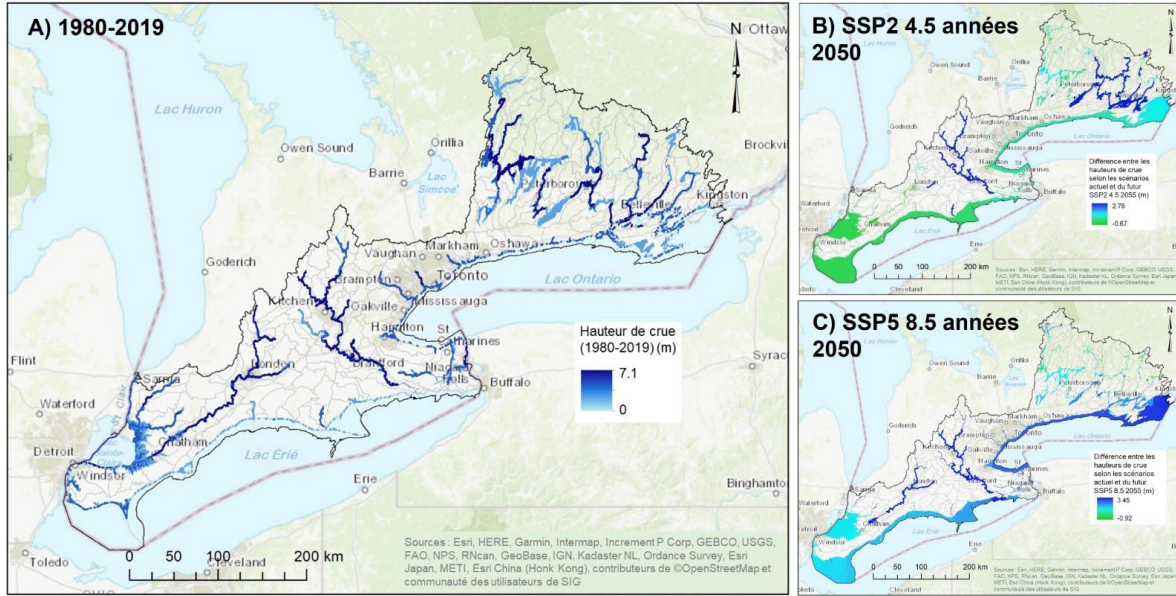


Figure 25. Évolution des hauteurs de crue selon les scénarios climatiques actuel (A) et du futur (B, C) pour une inondation à récurrence de 100 ans. Le graphique A montre les hauteurs de crue pour une crue à récurrence de 100 ans de 1980 à 2019, tandis que les graphiques B et C montrent la variation des hauteurs de crue (vert = diminution de la hauteur, bleu = augmentation de la hauteur) dans les scénarios d'émissions faibles (SSP2 4.5) et élevées (SSP5 8.5) jusqu'aux années 2050.

Crues causées par les changements climatiques dans la zone des Grands Lacs inférieurs

Prévision des crues à récurrence de 100 ans

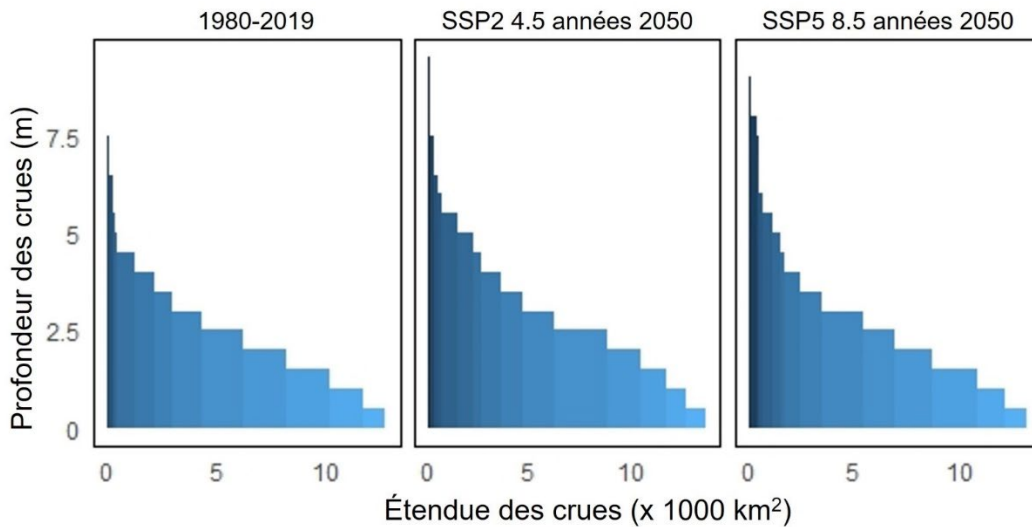


Figure 26. Hauteurs et étendues prévues des crues à récurrence de 100 ans selon les scénarios climatiques actuel (1980 à 2019) et du futur SSP2 4.5 et SSP5 8.5 dans la ZGLI.

ZONE DES VERSANTS EST DE L'ALBERTA (ZVEA)

Indicateur : biodiversité

La richesse en espèces de poissons dans la ZVEA variait de 1 à 32 espèces par unité d'évaluation (Figure 27; Annexe C). Des valeurs plus faibles ont été observées dans les unités d'évaluation montagneuses (ouest) et plus élevées dans les unités d'évaluation situées dans les contreforts et les prairies (est). Dans l'ensemble des unités d'évaluation, la richesse médiane en espèces de poissons était de 17. La qualité des données sur les espèces de poissons variait dans l'ensemble de la zone visée par le rapport; en général, les données accessibles pour les unités d'évaluation du centre et du sud étaient plus nombreuses par rapport à celles du nord (Annexe E). Les données n'étaient pas facilement accessibles pour trois unités d'évaluation dans le parc national Jasper.

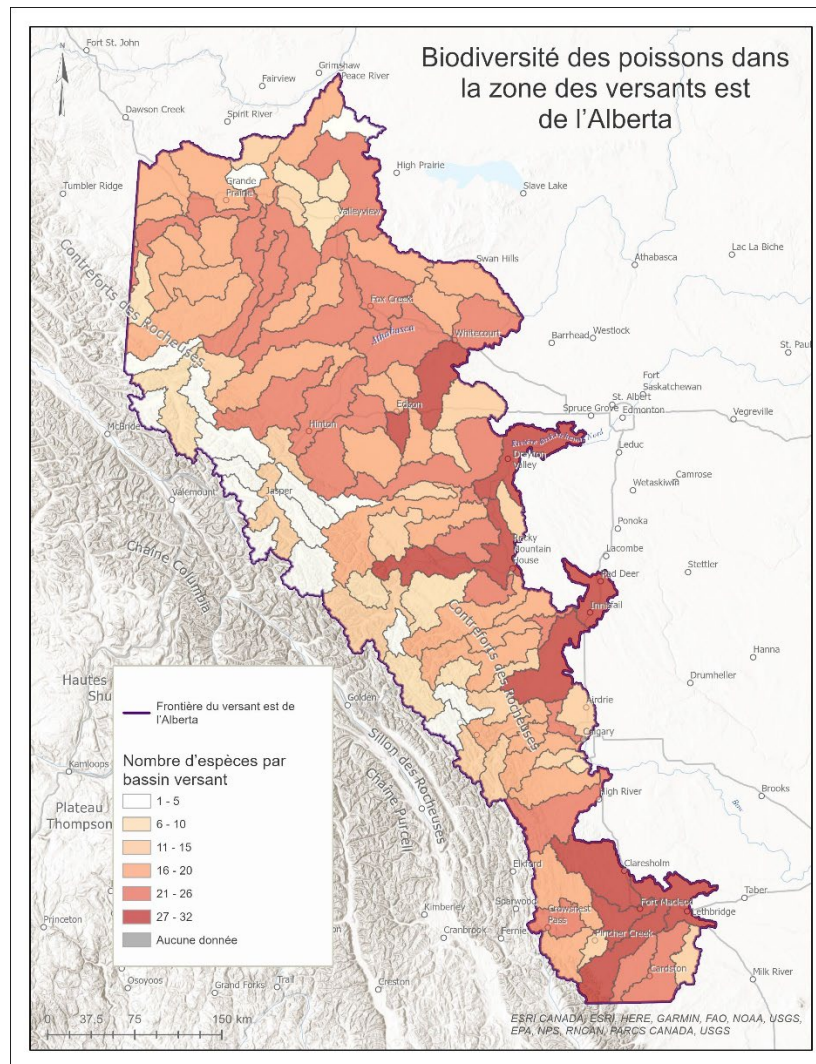


Figure 27. Richesse en espèces de poissons dans chaque unité d'évaluation de la ZVEA.

Des données sur les communautés d'invertébrés benthiques étaient accessibles pour 326 sites de la ZVEA (Figure 28), dont la majorité se trouvait dans les parties ouest de la zone visée par le rapport. Le pourcentage d'EPT était élevé sur la plupart des sites, 75 % d'entre eux affichant

un pourcentage d'EPT supérieur à 66,7 %. L'indice EPT médian pour tous les sites était de 86,9 %.

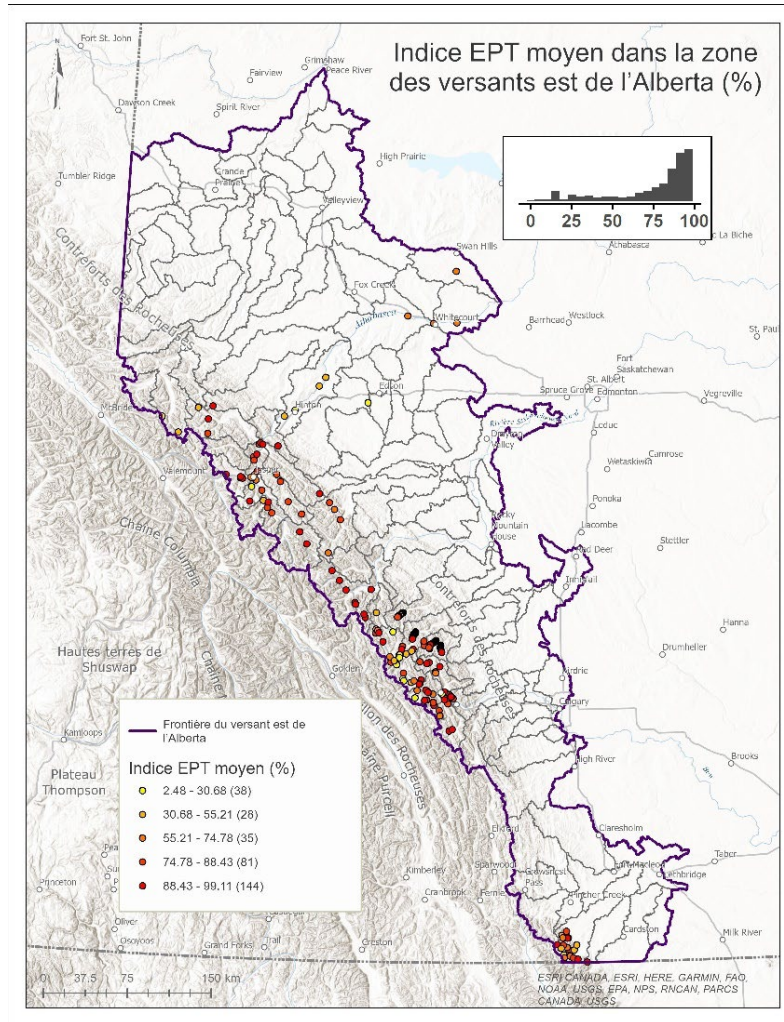


Figure 28. Valeurs de l'indice EPT sur les sites de la ZVEA.

La richesse en espèces en péril était généralement faible dans cette zone visée par le rapport, soit une valeur maximale de trois espèces en péril par unité d'évaluation et une médiane d'une seule espèce en péril par unité d'évaluation (Figure 29; Tableau 7). Cependant, comme la richesse globale en poissons est faible, les espèces en péril représentaient 8,9 % (médiane) de la communauté de poissons (Figure 30). Les espèces de poissons envahissantes présentes dans la ZVEA étaient limitées au carassin argenté (*Carassius gibelio*) et au carassin doré (*Carassius auratus*), qui ont été trouvés dans seulement neuf unités d'évaluation (Figure 31). Les rares occurrences d'autres espèces de poissons envahissantes (p. ex., barbotte noire) n'ont pas été prises en compte dans notre analyse.

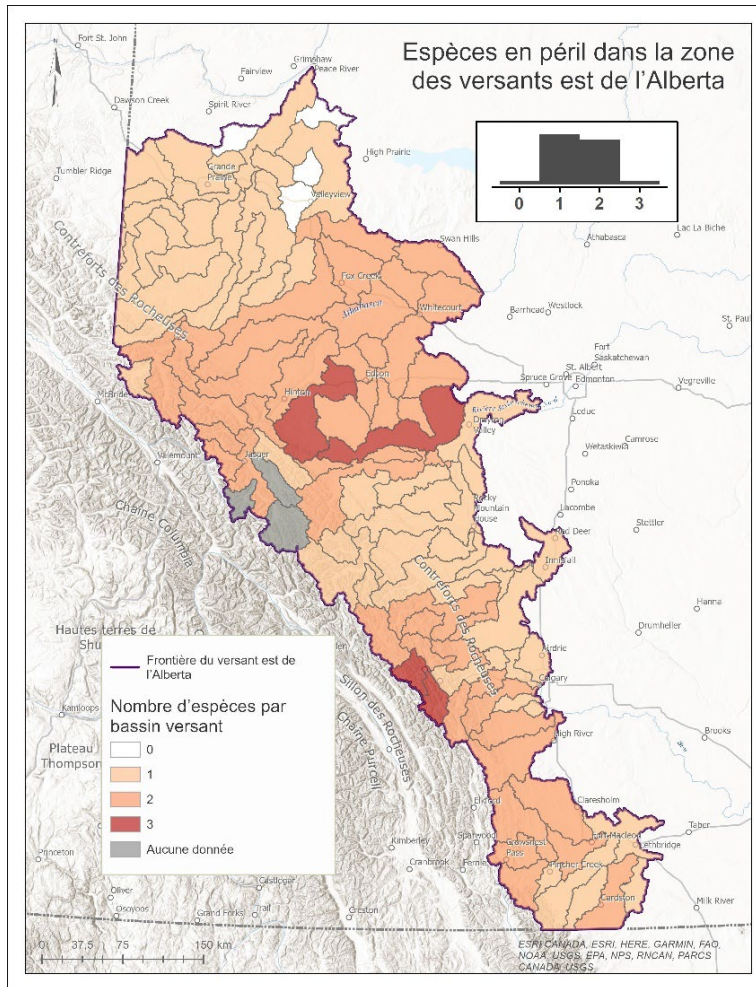


Figure 29. Nombre d'espèces de poissons et de mollusques en péril dans chaque unité d'évaluation de la ZVEA.

Tableau 7. Espèces de poissons et de mollusques en péril dans la ZVEA inscrites à l'Annexe 1 de la LEP et désignées par le COSEPAC comme étant disparues (D), en voie de disparition (VD), disparues du Canada (DC), préoccupantes (P) ou menacées (M).

Espèce (et population, le cas échéant)	Statut selon la LEP	Statut selon le COSEPAC
Omble à tête plate (<i>Salvelinus confluentus</i>), populations de la rivière Saskatchewan et du fleuve Nelson	M	M
Omble à tête plate (<i>Salvelinus confluentus</i>), population de l'ouest de l'Arctique	P	P
Esturgeon jaune (<i>Acipenser fulvescens</i>), Saskatchewan – populations du fleuve Nelson	-	M
Truite arc-en-ciel (<i>Oncorhynchus mykiss</i>), populations de la rivière Athabasca	M	M
Corégone pygmée (<i>Prosopium coulterii</i>), population du lac Waterton	-	P
Chabot des montagnes Rocheuses (<i>Cottus</i> sp.), populations du versant est	M	Non actif
Chabot des montagnes Rocheuses (<i>Cottus</i> sp.), populations de la rivière Saskatchewan et du fleuve Nelson	-	M
Truite fardée versant de l'ouest (<i>Oncorhynchus clarkii lewisi</i>), population de l'Alberta	M	M
Physe des fontaines de Banff (<i>Physella johnsoni</i>)	M	M

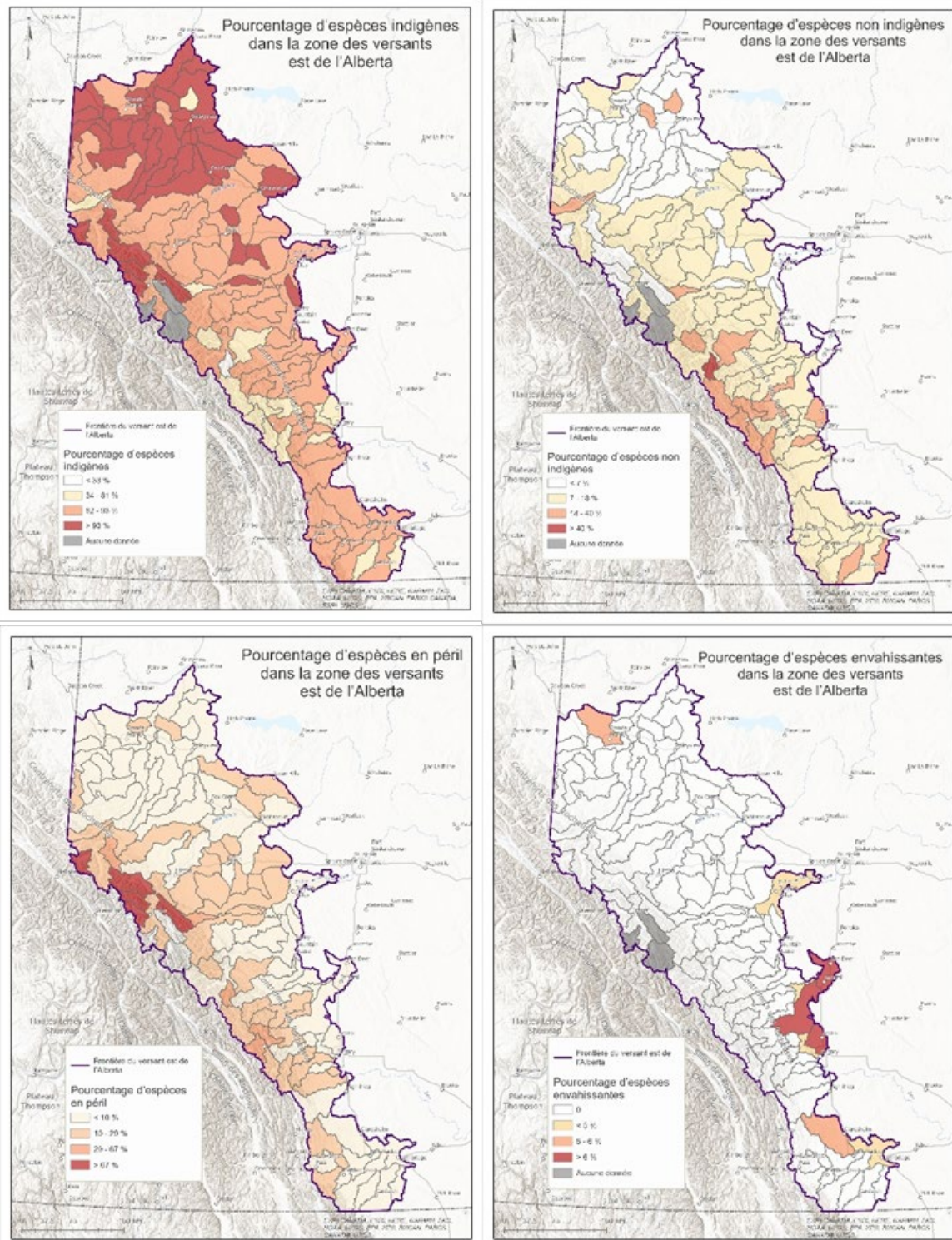


Figure 30. Pourcentage de la communauté de poissons présente dans chaque unité d'évaluation qui est composée d'espèces indigènes (en haut à gauche), d'espèces non indigènes (en haut à droite), d'espèces envahissantes (en bas à gauche) et d'espèces en péril (en bas à droite).

