

RAPPORT SUR LE PROJET DES INDICATEURS ÉCOSYSTÉMIQUES DES GRANDS LACS

Rapport de la CMI sur la priorité d'évaluation des progrès vers la
restauration des Grands Lacs

Juin 2014

COMMISSION MIXTE INTERNATIONALE
Canada et États-Unis



INTERNATIONAL JOINT COMMISSION
Canada and United States

Pour plus de renseignements

Pour plus de renseignements, veuillez consulter le site Web de la CMI : www.ijc.org.

On peut également obtenir des renseignements en communiquant avec l'un des bureaux suivants de la CMI :

Bureau de la section américaine 2000 L Street, NW Suite 615 Washington, DC 20440 Téléphone : 202-736-9000 Télécopieur : 202-632-2006	Bureau de la section canadienne 234, avenue Laurier ouest 22 ^e étage Ottawa (Ontario) K1P 6K6 Téléphone : 613-995-2984 Télécopieur : 613-993-5583	Bureau régional des Grands Lacs 100, avenue Ouellette 8 ^e étage Windsor (Ontario) N9A 6T3 Télécopieur : 519-257-674 Téléphone : 519-257-6700
---	---	--

REMERCIEMENTS

Ce rapport sur les indicateurs écosystémiques est le produit d'une coopération binationale faisant intervenir plus d'une centaine d'experts du Canada et des États-Unis. La Commission mixte internationale exprime ses sincères remerciements aux nombreux experts scientifiques des gouvernements, universités, organismes à but non lucratif et autres organisations qui ont contribué à ce rapport. C'est grâce à leur collaboration que la Commission peut recommander aux gouvernements du Canada et des États-Unis des mesures visant à évaluer efficacement les progrès réalisés pour la mise en œuvre de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs. Les activités du groupe de travail orienteront la Commission pour effectuer une évaluation indépendante des progrès en vertu de l'Accord.

Les noms des experts qui ont contribué aux travaux figurent dans chaque rapport sur les indicateurs, mais nous tenons à préciser que les conclusions et les recommandations contenues dans ce rapport relèvent de la seule responsabilité de la Commission.

SOMMAIRE

Dans le cadre de l'Accord relatif à la qualité de l'eau des Grands Lacs, la Commission mixte internationale (la Commission) est chargée d'évaluer les progrès réalisés par les gouvernements du Canada et des États-Unis dans leur mise en œuvre de l'Accord et d'en faire rapport. À cette fin, la Commission s'est fixé un objectif prioritaire de trois ans (2012-2015) pour élaborer les approches et les outils nécessaires. Ce rapport intérimaire de la Commission sur les indicateurs écosystémiques est une synthèse de l'analyse scientifique approfondie et contient d'autres analyses techniques qui s'appuient sur les travaux des groupes de travail binationaux de la CMI et sur les recommandations contenues dans le rapport publié en 2013 intitulé : Great Lakes Ecosystem Indicators Summary Report: the Few That Tell Us the Most and Technical Report on Ecosystem Indicators

L'objectif global de l'évaluation des progrès prioritaire est de faire en sorte que la Commission soit bien placée pour assumer les responsabilités en matière d'évaluation et de production de rapports qui lui ont été confiées par l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs. La Commission estime que l'évaluation des progrès dans le cadre de l'Accord devrait comprendre la mesure d'indicateurs quantifiables se rapportant aux objectifs de l'Accord et les rapports connexes. L'application uniforme d'indicateurs scientifiques au fil du temps est essentielle pour suivre l'évolution de la qualité de l'eau des Grands Lacs.

Identifier les indicateurs écosystémiques clés qui nous en disent le plus sur les Grands Lacs est le premier projet de la priorité d'évaluation des progrès. Les indicateurs écosystémiques ciblés sont des outils importants pour éclairer les décisions essentielles à la protection des Grands Lacs et aux activités de restauration qui bénéficieront aux millions de personnes qui dépendent des eaux des Grands Lacs et en profitent.

La Commission recommande 16 indicateurs, composés de 41 mesures, qui sont jugés les meilleurs pour évaluer les progrès de l'écosystème dans le cadre du nouvel Accord. Les 16 indicateurs écosystémiques sont ceux qui nous en disent le plus long et ce rapport définit et analyse leur pertinence par rapport aux objectifs de l'Accord et aux conditions de santé de l'écosystème, leurs mesures constitutives et la façon dont ils doivent être interprétés. Les indicateurs écosystémiques répondent largement aux objectifs et aux annexes de l'Accord en étant le moins nombreux possibles. Les principales lacunes, notamment les indicateurs sur la santé humaine et l'efficacité du programme, seront abordées dans des projets distincts également menés dans le cadre de la priorité d'évaluation des progrès de la Commission.

La Commission recommande que les gouvernements du Canada et des États-Unis étudient les indicateurs écosystémiques qu'elle recommande et leur attribuent une priorité pour assurer le suivi nécessaire et les inclure dans le rapport de la Conférence sur l'état de l'écosystème des Grands Lacs (CEEGL) le cas échéant. Dans le cadre de ce processus, la Commission recommande également que les gouvernements examinent dans quelle mesure les indicateurs peuvent être facilement mis en œuvre et qu'il lui fassent des observations sur leur potentiel d'opérationnalisation.

Ce rapport contient également une comparaison des indicateurs écosystémiques de la Commission et des indicateurs écosystémiques du récent rapport de la CEEGL élaborés par les gouvernements comme étape initiale de ce processus d'évaluation. Bien que la Commission ait relevé certains chevauchements, 23 des 41 mesures des indicateurs écosystémiques de la CMI sont définis différemment de ceux de la CEEGL.

Dans le cadre de la priorité d'évaluation des progrès, les prochaines étapes consisteront à examiner comment utiliser au mieux les indicateurs figurant dans ce rapport pour rendre compte des progrès, sensibiliser et encourager l'adoption de mesures – les principales tâches faisant partie des responsabilités de la Commission en vertu de l'Accord. La Commission envisage également de définir un petit groupe d'indicateurs essentiels pour l'aider dans ses évaluations et sa production de rapports et pour communiquer avec le public. Il sera important de recevoir une rétroaction des gouvernements sur l'opérationnalisation des indicateurs recommandés car la Commission continue à créer des outils et des moyens d'évaluer efficacement les progrès vers l'atteinte des objectifs de l'Accord relatif à la qualité de l'eau des Grands Lacs.

La Commission remercie les représentants de la CEEGL de la participation constructive qu'ils ont apportée à ses travaux sur les indicateurs jusqu'à présent. La Commission espère une collaboration encore plus constructive avec les gouvernements à mesure que la priorité d'évaluation des progrès approchera de sa fin en 2015.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS	3
SOMMAIRE	4
TABLE DES MATIÈRES	6
CHAPITRE 1 : INTRODUCTION	8
1.1 Objet du rapport	8
1.2 Établissement de la priorité d'évaluation des progrès	8
1.3 Contexte du rapport.....	9
1.4 Organisation du Rapport.....	12
CHAPITRE 2 : PROCESSUS D'ÉTABLISSEMENT DES INDICATEURS	12
CHAPITRE 3 : DESCRIPTIONS DES INDICATEURS ÉCOSYSTÉMIQUES	13
3.1 Introduction	14
3.2 Indicateurs physiques	14
3.2.1 Habitat littoral – Indice de détérioration du littoral	14
3.2.2 Étendue, composition et qualité des terres humides littorales	16
3.2.3 Couverture terrestre et fragmentation	19
3.2.4 Fluctuations saisonnières et à long terme des niveaux d'eau des Grands Lacs	21
3.2.5 Intégrité physique des affluents.....	24
3.2.6 Température de l'eau	29
3.3 Indicateurs chimiques	30
3.3.1 Dépôt atmosphérique des produits chimiques sources de préoccupations mutuelles	30
3.3.2 Produits chimiques sources de préoccupations mutuelles dans l'eau	32
3.3.3 Contaminants dans les eaux souterraines.....	34
3.3.4 Produits persistants, bioaccumulables et toxiques (PBT) dans le biote	36
3.3.5 Charges et concentrations de phosphore dans les lacs	38
3.4 Indicateurs biologiques	40
3.4.1 Espèces aquatiques envahissantes : Taux d'invasion et impacts	40
3.4.2 Abondance et répartition des oiseaux nicheurs coloniaux mangeurs de poisson	42
3.4.3 Productivité et santé de la chaîne alimentaire inférieure	44

3.4.4 Espèces de poissons présentant un intérêt.....	47
3.4.5 Algues toxiques et nuisibles	48
CHAPITRE 4 : PERTINENCE DES INDICATEURS ÉCOSYSTÉMIQUES PAR RAPPORT AUX OBJECTIFS DE L'ACCORD ET COMPARAISON AVEC LES INDICATEURS DE LA CEEGL ..	51
4.1 Pertinence des indicateur de l'écosystème par rapport aux objectifs de l'Accord	51
4.2 Comparaison des indicateurs écosystémiques de la Commission et des indicateurs de la CEEGL	54
CHAPITRE 5: DISCUSSION ET RECOMMANDATIONS	60
5.1 Les indicateurs écosystémiques	60
5.2 Rapports sur l'état des Grands Lacs de 2011 de la CEEGL	60
5.3 Prochaines étapes pour la Commission	61
5.4 Rapports sur la priorité d'évaluation des progrès	61
RÉFÉRENCES.....	63

Chapitre 1 : INTRODUCTION

1.1 Objet du rapport

1. Ce rapport a pour but de présenter le travail de la Commission réalisé jusqu'à présent sur le premier projet de la priorité d'évaluation des progrès. Ce rapport intermédiaire de la priorité sur les indicateurs écosystémiques de la Commission présente une analyse et des données techniques supplémentaires et s'appuie sur les rapports de ses groupes de travail publiés en juin 2013 : Great Lakes Ecosystem Indicators Summary Report: the Few That Tell Us the Most and Technical Report on Ecosystem Indicators (http://www.ijc.org/fr/_AOP/Publications).

Le rapport contient des recommandations destinées aux gouvernements du Canada et des États-Unis sur les données de l'écosystème qu'ils collectent et remettent à la Commission et au grand public. Les recommandations visent à faciliter l'évaluation par la Commission des progrès réalisés par les gouvernements du Canada et des États-Unis dans leur mise en œuvre de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs (l'Accord) et à sensibiliser davantage le public à la qualité des eaux.

Les recommandations portent sur l'adoption et le suivi d'un ensemble d'indicateurs écosystémiques considérés comme les plus importants pour évaluer les progrès des gouvernements vers l'atteinte des objectifs généraux et spécifiques de l'Accord. Le rapport énonce les détails de ces indicateurs recommandés, ainsi que le processus binational permettant leur identification et élaboration.

Le rapport vise également à placer ce travail sur les indicateurs écosystémiques dans le contexte de la priorité d'évaluation des progrès de la Commission en établissant un contexte et en fixant les prochaines étapes pour ce domaine de travail.

Bien que ce rapport ait été préparé pour donner des conseils aux gouvernements du Canada et des États-Unis concernant la collecte et la communication des données de suivi sur les Grands Lacs, ses conclusions et recommandations présenteront également un intérêt pour les agences, les utilisateurs de l'eau, les résidents, les organisations et les décideurs soucieux de la qualité de l'eau et de la mise en œuvre de l'Accord.

1.2 Établissement de la priorité d'évaluation des progrès

En 2012, la Commission a fait de l'élaboration d'approches et d'outils pour l'évaluation des progrès réalisés en vertu de l'Accord de 2012 relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs une de ses priorités pour les Grands Lacs pendant le cycle triennal 2012-2015. L'objectif global de la priorité d'évaluation des progrès est de veiller à ce que la Commission soit bien placée pour s'acquitter de son mandat en vertu de l'Accord, à savoir rendre compte aux parties et aux gouvernements des États et provinciaux des progrès accomplis vers la réalisation des objectifs généraux et spécifiques, y compris, le cas échéant, les questions liées aux annexes de l'Accord.

La Commission estime que l'évaluation des progrès en vertu de l'Accord devrait comprendre la mesure et la communication d'indicateurs quantifiables liés aux objectifs de l'Accord.

Ce rapport de la Commission est le premier publié dans le cadre de la priorité d'évaluation des progrès et met l'accent sur les indicateurs écosystémiques clés les plus aptes à évaluer les progrès accomplis vers la réalisation des buts et objectifs de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs. La Commission a passé une bonne partie des deux dernières années à élaborer une liste d'indicateurs qui peuvent être considérés comme ceux qui nous apprennent le plus sur l'écosystème. Ce rapport présente les résultats des travaux visant à identifier et à définir les meilleurs indicateurs écosystémiques permettant d'évaluer les progrès en vertu de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs.

Le travail sur les indicateurs écosystémiques n'est qu'un aspect de cette priorité. Des projets distincts sont en cours en ce qui concerne les indicateurs de la santé humaine et de l'efficacité des programmes. Un des principaux buts de cette priorité est de combiner ces initiatives et de recommander aux gouvernements du Canada et des États-Unis un ensemble réduit d'indicateurs essentiels à communiquer au public. Le travail effectué pour cette priorité vise à compléter le processus de la CEEGL en donnant des conseils binationaux sur la formulation, la conception et la communication des indicateurs sélectionnés, y compris les besoins en matière de suivi.

1.3 Contexte du rapport

La Commission mixte internationale est un organisme indépendant et binational établi par le Canada et les États-Unis en vertu du Traité des eaux limitrophes de 1909. En vertu du Traité, les deux pays collaborent pour prévenir et résoudre les différends portant sur l'utilisation et la qualité des nombreux lacs et rivières situés le long de la frontière commune.

Le Canada et les États-Unis travaillent en étroite collaboration depuis plus de 40 ans pour gérer et protéger les Grands Lacs. Les deux pays se sont engagés dans l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs à restaurer et protéger la santé physique, chimique et biologique des eaux de l'écosystème du bassin des Grands Lacs. Les gouvernements, le secteur privé et le public ont investi des milliards de dollars pour le contrôle de la pollution, la restauration et des travaux de conservation depuis la signature de l'Accord en 1972 et d'importantes améliorations ont été apportées. Mais de nombreuses préoccupations et questions demeurent sur l'état des lacs, sur les progrès réellement accomplis et dans quelle mesure.

À la demande des deux gouvernements, en vertu de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs, la Commission a pour tâche de conseiller les deux pays sur la restauration et le maintien de l'intégrité chimique, physique et biologique des eaux des Grands Lacs. Plus précisément dans le cadre de ce rapport, l'Accord confie à la Commission la responsabilité de fournir tous les trois ans aux gouvernements du Canada et des États-Unis un rapport d'évaluation des progrès. Ce rapport vise à évaluer la mesure dans laquelle les programmes et autres actions permettent d'atteindre les objectifs généraux et spécifiques de l'Accord.

La Commission assume cette responsabilité d'évaluation des progrès réalisés dans le cadre de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs depuis la révision de l'Accord en 1978 et a publié 16 rapports biennaux entre 1980 et 2013. L'Accord révisé de 2012 a changé la date de production des rapports de tous les deux ans à tous les trois ans.

De 1978 à 1987, les rapports biennaux d'évaluation des progrès de la Commission ont été produits par un réseau de sous-comités spécialisés qui faisaient partie des comités consultatifs de la Commission. Ces conseils comprenaient des fonctionnaires des gouvernements pouvant recueillir les données à l'appui de l'évaluation. Grâce aux données recueillies, les quatre premiers rapports biennaux ont permis d'évaluer les progrès accomplis par rapport aux objectifs. Toutefois, l'Accord de 1987 a modifié le protocole, les sous-comités ont été démantelés et la responsabilité de fournir les données de la Commission a été transférée aux gouvernements. Il est devenu alors difficile pour la Commission d'obtenir des données qui reflètent clairement les progrès vers la réalisation des objectifs de l'Accord de 1987. La difficulté à obtenir des données suffisantes a conduit la Commission à modifier l'objectif de son rapport biennal. En 1990, à partir du cinquième rapport, les rapports biennaux n'ont plus eu pour but de présenter un rapport complet sur tous les sujets d'importance pour les Grands Lacs, mais plutôt à mettre en lumière certaines questions nécessitant des mesures urgentes et ciblées (CMI 1990).

La Commission a déjà attiré l'attention sur la nécessité d'obtenir des données complètes de la part des Parties. Le 13^e rapport biennal sur la qualité de l'eau des Grands Lacs (CMI 2006a) était consacré à l'enjeu de la responsabilisation, notamment la nécessité pour les Parties de fournir des données et d'améliorer les rapports, plus particulièrement en ce qui concerne la réalisation des objectifs de l'Accord. Le rapport préconisait un plus petit nombre d'indicateurs de la CEEGL (par rapport aux 80 indicateurs de l'époque) afin que chaque indicateur retenu soit directement lié aux objectifs de l'Accord et soit suffisamment financé.

L'application uniforme à long terme d'indicateurs scientifiquement fondés est essentielle pour suivre l'évolution de la qualité de l'eau des Grands Lacs. La Commission a longtemps plaidé pour l'utilisation d'indicateurs afin de mesurer les progrès vers l'atteinte des objectifs de l'Accord et a recommandé des critères pour les sélectionner (CMI 1991; CMI 1996; CMI 2000; CMI 2006b). La Commission reconnaît également que les ressources disponibles ne permettent la surveillance, la compilation et la présentation de données que pour un ensemble limité d'indicateurs. En outre, il est plus facile de communiquer des informations claires au public et aux décideurs en utilisant un petit ensemble d'indicateurs scientifiques formulés dans une langue non technique.

En prévision du nouvel AQEGL en 2011, la Commission est revenue à une évaluation plus complète des progrès pour son rapport biennal. Le 16^e rapport biennal, publié en 2013, a utilisé sept indicateurs de l'intégrité chimique, cinq indicateurs de l'intégrité biologique, deux de l'intégrité physique et deux indicateurs de performance pour évaluer les progrès depuis la dernière révision de l'Accord en 1987. Les 16 indicateurs utilisés dans le rapport ont été choisis par le personnel de la Commission en fonction de la pertinence des objectifs de l'AQEGL et de la disponibilité des données. Bien que le rapport se soit révélé très utile et ait fourni une analyse rétrospective des 25 dernières années, la quantité et le type de données disponibles ont limité la portée de l'évaluation susceptible d'être faite.

La Commission était convaincue qu'un ensemble d'indicateurs de base liés aux objectifs de l'Accord et utiles pour une évaluation concise des progrès était nécessaire et que ces indicateurs de base devaient être surveillés régulièrement.

La Commission a profité du renouvellement en septembre 2012 de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs pour réaffirmer son engagement à assumer la responsabilité qui lui est confiée en vertu de l'Accord d'évaluer les progrès accomplis vers la réalisation des objectifs généraux et spécifiques de l'Accord renouvelé, y compris, le cas échéant, les questions liées à ses annexes et d'en rendre compte.

LA CEEGL

Les travaux de la Commission sur les indicateurs d'évaluation de l'intégrité physique, chimique et biologique des Grands Lacs sont tributaires de l'excellent travail et de la collaboration de la Conférence sur l'état de l'écosystème des Grands Lacs (CEEGL). La CEEGL est une initiative de l'Environmental Protection Agency des États-Unis et d'Environnement Canada au nom des deux pays. Plus de 125 scientifiques et experts du Canada et des États-Unis recueillent des données environnementales sur l'écosystème des Grands Lacs dans le cadre du processus de la CEEGL. Les conférences sont destinées à rendre compte de l'état de l'écosystème des Grands Lacs et des principaux facteurs qui influent sur lui tout en offrant une tribune pour l'échange de ces données entre les décideurs des Grands Lacs. La conférence a eu lieu tous les deux ans entre la première conférence en 1994 et celle de 2008. Des conférences auront lieu tous les trois ans conformément à l'Accord de 2012. La conférence la plus récente s'est déroulée en 2011. Un rapport sur « L'état des Grands Lacs » est publié après chaque conférence.

Dans le cadre de la CEEGL, l'état des Grands Lacs est évalué à l'aide de près de 60 indicateurs, organisés selon le modèle FPEIR (force motrice, pression, état, impact, réponse). Le modèle FPEIR est un outil qui contribue à la sélection, l'organisation et les rapports sur les indicateurs, ce qui permet aux décideurs de comprendre les liens entre les conditions de l'écosystème, les pressions sur l'écosystème et les liens entre les activités humaines et l'état du système. Les rapports de la CEEGL sont très utiles et ont été la source de la plupart des données du 16^e rapport biennal de la Commission. Mais ces indicateurs pourraient être améliorés pour livrer des messages clairs et concis sur les progrès accomplis dans la restauration et l'entretien des Grands Lacs. La Commission reconnaît également que l'on pourrait utiliser la priorisation d'un ensemble d'indicateurs de base pour hiérarchiser les ressources limitées disponibles pour la surveillance.

En cherchant à établir un sous-ensemble d'indicateurs pour l'évaluation et la production de rapports, la Commission s'est demandé si les indicateurs écosystémiques de la CEEGL comprenaient les meilleurs indicateurs possibles pour évaluer les progrès souhaités.

Depuis que la Commission a commencé ses travaux sur cette priorité au début de 2012, la CEEGL a continué d'évoluer, en particulier dans son rapport de 2011 sur l'état des Grands Lacs. Cette question est abordée dans les chapitres 4 et 5 de ce rapport.

1.4 Organisation du Rapport

Le reste du rapport comprend les quatre chapitres suivants et une section bibliographique :

Le chapitre 2 présente le processus d'élaboration des indicateurs.

Le chapitre 3 présente la description de chacun des 16 indicateurs.

