

PRIORITÉS

2001-2003

Priorités et progrès accomplis dans le cadre de l'Accord sur la qualité de l'eau dans les Grands Lacs

Septembre 2003

ISBN 1-894280-41-5



Un rapport à la Commission mixte internationale par
le Conseil sur la qualité de l'eau des Grands Lacs
le Conseil consultatif scientifique des Grands Lacs
le Conseil des directeurs de recherche des Grands Lacs
et le Conseil international consultatif de la qualité de l'air

Bureaux de la Commission mixte internationale

Bureau régional des Grands Lacs

Commission mixte internationale
100, avenue Ouellette, 8^e étage
Windsor, (Ontario)
N9A 6T3
Téléphone (519) 257-6700
commission@windsor.ijc.org

ou Commission mixte internationale
P.O. Box 32869
Detroit, Michigan
48232-2869
Téléphone (313) 226-2170
commission@windsor.ijc.org

Section canadienne

Commission mixte internationale
234, avenue Laurier ouest, 22^e étage
Ottawa, (Ontario)
K1P 6K6
Téléphone (613) 995-2984
commission@ottawa.ijc.org

Section américaine

Commission mixte internationale
1250 23rd Street N.W.
Suite 100
Washington, D.C. 20440
Téléphone (202) 736-9000
commission@washington.ijc.org

Page d'accueil : www.ijc.org

Photos

Page 1, 22, National Parks Service; page 29, Michigan Travel; page 36, D. Baum; page 68, 149, C. Swinehart; page 81, Lake Michigan Federation; page 113, Roger Klindt; page 117, Great Lakes and Aquatic Sciences; page 123, Jerry Bielicki; page 128, Michigan Sea Grant; page 132, Minnesota Sea Grant; page 154, David Sommerstein, North Country Public Radio.

Montage de la couverture

Fingerlings, Steve Geving; Chicago, C. Swinehart; Détroit, D. Simonelli; Green Bay, Michigan Sea Grant; Toronto, C. Swinehart; Trois photos sur le changement climatique, Digital Stock; Zug Island, Michigan et Cootes Paradise, Ontario, Bruce Kirschner; Madeline Island, Wisconsin, Bruce Jamieson.

PRIORITÉS

2001-2003

Introduction	1
Priorités 2001-2003	4
Recommandations à la CMI	6

Les priorités

Chapitre 1	Le Mercure	11
	<i>Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs</i>	
	<i>Conseil internationale consultatif sur la qualité de l'air</i>	
Chapitre 2	Plans d'actions correctrices et plans d'aménagement panlacustre	59
	<i>Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs</i>	
	<i>Conseil consultatif scientifique des Grands Lacs</i>	
Chapitre 3	Urbanisation : aménagement du territoire - lien avec la qualité de l'eau	73
	<i>Conseil consultatif scientifique des Grands Lacs</i>	
Chapitre 4	Changements climatiques : répercussions sur le bassins des Grands Lacs	91
	<i>Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs</i>	
	<i>Conseil consultatif des directeurs de recherche des Grands Lacs</i>	
Chapitre 5	Nouveaux enjeux touchant les Grands Lacs au 21^e siècle	103
	<i>Conseil consultatif scientifique des Grands Lacs</i>	

Autre initiatives des conseils consultatifs

Chapitre 6	Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs	113
Chapitre 7	Conseil consultatif scientifique des Grands Lacs	123
Chapitre 8	Conseil consultatif des directeurs de recherche des Grands Lacs	149



*Priorités
2001-2003*

Avant-propos

Priorités 2001-2003

Recommandations à la CMI

AVANT-PROPOS

Dans l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs, les États-Unis et le Canada s'engagent à « rétablir et maintenir l'intégrité chimique, physique et biologique de l'eau de l'écosystème du bassin des Grands Lacs ».

Le rôle de la Commission mixte internationale (CMI) consiste essentiellement à évaluer les progrès accomplis par les gouvernements dans l'application de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs, à recenser les difficultés non résolues et à recommander des solutions. La CMI diffuse, au moins une fois tous les deux ans, un rapport dans lequel elle expose ses constatations, ses conseils et ses recommandations aux gouvernements.

Entre 2001 et 2003, plusieurs commissions consultatives et conseils de la CMI se sont penchés sur un ensemble précis de priorités absolues qui leur ont été confiées par les commissaires. Les résultats de ces deux années de travail intensif sont présentés dans ces pages à l'intention de la Commission, qui les étudiera en élaborant des avis pour les gouvernements et un compte rendu destiné au grand public dans son *Deuxième rapport biennal sur la qualité de l'eau dans les Grands Lacs*.

Ce rapport sur les priorités fait état de différents renseignements et de diverses analyses perfectionnées dans certains secteurs de la recherche, des sciences et des politiques qui sont essentiels pour promouvoir la régie de l'écosystème du bassin des Grands Lacs.

Le chapitre 1 commence par un exposé de la science qui confirme que les produits chimiques toxiques portent atteinte à la fonction mentale et reproductive chez les fœtus et les adultes. La CMI a été parmi les premiers organismes internationaux à se pencher sur la présence, le transfert et les effets des substances toxiques permanentes dans l'environnement. Dans ce cycle de priorités, la demande de la Commission, qui invite ses comités à se pencher sur le mercure, intervient au bon moment, puisqu'on étudie actuellement, aux États-Unis comme au Canada, la possibilité de réduire massivement les rejets des centrales de services publics alimentées au charbon. Dans ce chapitre, vous pourrez prendre connaissance des derniers perfectionnements de la science relativement au mercure, des éléments de preuve confirmant sans l'ombre d'un doute ses propriétés neurotoxiques et un exposé sur les risques relatifs à la consommation du poisson contaminé. Pour encadrer l'établissement de programmes et de politiques qui pourraient réduire l'apport de mercure dans l'écosystème du bassin, on traite également dans les détails, dans ce chapitre, de la dynamique atmosphérique complexe du mercure.

Le chapitre 2 comprend des avis précis à la Commission, en particulier sur les aspects de l'Annexe 2 (Plans de gestion collective (PGC)). Dans ce chapitre, on examine la question des mesures à prendre pour accélérer la mise en œuvre de ces plans et, par le fait même, pour en rétablir les applications avantageuses. Pour reprendre certaines des analyses, lorsqu'on entreprend un périple, on peut faire un choix : on peut soit réagir à ses impulsions et faire preuve de spontanéité, soit prendre une carte pour connaître la destination voulue. La carte s'apparente en quelque sorte au Plan de gestion collective et doit comprendre les coordonnées du point de destination. Pour trouver cette destination, les participants dans le cadre des PGC ont besoin d'information pour pouvoir savoir dans quel cas la zone de préoccupation réalise des objectifs et des applications exprimés par la collectivité. Les objectifs de réaménagement, appelés « critères de désinscription » ou « points terminaux », représentent essentiellement les coordonnées du point de destination. Ces objectifs ont permis à l'équipe d'attribuer des priorités aux activités et d'interpréter les panneaux routiers qui encadrent les progrès accomplis sur la voie du rétablissement des applications avantageuses. Les avis précis reproduits dans ce chapitre sur la conception et l'exécution des PGC devraient éclairer tous les lecteurs, en particulier ceux qui s'intéressent à la zone de préoccupation.

Le chapitre 3 porte sur l'urbanisation et sur la question complexe de l'aménagement du territoire, de même que sur les liens avec la qualité de l'eau. Dans le *Rapport sur les priorités de 1997-1999*, on fait observer que « l'urbanisation, en particulier, a entraîné des changements significatifs dans les systèmes naturels, surtout en augmentant l'imperméabilité de la surface du sol ». Dans ce chapitre, on se penche à nouveau sur ces questions, qui ont été revues dans le *Rapport sur les priorités de 1999-2001*. L'urbanisation menace la qualité de l'eau des Grands Lacs non seulement à cause des polluants dans le rejet des eaux usées, mais aussi parce qu'elle dégrade l'eau de surface, à cause du ruissellement excessif des eaux de pluie. Voilà pourquoi il faut fermer des plages et constater la baisse de la qualité de l'eau pour les loisirs. L'urbanisation peut détruire les marécages. Le lotissement fragmente l'habitat. Les véhicules, de plus en plus massivement utilisés, polluent l'atmosphère, le sol et l'eau. L'accroissement des surfaces imperméables correspondant aux autoroutes, aux immeubles et aux terrains de stationnement augmente le ruissellement de l'eau, ce qui exacerbe la pollution sans point de source dans nos cours d'eau et sur les rives des lacs. Ce chapitre fait état de l'impact sur la qualité de l'eau et des incidences des politiques en ce qui concerne la réalité du développement et la nécessité de préserver la

qualité de la vie. Dans ce chapitre, vous pourrez prendre connaissance d'exemples éloquentes de principes novateurs pour encadrer l'élaboration et l'application des politiques.

Le chapitre 4 porte sur les impacts de l'évolution du climat sur la qualité de l'eau de l'écosystème du bassin des Grands Lacs et sur les travaux prioritaires qui se poursuivent actuellement. Les questions essentielles examinées ont trait à la nature des impacts sur la qualité de l'eau qui pourraient découler des pluies plus fortes et du réchauffement du climat, sur la variation possible des impacts dans l'ensemble des régions des Grands Lacs et sur les incidences d'une intervention ou d'une atténuation des impacts pour la prise de décisions et la planification. On attire en particulier l'attention sur l'importance de l'évolution du climat pour la nappe phréatique, en tenant compte de la sécheresse, des faibles précipitations et de l'augmentation des températures moyennes. Ces thèmes, qui ne sont pas souvent au cœur des préoccupations des résidents du bassin, sont particulièrement inquiétants.

Le chapitre 5 expose le résultat d'une consultation menée auprès d'experts sur les questions d'actualité pour l'écosystème des Grands Lacs. Selon une constatation impérieuse et peut-être même imprévue, bien qu'à l'évidence, les risques pour la santé de l'écosystème du bassin soient nombreux, les experts scientifiques consultés n'ont relevé aucun risque qu'on ne connaissait pas déjà pour les Grands Lacs. Curieusement, cela laisse entendre que les risques actuels et prévus pourraient s'expliquer par le fait que nous ne pouvons pas, à l'heure actuelle, assurer correctement la qualité de cet écosystème. À cet égard, les constatations et recommandations précises qui sont exprimées mettent l'accent sur la nécessité d'une meilleure capacité institutionnelle binationale, de la redynamisation des structures de gestion et de gouvernance pour mettre en œuvre intégralement une approche écosystémique pour la protection et le rétablissement de la qualité de l'eau des lacs, de même que sur un appel évident et indubitable au leadership et à la concertation.

Les chapitres 6, 7 et 8 comprennent les comptes rendus des comités et du Conseil des gestionnaires sur toutes sortes d'autres sujets, qui visent à éclairer et à conseiller la Commission et le lecteur. On y décrit les travaux de recherche actuels sur l'évolution de la dynamique du lac Érié et sur les épidémies de botulisme. On passe en revue les incidences, pour la santé, des produits chimiques toxiques persistants. En particulier, on réclame une intervention en affirmant qu'il faut réduire de plus de 30 % les niveaux de BPC dans l'eau et chez les poissons des Grands Lacs pour assurer la santé du grand public dans les États et au palier fédéral. On y trouve aussi de l'information sur les derniers perfectionnements de la recherche et sur les besoins en travaux de recherche en ce qui concerne les sources et les effets des pathogènes et des nouveaux produits chimiques préoccupants. Tous ces sujets sont très pertinents si nous voulons que les efforts que nous consacrons pour comprendre, protéger et améliorer la majesté des Grands Lacs soient couronnés de succès.

À propos des auteurs de ce rapport

Le conseiller principal de la CMI, soit le **Conseil de la qualité de l'eau**, comprend 20 gestionnaires et administrateurs de programmes des deux gouvernements fédéraux, des huit États et des deux provinces du bassin des Grands Lacs et du Saint-Laurent. Le **Conseil consultatif scientifique**, dont les 18 membres représentent tous les horizons de l'activité scientifique, donne des conseils spécialisés à la CMI et au Conseil de la qualité de l'eau.

Le **Conseil des gestionnaires de la recherche des Grands Lacs** regroupe 23 membres qui donnent des conseils sur la coordination et l'évaluation des travaux de recherche sur les Grands Lacs. Étant donné l'importance de l'atmosphère comme voie de propagation des contaminants dans l'eau des Grands Lacs, le CMI s'en remet aux dix membres de son **Conseil consultatif international sur la qualité de l'air** pour le conseiller à ce sujet.

À propos du processus

La CMI établit les priorités des travaux selon un cycle biennal, de concert avec ses quatre conseils consultatifs et en consultant l'opinion publique. Lorsque les priorités sont adoptées, la CMI les attribue à ses conseils ou au Conseil des gestionnaires, selon leur mission et leurs compétences. De nombreuses priorités offrent des possibilités de collaboration entre les conseils. Certaines priorités doivent être respectées dans un délai de deux ans; d'autres portent sur une durée plus longue.

Consciente de la nécessité de connaître l'avis et l'opinion des résidents du bassin, la CMI participe à différentes activités de consultation du grand public. L'information réunie grâce à cette vaste consultation est très utile dans la présentation des renseignements, des conseils et des recommandations que la CMI adresse aux gouvernements dans ses rapports biennaux.

Enfin, on n'a pas tenté d'harmoniser ou de regrouper les avis ou les recommandations des conseils et du Conseil des gestionnaires, puisqu'ils représentent les avis particuliers donnés par chacun de ces groupes à la CMI en ce qui a trait à leurs fonctions et à leurs obligations.

Au nom des conseils et du Conseil des gestionnaires, nous vous présentons ce Rapport sur les priorités de 2001-2003. Vous y trouverez des plaidoyers convaincants pour intervenir rapidement afin de s'assurer que les Grands Lacs resteront ce qu'ils sont : de grands lacs!

*D^r Gail Krantzberg, directrice
Bureau régional des Grands Lacs*

PRIORITÉS 2001-2003

Priorité	Le mercure
Sommaire	Une approche écosystémique pour l'analyse des effets du mercure sur la santé et la poursuite des recherches sur les liens qui existent entre les sources et les zones réceptrices des particules de mercure atmosphériques dans les Grands Lacs.
Premier responsable	La Commission mixte internationale et le Conseil consultatif scientifique des Grands Lacs
Produit (chapitre)	1.2 - 1.3 Conseil consultatif scientifique des Grands Lacs 1.4 - 1.7 Conseil consultatif international sur la qualité de l'air

Priorité	Plans d'actions correctrices et Plans d'aménagement panlacustre
Sommaire	Aider au développement des PAC et des PAP par l'évaluation des activités de restauration, l'organisation d'ateliers visant à diffuser les connaissances et stimuler l'implantation et l'évaluation des PAC et des PAP afin de mesurer les progrès accomplis en vue de la restauration des usages bénéfiques.
Premier responsable	Personnel consultatif chargé des questions liées à l'annexe 2, en collaboration avec le Conseil consultatif scientifique des Grands Lacs et le Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs
Produit (chapitre)	2.2 - 2.4 Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs 2.5 Conseil consultatif scientifique des Grands Lacs

Priorité	Urbanisation : aménagement du territoire - lien avec la qualité de l'eau
Sommaire	Recherches plus poussées sur les impacts de diverses utilisations des terres sur la qualité de l'eau dans le bassin des Grands Lacs avec un intérêt particulier sur les effets de l'étalement urbain.
Premier responsable	Conseil consultatif scientifique des Grands Lacs
Produit (chapitre)	3.2 Réunion d'experts sur l'impact de l'aménagement urbain et de l'urbanisation sur la qualité de l'eau des Grands Lacs

Priorité	Changements climatiques : répercussions sur le bassins des Grands Lacs
Sommaire	Enquêtes sur les effets du changement climatique dans le bassin des Grands Lacs.
Premier responsable	Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs en collaboration avec le Conseil des directeurs de recherche des Grands Lacs
Produit (chapitre)	4.2 Changements climatiques : répercussions sur le bassin des Grands Lacs (Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs) 4.3 Changements climatiques : répercussions sur les eaux souterrains (Conseil des directeurs de recherche des Grands Lacs)

Priorité	Nouveaux enjeux touchant les Grands Lacs au 21^e siècle
Sommaire	Enquêtes sur les aspects scientifiques des enjeux futurs, soit les enjeux qui ont récemment mobilisé l'opinion publique ou ceux qui ne sont pas nouveaux mais dont la nature ou l'ampleur ont été modifiées récemment.
Premier responsable	Conseil consultatif scientifique des Grands Lacs en collaboration avec le Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs, le Conseil des directeurs de recherche des Grands Lacs et le Conseil consultatif international sur la qualité de l'air
Produit (chapitre)	5.2 Réunion d'experts sur les nouveaux enjeux touchant les Grands Lacs au 21 ^e siècle

Autres priorités et initiatives

Sommaire	Chercher à identifier et conseiller sur les enjeux relevant de l'Accord sur la qualité de l'eau des Grands Lacs en conformité avec les directives données au Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs, au Conseil consultatif scientifique et Conseil des directeurs de recherche des Grands Lacs.
Produit (chapitre)	6.2 Changements dans l'écosystème et épidémie de botulisme de type E dans le Lac Érié 6.3 Examen de la navigation dans le bassin des Grands Lacs 7.2 Répercussions sur la santé des BPC et autres contaminants présents dans les eaux du bassin des Grands Lacs 7.3 Pêches dans les Grands Lacs : rétrospective et préoccupations actuelles 7.4 Étude sur l'exposition aux contaminants et sur ses effets sur la santé de la faune aquatique et terrestre 7.5 Étude de l'Agency for Toxic Substances and Disease Register (ATSDR) sur les répercussions sur la santé publique des substances dangereuses dans les secteurs préoccupants américains des Grands Lacs 7.6 Pathogènes d'origine hydrique dans les Grands Lacs : besoins actuels et nouveaux en matière d'évaluation des risques et solutions 8.2 L'Impact de la pollutions microbienne et des poouvants chimiques non contrôlés dans le bassin des Grands Lacs 8.3 L'Inventaire de la recherche sur les Grands Lacs et le Saint-Laurent 8.4 Coordination des navires scientifiques

RECOMMANDATIONS À LA CMI

Les 29 recommandations qui suivent ont été développés par le Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs, le Conseil consultatif scientifique des Grands Lacs, le Conseil des directeurs de recherche des Grands Lacs et le Conseil consultatif international de la qualité de l'air. Elles sont soumises à la Commission mixte internationale pour examen. Veuillez vous référer aux chapitres indiqués pour obtenir tous les détails sur chacune des différentes recommandations.

CONSEIL DE LA QUALITÉ DE L'EAU DES GRANDS LACS

Le CQEGEGL présente les recommandations suivantes à la CMI :

6.2 CHANGEMENTS DANS L'ÉCOSYSTÈME ET ÉPIDÉMIE DE BOTULISME DE TYPE E DANS LE LAC ÉRIÉ
--

- que les parties réservent les fonds nécessaires pour appuyer la recherche supplémentaire en vue de caractériser les changements survenant dans le lac Érié et de favoriser la prise de décisions éclairées en matière de programmes et de politiques.
- que les deux gouvernements fédéraux approuvent le financement de base pour la mise en oeuvre d'un programme de surveillance et de suivi.
- que les gouvernements du Canada et des États-Unis maintiennent leur financement des programmes de recherche sur le botulisme de type E en vue de faciliter la prise de décisions éclairées en matière de programmes et de politiques.

2.3 CONSULTATIONS À L'ÉGARD DU PLAN D' ACTIONS CORRECTRICES DU PORT DE HAMILTON
--

- que le Canada et l'Ontario continuent d'offrir du soutien administratif et financier dans le cadre du plan d'actions correctrices pour le port de Hamilton.
- que les gouvernements du Canada et de l'Ontario s'engagent à former un partenariat financier tripartite, avec la ville de Hamilton, en vue de financer la modernisation des installations de traitement des eaux usées;
- que les gouvernements du Canada et de l'Ontario s'engagent à former un partenariat financier en vue de l'assainissement rapide des sédiments contaminés.

2.4 CONSULTATIONS À L'ÉGARD DU PLAN D' ACTIONS CORRECTRICES POUR LE SECTEUR DE DÉTROI
--

- que l'État du Michigan et le gouvernement des États-Unis jouent un rôle plus actif dans le processus des PAC, en offrant une orientation ferme et visible ainsi que le financement de base nécessaire pour la planification et la mise en oeuvre des programmes d'assainissement dans le cadre des PAC pour les rivières Rouge et Clinton ainsi que pour portion américaine de la rivière Detroit.

- que les gouvernements soient informés de l'importance de l'engagement des pays, des États et de la province pour tous les secteurs préoccupants du bassin des Grands Lacs;
- qu'on donne au Groupe de travail sur l'annexe 2 le mandat d'étudier et de donner des conseils sur les options et les solutions de rechange à l'égard de la gestion et du transfert des connaissances et de l'information.

CONSEIL CONSULTATIF SCIENTIFIQUE DES GRANDS LACS

Lors de l'élaboration des recommandations, il est apparu que le rôle consultatif du CCS en vertu de l'Accord sur la qualité de l'eau des Grands Lacs était au cœur de chacune d'entre elles. En effet, la CMI et les parties ne peuvent aller de l'avant sans une institution qui leur fournit des avis scientifiques sur lesquels elles pourront baser leurs décisions.

À cette fin, le CCS reitère sa recommandation voulant que l'Accord sur la qualité de l'eau des Grands Lacs soit entièrement révisé afin que les accomplissements passés soient protégés tout en reconnaissant les nouveaux enjeux, les besoins croissants des écosystèmes ainsi que les percées scientifiques depuis la dernière révision de l'Accord il y a 16 ans.

Le CCSGL présente les recommandations suivantes à la CMI :

1.3 CONSULTATION RELATIVE AUX EFFETS DU MERCURE SUR LA SANTÉ, 27 FÉVRIER 2002
--

- Il est recommandé que les Parties fassent appel à des techniques de modélisation et de suivi puissantes et à grande échelle pour estimer la contribution du mercure provenant de sources précises émis dans l'atmosphère et ultérieurement transporté puis déposé dans les Grands Lacs. Il faut recueillir de l'information plus détaillée sur les émissions de mercure, y compris les différentes formes de mercure, pour affiner les estimations et mieux cibler les activités de réduction des concentrations dans les Grands Lacs.
- Il est recommandé que les Parties réduisent davantage les émissions de mercure, dont celles résultant de la combustion du charbon, étant donné que la teneur en mercure du poisson est encore supérieure au seuil des concentrations dangereuses pour la santé humaine et animale et parce que plus de 2 000 avis sur la consommation de poisson par rapport au mercure ont été diffusés aux États-Unis et en Ontario.
- Il est recommandé que les Parties mènent des études épidémiologiques prospectives et rétrospectives auprès des grands consommateurs de poisson et de leurs nourrissons dans les secteurs préoccupants et d'autres régions du bassin des Grands Lacs, afin de mieux comprendre les effets potentiels sur la neurologie associés au mercure et à des contaminants qui lui sont associés, comme les BPC.
- Il est recommandé que les Parties entreprennent des études des sédiments et des sols des rives dans les secteurs préoccupants où la teneur en mercure des poissons est élevée et où il existe ou existait des sources industrielles de mercure.

3.2 RÉUNION D'EXPERTS SUR L'IMPACT DE L'AMÉNAGEMENT URBAIN ET DE L'URBANISATION SUR LA QUALITÉ DE L'EAU DES GRANDS LACS
--

- Il recommande que les parties entreprennent une enquête et des efforts de recherches binationaux majeurs sur les effets de l'aménagement urbain et de l'urbanisation sur la qualité de l'eau des Grands Lacs et mettent au point une réponse complète pour pallier à ces effets.

5.2 RÉUNION D'EXPERTS SUR LES NOUVEAUX ENJEUX TOUCHANT LES GRANDS LACS AU 21^e SIÈCLE

- **Que la CMI recommande aux Parties d'effectuer les types de recherches et de contrôles suivants :**
 - détermination de la prévalence des agents microbiens pathogènes entériques spécifiques et des toxines microbiennes comme les toxines des cyanobactéries dans les Grands Lacs ;
 - identification des sources d'agents pathogènes microbiens contaminant les eaux destinées à la consommation humaine ou à la récréation, telles les eaux de ballast des navires, les effluents des usines de traitement des eaux, les eaux de ruissellements pluviales ou agricoles, les eaux grises et noires des navires et les fosses septiques ;
 - développement de tests et de procédures d'échange d'information pour faciliter l'identification d'agents pathogènes dans les échantillons environnementaux et harmonisation de ces données afin de les comparer à celles des rapports de flambées épidémiques ;
 - étude de l'écologie environnementale des agents pathogènes dans les réseaux aquatiques pour identifier des façons d'affecter leur distribution et leur cycle vital avant qu'ils ne puissent entraîner de pathologies chez l'humain ;
 - détermination du rôle de l'exposition à l'eau dans un contexte récréatif et professionnel par rapport au développement de maladies gastro-intestinales, et identification des facteurs de risque ;
 - mise au point de priorités et de stratégies correctrices telles que la vidange appropriée des eaux de ballast ou des eaux grises ou noires à partir de l'identification des facteurs de risque ;
 - détermination de la prévalence et de la rémanence de ces agents pathogènes, avant ou après des phénomènes climatiques extrêmes, et comme résultante des changements climatiques à long terme, par exemple, la baisse de niveau des lacs ou une augmentation de la température.

CONSEIL DES DIRECTEURS DE RECHERCHE DES GRANDS LACS

Le CDRGL présente les recommandations suivantes à la CMI :

4.3 CHANGEMENTS CLIMATIQUES : RÉPERCUSSIONS SUR LES EAUX SOUTERRAINES

- que le financement disponible soit orienté vers les secteurs d'activités suivants, en ce qui touche les répercussions des changements climatiques sur l'approvisionnement en eau souterraine dans le bassin des Grands Lacs :
 1. examen des données historiques en vue de déterminer l'impact des changements climatiques sur la quantité d'eau souterraine et sa qualité, d'établir les liens entre l'eau souterraine et la répartition des espèces est des communautés aquatiques, de comprendre la variabilité temporelle et spatiale et d'évaluer les répercussions des changements relatifs à la surface des terres sur l'alimentation de la nappe souterraine;
 2. amélioration des modèles régionaux du climat en vue de les rendre plus précis à une plus petite échelle, de façon à établir les liens entre les eaux souterraines et l'écoulement souterrain aux échelles visées;
 3. maintien ou intensification des activités régionales et nationales d'examen des données hydrologiques; évaluation de l'étendue des aquifères, de la disponibilité des eaux souterraines et des répercussions des changements climatiques sur l'alimentation de la nappe souterraine et sur l'évapotranspiration.

8.2 L'IMPACT DE LA POLLUTION MICROBIENNE ET DES POLLUANTS CHIMIQUES NON CONTRÔLÉS DANS LE BASSIN DES GRANDS LACS

- Que la CMI recommande aux Parties d'effectuer les types de recherches et de contrôles suivants :
 - détermination de la prévalence des agents microbiens pathogènes entériques spécifiques et des toxines microbiennes comme les toxines des cyanobactéries dans les Grands Lacs ;
 - identification des sources d'agents pathogènes microbiens contaminant les eaux destinées à la consommation humaine ou à la récréation, telles les eaux de ballast des navires, les effluents des usines de traitement des eaux, les eaux de ruissellements pluviales ou agricoles, les eaux grises et noires des navires et les fosses septiques ;
 - développement de tests et de procédures d'échange d'information pour faciliter l'identification d'agents pathogènes dans les échantillons environnementaux et harmonisation de ces données afin de les comparer à celles des rapports de flambées épidémiques ;
 - étude de l'écologie environnementale des agents pathogènes dans les réseaux aquatiques pour identifier des façons d'affecter leur distribution et leur cycle vital avant qu'ils ne puissent entraîner de pathologies chez l'humain ;
 - détermination du rôle de l'exposition à l'eau dans un contexte récréatif et professionnel par rapport au développement de maladies gastro-intestinales, et identification des facteurs de risque ;
 - mise au point de priorités et de stratégies correctrices telles que la vidange appropriée des eaux de ballast ou des eaux grises ou noires à partir de l'identification des facteurs de risque ;
 - détermination de la prévalence et de la rémanence de ces agents pathogènes, avant ou après des phénomènes climatiques extrêmes, et comme résultante des changements climatiques à long terme, par exemple, la baisse de niveau des lacs ou une augmentation de la température.
- Que la CMI recommande aux parties de faire effectuer les types de recherche et de contrôle suivants :
 - vérification de la présence de ces produits chimiques dans les eaux usées et les effluents des usines de traitement des eaux ;
 - compilation des niveaux actuels de concentration de ces produits dans l'eau afin de les comparer à des valeurs étalonnées ou à des seuils de toxicité, et détermination de ces seuils s'ils ne sont pas encore connus ;
 - recherche et détermination de l'existence d'indicateurs biotiques des effets ou de la présence de ces produits chimiques ;
 - réalisation d'analyses expérimentales sur la durée de la dégradation de ces produits chimiques dans des conditions naturelles ;
 - étude des processus de traitement de l'eau potable et des eaux usées pour déterminer s'ils peuvent être modifiés afin de réduire les quantités de ces produits chimiques qui s'y trouvent ou de les faire disparaître.

8.3 INVENTAIRE DES RECHERCHES SUR LES GRANDS LACS ET LE SAINT-LAURENT

- Que la CMI recommande aux parties d'encourager les organismes qui octroient des fonds pour la recherche sur les Grands Lacs à utiliser de façon routinière l'Inventaire des recherches des Grands Lacs et du Saint-Laurent comme outil servant à identifier les lacunes dans les recherches actuelles sur les Grands Lacs et à inciter les chercheurs et les gestionnaires de recherche à y participer.

8.4 COORDINATION DES ACTIVITÉS RELIÉES À L'USAGE DES NAVIRES SCIENTIFIQUES

- Que la Commission mixte internationale continue son appui massif aux ateliers annuels de coordination des navires scientifiques.

CONSEIL INTERNATIONAL CONSULTATIF SUR LA QUALITÉ DE L'AIR

1.6 APPLICATION DU MODÈLE NOAA-HYSPLIT AU TRANSPORT ET AU DÉPÔT DU MERCURE DANS LES GRANDS LACS
--

Le CCSGL présente les recommandations suivantes à la CMI.

- Il est recommandé que tout soit mis en œuvre pour accroître l'exactitude et la précision des inventaires d'émissions aux États-Unis, au Canada et sur l'ensemble de la planète, notamment en ce qui concerne la différenciation des espèces. Il serait particulièrement utile que les États-Unis et le Canada coordonnent les efforts qu'ils consacrent à la production de ces inventaires, de sorte que ces derniers soient essentiellement uniformes et compatibles pour une même année de référence.
- Il est recommandé d'appuyer la poursuite d'activités de surveillance approfondie des conditions ambiantes, y compris le parachèvement des améliorations aux moyens récemment mis en place au sein du Réseau de mesure des dépôts atmosphériques pour mesurer le mercure. Il est aussi recommandé de faire le nécessaire pour que tous les relevés de mesures soient accessibles aussi rapidement que possible une fois terminés.
- Une étude portant sur la comparaison des méthodes nord-américaines de modélisation, comparable à celle qui est en cours en Europe, pourrait favoriser l'amélioration des modèles de transport atmosphérique et accroître la confiance qu'on accorde à leurs résultats ainsi qu'aux relations établies grâce à eux. Il est recommandé de prévoir, dans le cadre de la comparaison des modèles, d'apporter des améliorations aux bases de données sur les émissions, et de constituer un ensemble de données exhaustif sur les conditions ambiantes.
- Il est recommandé que, à la suite de la comparaison des modèles entre eux et avec des données de mesure, ces modèles soient utilisés pour prédire l'effet potentiel, sur le dépôt atmosphérique, des programmes de restriction des émissions de mercure actuellement à l'étude aux États-Unis et au Canada.