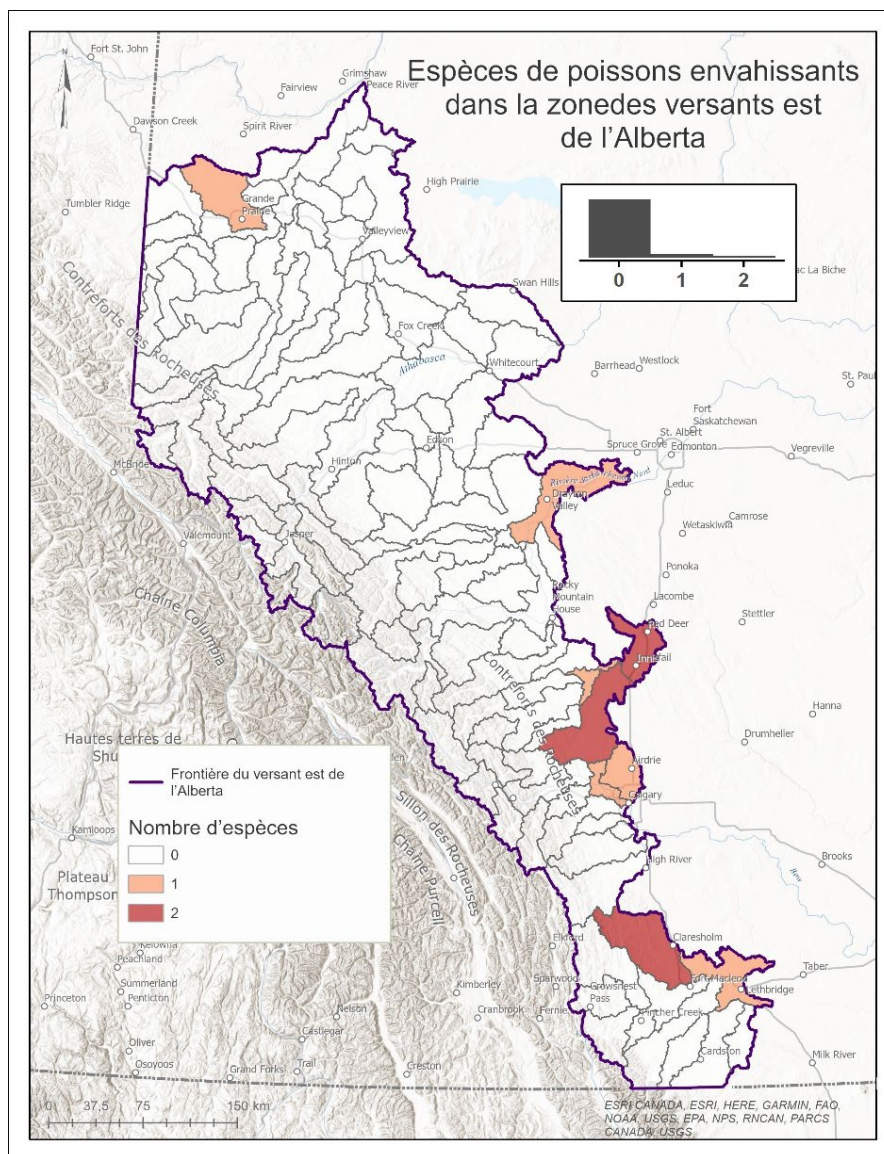


Figure 31. Nombre d'espèces aquatiques envahissantes présentes dans chaque unité d'évaluation de la ZVEA.

Dans l'ensemble des unités d'évaluation, le pourcentage médian d'espèces de poissons indigènes était de 88,4 %, les valeurs les plus élevées étant observées dans les parties septentrionales de la zone visée par le rapport (Figure 30). Les espèces non indigènes (principalement l'omble de fontaine, la truite brune et la truite arc-en-ciel; Annexe C) représentaient une médiane de 11 % de la communauté de poissons, tandis que les espèces envahissantes (le carassin argenté et le carassin doré) étaient généralement rares (Figure 30).

Indicateur : qualité de l'eau

Les concentrations de chlorure de 21 sites échantillonnés dans la ZVEA variaient de 1,15 à 12 mg·L⁻¹ (moyenne de 2,75 mg·L⁻¹) [Figure 32]. Les concentrations les plus élevées se trouvaient près des centres urbains de Calgary et de Lethbridge. Cependant, aucun des sites ne présentait des concentrations dépassant le seuil de 120 mg·L⁻¹ pour la protection de la vie aquatique (Figure 33).

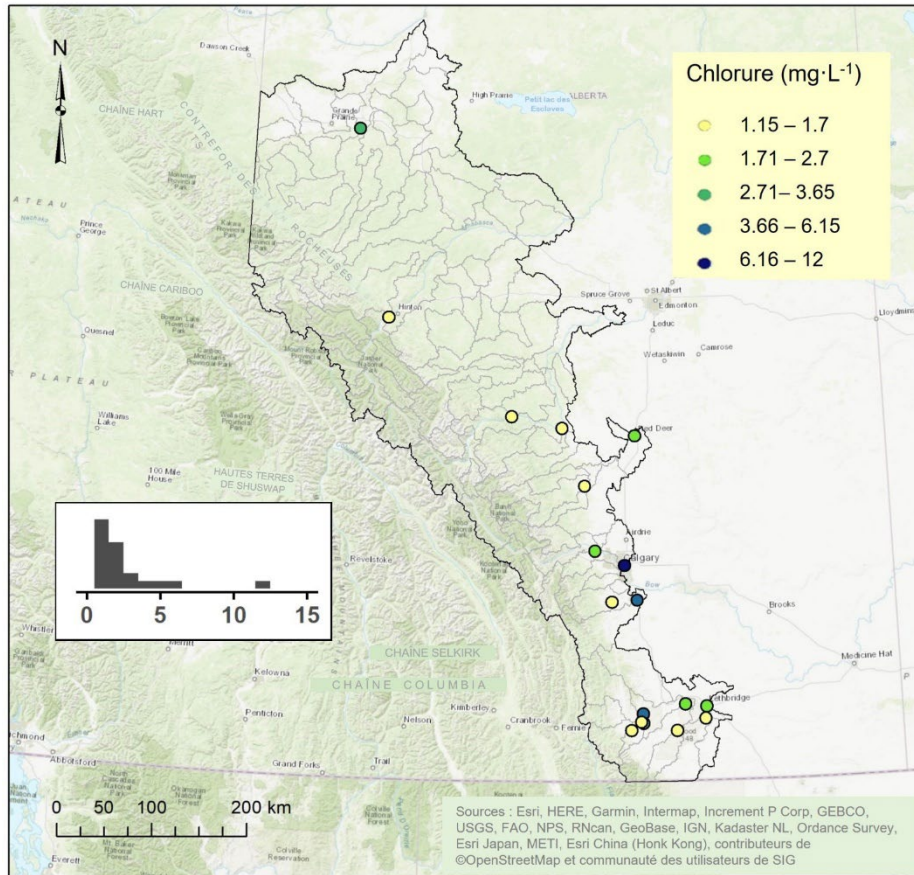


Figure 32. Concentrations médianes de chlorure (mg·L⁻¹) aux sites d'échantillonnage d'eau de la ZVEA.

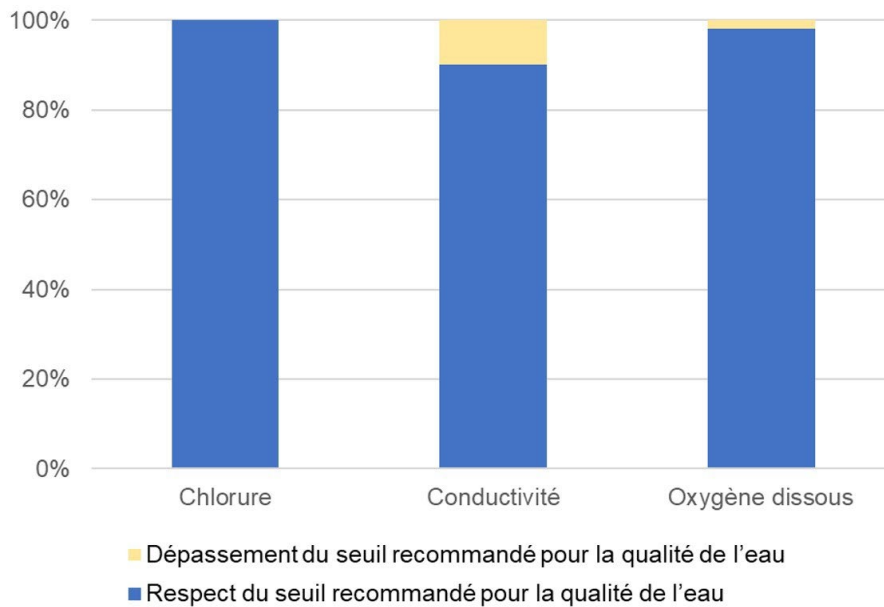


Figure 33. Pourcentage de sites d'échantillonnage de l'eau dans la ZVEA qui respectent ou dépassent les recommandations pour la qualité de l'eau.

La conductivité et l'oxygène dissous ont été mesurés à 55 sites de la ZVEA visée par le rapport. La conductivité à ces sites variait de 145,85 à 1 252 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (moyenne de 379,28 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) et augmentait d'ouest en est (Figure 34). Cinq sites situés près de centres urbains présentaient des concentrations de conductivité dépassant le seuil de 500 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. L'oxygène dissous dans la ZVEA variait de 4,94 à 11,42 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (moyenne de 10,18 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) [Figure 35]. Un seul site au centre de la zone visée par le rapport présentait une valeur d'oxygène dissous inférieure à la limite de 6 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$. Les températures moyennes de juillet à août dans la ZVEA variaient de 10,06 à 20,02 $^{\circ}\text{C}$, pour une moyenne de 16,04 $^{\circ}\text{C}$ (Figure 36). Les températures étaient plus chaudes dans les cours d'eau à basse altitude et les rivières du côté est de la zone visée par le rapport.

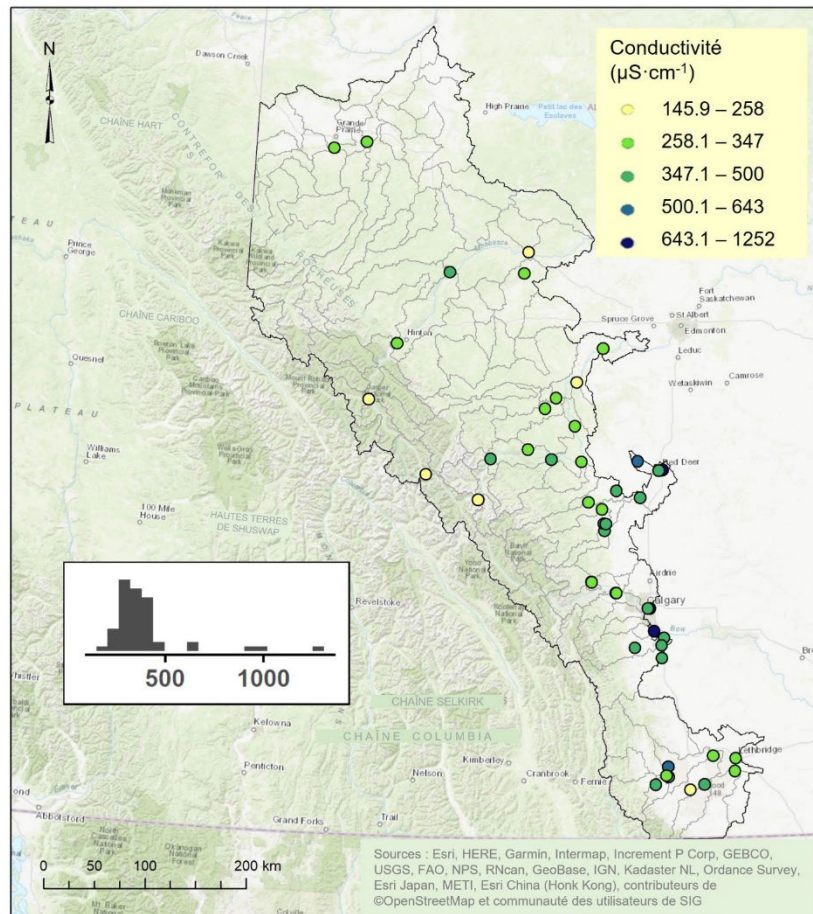


Figure 34. Conductivité médiane ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) mesurée dans les sites d'échantillonnage de l'eau de la ZVEA.

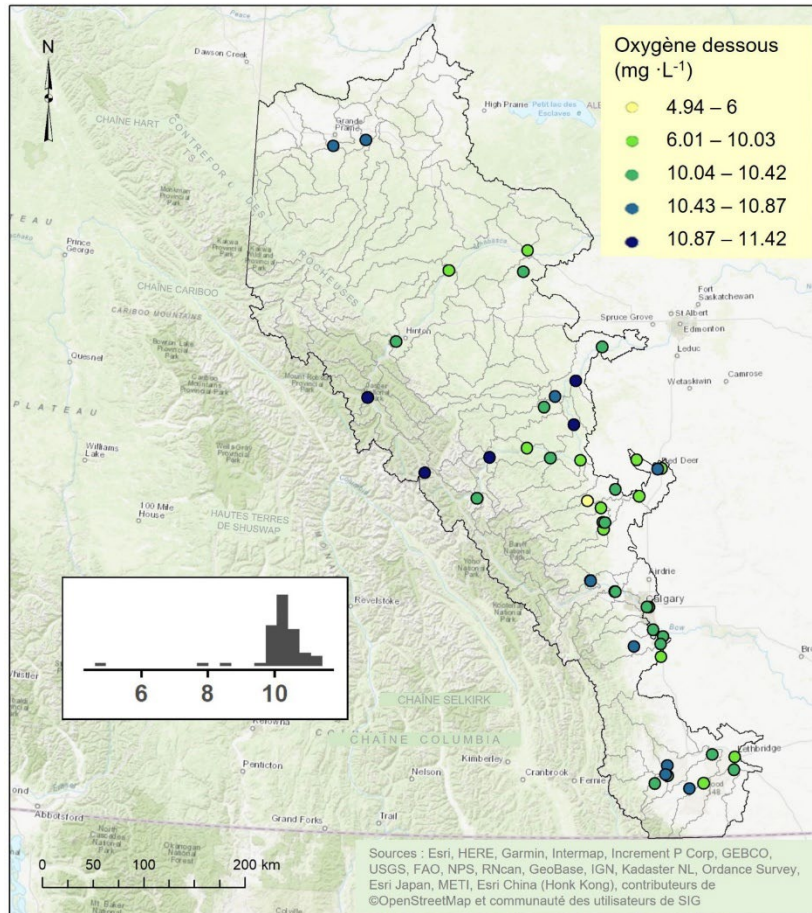


Figure 35. Concentrations médianes d'oxygène dissous (mg·L⁻¹) mesurées dans les sites d'échantillonnage de l'eau de la ZVEA.