Le chapitre 4 contient une analyse de la pertinence des indicateurs par rapport aux objectifs de l'AQEGL et des indicateurs présentés dans le rapport de 2011 de la CEEGL.

Le chapitre 5 contient les recommandations de la Commission à l'intention des gouvernements au sujet de ces indicateurs écologiques, ainsi que les prochaines étapes que la Commission entreprendra pour poursuivre ce travail dans le cadre de la priorité d'évaluation des progrès.

Le rapport est une synthèse d'analyses scientifiques approfondies. Les lecteurs qui souhaitent des informations plus détaillées, en particulier sur le processus d'établissement des indicateurs, sont invités à consulter le rapport technique original et le rapport sommaire préparé par le Groupe de travail dans le cadre de l'étude.

Chapitre 2 : PROCESSUS D'ÉTABLISSEMENT DES INDICATEURS

Pour pouvoir définir un ensemble d'indicateurs clés pour l'évaluation des progrès dans cette priorité, un groupe de travail sur les indicateurs écosystémiques a été formé. Il est composé de membres du Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs et du Conseil consultatif scientifique des Grands Lacs de la Commission. Les représentants de la CEEGL d'Environnement Canada et de l'Agence américaine de protection de l'environnement ont consulté les conseils consultatifs et ont offert une aide et une rétroaction à mesure de l'avancement des travaux. Conformément aux pratiques de la Commission, les indicateurs devaient être identifiés par un processus binational fondé sur le consensus.

Le Groupe de travail sur les indicateurs écosystémiques a élaboré un plan de travail commençant par une recherche documentaire et un examen des différents programmes nationaux et internationaux d'évaluation des indicateurs de la santé des écosystèmes utilisés par les différents programmes, ainsi que les critères utilisés pour choisir les indicateurs. L'AQEGL renouvelé a défini le contexte et le cadre géographique pour la sélection des indicateurs écosystémiques. Après examen et adoption du modèle FPEIR, le Groupe de travail a décidé que pour ce projet, la priorité serait donnée à des indicateurs d'état et, éventuellement, à des indicateurs d'impact qui définissent l'intégrité physique, chimique et biologique de l'écosystème des Grands Lacs. Cette décision était justifiée par la volonté de définir un petit ensemble d'indicateurs permettant d'évaluer les progrès vers l'atteinte des objectifs de l'Accord plutôt que de déterminer les sources des déficiences.

À partir du travail contextuel, le Groupe de travail a convenu de l'ensemble des critères qui seraient utilisés lors d'un atelier de consultation d'experts pour choisir un groupe d'indicateurs. Les critères ont été répartis en quatre thèmes : utilité, qualité des données, disponibilité des données et applicabilité. L'utilisation de ces critères a privilégié les indicateurs actuels et les données existantes, sans toutefois empêcher la définition de nouveaux indicateurs pour combler les lacunes des indicateurs actuels.

Un atelier de consultation d'experts binational a eu lieu à Windsor, en Ontario, en septembre 2012. L'atelier avait pour principal objectif d'établir une liste concise d'indicateurs écosystémiques. Les participants à l'atelier comprenaient divers intervenants, des experts sur l'élaboration d'indicateurs et des scientifiques spécialisés dans différentes disciplines et appartenant à diverses affiliations. L'atelier a permis de définir une liste prioritaire de 22 indicateurs. Grâce à un travail supplémentaire du Groupe de travail sur les indicateurs écosystémiques, ces 22 indicateurs ont été intégrés à l'ensemble des 16 indicateurs présentés au chapitre 3. Une à six sous-mesures sont associées à l'évaluation de chacun d'entre eux.

Le Groupe de travail sur les indicateurs écosystémiques a ensuite désigné des experts (1 à 3 personnes) chargés de rédiger des descriptions détaillées des indicateurs et de leurs mesures en fonction des observations des participants à l'atelier. Ces descriptions ont été ensuite examinées par les membres du Conseil consultatif scientifique, du Conseil de la qualité de l'eau, ainsi que par tous les participants à l'atelier pour assurer la concordance avec les discussions à la réunion. Au cours de l'été 2013, le groupe de travail a produit un rapport sommaire et un rapport technique, que l'on peut consulter sur le site Web de la Commission (<http://www.ijc.org/fr/AOP/Publications>). Ces rapports décrivent en détail le processus de sélection des indicateurs, leur pertinence par rapport aux objectifs et aux années de l'AQEG et contiennent les premières descriptions des indicateurs.

Une fois les rapports terminés, le Groupe de travail sur les indicateurs écosystémiques a estimé qu'il fallait poursuivre le travail pour parachever les mesures qui feraient partie de chaque indicateur, décrire le calcul des mesures et fournir des renseignements suffisants sur l'aspect spatial et temporel des mesures. Seize équipes d'experts sur les indicateurs (une pour chaque indicateur) ont été constituées par le personnel de la Commission. Ces équipes étaient composées des auteurs de la description initiale des indicateurs, les anciens coprésidents de l'atelier, des experts régionaux des indicateurs et des membres du personnel de la Commission. La Commission a demandé à chaque équipe de détailler encore chaque indicateur afin de déterminer la mesure à utiliser, savoir quelles données étaient nécessaires et comment obtenir, synthétiser et communiquer les résultats. Le chapitre 3 du rapport contient les descriptions des 16 indicateurs écosystémiques affinés par les équipes.

Chapitre 3 : DESCRIPTIONS DES INDICATEURS ÉCOSYSTÉMIQUES

3.1 Introduction

Ce chapitre présente en détail les 16 indicateurs écosystémiques recommandés pour l'évaluation des progrès accomplis dans le cadre de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs. Il contient des informations sur (1) les experts ayant participé à l'élaboration de chaque indicateur, (2) la façon dont chaque indicateur est défini, (3) la pertinence des indicateurs par rapport aux objectifs de l'Accord et les conditions de santé de l'écosystème, (4) quelles mesures comprennent chaque indicateur et comment chaque mesure doit être calculée et (5) la façon dont les indicateurs devraient être interprétés et quelles mises en garde et précautions devraient être envisagées lors de leur utilisation. Les principales mesures de chaque indicateur sont indiquées et décrites sous le titre Description des mesures. Les mesures sous le titre Autres indicateurs envisagés sont celles qui ont fait l'objet d'une discussion, mais dont l'utilisation n'est pas recommandée pour le moment.

Lorsque les indicateurs sont identiques ou similaires aux indicateurs de la CEEGL, les experts consultés avaient généralement participé au travail de la CEEGL. C'est le cas pour environ la moitié des indicateurs. L'intérêt des descriptions des indicateurs par rapport à ceux de la CEEGL est qu'elles renforcent certains indicateurs de la CEEGL, proposent des modifications utiles pour d'autres ou proposent de nouveaux ajouts à l'ensemble des indicateurs de la CEEGL. Un tableau comparant les deux ensembles d'indicateurs est présenté au chapitre 4.

Les 16 indicateurs indiqués dans ce chapitre sont organisés en groupes physiques, chimiques et biologiques. Dans chaque groupe, les indicateurs sont présentés par ordre alphabétique.

3.2 Indicateurs physiques

3.2.1 Habitat littoral – Indice de détérioration du littoral

Membre du groupe de travail des experts : Scudder Mackey

Membre du personnel de la CMI : Lizhu Wang

Définition

L'indicateur utilise l'indice de détérioration du littoral (IDL) pour mesurer la longueur du littoral dont la modification par l'homme est physiquement et biologiquement défavorable aux écosystèmes des Grands Lacs. Les composantes physiques et biologiques utilisées pour calculer l'IDL peuvent être mesurées à l'aide de photographies aériennes à haute résolution classiques ou de l'imagerie par satellite à différentes échelles. La composante physique est le rapport de la longueur linéaire d'un littoral renforcé et autre littoral créé par l'homme par rapport à la longueur linéaire totale du littoral. La composante biologique est la longueur linéaire des structures riveraines biologiquement incompatibles par rapport à la longueur linéaire totale du littoral modifié par l'homme.

Pertinence de l'indicateur

Cet indicateur est directement pertinent à l'Annexe 7 de l'AQEGL - Habitats et espèces. Les modifications physiques apportées au littoral ont perturbé les processus littoraux ou des zones côtières, les structures d'écoulement et circulatoires, détérioré ou éliminé le lien avec les terres humides ou les dunes côtières et détérioré la structure des habitats littoraux et près du littoral.

Description des mesures

L'IDL est une combinaison du rapport entre la longueur du littoral modifié par l'homme et la longueur totale du littoral et la proportion de la longueur du littoral modifié par l'homme biologiquement compatible (Livchak et Mackey, 2007).

1. *L'indicateur physique du littoral* est le rapport entre la longueur linéaire du littoral modifié par l'homme et la longueur linéaire totale de l'étendue totale du littoral. Plus précisément, le rapport P est égal au littoral modifié par l'homme/littoral total.
2. *L'indicateur biologique du littoral* est le rapport entre la longueur linéaire des structures biologiquement incompatibles (structures perpendiculaires au rivage, palplanches verticales, murs en béton et autres structures créées par l'homme qui ne peuvent pas servir d'habitat biologique) et la longueur linéaire totale du littoral créé par l'homme (rapport B).
3. *L'IDC* est calculé en multipliant les valeurs des indicateurs physiques et biologiques du littoral et en soustrayant de un la valeur qui résulte.

$$IDC = 1 - (\text{rapport P} \times \text{rapport B})$$

Autres mesures envisagées

Aucune

Interprétation des indicateurs et commentaires

La valeur de la mesure du littoral physique est comprise entre 0 et 1. Une valeur de zéro (0) représente un littoral naturel et une valeur de un (1) représente un littoral complètement modifié par l'homme.

La valeur de la mesure du littoral biologique varie entre 0 et 1. Une valeur de zéro (0) indique que le littoral modifié par l'homme n'a aucun impact biologique ou écologique défavorable et une valeur de un (1) indique que la totalité du littoral modifié par l'homme a des effets biologiques ou écologiques négatifs importants.

La valeur de l'IDL varie également entre 0 et 1. Une valeur de zéro (0) indique que le littoral est biologiquement ou écologiquement touché en totalité par des modifications du littoral dues aux activités humaines. Une valeur de un (1) indique que le littoral n'a pas de répercussions biologiques ou écologiques, même si une partie peut avoir été modifiée par les activités humaines.

Plus la valeur de l'IDC est grande, plus le littoral est intact et biologiquement compatible. L'IDC est adaptable à n'importe quelle longueur de littoral et peut s'appliquer aux données actuelles et historiques en vue d'analyses comparatives et de tendances. L'avantage de cette approche tient au fait que lorsque les structures sont retirées et/ou modifiées pour améliorer l'habitat,

l'indicateur évolue vers un état moins détérioré ou plus naturel. De même, si le nombre et la portée des structures littorales biologiquement incompatibles augmentent, l'indicateur évolue vers une plus grande détérioration. On peut également utiliser séparément l'indicateur physique et l'indicateur biologique du littoral et l'IDL. Voici un exemple de ces descriptions narratives.

Indicateur (Sous)	Médiocre	Passable	Bon	Excellent
Physique	0,7 à 1,0	0,4 à 0,7	0,15 à 4	0,0 à 0,15
Biologique	s/o	s/o	s/o	s/o
IDL	0,0 à 0,3	0,3 à 0,6	0,6 à 0,85	0,85 à 1,0

3.2.2 Étendue, composition et qualité des terres humides littorales

Membres du groupe de travail des experts : Don Uzarski, Dave Ulrich, Denny Albert, Patricia Chow-Fraser, Matt Cooper, Lucinda Johnson, Kurt Kowalski, Carl Ruetz, Doug Wilcox

Membres du personnel de la CMI : Lizhu Wang, John Wilson

Définition

Cet indicateur suit les tendances dans la santé de l'écosystème des terres humides littorales des Grands Lacs en mesurant la composition et la densité des macroinvertébrés, des poissons, des plantes, des amphibiens et des oiseaux. En 2002, le Consortium des terres humides côtières des Grands Lacs (GLCWC) a établi des indices de l'intégrité biologique (IIB) pour chaque groupe et a finalisé des protocoles en 2008 (GLCWC, 2008). Les cinq sous-indicateurs utilisés dans le projet de surveillance actuel sont les indicateurs qu'utilise la CEEGL. La poursuite de ce travail correspond à l'objectif 2.2 du Plan stratégique de l'USEPA pour l'exercice 2014-2018. Chaque IIB découle de chaque sous-indicateur qui peut être utilisé indépendamment comme mesure de la santé de l'écosystème des terres humides littorales des Grands Lacs. Mais on peut également obtenir un aperçu général de la santé des terres humides en étudiant ensemble ces sous-indicateurs car ils servent à différentes échelles spatiales et temporelles, indiquent les perturbations anthropiques à ces différentes échelles et ont des résolutions de détection différentes.

Pertinence des indicateurs

Cet indicateur est directement pertinent à l'Annexe 7 de l'AQEGL - Habitats et espèces car les terres humides côtières offrent un habitat de reproduction et migratoire essentiel à la faune, notamment les oiseaux, les mammifères, les reptiles et les amphibiens. Ces habitats sont également des frayères et des aires d'alevinage essentielles pour de nombreuses espèces de poisson présentant une importance écologique et économique. Cet indicateur est indirectement pertinent à d'autres annexes car les terres humides côtières captent, traitent et éliminent des éléments nutritifs et des sédiments dans les eaux proches du littoral des Grands Lacs et réalimentent les eaux souterraines. Or plus de la moitié des terres humides côtières des Grands Lacs ont été détruites par les activités humaines et bon nombre d'autres subissent des éléments de stress anthropiques comme des charges en éléments nutritifs et sédiments, la fragmentation, les espèces envahissantes, la détérioration du littoral et le contrôle du niveau des eaux, comme le montre un projet binational de cartographie et d'attribution à l'échelle des Grands Lacs (Albert et Simonson, 2004; Ingram et Potter, 2004). Par conséquent, la conservation des terres humides

côtières qui restent et la restauration des terres humides déjà détruites sont des éléments essentiels de la restauration de l'écosystème des Grands Lacs et cet indicateur peut servir à rendre compte des progrès accomplis pour atteindre cet objectif.

Description des mesures

1. *Macroinvertébrés*

Les échantillons de macroinvertébrés doivent être prélevés chaque année dans les zones végétales dominantes dans chaque terre humide (Uzarski et al., 2005, à l'aide d'épuisettes, conformément aux protocoles CEEGL normalisés. Les zones végétales sont définies comme des îlots de végétation dans lesquels un type de plante ou une forme de croissance domine la communauté végétale selon les estimations par couverture visuelle. De nombreux échantillons identiques sont prélevés dans chaque zone végétale dans chaque terre humide. L'échantillonnage devrait commencer à la mi-juin dans les régions les plus au sud des Grands Lacs et se poursuivre jusqu'au début septembre vers le nord lorsque les plantes émergentes atteignent généralement une biomasse annuelle maximale. On utilise l'abondance des macroinvertébrés selon les données sur les taxons pour calculer une note IIB conforme aux protocoles du GLCWC.

2. *Poissons*

Les poissons devraient être échantillonnés à l'aide de trois verveux identiques dans chacune des principales zones végétales (prairies humides, végétation émergente et submergente) dans chaque terre humide (Uzarski et al., 2005). Les emplacements d'échantillonnage devraient correspondre à ceux des macroinvertébrés et aux échantillons de mesure de la qualité de l'eau. L'échantillonnage devrait être effectué au moment de la maturité de la végétation dans chaque système. On utilise l'abondance des poissons par taxon pour calculer les notes IIB du GLCWC (2008).

3. *Plantes*

Les plantes aquatiques de chaque zone humide sont échantillonnées à partir de trois transects perpendiculaires à des contours de profondeur qui traversent des zones végétales de terres humides en juillet et en août. Le nombre des zones végétales varie en fonction de chaque terre humide. Les zones végétales sont définies dans la pratique comme des prairies humides, la végétation émergente et la végétation submergée. On utilisera l'abondance des plantes par données sur les espèces pour calculer la santé de l'écosystème des terres humides selon le GLCWC (2008). La note correspondant à la santé de l'écosystème établie à partir des plantes s'appuie fortement sur l'indice de qualité floristique (IQF) et la présence d'espèces envahissantes.

4. *Amphibiens (grenouilles et crapauds)*

La présence des amphibiens dans chaque zone humide est échantillonnée en écoutant les vocalisations des grenouilles et des crapauds (anoures) et en les comptant conformément aux procédures de la CEEGL. L'échantillonnage devrait se produire au cours de la saison de reproduction, qui se situe généralement au début avril pour la région du sud, mais doit être plus tardive dans les régions du nord. Cette mesure est toujours en cours de préparation et on ne sait pas si elle pourra éventuellement être utilisée seule comme

indicateur de la santé de l'écosystème. Elle est actuellement utilisée pour indiquer les variations temporelles dans les communautés d'anoures.

5. *Oiseaux*

Les oiseaux sont échantillonnés en comptant le nombre d'espèces et d'individus dans chaque zone humide. Les oiseaux sont généralement comptés aux mêmes endroits que pour les amphibiens où les deux rivages (c.-à-d., l'interface approximative entre hautes terres et terres humides) et les stations intérieures doivent être échantillonnés. Les prélèvements dans les terres humides devraient être effectués deux fois par saison de reproduction, avec un minimum de 10 jours entre les visites, une fois le matin et une fois le soir. Cette mesure est toujours en préparation et on ne sait pas si elle pourra éventuellement être utilisée seule comme indicateur de la santé de l'écosystème. Elle est actuellement utilisée pour indiquer les variations temporelles dans les communautés d'oiseaux.

6. *Superficie des terres humides*

La superficie des terres humides ne peut être évaluée que par la télédétection. On devrait effectuer régulièrement des évaluations par télédétection pour surveiller la perte des terres humides, les modifications hydrologiques et les changements de l'état physique de l'habitat. Le moment choisi pour ces mesures sera limité par la disponibilité des données à un niveau d'eau particulier. Un projet de mesures de la superficie des terres humides est en cours à l'aide des fonds de l'initiative de restauration des Grands Lacs. En 2008, le GLCWC a recommandé d'effectuer tous les cinq ans une cartographie des terres humides à deux niveaux à 30 m et 1 m de résolution. Les mesures pourraient porter sur les gains et les pertes de terres humides, la couverture terrestre et l'utilisation des terres proches de chaque terre humide, les changements dans la couverture terrestre et l'utilisation des terres dans le bassin et dans les zones dominées par une végétation envahissante.

Autres mesures envisagées

1. *Données chimiques et physiques*

Les données physiques et chimiques de base devraient être collectées en même temps que les échantillons d'invertébrés et de poissons conformément au plan de surveillance du GLCWC (GLCWC, 2008). La qualité de l'eau est testée à partir d'échantillons composites uniques de chaque zone végétale et associée à des échantillons d'invertébrés et/ou de poissons. Les mesures comprennent la température, l'oxygène dissous, le pH, la conductivité spécifique, la clarté des tubes en transparence, le potentiel d'oxydoréduction et la fluorescence de la chlorophylle in situ. L'alcalinité, la turbidité, le phosphore réactif soluble (SRP), l'azote [nitrate + nitrite], l'azote ammoniacal, la chlorophylle a, l'azote total (TN), le phosphore total (TP), le chlorure, la couleur et le pourcentage des sédiments et matières organiques devraient être mesurés en laboratoire.

2. *Indice global de la santé des terres humides*

Même si on peut utiliser indépendamment chaque indice de l'intégrité biologique (IIB), dérivé pour chacun des mesures d'évaluation de la santé des terres humides côtières, on pourrait obtenir un indice global de la santé des terres humides en combinant ces notes individuelles et en établissant que les indicateurs spécifiques représentent des

perturbations dans différentes parties de chaque zone humide le long d'un gradient hydrologique, ce qui donne la mesure la plus fiable et la plus complète de la superficie, de la composition et de la qualité des terres humides côtières dans le bassin. Un projet visant à combiner les sous-indicateurs en une mesure globale de la santé des terres humides est en cours.

Interprétation des indicateurs et observations

Cet indicateur comprend des mesures de la composition et de la densité des macroinvertébrés, des poissons, des plantes, des amphibiens, des oiseaux et de la qualité de l'eau. Des prélèvements sont effectués dans environ 200 terres humides chaque année depuis 2011 et sont financés par l'IRGL jusqu'en 2015 (environ 2 millions de dollars par an). À la fin de la cinquième année, des prélèvements seront effectués dans les terres humides côtières de plus de 4 hectares dont l'eau de surface est reliée aux Grands Lacs et un niveau de référence sera établi. Les cinq mesures comprises dans cet indicateur sont des indicateurs de la CEEGL. Les IIB sont dérivés de chaque mesure et peuvent être utilisés indépendamment pour mesurer la santé des terres humides côtières, en fonction d'un pourcentage de points possibles allant des « conditions de référence » à « extrêmement dégradé ». Mais il est possible d'obtenir un aperçu général de la santé des terres humides en étudiant ces sous-indicateurs dans leur ensemble car ils fonctionnent à différentes échelles spatiales et temporelles, indiquent les perturbations anthropiques à ces différentes échelles et ont des résolutions de détection différentes. Par exemple, le sous-indicateur de la végétation a tendance à indiquer des variations régionales à une échelle approximative pour les parties sèches des terres humides alors que l'indicateur des invertébrés détecte les perturbations beaucoup plus locales de la partie lacustre des terres humides dans les régions. Celui des poissons détecte les perturbations quelque part entre l'échelle locale et régionale. En ce qui concerne les oiseaux et les amphibiens, l'échelle géographique des perturbations n'est pas encore déterminée, pas plus que la résolution permettant de détecter la santé de l'écosystème. On utilise des mesures du paysage pour déterminer les pertes, la transformation et la restauration des types de terres humides qui subissent divers degrés de perturbations anthropiques. Mais les mesures du paysage posent des difficultés en raison d'un manque de données et du fait que les terres humides côtières sont des systèmes extrêmement dynamiques qui migrent, qui disparaissent et réapparaissent avec des différences de niveaux d'eau qui ne sont pas nécessairement liées aux perturbations anthropiques.