*Priorités
2001~2003
Chapitre 1*

LE MERCURE

Table des matières

Rapport du Conseil consultatif scientifique des Grands Lacs

1.1	EFFETS DU MERCURE SUR LA SANTÉ DANS LE BASSIN DES GRANDS LACS : INTRODUCTION	15
1.2	UNE APPROCHE ÉCOSYSTÉMIQUE À L'ÉTUDE DES EFFETS DU MERCURE SUR LA SANTÉ DANS LE BASSIN DES GRANDS LACS	16
1.3	CONSULTATION RELATIVE AUX EFFETS DU MERCURE SUR LA SANTÉ, 27 FÉVRIER 2002	17
1.3.1	Contexte	17
1.3.2	Déclaration de consensus issue de l'atelier de la Commission mixte internationale	17
	Sources et puits de mercure	17
	Exposition au mercure et effets sur la santé humaine	18
	Concentrations de mercure dans le biote de la région des Grands Lacs	18
	Besoins en matière de recherche sur la santé	19
	Intégration de l'évaluation des risques, de la gestion des risques et de l'information sur les risques	20
	Recommandations	20
1.3.3	Membres du groupe de spécialistes du mercure	20

Rapport du Conseil consultatif international sur la qualité de l'air

1.4	LA COMMISSION MIXTE INTERNATIONALE ET LES DÉPÔTS ATMOSPHÉRIQUES : INTRODUCTION	21
1.4.1	Contexte	21
1.4.2	L'annexe 15 de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs (1987)	22
1.4.3	Activités importantes menées depuis 1987 en vertu de l'annexe 15	22
1.4.4	Le modèle HYSPLIT de Mark Cohen	23
1.4.5	Le CCIQA et le rapport <i>1999-2001 Priorités et progrès accomplis dans le cadre de l'Accord sur la qualité de l'eau dans les Grands Lacs</i>	23
1.5	LE GROUPE DE TRAVAIL SUR LE MERCURE DU CONSEIL CONSULTATIF INTERNATIONAL SUR LA QUALITÉ DE L'AIR / ATELIER SUR LE MERCURE ATMOSPHÉRIQUE : SCIENCE ET POLITIQUE, COMMISSION DE COOPÉRATION ENVIRONNEMENTALE – RESEARCH TRIANGLE PARK (CAROLINE DU NORD), DÉCEMBRE 2001	25
1.5.1	Introduction	25
1.5.2	Sources	25
1.5.3	Transport et dépôt	25
1.5.4	Surveillance	25
1.5.5	Modélisation	26
1.5.6	Politiques	26
1.5.7	Recommandations issues de l'atelier	26
1.6	APPLICATION DU MODÈLE NOAA-HYSPLIT AU TRANSPORT ET AU DÉPÔT DU MERCURE DANS LES GRANDS LACS	27
1.6.1	Introduction	27
	Justification	27
	Nature du contaminant	27
	Interactions entre les espèces mercurielles et les autres constituants de l'atmosphère	28
	Émissions : spéciation et transformations ultérieures	29
	Modèle conceptuel des dépôts atmosphériques de mercure	29

1.6.2	Méthode de modélisation	30
	Modèle de transport et de dispersion atmosphériques	30
	Simulation de la chimie du mercure dans l'atmosphère	30
	Simulation du dépôt sec et du dépôt humide du mercure atmosphérique	30
	Méthode d'évaluation des relations entre sources et récepteurs	31
	Validité de la procédure d'interpolation	31
	Résultats des procédures d'interpolation : coefficients de transfert	32
	Inventaire des émissions de mercure	33
	Établissement de relations entre les coefficients de transfert et les données sur les émissions	34
1.6.3	Résultats de la modélisation	35
	Dépôt atmosphérique global dans les Grands Lacs	35
	Répartition géographique des apports de mercure attribuables aux dépôts atmosphériques	35
	Contribution des divers types de sources aux dépôts atmosphériques de mercure	36
1.6.4	Évaluation du modèle	36
	Précédentes évaluations du modèle HYSPLIT	36
	Comparaison avec les résultats de l'étude du bilan massique du lac Michigan	36
	Autres évaluations du modèle en cours	37
1.6.5	Conclusions	38
1.6.6	Recommandations	38
1.7	LE PROJET METAALICUS, UNE ÉTUDE EXPÉRIMENTALE DU BILAN MASSIQUE DU MERCURE	39
1.8	MEMBRES DU CONSEIL CONSULTATIF INTERNATIONAL SUR LA QUALITÉ DE L'AIR, 2001-2003 (sections 1.4 - 1.7)	55
1.9	BIBLIOGRAPHIE (sections 1.4 - 1.7)	56

Tableaux (sections 1.4 - 1.7)

1.	Polluants critiques identifiés par le Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs	21
2.	Estimation du pourcentage des charges dans les Grands Lacs attribuables au dépôt atmosphérique	21
3.	Concentrations typiques de mercure dans l'air ambiant et temps de séjour des espèces mercurielles dans l'atmosphère	28

Figures (sections 1.4 - 1.7)

1.	Répartition géographique des contributions estimatives au dépôt atmosphérique de dioxine dans le lac Supérieur en 1996	41
2.	Émissions de mercure à l'échelle mondiale	42
3.	Tendance du nombre d'avis diffusés relativement à divers polluants	42
4.	Processus d'évolution du mercure dans l'atmosphère	43
5.	Coefficients généraux de transfert du mercure dans le lac Supérieur en 1996 pour Hg ⁰ , Hg(II) et Hg(p)	43
6.	Coefficients généraux de transfert du mercure dans chacun des Grands Lacs en 1996 pour un profil d'émissions typique de celles des centrales électriques alimentées au charbon	44
7.	Répartition géographique des émissions totales de mercure dans l'atmosphère à partir de sources anthropiques au Canada et aux États-Unis	44
8.	Émissions annuelles de mercure à partir des sources canadiennes et américaines	45
9.	Émissions annuelles de mercure <i>par habitant</i> à partir des sources canadiennes et américaines (toutes catégories de sources confondues)	45
10.	Émissions annuelles de mercure <i>par habitant</i> à partir des sources canadiennes et américaines (catégories de sources détaillées)	45
11.	Profil de spéciation des émissions de mercure à partir de sources anthropiques au Canada et aux États-Unis	46
12.	Émissions annuelles de mercure par espèce à partir de sources anthropiques au Canada et aux États-Unis	46
13.	Dépôt atmosphérique annuel dans les Grands Lacs à partir de sources anthropiques au Canada et aux États-Unis, estimé par modèle	47
14.	Flux annuel vers les Grands Lacs à partir de sources anthropiques au Canada et aux États-Unis, estimé par modèle	47
15.	Répartition géographique des contributions au dépôt atmosphérique de mercure dans le lac Supérieur	48

16. Répartition géographique des contributions au dépôt atmosphérique de mercure dans le lac Huron	49
17. Répartition géographique des contributions au dépôt atmosphérique de mercure dans le lac Michigan	50
18. Répartition géographique des contributions au dépôt atmosphérique de mercure dans le lac Érié	51
19. Répartition géographique des contributions au dépôt atmosphérique de mercure dans le lac Ontario	52
20. Pourcentage des émissions totales estimatives vers les Grands Lacs et du dépôt estimé par modèle de mercure dans les Grands Lacs selon différentes distances par rapport à chaque lac	53
21. Contributions par habitant au Canada et aux États-Unis aux charges de mercure des Grands Lacs	53
22. Comparaison des dépôts dans le lac Michigan estimés par modèle (1996) et des dépôts estimés dans le cadre de l'étude du bilan massique du lac Michigan (1994-1995)	54
23. L'installation de recherche de la région des lacs expérimentaux	54
24. Mesure à l'aide d'isotopes stables des différentes contributions aux charges de mercure chez les poissons	54

M. Roch Duval et M^{me} Rachelle Laurin, de la Direction de la surveillance environnementale du ministère de l'Environnement de l'Ontario, ont aidé à la préparation de plusieurs cartes présentées dans ce chapitre. Leur contribution est grandement appréciée.

Depuis sa création, le Conseil consultatif scientifique des Grands Lacs (CCSGL) s'est toujours préoccupé des effets du mercure sur la santé. On peut observer à l'échelle locale, régionale et planétaire la présence de mercure d'origine humaine, qui s'ajoute aux quantités présentes dans l'environnement à l'état naturel. Une fois entré dans la biosphère, le mercure est soumis à un cycle continu; dans l'eau, il peut être converti en méthylmercure et soumis à une bioamplification jusqu'à des concentrations toxiques à mesure qu'il progresse vers le sommet de la chaîne alimentaire. Il produit des effets négatifs sur la santé, entre autres de subtils symptômes neurologiques à de faibles doses chez des consommateurs de poisson. Ce métal demeure un important sujet d'inquiétude sur le plan de la santé, comme en témoignent les avis sur la consommation de poisson diffusés partout dans les États du bassin des Grands Lacs et en Ontario.

Plus de 2 000 avis sur la consommation de poisson relatifs au mercure ont été diffusés au Canada et en Ontario, ce qui démontre hors de tout doute la nécessité de réduire les émissions de ce métal.

Des évaluations plus détaillées des apports selon les sources et une spéciation du mercure s'imposent pour mieux comprendre les contributions du mercure et mieux cibler les activités de réduction des apports, en particulier à partir de l'atmosphère. Les teneurs en mercure des poissons sont encore supérieures au seuil des concentrations dangereuses pour la santé humaine et animale, de sorte qu'il faut intensifier le travail de limitation des apports et des charges, dont ceux résultant de la combustion de charbon. Plus de 2 000 avis sur la consommation de poisson relatifs au mercure ont été diffusés au Canada et en Ontario, ce qui démontre hors de tout doute la nécessité de réduire les émissions de ce métal. Il faudrait mener des études épidémiologiques prospectives et rétrospectives auprès des grands consommateurs de poisson et de leurs bébés dans les secteurs préoccupants et d'autres endroits dans le bassin des Grands Lacs afin d'accroître les connaissances sur les effets neurodéveloppementaux liés au mercure et aux contaminants qui leur sont associés, tels les BPC.

En 1998, les responsables du programme Grands Lacs : Impact sur la santé de Santé Canada ont réuni des données et produit des statistiques établissant des liens possibles entre la mortalité, la morbidité et des anomalies congénitales et la pollution dans les secteurs préoccupants. La paralysie cérébrale a été incluse en raison de son association avec l'exposition de populations au méthylmercure à Minamata, au Japon, dans les années 1950 et en Iraq dans les années 1960 et 1970. Les rapports de Santé Canada révélaient des augmentations statistiquement significatives des taux d'hospitalisation pour cause de paralysie cérébrale dans certains secteurs préoccupants en comparaison du reste de l'Ontario. En outre, dans plusieurs de ces secteurs, le mercure a déjà été abondamment utilisé à des fins industrielles, surtout pour la fabrication de chlore et d'hydroxyde de sodium.

Le mercure (Hg) est un métal lourd et un élément d'origine naturelle qui a contaminé l'environnement après avoir été mobilisé sous l'influence d'activités humaines. Bon nombre d'activités causent la pollution d'échelle planétaire par le mercure, dont les suivantes : incinération de déchets urbains, brûlage de charbon à forte teneur en soufre contenant du cinabre (HgS) dans des centrales électriques, fusion des métaux, production de chloralcali, extraction de l'or et, dans le passé, utilisation de fongicides renfermant du mercure dans de la peinture au latex et fabrication de pâtes et papiers. Les concentrations atmosphériques de mercure ont atteint un sommet dans les années 1960 et 1970, mais elles baissent depuis (Engstrom et Swain, 1997). Selon des estimations, les activités humaines contribuent à hauteur de 70 à 80 % aux émissions annuelles totales de mercure dans l'atmosphère (Fitzgerald, 1995), et plus de 95 % du mercure atmosphérique en phase vapeur est du mercure élémentaire. Il existe un cycle redox et un échange très dynamiques entre les océans et l'atmosphère (Mason et Sullivan, 1997). Le reste du mercure présent est sous forme de mercure gazeux réactif oxydé, de complexes particuliers de mercure bivalent et de mercure monométhylé (MMHg) (Stratton et Lindberg, 1995a et 1995b). La masse totale de mercure présente dans l'atmosphère serait de 5 000 à 6 000 tonnes métriques (Fitzgerald et Watras, 1989), dont environ la moitié serait d'origine anthropique (Lindqvist *et al.*, 1991).

À l'état élémentaire, le mercure se distingue par une faible réactivité et un long temps de séjour dans l'atmosphère, où il peut donc se mélanger à l'échelle planétaire. Le mercure

La masse totale de mercure présente dans l'atmosphère serait de 5 000 à 6 000 tonnes métriques (Fitzgerald et Watras, 1989), dont environ la moitié serait d'origine anthropique (Lindqvist *et al.*, 1991).

gazeux réactif est très soluble dans l'eau et, partant, retiré efficacement de l'atmosphère par dépôt humide (Fogg et Fitzgerald, 1979; Mason *et al.*, 1994). Le mercure particulaire, quant à lui, est retiré de l'atmosphère par dépôt sec (Keeler *et al.*, 1995). Une fois déposé, le mercure aboutit en majeure partie dans des systèmes aquatiques à la suite du dépôt direct et du transfert entre les écosystèmes terrestres et les écosystèmes aquatiques (Mierle et Ingram, 1991). Les effets du mercure sur les poissons, les oiseaux et les mammifères qui se nourrissent de poisson contaminé suscitent d'importantes préoccupations (Wiener *et al.*, 2003). Nos préoccupations quant aux incidences de ce métal sur la santé publique et les espèces sauvages se rapportent à l'exposition à la forme méthylée, le MMHg. Dans les milieux anaérobies, dont les sédiments des lacs, le mercure est transformé en MMHg sous l'action des microbes, en particulier les bactéries sulfuroductrices. Le MMHg se diffuse dans la colonne d'eau, où il peut être capté par les poissons et s'accumuler dans leurs tissus musculaires en se liant aux groupes thiol. Il constitue la forme la plus toxique du mercure et il cause des problèmes neurologiques, hépatiques et rénaux, ainsi que des effets neurodéveloppementaux chez les enfants (Davidson *et al.*, 2000; Grandjean *et al.*, 1997; National Research Council, 2000). On a également décelé des effets sur le système reproducteur chez des poissons et des espèces sauvages piscivores (Hammerschmidt *et al.*, 2002; Scheuhammer, 1991). Aux États-Unis, 45 États préviennent la population contre la consommation illimitée de poissons d'eau douce à cause de leur forte teneur en MMHg. En outre, la Food and Drug Administration des États-Unis a publié un avis sur la consommation de cinq espèces de poissons océaniques de pêche commerciale relatif au mercure. La dose limite de mercure jugée acceptable par l'EPA des États-Unis est de 0,1 µg/kg de poids corporel par jour, seuil qui a été corroboré récemment par les résultats d'une étude indépendante de la National Academy of Sciences de ce pays (National Research Council, 2000).

1.3.1 Contexte

La CMI fait du problème de la présence de mercure dans le bassin des Grands Lacs une de ses priorités pour le cycle 2001-2003, et le Groupe de travail sur la santé de l'écosystème du CCSGL a préparé un plan d'action à ce sujet :

« L'évolution de la toxicologie et de l'épidémiologie a nécessité la réévaluation des risques que pose l'exposition au mercure. On craint que les concentrations dans les Grands Lacs demeurent assez élevées pour causer des effets sur le développement des nourrissons. Le mercure compte parmi les substances toxiques auxquelles la Commission mixte internationale s'intéresse depuis longtemps au titre de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs. Il faut, de concert avec d'autres éléments de l'organisation, fournir des conseils à la CMI concernant la situation courante. » [Traduction]

En fonction de ce plan, le Groupe de travail sur la santé de l'écosystème a mené une consultation relative aux effets du mercure sur la santé à sa réunion du 27 février 2002. Les participants à la réunion ont discuté des faits relatifs au lien de causalité entre la paralysie cérébrale et l'exposition au mercure et à l'association avec les empoisonnements au méthylmercure observés à Minamata et en Iraq, tout comme d'autres effets neurologiques de cette exposition (National Research Council, 2000; ATSDR, 1999). Dans les parties du programme de la réunion portant sur les problèmes de données (les hospitalisations répétées par exemple), les problèmes statistiques et les problèmes liés aux différents facteurs étiologiques, ils ont également discuté des diverses limites de l'approche adoptée par Santé Canada. La consultation a débouché sur un consensus, à savoir qu'il faut pousser la recherche avant de tirer des conclusions certaines quant au lien possible entre les cas de paralysie cérébrale recensés dans les secteurs préoccupants au Canada et l'exposition au mercure.

Pour recueillir l'information la plus récente sur la toxicité du mercure, le CCSGL a également tenu, à Windsor, en Ontario, les 26 et 27 février 2003, une conférence sur la pollution par le mercure et la santé humaine dans le bassin des Grands Lacs. Parmi les conférenciers invités, il y avait des spécialistes du mercure reconnus mondialement. Cette conférence, organisée en collaboration avec le CCIQA et le Groupe de travail des professionnels de la santé, avait pour but d'examiner les sources et les puits dans différents milieux, l'exposition de sous-populations critiques, les effets et les mesures correctives possibles selon une approche écosystémique.

Un groupe de sept scientifiques du domaine de la santé, dont deux membres du CCSGL, ont été chargés de consigner les conclusions de la conférence et de préparer une déclaration

de consensus, dont les principaux éléments ont été élaborés et présentés à la conférence même, dans le but de connaître les points de vue des conférenciers et des participants. Après la conférence, la déclaration a été soumise à l'examen des scientifiques de la Région 5 de l'EPA des États-Unis participant à des activités de réduction des concentrations de mercure dans le cadre de la Stratégie binationale des toxiques. Voici la traduction du texte de cette déclaration.

1.3.2 Déclaration de consensus issue de l'atelier de la Commission mixte internationale

Sources et puits de mercure

Le mercure présent dans l'environnement du bassin des Grands Lacs provient de nombreuses sources anthropiques à l'échelle locale, régionale et mondiale (U.S. EPA, 1997a). Ces sources ont pour effet de hausser les concentrations de mercure au-delà de celles attribuables aux sources naturelles. Une fois que le mercure est entré dans l'environnement, il est soumis à un cycle continu dans la biosphère entre la Terre, l'atmosphère et l'eau. Dans les sédiments, ce métal peut être converti en méthylmercure et subir une bioamplification jusqu'à des concentrations toxiques dans la chaîne alimentaire (U.S. EPA, 1997a; National Research Council, 2000). Le mercure n'a aucune valeur biologique.

Des évaluations plus approfondies des apports de mercure selon les sources et la spéciation du mercure, en particulier celui provenant de sources atmosphériques, aideront à mieux comprendre les contributions du mercure et de mieux cibler les activités de réduction des concentrations. Néanmoins, il existe de puissantes techniques basées sur la combinaison de la modélisation et du suivi qui peuvent servir à estimer la contribution des sources de mercure aux effets sur les récepteurs en milieu aquatique (Cohen, 2001).

L'utilisation de ces techniques a permis de constater que la combustion du charbon semble être la principale source, non réglementée, de mercure qui se dépose dans le bassin des Grands Lacs (Cohen, 2001). Environ 20 % des charges de mercure mesurées dans le bassin proviennent de sources extérieures au Canada et aux États-Unis; il faudra toutefois recueillir davantage d'information sur les émissions de mercure à l'échelle mondiale pour accroître la fiabilité des estimations de ces charges (Dastoor, 2003; Cohen, 2001). Par conséquent, une coopération internationale, comme celle qui a permis de lutter efficacement contre les chlorofluorocarbures nocifs, s'impose si l'on veut protéger les ressources en eau dans la région des Grands Lacs.

De même, les pratiques passées et les anciens sites industriels, telles les fabriques de chlore et de soude caustique utilisant le procédé à cathode de mercure, peuvent avoir contribué à la contamination des bassins hydrographiques des Grands Lacs par le mercure, mais on possède encore peu de données sur les quantités et les voies d'introduction (Trip et Thorleifson, 1998). Dans le passé, les pratiques agricoles et l'application de pesticides sur les terres utilisées à des fins récréatives constituaient des sources d'importantes quantités de mercure dans les milieux naturels. Le devenir sur une longue période du mercure ainsi rejeté est mal connu, et il faudrait le quantifier par rapport aux réémissions dans les eaux souterraines, les sols et l'atmosphère.

Les approches fondées sur le bilan massique et la poursuite de la recherche scientifique permettront d'en apprendre davantage sur les sources et les charges de mercure et sur le devenir de cet élément, mais on peut prendre d'ores et déjà des mesures permanentes à l'échelle locale et régionale pour faire baisser les quantités de mercure dans les produits et les flux de déchets. La réduction des rejets de mercure contribue à améliorer la santé publique.

... on peut prendre d'ores et déjà des mesures permanentes à l'échelle locale et régionale pour faire baisser les quantités de mercure dans les produits et les flux de déchets. La réduction des rejets de mercure contribue à améliorer la santé publique.

Exposition au mercure et effets sur la santé humaine

On a décelé les incidences négatives sur la santé de l'exposition au mercure par la consommation de poisson à plusieurs endroits dans le monde (National Research Council, 2000; ATSDR, 1999). Le mercure produit de subtils effets néfastes sur le système nerveux à de très faibles doses (National Research Council, 2000; ATSDR, 1999). Les résultats d'études récentes semblent indiquer qu'il pourrait être associé à l'augmentation du risque d'infarctus du myocarde chez les hommes (Guallar *et al.*, 2002; Yoskizawa *et al.*, 2002). La toxicité de ce métal présente des caractéristiques semblables à celle du plomb, et plus on l'étudie, plus on constate que le niveau d'exposition auquel le mercure nuit à la santé est bas (National Research Council, 2000).

À l'heure actuelle, les concentrations de mercure mesurées chez certains grands consommateurs de poisson de la région des Grands Lacs dépassent les concentrations dans le sang pouvant poser des risques pour la santé, soit 5,8 ppb d'après la dose de référence de l'EPA des États-Unis (Cole, 2003). À plusieurs endroits à l'extérieur du continent nord-américain, les enfants de femmes dont le sang ou les cheveux présentaient une teneur élevée en mercure à cause de la consommation de poisson souffraient de déficits

neurologiques et neuropsychologiques, selon une évaluation du National Research Council (NRC) des États-Unis (National Academy of Sciences) (National Research Council, 2000). Cet organisme a tiré les conclusions suivantes :

« (...) les personnes fortement exposées au méthylmercure par la consommation fréquente de poisson ont peu ou pas de marge de manoeuvre (c.-à-d. que le degré d'exposition observé chez les grands consommateurs sont proches de ceux dont les effets sont observables). C'est chez les enfants des femmes qui ont consommé les plus grandes quantités de poisson et de fruits de mer pendant leur grossesse que le risque est le plus élevé. Le Comité conclut que, selon toute probabilité, les risques pour cette population sont suffisants pour faire augmenter le nombre d'enfants éprouvant des difficultés à l'école et qui pourraient devoir faire partie de classes d'appoint ou adaptées. » [Traduction]

Selon l'information présentée à l'atelier sur le mercure et les conclusions de l'évaluation menée par le NRC, le degré d'exposition au mercure de certaines femmes de la région des Grands Lacs qui consomment beaucoup de poisson serait suffisant pour nuire à la santé de leurs enfants.

Concentrations de mercure dans le biote de la région des Grands Lacs

Le mercure demeure très néfaste pour la santé des consommateurs de poisson et celle des espèces sauvages. Aux États-Unis, le nombre d'avis publics sur la consommation de poisson ayant trait au mercure (2 242) dépasse largement le nombre d'avis concernant d'autres substances chimiques (U.S. EPA, 2001a). Étant donné la contamination généralisée du poisson de sport par le mercure, les États du bassin des Grands Lacs et l'Ontario diffusent des avis généraux sur la consommation de poisson qui couvrent l'ensemble des eaux intérieures (U.S. EPA, 2002a; Ontario Ministry of the Environment, 2002). Les femmes en âge de procréer et les enfants de moins de 15 ans sont avertis de ne pas manger plus d'un repas par semaine (ou quatre repas par mois) de poisson de sport. En outre, aux États-Unis, l'EPA a diffusé des avis nationaux sur la consommation de poisson de sport et la FDA, des avis sur la consommation de poisson commercial (U.S. EPA, 2001a, 2001b; U.S. FDA, 2001).

Les concentrations de mercure chez les poissons des Grands Lacs ont diminué par suite de la réglementation des sources ponctuelles; toutefois, dans certains secteurs préoccupants (rivière Sainte-Claire, rivière Detroit/lac Sainte-Claire, lac Torch et lac Deer, etc.), celles mesurées chez les poissons sportifs sont de beaucoup supérieures aux valeurs acceptables pour la santé humaine (MDEQ, 2003; MDCH, 2002; Weis, 2003). Selon la dose de référence pour le mercure établie récemment par l'EPA des États-Unis (U.S. EPA, 2001a), il faut que ces concentrations soient inférieures à 0,1 ppm pour que les grands consommateurs de poisson ne soient pas exposés. Dans certains secteurs préoccupants, il se peut que les concentrations de mercure dépassent 1 ppm chez

Le mercure demeure très néfaste pour la santé des consommateurs de poisson et celle des espèces sauvages. Aux États-Unis, le nombre d'avis publics sur la consommation de poisson ayant trait au mercure (2 242) dépasse largement le nombre d'avis concernant d'autres substances chimiques (U.S. EPA, 2001a). Étant donné la contamination généralisée du poisson de sport par le mercure, les États du bassin des Grands Lacs et l'Ontario diffusent des avis généraux sur la consommation de poisson qui couvrent l'ensemble des eaux intérieures (U.S. EPA, 2002a; Ontario Ministry of the Environment, 2002).

les poissons de sport prédateurs de grande taille comme le doré jaune (MDEQ, 2003; Day, 2003). Il faudrait examiner les sédiments et les sols des rives dans les secteurs préoccupants où la teneur en mercure des poissons est élevée et où il existe ou existait des sources industrielles de ce métal.

En dehors de la région des Grands Lacs, le mercure pose un problème dans les lacs de l'intérieur, surtout ceux où les conditions favorisent la méthylation du mercure (Weiner, 2002). L'acidité de l'eau accroît la méthylation et la biodisponibilité du mercure (National Research Council, 2000; Weiner, 2002). Les charges d'oxydes d'azote et de soufre dans ces lacs peuvent être d'importants facteurs d'acidification. Le déboisement, les milieux humides, la taille des bassins hydrographiques et les pressions de pêche influent également sur les concentrations de mercure chez les poissons (Lucotte, 2003). Selon toute vraisemblance, les sources de combustion et les charges atmosphériques dominent les apports de mercure dans la majorité des lacs de l'intérieur (U.S. EPA, 1997a).

Les espèces sauvages subissent aussi les attaques du mercure. Ainsi, on a observé une baisse du taux de reproduction de plongeurs de lacs du Minnesota, de l'est du Canada et de l'Ontario où les concentrations de ce métal chez les poissons dépassent 0,4 ppm (Barr, 1986; Meyer *et al.*, 1998; Kenow, 2003; Weiner, 2002).

Il existe très peu d'information sur les tendances des concentrations de mercure dans l'environnement, car on n'a pas recueilli des données dans le but de dégager de telles tendances. Une baisse progressive des concentrations chez des poissons comme l'éperlan et dans les sédiments des eaux non abritées des Grands Lacs a été observée (U.S. EPA, 2003a). C'est encourageant, mais il ne faudrait pas relâcher la vigilance car, faute de mesures antipollution, l'augmentation du recours aux combustibles fossiles, en

particulier le charbon, à l'échelle planétaire fera augmenter les rejets de mercure, ce qui pourrait avoir des répercussions négatives sur la région des Grands Lacs. Les tendances des concentrations de mercure chez les poissons et dans les sédiments de petits lacs de l'intérieur pourraient constituer d'importantes sentinelles et servir à prévoir les problèmes de contamination par le mercure dans le bassin.

Comme les concentrations de mercure chez les poissons sont encore supérieures aux niveaux où celui-ci serait entièrement inoffensif pour les humains et les espèces sauvages, il faut intensifier la réduction des apports et des charges. Étant donné la grande valeur nutritive des poissons, cette réduction aura un effet positif intrinsèque sur tous les consommateurs.

Besoins en matière de recherche sur la santé

Il faudrait mener des enquêtes auprès des grands consommateurs de poisson d'Amérique du Nord fortement exposés au mercure. On pourrait obtenir des précieuses données épidémiologiques sur les similitudes et les différences entre d'autres études des effets du mercure sur la santé ainsi que des effets de co-contaminants, comme les BPC et le sélénium. Il existe une seule étude importante des effets sur la santé de l'exposition à la fois aux BPC et au mercure (Grandjean *et al.*, 1997). La fourchette qui sépare la dose de référence établie par l'EPA des États-Unis et le niveau de risque minimal de l'Agency for Toxic Substances and Disease Registry pour l'exposition chronique au mercure par voie orale traduit l'incertitude concernant les autres contaminants observés avec le mercure.

Davantage d'information est nécessaire sur les rapports entre, d'une part, les sources de mercure et, d'autre part, l'exposition des êtres humains et les effets sur la santé. Il serait utile de recueillir des données concernant les effets sur la santé du mercure depuis la naissance jusqu'à la mort.

Au stade de l'élaboration des protocoles de recherche sur l'hygiène de l'environnement, il devrait y avoir coordination entre les auteurs des recherches touchant l'Amérique du Nord, y compris ceux qui travaillent dans l'Arctique. Par ailleurs, il faudrait réévaluer les données sur la santé conservées par les administrations gouvernementales afin de déterminer si l'on pourrait mieux les organiser de manière à pouvoir les extraire.

Pour mieux comprendre les associations neurologiques potentielles et les autres effets sur la santé propres à l'exposition au mercure chez les grands consommateurs de poisson, dont ceux qui vivent près des secteurs préoccupants où la teneur en mercure des poissons est élevée, il faut disposer d'information prospective sur les concentrations de ce métal dans les cheveux des mères et le sang des cordons ombilicaux au moment de la naissance. Des études de suivi menées auprès de nourrissons et d'enfants permettraient de déterminer s'il existe des rapports de cause à effet eu égard à l'exposition au mercure. Il pourrait être difficile d'effectuer des études rétrospectives des cas de paralysie cérébrale

relevés dans les secteurs préoccupants du Canada, et les résultats obtenus pourraient ne pas être concluants, mais il serait utile de fouiller la question pour vérifier l'existence d'une relation causale avec l'exposition au mercure. D'autres consultations de spécialistes de l'épidémiologie du mercure sont justifiées.

Intégration de l'évaluation des risques, de la gestion des risques et de l'information sur les risques

On continuera pendant des décennies encore à diffuser des avis sur la consommation de poisson dans certains secteurs préoccupants et certaines régions de l'intérieur des États et des provinces. Il faudrait néanmoins mettre au point des moyens novateurs et créatifs d'information sur les risques afin de réduire l'exposition au mercure par la consommation de poissons de pêche sportive et commerciale. Des avis diffusés récemment par les autorités de l'Ontario et d'États du bassin des Grands Lacs touchent la consommation de poissons de ces deux catégories (WDH/WDNR, 2002; Ontario Ministry of the Environment, 2002).

La méthylation du mercure varie beaucoup d'un lac à l'autre. Il faudrait inventorier les lacs dont les poissons et les autres espèces animales sont exposés à un risque élevé ou faible.

Les décisions en matière de gestion des risques et d'information sur les risques, qui découlent en toute logique des résultats de l'évaluation des risques, devraient tenir compte des bienfaits pour la santé de la consommation de poisson et d'autre gibier ainsi que des incidences négatives sur la santé que pourraient entraîner les tentatives visant à limiter cette consommation ou à modifier grandement les habitudes de consommation. Les avis visant à limiter la consommation pourraient non seulement produire des effets négatifs sur le plan nutritionnel, mais aussi contribuer à perturber les conditions socio-économiques et culturelles ainsi que le mode de vie, ce qui pourrait avoir d'autres répercussions néfastes sur la santé. L'équation de la gestion du risque devrait intégrer le contexte des activités de subsistance, en particulier chez les Autochtones. Il importe d'élaborer, en consultant les Premières nations, des méthodes de communication qui prennent en considération les préoccupations culturelles et socio-économiques. Il faudrait également renseigner sur les bienfaits de la consommation du poisson, en insistant sur les espèces qui en présentent le plus (la satisfaction des besoins en acides gras oméga 3 par exemple) et qui renferment le moins de substances toxiques.

Recommandations

Le groupe de spécialistes du mercure déjà mentionné a formulé des recommandations, auxquelles le CCSGL a donné son appui.

Le CCSGL présente les recommandations suivantes à la CMI.

- Il est recommandé que les Parties fassent appel à des techniques de modélisation et de suivi puissantes et à grande échelle pour estimer la contribution du mercure

provenant de sources précises émis dans l'atmosphère et ultérieurement transporté puis déposé dans les Grands Lacs. Il faut recueillir de l'information plus détaillée sur les émissions de mercure, y compris les différentes formes de mercure, pour affiner les estimations et mieux cibler les activités de réduction des concentrations dans les Grands Lacs.

- Il est recommandé que les Parties réduisent davantage les émissions de mercure, dont celles résultant de la combustion du charbon, étant donné que la teneur en mercure du poisson est encore supérieure au seuil des concentrations dangereuses pour la santé humaine et animale et parce que plus de 2 000 avis sur la consommation de poisson par rapport au mercure ont été diffusés aux États-Unis et en Ontario.
- Il est recommandé que les Parties mènent des études épidémiologiques prospectives et rétrospectives auprès des grands consommateurs de poisson et de leurs nourrissons dans les secteurs préoccupants et d'autres régions du bassin des Grands Lacs, afin de mieux comprendre les effets potentiels sur la neurologie associés au mercure et à des contaminants qui lui sont associés, comme les BPC.
- Il est recommandé que les Parties entreprennent des études des sédiments et des sols des rives dans les secteurs préoccupants où la teneur en mercure des poissons est élevée et où il existe ou existait des sources industrielles de mercure.

1.3.3 Membres du groupe de spécialistes du mercure

M. J. Milton Clark, Ph.D.
Environmental Protection Agency des États-Unis
Région 5, Chicago

M^{me} Donna Mergler, Ph.D.
Université du Québec à Montréal

M^{me} Laurie Chan, Ph.D.
Université McGill
Sainte-Anne-de-Bellevue (Québec)

M. Luke Trip
Senes Consulting, Ottawa

M. Christopher DeRosa, Ph.D.
Agency for Toxic Substances and Disease Registry
Atlanta (Géorgie)

M^{me} Annette Ashizawa, Ph.D.
Agency for Toxic Substances and Disease Registry
Atlanta (Géorgie)

M. Henry Anderson, M.D.
Ministère de la Santé et des Services familiaux du Wisconsin
Madison (Wisconsin)

1.4 LA COMMISSION MIXTE INTERNATIONALE ET LES DÉPÔTS ATMOSPHÉRIQUES :
INTRODUCTION

1.4.1 Contexte

La Commission mixte internationale (CMI) s'intéresse depuis longtemps au transport et au dépôt par voie atmosphérique de substances toxiques persistantes dans le bassin des Grands Lacs. Au début des années 1980, Steve Eisenreich et William Strachan, qui ont participé avec le Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs aux premières évaluations de ce type, ont déterminé qu'environ 90 % de la charge de BPC dans le lac Supérieur pouvait être d'origine atmosphérique. La charge de BPC dans les autres Grands Lacs pouvait, dans une proportion semblable, bien que moindre, avoir la même origine.