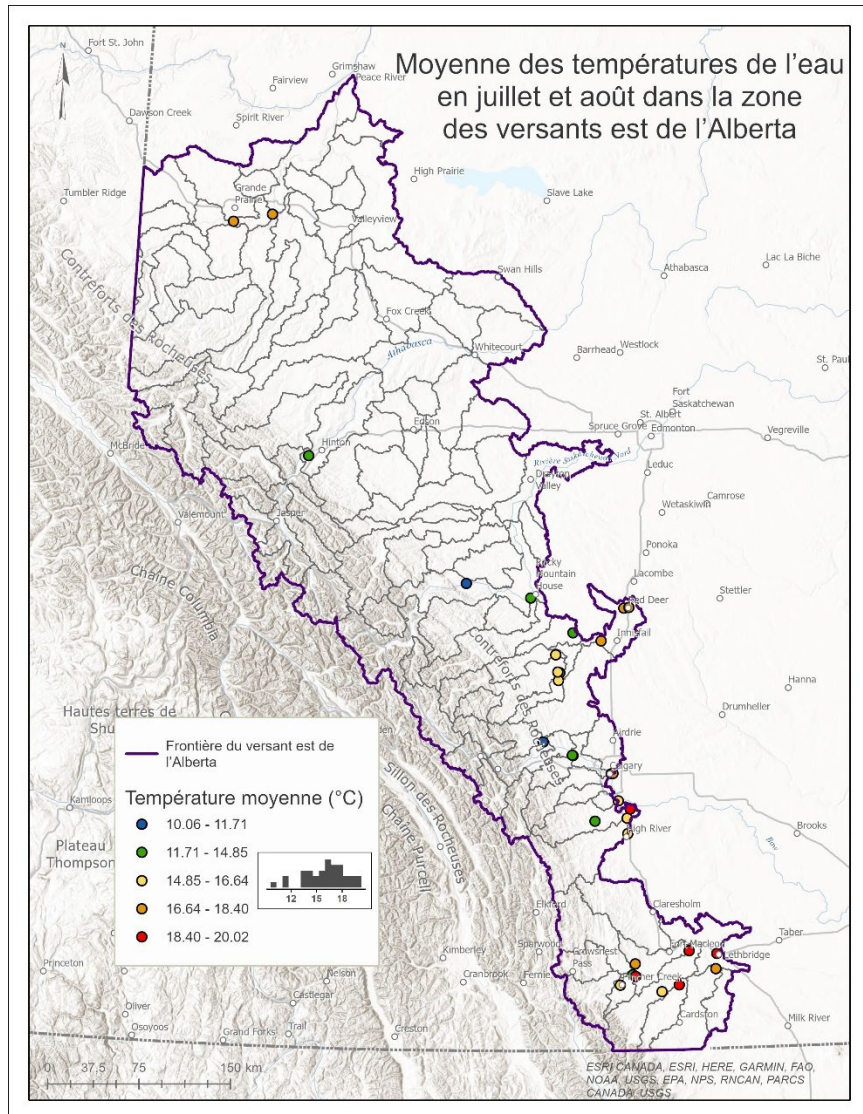


Figure 36. Température moyenne de l'eau (°C) en juillet et août mesurée dans les cours d'eau et les lacs de la ZVEA.

Indicateur : connectivité

Dans l'ouest de la ZVEA, la connectivité des cours d'eau est touchée par des chutes d'eau; il y a jusqu'à 0,22 chute d'eau par 10 km de cours d'eau dans certaines unités d'évaluation (Figure 37), dont la plupart présentent une franchissabilité inconnue (Figure 38). À l'inverse, les unités d'évaluation de l'est (et en particulier du sud-est) présentent des densités plus élevées de barrages pouvant atteindre 1,1 barrage par 10 km de cours d'eau (Figure 39). Il n'y avait que deux passes migratoires dans la ZVEA, chacune dans une unité d'évaluation distincte dans le centre et le nord de la zone visée par le rapport (Figure 40). Selon la BDOAC, 26 % des unités d'évaluation ne présentent ni barrage, ni chute d'eau, ni passe migratoire.

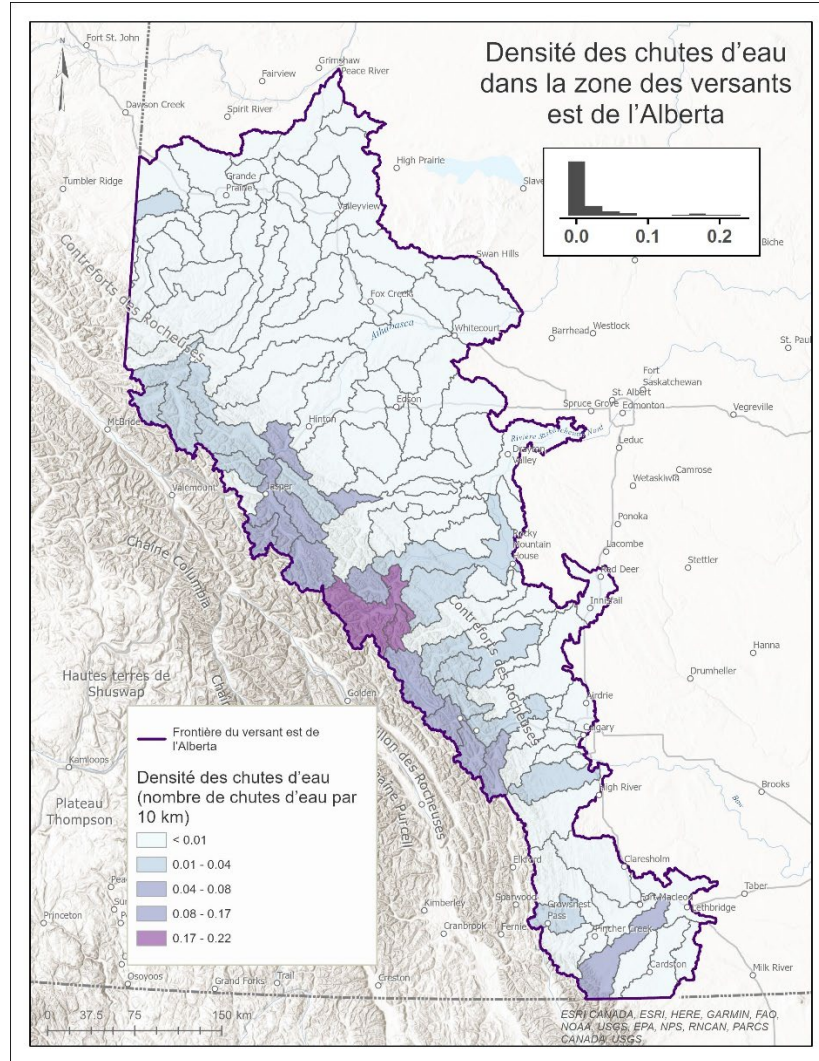


Figure 37. Densité des chutes d'eau (nombre par 10 km⁻¹) dans la ZVEA.

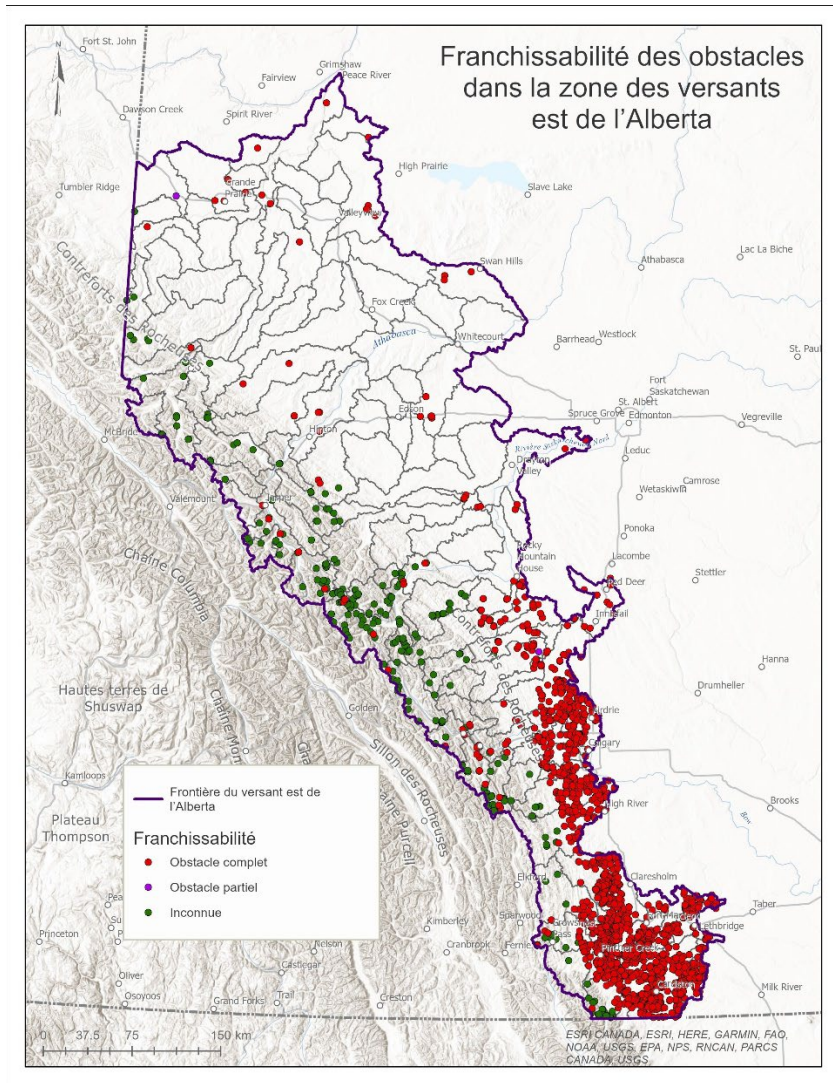


Figure 38. Franchissabilité des obstacles dans la ZVEA.

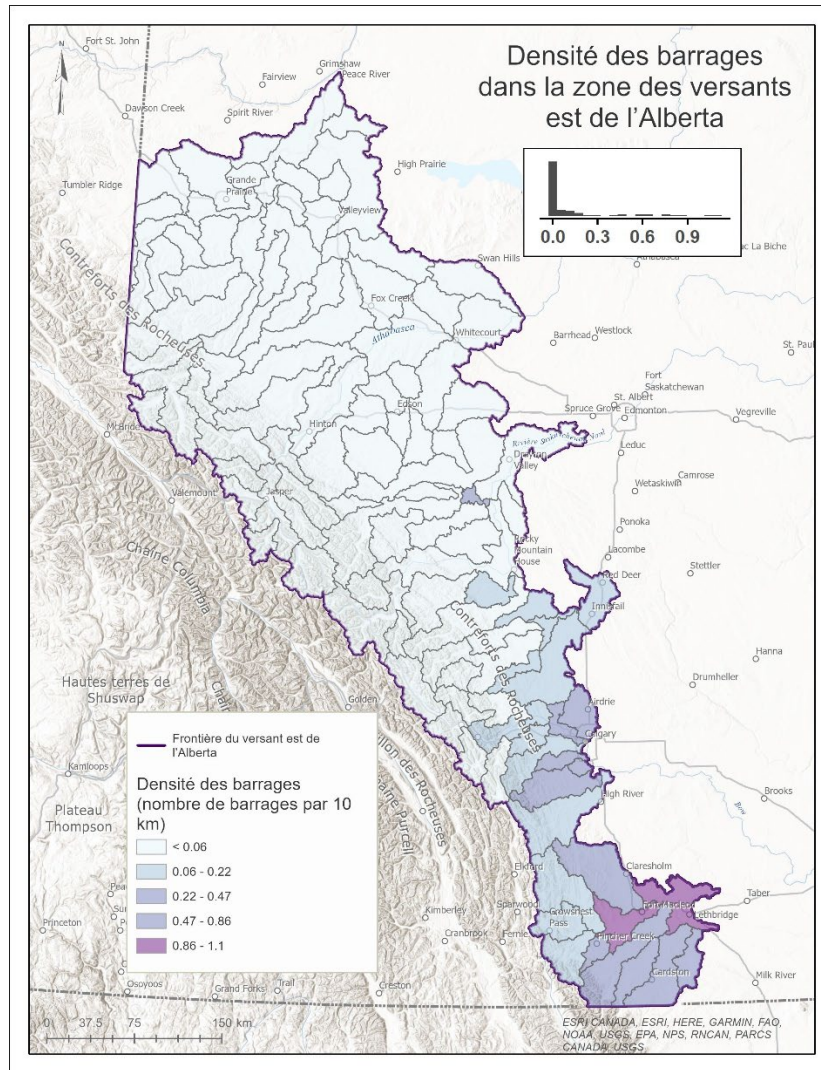


Figure 39. Densité des barrages (nombre par 10 km¹) dans la ZVEA.

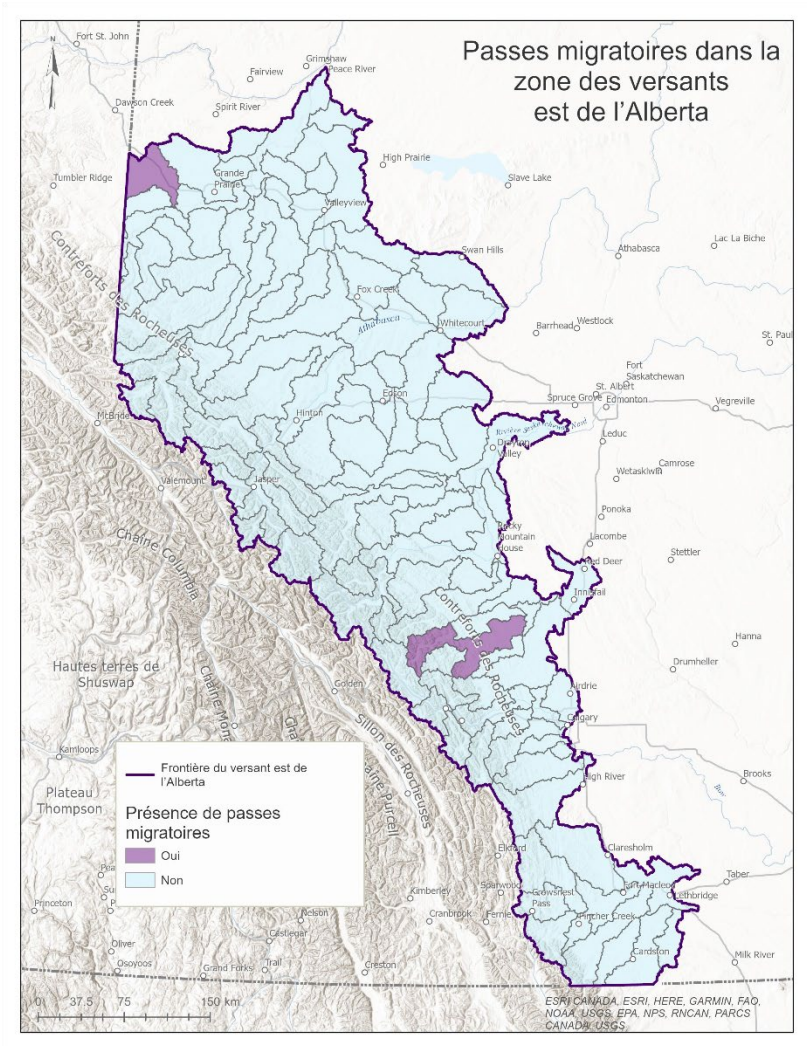


Figure 40. Présence de passes migratoires dans la ZVEA.

Parmi les barrages, chutes d'eau et passes migratoires recensés en 2013 dans la ZVEA, 1 727 sont connus comme empêchant le déplacement des poissons, deux sont des obstacles partiels, et la franchissabilité de 284 d'entre eux est inconnue (Figure 38).

La densité des traversées de cours d'eau dans la ZVEA variait entre 0 et 15,4 (route ou chemin de fer) par 10 km de cours d'eau, pour une valeur médiane de 1,2 (Figure 41). Les unités d'évaluation ayant la densité la plus élevée de traversées ont été trouvées près de grands centres urbains dans la zone visée par le rapport.

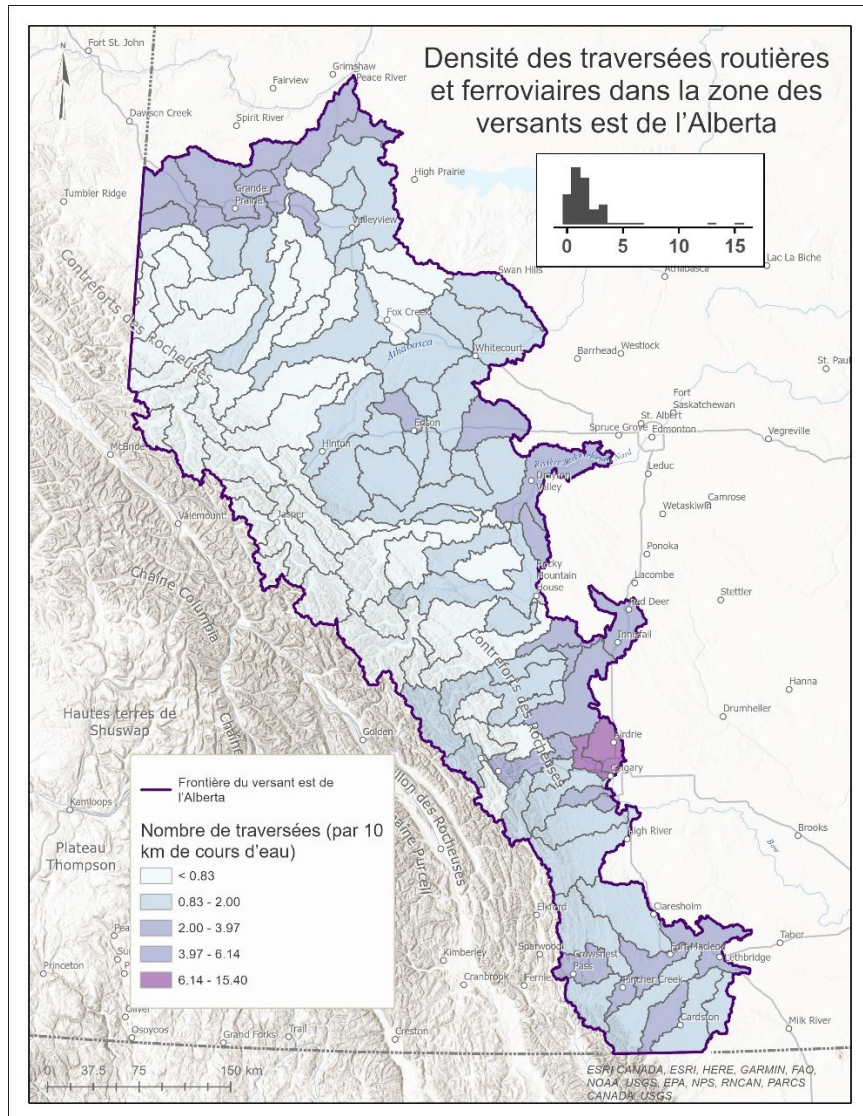


Figure 41. Densité des traversées routières et ferroviaires de cours d'eau dans la ZVEA.