3.2.3 Couverture terrestre et fragmentation

Membres du groupe de travail d'experts : Scott Sowa, Dave Allan, Mark Nelson, Hobie Perry, Randy Swaty, Dave Ullrich

Membre du personnel de la CMI : Lizhu Wang, Vic Serveiss

Définition

Cet indicateur évalue le taux et l'ampleur des changements et de la fragmentation dans la couverture terrestre naturelle dans les bassins hydrographiques des Grands Lacs. Cet indicateur de l'échelle du paysage informera les conclusions sur les principales causes immédiates des changements et des tendances dans d'autres communautés biologiques dans les habitats physiques et sur les indicateurs de la qualité de l'eau qui indiquent plus directement la santé de l'écosystème des Grands Lacs.

Pertinence de l'indicateur

Cet indicateur est pertinent à l'Annexe 4 de l'AQEGL - Éléments nutritifs, qui porte sur les concentrations de phosphore et autres concentrations et charges en éléments nutritifs des bassins hydrographiques alimentant les lacs. Il est également pertinent à l'Annexe 2 – Aménagement panlacustre, à l'Annexe 7- Habitats et espèces, et à l'Annexe 8 – Eaux souterraines, étant donné que les changements dans cet indicateur influent directement sur les tendances dans d'autres indicateurs physiochimiques et biologiques qui rendent compte plus directement de la santé de l'écosystème des Grands Lacs.

Description des mesures

Cet indicateur comprend les mesures de conversion de la couverture terrestre et les mesures de fragmentation.

1. *Mesures de conversion :*

- Type de couverture terrestre naturelle inchangée (%).
- Changement important dans le type de couverture terrestre naturelle (%).
- Changement important dans l'utilisation des terres anthropique non urbaines ou industrielles (restaurable) (%).
- Changement important dans l'utilisation des terres urbaines ou industrielles (non restaurable) (%).
- Changé en eau (%).

Une matrice de changement sera élaborée pour que chaque pixel de 1 km dans les analyses reçoive une note de changement. Par exemple, un changement de terres humides à urbain recevrait la valeur la plus négative (p. ex., -2), aucun changement recevrait une valeur neutre (p. ex., 0), alors que la restauration d'un type non naturel à un habitat naturel recevrait une valeur positive (p. ex., 2). Les pixels de l'analyse seraient classés de cette manière pour donner une représentation visuelle du changement en plus des données tabulaires.

2. *Mesures de fragmentation :*

- Nombre moyen de zones pour chaque catégorie de couverture terrestre naturelle, ce qui peut être mesuré à l'aide du logiciel Fragstat à une échelle de 1 ha.
- Taille moyenne d'une zone pour chaque catégorie de couverture terrestre naturelle.

Autres mesures envisagées

1. Les cinq mesures de conversion des terres et les deux mesures de fragmentation peuvent être agrégées en un indice global. Cependant, l'approche de l'agrégation reste encore à déterminer.
2. L'indice de l'intégrité spatiale des forêts sert à évaluer la fragmentation des forêts. Il est calculé en fonction de la taille des îlots boisés, de la densité du couvert forestier spatialement pondérée et de la connectivité en utilisant les données Refreshed Existing Vegetation Type de LANDFIRE. Actuellement, les données de LANDFIRE ne sont disponibles que pour le côté américain des Grands Lacs. Il est possible de transférer les données de LANDFIRE aux systèmes canadiens connexes de données écologiques, mais tout en étant extrêmement utile, le développement de données analogues serait coûteux.

Interprétation des indicateurs et observations

La conversion des terrains naturels en usage agricole ou urbain s'accompagne d'une modification des produits et des services écosystémiques fournis par ces types de couverture tels que le bois, le stockage et la purification de l'eau, l'habitat faunique, le stockage du carbone, les loisirs et la beauté esthétique, etc. La perte de l'habitat naturel, notamment des forêts, peut également avoir une profonde incidence économique sur les collectivités qui dépendent de la forêt pour leur alimentation et leur développement économique. De plus, la conversion de la couverture terrestre naturelle en des terres urbaines et agricoles conduit à une augmentation du ruissellement et de la production connexe de sédiments, d'éléments nutritifs et de contaminants dans les eaux intérieures et les Grands Lacs (Seilheimer et al, 2013; Wolter et al. 2006). Les taux élevés de conversion des terres imposent un stress sur l'écosystème naturel. La croissance de la population humaine et de la consommation des ressources sont les moteurs de nouveau développement et donc d'un déplacement des terres agricoles et naturelles. Toutes choses étant constantes par ailleurs, les taux élevés de conversion sont associés à des taux rapides de développement. La répartition spatiale de la conversion de l'utilisation des terres influe sur l'habitat de la faune et nuit aux populations et communautés fauniques associées. Par exemple, la fragmentation des terres naturelles ou semi-naturelles peut créer des barrières de migration ou des habitats inhospitaliers pour la faune et entraver d'autres processus écologiques. On constate que les oiseaux qui se reproduisent dans les forêts dans la région des Grands Lacs et d'autres écorégions se reproduisent mieux dans les paysages relativement peu fragmentés morcelées que dans ceux qui le sont (Robinson et al., 1995). La taille et le nombre des îlots d'habitat naturel ont une influence importante sur une variété de populations d'animaux sauvages, y compris dans la région des Grands Lacs (Saunders et al., 2002). Enfin, les petites parcelles de propriété privée trouvées dans les paysages fragmentés compliquent la gestion et la coopération aux échelles du paysage et des bassins hydrographiques en raison de l'augmentation du nombre des intervenants qui doivent participer aux décisions de gestion des terres (Pijanowski et Robinson, 2011).

*Il existe des données sur la couverture terrestre et l'utilisation des terres à une échelle plus approximative pour le Canada, p. ex., « NACP Forest Age Maps at 1-km Resolution for Canada (2004) and the U.S.A. (2006) » (http://daac.ornl.gov/NACP/guides/NA_Tree_Age.html)

3.2.4 Fluctuations saisonnières et à long terme des niveaux d'eau des Grands Lacs

Membres du groupe de travail d'experts : Drew Gronewold, Norm Grannemann, John Allis, Glen Benoy, Jacob Bruxer, David Fay, Mike Shantz, Al Steinman

Membres du personnel de la CMI : Lizhu Wang, Glenn Benoy, Vic Serveiss

Définition

Cet indicateur suit les tendances saisonnières, interannuelles et à long terme (c.-à-d. décennales) dans les niveaux d'eau moyens panlacustres dans chacun des Grands Lacs. L'ensemble des mesures associées à cet indicateur est calculé à partir des estimations actuelles des niveaux d'eau moyens panlacustres selon les mesures de jauge effectuées depuis 1918. Ce réseau formel de jauges pour chaque lac a permis d'établir un ensemble de mesures mensuelles de la moyenne des niveaux d'eau coordonnées au niveau international. Les niveaux d'eau moyens panlacustres sont déjà mesurés par jauge également depuis 1860, année au cours de laquelle au moins une jauge

(jauge étalon) a été installée le long du littoral de chacun des Grands Lacs. Les mesures proposées ci-dessous s'appuient sur les données des moyennes mensuelles des niveaux d'eau recueillies entre 1918 et aujourd'hui. Il est recommandé de ne pas utiliser les données antérieures à 1918 par crainte que l'ajustement glacio-isostatique fausse les mesures.

Pertinence de l'indicateur

Cet indicateur est pertinent à l'Annexe 9 de l'AQEGL – Répercussions des changements climatiques, car les caractéristiques des niveaux d'eau pourraient être fortement influencés par les changements climatiques. Cet indicateur est également pertinent à l'Annexe 7 de l'AQEGL – Habitats et espèces, car les modifications des niveaux d'eau ont de fortes influences sur les habitats des Grands Lacs et les communautés biologiques qui y sont associées. Les effets des changements dans les fluctuations des niveaux d'eau des Grands Lacs sur les écosystèmes côtiers (en particulier les terres humides côtières) sont largement documentés et soulignent d'autres liens importants (mais moins apparents) entre la réaction de l'écosystème et l'intervention humaine (comme la mise en œuvre d'une régulation des débits dans les lacs Supérieur et Ontario) et les changements climatiques (Wilcox et al, 2002; Hartmann, 1990). En général, les fluctuations des niveaux d'eau sont liées directement et indirectement à presque tous les aspects de l'écosystème et de la qualité des eaux côtières (que ce soit l'ampleur et le rythme des débits entrants des affluents ou les liens entre l'évaporation, le couvert de glace, la température de l'eau et la qualité de l'eau). Ces liens sont particulièrement pertinents compte tenu de la faiblesse persistante des niveaux d'eau actuels dans les lacs Michigan et Huron (Gronewold et al., 2013), notamment les plus bas niveaux moyens mensuels historiques dans le système du lac Michigan et Huron en décembre 2012 et janvier 2013, les niveaux mensuels les plus bas jamais enregistrés dans le lac Supérieur aux mois d'août et septembre (les deux en 2007) et les hauts niveaux mensuels historiques établis en 1986 pour le lac Michigan. Notamment, le niveau d'eau moyen mensuel enregistré dans le lac Michigan et Huron en janvier 2013 est le plus bas jamais enregistré pour le bassin Michigan-Huron. Ces phénomènes récents soulignent la nécessité d'établir des mesures de niveau d'eau qui offrent un contexte approprié dans lequel évaluer et comprendre les facteurs sous-jacents et les implications des niveaux très faibles et très élevés observés et de l'évolution du cycle naturel saisonnier (Lenters, 2004)

Description des mesures

Cet indicateur comprend quatre mesures :

1. *Variabilité des niveaux d'eau à long terme*

Cette mesure est obtenue par l'évaluation des tendances dans l'écart-type dans une période mobile de 5 et 30 ans des niveaux d'eau mensuels moyens sur la période d'enregistrement pour chacun des Grands Lacs. La variabilité des niveaux d'eau à différentes échelles temporelles offre des indices de changements importants dans la météorologie régionale et le climat et reflète l'influence anthropique (y compris la régulation des débits sortants des lacs Supérieur et Ontario) et un indicateur important des effets potentiels sur les écosystèmes côtiers, la capacité hydroélectrique et d'autres facteurs socioéconomiques.

2. *Calendrier des maximums et minimums saisonniers des niveaux d'eau*

Cette mesure vise à évaluer les changements pendant le mois où les maximums et minimums saisonniers des niveaux d'eau se produisent. Les niveaux d'eau dans chacun des Grands Lacs suit un modèle saisonnier bien marqué (Lenters, 2004) dans lequel les

niveaux s'élèvent au printemps (à la suite de précipitations accrues, de la fonte des neiges de l'hiver précédent et de la diminution de l'évaporation au dessus du lac) jusqu'à un sommet qui est atteint au milieu de l'été. Les niveaux d'eau diminuent ensuite pendant les mois d'automne (en raison surtout d'une plus grande évaporation et d'une réduction du ruissellement), atteignant le niveau saisonnier le plus bas au début de l'hiver. Les changements persistants dans les périodes des maximums ou minimums saisonniers sont peut-être une indication de changements dans le bilan hydrique régional (notamment dans les périodes et l'ampleur des précipitations, les débits des affluents et l'évaporation) et permettent de comprendre les effets possibles sur les plantes aquatiques et les habitats de frai du poisson et autres aspects sensibles de l'écosystème côtier.

3. *Ampleur des hausses et des baisses saisonnières*

Cette mesure vise à évaluer les tendances dans l'ampleur des hausses de printemps et des baisses d'automne. Une augmentation persistante des hausses de printemps, par exemple, peut indiquer une plus grande instabilité des débits entrants des affluents, alors que les périodes de baisse moins importantes en automne pourraient indiquer un refroidissement des températures de l'eau et une réduction des taux d'évaporation. Ces facteurs climatiques régionaux ont d'importantes implications pour l'ampleur des élévations et des baisses saisonnières et pour les effets sur l'écosystème côtier. Les changements à long terme dans les niveaux d'eau des Grands Lacs sont souvent le résultat de changements persistants dans les niveaux supérieurs ou inférieurs à la moyenne au printemps et à l'automne. Par exemple, les hausses systématiques des niveaux d'eau à long terme sont souvent la conséquence de taux de ruissellement régulièrement supérieurs à la moyenne au printemps et à des taux d'évaporation inférieurs à la moyenne à l'automne. De plus, l'ampleur des élévations et des baisses saisonnières (au cours d'une année donnée) a d'importantes implications pour les activités récréatives côtières et la conception des infrastructures côtières, de même que sur la phénologie végétative et l'échange entre sédiments et éléments nutritifs aquatiques.

4. *Différence des niveaux d'eau d'un lac à l'autre*

Cette mesure est fondée sur une évaluation des tendances à long terme dans la différence entre le niveau de l'eau moyen mensuel de chaque lac et le niveau d'eau moyen mensuel du lac en aval. Les différences entre les niveaux d'eau de chacun des lacs suivent un schéma relativement stable et prévisible; les anomalies dans ces différences peuvent indiquer un déséquilibre du bilan hydrique régional, des changements physiques dans les voies interlacustres ou les effets apparents et physiques de l'ajustement glacio-isostatique enregistré (Étude internationale des Grands Lacs, 2009).

Autres mesures envisagées

1. *Niveaux d'eau dangereusement bas*

Une élévation du niveau de référence des basses eaux, établi pour chacun des Grands Lacs, indique une hausse en dessous de laquelle on ne s'attend pas à ce que les niveaux baissent fréquemment. La fréquence avec laquelle les profondeurs du niveau d'eau dépassent le niveau de référence est importante car contrairement aux niveaux d'eau moyens à long terme (qui sont continuellement calculés à mesure que de nouvelles données deviennent disponibles), le niveau de référence reste constant. Cette mesure vise à

évaluer le nombre de mois, pour chaque année civile historique, pendant lesquelles le niveau d'eau est inférieur au niveau de référence.

2. *Anomalies du cycle saisonnier des niveaux d'eau*

Cette mesure donne les mêmes informations que les mesures saisonnières indiquées ci-dessus, mais vise à calculer la différence entre chaque niveau d'eau moyen mensuel et le niveau d'eau moyen au cours de ce mois (et évaluer les tendances).

3. *Fréquence des extrêmes*

Les niveaux d'eau extrêmes peuvent avoir des répercussions importantes sur l'économie régionale et sur la santé de l'écosystème. Le suivi de la fréquence de ces extrêmes peut contribuer à déterminer si le système des Grands Lacs entre dans un nouveau régime hydrologique (ou reste le même). Cette mesure vise donc à documenter les années au cours desquelles un niveau d'eau maximum ou minimum mensuel (ou niveau record) a été enregistré et à évaluer la répartition des intervalles de temps entre ces extrêmes.

Interprétation des indicateurs et observations

L'entretien et l'exploitation du réseau de surveillance des niveaux d'eau des Grands Lacs sont essentiels pour comprendre le bilan hydrique régional des Grands Lacs et constituent actuellement une mission centrale régionale de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) National Ocean Service (NOAA-NOS) et de Pêches et Océans Canada - Service hydrographique du Canada (SHC). La synthèse et la communication des données sur les niveaux d'eau moyens panlacustres sont coordonnées par un partenariat régional dirigé par l'United-States Army Corps of Engineers (USACE), district de Detroit, et Environnement Canada. Ce partenariat régional unique et de longue date devrait continuer d'améliorer la compréhension des changements dans les mesures des niveaux d'eau proposées.

Les mesures proposées donnent une indication des tendances dans les niveaux d'eau à différentes échelles de temps et il existe des dizaines (voire des centaines) de liens importants avec les tendances climatiques régionales, le commerce (comme la navigation commerciale et la capacité hydroélectrique) et l'écosystème et la santé humaine (Millerd, 2005). Ces liens sont probablement mieux clairement définis dans d'autres indicateurs écosystémiques (p. ex., l'intégrité du littoral, les terres humides côtières et le couvert de glace) et devraient continuer d'être pris en compte dans les futures versions de ce travail.

3.2.5 Intégrité physique des affluents

Membre du groupe de travail d'experts : Scudder Mackey

Membre du personnel de la CMI : Lizhu Wang

Définition

Cet indicateur comprend trois mesures. La modification hydrologique (Indice R-B d'instabilité) quantifie la réaction hydrologique (« instabilité ») d'un affluent des Grands Lacs aux changements temporels dans les précipitations et le ruissellement. La connectivité des affluents quantifie le pourcentage de la longueur du canal principal naturellement accessible et relié aux Grands Lacs. Cette mesure peut être calculée pour un seul ou plusieurs affluents. La mesure des

sédiments et de la turbidité des affluents quantifie les changements dans l'ampleur et la durée de la turbidité par rapport à un seuil établi. Lorsqu'elle est bien calibrée, la turbidité peut être utilisée comme substitut pour mesurer les changements dans la charge en sédiments en suspension.

Pertinence de l'indicateur

Cet indicateur est directement pertinent aux objectifs de l'Annexe 7 de l'AQEGL - Habitats et espèces, en (1) mesurant les progrès réalisés pour réduire l'instabilité des rivières et accroître la connectivité entre les Grands Lacs et leurs affluents, (2) quantifiant la connectivité longitudinale entre les Grands Lacs et leurs affluents nécessaire pour répondre aux besoins du cycle de vie des poissons anadromes et autres espèces aquatiques, notamment l'accès à des habitats de frai et de croissance et (3) évaluant les changements dans les sédiments et la turbidité des affluents comme important paramètre de la qualité de l'eau ayant un effet direct sur la végétation aquatique et les communautés benthiques et de poissons dans les affluents.

Description des mesures

1. *Modification hydrologique (Indice d'instabilité R-B)*

Cette mesure décrit la réaction hydrologique d'une rivière aux changements dans les précipitations et le ruissellement. L'indice R-B est calculé en utilisant les débits moyens quotidiens annuels (N=365) de l'USGS et en divisant la somme des valeurs absolues des changements du débit quotidien moyen par le débit total pendant cet intervalle (Baker et al., 2004).

$$\text{R-B Index} = \frac{\sum_{n=1}^N |q_n - q_{n-1}|}{\sum_{n=1}^N q_n}$$

L'indice R-B est particulièrement utile pour suivre l'évolution des réactions hydrologiques des ruisseaux dans le temps en calculant l'évolution relative de l'indice R-B au fil du temps par bassin hydrographique dans le bassin des Grands Lacs. Ces calculs devraient être mis à jour tous les trois à cinq ans.

2. *Connectivité des affluents avec les eaux réceptrices*

La connectivité des affluents est le pourcentage de la longueur du canal principal (naturellement accessible) relié aux Grands Lacs. Elle peut être calculée pour un ou plusieurs bassins hydrographiques.

$$\text{Connectivité des affluents pour un bassin hydrographique} = (L_b/L_m) \times 100$$

L_b est la distance entre les Grands Lacs et la première barrière sur le canal principal;
 L_m est la longueur totale du canal principal.

Pour plusieurs bassins hydrographiques et affluents, la connectivité des Grands Lacs est calculée en ajoutant la longueur totale des canaux principaux sans barrières et en divisant la

somme totale des longueurs des canaux principaux (N = nombre total des canaux principaux).

$$\text{Connectivité des affluents pour plusieurs bassins hydrographiques} = \frac{\sum_{n=1}^N L_{b_n}}{\sum_{n=1}^N L_{m_n}} \times 100$$

Les changements dans la connectivité des bassins hydrographiques dans le temps peuvent être calculés à l'aide de cartes historiques, de photographies aériennes et d'autres données. Ces calculs devraient être mis à jour tous les cinq ans (en raison de la construction et/ou de la destruction continue de barrages)

3. *Mesure des sédiments et de la turbidité*

Cette mesure est quantifiée au moyen de la durée de dépassement de la turbidité et du ratio de concentration de la turbidité.

La durée de dépassement de la turbidité est la proportion du temps où le seuil de turbidité (T) est dépassé pendant la série chronologique ($t_n > T$) divisée par le temps total pendant la série. Par exemple, un dépassement de turbidité de 0,50 indique que le seuil de turbidité a été dépassé 50 % du temps au cours d'une année (N=365).

$$\text{Durée de dépassement de la turbidité} = \frac{\sum_{n=1}^N (t_n > T)}{\sum_{n=1}^N t_n}$$

Le ratio de concentration de la turbidité est l'ampleur du dépassement au-delà du seuil de turbidité exprimé comme le rapport entre la valeur moyenne de turbidité qui dépasse le seuil ($c_n > T$) divisé par la valeur du seuil de turbidité. Par exemple, un ratio de concentration de la turbidité de 3,6 indique que l'ampleur du dépassement est 3,6 fois plus élevée que le seuil de turbidité.

$$\text{Ratio de concentration de la turbidité} = \frac{\sum_{n=1}^N (c_n > T)/N}{T}$$

On peut utiliser la mesure de la turbidité pour remplacer la mesure de la charge en sédiments en suspension *seulement* lorsque les études de calibration ont été effectuées pour établir le lien entre les unités de turbidité néphélographiques (NTU) et les concentrations de sédiments en suspension (mg/l) pour chaque bassin hydrographique. Une fois calibrés, ces indicateurs permettent de suivre les changements et les tendances à long terme dans la turbidité et les charges en sédiments en suspension dans un bassin hydrographique.