Dans son rapport de 1985, le Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs dressait la liste des 11 polluants critiques. Pour chacun de ces polluants, il existait des preuves ou encore de fortes présomptions voulant que l'atmosphère était l'un des moyens de transport privilégiés. Suite à ce rapport, trois des conseils consultatifs de la CMI – le Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs, le Conseil consultatif scientifique des Grands Lacs et le Conseil consultatif international sur la qualité de l'air (CCIQA) – ont commencé à produire le premier compte rendu binational des estimations des émissions pour les 11 polluants critiques. Le CCIQA a également tracé une carte du phénomène indiquant les régions atmosphériques en fonction du temps de

parcours des substances émises (un, trois ou cinq jours) vers les lacs. Ces travaux et d'autres ont mené, en 1987, à l'ajout de l'annexe 15, intitulée « Substances toxiques aéroportées », à l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs.

TABLEAU 1
Polluants critiques identifiés par le Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs

Biphényles polychlorés totaux (BPC)
DDT et métabolites
Dieldrine
Toxaphène
2,3,7,8-tétrachlorodibenzo-p-dioxine (2,3,7,8-TCDD)
2,3,7,8-tétrachlorodibenzofuranne (2,3,7,8-TCDF)
Mirex
Mercure
Plomb alkylé
Benzo-a-pyrène
Hexachlorobenzène

Source : CMI-CQEGL, 1985

TABLEAU 2
Estimation du pourcentage des charges dans les Grands Lacs attribuables au dépôt atmosphérique

Polluant	Lac Supérieur	Lac Michigan	Lac Huron	Lac Érié	Lac Ontario
DDT	97 ^a	98 ^a	97 ^a	22 ^a	31 ^a
Plomb	97 ^a ; 64 ^b ; 69 ^d	99 ^a	98 ^a	46 ^a	73 ^a
Mercure	73 ^d	> 80 ^j	k	k	k
BPC	90 ^a ; ~ 95 ^{bc} ; 82 ^d	58 ^a	78 ^a	13 ^a	7 ^a
PCDD/PCDF	~ 100 ^c ~ 80 ^f	50-100 ^f (PCDD) 5-35 ^e (PCDF) 88 ^f	86 ^f	~ 40 ^f	5-35 (PCDD) ^e < 5 (PCDF) ^e
Benzo-a-pyrene	96 ^a	86 ^a	80 ^a	79 ^a	72 ^a
Hexachlorobenzène	99 ^f	95 ^f	96 ^f	> 17 ^f	40 ^f
Mirex	k	k	k	k	~ 5 ^a

Références et notes : a) Strachan et Eisenreich (1988), pourcentages des apports totaux; b) Hoff *et al.*, (1996); c) perte nette de BPC dans l'atmosphère de 1 600 kg/an, total des apports non atmosphériques d'environ 70 kg/an; d) Dolan *et al.*, (1993); e) Pearson *et al.*, (1998); f) Cohen *et al.*, (1995); j) Mason et Sullivan (1997); k) aucune estimation n'a pu être trouvée

1.3
1.4

1.4.2 L'annexe 15 de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs (1987)

En vertu de l'annexe 15 ajoutée à l'Accord en 1987, les gouvernements du Canada et des États-Unis (les Parties) se sont engagés à effectuer de la recherche, de la surveillance et du contrôle ainsi qu'à mettre en oeuvre des mesures antipollution visant à réduire les dépôts atmosphériques de substances toxiques, particulièrement les substances toxiques persistantes, sur l'écosystème du bassin des Grands Lacs.

La recherche vise à déterminer le cheminement, le devenir et les effets des substances ainsi qu'à comprendre les phénomènes liés au dépôt humide et au dépôt sec, de même que les réactions avec la vapeur d'eau des substances toxiques. On cherche également à connaître les effets des substances toxiques persistantes prises séparément ou en synergie et à élaborer des modèles permettant d'établir l'importance des charges atmosphériques pour le système des Grands Lacs par rapport aux autres voies de cheminement ainsi que l'origine de ces substances à l'extérieur du système des Grands Lacs.

Les gouvernements fédéraux, des provinces et des États ont également convenu d'élaborer et d'adopter des programmes et des mesures pour éliminer les rejets de substances toxiques persistantes.

La création du Réseau de mesure des dépôts atmosphériques (RMDA) par le Canada et les États-Unis est une des initiatives issues de l'annexe 15. Ce réseau intégré tente de quantifier l'apport atmosphérique total et net de substances toxiques dans le système des Grands Lacs et de définir les tendances temporelles et spatiales des retombées atmosphériques.

1.4.3 Activités importantes menées depuis 1987 en vertu de l'annexe 15

En 1989, le CCIQA a dressé le premier inventaire des sources atmosphériques de polluants critiques (L. Smith et E. Voldner, « Production, Usage and Atmospheric Emissions of 14 Priority Toxic Chemicals »). Les auteurs du rapport ont conclu que des recherches plus vastes s'imposaient afin de recueillir l'information nécessaire sur les émissions atmosphériques et le dépôt ultérieur dans la région des Grands Lacs. Malgré les progrès accomplis en matière d'inventaire des émissions, des commentaires semblables pourraient être et ont été formulés récemment, plus d'une décennie plus tard, en ce qui concerne les contaminants de niveau I (qui sont pour une grande part les contaminants examinés dans le rapport de Smith et Voldner) et les contaminants de niveau II, qui sont actuellement visés par la liste de la Stratégie binationale relative aux toxiques.

Par la suite, le CCIQA a constaté, en examinant plusieurs modèles de transport et de dépôt des substances toxiques persistantes, que la qualité des estimations des dépôts dépendraient beaucoup des caractéristiques des émissions, de la connaissance que nous aurions des phénomènes



chimiques et physiques influant sur la durée de vie de celles-ci dans l'atmosphère et du soutien qui serait accordé à l'élaboration d'autres modèles.

En octobre 1993, le CCIQA concluait dans le rapport intitulé *Progress by the Parties in Completing an Inventory of Toxic Air Emissions and in Assessing Toxic Air Deposition in the Lake Superior Basin* que les inventaires des émissions à l'intérieur du bassin n'étaient pas adéquats à l'époque et que, par conséquent, l'élaboration d'autres modèles de dépôt atmosphérique n'était pas fondée.

Plus tard, la CMI constatait dans son *Septième rapport biennal sur la qualité de l'eau dans les Grands Lacs* (décembre 1993) que la recherche n'avait pas permis d'améliorer notre compréhension du cheminement, du devenir et des effets des substances toxiques aéroportées, comme le prescrit l'annexe 15. Plus précisément, un programme de recherche sur les phénomènes atmosphériques, les coefficients de transfert et les échanges gazeux s'imposait. L'étude du bilan massique du lac Michigan et d'autres initiatives allaient finalement combler en partie ce besoin, mais une grande recherche binationale coordonnée reste à être effectuée.

Le *Septième rapport biennal sur la qualité de l'eau dans les Grands Lacs* recommandait également que « les gouvernements fédéraux produisent des inventaires nationaux concertés relatifs aux émissions atmosphériques toxiques(...) Un groupe *binational* (c'est nous qui soulignons) doit être mis sur pied avec le mandat d'examiner, de coordonner et de proposer des moyens pour a) répertorier des exigences en matière de données; b) élaborer des lignes directrices et des échéanciers; c) déterminer les priorités; d) proposer des projets de recherche et coordonner leur mise en oeuvre. » On a réagi à cette recommandation au niveau régional en établissant un inventaire des émissions toxiques aéroportées des Grands Lacs; toutefois, la nécessité d'établir un inventaire caractérisant les sources importantes de dépôts atmosphériques dans les Grands Lacs a été dans une grande mesure oubliée au niveau bilatéral.

En avril 1996, le CCIQA s'est également interrogé par rapport à la déréglementation des services d'approvisionnement en électricité aux États-Unis. En ce qui concerne les

substances toxiques persistantes, il a déclaré qu'une augmentation des émissions de mercure attribuable à la déréglementation irait à l'encontre de l'engagement pris par les gouvernements des États-Unis et du Canada dans l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs à l'égard de la quasi-élimination de ces émissions. Le CCIQA allait davantage prendre en considération ces sources d'émissions dans ses travaux de modélisation du transport du mercure, qui sont décrits plus loin dans le présent rapport.

Dans le *Huitième rapport biennal sur la qualité de l'eau dans les Grands Lacs* (juin 1996), la CMI a également constaté qu'étant donné les progrès accomplis dans la réduction des apports de substances toxiques persistantes des effluents dans le bassin des Grands Lacs, la voie atmosphérique devenait plus importante. Cette observation s'inspirait des données sur les émissions de l'inventaire américain des rejets de substances toxiques et de l'Inventaire national des rejets de polluants du Canada. La CMI a également élargi son champ d'intérêt pour qu'il inclue « la majeure partie de l'Amérique du Nord, et parfois la Terre entière ».

1.4.4 Le modèle HYSPLIT de Mark Cohen

En mars 1995, le Groupe de travail sur la mise en oeuvre par les Parties du Conseil consultatif scientifique des Grands Lacs a été parmi les premiers intervenants à consulter un rapport de Commoner et Cohen intitulé *Quantitative Estimation of the Entry of Dioxins, Furans and Hexachlorobenzene into the Great Lakes from Airborne and Waterborne Sources* (Cohen *et al.*, 1996). Réaction directe à l'un des éléments de l'annexe 15, ce rapport représentait une première tentative de modélisation du dépôt atmosphérique de dioxine et des composés apparentés dans les lacs en provenance de différentes sources et catégories de sources partout aux États-Unis et au Canada.

Au cours de la même année, la CMI a également invité le CCIQA à travailler directement avec les conseils créés au titre de l'Accord (Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs, Conseil consultatif scientifique des Grands Lacs et Conseil des gestionnaires de la recherche des Grands Lacs) à l'établissement et à la mise à exécution des priorités biennales de la CMI concernant les Grands Lacs.

Dans les mois qui ont suivi, à titre de priorité, le CCIQA a demandé à M. Cohen de rendre compte de la pertinence des données, de l'information et des programmes disponibles dans les quatre domaines suivants qui sont essentiels pour une modélisation réussie du transport et du dépôt atmosphériques :

- propriétés physiques et chimiques des contaminants de niveau 1 visés par la Stratégie binationale relative aux toxiques (polluants critiques);
- inventaires des émissions de ces contaminants;
- disponibilité de modèles pouvant évaluer le transport et le dépôt atmosphériques;

- justesse des données de surveillance du milieu ambiant en vue de la comparaison avec les analyses des modèles.

Le travail de M. Cohen a confirmé que les contaminants de niveau 1 de la Stratégie binationale relative aux toxiques et les polluants critiques seraient sujets au transport et au dépôt atmosphériques. Mais la connaissance partielle des propriétés physiques et chimiques des substances, la qualité et l'étendue peu connues ou inconnues des inventaires des émissions aux États-Unis et au Canada, le faible soutien accordé aux tentatives de modélisation du transport et du dépôt de celles-ci et l'absence de certains des polluants critiques des programmes de surveillance de l'air ambiant limitaient gravement le nombre de contaminants dont le transport et le dépôt pouvaient être modélisés avec succès. M. Cohen a déterminé que la modélisation n'était possible que pour trois des contaminants de niveau 1 de la Stratégie binationale relative aux toxiques — la dioxine, le cadmium et le mercure.

Le CCIQA a par la suite retenu les services de M. Cohen pour qu'il affine davantage son application du modèle NOAA-HYSPLIT par rapport au transport et au dépôt atmosphériques de dioxine dans le bassin des Grands Lacs. Les résultats de ces travaux peuvent être trouvés dans *1997-1999 Priorités et progrès accomplis dans le cadre de l'Accord sur la qualité de l'eau dans les Grands Lacs* de la CMI et sont décrits davantage dans le rapport *1999-2001 Priorités et progrès accomplis dans le cadre de l'Accord sur la qualité de l'eau dans les Grands Lacs*. Les sorties de modèle ont montré que la dioxine aéroportée de sources lointaines représente une part importante de la charge totale des lacs, particulièrement le lac Supérieur, et a permis de définir les secteurs sources les plus importants. La figure 1 est une des nombreuses représentations de l'apport des sources locales et lointaines de dioxine en ce qui concerne les dépôts atmosphériques dans le lac Supérieur. Pour obtenir beaucoup plus de précisions sur ce processus de modélisation, on peut consulter le rapport de 1997-1999 et un article récent (Cohen *et al.*, 2002).

Dans son *Dixième rapport biennal sur la qualité de l'eau dans les Grands Lacs* (juillet 2000), la CMI recommandait de repérer les autres sources (tant à l'extérieur qu'à l'intérieur du bassin) de dépôts atmosphériques de substances toxiques persistantes dans les Grands Lacs. Elle préconisait également d'ajouter la dioxine et le mercure à l'ensemble des contaminants étudiés aux sites de surveillance du Réseau de mesure des dépôts atmosphériques dans le bassin des Grands Lacs.

1.4.5 Le CCIQA et le rapport *1999-2001 Priorités et progrès accomplis dans le cadre de l'Accord sur la qualité de l'eau dans les Grands Lacs*

La partie du CCIQA dans le rapport *1999-2001 Priorités et progrès accomplis dans le cadre de l'Accord sur la qualité de l'eau dans les Grands Lacs* précisait davantage l'estimation de l'impact des sources lointaines de dioxine sur les

lacs. On y trouvait une représentation de la forme de cet impact (dépôts humides et secs) ainsi qu'une comparaison des estimations du modèle et d'un nombre limité de mesures disponibles de la dioxine présente dans le milieu ambiant. Le CCIQA a également recommandé d'autres améliorations aux inventaires des émissions de ce contaminant, particulièrement dans le cadre de l'Inventaire des émissions atmosphériques de toxiques dans le bassin des Grands Lacs, de même que l'inclusion des estimations d'émissions produites par l'incinération domestique des déchets.

Le CCIQA a parrainé deux ateliers au cours desquels on a examiné en collaboration divers modèles et méthodes servant à déterminer le transport et la charge atmosphériques de substances toxiques persistantes par rapport à divers bassins hydrographiques importants. Il a conclu que, lorsque des données de bonne qualité sont disponibles sur les propriétés physiques et chimiques des contaminants et des émissions, de même que des données sur le milieu ambiant à des fins de vérification, les modèles actuels peuvent évaluer l'apport de plusieurs substances toxiques persistantes dans le bassin de Grands Lacs. Des inventaires adéquats des émissions sont cruciaux dans l'élaboration des modèles, et la qualité de ces inventaires doit être évaluée avant toute modélisation.

Les sorties modèles peuvent en outre donner une indication de l'importance relative de divers secteurs sources et de grandes sources particulières. Un examen de l'utilisation passée et actuelle des sols et l'emploi de modèles de volatilisation des pesticides visant à mieux décrire les dépôts de pesticides interdits sont également des approches qui méritent d'être prises en considération.

On a montré que le panache associé aux grands centres urbains renfermait des concentrations importantes de certaines substances toxiques persistantes, comme les BPC. Ainsi le panache de Chicago, surtout dans les mois d'été, renferme des quantités importantes de ce contaminant; ces quantités excèdent de beaucoup le total produit par les sources ponctuelles dans la région. Les estimations récentes laissent supposer que ces quantités équivalent à des centaines de kilogrammes par année comparativement au total estimé d'environ 30 kilogrammes par année produit par les sources ponctuelles.

On a montré que le panache associé aux grands centres urbains renfermait des concentrations importantes de certaines substances toxiques persistantes, comme les BPC. Ainsi le panache de Chicago, surtout dans les mois d'été, renferme des quantités importantes de ce contaminant; ces quantités excèdent de beaucoup le total produit par les sources ponctuelles dans la région.

Au nombre des mesures recommandées, citons d'autres travaux visant à caractériser les sources aréolaires, comme les décharges, les activités de séchage des boues des eaux usées et les parcs d'entreposage pour transformateurs qui se trouvent en milieux urbains dans le bassin et leur inclusion ultérieure dans les modèles à titre de sources.

Le CCIQA s'est dit préoccupé par le fait que les mesures prises à la station principale de Sleeping Dunes, au Michigan, du réseau de mesure des dépôts atmosphériques semblent sous-estimer, en raison de son emplacement relativement éloigné sur la rive est du lac Michigan, les concentrations de BPC et d'autres contaminants qui sont courants au-dessus du lac. L'ampleur de cette sous-estimation devrait être établi par un échantillonnage au-dessus du lac et l'application de modèles. Le CCIQA a aussi appuyé l'achèvement de l'étude du bilan massique du lac Michigan en ce qui concerne les voies de cheminement des BPC, du mercure, du trans-nonachlore et de l'atrazine ainsi que l'utilisation de cette approche pour d'autres contaminants toxiques persistants.

La CMI, dans son *Onzième rapport biennal sur la qualité de l'eau dans les Grands Lacs*, a souligné l'importance d'apporter les améliorations qui s'imposaient aux inventaires des émissions et de prolonger les activités de surveillance afin de parvenir à de meilleures estimations des panaches urbains et des autres apports.

1.5 LE GROUPE DE TRAVAIL SUR LE MERCURE DU CONSEIL CONSULTATIF INTERNATIONAL SUR LA QUALITÉ DE L'AIR / ATELIER SUR LE MERCURE ATMOSPHÉRIQUE : SCIENCE ET POLITIQUE, COMMISSION DE COOPÉRATION ENVIRONNEMENTALE – RESEARCH TRIANGLE PARK (CAROLINE DU NORD), DÉCEMBRE 2001

1.5.1 Introduction

Le CCIQA et le Groupe de travail sur le mercure de la Gestion rationnelle des produits chimiques de la Commission de coopération environnementale ont parrainé en collaboration deux ateliers sur le mercure dans les dernières années. Le premier, qui faisait le tour de l'état des connaissances scientifiques sur le mercure, s'est tenu à Las Vegas (Nevada) en octobre 1998. L'atelier a réuni des scientifiques des États-Unis, du Canada et du Mexique qui se sont penchés sur les émissions, l'air ambiant et les dépôts en relation avec les diverses formes de mercure ainsi que sur les conséquences pour la santé des êtres humains et des écosystèmes. Les participants ont recommandé l'amélioration des mesures du mercure aux sources et dans les écosystèmes, des modèles atmosphériques et des communications entre le milieu scientifique et les responsables politiques en ce qui concerne la planification et l'obtention de réductions additionnelles des émissions anthropiques.

En vue de répondre à ces besoins, d'éminents scientifiques et les responsables politiques des États-Unis, du Canada et du Mexique se sont réunis au Research Triangle Park (Caroline du Nord) en décembre 2001 pour un atelier sur les aspects scientifiques et politiques liés au mercure atmosphérique.

Les participants à l'atelier ont passé en revue les estimations des émissions de mercure à l'échelle mondiale et dans les trois pays ainsi que les activités de surveillance continentale, y compris les dépôts humides, les concentrations dans l'air ambiant et les estimations connexes des dépôts secs. L'utilisation de ces données dans des modèles de transport atmosphérique du mercure à l'échelle mondiale, continentale et régionale a été examinée, et la nécessité de caractériser rigoureusement les sources naturelles de mercure a été mise en relief.

Les participants ont constaté la faible mais néanmoins importante contribution anthropique mondiale aux charges de mercure qu'on retrouve en Amérique du Nord et ont de nouveau souligné la nécessité de mener des études courantes et spécialisées plus poussées sur les sources, les concentrations dans l'air ambiant et les mesures des dépôts secs et humides.

La réunion a amené le CCIQA et le Groupe de travail sur le mercure de la Gestion rationnelle des produits chimiques de la Commission de coopération environnementale à faire des observations et à formuler des recommandations touchant plusieurs domaines.

1.5.2 Sources

Même si on n'a pas observé de fluctuations importantes des inventaires des émissions de mercure à l'échelle mondiale au cours des dernières années, on a constaté des changements pour ce qui est des principales sources et de leur position géographique.

Les inventaires mondiaux de Pacyna et Pacyna (figure 2) ne semblent révéler aucun changement pour ce qui est de la quantité totale de mercure de sources anthropiques rejetée dans l'atmosphère, qui a été estimée à 2 000 tonnes par année à l'échelle mondiale entre 1990 et 1995. En 1995, les émissions européennes et nord-américaines ont diminué, alors que les émissions asiatiques ont augmenté de plus de 25 %, ce qui serait apparemment dû dans une grande mesure à la combustion accrue de charbon en Chine.

Même si les sources naturelles jouent nettement un rôle, qui est toutefois imprécis, **les sources anthropiques continueront d'être responsables de la majeure partie des émissions totales. Il faut donc continuer énergiquement de réduire les émissions de mercure d'origine anthropique.**

Les inventaires des émissions, particulièrement sur le plan de l'étendue et de l'assurance de la qualité des données recueillies, semblent manquer de portée ainsi que de rigueur et de transparence.

1.5.3 Transport et dépôt

Il est évident que des recherches plus approfondies s'imposent afin de mieux comprendre la cinétique atmosphérique complexe et la chimie du mercure, les interactions avec les autres polluants et espèces et l'impact ultérieur sur les processus de transport et de dépôt.

Une approche écosystémique / fondée sur le un bilan massique est nécessaire pour repérer les sources et suivre le déplacement du mercure à l'intérieur de l'écosystème, y compris son entrée et sa concentration ultérieure dans le réseau trophique.

1.5.4 Surveillance

L'établissement de sites de surveillance de base, où on prendra des mesures des concentrations de toutes les espèces chimiques pertinentes à toutes les phases pertinentes, une couverture spatiale complète, l'uniformisation accrue des protocoles d'échantillonnage et d'analyse ainsi

1.4
1.5

que du choix et de l'application des données météorologiques et l'amélioration de l'assurance et du contrôle de la qualité d'ensemble sont toutes des activités nécessaires. Il faut améliorer et poursuivre la surveillance des paramètres nécessaires à l'estimation des dépôts secs afin de comprendre parfaitement la charge de mercure dans l'environnement. La surveillance à proximité des sources est nécessaire pour mieux comprendre la chimie des panaches émis. L'accroissement de la couverture spatiale et temporelle des activités de surveillance, surtout dans l'eau et au-dessus de l'eau et en aval des régions urbaines, est un besoin qui a été cerné.

On doit continuer de déterminer les concentrations de mercure chez les poissons d'eau douce et envisager une surveillance plus étendue des poissons marins et des autres fruits de mer.

1.5.5 Modélisation

L'élaboration de modèles à l'échelle de continents et de vastes régions doit prendre davantage en considération l'apport des sources mondiales aux réservoirs de mercure intérieurs. Il faudrait poursuivre la comparaison des modèles et de leurs sorties.

1.5.6 Politiques

L'impact du mercure sur la santé humaine restera le facteur déterminant des initiatives locales, régionales et mondiales de lutte contre les émissions de mercure. Les décideurs doivent évoluer dans un contexte d'incertitude, alors que les scientifiques doivent veiller constamment à réduire cette incertitude et, dans la mesure du possible, parvenir à un consensus prudent avant de discuter avec les décideurs.

Les inventaires des émissions de mercure (sources anthropiques et naturelles), les apports mondiaux ainsi que les mécanismes de dépôt humide et sec sont au nombre des nombreux aspects qui doivent être mieux définis et caractérisés. Les inconnues qui entourent ces questions pourraient entraver davantage les interventions en matière de politiques. Une certaine forme de consensus au sein de la communauté scientifique quant à la gestion de ces inconnues serait très utile pour l'élaboration des politiques.

Un dialogue soutenu entre les scientifiques et les responsables de l'élaboration des politiques au sein des organismes environnementaux est considéré comme crucial pour l'avancement des connaissances et la conception de politiques pertinentes et adaptées aux besoins.

1.5.7 Recommandations issues de l'atelier

Les trois pays, le Canada, les États-Unis et le Mexique, doivent continuer de mettre l'accent sur la réduction des

émissions de mercure de source anthropique en alliant judicieusement les programmes volontaires et les programmes réglementaires.

Un engagement à long terme s'impose pour l'amélioration de la qualité, de la comparabilité et de la portée des mesures des sources de mercure et des concentrations dans le milieu ambiant, y compris les concentrations dans certains biotes et la disponibilité de données météorologiques adéquates, de même qu'à l'égard du soutien qui doit être accordé aux travaux de modélisation connexes.

Les programmes canadiens et américains de mesure de la teneur en mercure des poissons d'eau douce destinés à la consommation humaine doivent se poursuivre et il faut améliorer les mesures actuelles des ressources alimentaires de la mer. Un soutien devrait être accordé au Mexique pour la mise au point et le maintien de tels programmes.

Les spécialistes de la modélisation devraient dresser une liste exhaustive des besoins en matière de mesure du mercure qui sont au coeur de l'évaluation et du perfectionnement des modèles, en tentant parallèlement de rendre compte, suivant le cas, des charges mondiales dans leurs estimations, particulièrement de l'apport des voies d'entrée transpacifiques et transarctiques au réservoir de mercure nord-américain. Ces améliorations sont nécessaires pour qu'il soit possible de prévoir et ensuite de confirmer l'efficacité des mesures antipollution.

Les entités scientifiques et stratégiques des organismes gouvernementaux doivent dialoguer davantage de façon à ce que les politiques élaborées s'appuient sur les données scientifiques les plus récentes et les plus solides.

Il faut continuer d'étudier les effets possibles du mercure sur la santé humaine afin de disposer d'une information récente et pertinente et de viser à réduire davantage les émissions de mercure de sources anthropiques.

Le Canada, les États-Unis et le Mexique doivent maintenir leur approche concertée et l'améliorer dans la mesure du possible par des programmes techniques conjoints en ce qui concerne tous les aspects de la recherche et de l'élaboration des politiques qui se rapportent au mercure.

Le dialogue sur le mercure entre la CMI et la Commission de coopération environnementale doit être maintenu et il faut profiter des possibilités d'interaction avec les autres organismes internationaux et intergouvernementaux, comme celles qui résultent de l'Évaluation mondiale du mercure du Programme des Nations Unies pour l'environnement.

On peut se procurer le compte rendu complet de l'atelier au Bureau régional des Grands Lacs de la CMI ou aux bureaux de la Commission de coopération environnementale.

1.6.1 Introduction

La contamination par le mercure est de plus en plus reconnue comme une question environnementale névralgique dans de nombreuses régions du monde, et le bassin des Grands Lacs ne fait pas exception. En plus de susciter d'importantes questions de santé publique, qui sont traitées ailleurs dans le présent document, cette contamination a également des répercussions économiques de fond. La présence de substances toxiques persistantes chez les poissons d'eau douce et de mer s'est traduite par l'interdiction de consommer diverses espèces. Comme le montre la figure 3, le nombre accru d'avis concernant des plans d'eau particuliers est attribuable à l'augmentation des concentrations de mercure. À mesure qu'on limite la consommation de nombreuses espèces d'eau douce et de mer qui remplissent un rôle important sur le plan économique et récréatif, l'impact économique de telles restrictions se fait de plus en plus sentir.

Les dépôts atmosphériques sont une voie d'entrée importante du mercure et, dans bien des cas, la principale voie d'entrée dans de nombreux écosystèmes. Les données disponibles semblent indiquer que cela est effectivement le cas dans les Grands Lacs. Le calcul du bilan massique pour le lac Michigan (Mason et Sullivan, 1997) et le lac Supérieur (Dolan *et al.*, 1993) indique que les dépôts atmosphériques constituent environ 75 % de la charge globale de mercure dans ces lacs.

Fort de son expérience de la modélisation des sources et de l'apport de dioxine dans le bassin des Grands Lacs, le CCIQA a convenu que sa contribution au titre des priorités biennales de la CMI (2001-2003) relatives aux Grands Lacs consisterait à tenter de modéliser le transport du mercure provenant de sources continentales et les dépôts atmosphériques dans le bassin.

Justification

Plusieurs travaux de modélisation liés au mercure ont été effectués en Amérique du Nord (Bullock *et al.*, 1998; Bullock et Brehme, 2002; Dvonch *et al.*, 1998; Lin *et al.*, 2001; Pai *et al.*, 1997; Seigneur *et al.*, 2001; Shannon et Voldner, 1995; Xu *et al.*, 2000a, b, c), mais aucun ne présente de relations source-récepteur détaillées pour les Grands Lacs, comme le préconise l'annexe 15 de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs. Au cours du cycle des priorités biennales 1997-1999 de la CMI, le CCIQA s'est concentré sur l'application du modèle NOAA-HYSPLIT au transport et au dépôt dans le bassin des Grands Lacs des polychlorodibenzo-p-dioxines (PCDD) et des polychlorodibenzofurannes

(PCDF) en provenance de partout au Canada et aux États-Unis (1997-1999 *Priorités et progrès accomplis dans le cadre de l'Accord sur la qualité de l'eau dans les Grands Lacs*, 1999).

Outre la dioxine, le modèle NOAA-HYSPLIT a été abondamment évalué dans des simulations du transport et du dépôt d'une diversité de composés et de contaminants, et on a démontré qu'il pouvait produire des sorties et des estimations qui se comparaient favorablement avec les mesures dans le milieu ambiant et d'autres données semblables (Cohen *et al.*, 1997; Draxler et Hess, 1998; Draxler, 1991, 2000; Stein *et al.*, 2000; Rolph *et al.*, 1992, 1993; McQueen et Draxler, 1994; Draxler *et al.*, 1994). L'analyse par modélisation de la dioxine a également donné des résultats compatibles avec les mesures dans le milieu ambiant (Cohen *et al.*, 2002). L'un des principaux avantages de cette méthode est qu'elle permet d'obtenir, lorsque les données complémentaires adéquates sont disponibles, particulièrement des inventaires des émissions de bonne qualité, des relations source-récepteur exceptionnellement détaillées.

Lorsqu'on envisage d'utiliser le modèle de transport atmosphérique NOAA-HYSPLIT afin de déterminer les sources importantes de dépôt de mercure dans le bassin des Grands Lacs, il faut tenir compte de plusieurs questions liées à la nature même du mercure.

Nature du contaminant

Nombre d'espèces mercurielles ont une incidence environnementale. On sait toutefois relativement peu de chose sur la différenciation de ces espèces dans l'atmosphère. En règle générale, les scientifiques classent néanmoins le mercure atmosphérique en trois grandes catégories (Schroeder et Munthe, 1998); le tableau 3 présente quelques renseignements sur le comportement du mercure de ces trois classes dans l'atmosphère.

Mercure élémentaire Hg⁰

Le mercure élémentaire est simplement du mercure sous forme atomique. En raison de sa solubilité limitée, comme le montre la valeur de la constante de la loi de Henry, seules de petites quantités sont dissoutes en gouttes d'eau atmosphériques et, étant donné sa volatilité relative, il est peu adsorbé à la surface des particules d'aérosol. Dans l'atmosphère, on le trouve donc principalement en phase gazeuse et, à la plupart des endroits, surtout ceux situés à une certaine distance de sources importantes d'émissions, la majorité du mercure atmosphérique (~ 95 %) se présente sous cette forme.

TABEAU 3

Concentrations typiques de mercure dans l'air ambiant et temps de séjour des espèces mercurielles dans l'atmosphère

	Concentrations ng/m ³	Constante de la loi de Henry	Échelles temporelle et spatiale
Mercure élémentaire : – Hg ⁰	1 – 3	0,3	Durée de vie planétaire : des mois à une année
Mercure bivalent (p. ex. HgCl ₂)	0,01 – 0,1	0,00004	Durée de vie locale/régionale : ~ 1 – 10 jours
Mercure particulaire – Hg(p)	0,01 – 0,1	–	Durée de vie locale/régionale : ~ 1 – 10 jours

Mercure oxydé Hg(II)

En phase gazeuse, cette forme de mercure est souvent appelée mercure gazeux réactif. On sait peu de choses des espèces qui composent le réservoir de mercure oxydé dans l'atmosphère, mais le chlorure de mercure (HgCl₂) est une espèce probablement importante. Cette forme de mercure se définit dans une certaine mesure par son comportement dans les appareils de mesure et par son hydrosolubilité et/ou sa volatilité moindre ou sa relative adhérence à certaines surfaces. Le mercure oxydé existe surtout en phase gazeuse et dans les gouttes d'eau atmosphériques (là où elles sont présentes). Il a aussi une affinité pour la suie dans l'atmosphère et il peut être adsorbé à sa surface; il peut également être associé à cette substance, surtout dans les gouttelettes aqueuses. Le mercure oxydé ne représente qu'un faible pourcentage du mercure total dans l'atmosphère.

Mercure particulaire Hg(p)

On sait peut-être encore moins de choses des espèces qui composent le réservoir de mercure particulaire dans l'atmosphère. Cette forme de mercure est également définie comme la quantité de mercure qui est combiné à des particules dans l'atmosphère. Il ne s'agit pas de particules de mercure distinctes, mais plutôt d'espèces mercurielles qui se trouvent à l'intérieur et à la surface de particules atmosphériques. L'oxyde de mercure (HgO) pourrait être une espèce importante de mercure particulaire, mais ce n'est pas une certitude. En moyenne, le mercure particulaire est probablement moins biodisponible après s'être déposé dans les écosystèmes. Comme le mercure oxydé, cette forme de mercure ne représente habituellement qu'une petite proportion de la concentration totale de mercure atmosphérique mesurée à la plupart des endroits.