Les valeurs du paramètre de la connectivité des cours d'eau étaient plus élevées dans les parties nord et ouest de la zone visée par le rapport (Figure 42), les valeurs les plus faibles étant observées dans certaines régions montagneuses des bassins versants de la rivière Bow et de la rivière Athabasca. La connectivité médiane des cours d'eau entre les unités d'évaluation était de 44,9 %, la plus étant de 14,9 % et la plus élevée, 99,9 %.

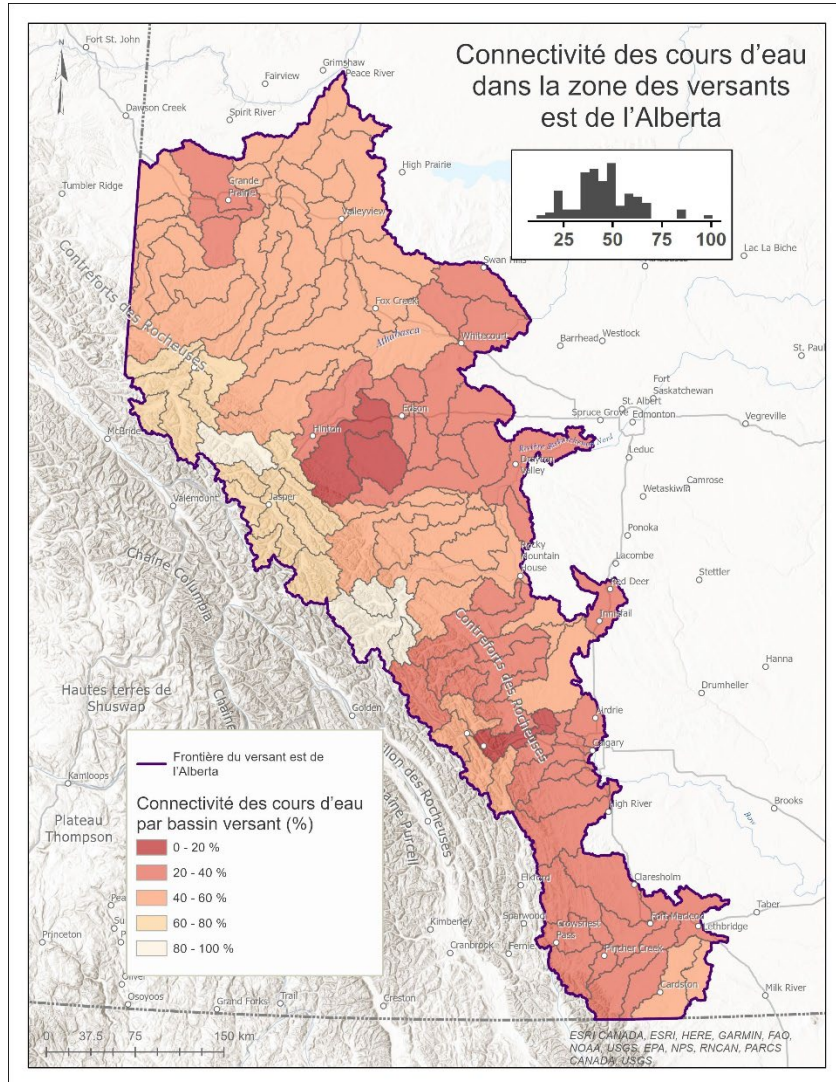


Figure 42. Valeurs de la connectivité des cours d'eau pour chaque unité d'évaluation de la ZVEA.

Indicateur : utilisation des terres et couverture terrestre

L'utilisation des terres et la couverture terrestre dans la ZVEA présentent de fortes variations spatiales, les parcours naturels et les cultures étant les utilisations prédominantes dans le sud-est de la zone visée par le rapport, tandis que les arbres et la neige/glace étaient les couvertures prédominantes dans l'ouest et le nord-est des zones visées par le rapport (Figure 43). De fortes concentrations de zones bâties étaient associées aux villes de Grand Prairie, Red Deer, Calgary et Lethbridge.

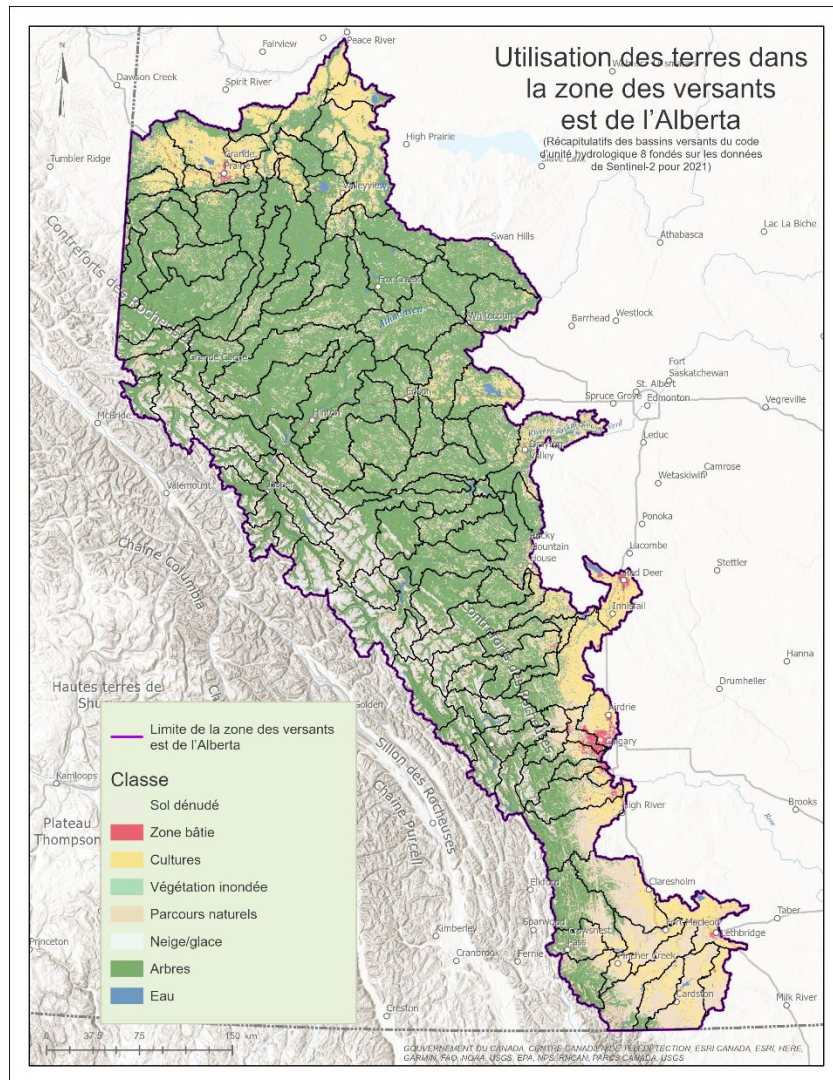


Figure 43. Utilisation des terres et couverture terrestre dans la ZVEA.

La densité du réseau routier dans la ZVEA variait de 0 à 4,24 km/km², pour une valeur médiane de 0,37 km/km² (Figure 44). Des densités plus élevées ont été observées près des grands centres urbains. Seulement 1,9 % des unités d'évaluation de la ZVEA ne contenait aucune route.

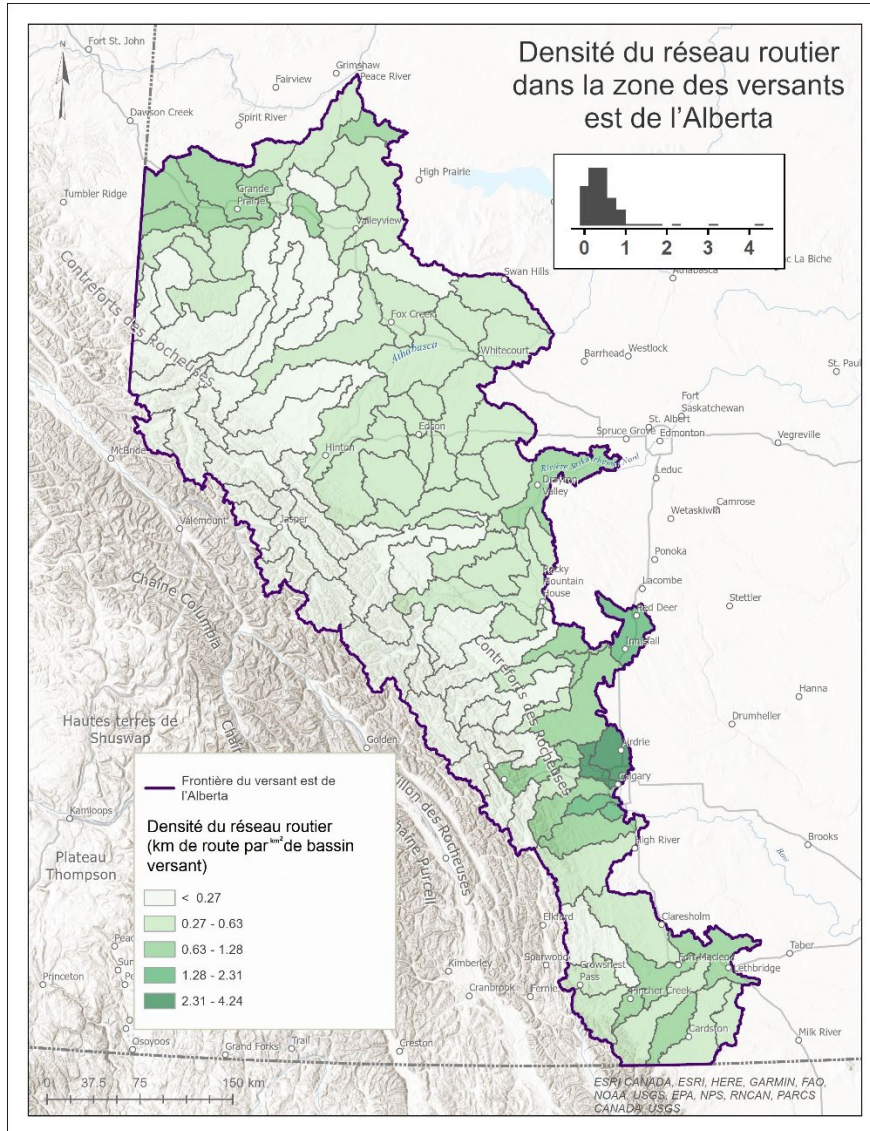


Figure 44. Densité du réseau routier (km de route/km² de bassin versant) dans les unités d'évaluation de la ZVEA.

Les zones riveraines présentaient un pourcentage élevé de couverture terrestre naturelle dans la ZVEA, 83 % des unités d'évaluation dépassant le seuil de couverture terrestre naturelle de 75 % (Figure 45). En effet, la valeur médiane de la couverture naturelle riveraine dans l'ensemble des unités d'évaluation était de 99,4 %, les unités d'évaluation aux couvertures naturelles les plus faibles se trouvant près des grandes villes dans l'est de la zone visée par le rapport.

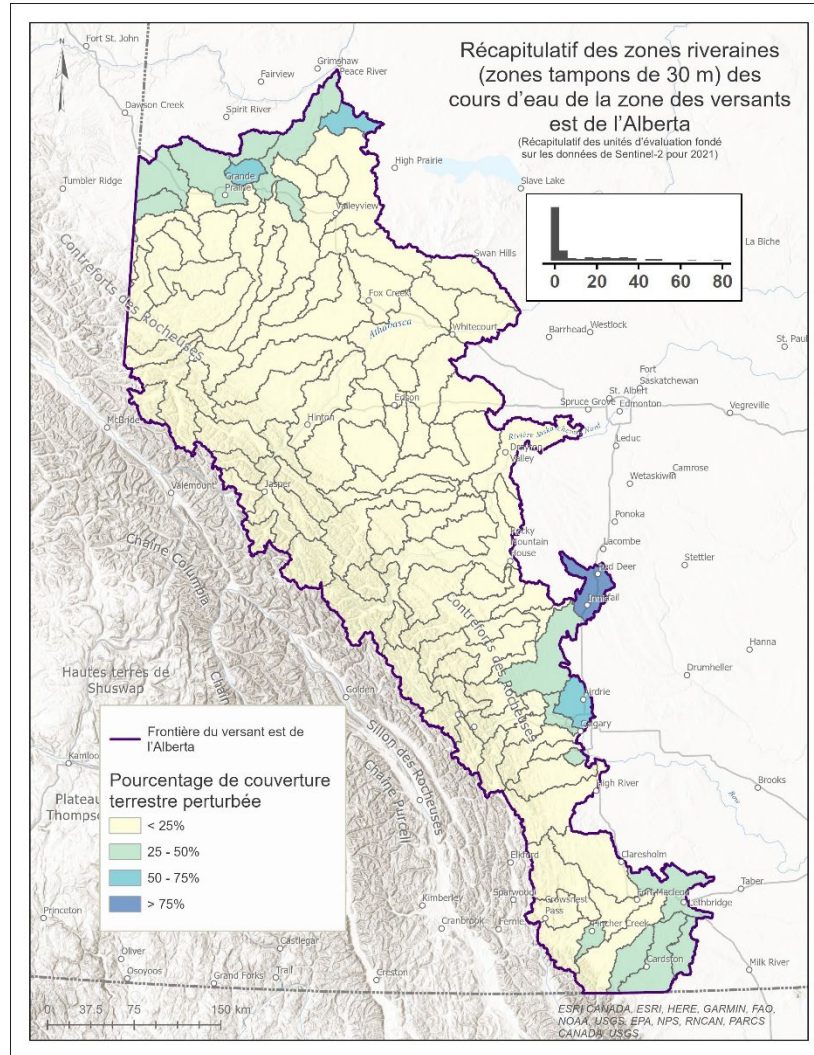


Figure 45. Pourcentage de zones riveraines avec couverture terrestre perturbée dans chaque unité d'évaluation de la ZVEA.

La couverture des aires protégées au sein de la ZVEA variait de 0 à 100 % entre les unités d'évaluation (Figure 46; Tableau 8). Des valeurs élevées de la couverture des aires protégées ont été associées aux parcs nationaux et provinciaux dans les régions montagneuses de la zone visée par le rapport, et des valeurs plus faibles ont été observées dans les régions des contreforts et des régions boréales au nord et à l'est. Trente-six unités d'évaluation ne contenaient aucune aire protégée.

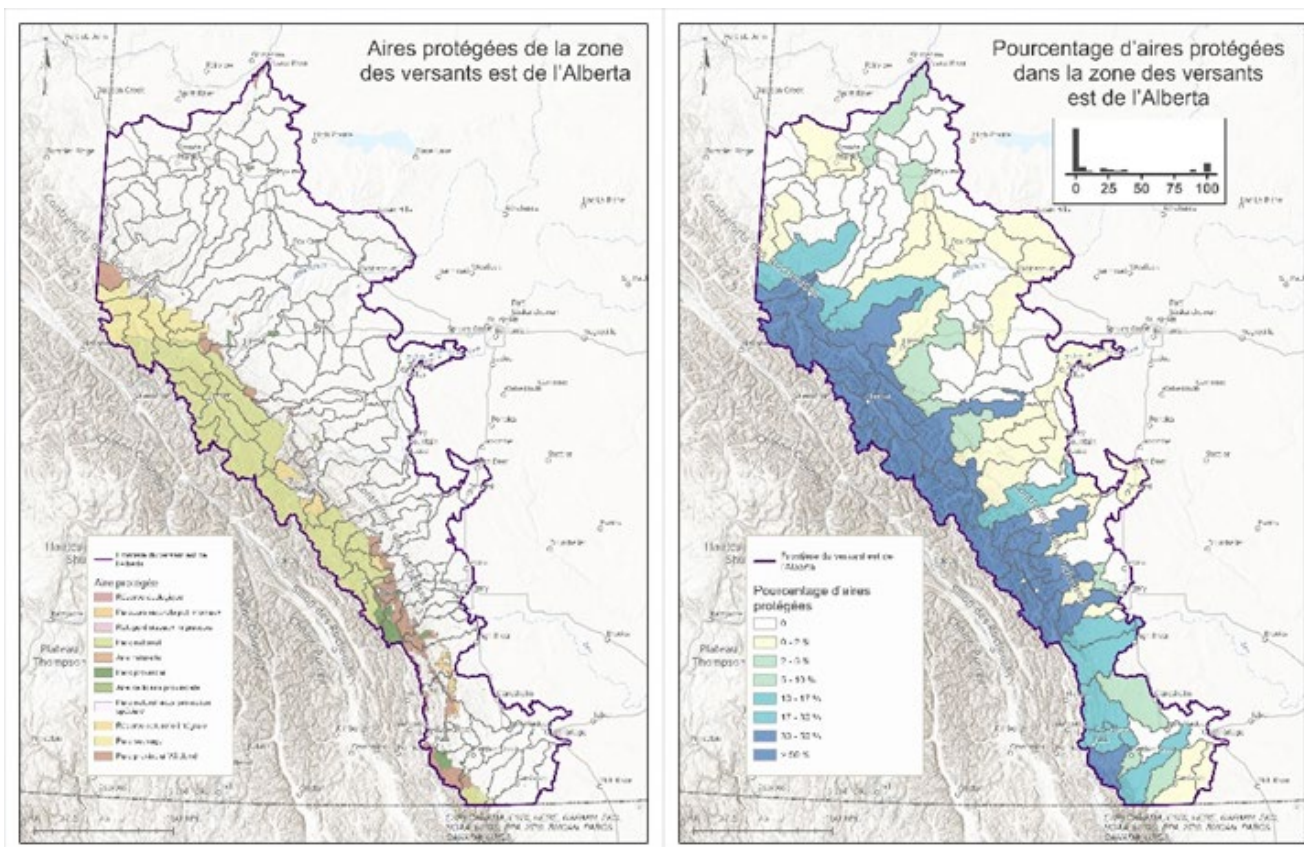


Figure 46. Couverture des aires protégées dans la ZVEA par type d'aire protégée (à gauche) et par pourcentage de couverture dans chaque unité d'évaluation (à droite).