Autres mesures envisagées

Aucune

Interprétation des indicateurs et observations

Modification hydrologique (Indice d'instabilité R-B) – L'instabilité des rivières est une composante importante du régime hydrologique car elle indique la fréquence et la rapidité de

changements à court terme dans les débits auxquels les écosystèmes aquatiques sont adaptés. Les tendances à la hausse ou à la baisse de l'instabilité peuvent conduire à une augmentation du stress dans les régions lacustres influencées par les débits des rivières et peuvent influencer sur les organismes aquatiques qui utilisent les rivières.

Les valeurs de l'indice R-B vont de 0 à 2. Les valeurs typiques vont de 0,05 (très stable) à environ 1,2 (très instable). L'Indice intègre toutes les données de débit plutôt que des données de pourcentage. L'indice R-B est relativement stable d'une année à l'autre et est un indicateur fiable des tendances à long terme (Baker et al., 2004). Dans l'ensemble, l'indice R-B présente une corrélation positive avec la fréquence croissante et l'ampleur des tempêtes et une corrélation négative avec le débit de base et le bassin hydrographique.

Il convient de noter que les petits cours d'eau ont tendance à être plus instables que les grandes rivières, ce qu'indiquent des valeurs généralement plus élevées de l'indice R-B pour les petits cours d'eau. Pour les petits cours d'eau ou ceux qui ont des pentes raides, la réaction hydrologique peut être trop rapide pour être résolue par des données du débit quotidien. Pour de tels systèmes, on utilise une version de l'indice R-B fondée sur les données de débit horaire. Mais les comparaisons de l'indice entre les données des débits quotidiens et horaires ne sont généralement pas significatives. Il est donc essentiel d'envisager le type de données de débit (quotidien ou horaire) qui sera utilisé pour calculer les valeurs de l'indice R-B au moment de faire des comparaisons d'année en année ou par bassin hydrographique.

Les données sur les tendances seraient communiquées par bassin hydrographique dans le bassin des Grands Lacs tous les trois à cinq ans. Dans presque tous les cas, il serait souhaitable que les valeurs de l'indice R-B baissent et il ne serait pas souhaitable qu'elles augmentent. Voici les catégories de tendances proposées pour l'indice R-B :

Excellent - tendance à la baisse de l'instabilité (valeurs négatives - > 20 % de changement dans la valeur de l'indice)

Bon - tendance à la baisse de l'instabilité (valeurs négatives - < 20% de changement dans la valeur de l'indice)

Neutre – pas de tendance de l'instabilité (pas de changement des valeurs)

Faible - tendance à la hausse de l'instabilité (changement positive des valeurs)

Les valeurs absolues de l'indice R-B ne sont pas représentatives de bonnes ou de mauvaises conditions, surtout si les comparaisons sont faites entre bassins hydrographiques de types ou de tailles différentes. Mais si on prend en compte des bassins hydrographiques de régime de débits similaires (p. ex., événements, variables, stables ou superstables), il peut être possible de caractériser un éventail statistiquement approprié des valeurs de l'indice R-B par type de bassin hydrographique ou écorégion (Baker et al., 2004). Il faut réaliser d'autres analyses pour établir des critères et des mesures visant à évaluer les différences entre les valeurs absolues de l'indice R-B dans des types de bassins hydrographiques similaires.

L'indice R-B est facile à calculer à partir de données largement disponibles. Pour chaque rivière jaugée, il est possible d'afficher graphiquement les changements de l'indice R-B pour illustrer les tendances ou établir une cartographie géospatiale pour montrer les changements

géographiques dans la répartition de l'instabilité. Il serait souhaitable d'utiliser des cours d'eau dont l'historique du (plus de 20 ans) est connu et qui traversent différents paysages et bassins hydrographiques.

Connectivité des affluents et des eaux réceptrices - Les valeurs vont de 0 à 100. Une valeur de 0,0 représente un canal principal qui n'est pas relié au plan d'eau récepteur (pas de connectivité) et une valeur de 100 représente un canal principal dont la connectivité est intacte.

Dans presque tous les cas, l'augmentation de la connectivité du bassin hydrographique serait considérée comme souhaitable (les obstacles à l'infestation des lamproies sont l'exception). De même, une diminution de la connectivité du bassin hydrographique serait considéré comme indésirable. Les catégories de classement suivantes sont proposées pour l'indicateur de connectivité du bassin hydrographique :

Excellent – 90 % à 100 % (connectivité intacte)

Bon – 70 % à 90 %

Passable – 50 % à 70 %

Médiocre – moins de 50 % (connectivité entravée)

Il est facile de mesurer à l'aide des outils SIG, les longueurs principales des affluents et les emplacements des barrages. Les données sur l'ensemble du bassin des Grands Lacs sont faciles à trouver. Il sera essentiel de mettre à jour et de valider périodiquement la base de données des barrages.

Sédiments et turbidité - Les valeurs du temps de dépassement de la turbidité vont de 0 à 1. Les valeurs typiques varient en fonction de la valeur établie du seuil de turbidité. Plusieurs États et provinces ont fixé des seuils limites UTN pour la turbidité (10, 25 ou 50 UTN) et des fourchettes de dépassement acceptables (généralement +10 % de valeurs de référence ou valeurs limites) (p. ex., USEPA, 1988; Marquis, 2005; Trebitz et al., 2007). Des périodes prolongées de forte turbidité (seuil > 50 UTN) peuvent entraîner une augmentation du stress de l'écosystème.

Avec une valeur limite de 50 UTN, le temps de dépassement de la turbidité typique peut aller de 0,3 à 0,7 en fonction des conditions locales hydrologique et géologiques. Les valeurs dans la fourchette des taux de concentration de la turbidité peuvent aller de 0 à l'infini, mais sont généralement comprises entre 0 et 20. Les valeurs acceptables du ratio de concentration de turbidité seraient de 0,1 ou moins lorsque les dépassements acceptables sont supérieurs à 10 % des niveaux limites.

Les analyses de sensibilité indiquent que les comparaisons entre les données sur la turbidité quotidiennes et horaires ne sont généralement pas significatives (sauf peut-être pour les petits cours d'eau). Les données horaires peuvent servir à calculer les moyennes quotidiennes qui peuvent ensuite être utilisés pour calculer les valeurs des indicateurs de turbidité. Actuellement, ces mesures ne sont utiles que pour les comparaisons des tendances dans un bassin hydrographique donné.

On ne peut utiliser les mesures de la turbidité pour remplacer les charges en sédiments en suspension que si des liens statistiques appropriés sont établis entre la turbidité (UTN) et les concentrations de sédiments en suspension (mg/l) pour chaque bassin hydrographique. D'autres études seront nécessaires pour évaluer la fiabilité des comparaisons hydrographique par bassin hydrographique dans diverses conditions géologiques. Ces calculs devraient être mis à jour tous les trois à cinq ans.

Dans presque tous les cas, il est jugé préférable que les valeurs de temps de dépassement de la turbidité soient faibles plutôt qu'élévées. De même, il est jugé préférable que les ratios de concentration de la turbidité soient faibles plutôt qu'élévés. Voici les caractérisations générales qui pourraient être utiles pour évaluer les tendances de ces mesures.

Excellent - tendance à la baisse de la turbidité (>20 % de changement dans la durée et l'ampleur)

Bon - tendance à la baisse de la turbidité (< 20 % de changement dans la durée et l'ampleur)

Neutre – pas de tendance de la turbidité (pas de changement dans la durée et l'ampleur)

Médiocre - tendance à la hausse dans la durée et l'ampleur

3.2.6 Température de l'eau

Membres du groupe de travail d'experts : Norm Granneman, Eric J Anderson, Jay Austin, Ed Rutherford, Chris Spence, Jia Wang, and Ram Yerubandi

Membre du personnel de la CMI : Lizhu Wang, Glenn Benoy

Définition

Cet indicateur suit les tendances de la température de l'eau et de l'étendue du couvert de glace hivernal pour chacun des cinq Grands Lacs en mesurant les changements dans la durée et l'étendue spatiale de la température de l'eau et du couvert de glace à l'aide de données à long terme. Cet indicateur mesure les propriétés thermiques des Grands Lacs qui touchent la fonction des écosystèmes et influent sur l'évaporation de l'eau des lacs qui influe elle-même sur les niveaux d'eau des lacs.

Pertinence de l'indicateur

Cet indicateur est pertinent aux objectifs généraux de l'AQEG et à l'Annexe 9 – Répercussions des changements climatiques, en coordonnant les activités visant à déterminer, quantifier, comprendre et prédire les répercussions des changements climatiques sur la quantité des eaux des Grands Lacs. Cet indicateur est également pertinent aux autres annexes car une hausse des températures de l'eau et une diminution du couvert de glace pourraient être associées à une prolifération accrue et précoce des algues qui nuisent à la qualité de l'eau et de l'habitat; la diminution du couvert de glace expose le littoral à des vagues produites par les tempêtes hivernales, ce qui accélère l'érosion. La hausse des températures peut être également associée à la prolifération de certaines espèces envahissantes.

Description des mesures

Cet indicateur comprend trois mesures :

1. *Température moyenne estivale annuelle en surface (juillet-septembre) pour chaque lac.*
Cette mesure s'applique aux cinq lacs.

2. *Date de stratification thermique des eaux des lacs.*
Cette mesure s'applique aux cinq lacs.
3. *Date d'inversion des eaux des lacs en automne.*
Cette mesure s'applique seulement aux lacs pour lesquels il existe des données (actuellement il existe des données pour les lacs Supérieur, Michigan, Érié et Ontario mais il n'y en a pas encore pour le lac Huron).
4. *Concentrations maximales et moyennes de la glace* (définition d'Assel, 2005).

Autres mesures envisagées

1. Mesures qui sont importantes pour les poissons : dates des premières glaces, date des dernières glaces et durée des glaces chaque hiver.

Interprétation des indicateurs et observations

Selon Assel (2005), le couvert de glace moyen quotidien pour chacun des Grands Lacs a été calculé à partir de grilles quotidiennes. Les grilles quotidiennes ont été produites par interpolation linéaire des grilles du couvert de glace observé entre des dates adjacentes pour une saison d'hiver donnée à partir de la date de la carte des premières glaces jusqu'à la date de la carte des dernières glaces (Assel et Norton, 2001). Le couvert de glace moyen des lacs avant la date de la carte des premières glaces et après la date de la carte des dernières glaces est supposée nul. Le couvert de glace moyen quotidien sur chacun des Grands Lacs sert à calculer le couvert de glace moyen saisonnier. Le couvert de glace moyen saisonnier est la somme du couvert de glace moyen quotidien au cours de l'hiver divisée par 182 (le nombre de jours entre le 1^{er} décembre et le 31 mai suivant). Le couvert de glace moyen saisonnier est calculé pour les jours où le couvert de glace moyen était supérieur ou égal à 5 %.

Le couvert de glace moyen saisonnier est un indice de la sévérité d'un cycle annuel des glaces. Les variables auxiliaires du cycle des glaces calculées pour chaque hiver sont les dates juliennes où le premier et le dernier couvert de glace moyen observés étaient supérieurs ou égaux à 5 % et la durée du couvert de glace, c'est-à-dire la différence entre les dernières et les premières glaces.

3.3 Indicateurs chimiques

3.3.1 Dépôt atmosphérique des produits chimiques sources de préoccupations mutuelles

Membre du groupe de travail d'experts : Todd Nettesheim

Membres du personnel de la CMI : Jennifer Boehme, Antonette Arvai

Définition

Cet indicateur rendra compte des tendances spatiales et temporelles dans les concentrations de produits chimiques sources de préoccupations mutuelles dans l'atmosphère et dans les précipitations dans la région des Grands Lacs. L'indicateur permettra de déduire les effets potentiels des produits chimiques toxiques provenant des dépôts atmosphériques sur

l'écosystème aquatique des Grands Lacs, ainsi que de déduire les progrès accomplis par les différents programmes pour éliminer les produits toxiques des Grands Lacs

Pertinence de l'indicateur

Cet indicateur est pertinent à l'objectif général de l'AQEGL voulant que les eaux des Grands Lacs soient à l'abri des polluants dans des quantités ou dans des concentrations qui pourraient être nocives pour la santé humaine, la faune ou les organismes aquatiques du fait d'une exposition directe ou indirecte dans le cadre de la chaîne alimentaire. Cet indicateur est également pertinent à l'Annexe 3 - Produits chimiques sources de préoccupations mutuelles de l'AQEGL dont le but est de « réduire les rejets anthropiques de produits chimiques sources de préoccupations mutuelles », reconnaissant: « (i) que les produits chimiques sources de préoccupations mutuelles, rejetés dans l'air, l'eau, la terre, les sédiments et le biote, ne devraient pas entraîner l'altération de la qualité de l'eau des Grands Lacs et (ii) qu'il est nécessaire de gérer les produits chimiques sources de préoccupations mutuelles, y compris – s'il y a lieu – par la mise en œuvre de mesures visant la quasi-élimination de ces produits et l'interdiction totale de rejet. » L'Annexe 3 demande en outre aux Parties de prendre les mesures suivantes « (i) le suivi et l'évaluation des progrès et de l'efficacité des mesures de prévention et de contrôle de la pollution; (ii) l'échange régulier de renseignements sur le suivi, la surveillance, ...; (iii) la détermination et l'évaluation des événements, des sources, du transport et des effets associés aux produits chimiques sources de préoccupations mutuelles, comprenant l'étude des tendances spatiales et temporelles dans l'atmosphère, ...; et (iv) la détermination et l'évaluation des apports ... de l'atmosphère ».

Description des mesures

Il est proposé que l'indicateur des dépôts atmosphériques soit largement fondé sur l'indicateur bien établi Dépôt atmosphérique de produits chimiques toxiques de la CEEGL (Nettesheim et al., 2014). L'atmosphère est une source importante de bon nombre de produits chimiques bioaccumulables et toxiques persistants dans les Grands Lacs et donc dans les poissons qui s'y trouvent. L'atmosphère a été reconnue pour la première fois comme une source importante dans les années 1980, ce qui a été plus tard confirmé par le Réseau intégré de dépôt atmosphérique (RIDA) et l'étude du bilan massique du lac Michigan. Les données et les publications récentes du RIDA et du Réseau canadien de surveillance des dépôts de mercure indiquent que l'atmosphère demeure une source importante de PBT. Les produits chimiques sources de préoccupations mutuelles et les précipitations seront mesurés dans les stations du RIDA et du RCSDN à l'aide des protocoles établis par le réseau binational RIDA et RCSDN respectivement. D'autres produits chimiques sources de préoccupations mutuelles pourront être ajoutés à mesure qu'ils seront choisis par le sous-comité de l'Annexe 3 de l'AQEGL.

Le RIDA et le RCSDN sont des programmes internationaux de surveillance bien établis dotés de protocoles pour la fréquence des échantillonnage, le choix des sites et des méthodes d'échantillonnage et d'analyse, ainsi que des stations dans la région des Grands Lacs susceptibles d'être utilisés pour cet indicateur. Par exemple, le RIDA a établi une station principale sur chacun des cinq Grands Lacs : Eagle Harbor (États-Unis) sur le lac Supérieur, Sleeping Bear Dunes (États-Unis) sur le lac Michigan, Burnt Island (Canada), sur le lac Huron, Sturgeon Point (États-Unis) sur le lac Érié et Pt. Petre (Canada) sur le lac Ontario. D'autres stations satellites

augmentent la capacité de résolution du RIDA, ce qui pourrait être incorporé dans le périmètre géographique de cet indicateur.

Autres mesures envisagées

Aucune

Interprétation des indicateurs et observations

Des échantillons atmosphériques (vapeur et particules) sont prélevés pendant 24 heures tous les 12 jours. Les échantillons de précipitations sont intégrés chaque mois. Les concentrations moyennes annuelles seront calculées et communiquées au moyen de ces mesures. Des analyses des tendances spatiales et temporelles seront réalisées sur les données du RIDA en utilisant une variété d'outils statistiques (Venier et al, 2012; Venier et Hites, 2010a; Venier et Hites, 2010b).

Des échantillons de précipitations composites seront recueillis chaque semaine et analysés dans les stations du RCSDN pour mesure la teneur en mercure dans le bassin des Grands Lacs au moyen des mêmes protocoles d'échantillonnage et d'analyse rigoureux établis par le réseau. Les concentrations annuelles de mercure, les profondeurs des précipitations et les dépôts humides seront calculés et communiqués à partir de ces données. Des analyses des tendances spatiales et temporelles seront réalisées sur les données du RCSDN en utilisant différents outils statistiques (Risch et al., 2012; Prestbo and Gay, 2009).

Les concentrations atmosphériques réagissent rapidement aux changements dans les émissions, mais on ne sait pas avec quelle rapidité les lacs et les poissons qui y vivent réagiront (hystérèse environnementale). Les mesures atmosphériques sont donc des outils très utiles pour suivre les progrès à la suite des mesures de gestion.

3.3.2 Produits chimiques sources de préoccupations mutuelles dans l'eau

Membres du groupe de travail d'experts : Michael Murray, Deborah Swackhamer, Gail Krantzberg et Conrad DeBarros, Gary Klecka

Membre du personnel de la CMI : Jennifer Boehme

Définition

Cet indicateur porte sur les concentrations totales de certains produits chimiques toxiques anciens et de nouveaux produits chimiques préoccupants qui sont présents dans l'eau et qui sont constatés dans des sites choisis au large et dans la zone littorale de chaque lac tous les deux à trois ans. Des produits chimiques sources de préoccupations mutuelles particuliers, notamment les produits chimiques anciens et sources de nouvelles préoccupations, seront choisis par le comité exécutif des Grands Lacs conformément à l'Annexe 3 de l'AQEGL. Cet indicateur vise à évaluer l'ampleur et l'orientation des tendances des produits chimiques sources de préoccupations mutuelles dans les eaux de surface des Grands Lacs, le potentiel d'impact humain ou écologique et les progrès accomplis en vue d'une quasi-élimination des substances toxiques dans le bassin des Grands Lacs (Dove, 2011).

Pertinence de l'indicateur

Un indicateur de concentration aqueuse est directement pertinent à l'objectif général de l'AQEGL, voulant en particulier que les lacs soient « à l'abri des polluants dans des quantités ou dans des concentrations qui pourraient être nocives pour la santé humaine, la faune ou les organismes aquatiques du fait d'une exposition directe ou indirecte dans le cadre de la chaîne alimentaire... ». L'indicateur est également pertinent à l'article 3 de l'Objectif spécifique voulant que soient fixés des objectifs en matière de substances (ou cibles numériques) « pour gérer le niveau d'une substance ou d'une combinaison de substances afin de réduire les risques pour la santé humaine et l'environnement dans l'écosystème du bassin des Grands Lacs ».

Description des mesures

L'indicateur serait obtenu en intégrant les données des mesures directes des concentrations aqueuses de divers produits chimiques sources de préoccupations mutuelles choisis parmi ceux établis conformément à l'annexe 3 de l'AQEGL renouvelé.

Le sous-comité de l'Annexe 3 de l'AQEGL met sur pied actuellement un groupe de travail qui sera chargé d'évaluer la première liste des produits chimiques sources de préoccupations mutuelles proposés par Environnement Canada et l'USEPA, leurs rapports et recommandations sur la première liste devant être soumise au sous-comité avant octobre 2014. Les premiers produits chimiques sources de préoccupations mutuelles recommandés et la documentation à l'appui fondée sur les rapports des équipes de travail seront ensuite soumis à l'approbation du comité exécutif des Grands Lacs en décembre 2014. Dans le cadre de ce processus, le sous-comité de l'Annexe 3 adoptera une approche pour préparer les stratégies binationales sur les produits chimiques sources de préoccupations mutuelles, ce qui pourrait comprendre de la recherche, un suivi, une surveillance et les dispositions à prendre pour prévenir et réduire la pollution.

Les concentrations de produits chimiques sources de préoccupations mutuelles sélectionnés devraient être mesurées à partir des données recueillies tous les deux à trois ans et dans certains sites côtiers et au large au cours de la période isotherme de printemps. Les sites doivent être choisis de manière à représenter la diversité des habitats aquatiques dans chaque lac (sites côtiers à des distances différentes des grandes embouchures des affluents, sites au large dans différents bassins), en faisant fond sur les travaux actuels de la CEEGL. L'indicateur 118 de la CEEGL Concentrations de produits chimiques toxiques dans les eaux au large des côtes intègre plusieurs composants chimiques, y compris le mercure et les composés organochlorés, ce qui pourrait produire un chevauchement partiel avec les produits chimiques sources de préoccupations mutuelles susceptibles d'être identifiés à l'avenir par le sous-comité de l'Annexe 3. Mais l'accent mis sur les lieux d'échantillonnage au large limite sa portée géographique par rapport à la portée des emplacements d'échantillonnage proposés ici.

Autres mesures envisagées

Aucune

Interprétation des indicateurs et observations

Pour l'avenir, il est recommandé que les gestionnaires tiennent compte également de l'intérêt supplémentaire de techniques passives de suivi, comme les appareils à membrane semipermeable (pour les composés organiques semivolatiles, p. ex., Alvarez, 2010) et la technique du polar organic chemicals integrative sampler (POCIS) pour d'autres composés organiques (p. ex., Li et

al., 2010). Ces techniques sont déjà utilisées dans certains endroits et pourraient être progressivement intégrées aux programmes de suivi actuels pour les produits chimiques toxiques dans les Grands Lacs en suivant plus généralement une phase de développement et d'évaluation de la méthode. Les données ainsi recueillies pourraient contribuer à définir les différences locales et régionales dans les produits chimiques sources de préoccupations mutuelles et à mieux suivre et gérer les mesures susceptibles d'être prises à leur sujet dans les Grands Lacs.