Interactions entre les espèces mercurielles et les autres constituants de l'atmosphère

La chimie atmosphérique du mercure est complexe (Ryaboshapko *et al.*, 2002, 2003; Schroeder *et al.*, 1991; Lin et Pehkonen, 1999). Chacune des trois formes précédentes

de mercure a un comportement qui diffère selon qu'elle se présente sous la forme d'un dépôt humide ou d'un dépôt sec, et tout modèle atmosphérique réaliste doit prendre en considération les possibilités d'interconversion de ces formes.

Le mercure élémentaire en phase gazeuse peut être oxydé en Hg(II) par plusieurs agents, y compris l'ozone (O₃) (Hall 1995), le peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) (Tokos *et al.*, 1998), le chlore (Cl₂), (Calhoun et Prestbo, 2001) et le radical hydroxyle (OH) (Sommar *et al.*, 2001). En phase aqueuse, (p. ex. gouttelettes de nuage), il peut être oxydé par plusieurs espèces oxydantes différentes, y compris l'O₃ (Munthe 1992), le HO[•] (Lin et Pehkonen, 1997), l'acide hypochloreux (HOCl), et l'ion hypochlorite (OCl⁻) (Lin et Pehkonen, 1998).

Il semble également que d'importantes réactions d'oxydation hétérogènes à médiation halogène jouent un rôle très appréciable dans le phénomène d'appauvrissement du mercure à la levée du soleil polaire (Lindberg *et al.*, 2002). Les mesures de concentrations relativement élevées de Hg(II) à de hautes altitudes (Landis 2001) laissent supposer que ces réactions ou des réactions semblables pourraient être importantes dans l'atmosphère supérieure, mais cette possibilité doit être examinée davantage.

En outre, le mercure bivalent Hg(II) peut être converti en mercure élémentaire (Hg⁰) par l'acide sulfureux (HSO₃⁻), qui est formé en quantités tributaires du pH à partir de dioxyde de soufre dissous (SO₂). On pensait jusqu'à dernièrement que le radical hydroperoxyde (HO₂) réduisait également le Hg(II), mais les analyses récentes de Gardfeldt et Jonnson (2003) ont révélé que cette réaction pourrait être beaucoup moins importante qu'on l'avait d'abord cru.

Le comportement chimique de Hg(p) n'est pas bien compris. Ainsi, on ne sait pas au juste quelle est l'étendue de sa dissolution lorsque la particule devient une gouttelette, et la solubilité présumée varie selon les divers modèles de chimie atmosphérique. De plus, on sait qu'il y a adsorption/désorption entre le Hg(II) dissous et les surfaces de suie



dans une gouttelette, (Seigneur *et al.*, 1998), mais la relation des espèces de Hg(II) et de Hg(p) adsorbés n'a pas été précisée. Le modèle NOAA-HYSPLIT supposait que le Hg(p) est insoluble, mais que le Hg(II) formait des complexes réversibles avec la suie dans les gouttelettes aqueuses.

Émissions : spéciation et transformations ultérieures

On pense que la plupart des émissions naturelles ou des réémissions de mercure déposé antérieurement renferment surtout du mercure élémentaire (p. ex. Schroeder et Munthe, 1998; Scholtz *et al.*, 2003; Gustin 2003). Les émissions provenant de nombre des sources anthropiques actuelles qui sont importantes, comme les centrales électriques au charbon ou les incinérateurs d'ordures municipales ou médicales, renferment souvent un mélange des trois formes de mercure. Une estimation de la proportion des diverses formes par rapport aux différents types de source sera présentée plus loin lorsqu'il sera question de données particulières sur les émissions.

Comme on le sait déjà, chacune des formes précédentes de mercure peut se transformer en l'autre forme dans l'atmosphère. Puisque ces réactions sont relativement prolongées et compte tenu du fait que le dépôt humide et sec du mercure élémentaire est un processus relativement inefficace, on pense que la durée de vie dans l'atmosphère de Hg⁰ est de l'ordre de 0,5-1 an (p. ex. Tokos *et al.*, 1998) ce qui permet une distribution mondiale de ces espèces mercurielles. On trouve dans le monde entier des concentrations de fond d'environ 1,5 à 2,5 ng/m³ dues à cette circulation planétaire, même en l'absence de sources locales.

Les autres formes de mercure sont plus facilement sujettes aux mécanismes de dépôt humide et de dépôt sec et leur durée de vie dans l'atmosphère est généralement de quelques jours à quelques semaines. Les émissions de ces formes de mercure ont donc généralement davantage de répercussions locales et régionales.

Étant donné le comportement différent des diverses espèces mercurielles pour ce qui est de leur dépôt, il est crucial de posséder de bonnes estimations des quantités de chaque forme émise par chacune des sources (c.-à-d. des inventaires

des émissions selon les espèces) et de la vitesse des mécanismes d'interconversion, qui varient d'un endroit à l'autre et avec le temps dans l'atmosphère. Ces mécanismes dépendent d'un certain nombre de facteurs, y compris notamment de la présence et des concentrations d'autres composés dans l'atmosphère ayant la capacité d'oxyder ou de réduire le mercure.

Il importe également que les programmes de surveillance de l'air ambiant visent à mesurer chacune des différentes formes de mercure, mais de telles mesures sont très rares. Cette lacune est une des nombreuses raisons qui nous empêchent de bien comprendre les phénomènes liés au mercure atmosphérique.

Modèle conceptuel des dépôts atmosphériques de mercure

Le modèle conceptuel qui se dégage en ce qui concerne les dépôts atmosphériques de mercure dans le bassin des Grands Lacs (et autres plans d'eau) peut se résumer comme suit (voir par exemple Vette *et al.*, 2002) :

- Les formes Hg(II) et Hg(p) l'emportent généralement pour ce qui est des dépôts secs et des dépôts humides.
- Un certain nombre de processus de conversion surviennent dans le lac et une partie du mercure déposé est par la suite transformé en méthylmercure, l'espèce la plus importante sur le plan environnemental; celui-ci peut alors s'introduire dans l'écosystème par bioaccumulation.
- Dans le lac, une certaine quantité de mercure - qu'on pense être en grande partie du Hg⁰ (Vette *et al.*, 2002) - réside dans la colonne d'eau sous forme dissoute ou combinée à des sédiments en suspension.
- Une partie du mercure déposé dans le lac s'incorpore aux sédiments; elle peut y rester ou se remettre en suspension ou s'introduire dans le réseau trophique, après sa conversion en méthylmercure par les bactéries présentes dans les sédiments.
- Une partie du mercure élémentaire - et potentiellement une petite quantité de méthylmercure (Rolfhus *et al.*, 2003) - qui se trouve dans le lac peut se volatiliser à la surface du lac et être transportée dans l'atmosphère vers d'autres endroits, ce qui représente une perte de mercure pour le plan d'eau.
- On pense que cette volatilisation ou cet échange du Hg⁰ à la surface du lac serait comparable au phénomène subi par les BPC et les autres polluants semi-volatils; la direction et l'ampleur du flux net dépendront de la température de l'eau et de l'air, de la vitesse du vent et d'autres variables météorologiques et aquatiques ainsi que des concentrations relatives de mercure dans le lac et dans l'air au-dessus du lac.

- Les estimations faites pour le lac Michigan (Vette *et al.*, 2002; Landis et Keeler, 2002), qui se fondent sur les mesures prises dans l'étude du bilan massique pour le lac Michigan, semblent indiquer que le flux net de mercure élémentaire Hg^0 au cours de l'étude avait une direction ascendante (c.-à-d. à partir du lac), ce qui est peut-être aussi le cas à l'heure actuelle.
- Dans l'ensemble, on peut penser que le mercure qui se trouve dans les lacs correspond à des dépôts secs et humides sous la forme d' $Hg(II)$ et d' $Hg(p)$ et qu'une partie de celui-ci se volatilise de nouveau vers le haut sous la forme d' Hg^0 ; lorsque le dépôt est supérieur à la quantité de mercure qui est volatilisé de nouveau, les concentrations de mercure dans l'écosystème lacustre augmentent, et vice-versa.

1.6.2 Méthode de modélisation

Modèle de transport et de dispersion atmosphériques

Le modèle NOAA-HYSPLIT_4 (modèle hybride à intégration lagrangienne de la trajectoire d'une seule particule, version 4) (Draxler et Hess, 1998), renforcé par une procédure d'interpolation spatiale et chimique (Cohen *et al.*, 2002), a été utilisé pour évaluer les relations entre sources et récepteurs. Pour cette application du modèle HYSPLIT, on a considéré que des bouffées du polluant étaient émises par chacune des sources considérées. On a ensuite simulé l'advection et la dispersion subséquentes de ces bouffées en alimentant le modèle avec des données météorologiques. Tous les résultats produits pendant une année complète (1996) par le modèle à grilles emboîtées de la NOAA (Rolph, 1997) ont été utilisés pour les simulations portant sur une durée de un an. En ce qui concerne ces données, la résolution horizontale était de 180 km, la résolution temporelle était de 2 heures, et il y avait 11 niveaux verticaux jusqu'à une altitude de 6 000 mètres.

Il ne fait pas de doute que l'emploi de données météorologiques de meilleure résolution accroîtrait la précision de la simulation, surtout pour ce qui est de la prédiction des concentrations et du dépôt en tel ou tel lieu (p. ex. dans le cadre des évaluations du modèle décrites ci-dessous). Cependant, il est peu probable que l'utilisation de données météorologiques mieux résolues change de manière significative les estimations du dépôt global ainsi que des relations entre sources et récepteurs établies ici pour les Grands Lacs. Cette hypothèse pourrait être confirmée par des travaux ultérieurs faisant appel à ce type de données, auquel on a accès depuis peu.

Récemment, le modèle HYSPLIT_4 a été utilisé pour simuler le devenir des dioxines dans l'atmosphère et leur transport vers les Grands Lacs (Cohen *et al.*, 2002), et nombre des modifications apportées au modèle pour les besoins de cette étude ont été conservées dans l'application décrite ici. On a incorporé plusieurs changements et ajouts concernant spécifiquement le mercure au modèle pour effectuer cette

Le mercure, comme d'autres polluants, peut également être soumis au phénomène de dépôt sec, c'est-à-dire être transporté jusqu'à la surface de la Terre par dispersion atmosphérique, pour ensuite adhérer en partie à différents éléments tels que l'eau, les végétaux et les édifices.

analyse, dont le plus important avait trait au traitement de la chimie atmosphérique.

Simulation de la chimie du mercure dans l'atmosphère

Dans le cas des dioxines, le module chimie de la modélisation ne prenait en compte qu'une réaction en phase gazeuse avec les radicaux OH ainsi que la photolyse en phases gazeuse et particulaire; de plus, on partait du principe qu'il ne se produisait pas de conversion d'un congénère à un autre. Cependant, pour simuler de façon adéquate la chimie du mercure dans l'atmosphère, une analyse plus fine est nécessaire.

Le schéma des équilibres et des réactions chimiques du mercure utilisé pour cette application est semblable à celui qu'on utilise actuellement dans d'autres modèles du mercure atmosphérique (p. ex. Ryaboshpko *et al.*, 2002, 2003); on en donne un aperçu à la figure 4.

On a évalué les concentrations ambiantes de O_3 , de SO_2 et de particules de suie de même que le pH et la concentration aqueuse de Cl d'après les données sur les conditions ambiantes; on a estimé les concentrations d'autres réactifs clés (OH, Cl_2 , etc.) en se basant sur d'autres méthodes empiriques.

Simulation du dépôt sec et du dépôt humide du mercure atmosphérique

Comme on l'a déjà mentionné, le mercure élémentaire n'est que très faiblement soluble dans l'eau; il n'est donc pas efficacement déposé par voie humide. Par conséquent, dans les dépôts humides, le mercure est principalement sous forme oxydée ou particulaire. Le mercure, comme d'autres polluants, peut également être soumis au phénomène de dépôt sec, c'est-à-dire être transporté jusqu'à la surface de la Terre par dispersion atmosphérique, pour ensuite adhérer en partie à différents éléments tels que l'eau, les végétaux et les édifices. En plus de ce mouvement descendant par lequel se fait le dépôt sec, il existe aussi, de façon générale, un flux ascendant de mercure à partir du sol et des plans d'eau (sources naturelles et dépôts antérieurs d'origine humaine).

L'importance de ces composantes descendante et ascendante l'une par rapport à l'autre varie selon le moment, le lieu et, habituellement, les formes de mercure. Les scientifiques

s'entendent en général pour dire que, dans la plupart des endroits, la composante ascendante des flux d'échange de Hg(II) et de Hg(p) à la surface est plutôt négligeable (c'est-à-dire que, pour ces deux formes, le flux net est presque toujours dans la direction du dépôt, donc vers le bas; par conséquent, à des fins de simplification, on choisit, avec raison, de ne pas tenir compte du flux ascendant de ces deux espèces). C'est l'approche qui a été privilégiée dans la modélisation du mercure atmosphérique dont il est question ici : seuls les flux descendants de Hg(II) et de Hg(p) ont été pris en compte par le modèle.

De plus, pour simplifier le processus de dépôt, on a eu recours à diverses méthodes, dont celle de Bullock (2002) : on a formulé l'hypothèse que le dépôt total de mercure *élémentaire* imputable aux émissions anthropiques directes était plus ou moins contrebalancé par la volatilisation des dépôts antérieurs de mercure *élémentaire* provenant de sources naturelles et anthropiques. Autrement dit, on a posé en principe que le dépôt net de mercure *élémentaire* était nul. Un traitement plus fin de ces phénomènes serait sans contredit avantageux; malheureusement, la compréhension limitée qu'on a des processus en jeu et le manque de données de mesure pour évaluer la justesse des estimations empêchent d'inclure ces phénomènes dans les analyses. Quoi qu'il en soit, comme on en discutera plus loin, la capacité de ce modèle et d'autres à expliquer les concentrations ambiantes et le dépôt de mercure prouve que cette approche simplifiée concorde dans une mesure raisonnable avec la circulation globale nette du mercure élémentaire entre l'atmosphère et la surface de la Terre.

Seul le dépôt *direct* à la surface des lacs a été estimé dans cette analyse par modèle. Les retombées atmosphériques *indirectes*, soit le mercure déposé dans le bassin d'un lac donné et subséquemment transporté jusqu'à ce dernier, n'ont pas été évaluées dans le cadre de la modélisation. Le bassin des Grands Lacs est plus petit, par rapport à l'étendue de ces nappes d'eau, que celui de bien d'autres lacs; il est donc probable que les Grands Lacs reçoivent, toutes proportions gardées, moins de mercure par voie indirecte que nombre d'autres lacs.

Comme les mesures de l'apport aux lacs par les eaux de ruissellement et les affluents demeurent peu nombreuses, on ne peut estimer que très approximativement la charge de mercure parvenant aux Grands Lacs par voie indirecte. Qui plus est, il est difficile de distinguer la part de cette contribution indirecte qui est attribuable au dépôt atmosphérique de celle qui est liée aux rejets directs dans les affluents ou aux sources naturelles de mercure dans l'écosystème. D'après des mesures faites en 2000, Rolffhus *et al.* (2003) ont évalué l'apport total des affluents au lac Supérieur à environ 27 % de la charge totale reçue par ce lac. Landis et Keeler (2002) estiment, en se basant sur des mesures relevées en 1994-1995, que l'apport des affluents au lac Michigan représente 16 % de la charge totale dont celui-ci écope. Une fraction de l'apport des effluents serait attribuable aux retombées atmosphériques indirectes, mais on n'arrive pas à la quantifier. Le projet METAALICUS, que l'on présente à la section 1.4

du présent rapport, a pour objectif d'essayer d'améliorer la compréhension de ces processus. Les connaissances que ce projet permettra d'acquérir devraient autoriser des estimations plus précises de la part prise par ces phénomènes dans les Grands Lacs.

Méthode d'évaluation des relations entre sources et récepteurs

On a mis au point une méthode pour établir des relations entre les principales sources ponctuelles et étendues de mercure au Canada et aux États-Unis, d'une part, et le dépôt subséquent de ce contaminant dans le bassin des Grands Lacs, d'autre part; elle consiste à utiliser une procédure d'interpolation (Cohen *et al.*, 2002) pour établir avec précision les relations entre les sources et les récepteurs. Aux fins de cette analyse, on a procédé à une modélisation explicite par HYSPLIT des émissions d'un nombre limité de sources sélectionnées. L'incidence d'une source quelconque sur les Grands Lacs a été évaluée sur la base de la moyenne pondérée des effets calculés par modélisation explicite pour les quatre sources les plus près de la source considérée.

Afin de prendre en compte les proportions variables des différentes espèces de mercure dans les émissions en provenance de diverses sources, on a fait des simulations distinctes des émissions unitaires de Hg(II), de Hg⁰ et de Hg(p) produites par chaque source de référence. L'incidence d'une source émettant un mélange de Hg⁰, de Hg(II) et de Hg(p) a été estimée d'après la combinaison linéaire de ces simulations. En somme, on a effectué des interpolations tant au chapitre de la répartition dans l'espace qu'au chapitre de la chimie pour estimer les effets de chaque source inventoriée sur chacun des Grands Lacs.

Validité de la procédure d'interpolation

La procédure d'interpolation spatiale et chimique utilisée repose sur l'hypothèse que le devenir et le transport atmosphériques du Hg provenant d'une source donnée ne sont pas modifiés par les émissions produites par les autres sources. De façon générale, on considère cette hypothèse valide pour les raisons suivantes :

- Les concentrations atmosphériques de mercure sont infimes; elles n'influent donc pas sur les conditions météorologiques. Par conséquent, les paramètres météorologiques tels que la vitesse et la direction du vent, la température, l'humidité, les précipitations, etc., peuvent être évalués à part, puis fournis au modèle.
- La plupart des espèces qui réagissent avec les composés du mercure (p. ex. le SO₂) sont généralement présentes en concentrations de beaucoup supérieures à celles de ces derniers. D'autres espèces (p. ex. les radicaux OH) réagissent en général avec bien des composés non mercuriels de sorte que, même si elles ne sont présentes qu'en très faibles quantités, leurs interactions avec le mercure ne peuvent jouer beaucoup sur leurs concentrations.

- Le dépôt sec et le dépôt humide en eux-mêmes ne sont pas fondamentalement modifiés par la présence de mercure, et on considère qu'il s'agit de processus *du premier ordre* relativement aux concentrations de mercure. Dans ce contexte, *du premier ordre* signifie que la vitesse du processus est calculée par une équation de la forme $vitesse = k \cdot c$, où k est un paramètre qui peut dépendre d'un certain nombre de facteurs, mais pas de la concentration de mercure, représentée par la variable c .
- De plus, d'après ce que l'on connaît actuellement de la chimie du mercure dans l'atmosphère, toutes les réactions et tous les équilibres chimiques en jeu sont du premier ordre relativement aux concentrations de mercure.
- Enfin, les équilibres vapeur/particules, vapeur/gouttelettes et gouttelettes/particules de suie peuvent tous être exprimés comme un rapport des concentrations présentes dans les différentes phases. On peut donc raisonnablement supposer que tout composé mercuriel a, toutes proportions gardées, les mêmes chances (en fonction de ces rapports d'équilibre) de se trouver dans l'une ou l'autre phase. Ainsi, on ne peut s'attendre à ce que la présence de mercure provenant d'une autre source modifie de façon significative la répartition du mercure d'une source donnée entre les différentes phases.

Tous ces facteurs considérés, il paraît justifié de poser l'hypothèse que les émissions de mercure d'une source donnée sont indépendantes des émissions de mercure des autres sources. Il est probable que ce principe d'indépendance puisse être appliqué dans la modélisation de nombreux autres polluants présents à l'état de traces dans l'atmosphère; cependant, cette hypothèse n'est certainement pas valide dans le cas, par exemple, des émissions de composés organiques volatils et d'oxydes d'azote.

Résultats des procédures d'interpolation : coefficients de transfert

La figure 5 expose les coefficients de transfert vers le lac Supérieur des émissions de Hg^0 , de $Hg(II)$ et de $Hg(p)$ tels qu'estimés par modèle. Ces cartes des coefficients de transfert montrent le rapport entre les flux de dépôt dans le lac Supérieur (en microgrammes de mercure, toutes formes confondues, déposés annuellement par km^2 de surface du lac) et les hypothétiques émissions ininterrompues (en grammes de mercure émis annuellement par une source donnée) de la forme de mercure considérée, pendant l'ensemble de l'année 1996, en provenance de n'importe quelle source à l'intérieur du domaine d'application du modèle. Il est important de souligner que les données sur les émissions ne sont pas prises en compte sur ces cartes, mais que c'est bien uniquement la tendance relative des émissions en provenance d'une source donnée à se déposer dans le lac Supérieur, d'après la simulation du transport et du devenir atmosphériques du mercure. On constate en examinant ces

cartes que, pour à peu près toutes les sources à l'intérieur du domaine d'application du modèle, ce sont surtout les émissions de $Hg(II)$ qui se déposeraient dans le lac en question, suivies, en importance, par les émissions de $Hg(p)$. En comparaison, selon les prédictions, les émissions de Hg^0 se déposeraient beaucoup moins.

Ces résultats concordent avec les connaissances générales du comportement et du devenir des différentes espèces de mercure dans l'atmosphère. Le $Hg(II)$ est très soluble dans l'eau, et il adhère relativement bien aux surfaces; par conséquent, il est beaucoup plus susceptible de se déposer par voies humide et sèche. Par exemple, le $Hg(II)$ peut se déposer par voie humide à partir de l'intérieur de nuages précipitants, et même à partir de points situés sous de tels nuages, étant donné sa très grande solubilité dans l'eau. Le dépôt humide de $Hg(p)$ peut lui aussi être assez efficace si les particules auxquelles il est associé se retrouvent dans des nuages précipitants. Contrairement aux deux formes précédentes, le Hg^0 est à peine soluble dans l'eau, et il est relativement volatil, d'où son potentiel plutôt limité de dépôt sec ou humide. C'est sur ces observations de base que sont fondées les estimations du temps de séjour du mercure dans l'atmosphère : relativement long pour le Hg^0 (~ 0,5-1 an), mais assez court pour le $Hg(II)$ et le $Hg(p)$ (Schroeder et Munthe, 1998). En fait, il est le plus souvent nécessaire que le Hg^0 soit d'abord converti en $Hg(II)$ ou en $Hg(p)$ dans l'atmosphère avant de pouvoir être déposé, et cette conversion est lente.

Comme on l'a mentionné ci-dessus, une source d'émissions donnée rejette habituellement un mélange de mercure sous différentes formes. À titre d'exemple, bien qu'il existe des variations importantes selon le type de charbon consommé, le genre de système antipollution en place et d'autres facteurs, les centrales électriques alimentées au charbon produisent en moyenne un mélange composé à environ 50 % de Hg^0 , à 45 % de $Hg(II)$, et à 5 % de $Hg(p)$. À la figure 6, on voit les estimations par modèle des coefficients de transfert vers chacun des Grands Lacs de ce mélange d'émissions que produit en moyenne la combustion de charbon. Les tendances sont comparables pour tous les Grands Lacs, ce qui indique, comme on pouvait s'y attendre, que le potentiel d'apport par les retombées atmosphériques décroît de façon substantielle avec l'accroissement de la distance entre la source et le lac. Comme les vents dominants sont d'ouest, les régions à l'ouest d'un lac donné peuvent habituellement contribuer davantage aux apports de polluants que les régions situées à la même distance du plan d'eau, mais en direction est. Une autre façon d'exposer ce phénomène : le potentiel de contribution chute de façon beaucoup plus abrupte à l'est des lacs parce que les vents qui pourraient transporter le mercure émis par les sources que l'on rencontre dans cette direction se lèvent moins souvent.

Pour obtenir les résultats présentés ici, on a utilisé 84 sources de référence au total, dont beaucoup étaient concentrées autour du bassin (elles sont représentées par des petits cercles, aux figures 5 et 6). Des analyses ont également été effectuées à partir d'un plus grand nombre de

sources, mais leurs résultats ne différaient pas significativement de ceux obtenus en considérant seulement 84 sources. Par conséquent, comme la précédente analyse des dioxines l'avait révélé, il semble que la procédure d'interpolation fondée sur ces 84 sources produise des estimations d'une précision acceptable.

On remarque, sur ces cartes des coefficients de transfert, des petites zones autour de quelques sources de référence qui semblent être des artéfacts imputables à la procédure d'interpolation. Par exemple, sur la carte du Hg(p), à la figure 5, on voit une petite zone circulaire autour d'une source de référence située dans la région centre-nord (dans les territoires du Nord-Ouest, environ 500 km à l'ouest de la baie d'Hudson). Le fait que cette petite région autour du point de référence paraisse avoir un potentiel de transport vers les lacs légèrement plus faible que le secteur qui l'entoure est probablement le signe d'une petite perte de précision de la procédure d'interpolation, attribuable au caractère clairsemé de la répartition des points de référence dans cette région et, peut-être, au fait que cet emplacement est à la limite du domaine d'application du modèle. On pourrait utiliser davantage de points de référence dans les régions de ce type, et étendre le domaine d'application du modèle. Ces modifications seraient susceptibles d'améliorer légèrement la précision des cartes des coefficients de transfert. Cependant, on n'a pas jugé nécessaire de mobiliser d'autres ressources informatiques à ces fins puisque les apports de mercure aux Grands Lacs en provenance de ces régions sont négligeables : en effet, dans la région en question, les coefficients de transfert sont relativement bas, et il n'existe pas de sources d'importance.

Il est à noter que les cartes des coefficients de transfert présentées ici sont un peu différentes de celles qui accompagnaient les précédentes analyses (p. ex. le *Rapport sur les Priorités 1997-99* à la CMI). Auparavant, c'était la fraction des émissions du polluant déposées dans tout le lac qui était cartographiée. Comme les Grands Lacs se distinguent entre eux par leur taille, il semblait y avoir de grandes disparités dans les coefficients de transfert mais, en fait, il ne s'agissait que d'un effet des différences de superficie. Autrement dit, sur les cartes précédentes, la taille du lac entraînait en ligne de compte parce que, toutes proportions gardées, une plus grande part des émissions en provenance d'un point donné allaient se déposer dans un grand réceptacle que dans un petit. En ce qui concerne les cartes actuelles, les valeurs ont été normalisées selon la taille du lac, ce qui rend les coefficients de transfert représentés indépendants de ce facteur. En suivant la procédure décrite ci-dessous, cependant, on peut convertir les valeurs représentées sur les cartes actuelles pour leur donner la même forme que les valeurs des précédentes cartes.

Inventaire des émissions de mercure

Dans une analyse de ce genre, idéalement, toutes les données déterminantes, dont les inventaires d'émissions, les données météorologiques et les données issues de la surveillance des conditions ambiantes devraient se rapporter

à la même période. Malheureusement, comme on en discute plus loin, il n'y avait pas une seule année pour laquelle on disposait d'inventaires d'émissions comparables pour les États-Unis et le Canada. Le meilleur compromis auquel on a pu arriver a été de choisir 1996 comme année de référence (c'est-à-dire qu'on a fait tourner le modèle avec les données météorologiques de 1996, et qu'on l'a évalué avec les données de 1996 sur les concentrations ambiantes). Il s'agissait donc d'utiliser des inventaires d'émissions qui soient autant que possible représentatifs de 1996.

On a obtenu de l'EPA des États-Unis un inventaire des émissions de mercure dans ce pays (Ryan, 2001) qui comprenait les estimations des émissions annuelles de mercure par la plupart des sources anthropiques de ce polluant. En ce qui concerne les centrales électriques, les incinérateurs de déchets municipaux et les incinérateurs de déchets médicaux alimentés au charbon, il s'agissait des estimations des émissions pour 1999, tandis que le reste des données correspondait en principe aux émissions de 1996.

On a apporté d'autres modifications à l'inventaire pour prendre en compte le fait qu'une catégorie de sources (la combustion de charbon dans les chaudières et dispositifs de chauffage d'édifices commerciaux ou industriels et d'institutions) y semblait sous-représentée; en ce qui concerne ce type de sources, on a plutôt utilisé les données provenant d'un autre inventaire de l'EPA des États-Unis remontant à 1995-1996 (Bullock, 2000; U.S. EPA, 1997). De plus, étant donné que les émissions par les incinérateurs de déchets municipaux et médicaux ont été considérablement réduites aux États-Unis entre 1996 et 1999 (Mobley, 2003), on a eu recours aux données de cet autre inventaire (1995-1996) pour ces catégories.

On a toutefois utilisé les estimations de 1999 pour les émissions produites par les services publics fonctionnant au charbon, puisqu'elles avaient été établies à partir d'essais nombreux sur les sources et d'une méthode beaucoup plus perfectionnée que celles appliquées pour les précédents inventaires. Il semble que les émissions en provenance des chaudières à charbon aient été à peu près pareilles en 1996 et en 1999, du moins dans leur ensemble (Mobley, 2003).

L'inventaire américain comptait au total 17 513 sources ponctuelles discrètes situées à des endroits bien précis. Comme il est d'usage en matière d'inventaires d'émissions, on a négligé l'emplacement de certaines catégories de sources (p. ex. les sources mobiles, la consommation domestique de combustibles) et on les a plutôt évaluées à l'échelle du comté. L'inventaire comprenait 52 673 de ces sources étendues; chacun des 3 141 comtés des États-Unis en regroupait en moyenne 17 types. Pour les besoins de l'analyse par modèle, on a formulé l'hypothèse que ces sources étaient situées au centre du comté considéré.

On s'est procuré l'inventaire d'émissions le plus récent pour le Canada (Niemi *et al.*, 2001); celui-ci remontait à 1995 et répertoriait 583 sources ponctuelles. Les sources étendues y étaient définies selon une grille où les mailles faisaient

50 km dans la région des Grands Lacs, et 100 km dans le reste du pays. Les 473 mailles de 50 km et les 1 140 mailles de 100 km comportaient chacune à peu près 22 sources étendues en moyenne. De la même façon que dans le cas de l'inventaire des émissions aux États-Unis, on a considéré que l'emplacement des sources étendues était central, mais cette fois à chacune des mailles. On croit qu'il n'y a eu que très peu, voire pas du tout, de changements significatifs dans les émissions de mercure au Canada entre 1995 et 1996 (Niemi, 2001). On a donc tenu pour acquis que l'inventaire de 1995 était représentatif des émissions enregistrées au Canada en 1996.

Dans le but de donner un aperçu de l'inventaire utilisé dans le cadre de cette analyse, on présente à la figure 7 la répartition géographique des émissions anthropiques de mercure totales répertoriées aux États-Unis et au Canada dans ledit inventaire. On trouve à la figure 8 les émissions annuelles, pour les deux pays, ventilées par catégorie de sources et, aux figures 9 et 10, les émissions annuelles *par habitant*. La relative importance de la combustion de charbon, aux États-Unis, et des procédés métallurgiques (p. ex. la fusion), au Canada, apparaît clairement. Il faut souligner que les émissions attribuables aux procédés métallurgiques auxquels on se livre au Canada ont été considérablement réduites ces dernières années.

On a calculé les émissions nationales *par habitant* sur la base de populations de 265 millions et 30 millions d'habitants, respectivement, pour les États-Unis et le Canada. Ces données proviennent des recensements effectués dans chacun des pays en 1996. Mieux que les simples émissions totales, les émissions *par habitant* permettent de comparer l'apport de mercure imputable aux États-Unis et celui attribuable au Canada. Si on présente seulement les premières, les chiffres canadiens paraîtraient très petits par rapport aux chiffres américains. Le recours aux secondes donne peut-être plus de sens aux comparaisons établies entre les deux pays en faisant disparaître l'effet des différences énormes de populations. On peut convertir à volonté les valeurs *par habitant* en émissions totales pour un pays donné grâce à une simple multiplication de ces valeurs par la population du pays considéré.

Contrairement à son homologue canadien, l'inventaire des émissions aux États-Unis comprenait des estimations pour les trois formes de mercure : élémentaire (Hg^0), ionique ($Hg(II)$) et particulaire ($Hg(p)$). En conséquence, les données américaines ont été utilisées pour estimer les proportions de chacune des formes de mercure dans les émissions des catégories de source correspondantes au Canada. La figure 11 montre le profil moyen des émissions, soit la répartition des espèces de mercure dans les émissions appartenant aux diverses catégories de sources. Quant à elle, la figure 12 présente les émissions annuelles, pour le Canada et les États-Unis réunis, de chaque forme de mercure par catégorie de sources. Malheureusement, on ne dispose que de relativement peu de mesures quant à la proportion des trois formes de mercure dans les émissions de diverses catégories de sources. Cet aspect de l'inventaire comporte donc des

incertitudes particulièrement importantes. Comme on en discute tout au long du présent chapitre, chaque forme de mercure connaît un sort différent dans l'atmosphère, après son émission. En conséquence, les relations entre sources et récepteurs dépendent énormément du profil d'émissions associé à chacune des sources, et la précision des analyses par modèle du mercure atmosphérique s'accroîtrait s'il existait des données meilleures et plus nombreuses sur ce polluant.

Seules les émissions anthropiques produites pendant l'année ou les années de référence par les sources canadiennes et américaines ont été explicitement prises en compte dans l'analyse. D'après d'autres applications de modèles, il semblerait que la contribution des sources d'autres pays au dépôt atmosphérique de mercure dans les Grands Lacs représenterait entre 13 % (Shannon et Voldner, 1995) et ~ 20 % (Dastoor, 2003, communication personnelle) des retombées totales, et l'on prévoit prendre prochainement en compte cette contribution dans la méthode de modélisation à l'aide de HYSPLIT_4 dont il est question ici.