Tableau 8. Superficie totale de différents types d'aires protégées dans la ZVEA.

Type d'aire protégée	Superficie (km ²)
Réserve écologique	102,86
Parcours patrimoniaux	464,12
Refuge d'oiseaux migrateurs	12,79
Parc national	18 591,88
Aire naturelle	189,59
Parc provincial	1 432,13
Aire de loisirs provinciale	61,24
Parc naturel sous protection spéciale	1,10
Réserve naturelle intégrale	1 023,91
Parc sauvage	4 602,39
Parc provincial Wildland	4 862,88
Total	31 344,88

Indicateur : changements climatiques

Les vitesses d'avancement bioclimatiques étaient considérables dans l'ensemble de la ZVEA selon l'unité d'évaluation et le scénario d'émissions, soit de 1,2 à 16,6 km/an⁻¹ (Figure 47). Dans les deux scénarios d'émissions, les vitesses d'avancement bioclimatiques les plus rapides se

trouvaient dans les unités d'évaluation situées à proximité et immédiatement en aval des parcs nationaux Banff et Jasper, les valeurs faibles étant dans le nord et le sud des unités d'évaluation. Les vitesses de recul bioclimatiques variaient de 0,59 à 7,62 km/an⁻¹ pour les deux scénarios d'émissions. Ces vitesses augmentaient d'ouest en est.

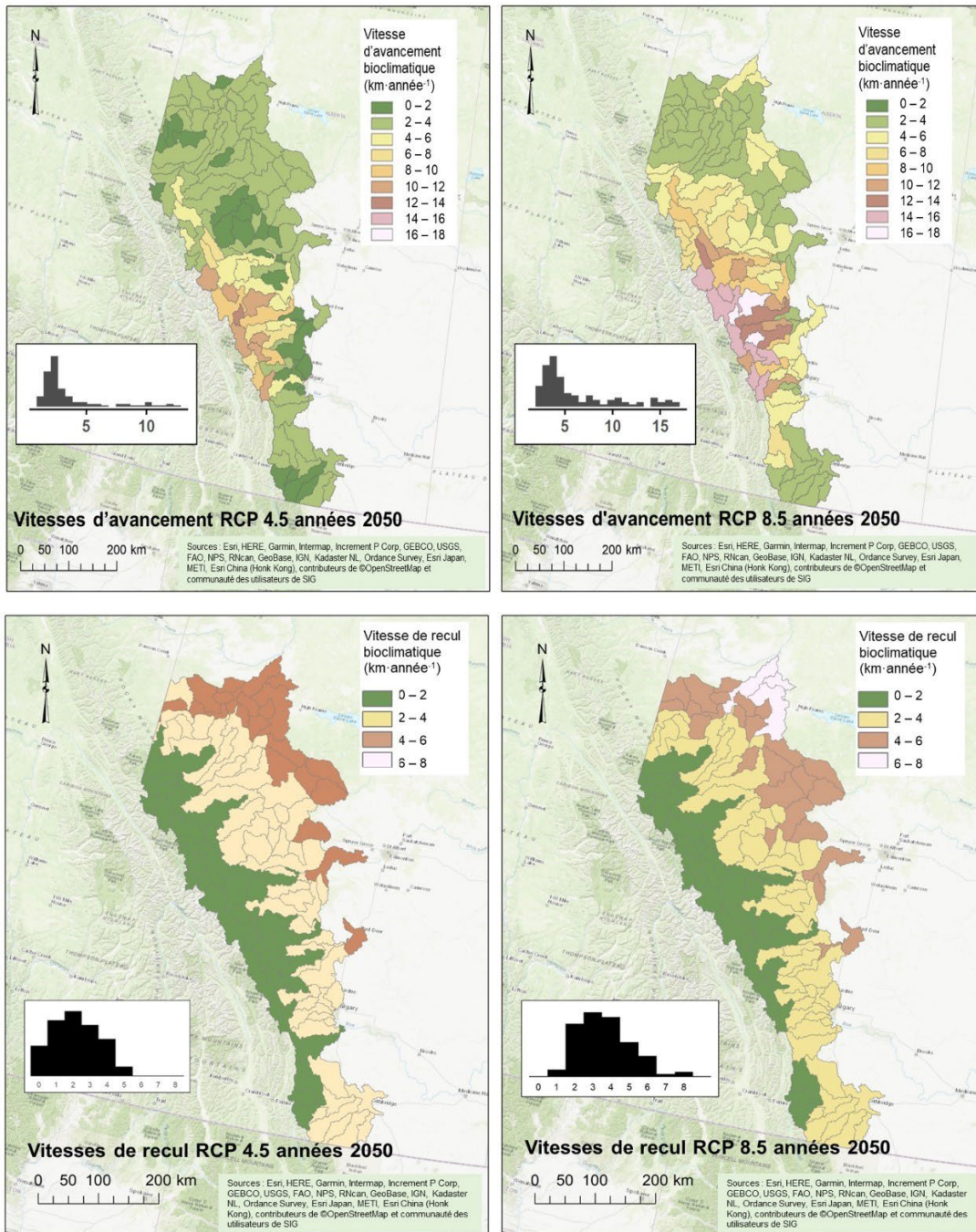


Figure 47. Vitesses d'avancement et de recul bioclimatiques jusqu'aux années 2050 pour chaque unité d'évaluation dans la ZVEA selon les scénarios d'émissions RCP 4.5 et RCP 8.5.

Dans l'ensemble de la zone visée par le rapport, les changements climatiques ont eu des répercussions limitées sur une crue à récurrence de 100 ans (Figures 48 et 49). Selon le

scénario RCP 4.5, la hauteur de crue devrait diminuer dans les parties plus septentrionales de la zone visée par le rapport et augmenter dans certains bassins versants du centre et du sud. Les prévisions pour une crue à récurrence de 100 ans dans le scénario RCP 8.5 présentent des variations géographiques moins systématiques, avec un mélange de hauteurs de crue prévues plus élevées et plus basses dans la zone visée par le rapport. Le volume total des crues devrait diminuer légèrement, passant de 65 à 64,6 km³ selon le scénario d'émission RCP 4.5 et diminuer encore à 56,1 km³ selon le scénario RCP 8.5.

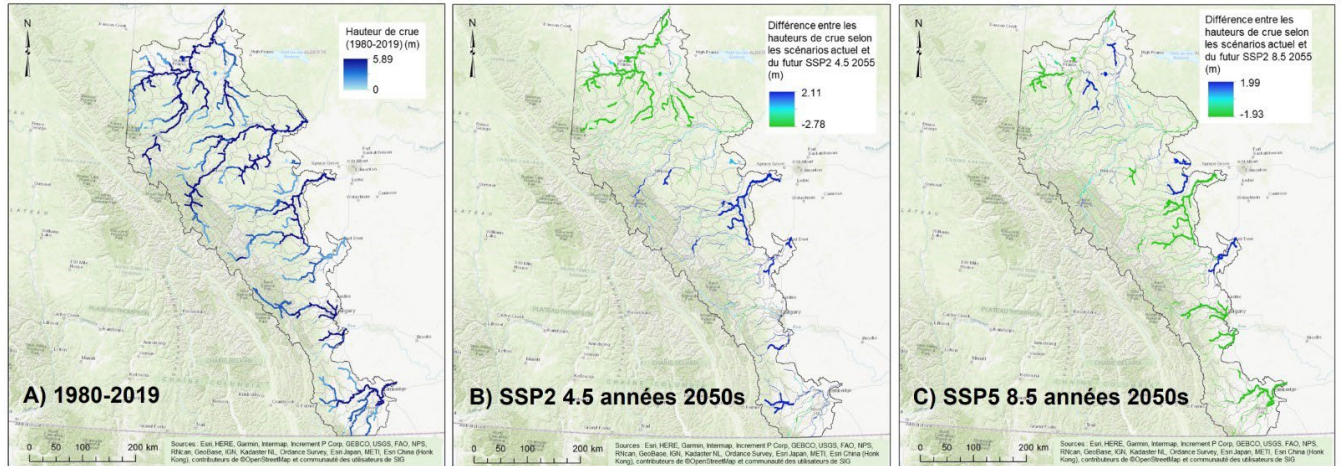


Figure 48. Évolution des hauteurs de crue selon les scénarios climatiques actuel (A) et du futur (B, C) pour une crue à récurrence de 100 ans. Le graphique A montre les hauteurs de crue pour une crue à récurrence de 100 ans de 1980 à 2019, tandis que les graphiques B et C montrent la variation des hauteurs de crue (vert = diminution de la hauteur, bleu = augmentation de la hauteur) selon les scénarios d'émissions faibles (SSP2 4.5) et élevées (SSP5 8.5) jusqu'aux années 2050.

Crués causées par les changements climatiques dans la zone des versants est de l'Alberta

Prévision des crues à récurrence de 100 ans

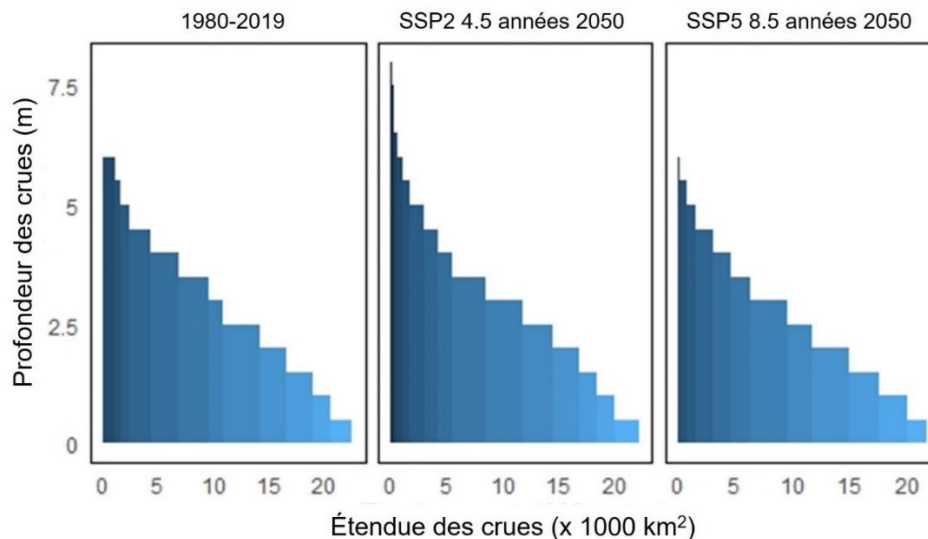


Figure 49. Hauteurs et étendues des crues à récurrence de 100 ans selon les scénarios climatiques actuel (de 1980 à 2019) et du futur SSP2 4.5 et SSP5 8.5 dans la ZVEA.

DISCUSSION

Dans le cadre de la modernisation de la *Loi sur les pêches*, le MPO s'est engagé à produire des rapports sur l'état du poisson et de son habitat dans les écosystèmes d'eau douce du Canada. Les données compilées dans le présent document renseignent sur l'état du poisson et de son habitat dans la région de l'Ontario et des Prairies. Ce document porte sur l'évaluation de l'état du poisson et de son habitat dans deux grandes zones visées par le rapport (la ZGLI et la ZVEA) et donne un aperçu de l'état de la biodiversité, de la qualité de l'eau, de l'utilisation des terres et de la couverture terrestre, de la connectivité et des changements climatiques. Ces facteurs sont étroitement liés à la santé des écosystèmes aquatiques, notamment la capacité des habitats de soutenir les processus du cycle vital des poissons.

En général, l'état du poisson et de son habitat dans la ZGLI et la ZVEA reflète les tendances géographiques de la richesse en espèces et de l'habitat physique ainsi que les répercussions de l'agriculture et de l'urbanisation sur les bassins versants. La richesse naturelle en espèces dans la ZGLI est élevée grâce à l'écorégion des Grands Lacs laurentiens, mais elle est fortement touchée par la modification de la couverture terrestre et la perturbation de la connectivité aquatique associée à la forte densité de population humaine. L'empreinte humaine a entraîné une dégradation de la qualité de l'eau dans certaines régions, la présence de plusieurs espèces aquatiques envahissantes et le déclin de populations de poissons et de moules, ce qui explique pourquoi 33 des 155 espèces de poissons (21 %) sont en péril. La ZVEA présente toutefois une richesse naturelle en espèces beaucoup plus faibles et un nombre d'espèces en péril proportionnellement plus faible, mais un pourcentage semblable (7 des 32 espèces de poissons, 21 %) sont également en péril. Les centres urbains de cette zone visée par le rapport sont généralement plus petits et se trouvent dans des régions plus en aval, ce qui a une incidence moindre sur la qualité de l'eau et les types de couverture terrestre naturelle intacte dans une grande partie de la zone visée par le rapport. Cependant, la ZVEA est menacée par les changements climatiques, qui feront augmenter les vitesses bioclimatiques et modifieront la dynamique des crues liées à divers bassins versants ainsi que d'autres facteurs tels que les espèces introduites et l'introgression.

Pour appuyer l'évaluation de l'état du poisson et de son habitat dans la ZGLI et la ZVEA, des seuils environnementaux existants ont été appliqués aux paramètres de la qualité de l'eau et du couvert végétal sur les rives pour décrire non seulement la variation des mesures entre les zones visées par le rapport, mais aussi pour classer les valeurs comme étant « bonnes » ou « mauvaises ». L'établissement de seuils pour d'autres paramètres pris en compte dans ce document nécessitera des recherches plus poussées, mais pourrait être fondé sur les approches générales décrites dans Dey et Chu (2023). Par exemple, les seuils pourraient être élaborés en fonction des relations fonctionnelles entre les paramètres et les objectifs de gestion de l'état du poisson et de son habitat, des seuils existants, du classement relatif ou de l'opinion d'experts, et ils pourraient être de type absolu, auto-référent ou témoin (voir Dey et Chu 2023 pour plus de renseignements). Des paramètres sont prometteurs pour l'élaboration de seuils au sein de la ZGLI et de la ZVEA, notamment les seuils d'utilisation des terres et de couverture terrestre, qui étaient auparavant liés à la qualité de l'habitat aquatique et aux assemblages de poissons (Stanfield et Kilgour 2006, Sciera *et al.* 2008), la couverture des aires protégées, pour laquelle des objectifs nationaux et internationaux ont été fixés (ONU-CA 2010, ECCC 2021), et le changement de la biodiversité des poissons, qui a fait l'objet de recherches approfondies en lien avec la santé de l'écosystème (p. ex., Chu *et al.* 2016, Reid et Mandrak 2022).

Les notes globales de l'état du poisson et de son habitat pour chaque unité d'évaluation ou zone visée par le rapport n'ont pas été produites pour ce document. Cette décision a été prise parce que la combinaison de paramètres et d'indicateurs nécessite (implicitement ou explicitement) des décisions liées à la pondération relative de différents paramètres pour

produire la note globale. Étant donné que différents indicateurs et paramètres peuvent avoir une importance différente pour divers stades du cycle vital, espèces et caractéristiques de l'habitat, de telles pondérations sont difficiles à élaborer. De plus, il est difficile de définir un état global en rapprochant les différentes échelles spatiales et temporelles ainsi que les incertitudes liées aux différentes sources de données utilisées dans le présent document. Par exemple, certaines données analysées ci-dessus ont été présentées sous forme de données ponctuelles (p. ex., mesures de la qualité de l'eau), mais la déduction de la qualité globale de l'eau de l'ensemble d'une unité d'évaluation ou d'une zone visée par le rapport exige des hypothèses sur la façon dont les données accessibles se généralisent pour l'ensemble des gradients environnementaux.

La synthèse des données de chaque paramètre indique qu'il manque de données liées à l'état du poisson et de son habitat dans les zones visées par le rapport. Dans de nombreuses unités d'évaluation de la ZVEA, il manquait de données pour mesurer la structure des communautés de macroinvertébrés (indice EPT). Les données sur les communautés de macroinvertébrés étaient plus largement disponibles dans la ZGLI, à l'exception de certaines régions géographiques sur lesquelles il n'existait aucune donnée ou dont les données n'avaient pas été fournies en temps opportun pour le présent document. Au-delà des paramètres de la biodiversité, les données sur la qualité de l'eau étaient également rares dans l'ensemble de la ZVEA, surtout pour les paramètres des éléments nutritifs (nitrate et phosphore total), mais aussi pour le chlorure, la conductivité, la température de l'eau et l'oxygène dissous. En revanche, pour la ZGLI, les données sur la qualité de l'eau étaient facilement accessibles pour la majeure partie de la zone visée par le rapport.

Les indicateurs et les paramètres utilisés pour évaluer l'état du poisson et de son habitat dans ce document étaient fondés sur les recommandations des participants à la réunion du SCAS (MPO 2022a), sur l'accès à des ensembles de données facilement accessibles et sur la couverture spatiale des données. Cette synthèse a clairement montré qu'il était impossible de rendre compte de certains paramètres recommandés, comme l'habitat physique (p. ex., étendue du substrat ou des macrophytes) et l'étendue spatiale de l'eau (p. ex., largeur des cours d'eau). Ce problème s'est posé pour quelques raisons. Premièrement, un manque général de données pour de nombreux paramètres; par exemple, les substrats ne sont pas mesurés ou classés dans la majorité des écosystèmes aquatiques dans l'une ou l'autre des zones visées par le rapport. Deuxièmement, la résolution et le caractère incomplet des données accessibles; par exemple, les cours d'eau sont souvent cartographiés et traités sur des plateformes spatiales provinciales et nationales à une résolution de 30 m. Cette résolution signifie qu'un cours d'eau de 5 m de large est cartographié de la même façon qu'un cours d'eau de 30 m de large, ce qui peut rendre difficile la quantification de l'étendue latérale des cours d'eau dans les zones visées par le rapport. En plus des limites latérales des données hydrologiques, les données sur la profondeur ne sont pas facilement accessibles pour comprendre la dimension verticale. Par conséquent, le volume réel d'habitat qui peut être disponible pour le poisson dans les zones visées par le rapport ne peut pas être quantifié, à l'inverse du volume des lacs, qui est plus simple à déterminer. Troisièmement, certaines analyses nécessitent des recherches qui dépassent la portée du rapport de 2023 sur l'état du poisson et de son habitat. Par exemple, une future version du rapport pourrait servir à quantifier explicitement la connectivité dans la ZGLI à l'aide de méthodes comme l'indice de connectivité dendritique (Cote *et al.* 2009), le réseau hydrologique et les données existantes sur l'emplacement et la franchissabilité des obstacles afin de déterminer la quantité d'habitats qui sont reliés ou fragmentés. Enfin, d'autres paramètres de certains des indicateurs pourraient mieux refléter l'état du poisson et de son habitat. Par exemple, même si la richesse en espèces de poissons décrite dans le présent document peut désigner des zones où la biodiversité est élevée ou faible, de nombreuses études ont établi un lien entre la richesse en espèces et les conditions d'habitat (p. ex., Harding *et al.* 1998); la richesse en espèces mesurée à l'aide de

données sur la présence et l'absence de celles-ci pourrait ne pas être sensible à certains changements chez le poisson et dans l'habitat. Notamment, Ricciardi et ses collaborateurs (2018) ont constaté que d'autres propriétés des communautés, comme l'abondance relative et la répartition selon la taille des communautés, reflétaient mieux les différences entre les communautés de poissons à l'intérieur et à l'extérieur des aires protégées en Ontario. De même, on a proposé des paramètres liés à l'abondance (ou à l'abondance relative) qui sont de meilleurs indicateurs de la dégradation et de la contamination de l'environnement comparativement à la richesse en espèces dans d'autres réseaux dulcicoles et marins (Fausch *et al.* 1990, McKinley et Johnston 2010). Une surveillance plus exhaustive de l'abondance relative, par exemple, pourrait être une source de données utiles pour l'examen d'autres paramètres et la production de rapports connexes.