Pour déterminer les paramètres de mesure de l'indicateur des produits chimiques sources de préoccupations mutuelles, on devrait également tenir compte des questions de sensibilité (notamment à mesure que les concentrations de produits chimiques anciens continuent de diminuer), des facteurs spatiaux et temporels (p. ex., le nombre et l'emplacement des sites dans les zones côtières et au large, la fréquence des échantillonnages), les changements dans les facteurs auxiliaires, comme la chaîne alimentaires et le climat (p. ex., Carlson et al., 2010) et les questions de fiabilité statistique et de détection des tendances (p. ex., Chang et al., 2012).

3.3.3 Contaminants dans les eaux souterraines

Membres du groupe de travail d'experts : Norm Granneman, Gary Bowen, Emil Frind, Dale VanStempvoort, Al Kehew, Bill Alley

Membres du personnel de la CMI : Antonette Arvai, Lizhu Wang

Définition

Les eaux souterraines représentent un élément important du cycle hydrologique et leur qualité est donc un facteur important pour déterminer la qualité générale de l'eau des Grands Lacs. Les eaux souterraines sont importantes pour les écosystèmes de la région des Grands Lacs car elles sont en fait un vaste réservoir souterrain d'où l'eau s'écoule lentement pour apporter une alimentation minimum fiable en eau vers les cours d'eau, les lacs et les terres humides. Les eaux souterraines qui s'écoulent vers les cours d'eau offrent généralement de l'eau de bonne qualité qui, à son tour, est favorable aux habitats des animaux aquatiques et aide les plantes aquatiques pendant les périodes de faibles précipitations. Les principales questions liées aux eaux souterraines dans la région des Grands Lacs concernent 1) la quantité des eaux souterraines, 2) l'interaction entre les eaux souterraines et l'eau de surface, 3) les changements dans la qualité des eaux souterraines face au développement et 4) la santé de l'écosystème par rapport à la quantité et à la qualité de l'eau. Cet indicateur comprend la qualité et la quantité des eaux souterraines dans la région des Grands Lacs et leur interaction avec les eaux de surface dans le bassin des Grands Lacs.

Pertinence de l'indicateur

Cet indicateur est pertinent à l'objectif général de l'AQEGl puisqu'il mesure les progrès réalisés pour protéger les eaux des Grands Lacs contre les effets nocifs des eaux souterraines contaminées. Cet indicateur est également pertinent à l'Annexe 8 - Eaux souterraines, qui contribue à l'atteinte des objectifs de l'Accord.

Description des mesures

Cet indicateur mesurera les paramètres physiques et chimiques des divers bassins hydrographiques des rivières lorsqu'ils ont une influence directe sur chacun des cinq Grands Lacs.

1. *Bassins hydrographiques des rivières*

Les rivières recommandées sont celles qui ont un bon débit de base et sont situées dans des bassins hydrographiques représentatifs des zones (1) agricoles (2) urbaines et (3) forestières.

Lac	Rivière	Type de bassin hydrographique dominant
Lac Ontario	Rivière Humber (ON)	Urbain
	Rivière Ganaraska (ON)	Agricole/rural
	Ruisseau Duffins (ON)	Agricole/rural
	Rivière Genesee (NY)	Mélange forestier/agricole/urbain mix
	Ruisseau Oak Orchard (NY)	Agricole
	Ruisseau Eighteenmile (NY)	Agricole
	Ruisseau Salmon (NY)	Forestier
Lac Érié	Rivière Black (NY)	Forestier
	Ruisseau Big (ON)	Agricole
	Ruisseau Kettle (ON)	Agricole
	Rivière Grand (ON)	Urbain
	Rivière Maumee (OH)	Agricole/en partie urbain
Lac Huron	Rivière Sandusky (OH)	Agricole/en partie urbain
	Rivière Thunder Bay (MI)	Forestier
	Au Sable (MI)	Forestier
	Rivière Saugeen (ON)	Agricole
	Rivière Spanish (ON)	Minier
	Rivière Pine (ON)	Agricole
Lac Supérieur	Rivière Nottawasaga (ON)	Forestier/rural
	Rivière St. Louis (MN)	Forestier/rural
Lac Michigan	Rivière Manitowoc (WI)	Agricole
	Rivière Muskegon (MI)	Mélange forestier/agricole

2. *Paramètres chimiques et physiques*

Les paramètres utilisés pour cette mesure comprennent ceux qui sont communs à tous les bassins hydrographiques des rivières en plus des paramètres propres aux bassins hydrographiques de type urbain et agricole.

Communs à tous les bassins hydrographiques des	Emplacement, niveaux d'eau et/ou débit, température, pH, TDS, nitrate, chlorure, sulfate, calcium, magnésium, sodium, potassium,
--	--

rivières	carbonate, bicarbonate
Autres paramètres urbains	Composés chlorés totaux, BTEX (benzène, toluène, ethylbenzène, xylènes), arsenic, cadmium, zinc
Autres paramètres agricoles	Phosphore, triazine herbicides

Autres mesures envisagées

Aucune

Interprétation des indicateurs et observations

L'écoulement des eaux souterraines est un élément persistant à long terme qui résulte de la partie des précipitations qui s'infiltré dans le sol jusqu'à l'aquifère et rejoint un cours d'eau, un lac ou des terres humides. L'interaction entre les eaux souterraines et les eaux de surface dans le bassin des Grands Lacs se situe essentiellement au niveau des aquifères de dépôts glaciaires meubles près de la surface. Les eaux souterraines étant largement réparties dans le bassin des Grands Lacs, il y a lieu de trouver des endroits représentatifs pour mesurer les changements dans leur qualité qui montrent l'état de cette ressource dans le contexte des enjeux des Grands Lacs.

Les mesures portent sur les eaux souterraines en tant que moyens de transport et vecteurs de contaminants et d'éléments nutritifs vers les Grands Lacs, en particulier les effets sur la qualité de l'eau des cours d'eau s'écoulant dans les Grands Lacs. Elles influent également sur l'écologie et les habitats des cours d'eau associés à l'écologie des Grands Lacs comme les frayères et la migration des poissons, la santé des terres humides, l'intégrité physique des affluents et la température de l'eau.

Les données sur les eaux souterraines seront obtenues de l'eau prélevée dans des puits et des tronçons de cours d'eau libres des rejets d'eaux usées pendant des conditions de débit de base. Les données sur les eaux souterraines seront résumées à partir des données existantes recueillies par les autorités fédérales, d'État, provinciales, régionales et locales dans des endroits qui illustrent les effets des changements induits par l'homme sur la qualité des eaux souterraines, notamment le développement urbain et agricole. Une partie de ces données représentatives porteront sur la qualité de l'eau des cours d'eau dans des conditions de débit de base et d'autres données viseront l'eau de puits qui seront utilisées conjointement avec les données sur les débits des cours d'eau. En raison de la lenteur du mouvement des eaux souterraines, les effets des activités en surface sur leur débit et leur qualité peuvent prendre des années à se manifester.

3.3.4 Produits persistants, bioaccumulables et toxiques (PBT) dans le biote

Membres du groupe de travail d'experts : Jeff Ridal, Michael Murray, Conrad deBarros, Gary Klecka

Membres du personnel de la CMI : Vic Serveiss, Lizhu Wang

Définition

L'indicateur des substances persistantes, bioaccumulables, toxiques (PBT) dans le biote est une évaluation des tendances dans les concentrations de PBT dans le poisson entier et les oiseaux mangeurs de poisson. On l'utilise pour décrire les tendances spatiales et temporelles des contaminants biodisponibles dans le biote représentatif des Grands Lacs, pour déduire l'impact

des contaminants sur la santé des populations de poisson et d'oiseaux, déduire l'efficacité des mesures correctives relatives à la gestion des polluants critiques et documenter et décrire les tendances des produits chimiques sources de nouvelles préoccupations.

Pertinence de l'indicateur

Cet indicateur est pertinent aux objectifs généraux de l'AQEGL, soit mesurer les progrès réalisés pour permettre la consommation par les humains de poissons et d'espèces sauvages sans restrictions dues à la contamination par les polluants nocifs et être à l'abri des polluants dans des quantités ou dans des concentrations qui pourraient être nocives pour la santé humaine, la faune ou les organismes aquatiques du fait d'une exposition directe ou indirecte dans le cadre de la chaîne alimentaire. Cet indicateur est également pertinent aux objectifs de l'Annexe 1 de l'AQEGL – Secteurs préoccupants, Annexe 2 – Aménagement panlacustre, Annexe 3 – Produits chimiques sources de préoccupations mutuelles, et Annexe 10 - Science.

Description des mesures

Cet indicateur mesurera :

1. *Les PBT dans le poisson entier des Grands Lacs*, en particulier les grands prédateurs, touladi (*Salvelinus namaycush*), doré jaune (*Sander vitreus*) et les poissons fourrage, éperlan arc-en-ciel (*Osmerus mordax*). D'autres espèces de poissons fourrage pourraient être également étudiées (p. ex., perchaude et queue à tache noire).
2. *Les PBT dans les œufs des goélands argentés (*Larus argentatus*) des Grands Lacs et dans les aigles.*
3. Les PBT à mesurer comprennent les BPC, les pesticides organochlorés, les dioxines et furanes et les métaux traces, dont le mercure. D'autres produits chimiques sources de préoccupations mutuelles aux propriétés PBT pourront être ajoutés lorsqu'ils seront sélectionnés par le sous-comité de l'Annexe 3 de l'AQEGL.

Autres indicateurs envisagés

Aucun

Interprétation des indicateurs et observations

Cet indicateur s'appuie en grande partie sur deux indicateurs de la CEEGL bien établis : (1) Les contaminants dans le poisson entier et (2) les contaminants dans les oiseaux aquatiques coloniaux mangeurs de poisson, ainsi que le nouvel indicateur de la CEEGL concernant les aigles. L'indicateur du poisson entier évalue les tendances temporelles et géographiques dans les niveaux de contaminants chimiques chez le touladi des lacs Ontario, Huron, Michigan et Supérieur et chez le doré jaune du lac Érié. Environnement Canada et l'USEPA fournissent des données pour cet indicateur, mais les différentes méthodologies utilisées limitent les analyses statistiques susceptibles d'être effectuées (McGoldrick et al., 2014). Environnement Canada fournit également des données sur l'éperlan arc-en-ciel, une espèce fourrage commune. Les échantillons sont prélevés et analysés au moins tous les deux ans dans 10 sites (2 dans chacun des cinq Grands Lacs) établis par un programme de l'USEPA et chaque année dans 12 sites établis par Environnement Canada dans les lacs Supérieur, Huron, Érié et Ontario. Il est recommandé d'effectuer l'échantillonnage au minimum à deux endroits par lac et au moins tous les deux ans. Il faudrait également envisager d'inclure une espèce de poisson d'eau chaude (p. ex., l'achigan à

grande bouche) pour mieux représenter la communauté des poissons entiers. Les critères de sélection pourraient inclure l'importance en tant que source de nourriture, la pertinence de l'espèce pour l'ensemble de la communauté des lacs et la facilité de surveillance (p. ex., par la surveillance des contaminants dans le cadre des programmes d'État et provinciaux, en supposant qu'un protocole similaire soit adopté).

Dans le cadre des programmes de surveillance d'Environnement Canada et de l'EPA, les contaminants analysés dans les poissons entiers sont les PBT anciens comme les BPC, les pesticides organochlorés, les dioxines et les furanes, le mercure et d'autres métaux traces, ainsi que les nouveaux contaminants préoccupants tels que les éthers de diéthyle polybromés (PBDE), les produits chimiques fluorés et les muscs synthétiques. Les tendances sont évaluées en utilisant des modèles de régression log-linéaire des concentrations médianes annuelles pour estimer les pourcentages de baisse annuelle. Les concentrations sont également comparées aux indices de référence applicables dans les poissons entiers. Il est recommandé de poursuivre l'analyse de ces produits chimiques et des tendances.

En ce qui concerne la deuxième composante de l'indicateur, les œufs de goélands argentés, les données sont recueillies chaque année par Environnement Canada dans 15 sites représentatifs des cinq Grands Lacs. Les contaminants analysés comprennent les BPC, les pesticides organochlorés, les dioxines et les furanes, le mercure et d'autres métaux traces et (depuis 2000) les PBDE. Une base de données des extraits d'échantillons a été établie et devrait être tenue à jour en vue d'analyses rétrospectives. De plus, il est recommandé que les échantillonnages et les analyses se poursuivent chaque année. Les concentrations de PBT devraient être également évaluées chez les aigles. Cette information constituera un élément d'un nouvel indicateur de l'aigle qui est en cours d'élaboration pour le programme de la CEEGL de 2014.

Plusieurs facteurs influent sur les concentrations annuelles de PBT dans le biote. Il s'agit notamment de l'évolution de la chaîne alimentaire, la présence de proies, les taux de croissance et la variabilité climatique. Par conséquent, il faudra des données complémentaires pour pouvoir interpréter de façon détaillée les données sur les tendances chez le poisson entier. Les programmes de surveillance du goéland argenté et des contaminants dans le poisson entier ont créé des collections de données accessoires comprenant l'âge, la longueur, le poids, le sexe et la teneur en lipides des poissons. Des données sur l'humidité des œufs et leur teneur en lipides, ainsi qu'un indice du régime des mouettes à partir d'isotopes stables, de la position trophique et de la teneur en acide gras de l'alimentation sont collectées pour le programme des œufs du goéland argenté. D'autres mesures physiologiques sont effectuées sur les colonies dont les œufs sont collectés (Weseloh et Moore, 2014). On peut obtenir des données détaillées sur la taille des échantillons, leur emplacement et la série complète de mesures accessoires auprès des responsables du programme sur les contaminants dans le poisson entier et les contaminants dans les oiseaux aquatiques coloniaux mangeurs de poisson.

3.3.5 Charges et concentrations de phosphore dans les lacs

Membre du groupe de travail d'experts : Joe DePinto

Membres du personnel de la CMI : Mark Burrows, Raj Bejankiwar

Définition

Cet indicateur suit les tendances dans les apports de phosphore dans chacun des Grands Lacs, y compris la spécification des apports dans les grandes baies et sous-bassins des lacs. Les apports de phosphore total (PT) et de phosphore réactif dissous (PRD) devraient être suivis dans les grands bassins hydrographiques de chaque lac. Une deuxième composante de l'indicateur consiste à suivre les tendances spatiales et temporelles des concentrations de PT et de DRP dans les zones côtières et au large des côtes de chaque lac en réponse aux apports externes.

Pertinence de l'indicateur

Cet indicateur est directement pertinent à l'Annexe 4 de l'AQEGL - Éléments nutritifs, sur la gestion des concentrations et des charges en phosphore dans les eaux des Grands Lacs. Des concentrations excessives de phosphore dans certains lacs ou régions lacustres et une quantité excessive de phosphore provenant des affluents continuent de constituer les principaux agents de stress qui conduisent à la présence excessive d'algues toxiques et nuisibles.

Description des mesures

1. *Charges en phosphore*

Les charges en PT et PRD devraient être calculées dans les principaux affluents de chaque bassin en utilisant la méthode de Dolan et Chapra (2012). Les principaux affluents sont ceux qui, ensemble, contribuent à plus de 80 % à la charge de PT dans le système préoccupant. La station de jauge de l'USGS effectue des mesures du débit quotidien avec un minimum de 12 à 24 mesures de concentration du PT et PRD par an (selon l'instabilité de l'affluent) en insistant (~ 2/3 des échantillons) sur les hauts débits de la fin de l'automne et du printemps.

2. *Concentration dans les lacs*

Les parties devraient poursuivre la surveillance de la pré-stratification de printemps et stratification estivale, mais revoir l'emplacement des stations et le degré de résolution des échantillonnages afin de mieux saisir les gradients dans les zones riveraines et au large des côtes dans le système et améliorer la précision des concentrations moyennes à l'échelle du bassin pour le PT et le PRD,

Autres mesures envisagées

Aucune

Interprétation des indicateurs et observations

Le contrôle de la charge en phosphore dans le bassin hydrographique continue d'être la principale mesure de gestion à prendre pour remédier à l'eutrophisation et à la quantité excessive des algues toxiques et nuisibles. Mais deux facteurs gênent la compréhension des charges en phosphore et l'établissement des cibles nécessaires pour atteindre les objectifs d'eutrophisation dans les lacs :

- Le lien entre la charge en phosphore et les concentrations dans les lacs a beaucoup évolué dans les Grands Lacs en raison des changements dans la façon dont l'écosystème y réagit (p. ex., dreissenidés et cladophora);
- L'augmentation de la fraction du phosphore producteur d'algues dans les charges extérieures en raison de diverses activités dans le bassin hydrographique des lacs (p.

ex., récentes tendances dans les charges en PRD dans les rivières Maumee et Sandusky).

Ainsi, alors que les charges en phosphore et les concentrations dans les lacs sont encore un indicateur essentiel de la santé écologique des Grands Lacs, il faut changer la façon de mesurer cet indicateur pour mieux éclairer les décisions de gestion du phosphore et de l'eutrophisation.

En rotation de cinq ans, en association avec le projet de sciences coopératives et de surveillance des Grands Lacs (PSCS), mener un programme intensif de surveillance des charges externes panlacustre en PT et PRD qui permettrait de créer un modèle de bilan massique du phosphore pour voir comment chaque lac traite le phosphore et avoir une meilleure compréhension quantitative des liens entre les gradients dans les zones riveraines et au large des côtes et la rétention du phosphore observés dans le système. Cet aspect est important pour mieux comprendre et gérer l'eutrophisation dans la zone riveraine et l'oligotrophisation au large des côtes qui semble résulter de changements dans l'écosystème des lacs. Il peut être également intégré au processus du PSCS pratiquement sans dépenses supplémentaires pour recueillir de nouvelles données et avec relativement peu de frais supplémentaires pour appliquer le modèle. Une étude pilote, éventuellement pour les données recueillies dans le lac Huron en 2012 en apportant quelques modifications au modèle de PT actuel (Chapra et Dolan, 2012), permettrait de mieux définir la résolution de l'échantillonnage requis pour un tel programme.

Les programmes de surveillance doivent tenir compte du fait que les concentrations de phosphore dans la zone riveraine sont très variables dans le temps et dans l'espace. Pour obtenir une valeur d'échantillonnage que l'on peut interpréter avec confiance pour établir les tendances interannuelles dans un endroit donné, il faudra une surveillance très intensive.

3.4 Indicateurs biologiques

3.4.1 Espèces aquatiques envahissantes : Taux d'invasion et impacts

Membres du groupe de travail d'experts : Bill Taylor, Gavin Christie

Membres du personnel de la CMI : Lizhu Wang, Mark Burrows, Vic Serveiss

Définition

Cet indicateur mesure le taux d'invasion, l'état et l'impact. Le taux d'invasion correspond au nombre de nouvelles espèces aquatiques envahissantes (EAE) qui arrivent dans les Grands Lacs depuis la dernière évaluation (3 ans). Une analyse rétrospective pour déterminer la voie d'entrée des espèces et une évaluation à plus long terme pour quantifier les tendances éventuelles dans le taux d'invasion doivent être effectuées.

L'impact mesure les effets néfastes des espèces aquatiques envahissantes sur les Grands Lacs. Cela exclut les espèces bénignes ou considérées comme souhaitables. L'état mesure l'abondance relative des EAE par rapport aux espèces indigènes ayant une position trophique équivalente, alors que l'impact mesure comment les EAE affectent les autres composantes de l'écosystème.

Pertinence de l'indicateur

Cet indicateur est directement pertinent à l'objectif général de l'AQEGL sur la prévention des effets des espèces aquatiques envahissantes et aux objectifs de l'Annexe 6 – Espèces aquatiques envahissantes. Il mesure le succès des mesures de gestion visant le taux d'arrivée de nouvelles espèces dans les Grands Lacs, quantifie la mesure dans laquelle les Grands Lacs sont peuplés d'EAE et évalue les effets néfastes et le succès des mesures d'atténuation.

Description des mesures

1. *Taux d'invasion* – établir le nombre cumulatif d'invasions par rapport au temps;
 - Il est recommandé d'utiliser les données binationales normalisées, comme le GLANSIS (Système d'information sur les espèces aquatiques non indigènes dans les Grands Lacs) et déterminer le sous-ensemble des espèces non indigènes qui sont envahissantes
 - Il est préférable de procéder par lac, mais si cela s'avère trop difficile, faire les cinq lacs ensemble.

2. *État et impacts* – on peut utiliser plusieurs ou toutes les mesures suivantes :
 - Lamproie de mer - abondance relative dans les lacs par rapport aux cibles fixées par la Commission des Grands Lacs par lac (le lac Érié pourrait être une exception);
 - Plancton – biomasse de zooplancton envahissante par rapport à l'ensemble de la biomasse des zooplanctons, par lac;
 - Carpe asiatique – occurrence, abondance (nombre ou biomasse) et reproduction potentielle;
 - Dreissénidés – abondance sur le substrat dur de la zone riveraine et sur le fond mou au large, par lac;
 - Gobie à taches noires – abondance relative (biomasse ou nombre) par rapport à l'abondance de tous les poissons benthiques dans la zone côtière et dans les affluents;
 - Grémille – abondance relative (biomasse ou nombre) par rapport à l'abondance de tous les poissons benthiques dans la zone côtière et dans les affluents.

Autres mesures envisagées

1. *Phragmites* – abondance relative et occurrence. Cette mesure chevauche l'indicateur Terres humides côtières.