D'importantes incertitudes sont associées tant aux inventaires américains et canadiens qu'à l'utilisation de ces inventaires dans le cadre de la présente analyse par modèle. Certaines sources potentiellement déterminantes (p. ex. les fours électriques à arc) n'étaient pas incluses de façon explicite; de plus, si les émissions de certaines sources faisaient régulièrement l'objet de mesures (p. ex. les centrales électriques au charbon), ce n'était que rarement le cas pour d'autres, ce qui fait que les estimations des émissions annuelles produites par bien des sources sont assorties d'une certaine incertitude. Comme on ne disposait pas de données sur la fluctuation des émissions dans le temps, on a présumé que toutes les sources recensées dans les inventaires émettaient de manière continue et constante durant toute l'année. Il s'agit probablement d'une hypothèse raisonnable en ce qui concerne les centrales au charbon (qui constituent la catégorie de sources, dans l'inventaire, responsable de la plus grande quantité d'émissions); par contre, pour bien d'autres catégories de sources, l'hypothèse est moins valable. Même pour ce qui est des sources émettant de façon relativement continue, les inventaires ne comprenaient pas de données sur les épisodes de maintenance ou d'arrêt des activités attribuables à des anomalies. Les conditions atmosphériques peuvent être très variables et avoir un effet considérable sur les relations entre sources et récepteurs. Ces fluctuations temporelles compromettent sans aucun doute l'exactitude des concentrations ou des retombées estimées pour un lieu et un moment donnés. Néanmoins, l'analyse portait sur une année entière (et, à l'origine, des estimations annuelles ont été générées), ce qui pourrait réduire l'incertitude liée à cette variabilité.

Établissement de relations entre les coefficients de transfert et les données sur les émissions

Pour parachever les travaux de modélisation, il faut relier entre eux les coefficients de transfert et les inventaires d'émissions décrits précédemment. On fera la démonstration de cette relation par un simple exemple. On note sur la carte des coefficients de transfert du Hg^0 , à la figure 5, une région où

les valeurs du coefficient de transfert vont de 0,01 à 0,02 (μg de dépôt de Hg total/ $\text{km}^2 \cdot \text{an}$)/(g émis/an). Supposons qu'il existe quelque part dans cette région une source de mercure émettant 100 g de Hg⁰. La signification du coefficient de transfert estimé est que le flux de dépôt de mercure dans le lac Supérieur attribuable à cette source sera :

flux

$100 \text{ (g Hg}^0 \text{ émis/an)} \cdot 0,01 \text{ à } 0,02 \text{ (}\mu\text{g de dépôt de Hg total/ km}^2 \cdot \text{an)} \text{ (g Hg}^0 \text{ émis/an)}$

1 à 2 (μg de dépôt de Hg total/ $\text{km}^2 \cdot \text{an}$)

L'apport de mercure par les retombées atmosphériques en provenance de cette source imaginaire, pour l'ensemble de la superficie du lac Supérieur, se calcule en multipliant le flux par la superficie du lac.

dépôt

flux \cdot superficie

1 à 2 (μg de dépôt de Hg total/ $\text{km}^2 \cdot \text{an}$) \cdot 81 200 (km^2)

81 200 à 162 400 (μg de dépôt de Hg total/an)

0,08 à 0,16 (g de dépôt de Hg total/an)

Ainsi, on estime que les 100 g de Hg⁰ émis par la source au cours d'une année produiront un dépôt de 0,08 à 0,16 g de mercure total (c'est-à-dire toutes formes de mercure confondues) dans le lac Supérieur. Étant donné que la source émet 100 g/an, 0,08 à 0,16 correspond également au pourcentage d'émissions déposées à cet endroit.

La démarche ci-dessus montre, de manière simplifiée, comment la méthode de modélisation combine les coefficients de transfert et les données sur les émissions. Dans la pratique, la multiplication des données des inventaires d'émissions par les coefficients de transfert se fait de façon numérique pour chaque forme de mercure émise par chacune des sources. Le résultat de cette procédure est une estimation de l'incidence, sur chacun des Grands Lacs, des retombées atmosphériques imputables à chacune des sources apparaissant dans l'inventaire des émissions.

1.6.3 Résultats de la modélisation

Dépôt atmosphérique global dans les Grands Lacs

La quantité globale de mercure déposée (kg/an) et le flux global de ce polluant ($\text{g}/\text{km}^2 \cdot \text{an}$) dans chacun des Grands Lacs, tels qu'estimés par modélisation, sont présentés aux figures 13 et 14, respectivement, en ce qui concerne le dépôt humide et le dépôt sec. On voit que les deux types de dépôt paraissent importants. Il semble que le lac Michigan reçoive la plus grande quantité de dépôts atmosphériques, tandis que le flux de dépôt le plus élevé serait associé au lac Érié.

Répartition géographique des apports de mercure attribuables aux dépôts atmosphériques

Comme on l'a mentionné précédemment, la méthode de modélisation décrite ici permet d'estimer l'apport de chaque source répertoriée dans l'inventaire d'émissions (~ 106 000 entrées différentes, qu'il s'agisse de sources ponctuelles ou étendues, dans les inventaires américains et canadiens utilisés) aux divers récepteurs d'intérêt. Les figures 15 à 19 offrent une vue d'ensemble des résultats en montrant la répartition géographique de la contribution des différentes sources de mercure aux dépôts atmosphériques reçus par chacun des Grands Lacs.

On remarque que le dépôt de mercure dans chaque lac provient de partout dans la région, et que même des sources éloignées peuvent être responsables d'une part considérable de retombées. Par exemple, il semble que des fractions importantes du mercure déposé dans chacun des Grands Lacs soient imputables à des sources situées aussi loin qu'en Floride. La répartition géographique des sources contribuant de façon significative au dépôt de mercure varie quelque peu d'un lac à l'autre, comme on peut s'y attendre, puisque les cinq lacs ne sont pas situés exactement au même endroit et que le degré d'industrialisation et d'urbanisation n'est pas le même dans chacun des bassins. On peut noter par exemple que des sources situées à l'ouest du lac Supérieur dans un rayon d'environ 1 000 km contribuent fortement au dépôt de mercure dans ce plan d'eau, mais que, en comparaison, cette région est responsable d'une moins grande partie des dépôts atmosphériques reçus par les autres lacs, ceci pour deux raisons : l'accroissement de la distance entre la source et le lac ainsi que la présence de sources ponctuelles et étendues relativement importantes aux alentours. En ce qui concerne les apports au lac Michigan, la région de Chicago ressort du tableau, en raison de la quantité considérable d'émissions qui y sont produites et de sa proximité au lac. Cette région en particulier semble prendre une grande part au dépôt de mercure dans les autres lacs également. Le lac Érié et le lac Ontario semblent recevoir une très grande quantité de retombées en provenance de la vallée de la rivière Ohio, encore une fois parce que cette zone est une grande émettrice et qu'elle est plus près de ces lacs que des autres. En général, les sources situées en territoire américain semblent contribuer davantage au dépôt atmosphérique dans chacun des lacs que les sources se trouvant du côté canadien de la frontière.

La répartition géographique des apports de mercure est illustrée sur un autre mode à la figure 20, où sont représentés les émissions et les apports en fonction de la distance à chaque lac. En ce qui concerne le lac Supérieur et le lac Huron, une part importante du dépôt atmosphérique provient de sources situées dans un rayon de 200 à 1 500 km d'eux. Pour ce qui est des autres lacs, les apports proviennent en plus grande partie de sources moins éloignées, mais la quantité de mercure issue de sources situées à moyenne et longue distances est quand même considérable.

Contribution des divers types de sources aux dépôts atmosphériques de mercure

Compte tenu des limites mises en relief par la précédente discussion des inventaires d'émissions, l'attribution d'une fraction du dépôt aux diverses catégories de sources ne peut donner que des résultats imprécis. Néanmoins, en première approximation, on peut estimer l'incidence de ces différentes catégories sur le dépôt de mercure dans les Grands Lacs; ces résultats sont présentés à la figure 21.

Cette figure montre l'apport *par habitant* provenant de quatre grandes catégories de sources couvrant l'ensemble de l'inventaire : consommation de combustibles, incinération, métallurgie et industries manufacturières. On trouve aussi dans cette dernière classe les émissions produites par quelques catégories de sources non manufacturières. Il ressort entre autres de cette figure le rôle relativement important, même lorsque l'on considère les émissions *par habitant*, que joue la consommation de combustibles aux États-Unis quant au dépôt atmosphérique de mercure dans les Grands Lacs. La plupart des émissions de mercure appartenant à cette catégorie de sources sont attribuables à diverses activités faisant intervenir la combustion de charbon (voir la figure 10), principalement les services publics d'électricité fonctionnant au charbon. Au Canada, en comparaison, c'est la métallurgie qui, *par habitant*, semble avoir constitué l'un des principaux secteurs producteurs d'émissions en 1996.

Comme on l'a déjà souligné, au cours de la période visée par le modèle (c'est-à-dire le milieu des années 1990) et après celle-ci, les émissions imputables à l'incinération des déchets municipaux et médicaux ont été considérablement réduites. Le secteur canadien de la métallurgie a emboîté le pas en diminuant lui aussi énormément ses émissions de mercure. Cependant, les émissions provenant du secteur des services publics d'électricité fonctionnant au charbon sont demeurées relativement stables, les gouvernements continuant d'étudier les avantages respectifs des différents programmes de réduction des émissions de mercure qui ont été proposés pour ce secteur.

1.6.4 Évaluation du modèle

Toute étude par modèle exige que les prédictions soient comparées avec la réalité de terrain pour vérifier que les simulations produisent des résultats valables. Comme la modélisation du mercure atmosphérique est un domaine en constante évolution, et que des incertitudes notables demeurent au chapitre de la compréhension des principaux processus en jeu, de telles évaluations des modèles revêtent sans doute une importance toute particulière.

Précédentes évaluations du modèle HYSPLIT

On l'a mentionné plus haut, le modèle HYSPLIT a été évalué de manière exhaustive sur de nombreuses années en ce qui concerne ses applications à diverses substances; il a été



démonstré qu'il avait la capacité de générer des simulations valables. Par exemple, comme on l'a souligné précédemment, bien des éléments de cette méthode de modélisation ont été utilisés récemment aux fins d'une analyse par modèle des dioxines, qui a donné des résultats concordant avec les mesures dont on disposait sur les conditions ambiantes. De plus, cette méthode de modélisation du mercure est actuellement appliquée sur un domaine européen dans le cadre d'une étude comparative menée par le Centre de synthèse météorologique-Est pour le Programme européen de surveillance et d'évaluation (Ryaboshapko *et al.*, 2003), parallèlement avec plusieurs modèles du mercure atmosphérique élaborés par des groupes de recherche travaillant en différents endroits du monde. La méthode de modélisation du mercure fondée sur HYSPLIT 4 s'est, dans ce contexte, montrée très prometteuse en termes de capacités à produire des simulations du mercure atmosphérique, capacités qui se sont avérées comparables à celles des autres modèles.

Comparaison avec les résultats de l'étude du bilan massique du lac Michigan

On a procédé à une comparaison des prédictions du modèle quant au dépôt dans le lac Michigan avec les valeurs estimées à partir de mesures obtenues dans le cadre de l'étude du bilan massique du lac Michigan (Landis et Keeler, 2002; Vette *et al.*, 2002). Cette comparaison a l'avantage de porter sur un lac entier (plutôt que sur un endroit en particulier de ce lac), qui se trouve justement être l'un des Grands Lacs. On voit à la figure 25 les résultats de cet exercice pour ce qui est des estimations du dépôt humide de Hg(II) et de Hg(p) (valeurs combinées), du dépôt sec de Hg(II) et de Hg(p), et du dépôt de mercure total. Les plages de valeurs indiquées quant aux données issues de l'étude du bilan massique du lac Michigan représentent les écarts-types associés aux estimations (Landis et Keeler, 2002) et, donc, l'incertitude sur ces estimations. Les analyses pour évaluer les incertitudes sur les estimations faites à partir du modèle HYSPLIT restent à faire, mais on a indiqué une incertitude approximative ($\pm 25\%$) sur ces données à la figure 22.

En réponse aux conseils formulés par différentes parties et, entre autres, aux recommandations émises par la CMI dans son *Dixième rapport biennal sur la qualité de l'eau dans les Grands Lacs*, on a accru les capacités de mesure du mercure à plusieurs stations du Réseau de mesure des dépôts atmosphériques binational.

On présente également l'estimation, d'après les mesures effectuées dans le cadre de l'étude du bilan massique du lac Michigan, du dépôt net de Hg⁰. Il s'agit en fait d'une fuite nette de (453 ± 144) kg/an à partir du lac; celle-ci est donc indiquée par une valeur négative, contrairement aux autres valeurs, qui correspondent à un dépôt dans le lac à partir de l'atmosphère. Comme on l'a mentionné déjà, cette quantité n'a pas été estimée dans le cadre de l'étude par modèle. Aucune comparaison n'est donc possible.

On ne pouvait s'attendre à ce que les deux ensembles de valeurs estimées concordent parfaitement puisque les résultats de la modélisation ont été calculés pour 1996, tandis que les mesures effectuées dans le cadre de l'étude du bilan massique du lac Michigan ont été relevées en 1994-1995. Il ne fait pas de doute que les conditions météorologiques et les quantités de précipitations n'ont pas été identiques pendant ces deux périodes; fait encore plus important, les émissions de mercure ont probablement connu des variations considérables entre-temps. Par exemple, pour la période 1994-1996, les émissions en provenance des incinérateurs de déchets médicaux ont beaucoup diminué (à cause de la fermeture de bien des installations de ce type), tout comme celles produites par les incinérateurs de déchets municipaux (à cause de fermetures, de modernisations ainsi que de changements dans la composition du flux des déchets). Qui plus est, l'étude par modèle ne prenait pas en compte les apports en provenance de sources à l'extérieur du Canada et des États-Unis, non plus que la contribution des émissions d'origine naturelle. Pour toutes ces raisons, on pouvait présumer que les prédictions du modèle seraient inférieures au dépôt estimé à partir des mesures. Quoi qu'il en soit, il est encourageant de voir que, globalement, les valeurs de dépôt calculées par modélisation sont du même ordre de grandeur que les estimations dérivées des mesures, et que les prédictions du modèle sont effectivement en deçà des valeurs estimées d'après les mesures.

Autres évaluations du modèle en cours

Une évaluation détaillée de la modélisation du mercure avec l'aide de NOAA-HYSPLIT est en cours : on procède à une comparaison minutieuse des valeurs de sortie, ou prédictions, du modèle avec les mesures dont on dispose sur le mercure présent dans l'environnement en 1999. Il existe plusieurs ensembles de données qui pourraient servir à cette

fin, notamment : 1. les mesures hebdomadaires du dépôt humide de mercure à 21 sites du Mercury Deposition Network (réseau de mesure du dépôt de mercure) relevées pour l'ensemble ou une partie de 1996 ou toute cette année; 2. les mesures des concentrations ambiantes et du dépôt humide par épisode à plusieurs sites de la région des Grands Lacs (Hoyer, 1995; Keeler, 2001); 3. les mesures des concentrations ambiantes et du dépôt humide par épisode près du lac Champlain, dans l'État de New York (Burke *et al.*, 1995); 4. les mesures des concentrations ambiantes et/ou de dépôt humide à plusieurs sites au Canada (Kellerhals *et al.*, 2000; Beauchamp *et al.*, 1997; Poissant et Pilote, 1998); 5. les mesures des concentrations ambiantes et du dépôt humide à plusieurs sites des États du centre du littoral atlantique (Mason *et al.*, 1997ab).

En réponse aux conseils formulés par différentes parties et, entre autres, aux recommandations émises par la CMI dans son *Dixième rapport biennal sur la qualité de l'eau dans les Grands Lacs*, on a accru les capacités de mesure du mercure à plusieurs stations du Réseau de mesure des dépôts atmosphériques binational. En Ontario, les stations principales de Point Petre et de l'île Burnt ainsi que la station satellite de Egbert mesurent le mercure gazeux total depuis au moins avril 1998, et le mercure présent dans les précipitations depuis au moins novembre 2001. La spéciation du mercure gazeux réactif et du mercure particulaire total est actuellement à l'étude à Point Petre. On attend le financement requis pour appliquer divers plans visant à appuyer le relevé de mesures du mercure à différentes stations du Réseau de mesure des dépôts atmosphériques aux États-Unis.

Les deux pays participent à la Lake Ontario Atmospheric Deposition Study (LOADS) — l'étude des retombées atmosphériques dans le lac Ontario —, dans le cadre de laquelle des échantillons de mercure sont prélevés à Sterling, Potsdam et Stockton, dans l'État de New York, ainsi qu'à la station de Point Petre. La collecte d'échantillons de mercure à partir de bateaux fait également partie de cette étude.

Compte tenu des incertitudes associées à l'inventaire ainsi que de l'état actuel des connaissances sur le comportement du mercure dans l'atmosphère, sans oublier certaines limites de la présente analyse par modélisation (p. ex. le fait que les sources situées ailleurs qu'au Canada et aux États-Unis aient été négligées, et que l'on ne sache rien des fluctuations des émissions dans le temps), on ne s'attend pas à ce que le modèle fournisse des résultats exactement appariés à toutes les mesures mentionnées ci-dessus ou à certaines d'entre elles. Cependant, les comparaisons initiales établies entre plusieurs de ces mesures et les valeurs de sortie du modèle révèlent un degré de concordance encourageant; on en rendra compte de façon détaillée dans de futures publications.

1.6.5 Conclusions

1. Il a été démontré que le modèle de transport atmosphérique NOAA-HYSPLIT, auparavant appliqué au transport et au dépôt des dioxines dans le bassin des Grands Lacs, est capable de relier les sources proches et éloignées d'émissions de mercure aux dépôts atmosphériques subséquents de ce polluant dans le bassin des Grands Lacs.
2. Étant donné le caractère limité des données sur les conditions ambiantes utilisables à des fins de comparaison, en particulier en ce qui concerne les estimations du dépôt sec, et compte tenu des défauts manifestes des données d'entrée du modèle, surtout des données des inventaires d'émissions, on ne peut espérer établir de comparaisons satisfaisantes avec les données de surveillance. On continue de creuser les questions de la comparaison des prédictions du modèle avec les mesures des conditions ambiantes ainsi que de la nature des apparents biais, mais les résultats obtenus jusqu'à maintenant confirment l'utilité de ce modèle pour établir des liens entre les sources de mercure et le dépôt subséquent de ce polluant dans les Grands Lacs.
3. Le modèle montre que le dépôt atmosphérique dans les Grands Lacs de mercure provenant de sources anthropiques est un problème de portée régionale et, jusqu'à un certain point, continentale; il indique qu'il faut continuer de réduire les émissions à l'échelle nationale pour parvenir à pratiquement éliminer les dépôts atmosphériques.
4. Vraisemblablement, une partie modeste mais significative du dépôt serait attribuable à des sources situées ailleurs qu'au Canada et aux États-Unis; ces apports pourraient être étudiés dans le futur.
5. La modélisation est en général nécessaire pour relier les sources aux récepteurs. Cependant, l'utilité des modèles est largement tributaire de la qualité des comparaisons établies entre les résultats qu'ils produisent et les mesures des conditions ambiantes dont on dispose. Par conséquent, il est essentiel d'appuyer tant les travaux de modélisation que le relevé de mesures si l'on veut se procurer les renseignements, à propos des sources et des récepteurs, nécessaires à l'élaboration et à l'application de politiques efficaces de réduction des émissions de mercure.
6. Malheureusement, la compréhension du comportement du mercure dans l'atmosphère demeure imparfaite; à cet égard, les principales lacunes ont trait à la chimie de l'atmosphère.
7. L'évaluation et le perfectionnement des modèles sont considérablement freinés par le manque de mesures du mercure dans l'environnement et des émissions de ce polluant, plus précisément de la spéciation du mercure, et par l'accès limité aux données existantes.

8. On a constaté que les limites associées aux actuels inventaires d'émissions avaient d'importantes répercussions sur les travaux de modélisation du genre de ceux présentés ici.

1.6.6 Recommandations

Le CCSGL présente les recommandations suivantes à la CMI.

- **Il est recommandé que tout soit mis en œuvre pour accroître l'exactitude et la précision des inventaires d'émissions aux États-Unis, au Canada et sur l'ensemble de la planète, notamment en ce qui concerne la différenciation des espèces. Il serait particulièrement utile que les États-Unis et le Canada coordonnent les efforts qu'ils consacrent à la production de ces inventaires, de sorte que ces derniers soient essentiellement uniformes et compatibles pour une même année de référence.**
- **Il est recommandé d'appuyer la poursuite d'activités de surveillance approfondie des conditions ambiantes, y compris le parachèvement des améliorations aux moyens récemment mis en place au sein du Réseau de mesure des dépôts atmosphériques pour mesurer le mercure. Il est aussi recommandé de faire le nécessaire pour que tous les relevés de mesures soient accessibles aussi rapidement que possible une fois terminés.**
- **Une étude portant sur la comparaison des méthodes nord-américaines de modélisation, comparable à celle qui est en cours en Europe, pourrait favoriser l'amélioration des modèles de transport atmosphérique et accroître la confiance qu'on accorde à leurs résultats ainsi qu'aux relations établies grâce à eux. Il est recommandé de prévoir, dans le cadre de la comparaison des modèles, d'apporter des améliorations aux bases de données sur les émissions, et de constituer un ensemble de données exhaustif sur les conditions ambiantes.**
- **Il est recommandé que, à la suite de la comparaison des modèles entre eux et avec des données de mesure, ces modèles soient utilisés pour prédire l'effet potentiel, sur le dépôt atmosphérique, des programmes de restriction des émissions de mercure actuellement à l'étude aux États-Unis et au Canada.**

Depuis qu'il est engagé dans la modélisation du transport et du dépôt de mercure par voie atmosphérique dans les Grands Lacs, le Conseil consultatif international sur la qualité de l'air (CCIQA) a reconnu à maintes reprises la nécessité d'utiliser un modèle global pour suivre le devenir du mercure depuis son dépôt dans un plan d'eau jusqu'à son introduction dans différents biotes de la colonne d'eau. Le projet METAALICUS, qui se déroule dans la région des lacs expérimentaux du nord-ouest de l'Ontario (figure 23), a pour objet le suivi du mercure entre le moment où celui-ci se dépose en milieu terrestre, dans des milieux humides ou dans des zones d'eau libre jusqu'au moment où il s'introduit dans des poissons.

Plus d'une cinquantaine de chercheurs du Canada et des États-Unis et de scientifiques de Suède, soutenus par des pouvoirs publics, des universités et le secteur privé, se servent de différentes méthodes pour simuler le dépôt d'infimes quantités de différents isotopes de mercure non réactifs stables dans des segments distincts d'un lac de tête. Ce petit lac (8,3 ha) est bordé par un milieu humide de 1,9 ha et fait partie d'un bassin hydrographique de 42 ha; il se distingue par un temps de rétention hydraulique de trois ans. On a également créé de petites sous-zones circonscrites dans le lac pour l'exécution de travaux particuliers.

À l'heure actuelle, on mesure dans le lac un flux de dépôt de mercure relativement faible, de $6 \mu\text{g}/\text{m}^2 \text{ an}$. L'introduction, dans le cadre d'une expérience, de 25 g (une demi-cuiller à thé) de divers isotopes de mercure sur trois ans fera augmenter le dépôt, par un facteur de quatre à cinq, à un flux comparable à celui mesuré dans certaines régions de la Floride et du nord-est des États-Unis.

Après des travaux préliminaires menés en 1999-2000, les expériences véritables ont commencé à l'été 2001; elles se poursuivront jusqu'à la fin de 2003.

Les auteurs de l'expérience emploient différentes méthodes pour introduire des quantités distinctes de différents isotopes de mercure dans la partie terrestre, les milieux humides et les eaux libres du bassin : pulvérisation de mélanges d'eau du lac à partir d'aéronefs et au sol et dispersion dans l'eau du lac à partir d'une petite embarcation. Après les applications, on soumet les trois secteurs à des échantillonnages et à des analyses continues par des méthodes permettant de distinguer les différents isotopes. Comme l'indique la figure 24, on peut suivre le déplacement du mercure dans l'ensemble de l'écosystème jusqu'à son introduction dans les poissons et de déterminer le milieu de transfert (partie terrestre, milieu humide, eau de surface) du mercure introduit initialement.

L'information ainsi recueillie devrait permettre de répondre à plusieurs interrogations fondamentales, entre autres : établir le rapport entre la quantité de mercure déposée et les quantités de méthylmercure mesurées chez le poisson; mesurer la vitesse à laquelle la teneur en mercure des poissons baisserait à la suite d'une réduction des dépôts; déterminer les effets de divers facteurs environnementaux sur l'ampleur et le moment de la baisse de la teneur en mercure. Ces questions prennent une part essentielle dans l'élaboration des stratégies de réglementation des secteurs d'activité qui sont sources de mercure, dont celui de la production d'électricité.

L'expérience, qui entre dans sa troisième année complète, a permis de produire des masses de données, dont la diffusion dans la littérature scientifique est en cours, des articles ayant déjà été publiés. L'intégration et l'interprétation des données forment un processus continu, et la publication de plusieurs synthèses est prévue. Qui plus est, par sa nature même, la région des lacs expérimentaux se prête à un suivi sur une longue période, idéalement pendant plusieurs années après 2003, du devenir des isotopes de mercure introduits.

Des observations préliminaires ont déjà été faites. Le mercure introduit dans le lac a été repéré dans le zooplankton en moins de quatre semaines, et sous la forme de mercure total et de méthylmercure dans les sédiments. La présence de mercure était apparente chez les poissons dès la fin de juillet la première année. Jusqu'à 14 % du méthylmercure dosé chez les poissons se présentait sous la forme d'isotopes, le reste étant à l'état naturel. Selon les résultats préliminaires, aucun des isotopes introduits en milieu terrestre et dans les milieux humides n'a été repéré dans le lac.

D'après les estimations, de 20 à 30 % du mercure appliqué directement se sont libérés ou volatilisés du lac vers l'atmosphère.

Le groupe de recherche, qui a son propre site Web, se réunit en mars chaque année pour faire le point sur l'avancement des travaux et planifier les activités de la saison suivante. Après 2003, il n'y aura plus d'introduction de mercure avec indicateurs isotopiques, mais on continuera de suivre le mouvement du mercure dans les diverses composantes de l'écosystème, dont les poissons.

Le CCIQA compte poursuivre son interaction avec les membres de l'équipe de recherche du projet METAALICUS et utiliser les résultats de l'étude dans son travail d'examen de la question du mercure.

FIGURE 1
Répartition géographique des contributions estimatives au dépôt atmosphérique de dioxine dans le lac Supérieur en 1996
(Coben et al., 2002)

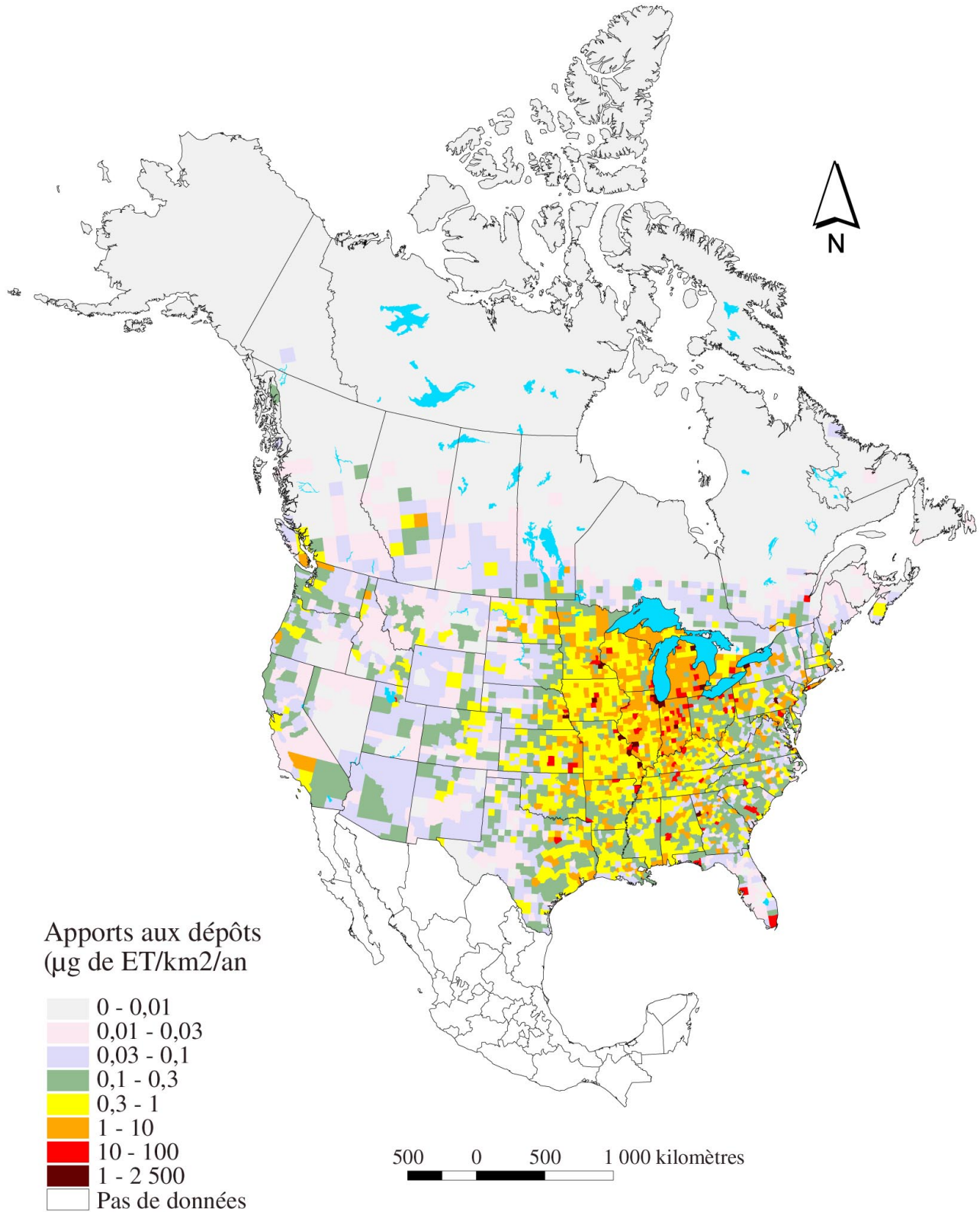


Fig.1

FIGURE 2
Émissions de mercure à l'échelle mondiale

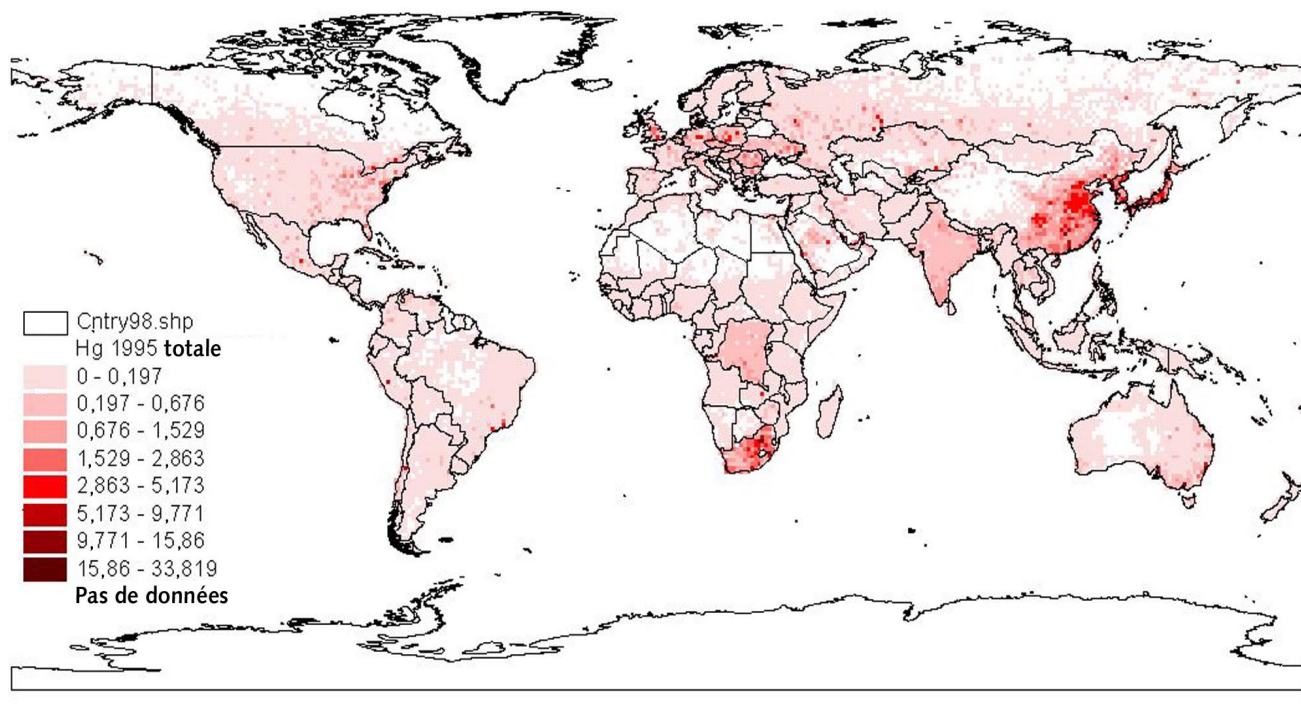


FIGURE 3
Tendance du nombre d'avis diffusés relativement à divers polluants

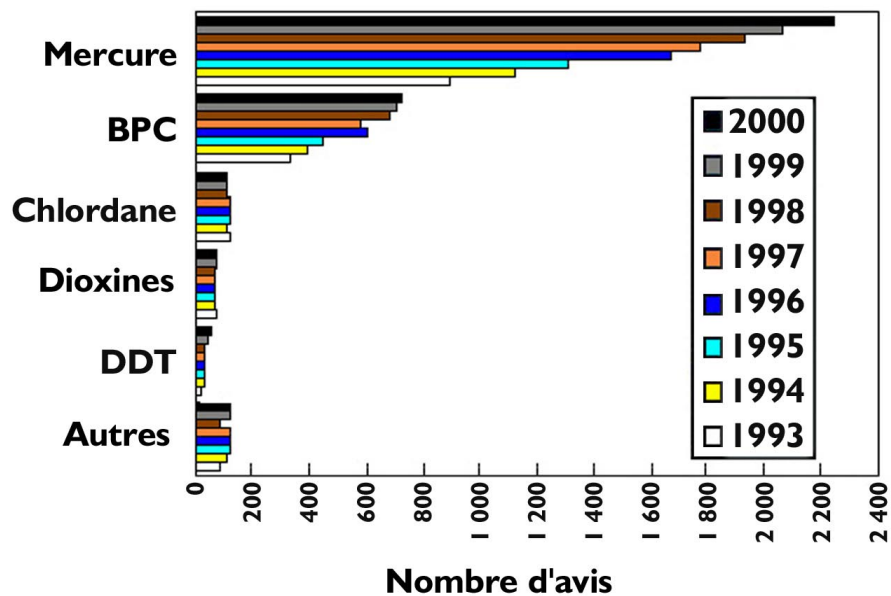


FIGURE 4
Processus d'évolution du mercure dans l'atmosphère

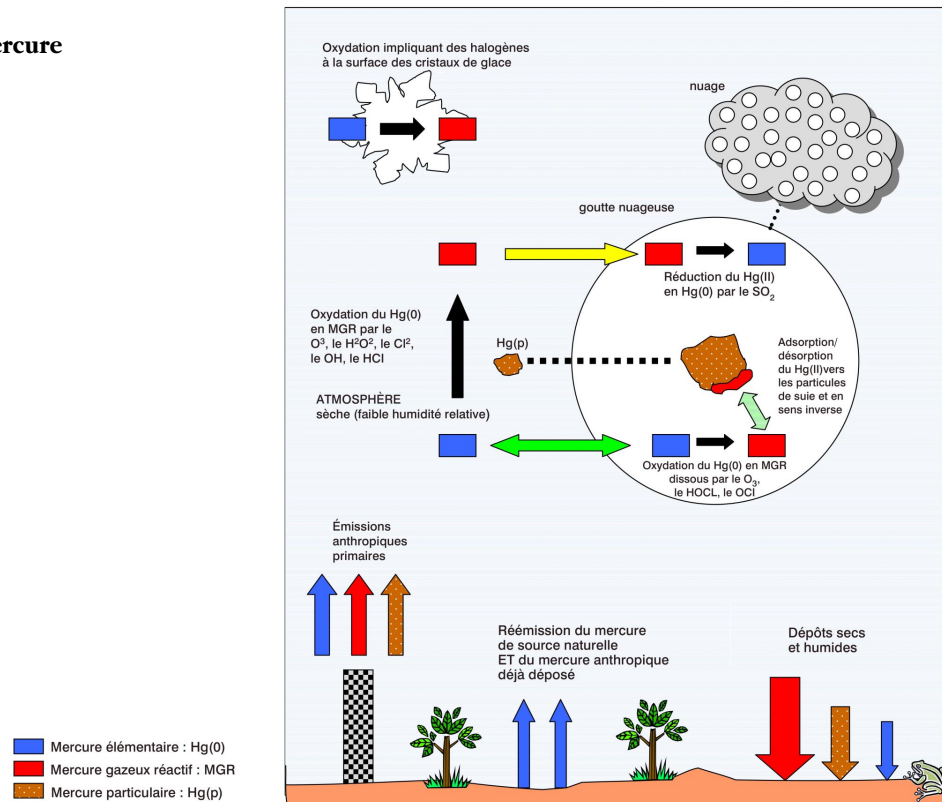


Fig.2
3, 4, 5

FIGURE 5
Coefficients généraux de transfert du mercure dans le lac Supérieur en 1996 pour Hg⁰, Hg(II) et Hg(p)