La détermination des lacunes dans les données et les limites de certains paramètres et indicateurs constituent un objectif important de l'initiative de production de rapports sur l'état du poisson et de son habitat. La prise de décisions fondées sur des données probantes liées à la conservation et à la protection des écosystèmes d'eau douce ne peut être effectuée en l'absence de données probantes, et les données scientifiques sur la biodiversité des poissons d'eau douce et la qualité de l'eau en sont des éléments importants. Par conséquent, les lacunes en matière de données relevées dans les rapports sur l'état du poisson et de son habitat pourraient servir de domaines prioritaires pour les projets de recherche et de surveillance. Pour remédier à ces lacunes, il faudra accroître la couverture spatiale et temporelle des sites échantillonnés et des programmes de surveillance dans chaque zone visée par le rapport, ainsi que rajuster les programmes de surveillance en fonction de paramètres qui sont sensibles aux changements dans la santé des écosystèmes aquatiques. Par exemple, dans la ZVEA, des sites pourraient être ajoutés dans le nord et l'ouest, où le terrain rend l'accès praticable. Dans la ZGLI, un échantillonnage temporel à fréquence plus élevée en hiver pourrait contribuer à une meilleure compréhension de la dynamique de la chimie de l'eau. Ces types d'efforts de synthèse auraient aussi à gagner d'échéanciers normalisés pour la diffusion de données parmi les sources qui sont coordonnées avec les mises à jour périodiques sur l'état du poisson et de son habitat et d'autres types de rapports d'évaluation.

En plus des incertitudes mentionnées pour les différents paramètres utilisés dans les méthodes, la compilation de divers ensembles de données, analyses et seuils pour ce type de synthèse s'accompagne de plusieurs incertitudes supplémentaires. Les données mesurées, comme les variables de la qualité de l'eau, reflètent les conditions d'habitat aux emplacements et aux moments où les échantillons sont prélevés, mais peuvent ne pas représenter avec exactitude l'état de l'habitat à d'autres sites dans le même cours d'eau, plan d'eau, unité d'évaluation ou site à d'autres périodes (p. ex., autres moments de la journée ou de l'année). En plus des lacunes en matière de données spatiales et temporelles, il pourrait y avoir des incertitudes associées à la variation naturelle des paramètres et des écosystèmes et aux méthodes utilisées pour la collecte. (p. ex., différences de sensibilité des instruments d'échantillonnage, erreurs de mesure et conception des programmes de surveillance). De nombreux seuils existants, comme les lignes directrices du CCME appliquées aux mesures de la qualité de l'eau, représentent les limites supérieures (limite inférieure pour l'oxygène dissous) pour la protection de la vie aquatique. La connaissance et la prise en compte de limites inférieures (p. ex., niveaux de conductivité minimaux; Knaepkens *et al.* 2002, Zhang *et al.* 2019) appuieraient davantage l'élaboration d'indices de la qualité de l'habitat pour les poissons dans chaque zone visée par le rapport à l'avenir. La plupart des renseignements spatiaux analysés pour ce document comportent également des incertitudes; par exemple, les métadonnées des sources originales comprennent souvent des estimations concernant l'exactitude des données (p. ex., à moins de 30 cm ou de 1 m, la précision de la classification) qui peuvent avoir des interactions complexes avec les incertitudes liées aux données spatiales et temporelles décrites ci-dessus.

Les conséquences de ces inexactitudes, d'un point de vue écologique, représentent un manque d'information. Ces lacunes relatives à l'information sont présentes à la fois dans les analyses de données originales effectuées dans le présent document et dans les données modélisées (p. ex., vitesses bioclimatiques et prévisions de crue) qui comprennent des hypothèses sur les relations entre les paramètres d'entrée, les valeurs de ces paramètres d'intrants et la complexité globale du modèle. De plus, certaines des classifications utilisées dans notre analyse (p. ex., seuils naturels de Jenks) décrivent la variation des données, mais ne représentent pas nécessairement des classes écologiques importantes. Ces incertitudes peuvent être comblées au moyen de recherches plus poussées, d'une surveillance normalisée et approfondie ainsi que de l'élaboration de méthodes visant à intégrer les incertitudes ou à les indiquer de manière exacte.

Malgré ces incertitudes généralisées, les données compilées et présentées dans ce document donnent un aperçu de l'état du poisson et de son habitat dans la région de l'Ontario et des Prairies et montrent comment une approche quantitative de production de rapports sur le sujet pourrait être utilisée par le MPO dans d'autres régions. En plus de répondre aux besoins immédiats en matière de production de rapports, le présent document devrait également appuyer les travaux futurs visant à élaborer une approche nationale uniforme en matière de production de rapports sur l'état du poisson et de son habitat, qui pourrait être mise en œuvre dans les prochaines versions du rapport.

REMERCIEMENTS

Ce document a été appuyé par l'Initiative scientifique sur l'habitat d'eau douce du MPO. Les auteurs remercient Lynn Bouvier, Joclyn Paulic, Justin Shead, Bev Ross, Amanda Winegardner, Gavin Christie et Doug Geiling pour leur soutien dans le cadre de leur participation au comité directeur du SCAS sur l'état du poisson et de son habitat. Lianna Lopez, Kelly Macdonald, Colin Illes et Erica Plivelic ont aidé à compiler des données sur la qualité de l'eau. Steve Kim et Jamie Card ont apporté leur soutien pour le SIG et le langage de programmation R, respectivement. Les auteurs remercient également les innombrables personnes qui ont participé à la collecte et à la gestion des données utilisées dans cette analyse, notamment les nombreuses organisations gouvernementales et non gouvernementales qui ont rendu les données disponibles pour ce projet.

RÉFÉRENCES CITÉES

- Abell, R., Olson, D., Dinerstein, E., Eichbaum, W., Hurley, P., Diggs, J., Walters, S., Wettengel, W., Allnutt, T., Loucks, C., and Hedao, P. 2000. Freshwater ecoregions of North America: a conservation assessment. Island Press, Washington, DC.
- Adaptwest Project. 2015. [Gridded climatic velocity data for North America at 1km resolution](#) [online]. (accessed August 3, 2022).
- Agriculture et Agroalimentaire Canada. 2013. [Cadre écologique national pour le Canada](#). [en ligne]. (accédé le 3 août 2022).
- Alberta Environment and Parks. 2022. [Stream Connectivity Indicator for Alberta](#). Alberta Environment and Parks, Edmonton, AB. 51 p.
- Anas, M.U.M., and Mandrak, N.E. 2022. Patterns and drivers of native, non-native, and at-risk freshwater fish richness in Canada. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 79(5): 724–737.
- Baldwin, N. S. 1957. Food consumption and growth of brook trout at different temperatures. *Trans. Am. Fish. Soc.* 86(1), 323–328.

-
- Burridge, M., and Mandrak, N. 2019a. [Upper Saskatchewan Freshwater Ecoregion](#). FEOW. [online]. (accessed August 3, 2022).
- Burridge, M., and Mandrak, N. 2019b. [Upper Mackenzie Freshwater Ecoregion](#). FEOW. [online]. (accessed August 3, 2022).
- Caissie, D. 2006. The thermal regime of rivers: A review. *Freshw. Biol.* 51(8): 1389–1406.
- Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME). 1999. Canadian sediment quality guidelines for the protection of aquatic life: Cadmium. *In* Canadian Environmental Quality Guidelines, 1999. Winnipeg, MB. pp. 1–5.
- Caraco, N.F. 1993. Disturbance of the phosphorus cycle: A case of indirect effects of human activity. *Trends Ecol. Evol.* 8(2): 51–54.
- Carr, G., and Rickwood, C. 2008. Water quality: development of an index to assess country performance". UNEP GEMS/Water Program. 351.
- Carroll, C., Lawler, J.J., Roberts, D.R., and Hamann, A. 2015. Biotic and climatic velocity identify contrasting areas of vulnerability to climate change. *PLoS Biol.* 10(10).
- Chu, C., Lester, N.P., Giacomini, H.C., Shuter, B.J., and Jackson, D.A. 2016. Catch-per-unit-effort and size spectra of lake fish assemblages reflect underlying patterns in ecological conditions and anthropogenic activities across regional and local scales. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 73: 535–546.
- Chu, C., Ellis, L., and de Kerckhove, D.T. 2018. Effectiveness of terrestrial protected areas for conservation of lake fish communities. *Conserv. Biol.* 32(3): 607–618.
- Cohen, J. 1988. *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Routledge, New York.
- Coker, G.A., Portt, C.B., and Minns, C.K. 2001. Morphological and ecological characteristics of Canadian freshwater fishes. *Can. Manuscr. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 2554
- Colwell, R.K., and Coddington, J.A. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philos. Trans. R. Soc. Lond.* 345(1311): 101–118.
- Conservation Ontario. 2018. [Watershed Report Cards](#) [online]. (accessed 2 May 2022).
- COSEPAC (Le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada). 2021. [Processus d'évaluation, catégories et lignes directrices du COSEPAC \(novembre\)](#) : 1–27.
- Cote, D., Kehler, D.G., Bourne, C., and Wiersma, Y.F. 2009. A new measure of longitudinal connectivity for stream networks. *Landsc. Ecol.* 24(1): 101–113.
- Cusens, J., Wright, S.D., McBride, P.D., and Gillman, L.N. 2012. What is the form of the productivity-animal-species-richness relationship? a critical review and meta-analysis. *Ecology.* 93(10): 2241–2252.
- Cushing, C., and Allan, J. 2001. *Streams: Their Ecology and Life*. Academic Press, San Diego, California. 366 p.
- Dey, C.J., and Chu, C. 2023. [Méthodes d'établissement des schémas de classification et des seuils connexes pour les rapports sur l'état du poisson et de son habitat.](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2023/049. iv + 26 p.
- Diebel, M.W., Fedora, M., Cogswell, S., and O'Hanley, J.R. 2015. Effects of Road Crossings on Habitat Connectivity for Stream-Resident Fish. *River Res. Appl.* 31(10): 1251–1261.
-

-
- Dugan, H.A., Summers, J.C., Skaff, N.K., Krivak-Tetley, F.E., Doubek, J.P., Burke, S.M., Bartlett, S.L., Arvola, L., Jarjanazi, H., Korponai, J., Kleeberg, A., Monet, G., Monteith, D., Moore, K., Rogora, M., Hanson, P.C., and Weathers, K.C. 2017. Long-term chloride concentrations in North American and European freshwater lakes. *Sci. Data*. 4 (170101).
- ECCC (Environnement et Changement climatique Canada). 2021. [Le gouvernement du Canada accroît son ambition pour la protection de la nature afin de faire face à la double crise de l'appauvrissement de la biodiversité et des changements climatiques.](#) Environnement et Changement climatique Canada, Ottawa, ON.
- ECCC et l'EPA (Environmental Protection Agency) des États-Unis. 2019. [État des Grands Lacs 2019 rapport sur les faits saillants.](#) EPA 905-R-19-002: 36p.
- Fausch, K.D., Lyons, J., Karr, J.R., and Angermeier, P.L. 1990. Fish communities as indicators of environmental degradation. *Am. Fish. Soc. Symp.* 8: 123–144.
- Forman, R.T., and Alexander, L.E. 1998. Roads and their major ecological effects. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 29: 207–231.
- Frimpong, E.A., Sutton, T.M., Engel, B.A., and Simon, T.P. 2005. Spatial-scale effects on relative importance of physical habitat predictors of stream health. *Environ. Manag.* 36: 899–917.
- Fuller, I.C., and Death, R.G. 2018. The science of connected ecosystems: What is the role of catchment-scale connectivity for healthy river ecology? *Land. Degrad. Dev.* 29(5): 1413–1426.
- Gallardo, B., Clavero, M., Sánchez, M.I., and Vilà, M. 2016. Global ecological impacts of invasive species in aquatic ecosystems. *Global Change Biol.* 22(1): 151–163.
- Gazendam, E., Gharabaghi, B., Jones, F.C., and Whiteley, H. 2011. Evaluation of the qualitative habitat evaluation Index as a planning and design tool for restoration of rural Ontario waterways. *Can. Water Resour. J.* 36(2): 149–158.
- Griffith, M.B. 2014. Natural variation and current reference for specific conductivity and major ions in wadeable streams of the conterminous USA. *Freshw. Sci.* 33(1): 1–17.
- Hamann, A., Roberts, D.R., Barber, Q.E., Carroll, C., and Nielsen, S.E. 2015. Velocity of climate change algorithms for guiding conservation and management. *Global Change Biol.* 21(2): 997–1004.
- Harding, J.S., Benfield, E.F., Bolstad, P.V., Helfman, G.S., and Jones III, E.B.D. 1998. Stream biodiversity: the ghost of land use past. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 95(25): 14843–14847.
- Hunt, L. M., Arlinghaus, R., Lester, N., Kushneriuk, R. 2011. The effects of regional angling effort, angler behavior, and harvesting efficiency on landscape patterns of overfishing. *Ecol. Appl.* 21(7): 2555–2575.
- Januchowski-Hartley, S.R., McIntyre, P.B., Diebel, M., Doran, P.J., Infante, D.M., Joseph, C., and Allan, J.D. 2013. Restoring aquatic ecosystem connectivity requires expanding inventories of both dams and road crossings. *Front. Ecol. Environ.* 11(4): 211–217.
- Jenks, G.F. 1967. The data model concept in statistical mapping. *Int. Yearb. Cartogr.* 7: 186–190.
- Karra, K., Kontgis, C., Statman-Weil, Z., Mazzariello, J. C., Mathis, M., & Brumby, S. P. 2021. Global land use/land cover with Sentinel 2 and deep learning. *IEEE international geoscience and remote sensing symposium IGARSS*. 4704–4707.

-
- King, R.S., Baker, M.E., Whigham, D.F., Weller, D.E., Jordan, T.E., Kazyak, P.F., and Hurd, M.K. 2005. Spatial considerations for linking watershed land cover to ecological indicators in streams. *Ecol. Appl.* 15(1): 137–153.
- Klein, R.D. 1979. Urbanization and stream quality impairment. *J. Am. Water Resour. Assoc.* 15(4): 948–963.
- Knaepkens, G., Knapen, D., Bervoets, L., Hänfling, B., Verheyen, E., & Eens, M. 2002. Genetic diversity and condition factor: a significant relationship in Flemish but not in German populations of the European bullhead (*Cottus gobio* L.). *Heredity.* 89: 280–287.
- Lamothe, K.A., Alofs, K.M., and Chu, C. 2019. Evaluating functional diversity conservation for freshwater fishes resulting from terrestrial protected areas. *Freshw. Biol.* 64(11): 2057–2070.
- Leopold, L. 1968. *Hydrology for Urban Land Planning - A Guidebook on the Hydrologic Effects of Urban Land Use.* US Geol. Surv. 554.
- Lester, N.P., Sandstrom, S., de Kerckhove, D.T., Armstrong, K., Ball, H., Amos, J., Dunkley, T., Rawson, M., Addison, P., Dextrase, A., Taillon, D., Wasylenko, B., Lennox, P., Giacomini, H.C., and Chu, C. 2021. Standardized broad-scale management and monitoring of inland lake recreational fisheries: an overview of the Ontario Experience. *Fisheries* 46(3): 107–118.
- Loarie, S.R., Duffy, P.B., Hamilton, H., Asner, G.P., Field, C.B., and Ackerly, D.D. 2009. The velocity of climate change. *Nature.* 462: 1052–1055.
- Lynch, A.J., Myers, B.J.E., Chu, C., Eby, L.A., Falke, J.A., Kovach, R.P., Krabbenhoft, T.J., Kwak, T.J., Lyons, J., Paukert, C.P., and Whitney, J.E. 2016. Climate Change Effects on North American Inland Fish Populations and Assemblages. *Fisheries.* 41(7): 346–361.
- Mandrak, N.E., and Crossman, E.J. 1992. Postglacial dispersal of freshwater fishes into Ontario. *Can. J. Zool.* 70(11): 2247–2259.
- McKinley, A., and Johnston, E.L. 2010. Impacts of contaminant sources on marine fish abundance and species richness: A review and meta-analysis of evidence from the field. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 420: 175–191.
- Le ministère de l'Environnement, de la Protection de la nature et des Parcs (MEPP) de l'Ontario 2021. [Le Rapport sur l'état des zones protégées de l'Ontario \(SOPAR\)](#). ERO 019-3731.
- Mohanty, M.P., and Simonovic, S.P. 2021. Changes in floodplain regimes over Canada due to climate change impacts: Observations from CMIP6 models. *Sci. Total Environ.* 792: 148 323.
- Mohseni, O., Stefan, H. G., & Erickson, T. R. (1998). A nonlinear regression model for weekly stream temperatures. *Water Resour. Res.* 34(10): 2685–2692.
- Montgomery, F., Reid, S.M., and Mandrak, N.E. 2020. Extinction debt of fishes in Great Lakes coastal wetlands. *Biol. Conserv.* 241: 108386.
- Moore, R.D., Nelitz, M. and Parkinson, E. 2013. Empirical modelling of maximum weekly average stream temperature in British Columbia, Canada, to support assessment of fish habitat suitability. *Can. Water Res. J.* 38(2): 135–147.
- MPO. 2019. [À propos des espèces aquatiques envahissantes](#). [en ligne]. (accédé le 3 août 2022).
- MPO. 2020. [Les océans du Canada maintenant – 2020](#). Pêches et Océans Canada, Cunningham Inlet, NU. 44 p
-