2. *Méthodes moléculaires* – Il pourrait être également possible d'intégrer des méthodes moléculaires (p. ex., eADN) à la surveillance en ce qui concerne l'abondance relative des EAE à l'avenir.

Interprétation des indicateurs et observations

La mesure du taux d'invasion de cet indicateur dépend de la détection rapide des nouvelles EAE. Pour soutenir les programmes d'intervention rapide prévus et mis en œuvre, les sites qui sont des points d'invasion vulnérables (ports, marinas, secteurs riverains urbains, parcs municipaux reliés aux Grands Lacs) doivent être sélectionnés et surveillés. La sélection des sites et le type de surveillance à y effectuer devraient être fonction de l'évaluation des risques. Un programme pilote largement considéré comme un programme de pointe a été mis en œuvre à Duluth (USGS, 2007; Dupré, 2011). La surveillance actuelle des EAE dans les Grands Lacs a été examinée par Dupré (2011), et les données sur les EAE se trouvent dans le système d'information sur les

espèces aquatiques non indigènes des Grands Lacs (GLANSIS). La difficulté de cette mesure tient au fait que les invasions sont peu fréquentes et de nature stochastique. Par conséquent, il est difficile de détecter un signal par le bruit.

Les mesures du statut et des impacts de cet indicateur mesurent généralement l'abondance relative des EAE par rapport aux espèces indigènes d'une position trophique équivalente (p. ex., zooplancton, poissons planctonophages), ainsi que tout ce qui peut empêcher la réalisation de l'un des objectifs généraux de l'AQEGL ou qui contribue à une entrave aux utilisations bénéfiques (Annexe 1, AQEGL). Ces mesures nécessitent un échantillonnage biologique à large spectre, y compris des échantillonnages de plancton, des échantillonnages benthiques (à proximité et au large des rives), des échantillonnages des terres humides pour les plantes et la faune, des échantillonnages de zooplancton et le chalutage pour le poisson. Par conséquent, la définition opérationnelle de cet indicateur devrait prendre en compte les activités de surveillance effectuées pour d'autres raisons, plutôt que de nécessiter de nouveaux échantillonnages redondants.

3.4.2 Abondance et répartition des oiseaux nicheurs coloniaux mangeurs de poisson

Membres du groupe de travail d'experts : Bill Bowerman, Latice Fuentes, Pamela Martin, Robert Letcher, Doug Crump, Kim Fernie, Michael Gilbertson, James Ludwig, Shane DeSolla, Jeff Ridal

Membres du personnel de la CMI : Glenn Benoy, Lizhu Wang

Définition

Cet indicateur mesure l'intégrité écologique à l'aide des mesures des populations liées à la santé des individus, des colonies et des populations d'oiseaux mangeurs de poisson à plusieurs échelles géographiques et relie l'intégrité biologique à l'intégrité chimique et physique, qui sont des agents de stress mesurables (causes) pour l'intégrité biologique (effets).

Pertinence de l'indicateur

Cet indicateur est indirectement pertinent à l'Annexe 3 de l'AQEGL - Produits chimiques sources de préoccupations mutuelles en mesurant directement la pollution chimique de la chaîne alimentaire aquatique et la santé des populations directement touchés et représentatifs de l'intégrité biologique (populations de poisson), physique (qualité de l'habitat) et chimique (polluant) de l'écosystème des Grands Lacs. Les oiseaux mangeurs de poisson sont en haut de la chaîne alimentaire aquatique des Grands Lacs et sont représentés ici par les goélands argentés et les aigles. L'abondance et la santé de ces oiseaux et leur capacité à se reproduire témoignent des effets des agents de stress chimiques, physiques et écologiques sur l'écosystème des Grands Lacs. Ils sont répartis dans les cinq Grands Lacs, les voies interlacustres et le Saint-Laurent. Les effets des polluants environnementaux sur la faune sont bien compris du public en utilisant l'exemple de l'amincissement des coquilles d'œufs des aigles.

Description des mesures

1. *Population*

- a. Nombre de nids d'aigles, de cormorans à aigrettes, de goélands argentés et autres oiseaux aquatiques coloniaux (p. ex., Sterne pierregarin) dans les lacs à des échelles temporelles et spatiales pertinentes
 - i. Annuel : aigles, goélands argentés, cormorans à aigrettes
 - ii. 10 ans : Autres oiseaux aquatiques coloniaux
 - b. Nombre d'adultes et nombre de jeunes à des échelles spatiales pertinentes
 - i. Mesure des aigles : Nombre d'oisillons produits chaque année le long du littoral au Michigan, au Wisconsin en Ohio et New York
 - ii. Indice des oiseaux aquatiques coloniaux : Nombre d'oisillons produits et nombre d'adultes de cormorans à aigrettes, goélands argentés et autres espèces dans les sous-régions des Grands Lacs
2. *Santé*
- a. Reproduction—Niveau individuel
 - i. Productivité des aigles : (nombre d'oisillons produits/nombre de territoires de nidification occupés)
 - ii. Taux d'éclosion des cormorans à aigrettes, goélands argentés et autres
 - b. Malformations—Au niveau des tissus
 - jj. Relevés *in situ* pour les aigles, les cormorans à aigrettes, les goélands argentés et autres

Autres mesures envisagées

- 1. *Niveau cellulaire et moléculaire*
 - a. Tests d'immunité pour les goélands argentés.
 - b. Biomarqueurs. Cela pourrait ne pas être économique pour le moment compte tenu de la technologie actuelle, mais reste à l'étude.
- 2. *Taux des malformations de développement - Aigle, goéland argenté, oiseau aquatique colonial.*

Interprétation des indicateurs et observations

Cet indicateur mesure les intégrités biologique, physique et chimique des oiseaux aquatiques coloniaux mangeurs de poisson. Des œufs de goélands argentés ont été collectés chaque année dans les cinq lacs et les voies interlacustres depuis 1973 (Weseloh et Moore, 2014). Les emplacements et les tailles des colonies de toutes les espèces d'oiseaux aquatiques coloniaux sont documentés tous les dix ans le long des Grands Lacs et des voies interlacustres. Les oiseaux mangeurs de poisson sont des indicateurs dans bon nombre des AOC et servent à établir les critères de retrait. Alors que les œufs de goélands argentés permettent d'établir des tendances annuelles régulières des contaminants, ils ne permettent pas d'en évaluer les effets biologiques directs.

Des relevés des populations d'aigles sont effectués depuis 1961 le long de la plupart des rives des Grands Lacs et dans les régions intérieures. Ces relevés se poursuivent le long des rives américaines des cinq lacs et le long des lac Érié et Ontario au Canada et à l'échelle des États du Michigan et de New York. Les habitats côtiers des Grands Lacs ont été quantifiés en 1992

(Bowerman et al., 2005). Du sang, des plumes, des œufs et des tissus sont collectés chaque année (Stromberg et al., 2007; Best et Wilke, 2009; Route et al., 2011).

Un échantillonnage des œufs de goélands argentés devrait être effectué chaque année aux 15 sites du SCF et aux cinq du MDEQ. Les relevés d'oiseaux aquatiques coloniaux devraient se poursuivre tous les 10 ans. Les données sur la productivité des aigles devraient continuer d'être recueillies tous les ans dans les zones actuelles. L'habitat des Grands Lacs devrait être évalué tous les 10 ans.

Les liens de cause à effet dans les concentrations de contaminants entre les espèces et les tissus permettent d'utiliser le groupe des oiseaux aquatiques mangeurs de poisson comme indicateur (Weseloh et Moore 2014). Les liens de cause à effet entre les résultats biologiques et les agents de stress chimiques, biologiques et physiques pour chaque espèce permettent de faire une comparaison directe de la santé sur des échelles spatiales et temporelles.

3.4.3 Productivité et santé de la chaîne alimentaire inférieure

Membres du groupe de travail d'experts : Bill Taylor, Jan Ciborowski, Veronique Hiriart-Baer, Ora Johannsson, Tim Johnson, Chuck Madenjian, Euan Reavie, Lars Rudstam, Hank Vanderploeg, Sue Watson

Membres du personnel de la CMI : Lizhu Wang, Vic Serveiss

Définition

Cet indicateur met l'accent sur l'efficacité avec laquelle l'énergie est transmise à des producteurs primaires à différents niveaux de consommateurs. L'indicateur mesure principalement les structures et les biomasses des phytoplanctons et des zooplanctons et l'abondance et la diversité des benthos et des poissons proies. Ces mesures sont choisies en fonction de leur importance inhérente au transfert d'énergie et de leur mesurabilité.

Pertinence de l'indicateur

Cet indicateur est directement pertinent à l'Annexe 4 de l'AQEGL - Éléments nutritifs, soit maintenir les niveaux trophiques à une biomasse et une composition relatives d'algues correspondant à un écosystème aquatique sain dans les eaux libres des Grands Lacs. Cet indicateur est indirectement pertinent à l'Annexe 6 - Espèces aquatiques envahissantes et à l'Annexe 7 - Habitats et espèces. Cet indicateur reflète le principe selon lequel les communautés pélagiques ont, en moyenne, une biomasse à peu près égale dans des catégories de taille qui s'élargissent de façon exponentielle (Sheldon et al., 1972). La matière et l'énergie remontent ce spectre des tailles, des bactéries au phytoplancton en passant par le zooplancton jusqu'au poisson avec une efficacité variable (Borgmann, 1987). Une partie de cette production tombe de la zone euphotique de surface pour nourrir le benthos. Elle peut se déplacer de manière efficace, avec une forte productivité dans le spectre des tailles, ou peut s'accumuler sous forme d'algues en ayant des effets négatifs sur la qualité de l'eau et empêchant l'énergie d'atteindre les grands prédateurs. Cet indicateur vise à mesurer l'efficacité trophique de la chaîne alimentaire à transférer la production d'algues aux poissons.

Description des mesures

Cet indicateur comprend les mesures du phytoplancton, du zooplancton, du benthos et des poissons proies. Les données relatives à ces mesures doivent tenir compte de la couverture spatiale, y compris la zone riveraine et au large pour toutes les mesures, ainsi que les substrats durs et mous pour le benthos. Pour chaque mesure, la méthode d'échantillonnage devrait être normalisée au moins pour chaque lac et, si possible, pour l'ensemble des lacs.

1. *Phytoplancton*
Biovolume total du phytoplancton (volume/volume) et composition taxonomique au printemps et à la fin de l'été. L'identification taxonomique devrait être la plus détaillée possible (p. ex., espèces) pour déterminer les taxons atypiques ou non indigènes. L'abondance des taxons (p. ex., les proliférations d'algues bleu-vert ou de grandes diatomées) reflète les conditions relatives à l'état historique connu dans un lac. L'échantillonnage devrait être normalisé pour l'ensemble des lacs.
2. *Zooplancton*
Biomasse de crustacés, dont le *Daphnia retrocurva*, *D. galeata*, cyclopoida, *Limnocalanus*, et autres calanoida. À mesurer de façon normalisée, comme un remonté vertical du fond à 2 mètres ou à 100 mètres de la surface, la plus faible distance étant retenue, avec un filet de 0,5 m et des mailles de 153 µm, en août et septembre.
3. *Biomasse des Mysidacés*
À mesurer une fois par an de façon normalisée à l'aide d'un filet à grosses mailles (0,5 ou 1 mm) de 1 mètre de diamètre lancé verticalement du fond vers la surface. Le prélèvement doit être effectué la nuit au moins une heure après le coucher du soleil à une heure avant le lever sous un éclairage rouge (éclairage du pont du bateau éteint). On doit prévoir des prélèvements en profondeur (>120 m) et plus près de la surface (50 à 75 m). La surveillance acoustique de nuit semble prometteuse pour mesurer la biomasse des mysidacés et pourrait être utilisée avec des halages de filet moins nombreux (des méthodes sont en train d'être mises au point par Rudstam et al. (2008). La date de l'échantillonnage devrait coïncider avec les périodes d'abondance des gros mysidacés dans la population.
4. *Benthos*
Abondance des dreissenidés, *Diporeia*, *Hexagenia*, *Gammarus*, *Chironomidae* (individus/m²) et Indice trophique des oligochètes (EC et USEPA). Des indices différents sont nécessaires pour les substrats durs et mous près et loin des côtes. Les prélèvements dans le substrat mou doivent être effectués avec une benne Ponar ou sa version légère petite Ponar et par voie aérienne avec des plongeurs.
5. *Poissons proies*
Biomasse des poissons proies par unité d'effort pour tous les lacs et diversité des poissons proies (Indice Shannon–Wiener).

Autres mesures envisagées

1. *Composition des phytoplanctons par taille*
Diviser les assemblages d'algues entre les plus de 30 µm et les moins de 30 µm, en rapprochant les algues comestibles et non comestibles par l'alimentation de plancton. Le

groupe d'experts a estimé que les principaux taxons contenaient des informations plus utiles.

2.

Mesures intégrées

Intéressant, mais aucune proposition n'est étayée et toutes doivent être améliorées.

Interprétation des indicateurs et observations

La composition des phytoplanctons est un indicateur important de la qualité de l'eau, en particulier l'abondance relative des cyanobactéries par rapport aux diatomées et flagellés. L'USEPA a un programme actif de collecte et d'analyse du phytoplancton dans les régions pélagiques des Grands Lacs au printemps et en été. Bien que le comptage du phytoplancton prenne du temps et limite le nombre des échantillons pouvant être traités, la fluorimétrie s'avère également prometteuse pour déterminer la composition du plancton in situ avec une sonde (Ghadouani et Smith, 2005), malgré certains problèmes éventuels liés à l'étalonnage aux conditions des Grands Lacs (Twiss, 2011). Le comptage du phytoplancton pourrait être limité aux échantillons nécessaires pour calibrer le fluorimètre et vérifier les efflorescences.

La taille moyenne du zooplancton permet d'évaluer directement l'équilibre entre les poissons fourrages et le zooplancton par l'effet bien connu de l'effet des poissons planctivores sur la taille et la répartition du zooplancton, bien que cette méthode puisse être problématique ou nécessiter un recalibrage dans les lacs où des mysidacés sont présents (Mills et Schiavone, 1982). Elle a été utilisée dans les Grands Lacs et dans la région (Taylor et Carter, 1997).

Les mysidacés sont un maillon important entre les systèmes pélagiques et benthiques dans les eaux du large des Grands Lacs, transférant des éléments nutritifs et des contaminants entre ces systèmes et transportant l'énergie de ces systèmes vers les poissons benthiques et pélagiques. Des deux grands macroinvertébrés indigènes dans les eaux du large des Grands Lacs qui ont transféré la production de la chaîne alimentaire inférieure vers les poissons, seuls les mysidacés restent abondants.

Les poissons proies sont échantillonnés à l'aide de relevés au chalut, mais les relevés acoustiques gagnent en importance. L'indicateur de la CEEGL « Populations et communautés de poissons proies » comporte des paramètres pour la biomasse des poissons proies tirés des objectifs relatifs à communauté des poissons dans chaque lac. L'indicateur de la CEEGL « Populations de zooplancton » utilise la longueur moyenne du zooplancton échantillonné avec une taille de filet particulière (153 µm) comme indice de l'équilibre entre les poissons fourrages et leur nourriture de zooplancton.

Pendant les années de relevés intensifs du projet de sciences coopératives et de surveillance, les échantillons de plancton et de benthos devraient être prélevés dans au moins cinq stations au large ayant des données à long terme, une fois par mois de mai à octobre. Ce niveau d'intensité est également recommandé pour les lacs préoccupants, Érié et Huron. Sinon, les stations au large devraient être échantillonnées au moins trois fois par an.

3.4.4 Espèces de poissons présentant un intérêt

Membres du groupe de travail d'experts : Gavin Christie, Roger Knight, James Boase, Chuck Bronte, Mark Ebener, Jixiang He, Kevin Kayle, Jana Lantry, Charles Madenjian, Tom Pratt

Membres du personnel de la CMI : Lizhu Wang, Vic Serveiss

Définition

Cet indicateur mesure l'état et les tendances dans l'abondance et le recrutement des populations pour plusieurs espèces importantes de poissons représentatives de communautés de poisson saines dans les grands habitats des Grands Lacs. Cela comprend des espèces qui contribuent à un secteur essentiel des pêches dans les Grands Lacs et reflète la santé de l'écosystème par leur rôle dans la chaîne alimentaire aquatique.

Pertinence de l'indicateur

L'indicateur est directement pertinent à l'Annexe 7 de l'AQEGL – Habitats et espèces, et est indirectement pertinent aux objectifs généraux de l'AQEGL visant à soutenir la santé et la production des terres humides et des autres habitats afin d'assurer la viabilité des populations d'espèces indigènes résilientes. Cet indicateur est également pertinent aux autres objectifs qui touchent la chaîne alimentaire et en dernier lieu les poissons, c'est-à-dire être à l'abri des polluants dans des quantités ou dans des concentrations qui pourraient être nocives pour la santé humaine, la faune ou les organismes aquatiques du fait d'une exposition directe ou indirecte dans le cadre de la chaîne alimentaire; être à l'abri de l'introduction et de la propagation d'espèces aquatiques envahissantes qui nuisent à la qualité des eaux des Grands Lacs.

Description des mesures

Cet indicateur comprend une notation normalisée de l'*abondance* et du *recrutement* des adultes pour chaque lac ou plusieurs espèces de poissons qui représentent différents habitats thermiques et géographiques :

1. Eau froide, au large – Touladi et grand corégone.
2. Eau froide, zone riveraine – Doré jaune.
3. Eau froide, zone riveraine, rivières et voies interlacustre – Esturgeon jaune.
4. Eau chaude, zone riveraine – Grand brochet et/ou achigan à grande bouche et achigan à grande bouche.

La disponibilité des données (quantité et qualité) pourrait limiter la couverture spatiale complète de chaque lac et pourrait illustrer que certaines zones de stocks de poisson dans chaque lac. Les données sur une zone spécifique représentant des habitats optimums pour les espèces de ce lac sont jugées appropriées aux fins de cet indicateur.

Les experts des pêches des comités techniques interjuridictionnels de la Commission des pêcheries des Grands Lacs devraient établir une notation normalisée pour chaque espèce de poisson dans chaque lac/emplacement. La hiérarchie suivante des sources de données sera utilisée pour calculer les notes relatives à l'abondance et au recrutement des adultes :

1. Estimations modélisées de l'abondance selon l'âge pour des stocks de poisson définis dans le cadre de la gestion interjurisdictionnelle des pêcheries.

2. Prise par unité d'effort par les engins de relevés indépendants de pêche.
3. Prise par unité d'effort des pêcheurs commerciaux et pêcheurs à la ligne.

Autres mesures envisagées

Aucune

Interprétation des indicateurs et observations

Un certain nombre d'espèces de poissons sont choisies comme indicateurs car elles appartiennent à différentes communautés qui occupent des habitats différents dans les lacs qui sont touchés par différents facteurs de stress. Les poissons oligotrophiques sont associés aux eaux froides, claires et moins productives au large. Les poissons mésotrophiques des eaux froides se trouvent dans les eaux plus productives des zones proches des rives, alors que les poissons eutrophiques des eaux chaudes se trouvent dans les eaux les plus productives près des rives et dans les baies des lacs. On retrouve ces trois types de poisson à divers degrés dans les cinq Grands Lacs, le lac Supérieur étant dominé par l'habitat oligotrophique et le lac Érié par l'habitat mésotrophique. Les espèces de poissons sélectionnées représentent les communautés de chacun de ces différents écosystèmes.

Les espèces de poissons indigènes sont choisies comme indicateurs car elles représentent les communautés de poisson d'origine dans les différents habitats, sont intéressantes pour l'écosystème et pour les pêches et font l'objet d'une gestion des pêches et d'activités de restauration. Ayant évolué avec le reste des poissons et l'écosystème naturel des Grands Lacs, ces espèces indigènes représentent la biodiversité naturelle des lacs. Bon nombre d'entre elles ont une forte valeur économique et ont été fortement touchées par la pêche, souvent au point d'extinction. Elles ont été les victimes d'autres effets environnementaux dus à des perturbations d'origine humaine dans les Grands Lacs et ayant entraîné une perte d'habitat, la pollution par les éléments nutritifs et la présence de polluants toxiques persistants. Ces espèces font l'objet d'une gestion active du secteur des pêches et d'activités de restauration. Même si les efforts de restauration peuvent compliquer l'interprétation de la situation des stocks, les succès de ces espèces sont un indice des progrès réalisés pour atteindre les objectifs de l'AQEG.

Les espèces indigènes intéressantes sélectionnées comprennent les grands prédateurs et les grands benthivores (poissons qui se nourrissent d'organismes benthiques). Le touladi est le principal prédateur dans les eaux ouvertes et profondes des Grands Lacs. Le grand corégone est le principal benthivore de ces mêmes eaux. Le doré jaune est le principal prédateur dans les eaux froides près des côtes des Grands Lacs. L'esturgeon jaune emblématique est le plus gros de tous les poissons des Grands Lacs et celui qui vit le plus longtemps et est un indicateur de la connectivité des affluents. L'esturgeon jaune vit près des côtes et dans les rivières dans toute la région des Grands Lacs, dans les voies interlacustres et dans le Saint-Laurent. Le touladi, l'esturgeon et le doré jaune sont des indicateurs de la CEEGL (Bronte et al., 2014; Elliott, 2014; Kayle, 2009). Le grand brochet et les achigans sont les grands prédateurs dans les eaux côtières et les baies.