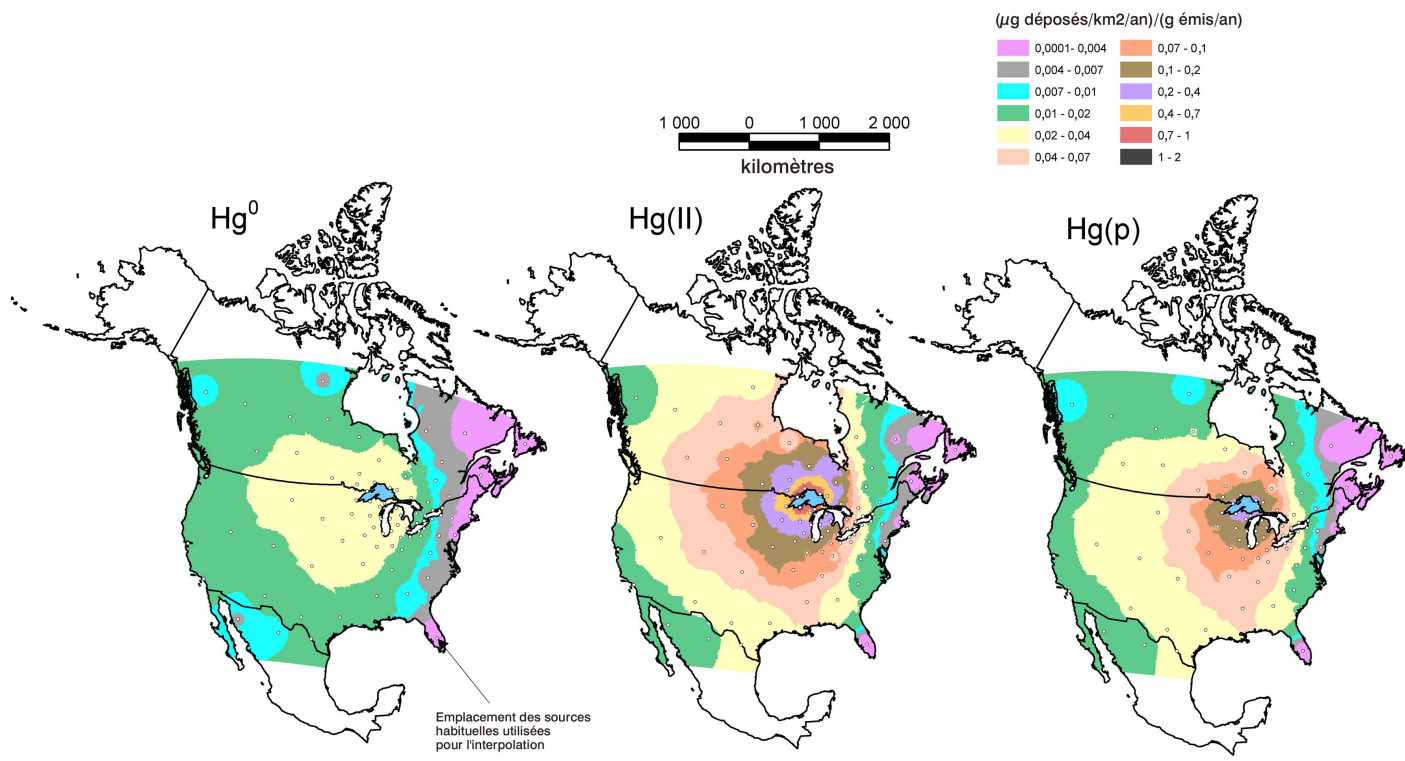


FIGURE 6
Coefficients généraux de transfert du mercure dans chacun des Grands Lacs en 1996
pour un profil d'émissions typique de celles des centrales électriques alimentées au carbon

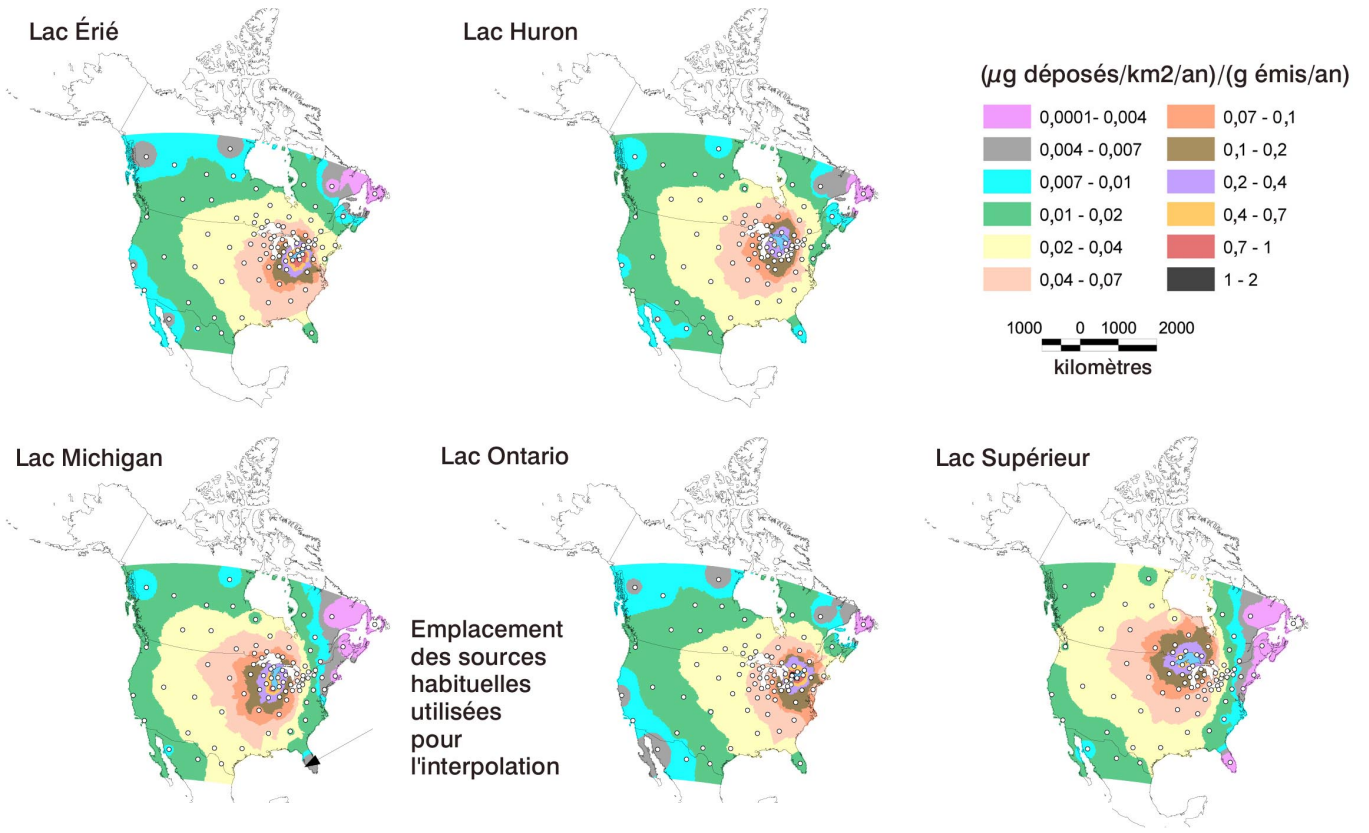


FIGURE 7
Répartition géographique des émissions totales de mercure dans l'atmosphère à partir de sources anthropiques au Canada et aux États-Unis

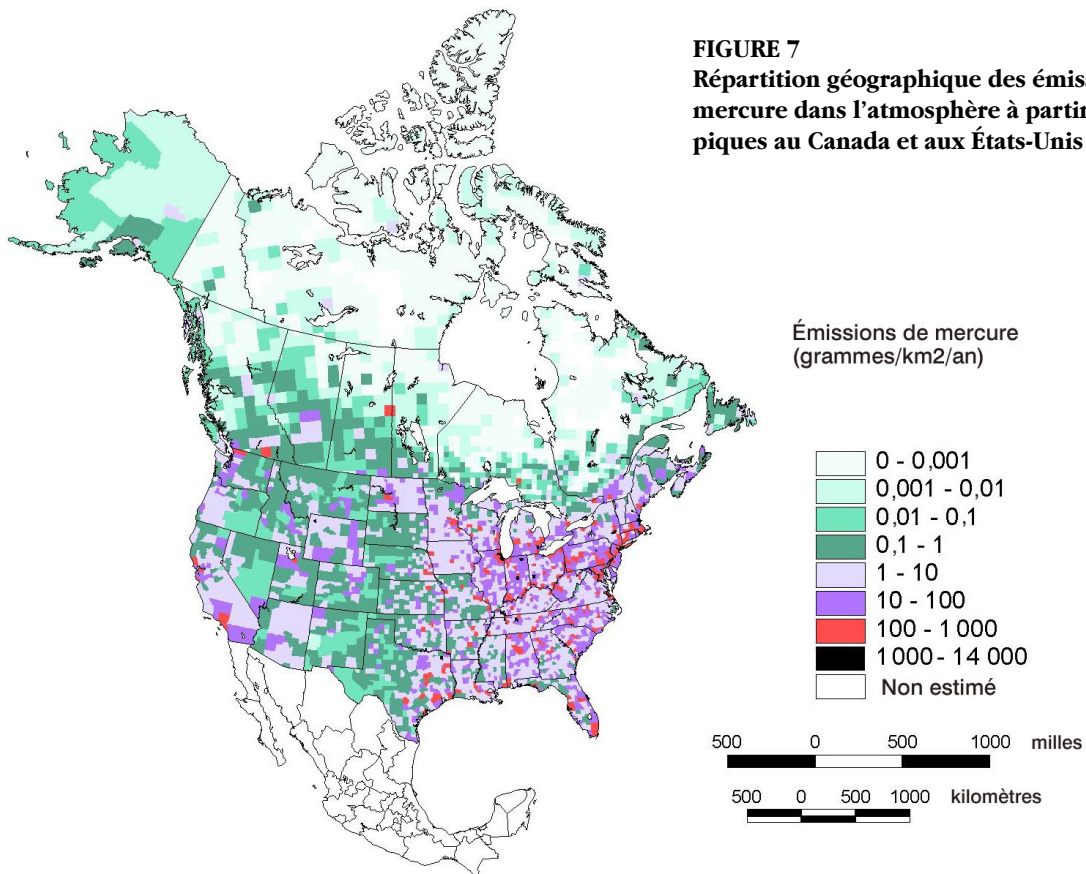


FIGURE 8
Émissions annuelles de mercure à partir des sources canadiennes et américaines

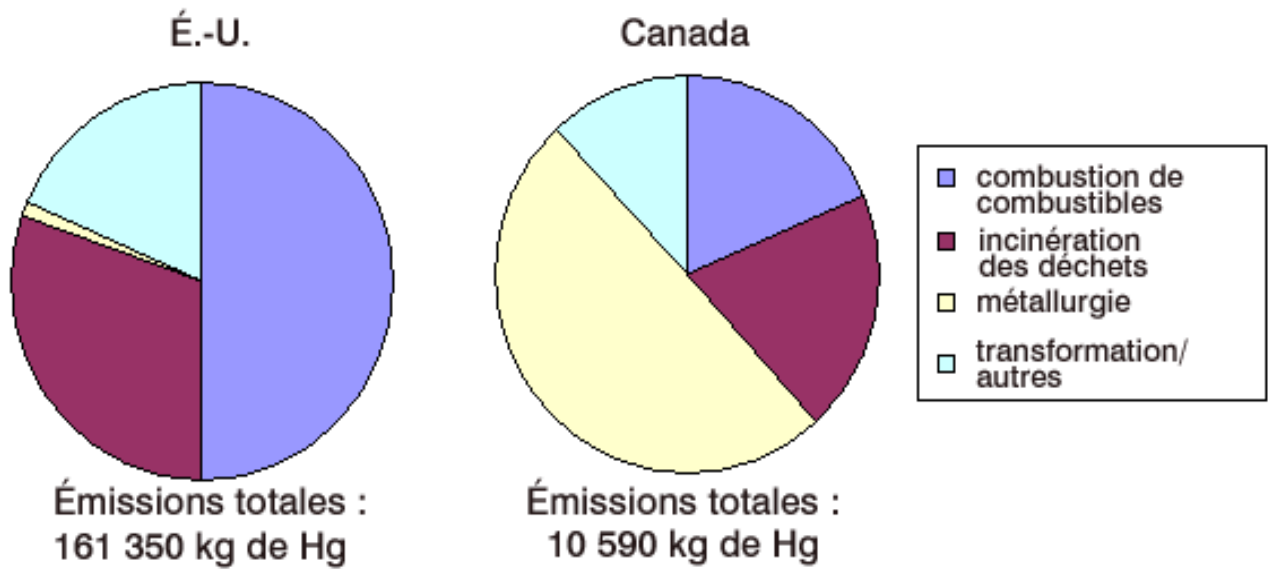


Fig.6
7, 8
9, 10

FIGURE 9
Émissions annuelles de mercure *par habitant* à partir des sources canadiennes et américaines (toutes catégories de sources confondues)

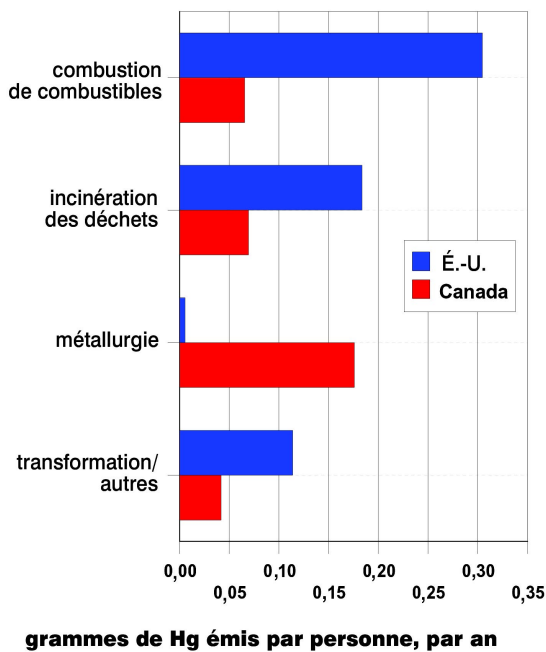


FIGURE 10
Émissions annuelles de mercure *par habitant* à partir des sources canadiennes et américaines (catégories de sources détaillées)

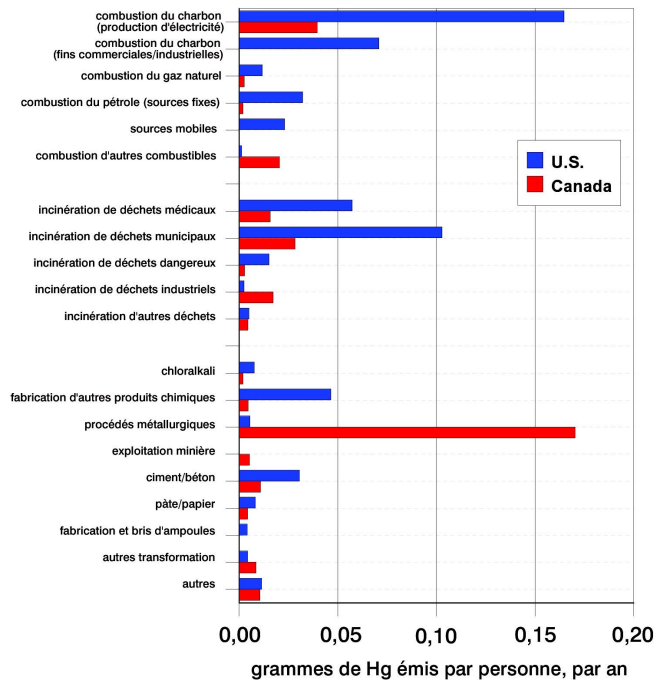


FIGURE 11
Profil de spéciation des émissions de mercure à partir de sources anthropiques au Canada et aux États-Unis

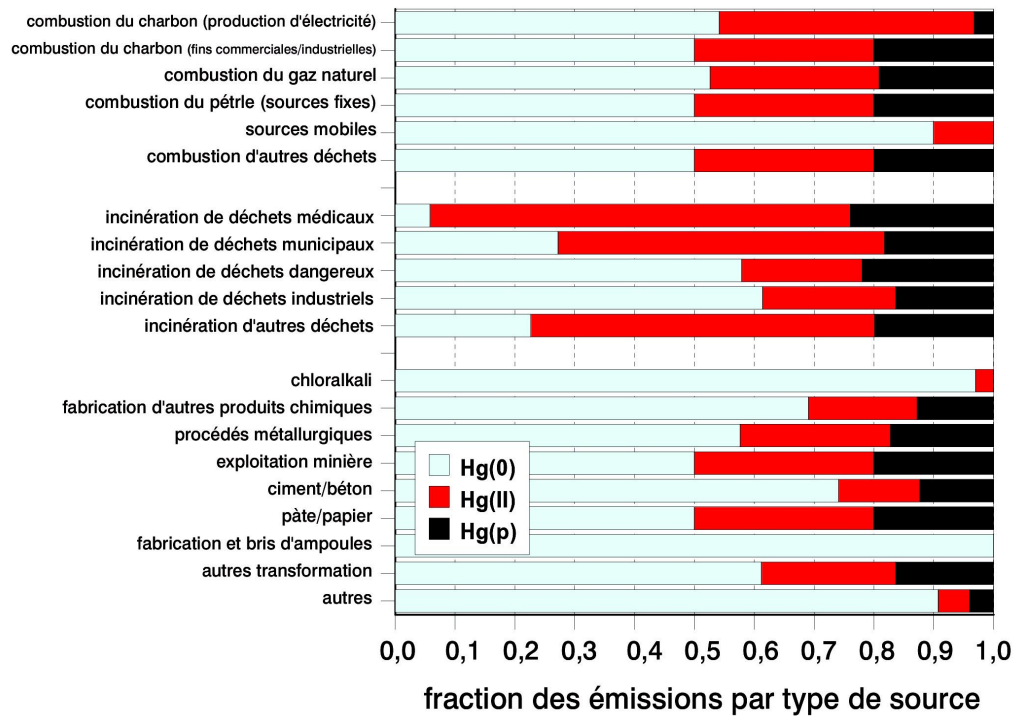


FIGURE 12
Émissions annuelles de mercure par espèce à partir de sources anthropiques au Canada et aux États-Unis

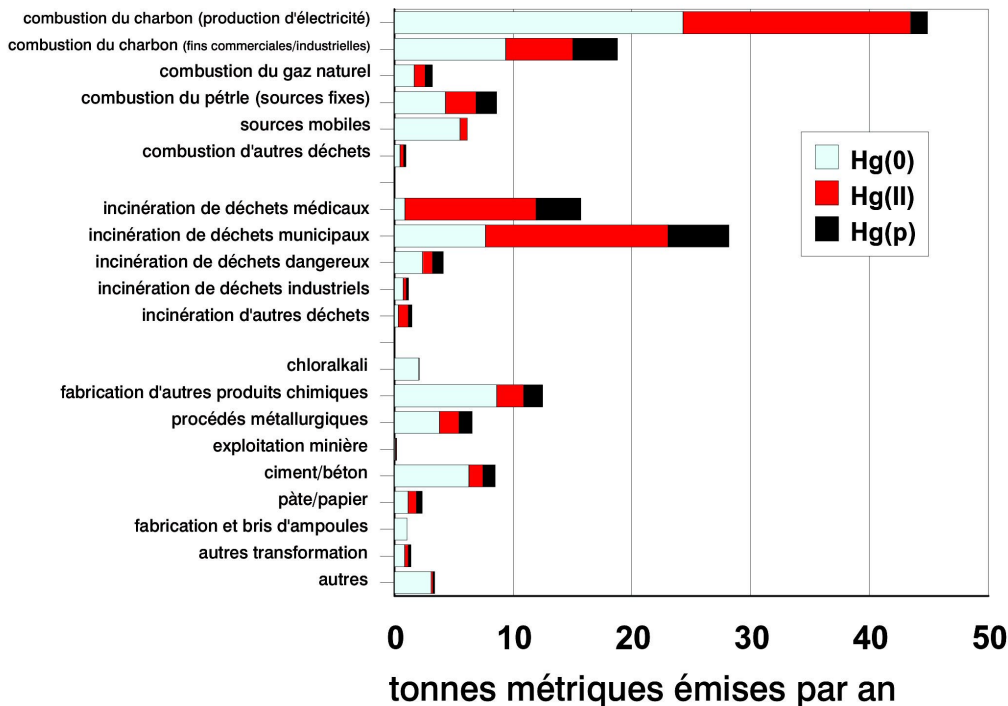


FIGURE 13

Dépôt atmosphérique annuel dans les Grands Lacs à partir de sources anthropiques au Canada et aux États-Unis, estimé par modèle

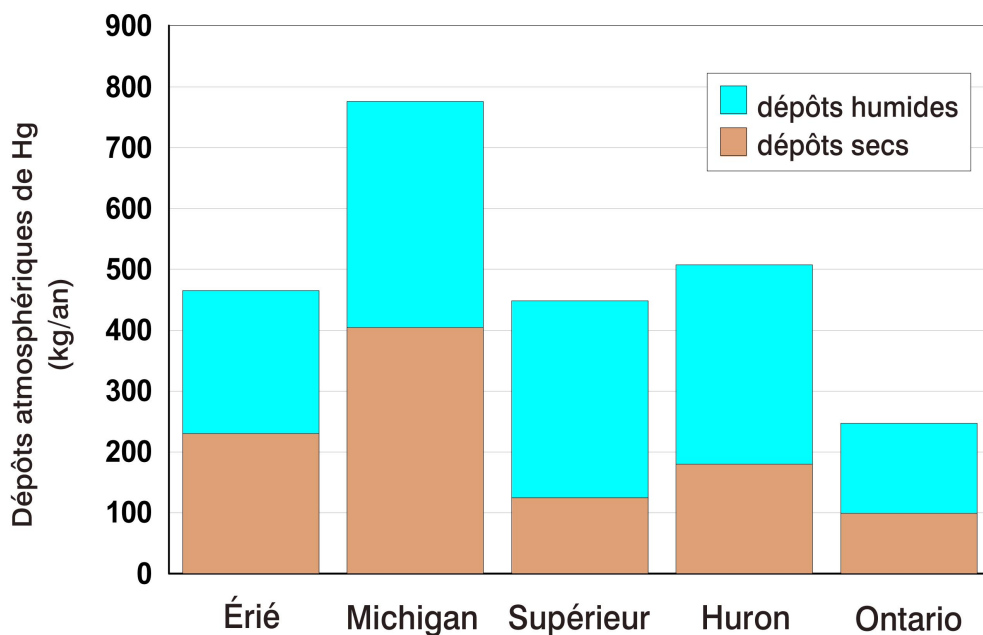


Fig.11
12, 13
14, 15

FIGURE 14

Flux annuel vers les Grands Lacs à partir de sources anthropiques au Canada et aux États-Unis, estimé par modèle

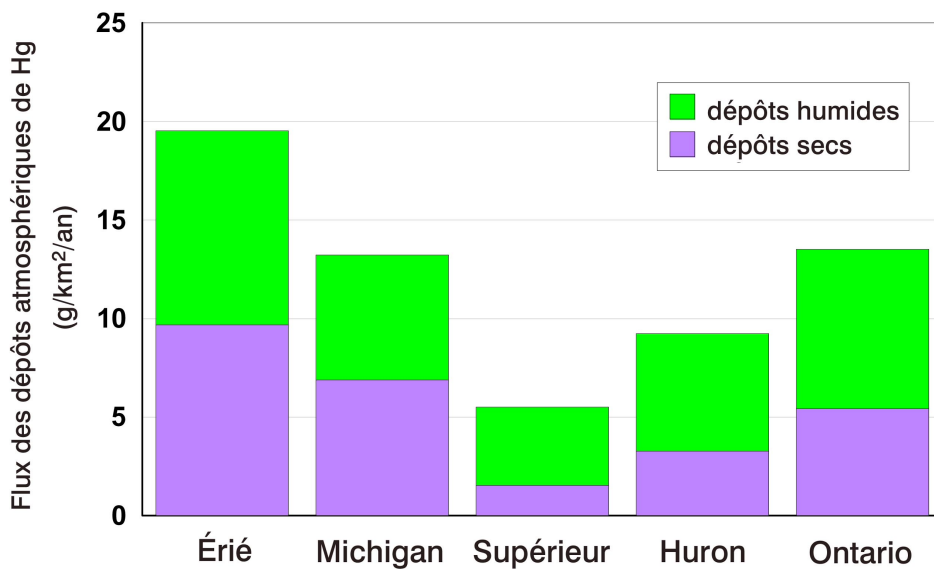


FIGURE 15
Répartition géographique des contributions au dépôt atmosphérique de mercure dans le lac Supérieur

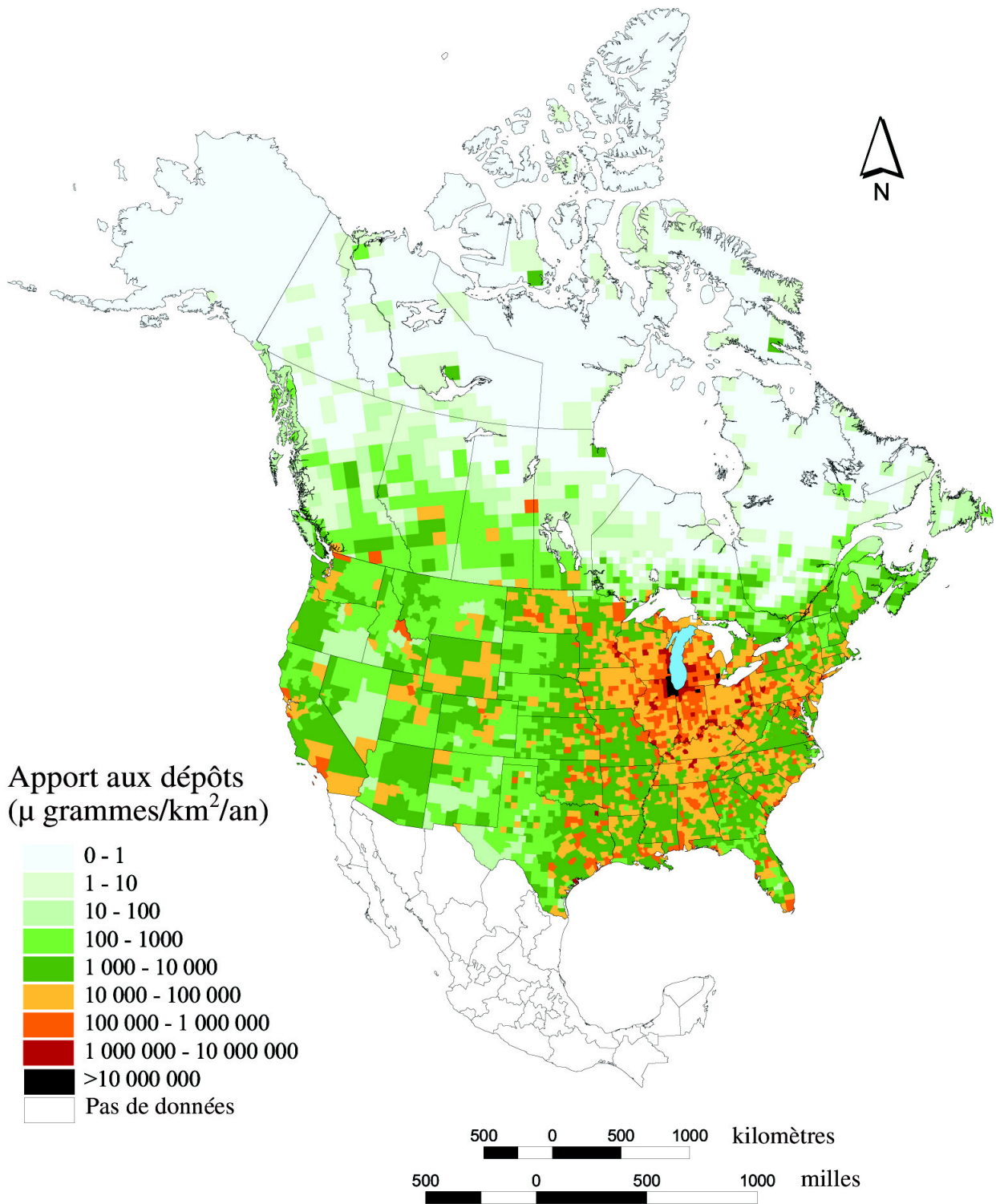


FIGURE 16
Répartition géographique des contributions au dépôt
atmosphérique de mercure dans le lac Huron