-
- MPO. 2022a. [Compte-rendu de l'examen régional par les pairs sur la validation des paramètres choisis pour rendre compte de l'état du poisson et de son habitat dans les zones prioritaires de la région de l'Ontario et des Prairies : Partie 1; du 29 au 30 juin 2021](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Compte rendu 2022/017.
- MPO. 2022b. [Validation des paramètres choisis pour rendre compte de l'état du poisson et de son habitat dans les zones prioritaires de la région de l'Ontario et des Prairies : Partie 2](#) Secr. can. des avis sci. du MPO. Cadre de réf.
- Myers, B.J.E., Lynch, A.J., Bunnell, D.B., Chu, C., Falke, J.A., Kovach, R.P., Krabbenhoft, T.J., Kwak, T.J., and Paukert, C.P. 2017. Global synthesis of the documented and projected effects of climate change on inland fishes. *Rev. Fish Biol. Fish.* 27(2): 339–361.
- O'Brien, A., Townsend, K., Hale, R., Sharley, D., and Pettigrove, V. 2016. How is ecosystem health defined and measured? A critical review of freshwater and estuarine studies. *Ecol. Indic.* 69: 722–729.
- Oksanen, J., Blanchet, F. G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlinn, D., Minchin, P. R., O'Hara, R. B., Simpson, G. L., Solymos, P., Stevens, M. H. H., Szoecs, E., and Wagner, H. 2019. [vegan: Community Ecology Package](#). R package version 2.5–6.
- ONU-CA. 2010. Plan stratégique pour la diversité biologique 2011-2020 et le Objectifs d'Aichi. Nagoya, Aichi Préfecture, Japan.
- Sciera, K.L., Smink, J.A., Morse, J.C., Post, C.J., Pike, J.W., English, W.R., Karanfil, T., Hayes, J.C., Schlautman, M.A., and Klaine, S.J. 2008. Impacts of land disturbance on aquatic ecosystem health: Quantifying the cascade of events. *Integr. Environ. Assess. Manag.* 4(4): 431–442.
- Secrétariat du Rapport sur l'état et les tendances des écosystèmes. 2016. [Sommaire des éléments probants relativement aux constatations clés pour l'écozone+ des plaines à forêts mixtes. Biodiversité canadienne : état et tendances des écosystèmes en 2010, Rapport sommaire des éléments probants relativement aux constatations clés no 7](#). Conseils canadiens des ministres des ressources. Ottawa (Ont.). xi + 171 p
- Simonovic, S.P., Mohanti, M., and Schardong, A. 2021. [Web-based Tool for Visualizing Changes in Floodplain Regimes over Canada due to Climate Change – ver 1.0](#). Western University Faculty for Intelligent Decision Support [online]. (accessed August 3 2022)
- Smith, D. A., Giacomini, H. C., de Kerckhove, D. T., Ball, H., Gutowsky, L. F., & Chu, C. (2023). Brook trout occupancy in rivers and streams of the Mixedwood Plains Ecozone, Ontario. *Ecol. Freshw. Fish* 32(1): 80–93.
- Stanfield, L.W., and Kilgour, B.W. 2006. Effects of Percent Impervious Cover on Fish and Benthos Assemblages and Instream Habitats in Lake Ontario Tributaries. *Am. Fish. Soc. Symp.* 48: 577–599.
- Stanfield, L.W., and Kilgour, B.W. 2013. How proximity of land use affects stream fish and habitat. *River Res. Appl.* 29(7): 891–905.
- Steedman, R.J. 1988. Modification and assessment of an index of biotic integrity to quantify stream quality in southern Ontario. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 45(3): 492–501.
- Sterner, R.W., Elser, J.J., Fee, E.J., Guildford, S.J., and Chrzanowski, T.H. 1997. The light: nutrient ratio in lakes: The balance of energy and materials affects ecosystem structure and process. *Am. Nat.* 150(6): 663–684.
-

-
- Talbot, C.J., Bennett, E.M., Cassell, K., Hanes, D.M., Minor, E.C., Paerl, H., Raymond, P.A., Vargas, R., Vidon, P.G., Wollheim, W. and Xenopoulos, M.A. 2018. The impact of flooding on aquatic ecosystem services. *Biogeochemistry*. 141: 439–461.
- The Alberta Westslope Cutthroat Trout Recovery Team. 2013. [Alberta Westslope Cutthroat Trout Recovery Plan: 2012 – 2017](#). Alberta Environment and Sustainable Resource Development, Alberta Species at Risk Recovery Plan No. 28. Edmonton, AB. 77p
- Trombulak, S.C., and Frissell, C.A. 2000. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. *Conserv. Biol.* 14(1): 18–30.
- Vannote, R., Minshall, G., Cummins, K., Sedell, J., and Cushing, C. 1980. The river continuum concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37: 130–137.
- Wallace, J.B., Grubaugh, J.W., and Whiles, M.R. 1996. Biotic indices and stream ecosystem processes: results from an experimental study. *Ecol. Appl.* 6(1): 140–151.
- Walter, L. M., Dettmers, J. M., and Tyson, J. T. 2021. Considering aquatic connectivity trade-offs in Great Lakes barrier removal decisions. *J. Great Lakes Res.*, 47: S430–S438.
- Wang, L., Lyons, J., and Kanehl, P. 2003a. Impacts of Urban Land Cover on Trout Streams in Wisconsin and Minnesota. *Trans. Am. Fish. Soc.* 132(5): 825–839.
- Wang, L., Lyons, J., Rasmussen, P., Seelbach, P., Simon, T., Wiley, M., Kanehl, P., Baker, E., Niemela, S., and Stewart, P.M. 2003b. Watershed, reach, and riparian influences on stream fish assemblages in the Northern Lakes and Forest Ecoregion, U.S.A. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 60(5): 491–505.
- Wolters, J.W., Verdonschot, R.C.M., Schoelynck, J., Verdonschot, P.F.M., and Meire, P. 2018. The role of macrophyte structural complexity and water flow velocity in determining the epiphytic macroinvertebrate community composition in a lowland stream. *Hydrobiologia* 806: 157–173.
- WWF. 2019. [Freshwater ecoregions of the world](#). [online]. (accessed August 3 2022)
- WWF-Canada. 2020. Watershed report: A national reassessment of Canada’s freshwater. World Wildlife Fund Canada, Toronto, ON. 24p.
- Zhang, Y., Zhao, Q., & Ding, S. 2019. The responses of stream fish to the gradient of conductivity: a case study from the Taizi River, China. *Aquat. Ecosys. Health Manag.* 22(2): 171–182.
- Zhang, S., and Chen, J. 2021. Uncertainty in projection of climate extremes: a comparison of CMIP5 and CMIP6. *J. Meteorol. Res.* 35(4): 646–662.

ANNEXE A

Tableau A1. Sources des données pour le rapport sur l'état du poisson et de son habitat dans la zone des Grands Lacs inférieurs (ZGLI) et la zone des versants est de l'Alberta (ZVEA).

Indicateur	Paramètre	Zone visée par le rapport	Source de données
Biodiversité	Richesse en espèces de poissons, richesse en espèces en péril, richesse en espèces aquatiques envahissantes	ZGLI	<ul style="list-style-type: none"> • Répertoires de poissons non publiés du MPO • Couche des zones de ressources aquatiques de DNMRNF • Smith <i>et al.</i> 2023 • McCulloch et Mandrak 2022 • Aires de répartition des espèces en péril au Canada : Répartition des espèces aquatiques en péril du MPO
-	Richesse en espèces de poissons, richesse en espèces en péril, richesse en espèces aquatiques envahissantes	ZVEA	<ul style="list-style-type: none"> • Fish and Wildlife Management Information System (FWMIS), ministère de l'Environnement et des Parcs de l'Alberta
-	Indice EPT	ZGLI	<ul style="list-style-type: none"> • Réseau de surveillance biologique du benthos de l'Ontario (RSBBO) • Couche hydrologique intégrée provinciale de DNMRNF
-	-	ZVEA	<ul style="list-style-type: none"> • Réseau canadien de biosurveillance aquatique (RCBA) • Hydrologie du FWMIS de l'Alberta
Qualité de l'eau	Chlorure, conductivité, oxygène dissous, nitrates, phosphore total, température	ZGLI	<ul style="list-style-type: none"> • DatsStream Grands Lacs • Données nutritionnelles sur les affluents prioritaires des Grands Lacs • Réseau provincial de contrôle de la qualité de l'eau
-	Chlorure, conductivité, oxygène dissous, température	ZVEA	<ul style="list-style-type: none"> • Données à long terme des stations en rivière • Données sur la qualité de l'eau des lacs • Réseau de surveillance des affluents
Connectivité	Inventaire des obstacles	ZGLI et ZVEA	<ul style="list-style-type: none"> • Base de données sur les obstacles aquatiques du Canada
-	Connectivité des cours d'eau	ZVEA	<ul style="list-style-type: none"> • Couche de la connectivité des cours d'eau, ministère de l'Environnement et des Parcs de l'Alberta
-	Ouvrages de franchissement de cours d'eau	ZVEA et ZGLI	<p>Voir les données sur la densité du réseau routier ci-dessous, plus :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Réseau ferroviaire de l'Ontario • Données hydrologiques intégrées de l'Ontario

Indicateur	Paramètre	Zone visée par le rapport	Source de données
			<ul style="list-style-type: none"> • Réseau ferroviaire national • Hydrologie du FWMIS de l'Alberta
Utilisation des terres et couverture terrestre	Types d'utilisation des terres et de couverture terrestre, végétation riveraine	ZGLI et ZVEA	<ul style="list-style-type: none"> • Imagerie Sentinel-2 de l'ESA • Utilisation des couches hydrologiques supérieures visant à générer des zones tampons riveraines de 30 m
-	Aires protégées	ZGLI	<ul style="list-style-type: none"> • Base de données canadienne sur les aires protégées et de conservation (BDCAPC) • Réserves naturelles des ONG de l'Ontario
-	-	ZVEA	<ul style="list-style-type: none"> • Base de données canadienne sur les aires protégées et de conservation (BDCAPC) • Parcs et aires protégées de l'Alberta
-	Densité du réseau routier	ZGLI et ZVEA	<ul style="list-style-type: none"> • Réseau routier et ferroviaire de l'Ontario • Réseau routier national
Changements climatiques	Vitesses bioclimatiques	ZGLI et ZVEA	<ul style="list-style-type: none"> • Adaptwest
-	Crues	ZGLI et ZVEA	<ul style="list-style-type: none"> • Prévision de zones inondables

ANNEXE B

Tableau B1. Espèces de poissons indigènes, non indigènes ou inscrites sur la liste des espèces envahissantes présentes dans la ZGLI. Les espèces non indigènes sont des espèces originaires d'un autre endroit en Amérique du Nord ou d'un autre continent qui se sont établies dans la ZGLI après y avoir été introduites. Les espèces envahissantes sont celles qui figurent sur la liste fédérale ou provinciale des espèces envahissantes parce qu'elles ont des répercussions négatives sur les écosystèmes envahis. Les valeurs indiquent le nombre total d'unités d'évaluation où les espèces ont été trouvées.

Nom commun	Nom scientifique	Indigène	Non indigène	Envahissante
Gaspareau	<i>Alosa pseudoharengus</i>	0	62	0
Lamproie de l'est	<i>Appendice de Lampetra</i>	48	0	0
Anguille d'Amérique	<i>Anguilla rostrata</i>	47	5	0
Alose savoureuse	<i>Alosa sapidissima</i>	1	0	0
Brochet de l'Amour	<i>Esox reichertii</i>	0	1	0
Saumon atlantique	<i>Salmo salar</i>	16	0	0
Omble de fontaine aurora	<i>Salvelinus fontinalis timagamiensis</i>	1	0	0
Fondule barré	<i>Fondule barré Fundulus diaphanus</i>	82	0	0
Buffalo à grande bouche	<i>Ictiobus cyprinellus</i>	17	20	0
Buffalo noir	<i>Ictiobus niger</i>	0	6	0
Barbotte noire	<i>Ameiurus melas</i>	79	0	0
Marigane noire	<i>Pomoxis nigromaculatus</i>	108	0	0
Chevalier noir	<i>Moxostoma duquesnei</i>	24	0	0
Menton noir	<i>Notropis heterodon</i>	74	0	0
Cisco à nageoires noires	<i>Coregonus nigripinnis</i>	3	0	0
Naseux noir	<i>Rhinichthys atratulus</i>	15	0	0
Museau noir	<i>Notropis heterolepis</i>	136	0	0
Dard noir	<i>Percina maculata</i>	84	0	0
Fondule rayé	<i>Fundulus notatus</i>	10	0	0
Cisco de fumage	<i>Coregonus hoyi</i>	5	0	0
Crapet arlequin	<i>Lepomis macrochirus</i>	150	0	0
Ventre-pourri	<i>Pimephales notatus</i>	185	0	0
Poisson-castor	<i>Amia calva</i>	60	0	0
Méné laiton	<i>Hybognathus hankinsoni</i>	124	0	0
Méné d'herbe	<i>Notropis bifrenatus</i>	10	0	0
Chat-fou tacheté	<i>Noturus miurus</i>	21	0	0
Crayon d'argent	<i>Labidestculus</i>	70	0	0
Épinoche à cinq épines	<i>Culaea inconstans</i>	174	0	0
Omble de fontaine	<i>Salvelinus fontinalis</i>	100	0	0
Barbotte brune	<i>Ameiurus nebulosus</i>	171	0	0
Truite brune	<i>Salmo trutta</i>	0	69	0
Lotte	<i>Lota lota</i>	40	0	0
Umbre de vase	<i>Umbra limi</i>	164	0	0
Roule-caillou	<i>Campostome anomalum</i>	70	0	0
Brochet maillé	<i>Esox niger</i>	0	3	0

Nom commun	Nom scientifique	Indigène	Non indigène	Envahissante
Barbue de rivière	<i>Ictalurus punctatus</i>	67	0	0
Fouille-roche gris	<i>Percina copelandi</i>	23	0	0
Saumon chinook	<i>Oncorhynchus tshawytscha</i>	0	33	0
Saumon kéta	<i>Oncorhynchus keta</i>	0	1	0
Cisco	<i>Coregonus artedi</i>	51	0	0
Saumon coho	<i>Oncorhynchus kisutch</i>	0	24	0
Carpe	<i>Pteronarcys californica</i>	0	134	0
Méné à nageoires rouges	<i>Luxilus cornutus</i>	181	0	0
Mulet à cornes	<i>Semotilus atromacule</i>	175	0	0
Cisco de profondeur	<i>Coregonus johanna</i>	1	0	0
Chabot de profondeur	<i>Myoxocephalus thompsonii</i>	5	0	0
Naseux noir de l'Est	<i>Rhinichthys atratulus</i>	112	0	0
Dard de sable	<i>Ammocrypta pellucida</i>	29	0	0
Méné d'argent de l'est	<i>Hybognathus regius</i>	6	0	0
Méné émeraude	<i>Notropis atherinoides</i>	119	0	0
Flet d'Europe	<i>Platichthys flesus</i>	0	3	0
Ouitouche	<i>Semotilus corporalis</i>	54	0	0
Dard barré	<i>Ethostome flabellare</i>	90	0	0
Tête-de-boule	<i>Pimephales promelas</i>	178	0	0
Ventre citron	<i>Chrosomus neogaeus</i>	71	0	0
Barbu à tête plate	<i>Pylodictis olivaris</i>	0	6	0
Lépisosté de Floride	<i>Lepisosteus platyrhincus</i>	0	1	0
Épinoche à quatre épines	<i>Apeltes quadracus</i>	0	3	0
Malachigan	<i>Aplodinotus grunniens</i>	67	0	0
Méné fantôme	<i>Notropis buchanani</i>	26	0	0
Alose noyer	<i>Dorosoma cepedianum</i>	70	12	0
Suceur doré	<i>Moxostome erythrorhum</i>	76	0	0
Méné jaune	<i>Notemigonus crysoleucas</i>	167	0	0
Carassin doré	<i>Carassius auratus</i>	0	0	91
Carpe de roseau	<i>Ctenopharyngodon idella</i>	0	0	5
Brochet vermiculé	<i>Esox americanus vermiculatus</i>	27	0	0
Chevalier jaune	<i>Moxostoma valenciennesi</i>	60	0	0
Crapet vert	<i>Lepomis cyanellus</i>	84	0	0
Dard vert	<i>Ethostome blennioides</i>	61	0	0
Tête à taches rouges	<i>Nocomis biguttatus</i>	100	0	0
Dard à ventre jaune	<i>Etheostoma exile</i>	118	0	0
Raseux-de-terre	<i>Ethostome nigrum</i>	142	0	0
Méné de lac	<i>Couesius plumbeus</i>	27	1	0
Sucet de lac	<i>Erimyzon sucetta</i>	13	0	0
Esturgeon jaune	<i>Acipenser fulvescens</i>	39	0	0
Touladi	<i>Salvelinus namaycush</i>	39	0	0
Grand corégone	<i>Coregonus clupeaformis</i>	34	0	0