3.4.5 Algues toxiques et nuisibles

Membres du groupe de travail d'experts : Sue Watson, Greg Boyer

Membres du personnel de la CMI : Glenn Benoy, Lizhu Wang

Définition

Les algues toxiques ou les efflorescences d'algues toxiques désignent les efflorescences dont on sait qu'elles contiennent des toxines ou sont composées d'espèces ayant le potentiel génétique de produire des toxines qui affectent la santé humaine, le bétail, les animaux de compagnie et autres organismes. Dans les Grands Lacs et la plupart des autres eaux douces, les toxines des algues sont produites exclusivement par certaines espèces de cyanobactéries qui peuvent ne pas toujours exprimer tous leurs gènes de toxines. Les algues nuisibles ou leurs efflorescences désignent un sous-ensemble plus large d'espèces d'algues et de cyanobactéries qui forment des efflorescences qui ne sont pas toxiques pour les humains, mais causent des dommages écologiques et socioéconomiques. On les appelle collectivement les algues toxiques et nuisibles (ATN). Les efflorescences excessives d'algues désignent celles dont la composition et leurs effets sur l'écosystème sont généralement mal connus. Très souvent, cela comprend des épisodes d'efflorescences repérés par télédétection pour lesquels l'identification des taxons de cyanobactéries, de la toxicité ou des effets sur l'écosystème n'a pas été confirmée par des mesures terrestres.

Pertinence de l'indicateur

Cet indicateur est directement pertinent aux objectifs généraux de l'AQEGl puisqu'il mesure la potabilité de l'eau des Grands Lacs et si l'on peut s'y baigner et pêcher. Les efflorescences d'ATN sont un des indicateurs les plus visibles de la détérioration de la qualité de l'eau et font l'objet d'un vif intérêt à tous les niveaux de la société. Cet indicateur est également en rapport avec une grande partie de la dégradation des utilisations bénéfiques dans les secteurs préoccupants. Les efflorescences d'ATN sont la conséquence de l'altération de la qualité de l'eau et l'exacerbent. Comme les ATN réagissent rapidement aux changements dans les éléments nutritifs et les facteurs de stress environnementaux, cet indicateur permet de suivre les mesures de gestion à court et long termes visant à réduire les éléments nutritifs et à améliorer d'autres facteurs environnementaux.

Description des mesures

Cet indicateur comprend trois mesures dont chacune peut donner un des trois classements suivants (1= bon, 2= modéré et 3= grave). La note globale de l'indicateur est déterminée par la note maximale de l'une des trois mesures.

1. Efflorescences d'algues toxiques (adapté de Watson et Boyer 2014)

Grave – Une ou plusieurs observations montrent des concentrations de microcystine-LR > 10ug/L (pélagique) ou >300 ug/gramme de poids sec (benthique)

OU

Une ou plusieurs observations montrent de la chlorophylle-a > 30 ug/L pour les échantillons pélagiques ou >50 % pour les échantillons benthiques, *et* une présence dominante (> ~80%) d'espèces cyanobactériales potentiellement toxiques (*Microcystis*, *Anabaena*, *Planktothrix*, *Oscillatoria*, *Lyngbya*) dans le biote.

Modéré – Une toxicité ou une abondance cyanobactériale sont observées, mais l'importance de la prolifération des algues toxiques n'atteint pas le seuil nécessaire pour être considéré comme grave.

Bon – Les lacs ne présentent aucune efflorescence à domination cyanobactériale importante ni de concentrations de microcystine-LR < 1 ug/L ou <30 ug par gramme de poids sec.

2. *Efflorescences d'algues nuisibles*

Grave – La présence de chlorophylle-a > 30 ug/L et les niveaux de composés algaux odorants communs (p. ex., géosmine, 2-MIB, b-cyclocitral, décadiénal) sont plus élevés que les concentrations à un seuil où l'odeur est perceptible par les humains (Watson, 2003) ou inacceptables à l'odeur et au goût à des tests sensoriels (tests olfactif normalisés, Analyse des profils aromatiques; p. ex., Dietrich, 2004).

OU

Un grand nombre d'avertissements ou de fermeture de plages sont dus à un excès de substances algales.

Modéré – Une forte abondance d'algues nuisibles est observée, mais l'importance de la prolifération n'atteint pas le seuil nécessaire pour être considéré comme grave.

Bon - Les lacs ne présentent pas d'efflorescences importantes d'algues nuisibles susceptibles de nuire aux fonctions de l'écosystème.

3. *Abondance excessive d'algues*

Grave – Fort pourcentage d'algues nuisibles près des côtes (jusqu'à 15m de profondeur) dans des endroits à haut risque et sites de référence, échantillonnés par quadrants ou le long des côtes avec une couverture de plus de 50 % ou 50g dwt/m² (Auer et al., 2010).

OU

Présence de fortes efflorescences pélagiques mesurées par le moment de leur apparition, leur intensité (concentration moyenne de chlorophylle-a), leur durée et leur étendue (p. ex., Binding et al., 2011) par télédétection.

Modéré – Une abondance excessive d'algues est observée, mais son importance n'atteint pas le seuil nécessaire pour être considéré comme grave.

Bon - Les lacs ne présentent pas d'abondances excessives d'algues selon les mesures indirectes.

Autres mesures envisagées

Aucune

Interprétation des indicateurs et observations

Les mesures des algues toxiques et nuisibles peuvent utiliser les données tirées des échantillons effectués toutes les deux semaines (ou plus fréquemment pendant les périodes à risque élevé, si possible) dans des sites à risque élevé et des sites de surveillance de référence, échantillons

discrets de surface (0,5-1m), ou des échantillons intégrés de la zone euphotique et/ou des tapis benthiques, de juin à novembre. La période d'échantillonnage doit être adaptée aux conditions locales et aux constatations antérieures de la saisonnalité des algues toxiques et nuisibles et peut s'effectuer l'hiver (sous la glace) si cela est justifié. Cet indicateur porte également sur une troisième catégorie d'abondance excessive d'algues qui comprend des efflorescences repérées par télédétection lorsqu'il n'existe pas de mesures terrestre ou dans l'eau pour évaluer leur toxicité ou leurs effets sur l'écosystème.

Des mesures économiques et réalisables assurent la pérennité du programme de surveillance afin d'évaluer les tendances et la stochasticité. Les différences entre les régimes d'échantillonnage et les protocoles analytiques nuisent à la compatibilité des données et à la détermination des tendances à long terme, et les régimes d'échantillonnage peuvent manquer les maximums géographiques et temporels. L'accent est mis sur les amas d'algues fixées sur le littoral ou les écumes de surface de cyanobactéries qui modifient la flottabilité. Ils peuvent apparaître et disparaître rapidement selon la composition, les courants et le vent et peuvent produire des variations spatiales et temporelles importantes de la biomasse et des toxines qu'il est difficile d'échantillonner, de quantifier ou de prédire et qui sont aplanies par les moyennes saisonnières. Les échantillonnages sur les plages et sur le littoral doivent être effectués sur plusieurs sites pour tenir compte de cette variabilité du risque et de l'altération.

Chapitre 4 : PERTINENCE DES INDICATEURS ÉCOSYSTÉMIQUES PAR RAPPORT AUX OBJECTIFS DE L'ACCORD ET COMPARAISON AVEC LES INDICATEURS DE LA CEEGL

4.1 Pertinence des indicateurs de l'écosystème par rapport aux objectifs de l'Accord

Une des principaux objectifs de ce projet était de formuler des recommandations relatives à l'adoption et au suivi d'un ensemble d'indicateurs écosystémiques considérés comme les indicateurs clés pour évaluer les progrès des gouvernements dans la réalisation des objectifs généraux et spécifiques de l'Accord. Par conséquent, les objectifs de l'Accord ont servi de base au processus de nomination, sélection et définition des indicateurs.

Le tableau suivant présente une comparaison générale des mesures des indicateurs écosystémiques et des objectifs de l'Accord.

COMPARAISON DES OBJECTIFS DE L'AQEGL ET INDICATEURS ÉCOSYSTÉMIQUES DE LA COMMISSION

Objectifs généraux de l'AQEGL	Correspondance avec les indicateurs écosystémiques
(i) fournir une source d'eau potable sécuritaire, de haute qualité;	● *

<p>(ii) permettre la <u>baignade</u> et d'autres activités récréatives sans restrictions dues à des préoccupations environnementales quant à la qualité;</p>	<ul style="list-style-type: none"> • * • Algues nocives et nuisibles
<p>(iii) permettre la <u>consommation par les humains</u> de poissons et d'espèces sauvages sans restrictions dues à la contamination par les polluants nocifs;</p>	<ul style="list-style-type: none"> • PBT dans les poissons prédateurs (doré jaune et touladi) • PBT dans les poissons proies (éperlan, perchaude) • PBT dans les œufs des goélands argentés • PBT dans les aigles
<p>(iv) être à l'abri des polluants dans des quantités ou dans des concentrations qui pourraient être nocives pour la santé humaine, <u>la faune ou les organismes aquatiques du fait d'une exposition directe ou indirecte dans le cadre de la chaîne alimentaire</u>;</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Produits chimiques sources de préoccupations mutuelles dans les eaux • PBT dans les poissons prédateurs (doré jaune et touladi) • PBT dans les poissons proies (éperlan, perchaude) • PBT dans les œufs des goélands argentés • PBT dans les aigles • Dépôts atmosphériques
<p>v) contribuer à <u>la santé et à la production des terres humides et des autres habitats</u> afin d'assurer la viabilité des espèces indigènes;</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Abondance des macroinvertébrés dans les terres humides côtières • Occurrence des amphibiens dans les terres humides côtières • Indice de la santé des plantes dans les terres humides côtières • Indice des poissons dans les terres humides côtières • Abondance des oiseaux dans les terres humides côtières • Composition et qualité des terres humides • Indice de l'habitat du littoral • Couverture terrestre et fragmentation • Intégrité physique des Affluent
<p>(vi) être dénuée d'<u>éléments nutritifs</u> entrant directement ou indirectement dans les eaux du fait d'une activité humaine dans des quantités favorisant la croissance d'algues et de cyanobactéries qui interfèrent avec la santé de l'écosystème aquatique ou l'utilisation humaine de l'écosystème;</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Algues nocives et nuisibles • Concentrations et charges des éléments nutritifs
<p>(vii) être à l'abri de l'introduction <u>et de la propagation d'espèces aquatiques envahissantes et d'espèces terrestres envahissantes</u> qui nuisent à sa qualité;</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Situation et impact des espèces aquatiques envahissantes (abondance et répartition) • Taux d'invasion des espèces aquatiques envahissantes

(viii) être à l'abri des effets nocifs des <u>eaux souterraines</u> contaminées;	Contaminants dans les eaux souterraines
(ix) être dénuée d'autres <u>substances, de matériaux ou d'atteintes</u> qui pourraient avoir des répercussions négatives sur son intégrité chimique, physiques ou biologique;	<ul style="list-style-type: none"> • Produits chimiques sources de préoccupations mutuelles dans les eaux • Niveau des eaux • Couvert de glace • Température superficielle de l'eau • Espèces de poissons présentant un intérêt • Abondance d'oiseaux mangeurs de poissons et d'oiseaux nicheurs coloniaux

ANNEXES	ALIGNMENT CHECK
1. Secteurs préoccupants	<ul style="list-style-type: none"> • De nombreux indicateurs indiqués dans ce tableau s'appliquent à cet objectif.
2. Aménagement panlacustre	<ul style="list-style-type: none"> • De nombreux indicateurs indiqués dans ce tableau s'appliquent à cet objectif
3. Produits chimiques sources de préoccupations mutuelles	<ul style="list-style-type: none"> • Produits chimiques sources de préoccupations mutuelles dans les eaux • PBT dans les poissons prédateurs (doré jaune et touladi) • PBT dans les poissons proies (éperlan, perchaude) • PBT dans les œufs des goélands argentés • PBT dans les aigles • Dépôts atmosphériques
4. Éléments nutritifs	<ul style="list-style-type: none"> • Concentrations et charges des éléments nutritifs
5. Rejets provenant des bateaux	<ul style="list-style-type: none"> • Situation et impact des espèces aquatiques envahissantes nuisibles • Taux d'invasion des espèces aquatiques nuisibles
6. Espèces aquatiques envahissantes	<ul style="list-style-type: none"> • Situation et impact des espèces aquatiques envahissantes nuisibles • Taux d'invasion des espèces aquatiques nuisibles

7. Habitat et espèces	<ul style="list-style-type: none"> • Abondance des oiseaux mangeurs de poissons et d'oiseaux nicheurs coloniaux • Indice de l'habitat côtier • Espèces de poissons présentant un intérêt • Couverture terrestre fragmentation • Productivité et santé des niveaux trophiques inférieurs • Intégrité physique des affluents • Composition et qualité des terres humides
8. Eaux souterraines	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminants dans les eaux souterraines
9. Répercussions des changements climatiques	<ul style="list-style-type: none"> • Niveau de l'eau • Température superficielle de l'eau • Couvert de glace
10. Science D. Indicateurs écosystémiques	<ul style="list-style-type: none"> • Traité par tous les indicateurs écosystémiques ci-dessus

Note : * indique des lacunes dans la couverture de l'ensemble des indicateurs de la Commission

Cette comparaison indique que presque tous les progrès réalisés pour atteindre les objectifs de l'Accord peuvent être mesurés généralement à l'aide des indicateurs écosystémiques élaborés par la Commission. Deux lacunes concernent les objectifs de potabilité et de baignade. Des indicateurs permettant d'évaluer les progrès par rapport à ces objectifs sont à l'étude dans le cadre d'un projet visant à établir des indicateurs de la santé humaine, également dans le cadre de la priorité d'évaluation des progrès. Les indicateurs de la santé humaine pourraient s'appliquer à d'autres objectifs et annexes, notamment l'objectif de poissons comestibles (Objectif iii). L'objectif ultime de la priorité est de parvenir à une bonne réalisation des objectifs de l'Accord par une compilation des indicateurs produits par le projet des indicateurs de l'écosystème et le projet des indicateurs de la santé humaine. Un troisième projet sur les indicateurs de l'efficacité du programme a également été lancé par la Commission pour comprendre la contribution potentielle de ce type d'indicateur pour évaluer les progrès en vertu de l'Accord.

4.2 Comparaison des indicateurs écosystémiques de la Commission et des indicateurs de la CEEGL

Pendant que la Commission travaillait à la description des indicateurs, les gouvernements révisaient leur ébauche des rapports de la Conférence sur l'état de l'écosystème des Grands Lacs (CEEGL) de 2011. En septembre 2013, la CEEGL a publié État des Grands Lacs : Faits saillants et en mars 2014, a publié son rapport technique final de 2011. Dans cette section, une comparaison est faite entre les indicateurs écosystémiques recommandés par la Commission dans ce rapport et les indicateurs utilisés dans les rapports de la CEEGL de 2011.

Les travaux de la CMI sur les indicateurs écosystémiques ont permis de sélectionner 16 indicateurs qui peuvent mesurer les progrès vers l'atteinte des objectifs de l'AQEGL concernant l'écosystème. Chaque indicateur se compose d'une à six mesures et les 16 indicateurs comptent 41 mesures. Dans le rapport Faits saillants de 2011 de la CEEGL, 17 indicateurs écosystémiques

étaient présentés. Le rapport complet de 2011 contenait 46 indicateurs écosystémiques ainsi que d'autres indicateurs concernant des programmes, l'utilisation de l'énergie et l'eau potable. Le tableau ci-dessous montre les indicateurs de la CEEGL dont la définition est la même que celle des indicateurs écosystémiques de la Commission. Par exemple, dans l'indicateur n° 16, les deux mesures de la CEEGL, Contaminants dans le poisson entier et Contaminants chez les oiseaux aquatiques, sont identiques aux mesures de la CMI pour l'indicateur des PBT dans le biote. Certains autres indicateurs de la CMI, comme le n° 3 Couverture terrestre et fragmentation utilisent des mesures différentes des indicateurs de la CEEGL.

Indicateurs écosystémiques de la CMI <i>Et mesures</i>	Indicateurs dans le rapport de 2011 de la CEEGL
--	--

<p>1. Habitat côtier – Indice de dégradation du littoral 1) <i>Indicateur physique du littoral + Indicateur biologique du littoral*</i></p>	<p>1. Durcissement du littoral*</p>
<p>2. Superficie, composition et qualité des terres humides côtières 2) <i>Macroinvertébrés</i> 3) <i>Poisson</i> 4) <i>Plantes</i> 5) <i>Amphibiens (grenouilles et crapauds)</i> 6) <i>Oiseaux</i> 7) <i>Superficie des terres humides *</i></p>	<p>2. Amphibiens des terres humides 3. Oiseaux des terres humides 4. Poissons des terres humides 5. Invertébrés des terres humides 6. Plantes des terres humides 7. Superficie et composition des terres humides*</p>
<p>3. Couverture terrestre et fragmentation* 8) <i>Mesures de conversion*</i> 9) <i>Mesures de fragmentation*</i></p>	<p>8. Couverture terrestre*</p>
<p>4. Fluctuations saisonnières et à long terme dans les niveaux d'eau des Grands Lacs 10) <i>Variabilité des niveaux d'eau à long terme*</i> 11) <i>Moment des maximums et minimums saisonniers des niveaux d'eau*</i> 12) <i>Ampleur des hausses et des baisses saisonnières *</i> 13) <i>Différence des niveaux d'eau d'un lac à l'autre*</i></p>	<p>9. Niveaux d'eau (écart par rapport à la moyenne à long terme)*</p>
<p>5. Intégrité physique des affluents 14) <i>Modification hydrologique (Indice d'instabilité R-B)</i> 15) <i>Connectivité des affluents avec les eaux réceptrices</i> 16) <i>Mesure des sédiments et de la turbidité *</i></p>	<p>10. Instabilité des affluents 11. Connectivité de l'habitat aquatique</p>
<p>6. Température 17) <i>Température moyenne superficielle annuelle l'été (juillet-septembre)*</i> 18) <i>Date de stratification thermique des eaux des lacs</i> 19) <i>Date d'inversement des eaux de lacs *</i> 20) <i>Concentrations maximums et moyennes de glace</i></p>	<p>12. Température superficielle de l'eau (date du début de la stratification d'été)* 13. Durée des glaces</p>
<p>7. Dépôt atmosphérique de substances chimiques sources de préoccupation mutuelle 21) <i>Indicateur de la CEEGL de dépôt atmosphérique de substances chimiques toxiques</i></p>	<p>14. Dépôt atmosphérique</p>

8. Substances chimiques sources de préoccupation mutuelle dans l'eau 22) Recommandation du sous-comité de l'Annexe 3	15. Substances chimiques toxiques dans les eaux au large
9. Contaminants dans les eaux souterraines 23) <i>Contaminants urbains, agricoles et industriels</i> *	
10. Produits chimiques persistants, bioaccumulables, toxiques (PBT) dans le biote 24) <i>Produits chimiques PBT dans les poissons entiers</i> 25) <i>Produits chimiques PBT dans les œufs de goélands argentés et dans les aigles</i>	16. Contaminants dans les poissons entiers 17. Contaminants dans les oiseaux aquatiques
11. Charges en phosphore et concentrations dans les lacs 26) <i>Charges en PT et PRD</i> * 27) <i>Concentrations dans les lacs de PT et PRD</i>	18. Éléments nutritifs dans les lacs * 19. Concentration de PT au large *
12. Espèces aquatiques envahissantes : Taux d'invasion et répercussions 28) <i>Taux d'invasion</i> * 29) <i>État et impacts</i> *	20. Espèces aquatiques non indigènes * 21. Lamproie de mer * 22. Dreissénidés *
13. Abondance et répartition des oiseaux nicheurs coloniaux mangeurs de poissons 30) <i>Population</i> * 31) <i>Santé</i> *	
14. Productivité et santé de la chaîne alimentaire inférieure 32) <i>Phytoplancton</i> 33) <i>Biomasse du zooplancton et mysidacés</i> * 34) <i>Benthos</i> * 35) <i>Poissons proies</i> *	23. Diporeia * 24. Biomasse du zooplancton * 25. Biomasse des poissons proies - 9 espèces *
15. Espèces de poisson présentant un intérêt 37) <i>Abondance des adultes</i> 38) <i>Recrutement</i> *	26. Abondance de l'esturgeon jaune * 27. Abondance du toulabi * 28. Abondance di doré jaune *
16. Algues toxiques et nuisibles 39) <i>Efflorescences d'algues toxiques</i> 40) <i>Efflorescences d'algues nuisibles</i> * 41) <i>Abondance excessive d'algues</i> *	29. Efflorescences d'algues toxiques au large * 30. Efflorescences d'algues toxiques dans la zone littorale *

	<p>31. Le benthos comme indicateur trophique</p> <p>32. Terres forestières dans la zone tampon des affluents</p> <p>33. Terres forestières dans le bassin hydrographique</p> <p>34. Température de l'air</p> <p>35. Débit de base dû à l'écoulement des eaux souterraines</p> <p>36. Éclosions de botulisme</p> <p>37. Cladophora</p> <p>38. Contaminants dans les carottes de sédiments</p> <p>39. Précipitations extrêmes</p> <p>40. Population humaine</p> <p>41. Indice de la qualité des eaux intérieures</p> <p>42. Phytoplancton</p> <p>43. Espèces terrestres non indigènes</p> <p>44. Chimie de l'eau (conductivité, pH, chlorure, alcalinité, turbidité, etc.)</p> <p>45. Clarté de l'eau</p> <p>46. Indice des facteurs de stress dans les bassins hydrographiques</p>
--	--

Note: 1. Les cases grisées indiquent des correspondances entre les indicateurs de la CMI et de la CEEGL

2. Les indicateurs de la CEEGL en **caractères gras** sont les indicateurs utilisés dans le rapport Faits saillants de la CEEGL

3. * Montre que l'indicateur a une définition différente de celle de l'indicateur correspondant dans l'autre colonne.