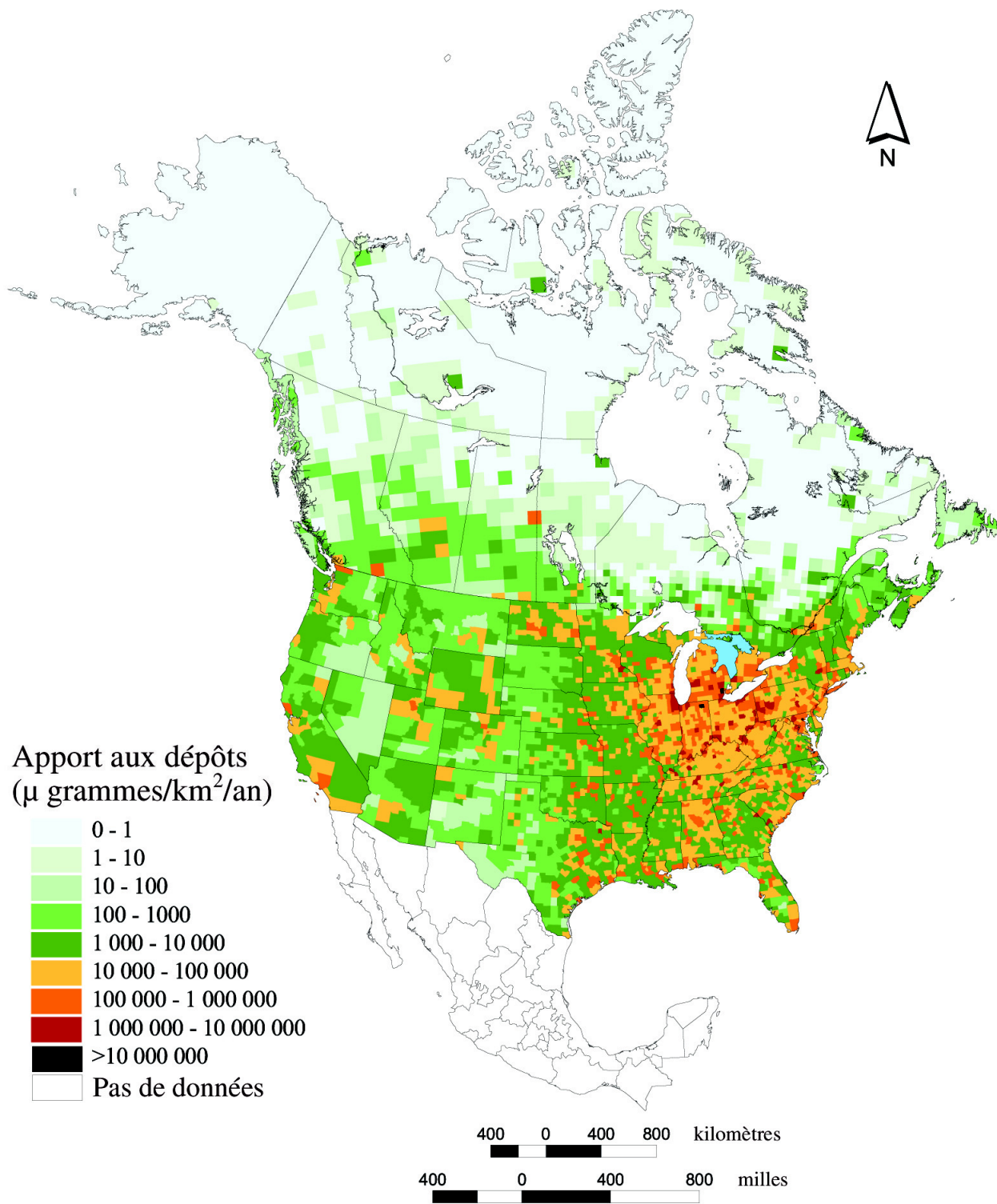


Fig.15
16

FIGURE 17
Répartition géographique des contributions au dépôt atmosphérique de mercure dans le lac Michigan

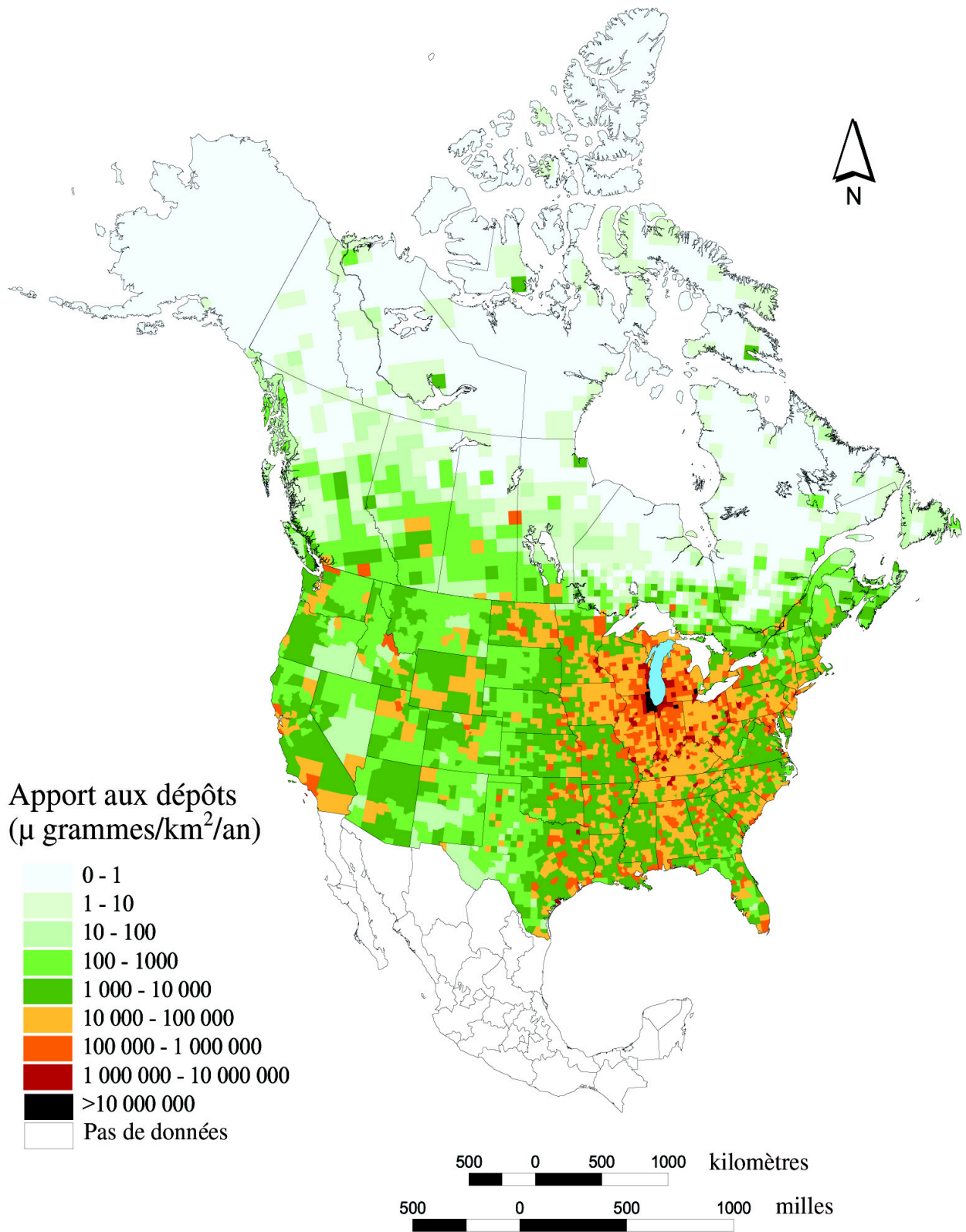


FIGURE 18
Répartition géographique des contributions au dépôt
atmosphérique de mercure dans le lac Érié

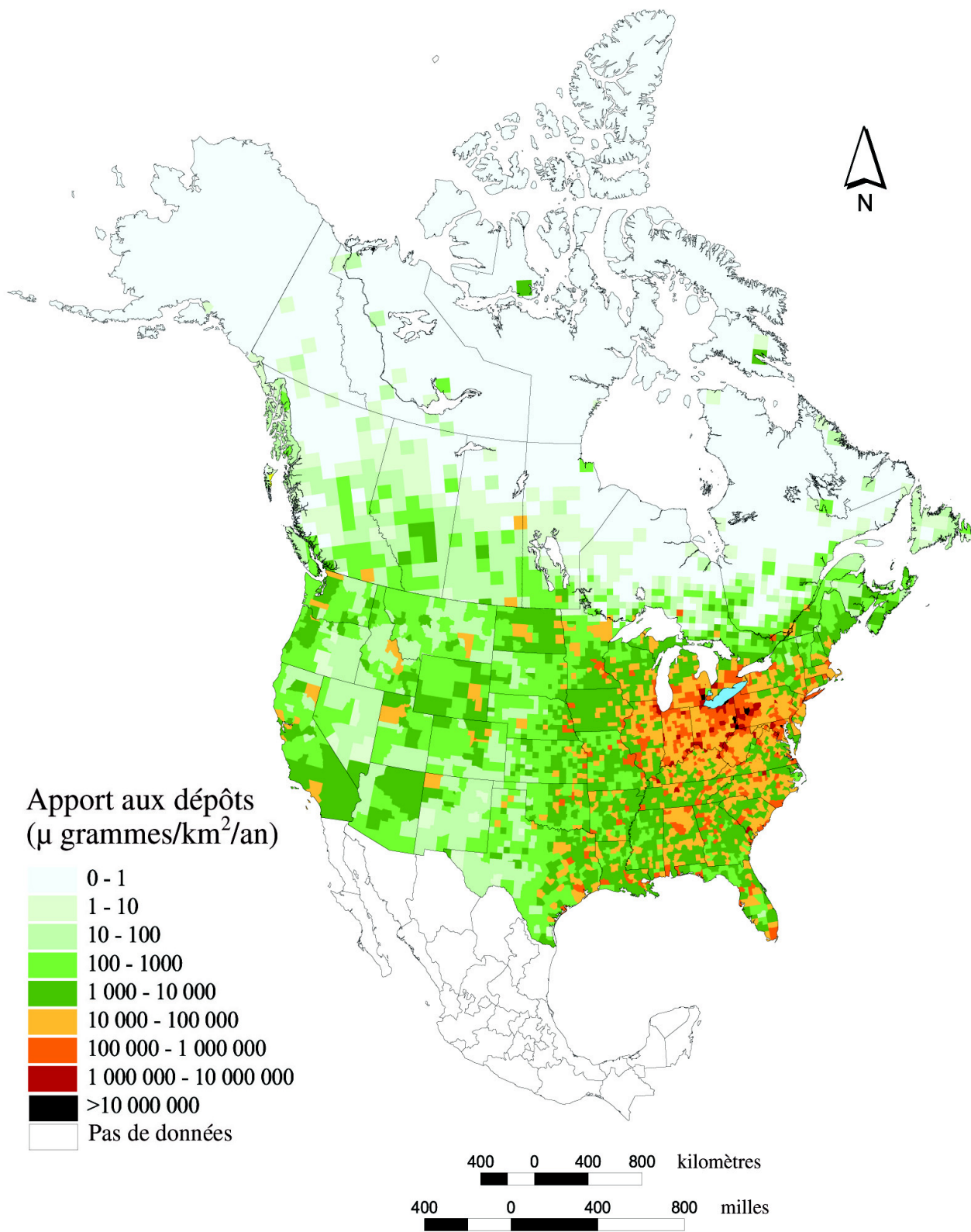


Fig.17
18

FIGURE 19
Répartition géographique des contributions au dépôt
atmosphérique de mercure dans le lac Ontario

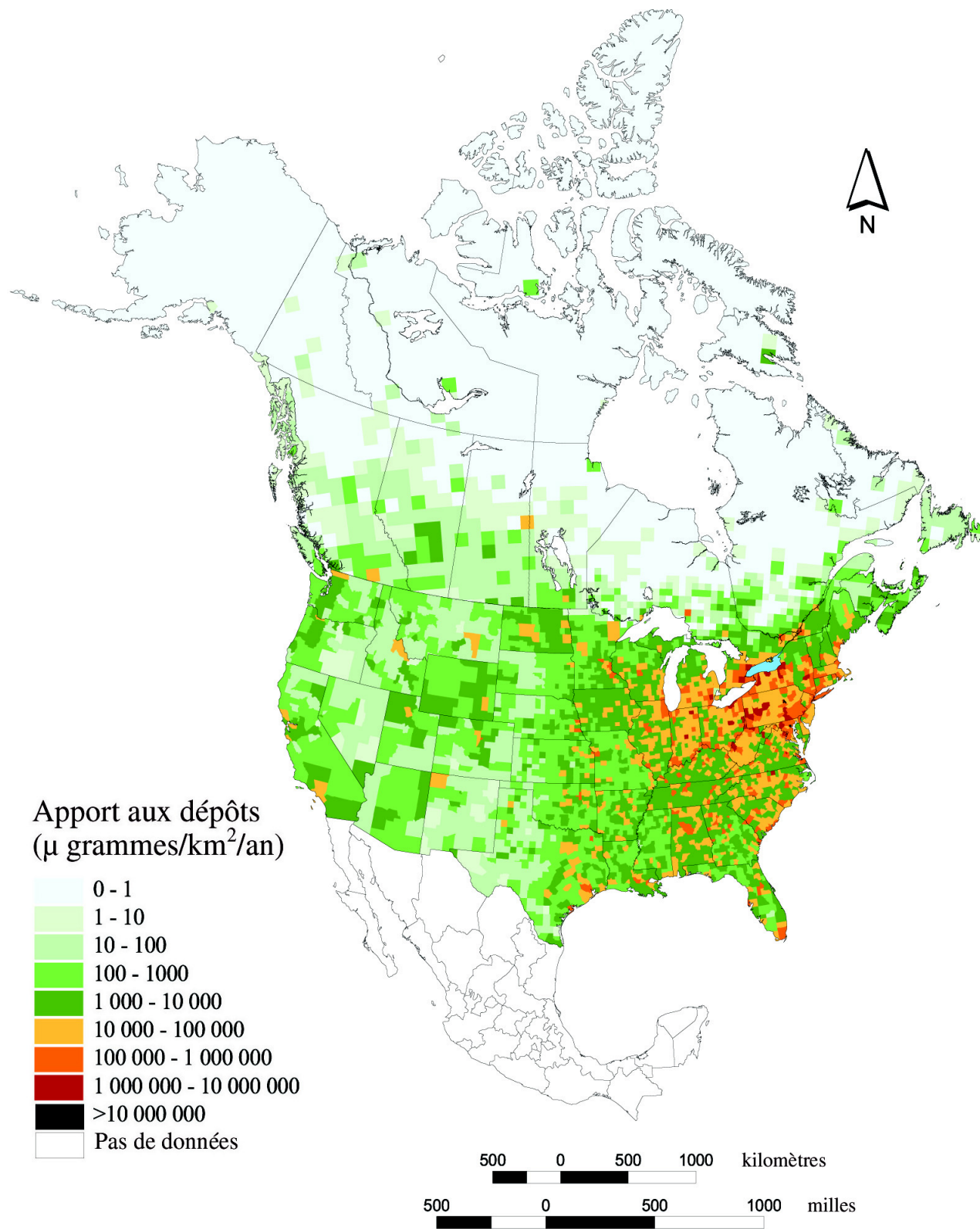


FIGURE 20
Pourcentage des émissions totales estimatives vers les Grands Lacs et du dépôt estimé par modèle de mercure dans les Grands Lacs selon différentes distances par rapport à chaque lac

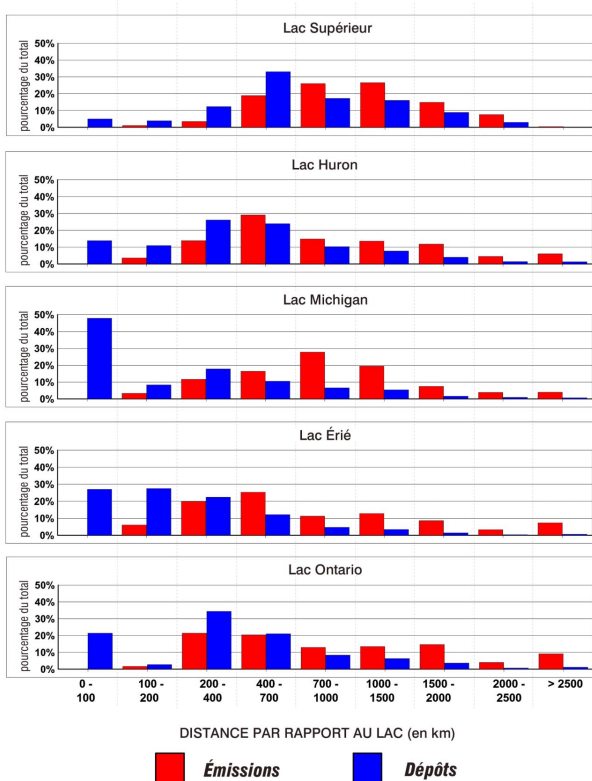


Fig.19
20, 21

FIGURE 21
Contributions par habitant au Canada et aux États-Unis aux charges de mercure des Grands Lacs

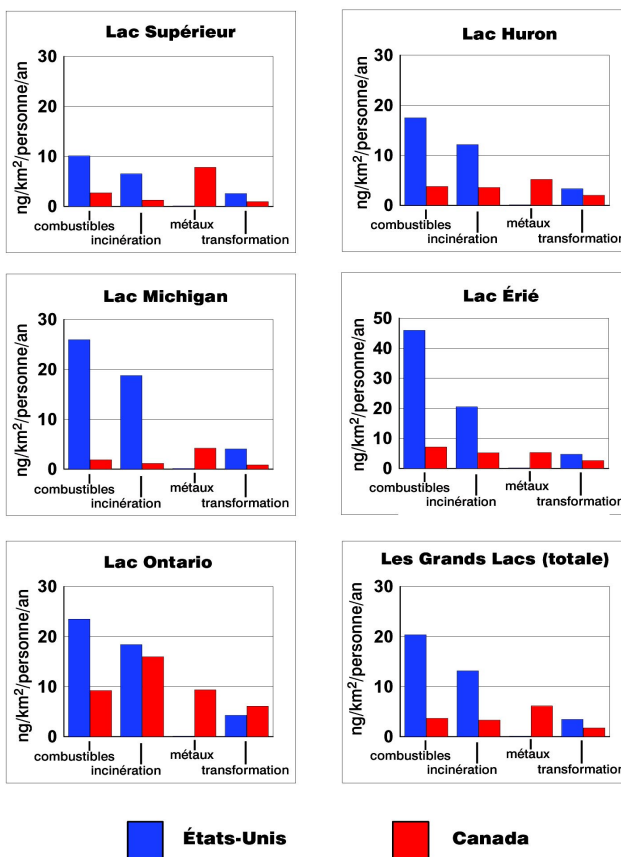


FIGURE 22
 Comparaison des dépôts dans le lac Michigan estimés par modèle (1996) et des dépôts estimés dans le cadre de l'étude du bilan massique du lac Michigan (1994-1995)

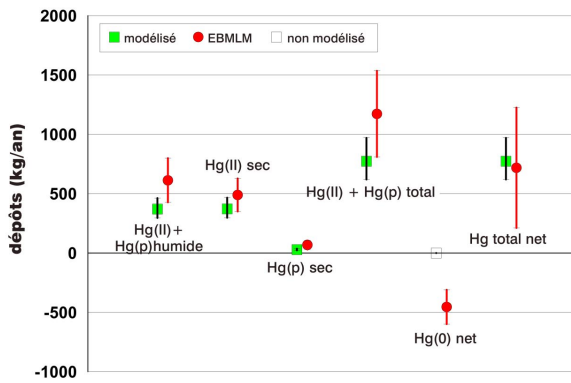
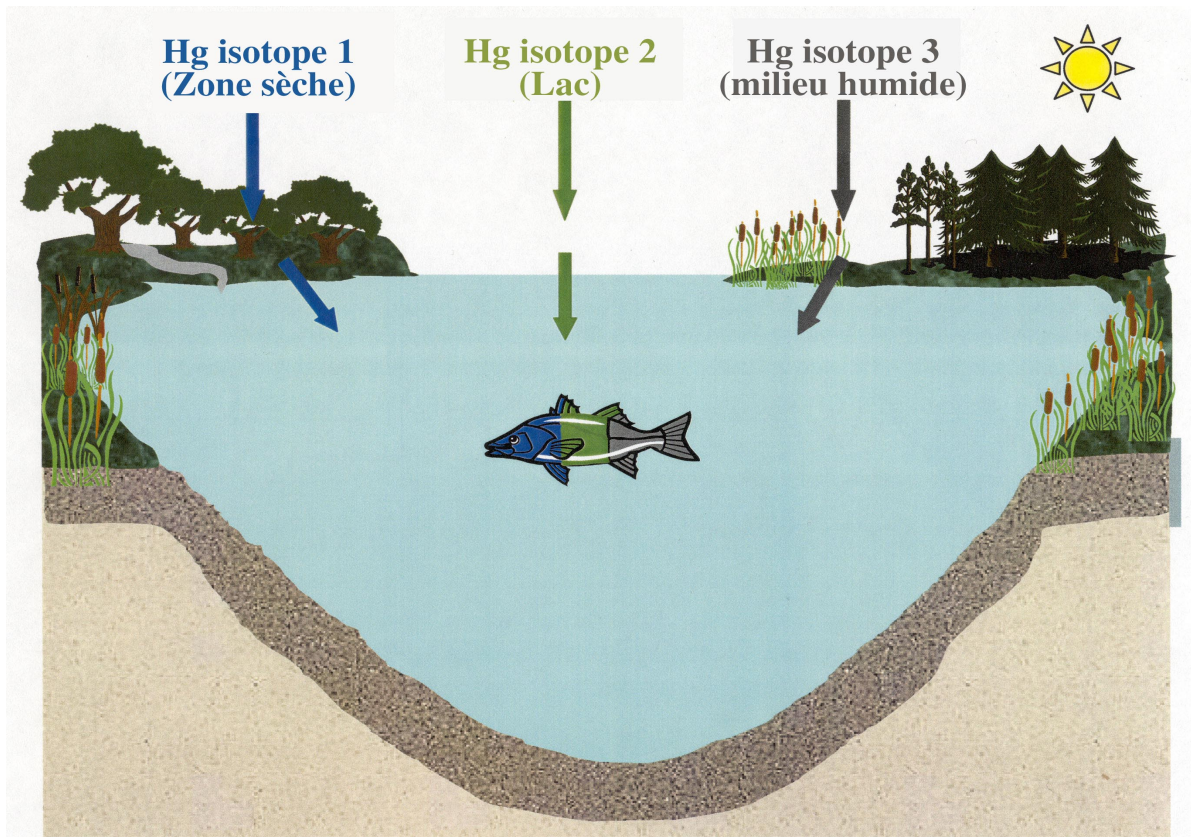


FIGURE 23
 L'installation de recherche de la région des lacs expérimentaux



FIGURE 24
 Mesure à l'aide d'isotopes stables des différentes contributions aux charges de mercure chez les poissons



Source: Reed Harris (Tetra Tech)

1.8 MEMBRES DU CONSEIL CONSULTATIF INTERNATIONAL SUR LA QUALITÉ DE L'AIR, 2001-2003
(sections 1.4 - 1.7)

Membres canadiens

M. Don C. McKay, Ph.D., coprésident
Direction de la recherche sur la qualité de l'air
Service météorologique du Canada
Environnement Canada
4905, rue Dufferin
Downsview (Ontario) M3H 5T4

M. Michael Brauer, Ph.D.
Professeur agrégé
School of Occupational and Environmental Hygiene and
Department of Medicine
Respiratory Division
Université de la Colombie-Britannique
2206 East Mall, Room 366A
Vancouver (Colombie-Britannique) V6T 1Z3

M^{me} Peggy Farnsworth
Directrice
Direction des questions atmosphériques transfrontalières
Direction générale de la prévention de la pollution
Environnement Canada
351, boul. Saint-Joseph, 11^e étage
Hull (Québec) K1A 0H3

M. Ed Piché
Directeur
Direction de la surveillance environnementale
Ministère de l'Environnement de l'Ontario
125 Resources Road, West Wing
Etobicoke (Ontario) M9P 3V6

M. Randall M. Piercey
Gestionnaire
Section des sciences de l'air
Direction des sciences et des comptes rendus
Ministère de l'Environnement et des
Gouvernements locaux du Nouveau-Brunswick
C. P. 6000, Fredericton (Nouveau-Brunswick) E3B 5H1

Agents de liaison de la CMI

M. Ted Bailey
Section canadienne
Commission mixte internationale
234, av. Laurier Ouest, 22^e étage
Ottawa (Ontario) K1P 6K6

M. Joel L Fisher, Ph.D.
Section américaine
Commission mixte internationale
1250 23rd Street N.W. - Suite 100
Washington, D.C. 20440

Membres américains

M. Gary J. Foley, Ph.D., coprésident
Directeur
National Exposure Research Lab
Environmental Protection Agency
(D310-1)
Research Triangle Park (Caroline du Nord) 27711

M. Richard Artz
NOAA - Air Resources Laboratory
Room 3151-SSMC3 R/E/AR
1315 East West Highway
Silver Spring (Maryland) 20910

M. Harold Garabedian
Directeur adjoint
Agency of Natural Resources du Vermont
103 South Main Street
Waterbury (Vermont) 05671-0402

M. Paul Lioy, Ph.D.
Environmental & Occupational Health
Sciences Institute
618 Frelinghuysen Rd., 3rd Floor
Piscataway (New Jersey) 08855-1179

M^{me} Kathy Ann Tonnessen, Ph.D.
Coordonnatrice des recherches
Rocky Mountain Cooperative
Ecosystem Studies Unit
Université du Montana
Missoula (Montana) 59612

Secrétaire

M. John F. McDonald
Bureau régional des Grands Lacs
Commission mixte internationale
100, av. Ouellette
Windsor (Ontario) N9A 6T3

Les personnes suivantes ont siégé au Conseil durant le cycle biennal 2001-2003. Leur contribution est grandement appréciée.

Anciens membres

M. David I. Besner, Ph.D.
Ministère de l'Environnement et des Gouvernements locaux
du Nouveau-Brunswick

M. D. Wayne Draper
Environnement Canada

M^{me} Keri Hornbuckle, Ph.D. (agente de liaison avec le CCSGL)
Université de l'Iowa

Fig.22
23, 24
and 1.8

- Ariya, P.A., A. Khalizov, and A. Gidas (2002). « Reactions of gaseous mercury with atomic and molecular halogens; kinetics, product studies, and atmospheric implications ». *J. Phys. Chem. A* **106**, 7310-7320.
- Beauchamp, S., N. Burgess, A. D'Entremont, R. Tordon, G. Brun, D. Leger, W. Schroeder, and J. Abraham (1997). « Mercury in air, water and biota in Kejimikujik National Park, Nova Scotia, Canada ». *Linking Protected Areas with Working Landscape Conserving Biodiversity: Proceedings of the Third International Conference of Science and the Management of Protected Areas*, Calgary. May 12-16, 1997 (Maintaining Ecological Integrity and Biodiversity).
- Bullock, O.R., and K.A. Brehme (2002). « Atmospheric mercury simulation using the CMAQ model: formulation description and analysis of wet deposition results ». *Atmos. Environ.* **36**, 2135-2146.
- Bullock, O.R. (2000). « Modeling assessment of transport and deposition patterns of anthropogenic mercury air emissions in the United States and Canada ». *Sci. Tot. Environ.* **259**, 145-157.
- Bullock, O.R., K.A. Brehme, and G.R. Mapp (1998). « Lagrangian modeling of mercury air emission, transport and deposition: An analysis of model sensitivity to emissions uncertainty ». *Sci. Tot. Environ.* **213**, 1-12.
- Burke, J., M. Hoyer, G. Keeler, and T. Scherbatskoy (1995). « Wet deposition of mercury and ambient mercury concentrations at a site in the Lake Champlain basin ». *Water, Air and Soil Pollution* **80**, 353-362. Cet article décrit les travaux de collecte de données effectués depuis 1992.
- Cohen, M., R. Draxler, R. Artz, B. Commoner, P. Bartlett, P. Cooney, K. Couchot, A. Dickar, H. Eisl, C. Hill, J. Quigley, J. E. Rosenthal, D. Neimi, D. Ratte, M. Deslauriers, R. Laurin, L. Mathewson-Brake, and J. McDonald (2002). « Modeling the atmospheric transport and deposition of PCDD/F to the Great Lakes ». *Environ. Sci. Technol.* **36**, 4831-4845.
- Cohen, M., B. Commoner, H. Eisl, P. Bartlett, A. Dickar, C. Hill, J. Quigley, and J. Rosenthal (1995). *Quantitative Estimation of the entry of dioxins, furans, and hexachlorobenzene into the Great Lakes from airborne and waterborne sources*. Center for the Biology of Natural Systems (CBNS), Queens College, Flushing, New York.
- Dolan, D. M., K. P. McGunagle, S. Perry, and E. Voldner (1993). *Source Investigation for Lake Superior*. International Joint Commission, Windsor, Ontario.
- Draxler, R. R. and G. D. Hess (1998). « An overview of the HYSPLIT_4 modelling system for trajectories, dispersion and deposition ». *Australian Met. Mag.* **47**, 295.
- Draxler, R. R. (2000). « Meteorological factors of ozone predictability at Houston, Texas ». *J. Air Waste Manage. Assoc.* **50**, 259-271.
- Draxler, R. R., J. T. McQueen, B.J.B. Stunder. *Atmos. Environ.* **1994**, 2197.
- Draxler, R. R. (1991). « The accuracy of trajectories during ANATEX calculated using a dynamic model analyses versus rawinsonde observations ». *J. Appl. Met.* **30**, 1446-1467.
- Dvonch, J. T., J. R. Graney, F. J. Marsik, G. J. Keeler, and R. K. Stevens (1998). « An investigation of source-receptor relationships for mercury in south Florida using event precipitation data ». *Sci. Tot. Environ.* **213**:95-108.
- Gardfeldt, K. and M. Jonnson (2003). « Is bimolecular reduction of Hg(II)-complexes possible in aqueous systems of environmental importance? ». *J. Phys. Chem. A*. Sous presse.
- Gustin, M. S. (2003). « Are mercury emissions from geologic sources significant? A status report ». *Sci. Tot. Environ.* **304**, 153-167.
- Hall, B. (1995). « The gas phase oxidation of elemental mercury by ozone ». *Water, Air, and Soil Pollution* **80**, 301-315.
- Keeler, G. (2001). University of Michigan, Ann Arbor, MI. Communication personnelle.
- Kellerhals, M., S. Beauchamp, W. Belzer, P. Blanchard, F. Froude, B. Harvey, K. McDonald, M. Pilote, L. Poissant, K. Puckett, B. Schroeder, A. Steffen, and R. Tordon (2000). « Temporal and spatial variability of total gaseous mercury in Canada: preliminary results from the Canadian Atmospheric Mercury Measurement Network (CAMNet) ». *Proceedings of the International Conference on Heavy Metals in the Environment, August 6-10, 2000, Ann Arbor, MI*. Conférence tenue conjointement par l'Université du Michigan, le Geological Survey des États-Unis, Environnement Canada et Elsevier Science Publishers (Oxford, R.-U.).