Nom commun	Nom scientifique	Indigène	Non indigène	Envahissante
Achigan à grande bouche	<i>Micropterus salmoides</i>	183	0	0
Petit dard	<i>Etheostoma microperca</i>	71	0	0
Fouille-roche	<i>Percina caprodes</i>	129	0	0
Crapet à longues oreilles	<i>Lepomis megalotis</i>	38	0	0
Naseux des rapides	<i>Rhinichthys cataractae</i>	117	0	0
Lépisosté osseux	<i>Lepisosteus osseus</i>	68	0	0
Meunier rouge	<i>Catostomus catostomus</i>	31	0	0
Chat-fou liséré	<i>Noturus insignis</i>	4	0	0
Méné pâle	<i>Notropis volucellus</i>	107	0	0
Laquaiche argentée	<i>Hiodon tergisus</i>	27	0	0
Chabot tacheté	<i>Cottus bairdii</i>	105	0	0
Maskinongé	<i>Esox masquinongy</i>	61	0	0
Épinoche à neuf épines	<i>Pungitius pungitius</i>	17	0	0
Lamproie du Nord	<i>Ichthyomyzon fossor</i>	19	0	0
Meunier à tête carrée	<i>Hypentelium nigricans</i>	95	0	0
Chat-fou du Nord	<i>Noturus stigmosus</i>	10	0	0
Mulet perlé du Nord	<i>Margariscus nachtriebi</i>	113	0	0
Grand brochet	<i>Esox lucius</i>	144	0	0
Ventre rouge du Nord	<i>Chrosomus Eos</i>	150	0	0
Crapet du Nord	<i>Lepomis peltastes</i>	56	0	0
Crapet menu	<i>Lepomis humilis</i>	0	10	0
Oscar	<i>Astronotus ocellatus</i>	0	1	0
Saumon rose	<i>Oncorhynchus gorbuscha</i>	0	6	0
Petit-bec	<i>Opsopoeodus emiliae</i>	11	0	0
Méné camus	<i>Notropis anogenus</i>	16	0	0
Crapet-soleil	<i>Lepomis gibbosus</i>	189	0	0
Brème d'Amérique	<i>Carpionides cyprinus</i>	57	0	0
Dard arc-en-ciel	<i>Etheostoma caeruleum</i>	86	0	0
Éperlan arc-en-ciel	<i>Osmerus mordax</i>	0	0	52
Truite arc-en-ciel	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	0	105	0
Méné d'ombre	<i>Lythrurus umbratilis</i>	46	0	0
Méné long	<i>Clinostomus elongatus</i>	22	0	0
Méné bâton	<i>Nocomis micropogon</i>	75	0	0
Dard de rivière	<i>Percina shumardi</i>	8	0	0
Chevalier de rivière	<i>Moxostoma carinatum</i>	14	0	0
Crapet de roche	<i>Ambloplites rupestris</i>	192	0	0
Tête rose	<i>Notropis rubellus</i>	100	0	0
Gobie à taches noires	<i>Neogobius melanostomus</i>	0	0	83
Ménomini rond	<i>Prosopium cylindraceum</i>	11	0	0
Rotengle	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	0	0	22
Méné paille	<i>Notropis stramineus</i>	50	0	0
Doré noir	<i>Sander canadensis</i>	13	0	0

Nom commun	Nom scientifique	Indigène	Non indigène	Envahissante
Lamproie marine	<i>Petromyzon marinus</i>	0	0	49
Suceur rouge	<i>Moxostoma macrolepidotum</i>	81	0	0
Cisco à mâchoires égales	<i>Coregonus zenithicus</i>	4	0	0
Cisco à museau court	<i>Coregonus reighardi</i>	3	0	0
Omisco	<i>Macrhybopsis storeriana</i>	17	0	0
Lamproie argentée	<i>Esox masquinongy</i>	29	0	0
Suceur blanc	<i>Moxostoma anisurum</i>	65	0	0
Méné-miroir	<i>Notropis photogenis</i>	31	0	0
Chabot visqueux	<i>Cottus cognatus</i>	46	0	0
Achigan à petite bouche	<i>Micropterus dolomieu</i>	181	0	0
Buffalo à grande bouche	<i>Ictiobus bubalus</i>	5	0	0
Chabot à tête plate	<i>Cottus ricei</i>	2	0	0
Méné bleu	<i>Cyprinella spiloptera</i>	101	0	0
Queue à tache noire	<i>Notropis hudsonius</i>	126	0	0
Lépisosté tacheté	<i>Lepisosteus oculatus</i>	10	0	0
Meunier tacheté	<i>Minytrema melanops</i>	26	0	0
Barbotte des rapides	<i>Noturus flavus</i>	96	0	0
Méné rayé	<i>Luxilus chrysocephalus</i>	84	0	0
Chat-fou brun	<i>Noturus gyrinus</i>	59	0	0
Raseux-de-terre gris	<i>Etheostoma olmstedii</i>	19	0	0
Épinoche à trois épines	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	29	8	0
Omisco	<i>Percopsis omiscomaycus</i>	63	0	0
Gobie de la mer Noire	<i>Proterorhinus semilunaris</i>	0	0	15
Doré jaune	<i>Sander vitreus</i>	115	0	0
Crapet sac-à-lait	<i>Lepomis gulosus</i>	7	0	0
Naseux noir de l'Ouest	<i>Rhinichthys obtusus</i>	123	0	0
Bar blanc	<i>Chrysope moron</i>	69	0	0
Marigane blanche	<i>Pomoxis annularis</i>	60	0	0
Baret	<i>Morone americana</i>	0	69	0
Meunier noir	<i>Catostomus commersonii</i>	193	0	0
Barbotte jaune	<i>Ameiurus natalis</i>	89	0	0
Perchaude	<i>Ichthyomyzon unicuspis</i>	184	0	0

ANNEXE C

Tableau C1. Espèces de poissons indigènes, non indigènes ou inscrites sur la liste des espèces envahissantes présentes dans la ZVEA. Les espèces non indigènes sont des espèces originaires d'un autre endroit en Amérique du Nord ou d'un autre continent qui se sont établies dans l'une ou l'autre des zones visées par le rapport après y avoir été introduites. Les espèces envahissantes sont celles qui figurent sur la liste fédérale ou provinciale des espèces envahissantes parce qu'elles ont des répercussions négatives sur les écosystèmes envahis. Les valeurs indiquent le nombre total d'unités d'évaluation où les espèces ont été trouvées.

Nom commun	Nom scientifique	Indigène	Non indigène	Envahissante
Ombre chevalier	<i>Salvelinus alpinus</i>	1	0	0
Ombre arctique	<i>Thymallus arcticus</i>	39	1	0
Truite arc-en-ciel de l'Athabasca	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	3	0	0
Méné laiton	<i>Hybognathus hankinsoni</i>	1	0	0
Épinoche à cinq épines	<i>Culaea inconstans</i>	74	0	0
Ombre de fontaine	<i>Salvelinus fontinalis</i>	0	55	0
Truite brune	<i>Salmo trutta</i>	0	45	0
Ombre à tête plate	<i>Salvelinus confluentus</i>	72	0	0
Lotte	<i>Lota lota</i>	77	0	0
Truite fardée	<i>Oncorhynchus clarki</i>	32	0	0
Dolly Varden	<i>Salvelinus malma</i>	3	0	0
Méné émeraude	<i>Notropis atherinoides</i>	27	0	0
Tête-de-boule	<i>Pimephales promelas</i>	44	0	0
Ventre citron	<i>Chrosomus néogaeus</i>	51	0	0
Méné à tête plate	<i>Platygobio gracilis</i>	23	0	0
Truite dorée	<i>Oncorhynchus aquabonita</i>	2	0	0
Laquaiche aux yeux d'or	<i>Hiodon alosoides</i>	15	0	0
Carassin doré	<i>Carassius auratus</i>	0	0	6
Dard à ventre jaune	<i>Etheostoma exile</i>	14	0	0
Saumon rouge	<i>Oncorhynchus nerka</i>	1	0	0
Méné de lac	<i>Couesius plumbeus</i>	84	2	0
Esturgeon jaune	<i>Acipenser fulvescens</i>	6	0	0
Touladi	<i>Salvelinus namaycush</i>	19	0	0
Grand corégone	<i>Coregonus clupeaformis</i>	17	3	0
Meunier à grandes écailles	<i>Catostomus macrocheilus</i>	10	0	0
Naseux des rapides	<i>Rhinichthys cataractae</i>	85	0	0
Meunier rouge	<i>Catostomus Catostomus</i>	88	0	0
Laquaiche argentée	<i>Hiodon tergisus</i>	9	0	0
Meunier des montagnes	<i>Catostomus platyrhynchus</i>	30	0	0
Ménomini des montagnes	<i>Prosopium williamsoni</i>	88	0	0
Épinoche à neuf épines	<i>Pungitius pungitius</i>	2	0	0
Grand brochet	<i>Esox lucius</i>	62	0	0
Sauvagesse du Nord	<i>Ptychocheilus oregonensis</i>	4	0	0
Ventre rouge du Nord	<i>Chrosomus Eos</i>	42	0	0

Nom commun	Nom scientifique	Indigène	Non indigène	Envahissante
Méné deux-barres	<i>Mylocheilus caurinus</i>	1	0	0
Mulet perlé	<i>Margariscus nachtriebi</i>	72	0	0
Chabot piquant	<i>Cottus asper</i>	1	0	0
Carassin argenté	<i>Carassius gibelio</i>	0	0	6
Corégone pygmée	<i>Prosopium coulterii</i>	3	0	0
Brème d'Amérique	<i>Carpoides Cyprinus</i>	2	0	0
Truite arc-en-ciel	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	0	66	0
Méné rose	<i>Balteatus richardsonius</i>	21	0	0
Méné de rivière	<i>Notropis Blennius</i>	8	0	0
Chabot des montagnes Rocheuses	<i>Cottus Bondi</i>	1	0	0
Ménomini rond	<i>Prosopium cylindraceum</i>	1	0	0
Doré noir	<i>Sander canadense</i>	4	0	0
Suceur rouge	<i>Moxostoma macrolepidotum</i>	13	0	0
Suceur blanc	<i>Moxostoma anisurum</i>	5	0	0
Chabot visqueux	<i>Cottus cognatus</i>	38	0	0
Chabot à tête plate	<i>Cottus ricei</i>	63	0	0
Queue à tache noire	<i>Notropis hudsonius</i>	34	2	0
Épinoche à trois épines	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	1	0	0
Omisco	<i>Percopsis omiscomaycus</i>	67	0	0
Corégone cisco	<i>Coregonus artedii</i>	3	0	0
Doré jaune	<i>Sander vitreus</i>	43	0	0
Truite fardée versant de l'ouest	<i>Oncorhynchus clarkii lewisi</i>	7	0	0
Meunier noir	<i>Catostomus commersonii</i>	89	0	0
Perchaude	<i>Ichthyomyzon unicuspis</i>	25	0	0

ANNEXE D

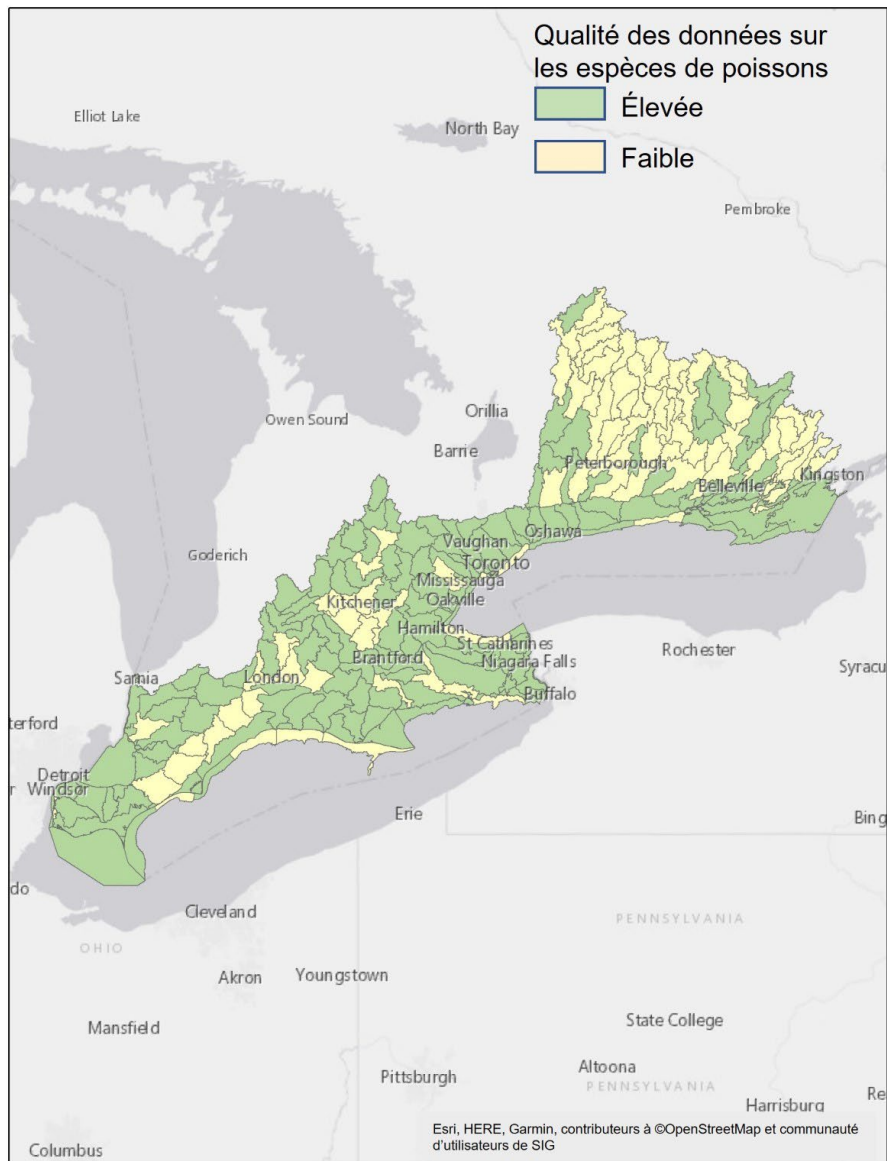


Figure D1. Qualité des données sur les espèces de poissons dans les unités d'évaluation de la ZGLI. La qualité des données a été déterminée à l'aide de courbes d'accumulation des espèces. Les unités d'évaluation dont les données étaient de grande qualité présentaient des courbes qui atteignaient une asymptote (autrement dit, l'échantillonnage était suffisant pour que l'on soit certain que toutes les espèces de la communauté étaient capturées). Les courbes d'accumulation des espèces qui n'étaient pas asymptotes se sont vu attribuer une mauvaise qualité des données, ce qui suggère que l'échantillonnage était insuffisant pour refléter l'ensemble de la communauté de poissons.

ANNEXE E

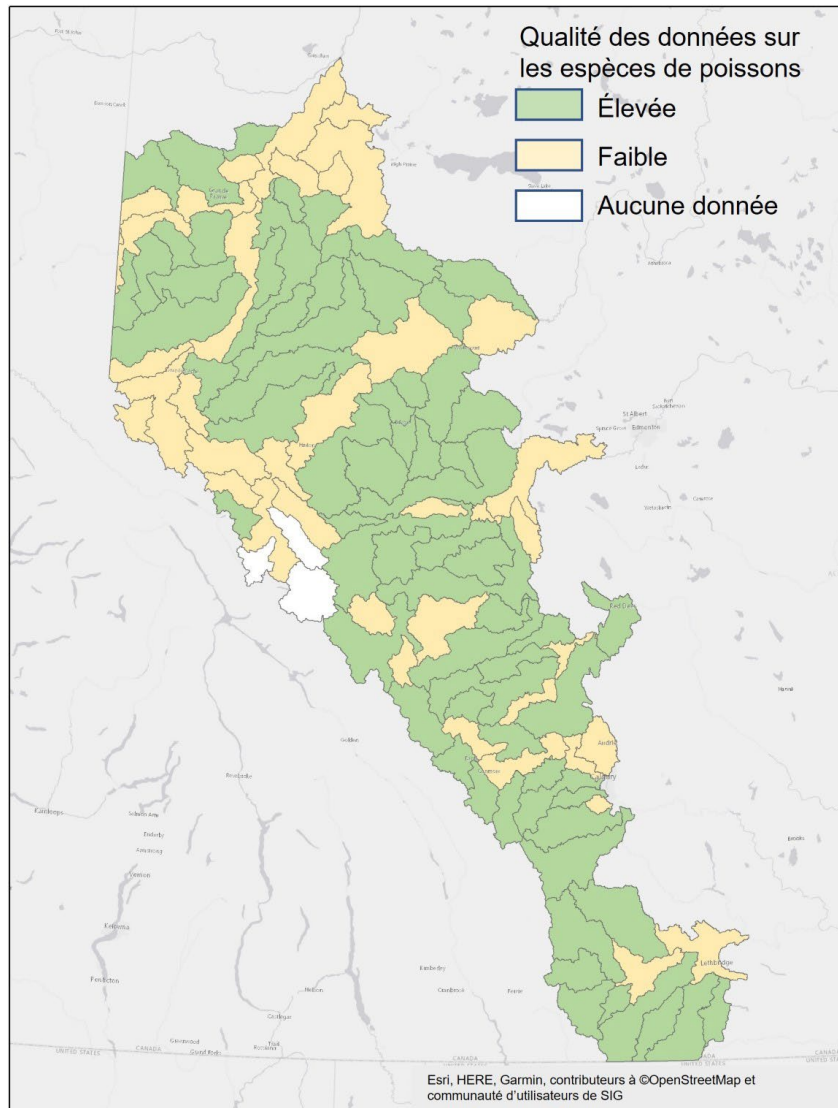


Figure E1. Qualité des données sur les espèces de poissons dans les unités d'évaluation de la ZVEA. La qualité des données a été déterminée à l'aide de courbes d'accumulation des espèces. Les unités d'évaluation dont les données étaient de grande qualité présentaient des courbes qui atteignaient une asymptote (autrement dit, l'échantillonnage était suffisant pour que l'on soit certain que toutes les espèces de la communauté étaient capturées). Les courbes d'accumulation des espèces qui n'étaient pas asymptotes se sont vu attribuer une mauvaise qualité des données, ce qui suggère que l'échantillonnage était insuffisant pour refléter l'ensemble de la communauté de poissons.