Dans l'ensemble, deux des indicateurs de la CMI sont absents de la liste des indicateurs de la CEEGL. Trois des indicateurs de la Commission correspondent presque exactement à des indicateurs de la CEEGL (représentés par des cases grisées) et les 11 autres indicateurs de la CMI sont semblables à ceux de la CEEGL, mais ne correspondent pas exactement. Vingt trois des 41 mesures des indicateurs de la CMI sont définies différemment de ceux de la CEEGL.

La Commission n'a pas le mandat ni la capacité de recueillir des données pour les indicateurs proposés dans les Grands Lacs. Le tableau indique les domaines sur lesquels les gouvernements devraient se pencher pour affiner ou accroître l'ensemble des indicateurs de la CEEGL, ainsi que les activités de surveillance et de collecte de données connexes si ces indicateurs recommandés doivent être appliqués.

Chapitre 5: DISCUSSION ET RECOMMANDATIONS

5.1 Les indicateurs écosystémiques

Ce travail sur les indicateurs écosystémiques a été une première étape permettant à la Commission d'être bien placée pour s'acquitter de son mandat en vertu de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs. Ce mandat consiste à rendre compte aux parties et aux gouvernements d'État et provinciaux des progrès réalisés pour atteindre les objectifs généraux et spécifiques, y compris, le cas échéant, les questions relatives aux Annexes de l'Accord. La Commission estime qu'une évaluation des progrès en vertu de l'Accord et la présentation de rapports devraient inclure la mesure des indicateurs quantifiables liés aux objectifs de l'Accord. C'est pourquoi ce rapport contient les indicateurs écosystémiques clés que la Commission juge essentiels à cette mission. Le rapport sur chaque indicateur en comprend la définition, la pertinence par rapport à l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs, ainsi que la description des mesures associées et des notes sur son interprétation. L'application de ces indicateurs dépend de leur adoption par les gouvernements, de la collecte de données appropriées au moyen d'une surveillance et de la communication des résultats à la Commission et au grand public.

La Commission recommande que :

- Les gouvernements du Canada et des États-Unis étudient les indicateurs pour voir dans quelle mesure ils peuvent être facilement mis en œuvre et rendre compte à la Commission sur leur potentiel d'application à court et à long terme.
- Les gouvernements du Canada et des États-Unis envisagent d'adopter les indicateurs proposés et les classer par ordre prioritaire pour assurer la surveillance nécessaire et les inclure dans les rapports de la CEEGL.

5.2 Rapports sur l'état des Grands Lacs de 2011 de la CEEGL

Le rapport L'état des Grands Lacs - Faits saillants de 2011 publié par la CEEGL en 2013 fait état d'un certain nombre de changements positifs qui font suite aux recommandations formulées au sujet de la CEEGL dans le 16^e rapport biennal de la Commission. Par exemple, comme la Commission l'a recommandé, le rapport Faits saillants utilise maintenant un petit ensemble (17) d'indicateurs de base pour caractériser l'intégrité physique, chimique et biologique des lacs et trois autres indicateurs pour mesurer l'impact de l'écosystème sur la santé humaine.

Un autre des accomplissements de la CEEGL est de répondre à des questions importantes telles que « Quels sont les problèmes causés par les espèces envahissantes » et « Pourquoi y a-t-il moins de poisson pour la pêche sportive ». L'approche axée sur la narration utilisée dans le rapport technique (publié en 2014) est un moyen exceptionnel d'incorporer les indicateurs

scientifiques complexes et intégrés dans les descriptions que le grand public peut comprendre. La Commission reconnaît la complexité technique de l'écosystème des Grands Lacs et l'interconnectivité de nombreux facteurs abiotiques et biotiques. Par conséquent, les articles des scientifiques dans le rapport technique de plus de 500 pages et les textes scientifiques associés examinés par les pairs sont nécessaires pour étayer et justifier les histoires qui sont racontées. La Commission se félicite également des histoires sur chaque lac qui forment la partie finale du rapport. Cette collection de données et ces rapports binationaux détaillés sont un apport essentiel au travail qui concerne les aspects techniques propres à l'état des Lacs réalisé par la Commission et les personnes et les organismes dans tout l'ensemble du bassin.

Dans le cadre de cette priorité, la Commission se fixe comme prochaines étapes l'examen attentif des rapports de la CEEGL et l'orientation de ses travaux de manière à compléter ou améliorer le travail de la CEEGL et éviter le double emploi.

La Commission apprécie grandement la participation constructive des représentants de la CEEGL à ses travaux sur les indicateurs jusqu'à présent.

La Commission recommande que :

- Les gouvernements continuent de collaborer avec la Commission pour améliorer l'efficacité et réduire les redondances entre son évaluation indépendante binationale et leur rapport sur l'état des lacs (CEEGL).

5.3 Prochaines étapes pour la Commission

Un des grands objectifs de la priorité d'évaluation des progrès est de définir un petit ensemble d'indicateurs clés pour rendre compte de façon claire et concise des progrès accomplis par les parties pour mettre en œuvre l'Accord. Le projet des indicateurs écosystémiques a largement permis de définir les principaux indicateurs écosystémiques nécessaires pour évaluer les progrès. Mais combinée aux autres projets de cette priorité, y compris des projets visant à établir des indicateurs sur la santé humaine et l'efficacité des programmes, l'évaluation des progrès est devenu un exercice plus global que concis. Dans une prochaine étape, la Commission étudiera comment utiliser les indicateurs écosystémiques pour rendre compte des progrès, sensibiliser et encourager les actions – soit les principales tâches qui lui sont confiées par l'Accord. À cette fin, la Commission envisage de former un ensemble d'indicateurs particuliers pour cibler son évaluation et sa production de rapports et pour communiquer avec le public. Dans la poursuite de ce travail, la Commission appréciera de recevoir les observations demandées aux gouvernements sur l'opérationnalisation des indicateurs et la collaboration soutenue avec le processus de la CEEGL.

5.4 Rapports sur la priorité d'évaluation des progrès

La Commission a l'intention de soumettre aux commentaires son rapport final sur la priorité d'évaluation des progrès en 2015 avant sa finalisation. Le rapport final réunira le travail de tous

les projets en cours menés sur cette priorité, y compris les résultats des « prochaines étapes » de la Commission sur les indicateurs écosystémiques, comme il est indiqué ci-dessus.

RÉFÉRENCES

Albert, D.A., et L. Simonson, *Coastal wetland inventory of Great Lakes region* (GIS coverage of U.S. Great Lakes : www.glc.org/wtlands/inventory.html), Consortium des Grands Lacs, Commission des Grands Lacs, Ann Arbor, MI, 2004.

Alvarez, D.A., Guidelines for the use of the semi-permeable membrane device (SPMD) and the polar organic chemical integrative sampler (POCIS), 2010, in environmental monitoring studies: U.S. Geological Survey, Techniques and Methods 1–D4, 28 p., disponible à <http://pubs.usgs.gov/tm/tm1d4/pdf/tm1d4.pdf>

Assel, R. et D.C. Norton, 2001: Visualization of Great Lakes ice cycles. *Ecosystem Transactions American Geophysics Union* 82: 83, 2001.

Assel, R., Classification of Annual Great Lakes Ice Cycles: Winters of 1973–2002, 2005. *Journal Of Climate* 18: 4895-4905.

Auer, M.T., L.M. Tomlinson, S.N. Higgins, S.Y. Malkin, E.T. Howell, H.A. Bootsma, Great Lakes *Cladophora* in the 21st century: same algae – different ecosystem. *Journal of Great Lakes Research* 36: 248–255, 2010.

Baker, D.B., R.P. Richards, T.T. Loftus, and J.K. Kramer, A New Flashiness Index: Characteristics and Applications to Midwestern Rivers and Streams. *Journal of the American Water Resources Association* 40(2): 503-522, 2004.

Best, D., E. Wilke, Detroit River-Western Lake Erie Indicator Project: Bald eagle indicator of reproductive success, 2009. Consulté à http://www.epa.gov/medatwrk/grosseile_site/indicateurs/eagles.html

Binding, C.E., T.A. Greenberg, J.H. Jerome, R.P. Bukata et G. Letourneau, An assessment of MERIS algal products during an intense bloom in Lake of the Woods. *Journal of Plankton Research* 33(5): 793-806, 2011.

Borgmann, U., Models on the slope of, and biomass flow up, the biomass size-spectrum. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 44 (suppl. 2): 136-140, 1987.

Bowerman, W.W., T. G. Grubb, A.J. Bath, J.P. Giesy, D.V.C. Weseloh, A survey of potential bald eagle nesting habitat along the Great Lakes shoreline, 2005, Research Paper RMRS-RP-56WWW. Consulter à http://www.fs.fed.us/rm/pubs/rmrs_rp056.pdf

Bronte, C. R. et al., Lake Trout Indicator. In: Environment Canada and the U.S. Environmental Protection Agency, 2014. État des Grands Lacs 2011, Cat No. En161-3/1-2011E-PDF. EPA 950-R-13-002 2011.

Carlson, D.L., D.S. De Vault, D.L. Swackhamer, On the rate of decline of persistent organic contaminants in lake trout (*Salvelinus namaycush*) from the Great Lakes, 1970-2003, Environmental Science and Technology 44: 2004-2010, 2010.

Chang, F., J.J. Pagano, B.S. Crimmins, M.S. Milligan, X. Xia, P.K. Hopke, T.M. Holsen, Temporal trends of polychlorinated biphenyls and organochlorine pesticides in Great Lakes fish, 1999–2009, Science Total Environment 439: 284-290, 2012

Chapra, S. and D. Dolan, Great Lakes Total Phosphorus revisited: 2. Mass Balance Modeling. Journal of Great Lakes Research, 38: 741-754, 2012.

CMI (Commission mixte internationale), 53^e Rapport biennal sur la qualité de l'eau des Grands Lacs, 1990. Commission mixte internationale, Canada et États-Unis.

CMI 1991, A Proposed Framework for developing indicators of ecosystem health for the Great Lakes Region. Commission mixte internationale, Canada et États-Unis.

CMI (Commission mixte internationale), A Proposed Framework for developing indicators of ecosystem health for the Great Lakes Region, 1991. Commission mixte internationale, États-Unis et Canada.

CMI (Commission mixte internationale), Indicators for Evaluation Task Force (IETF). Indicators to evaluate progress under the Great Lakes Water Quality Agreement, 1996 <http://www.ijc.org/php/publications/html/ietf.html>

CMI (Commission mixte internationale), Indicators Implementation Task Force (IITF) Final Report, 2000. <http://www.ijc.org/rel/boards/iitf/iitfreports.html>

CMI (Commission mixte internationale), 13^e rapport biennal sur la qualité de l'eau des Grands Lacs, 2006a. Commission mixte internationale Canada et États-Unis.

CMI (Commission mixte internationale), Advice to governments on Their Review of the Great Lakes Water Quality Agreement, 2006b (http://www.ijc.org/en/activities/consultations/AQEGL/guide_3.php).

Dietrich A., Practical Taste-And-Odor Methods of Routine Operations: Decision Tree. American Waterworks Association Report, A36p. ISBN 1583213384, 2004.

Dolan, D. et S. Chapra, Great Lakes Total Phosphorus revisited: 1. Loading Analysis and update (1994-2008). Journal of Great Lakes Research. 38: 730-740, 2012.

Dove, A., Toxic Chemicals in Offshore Waters, State of the Great Lakes 2012 - Draft indicator report, 2011. Consulter à <http://www.CEEGLregistration.ca/documents/Toxic%20Chemicals%20In%20Offshore%20Waters%20DRAFT%20Oct2011.pdf>.

Dupré, S., An assessment of early detection monitoring and risk assessments for aquatic invasive species in the Great-Lakes St. Lawrence Basin, Commission mixte internationale, 2011.

EC and USEPA (Environnement Canada et U.S. Environmental Protection Agency), 2014, État des Grands Lacs 2011, ECat No. En161-3/1-2011E-PDF.EPA 950-R-13-002.

Elliott, R., Status of Lake Sturgeon in the Great Lakes. Dans : Environnement Canada et U.S. Environmental Protection Agency, 2014. État des Grands Lacs 2011, Cat No. En161-3/1-2011E-PDF. EPA 950-R-13-002 2011.

Ghadouani, A. et R.E.H. Smith, Phytoplankton distribution in Lake Erie as assessed by a new in situ spectrofluorometric technique, Journal of Great Lakes Research 31 (Suppl. 2): 154-167, 2005.

GLCWC 2008, Great Lakes Coastal Wetlands Monitoring Plan. Great Lakes Coastal Wetlands Consortium, mars 2008 (www.glc.org/wetlands/final-report.html).

Gronewold, A.D., V. Fortin, B. Lofgren, A. Clites, C.A. Stow et F. Quinn, Coasts, Water levels, and climate changes: A Great Lakes perspective, 2013. Climatic Change 120(4): 697-711.

Hartmann, H.C., Climate change impacts on Laurentian Great Lake levels, Climatic Change 17(1): 49-67, 1990.

Ingram, J. W. et B. Potter, Development of a Coastal Wetland Database for the Great Lakes Canadian Shoreline, 2004. [http://www.glc.org/terres humides/inventory.html](http://www.glc.org/terres%20humides/inventory.html) Great Lakes Consortium, Great Lakes Commission, Ann Arbor, MI.

Dépôts atmosphériques intégrés (RIDA) <http://www.epa.gov/glnpo/monitoring/air2/index.html>
<https://www.ec.gc.ca/rs-mn/default.asp?lang=Fr&n=BFE9D3A3-1>

Impacts sur les niveaux d'eau des Grands Lacs d'amont : la rivière Sainte-Claire, 2009. Rapport final à la Commission mixte internationale.

Kayle, K., Walleye Indicator Lakes – State of the Great Lakes (CEEGL) 2009. (<http://www.epa.gov/CEEGL/sogl2009/index.html>).

Lenters, J., Trends in the Lake Superior water budget since 1948: a weakening seasonal cycle. Journal of Great Lakes Research 30(Suppl): 20-40, 2004.

Li, H. X., P.A. Helm, C. Metcalfe, Sampling in the Great Lakes for pharmaceuticals, personal care products, and endocrine-disrupting substances using the passive polar organic chemical integrative sampler, Environmental Toxicology and Chemistry 29(4): 751-762, 2010.

Livchak, C., S.D. Mackey, Lake Erie shoreline hardening in Lucas and Ottawa Counties, Ohio. Dans State of the Strait, Status and Trends of Key Indicators. Édité par Hartig, J.H., M.A, 2007.

Zarull, J.J.H. Ciborowski, J.E. Gannon, E. Wilke, G. Norwood, A. Vincent. Detroit Rivière-Western Lake Erie Basin Indicator Project. p. 86-90.
http://www.epa.gov/med/grosseile_site/indicators/sos-indicators.html

Marquis, P. 2005. Turbidity and suspended sediment as measures of water quality, Streamline Watershed Management Bulletin 9(1): 21-23.

McGoldrick, D., M. Clark et E. Murphy, Contaminants of Whole Fish. Dans Environment Canada and the U.S. Environmental Protection Agency, 2014. État des Grands Lacs 2011. Cat No. En161-3/1-2011E-PDF. EPA 950-R-13-002 2011.

Mercury Deposition Network (MDN) <http://nadp.sws.uiuc.edu/mdn/>

Millerd, F., The economic impact of climate change on Canadian commercial navigation on the Great Lakes, Revue canadienne des ressources hydriques 30(4): 269-280, 2005.

Mills, E.L. et A. Schiavone, Evaluation of fish communities through assessment of zooplankton populations and measures of lake productivity, North American Journal of Fisheries Management 2: 14-27, 1982.

Nettesheim, T., M. Craddock, S.C. Lee et H. Hung, Atmospheric Deposition of Toxic Chemicals Indicator Report. Dans Environment Canada and the U.S. Environmental Protection Agency, 2014. State of the Great Lakes 2011. Cat No. En161-3/1-2011E-PDF. EPA 950-R-13-002 2011.

Pijanowski, B. C. et K. D. Robinson, Rates and patterns of land use change in the Upper Great Lakes States, USA: A framework for spatial temporal analysis, Landscape and Urban Planning 102(2): 102-116, 2011.

Prestbo, E.M. et D.A. Gay, Wet deposition of mercury in the U.S. and Canada, 1996-2005: Results and analysis of the NADP mercury deposition network (MDN), Atmospheric Environment. 43: 4223-4233, 2009.

Risch, M.R., D.A. Gay, K.K. Fowler, G.J. Keeler, S.M. Backus, P. Blanchard, J.A. Barres, J.T. Dvonch, Spatial patterns and temporal trends in mercury concentrations, precipitation depths, and mercury wet deposition in the North American Great Lakes Region, 2002-2008, Environmental Pollution, 161: 261-271, 2012.

Robinson, S.K., F.R. Thompson, III, T.M. Donovan, D.R. Whitehead et J. Faaborg, Regional forest fragmentation and the nesting success of migratory birds, Science 267: 1987-1990, 1995.

Route, B., P. Rasmussen, R. Key, S. Hennes, M. Meyer, M. Martell, Emerging contaminants in nestling bald eagles at three National Parks in the Upper Midwest, Poster at IAGLR 2011, consulté à http://science.nature.nps.gov/im/monitor/meetings/GWS_2011/docs/GWS_IAGLR%202011.pdf

Rudstam, L.G., T. Schaner, G. Gal, B.T. Boscarino, R. O'Gorman, D.M. Warner, O.E. Johannsson et L. Bowen, Hydroacoustic measures of *Mysis relicta* abundance and distribution in Lake Ontario, Pulse of Lake Ontario, Aquatic Ecosystem Health & Management 11: 355-367, 2008.

Saunders, S. C., M. R. Mislivets, J. Chen et D. T. Cleland, Effects of roads on landscape structure within nested ecological units of the Northern Great Lakes Region, USA. Biological Conservation 103(2): 209-225, 2002.

Seilheimer, T.S., P.L. Zimmerman, K.M. Stueve et C.H. Perry, Landscape-scale modeling of water quality in Lake Superior and Lake Michigan watersheds, How useful are forest-based indicators? Journal of Great Lakes Research 39(2): 211-223, 2013.

Sheldon, R.W., A. Prakash et W.H. Sutcliffe, Jr., The size distribution of particles in the ocean, Limnology and Oceanography 17: 327-340, 1972.

Stromberg, K., D. Best, P. Martin, W. Bowerman, Contaminants affecting productivity of bald eagles, Indicator 8135, CEEGL 2007, consulté à www.epa.gov/CEEGL/sogl2007/8135_bald_eagles_contaminants.pdf

Taylor, W.D. et J.C.H. Carter, Zooplankton size and its relationship to trophic status in deep Ontario lakes, Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science 54: 2691-2699, 1997.

Trebitz, A.S., J.C. Brazner, V.J. Brady, R. Axler et D.K. Tanner, Turbidity tolerances of Great Lakes Coastal Wetland Fish. North American Journal of Fisheries Management 27: 619-633, 2007.

Twiss, M.R., Variations in chromophoric dissolved organic matter and its influence on the use of pigment-specific fluorometers in the Great Lakes, Journal of Great Lakes Research 37: 124-131, 2011.

USEPA (U.S. Environmental Protection Agency), Turbidity water quality standards criteria summaries: a compilation of state/federal criteria, USEPA, EPA 440/5-88/013, Washington, D.C., 1988

USGS, 2007. Field notes, disponible à <http://www.fws.gov/fieldnotes/regmap.cfm?arskey=22338>

Uzarski, D.G., T.M. Burton, M.J. Cooper, J. Ingram et S. Timmermans, Fish habitat use within and across wetland classes in coastal wetlands of the five Great Lakes: Development of a fish-based Index of Biotic Integrity, Journal of Great Lakes Research 31(supplement 1): 171-187, 2005.

Venier, M. et R. Hites, Time Tendance Analysis of Atmospheric POPs Concentrations in the Great Lakes Region Since 1990, Environmental Science Technology 44(21): 8050-8055, 2010a.

Venier, M. et Hites, R., Regression Model of Partial Pressures of PCBs, PAHs, and Organochlorine Pesticides in the Great Lakes's Atmosphere. *Environmental Science Technology* 44(2): 618-623, 2010b.

Venier, M., H. Hung, W. Tych, R. Hites, Temporal Tendencies of Persistent Organic Pollutants: A Comparison of Different Time Series Models, *Environ. Sci. Technol.* 46(7): 3928-3934, 2012.

Watson, S.B., Chemical communication or chemical waste? A review of the chemical ecology of algal odour, *Phycologia* 42: 333-350, 2003

Watson, S.B. et G.L. Boyer, Harmful Algal Blooms (HABS) in the Great Lakes: current status and concerns. Dans: Environment Canada and the U.S. Environmental Protection Agency. 2014. State of the Great Lakes 2011. Cat No. En161-3/1-2011E-PDF. EPA 950-R-13-002 2011.

Weseloh, D.V.C. et D. Moore, Contaminants in Fish-Eating Water Birds. Dans : Environment Canada and the U.S. Environmental Protection Agency, 2014. State of the Great Lakes 2011. Cat No. En161-3/1-2011E-PDF. EPA 950-R-13-002 2011.

Wilcox, D.A., J.E. Meeker, P.L. Hudson, B.J. Armitage, M. Black et D. Uzarski, Hydrologic variability and the application of index of biotic integrity metrics to wetlands: a Great Lakes evaluation. *Wetlands* 22(3): 588-615, 2002.

Wolter, P.T., C.A. Johnston, G.J. Niemi, Land Use Land Cover Change in the U.S. Great Lakes Basin 1992 to 2001. 2006. *Journal of Great Lakes Research* 32(3): 607-628.