- Landis, M. S. and G. J. Keeler (2002). « Atmospheric mercury deposition to Lake Michigan during the Lake Michigan Mass Balance Study ». *Environ. Sci. Technol.* **36**, 4518-4524.
- Landis, M.S. U.S. EPA, NERL, RTP, NC. Exposé présenté à l'atelier intitulé *Addressing Atmospheric Mercury: Science and Policy*, Research Triangle Park, NC. December 13, 2001.
- Lin, C., M. Cheng, W. H. Schroeder (2001). « Transport patterns and potential sources of total gaseous mercury measured in Canadian high Arctic in 1995 ». *Atmos. Environ.* **35**, 1141-1154.
- Lin, C. and S. Pehkonen (1997). « The chemistry of atmospheric mercury: a review ». *Atmos. Environ.* **33**, 2067-2079.
- Mason, R. P. and K. A. Sullivan (1997). « Mercury in Lake Michigan ». *Environ. Sci. Technol.* **31**, 942-947.
- Mason, R. P., N. M. Lawson, and K.A. Sullivan (1997a). « Atmospheric deposition to the Chesapeake Bay watershed – regional and local sources ». *Atmos. Environ.* **31**, 3531-3540.
- Mason, R.P., N. M. Lawson, and K.A. Sullivan (1997b). « The concentrations, speciation and sources of mercury in Chesapeake Bay precipitation ». *Atmos. Environ.* **31**, 3541-3550.
- McQueen, J. T., R. R. Draxler. « Evaluation of model back-trajectories of the Kuwait oil fires smoke plume using digital satellite data ». *Atmos. environ.* **1994**, 28, 2159.
- National Academy Commission on Life Sciences (2000). *Toxicological Effects of Methylmercury*, National Academies Press, Washington, D.C.
- Niemi, D., D. Ratte et M. Deslauriers (2001). Inventaire des émissions de mercure au Canada en 1995. Direction des données sur les polluants, Environnement Canada, Hull (Québec). Communication personnelle.
- Niemi, D. (2001). Direction des données sur les polluants, Environnement Canada, Hull (Québec). Communication personnelle.
- Pai, P., P. Karamchandani, and C. Seigneur (1997). « Simulation of the regional atmospheric transport and fate of mercury using a comprehensive Eulerian model ». *Atmos. Environ.* **31**, 2717-2732.
- Poissant, L., and M. Pilote (1998). « Mercury concentrations in single event precipitation in southern Quebec ». *Sci. Tot. Environ.* **213**, 65-72.
- Rolfhus, K. R., H. E. Sakamoto, L. B. Cleckner, R. W. Stoor, C. L. Babiarz, R. C. Back, H. Manolopolous, and J.P. Hurley (2003). « Distribution and fluxes of total and methylmercury in Lake Superior ». *Environ. Sci. Technol.* **37**, 865-872.
- Rolph, G. D., R. R. Draxler, R. G. DePena (1992). « Modeling sulfur concentrations and deposition during ANATEX ». *Atmos. Environ.* **26A**, 73-93.
- Rolph, G. D., R. R. Draxler, and R. G. DePena (1993). « The use of model-derived and observed precipitation in long-term sulfur concentration and deposition modeling ». *Atmos. Environ.* **27A**, 2017-2037.
- Ryaboshapko, A., R. Artz, O. Bullock, J. Christensen, M. Cohen, A. Dastoor, D. Davignon, R. Draxler, R. Ebinghaus, L. Ilyin, J. Mumthe, G. Petersen, D. Syrakov (2003). *Intercomparison Study of Numerical Models for Long-Range Atmospheric Transport of Mercury. Stage II. Comparison of Modeling Results with Observations Obtained During Short-Term measuring Campaigns*. Technical Report 01/2003. Ébauche, mars 2003. Meteorological Synthesizing Centre - East, Cooperative Programme for Monitoring and Evaluation of the Long-Range Transmission of Air Pollutants in Europe.
- Ryaboshapko, A., R. Bullock, R. Ebinghaus, L. Ilyin, K. Lohman, J. Munthe, G. Petersen, C. Seigneur, I. Wangberg (2002). « Comparison of mercury chemistry models ». *Atmos. Environ.* **36**, 3881-3898.
- Ryan, R. (2001). *Point, area, and mobile sources of mercury prepared for U.S. EPA analysis of proposed Multi-pollutant Power Generation Legislation*, U.S. EPA, Office of Air Quality Planning and Standards, Emissions, Monitoring and Analysis Division, Emissions Factors and Inventory Group. Communication personnelle.
- Scholtz, M. T., B.J. Van Heyst, W. Schroeder (2003). « Modelling of mercury emissions from background soils ». *Sci. Tot. Environ.* **304**, 185-207.
- Schroeder, W. H., and J. Munthe (1998). « Atmospheric mercury – an overview ». *Atmos. Environ.* **32**, 809-822.
- Schroeder, W. H., G. Yarwood, and H. Niki (1991). « Transformation processes involving mercury species in the atmosphere — results from a literature survey ». *Water, Air and Soil Pollution* **56**:653-666.
- Seigneur, C., H. Abeck, G. Chia, M. Reinhard, N. S. Bloom, E. M. Prestbo, and P. Saxena (1998). « Mercury adsorption to elemental carbon (soot) particles and atmospheric particulate matter ». *Atmos. Environ.* **32**, 2649-2657.
- Seigneur, C., P. Karamchandani, K. Lohman, K. Vijayaraghavan, and R. Shia (2001). « Multiscale modeling of the atmospheric fate and transport of mercury ». *J. Geophys. Res.* **106(D21)**, 27795-27809.
- Shannon, J. D. and E. C. Voldner (1995). « Modeling atmospheric concentrations of mercury and deposition to the Great Lakes ». *Atmos. Environ.* **29**, 1649-1661.

- Stein, A. F., D. Lamb, R. R. Draxler (2000). « Incorporation of detailed chemistry into a three-dimensional Lagrangian-Eulerian hybrid model: application to regional tropospheric ozone ». *Atmos. Environ.* **34**, 4361-4372.
- Tokos, J. J. S., B. Hall, J. A. Calhoun, and E. M. Prestbo (1998). « Homogeneous gas-phase reaction of Hg^0 with H_2O_2 , O_3 , CH_3I , and $(\text{CH}_3)_2\text{S}$: implications for atmospheric Hg cycling ». *Atmos. Environ.*, **32**, 823-827.
- U.S. EPA (1997). *Mercury Study Report to Congress, Volume III. Fate and Transport of Mercury in the Environment*. EPA-452/R-97-005. December. Office of Air Quality Planning and Standards and Office of Research and Development.
- Van Loon, L., E. Mader, and S. L. Scott (2000). « Reduction of the aqueous mercuric ion by sulfite: UV spectrum of HgSO_3 and its intramolecular redox reaction ». *J. Phys. Chem. A* **104**, 1621-1626.
- Vette, A., M. Landis, and G. Keeler (2002). « Deposition and emissions of gaseous mercury to and from Lake Michigan during the Lake Michigan Mass Balance Study (July, 1994 - October, 1995) ». *Environ. Sci. Technol.* **36**, 4525-4532.
- Xu, X., Y. Yang, D. R. Miller, J. J. Helble, and R. J. Carley (2000a). « A regional scale modeling study of atmospheric transport and transformation of mercury. I. Model development and evaluation ». *Atmos. Environ.* **34**: 4933-4944.
- Xu, X., Y. Yang, D. R. Miller, J. J. Helble, and R. J. Carley (2000b). « A regional scale modeling study of atmospheric transport and transformation of mercury. II. Simulation results for the northeast United States ». *Atmos. Environ.* **34**: 4945-4955.
- Xu, X., Y. Yang, D. R. Miller, J. J. Helble, H. Thomas, and R. J. Carley (2000c). « A sensitivity analysis on the atmospheric transformation and deposition of mercury in north-eastern USA ». *Sci. Tot. Environ.* **259**: 169-181.



*Priorités
2001-2003
Chapitre 2*

**PLANS D' ACTIONS
CORRECTRICES ET PLANS
D' AMÉNAGEMENT PANLACUSTRE**

CHAPITRE DEUX PLANS D' ACTIONS CORRECTRICES
ET PLANS D' AMÉNAGEMENT PANLACUSTRE

Table des matières

Rapport du Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs

2.1	INTRODUCTION	61
2.2	EXAMEN DES LIGNES DIRECTRICES DU CANADA ET DES ÉTATS-UNIS À L'ÉGARD DU RETRAIT DE LA LISTE	62
2.2.1	Contexte	62
2.2.2	Constatations du Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs	62
2.2.3	Discussion	62
	Principes	62
	Portée et orientation	62
	Exigences de l'Accord et objectifs fixés localement	63
	Principes directeurs binationaux et rapport au public	63
	Surveillance	63
	Autres points à examiner	63
2.2.4	Conseils de la Commission mixte internationale	64
	Utilisations de l'eau	64
	Documentation	64
	Clarté	64
	Surveillance	64
	Rapports	64
	Consultations auprès de la Commission	64
2.3	CONSULTATIONS À L'ÉGARD DU PLAN D' ACTIONS CORRECTRICES DU PORT DE HAMILTON	65
2.3.1	Contexte	65
2.3.2	Constatations du Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs	65
2.3.3	Conseils et recommandations du Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs	66
2.3.4	Conseils de la Commission mixte internationale	66
2.4	CONSULTATIONS À L'ÉGARD DU PLAN D' ACTIONS CORRECTRICES POUR LE SECTEUR DE DÉTROI	67
2.4.1	Contexte	67
2.4.2	Constatations du Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs	67
2.4.3	Conseils et recommandations du Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs	67

Rapport du Conseil consultatif scientifique des Grands Lacs

2.5	CONSEIL CONSULTATIF SCIENTIFIQUE DES GRANDS LACS – ACTIVITÉS RELATIVES À L'ANNEXE 2	70
2.5.1	Groupe de travail sur l'annexe 2	70
2.5.2	Visite des lieux et réunion publique dans le secteur préoccupant de la rivière Maumee	70

En 2002, la CMI a mis sur pied un groupe de travail chargé de prodiguer des conseils éclairés sur des questions touchant l'Annexe 2 de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs – Plans d'actions correctrices et Plans d'aménagement panlacustre. Le groupe de travail comprend un commissaire principal de la CMI pour chacun des pays concernés, jusqu'à trois membres du Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs, deux membres du Conseil consultatif scientifique des Grands Lacs, un membre du Conseil des directeurs de recherche des Grands Lacs et le directeur du Bureau régional des Grands Lacs de la CMI. De plus, diverses autres personnes peuvent être invitées à se joindre au groupe de travail si les commissaires principaux le jugent nécessaire.

Le Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs

En vue d'appuyer les activités de la CMI et de son groupe de travail, le Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs (CQEGL) a examiné les principes directeurs des États-Unis et du Canada à l'égard du retrait de la liste et a mené des consultations auprès du personnel chargé du plan d'actions correctrices (PAC) pour le port de Hamilton et le secteur de Détroit. Le rapport du CQEGL se trouve aux sections 2.2 à 2.4 du présent document.

Le Conseil consultatif scientifique des Grands Lacs

Le Conseil consultatif scientifique des Grands Lacs (CCSGL) surveille les nouvelles connaissances ou trouvailles scientifiques qui pourraient avoir une incidence sur la qualité de l'eau dans les Grands Lacs. Le CCSGL ne formule pas de recommandations à l'égard de ses activités de surveillance générale, mais celles-ci lui permettent d'alerter la CMI et le Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs au sujet d'une gamme de questions touchant les responsabilités définies en vertu de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs. Le rapport du CCSGL sur les activités définies à l'annexe 2 se trouve à la section 2.5.

2.2 EXAMEN DES PRINCIPES DIRECTEURS DU CANADA ET DES ÉTATS-UNIS CONCERNANT LE RETRAIT DE LA LISTE

2.2.1 Contexte

Le 6 décembre 2001, le U.S. Policy Committee a adopté un document d'orientation intitulé *Restoring United States Areas of Concern: Delisting Principles and Guidelines*. À la suite d'une demande formulée par l'Environmental Protection Agency des États-Unis, la CMI a demandé au CQEGL d'étudier le document et la documentation canadienne connexe.

Plus précisément, la CMI a demandé au CQEGL d'étudier les démarches adoptées par chacune des parties concernées et de formuler des commentaires sur ce qui suit :

- le degré de similitude entre les démarches adoptées par les États-Unis et le Canada;
- le degré de respect ou de non-respect, pour ces deux démarches, des exigences de l'Accord, en particulier de l'annexe 2.

L'examen du CQEGL était fondé sur trois documents :

- *Restoring United States Areas of Concern: Delisting Principles and Guidelines*; adopté par le United States Policy Committee le 6 décembre 2001. Adresse internet : <http://www.epa.gov/glnpo/aoc/delist.html> . (Principes directeurs des É.-U.)
- *Recognizing Areas of Concern That Have Completed RAP Implementation*. Approuvé en janvier 1999 par le Comité d'examen de l'Accord Canada-Ontario. (Principes directeurs de l'ACO)
- *A Guide to Producers, Users and Reviewers of Stage 2 and Stage 3 Reports*. Il s'agit d'extraits d'un manuel produit par l'Ontario à l'intention des personnes qui rédigent ou qui revoient les documents relatifs aux deuxième et troisième étapes des plans d'actions correctrices. (Principes directeurs de l'Ontario)

Le 6 février 2002, le CQEGL a soumis à la CMI les conclusions et les conseils décrits ci-après. Les réactions de la CMI à l'égard de ces conseils sont également résumées.

2.2.2 Constatations du Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs

Degré de similitude entre les démarches adoptées par les États-Unis et le Canada. Le CQEGL est d'avis que les démarches adoptées par le Canada et les États-Unis sont suffisamment similaires et équivalentes du point de vue fonctionnel.

Degré de respect ou de non-respect, par ces deux démarches, des exigences de l'Accord, en particulier de l'annexe 2. Le CQEGL est d'avis que les deux démarches sont conformes aux exigences de l'Accord.

2.2.3 Discussion

Principes

Les principes directeurs adoptés par les États-Unis et l'Ontario comportent des éléments valables pour le rétablissement des utilisations de l'eau. Cependant, les principes directeurs de l'Ontario stipulent ce qui suit [TRADUCTION] : « La réalisation des objectifs relatifs au retrait de la liste peut également être évaluée par rapport aux philosophies et aux principes des plans d'actions correctrices (c'est-à-dire viabilité, approche basée sur les écosystèmes, prévention de la pollution, participation du public). » Le CQEGL estime que les principes relatifs au retrait de la liste devraient être précisément axés sur les utilisations altérées décrites à l'annexe 2, plutôt que sur des facteurs supplémentaires tels que la viabilité ou l'approche basée sur les écosystèmes qui, bien qu'importants, compliquent le processus. Les parties devraient chercher à respecter leurs engagements en vertu de l'annexe 2, en vue de restaurer les secteurs préoccupants.

Portée et orientation

Les principes directeurs des États-Unis font état de [TRADUCTION] « la façon d'accélérer le processus de mise en oeuvre du plan d'actions correctrices et du rétablissement des utilisations de l'eau. » Les documents du Canada et des États-Unis se concentrent sur le processus de retrait de la liste mais, en l'absence de progrès importants, l'établissement des critères de retrait de la liste devient un exercice théorique. Le CQEGL dit vouloir raviver le processus des plans d'actions correctrices, de façon à adopter des mesures qui mèneront au rétablissement des utilisations de l'eau dans les secteurs préoccupants.

Bien que les documents des États-Unis et du Canada soient principalement axés sur le retrait de la liste, le CQEGL reconnaît que ces documents ont été préparés à d'autres fins. Les principes directeurs des États-Unis sont fondés sur un processus de mesures axées sur les écosystèmes, menant au retrait de la liste des secteurs préoccupants et permettant, comme étape intermédiaire du processus, de déterminer qu'un secteur préoccupant est en voie d'être rétabli.

Les deux documents du Canada sont axés sur un processus selon lequel, à la suite de la mise en oeuvre des mesures

correctrices, un secteur préoccupant peut être reclassifié comme secteur de restauration, établissant ainsi une étape à célébrer après la mise en oeuvre des mesures correctrices. Les documents canadiens ne visent pas nécessairement à retirer de la liste une utilisation restreinte de l'eau ou un secteur préoccupant. Le Canada devrait définir un processus de retrait de la liste qui soit semblable à celui présenté dans les principes directeurs des États-Unis, y compris les rôles et les responsabilités des représentants et des ministères fédéraux et provinciaux.

Exigences de l'Accord et objectifs fixés localement

Les documents du Canada et des États-Unis offrent une certaine souplesse à l'échelle locale, et il est indiqué dans les principes directeurs des États-Unis qu'il ne s'agit pas d'un document normatif. Les documents font état de l'atteinte d'objectifs fixés localement, auxquels sont rattachées des sources locales, plutôt que des sources provenant de l'extérieur du secteur préoccupant. Lorsque des objectifs locaux sont atteints et que les sources locales qui contribuent à l'altération des utilisations de l'eau sont maîtrisées, dans la mesure du possible, il y a alors lieu d'envisager le retrait de la liste.

Le CQEGL est préoccupé par le fait qu'à certains endroits, le libellé des documents pourrait être interprété de plusieurs façons. Par exemple, le lecteur pourrait croire que le terme « objectifs établis localement » signifie que la restauration non complète des utilisations de l'eau est acceptable et, ainsi, que l'atteinte partielle des objectifs de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs est permise. Les principes directeurs des États-Unis stipulent ce qui suit [TRADUCTION] : « Il est reconnu et permis de déterminer que les utilisations possibles de l'eau ne peuvent pas être entièrement rétablies » et « le retrait de la liste est permis lorsque les objectifs établis localement sont atteints ».

De telles décisions peuvent être discrétionnaires. Par exemple, les principes directeurs des États-Unis et de l'Accord Canada-Ontario comportent un critère selon lequel la mise en oeuvre des plans d'actions correctrices est terminée lorsque [TRADUCTION] « toutes les activités de mise en oeuvre pratiques et raisonnables ont été réalisées ». De plus, il est indiqué dans les

Le CQEGL veut obtenir l'assurance que l'objet de l'Accord ne sera pas compromis par la documentation incluse dans les principes directeurs des États-Unis et de l'Ontario. Les documents devraient comprendre des énoncés clairs exigeant que les objectifs locaux à l'égard du retrait de la liste soient au moins aussi rigoureux que ce qui est exigé dans l'Accord, et que l'atteinte des conditions visées par les parties ne doivent pas porter atteinte à l'objet de l'Accord.

principes directeurs des États-Unis que des décisions à cet égard sont prises lorsque [TRADUCTION] « le groupe de la mise en oeuvre du plan d'actions correctrices et la population locale sont satisfaits des conditions et du niveau de restauration local. »

À l'inverse, il se peut que les exigences et les objectifs établis localement à la satisfaction du public soient plus stricts que les exigences définies à l'annexe 2.

Le CQEGL veut obtenir l'assurance que l'objet de l'Accord ne sera pas compromis par la documentation incluse dans les principes directeurs des États-Unis et de l'Ontario. Les documents devraient comprendre des énoncés clairs exigeant que les objectifs locaux à l'égard du retrait de la liste soient au moins aussi rigoureux que ce qui est exigé dans l'Accord, et que l'atteinte des conditions visées par les parties ne doivent pas porter atteinte à l'objet de l'Accord. Ce type de précision et d'uniformité permettra de veiller à ce que toutes les parties interprètent les exigences de la même façon, ce qui contribuera à prévenir tout problème d'interprétation.

Principes directeurs binationaux et rapport au public

Les parties souhaiteront peut-être établir un document d'orientation binational, applicable à tous les secteurs préoccupants. Elles pourraient également envisager la possibilité de rédiger, au besoin, des documents distincts à l'intention du public où sont clairement énoncés le processus, les critères et la justification du rétablissement des utilisations de l'eau à l'intérieur d'un secteur préoccupant, ou encore les critères permettant de conclure que la désignation du secteur devrait être changée à *secteur de restauration* ou à *secteur en phase de restauration*.

Surveillance

Il n'est pas clairement indiqué dans les documents du Canada et des États-Unis que des activités de surveillance ont été entreprises pour confirmer que les utilisations de l'eau ont bel et bien été rétablies, comme l'exige la troisième étape des plans d'actions correctrices, et que le retrait de la liste est justifié.

Autres points à examiner

Contrairement aux principes directeurs des États-Unis, les documents du Canada ne font pas état du processus à adopter dans le cas des secteurs préoccupants binationaux.

Les principes directeurs des États-Unis permettent de retirer de la liste des sous-bassins hydrographiques avant le secteur préoccupant en entier. Le Canada devrait envisager la possibilité d'adopter une telle démarche.

Les principes directeurs des États-Unis définissent le rôle de la CMI dans le cadre de consultations avec le directeur du Bureau régional des Grands Lacs. Il pourrait être plus pertinent de mener des consultations auprès des commissaires.

Les documents du Canada et des États-Unis devraient être révisés de façon à les rendre plus clairs et uniformes, ainsi que pour corriger les fautes d'orthographe, les faits et les citations.

2.2.4 Conseils de la Commission mixte internationale

Comme suite aux conseils formulés par le CQEGL, la CMI a transmis aux parties concernées et à l'Ontario ses observations et conseils, sous forme de lettres en date du 19 mars 2002.

Utilisations de l'eau

[TRADUCTION] « Conformément à l'annexe 2 de l'Accord, le retrait de la liste est effectué à la suite du rétablissement des utilisations de l'eau. Le document des États-Unis stipule que, pour qu'un secteur préoccupant soit retiré de la liste, il faut que les utilisations de l'eau soient restaurées. Bien que ce soit implicite dans les documents étudiés, la Commission recommande que les documents du Canada précisent explicitement que les secteurs préoccupants ne peuvent être retirés de la liste qu'une fois que les utilisations de l'eau ont été rétablies. La Commission reconnaît cependant qu'il s'agit d'une politique du Canada et de l'Ontario et que les deux parties se sont consultées en profondeur à ce sujet.

« Les documents du Canada décrivent un processus selon lequel, une fois que les mesures correctrices nécessaires ont été mises en oeuvre, le secteur préoccupant peut être redésigné *secteur de restauration*. On peut prendre en considération d'autres facteurs, comme la viabilité ou des objectifs fixés localement, est acceptable, pourvu que ces facteurs s'ajoutent aux exigences de l'Accord, sans les remplacer. Les critères de retrait de la liste établis par la Commission en 1991 (...) définissent les points à étudier pour chacune des utilisations possibles de l'eau.

Documentation

« La Commission est d'avis que tous les documents pertinents doivent être mis à la disposition du public, ce qui comprend le (...) document des États-Unis. La Commission recommande que les politiques du Canada et de l'Ontario soient regroupées dans un seul document public, et que si un tel document existe déjà, qu'il soit soumis à la Commission, avec de l'information sur la façon dont le public peut le consulter.

« Le CQEGL a indiqué qu'à certains endroits, le libellé des documents du Canada et des États-Unis peut être interprété de plusieurs façons. Par exemple, le lecteur pourrait croire que le terme "objectifs fixés localement" (*locally defined goals*) permet la restauration partielle des utilisations possibles de l'eau et, ainsi, que l'atteinte partielle de l'objet et des objectifs de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs est tout-à-fait acceptable. Bien qu'il existe

de cas où la restauration partielle des utilisations possibles de l'eau soit justifiée, la Commission désire obtenir l'assurance que l'objet de l'Accord ne peut pas être remis en question par l'information contenue dans les documents sur les principes directeurs, et elle recommande que le libellé des principes directeurs sur le retrait de la liste soit explicite à cet égard.

Surveillance

« La Commission signale qu'il est clairement indiqué dans les documents que des activités de surveillance doivent être menées pour déterminer si les utilisations de l'eau ont bel et bien été restaurées et si elles sont maintenues par la suite. Elle désire en outre obtenir l'assurance que des activités de surveillance de ce genre sont nécessaires et suffisantes pour évaluer la restauration des utilisations de l'eau.

Rapports

« À l'annexe 2 de l'Accord, alinéa 4 d), il est indiqué que les plans d'assainissement doivent être soumis à la Commission, pour examen et commentaires, en trois étapes, dont l'une lorsque la surveillance aura permis de démontrer que les utilisations de l'eau ont été rétablies. La Commission s'attend à ce que les rapports de troisième étape seront inclus dans tout processus de retrait de la liste, à moins que les parties concernées apportent une modification officielle à l'Accord.

Consultations auprès de la Commission

« Compte tenu de l'importance de l'annexe 2 et du processus de restauration établis dans les plans d'actions correctrices en vue de respecter l'objet de l'Accord, et compte tenu de l'importance du maintien de la communication, la Commission est d'avis que des consultations informelles avec le directeur du Bureau régional des Grands Lacs, suivies de consultations officielles auprès des commissaires, seraient souhaitables et pertinentes.

« La Commission est heureuse de constater que les parties se préparent à retirer de la liste certains secteurs préoccupants et qu'elles tentent de faire preuve de transparence dans la description de leurs politiques et procédures. Pour contribuer davantage à l'atteinte de cet objectif, les parties devraient peut-être étudier l'élaboration de principes directeurs binationaux uniques, applicables à tous les secteurs préoccupants et tenant compte des différences organisationnelles entre les deux pays. À tout le moins, le Canada et l'Ontario devraient réviser et diffuser un document de régie exhaustif et unique.

« La Commission s'attend à ce que les efforts déployés par les parties en vue de régir le processus de retrait de la liste favorisera l'accroissement des ressources ainsi que la concertation des efforts déployés dans chaque secteur préoccupant, ce qui mènera à la réalisation plus rapide des objectifs de l'Accord. »

2.3.1 Contexte

Le CQEGL a tenu sa 146^e réunion à Hamilton (Ontario) les 26 et 27 juin 2002. Le Conseil a profité de l'occasion pour consulter le personnel impliqué dans le plan d'actions correctrices pour le port de Hamilton. L'objectif du CQEGL était de connaître les moyens employés pour arriver aux résultats obtenus, en apprendre davantage sur les questions clés du jour et déterminer comment il pourrait contribuer à la restauration et à la protection du port de Hamilton.

Outre une tournée du port offerte par l'autorité portuaire de Hamilton, le CQEGL a eu droit à quatre présentations instructives et a obtenu de la documentation connexe :

- *RAP State of the Harbour Update* (le point sur le plan d'actions correctrices pour le port de Hamilton). John Hall, Environnement Canada, coordonnateur du plan d'actions correctrices.
- *Randle Reef Remediation Project* (projet de restauration du récif Randle). John Shaw, Environnement Canada.
- *Hamilton Wastewater Treatment Plant Upgrades* (modernisation de l'usine de traitement des eaux usées de Hamilton). Lou di Gironimo, ville de Hamilton.
- *Report Card 2002 and Comments* (compte rendu 2002 et commentaires). Marilyn Baxter, Bay Area Restoration Council.

Les membres du CQEGL ont également eu l'occasion de participer à des discussions informelles et candides.

2.3.2 Constatations du Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs

Le 8 août 2002, le CQEGL a soumis à la CMI les constatations et les conseils décrits ci-après. Les réactions de la CMI à l'égard des conseils formulés sont également résumées dans le présent document.

Voici les principaux points découlant des consultations.

D'importants progrès ont été réalisés à l'égard de la restauration du port de Hamilton et de son bassin hydrographique. Voici quelques exemples de ce qui a été accompli depuis 1990 :

- l'accès au rivage du port par le public est passé de 5 à 21 p. 100;
- un nouvel habitat a été établi sur 340 hectares, et 170 hectares de flore aquatique sont revenus dans le port.

De plus, grâce à l'amélioration de la qualité de l'eau, la population peut nager dans le port pour la première fois en 50 ans.

Le plan d'actions correctrices a porté fruit grâce à l'engagement des responsables à l'échelle locale, qui ont su développer les compétences communautaires et favoriser la reconnaissance des problèmes environnementaux et leur résolution. Le Bay Area Restoration Council et la Bay Area Implementation Team ont offert des moyens efficaces de faire appel à l'engagement, au leadership et au sens des responsabilités des intervenants locaux en vue de planifier et de mettre en oeuvre des programmes et des mesures visant à restaurer et à protéger le port de Hamilton. Le Bay Area Restoration Council est le groupe communautaire chargé de promouvoir le plan d'actions correctrices, et la Bay Area Implementation Team est formée de personnes chargées de la mise en application du plan d'actions correctrices, en collaboration avec le coordonnateur du plan

En outre, la participation des intervenants locaux a contribué à maintenir les efforts et l'engagement de la collectivité à l'égard du plan d'actions correctrices.

La collectivité contribue actuellement à la mise à jour du rapport de deuxième étape du plan d'actions correctrices de 1992 ainsi qu'à la modification des objectifs de retrait de la liste, de façon à établir des objectifs encore plus ambitieux.

La modernisation des installations de traitement des eaux usées est essentielle à la restauration du port. Les installations sont administrées par la ville de Hamilton et la région de Halton. Ces municipalités participent activement au processus du plan d'actions correctrices et, en vue de répondre aux objectifs établis dans le plan d'actions correctrices, elles se sont engagées à améliorer le rendement de leurs usines pour qu'il soit supérieur aux normes provinciales.

Grâce à son appui financier pour le poste de coordonnateur du plan d'actions correctrices, le gouvernement fédéral a contribué au succès du plan.

Bien que d'importants progrès aient été réalisés jusqu'à maintenant, il reste encore beaucoup à faire. Il faut pouvoir compter sur l'appui continu des gouvernements fédéral et provincial, notamment par l'apport de conseils scientifiques et techniques, pour que la mise en oeuvre du plan d'actions correctrices puisse continuer à progresser et pour veiller à l'atteinte des objectifs du plan d'actions correctrices d'ici 2015.

Les gouvernements fédéral et provincial doivent défrayer les coûts liés à la modernisation et à l'agrandissement des installations de traitement des eaux usées et d'assainissement des sédiments. Voici un aperçu des fonds nécessaires :

- il faudra environ 478 millions de dollars au cours des 10 à 12 prochaines années pour moderniser les usines de

traitement des eaux usées et le système de canalisation des eaux d'égout mixtes de la ville de Hamilton, de façon à répondre aux critères de retrait de la liste établis dans le plan d'actions correctrices;

- de 18 à 25 millions de dollars seront nécessaires dans le cadre du projet d'assainissement des sédiments du récif Randle.

La réalisation de ces programmes contribuera à l'atteinte des objectifs ambitieux des intervenants locaux.

2.3.3 Conseils et recommandations du Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs

Le CQEGL reconnaît l'importance de l'apport de la collectivité dans la restauration du port de Hamilton.

Voici les recommandations du CQEGL à l'intention de la CMI :

- **que le Canada et l'Ontario continuent d'offrir du soutien administratif et financier dans le cadre du plan d'actions correctrices pour le port de Hamilton.**

Les coûts d'amélioration des infrastructures hydrauliques et des usines de traitement des eaux usées sont trop élevés pour être absorbés par l'assiette fiscale de la municipalité. Il faut donc pouvoir compter sur l'aide de tous les paliers de gouvernement pour pouvoir répondre aux objectifs du plan d'actions correctrices applicables au port de Hamilton.

Le CQEGL recommande en outre à la CMI :

- **que les gouvernements du Canada et de l'Ontario s'engagent à former un partenariat financier tripartite, avec la ville de Hamilton, en vue de financer la modernisation des installations de traitement des eaux usées;**
- **que les gouvernements du Canada et de l'Ontario s'engagent à former un partenariat financier en vue de l'assainissement rapide des sédiments contaminés.**

Le CQEGL a demandé à la CMI l'autorisation de partager ses conseils avec le coordonnateur du plan d'actions correctrices pour le port de Hamilton ainsi qu'avec d'autres personnes travaillant sur le plan d'actions correctrices.

2.3.4 Conseils de la Commission mixte internationale

Comme suite aux conseils formulés par le CQEGL, la CMI a transmis aux parties concernées et à l'Ontario ses observations et conseils, sous forme de lettres en date du 19 mars 2002. La CMI a formulé les observations et les trois recommandations suivantes.

[TRADUCTION] « Le Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs a été particulièrement impressionné par l'envergure des progrès réalisés en vue de la restauration du port de Hamilton, comme l'accès accru, par le public, à la rive du port et l'amélioration de la flore aquatique et de la qualité de l'air. La population peut maintenant nager dans le port, pour la première fois en 50 ans (...)

« La plupart des progrès réalisés jusqu'à maintenant sont dus au rôle prépondérant des responsables à l'échelle locale, qui ont su mettre en valeur le potentiel de la collectivité et favoriser la reconnaissance des problèmes environnementaux et leur résolution. Le Bay Area Restoration Council (un groupe communautaire) et la Bay Area Implementation Team (équipe chargée de la mise en oeuvre) constituent des moyens efficaces de faire appel à l'engagement, au leadership et à la responsabilisation des intervenants locaux en vue de planifier et de mettre en oeuvre des programmes et des mesures visant à restaurer et à protéger le port de Hamilton. La réalisation des objectifs dépend cependant du maintien de l'appui financier du gouvernement fédéral à l'égard du poste de coordonnateur du plan d'actions correctrices.

« En 1999, la Commission a procédé à un examen de la situation dans le secteur préoccupant du port de Hamilton. Il est encourageant de noter que les progrès se poursuivent, que le soutien pour le plan d'actions correctrices est maintenu et qu'une entente a été conclue avec la collectivité à l'égard du processus d'assainissement du récif Randle.

« Pour qu'on soit en mesure de répondre, d'ici 2015, aux critères de retrait de la liste établis dans le PAC, il faudra investir considérablement de travail et d'argent. On estime qu'il faudra 478 millions de dollars au cours des 10 à 12 prochaines années pour moderniser les usines de traitement des eaux usées et les systèmes de canalisation des eaux d'égout mixtes de la ville de Hamilton. De plus, entre 18 et 25 millions de dollars seront requis dans le cadre du projet proposé d'assainissement des sédiments du récif Randle. Ces projets vont bien au-delà des capacités locales et nécessitent l'engagement de plusieurs intervenants. Le conseil municipal de la ville a déjà considérablement accru les taxes d'eau en vue de défrayer une partie des coûts liés à la modernisation des installations.

« Après avoir étudié les conseils du CQEGL, la Commission a formulé les recommandations suivantes :

- **que les gouvernements du Canada et de l'Ontario continuent de contribuer au financement du poste de coordonnateur, des projets et de la gestion globale, de même que des coûts liés à l'obtention de conseils d'experts scientifiques et techniques;**
- **que les gouvernements du Canada et de l'Ontario s'engagent à former un partenariat avec la ville de Hamilton en vue de financer la modernisation des usines de traitement des eaux usées;**
- **que les gouvernements du Canada et de l'Ontario procèdent à l'examen technique de la restauration des sédiments contaminés dans le secteur du récif Randle et qu'ils établissent un partenariat en vue de financer la mise en oeuvre du projet.**

« Le port de Hamilton est en voie de devenir un modèle. La Commission encourage tous les paliers de gouvernement et le secteur privé à appuyer la mise en oeuvre du PAC et à donner l'aide nécessaire pour tirer profit des réussites antérieures, de façon à atteindre les objectifs relatifs au retrait de la liste et, ainsi, devenir un modèle et une inspiration pour les autres secteurs préoccupants. »

2.4.1 Contexte

Le Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs (CQEGL) a tenu sa 149^e réunion à Romulus, au Michigan, les 6 et 7 mars 2003. Le CQEGL a profité de l'occasion pour consulter le personnel impliqué dans les plans d'actions correctrices pour la rivière Rouge, la rivière Clinton et la rivière Detroit. L'objet de la réunion était de connaître les moyens employés pour arriver aux résultats obtenus, en apprendre davantage sur les questions clés du jour, connaître les facteurs qui vont à l'encontre des progrès et déterminer comment le CQEGL pourrait contribuer à la restauration et à la protection de ces trois rivières. Le CQEGL désirait également se pencher sur ce que les trois secteurs préoccupants ont en commun.

Outre une tournée de sites d'assainissement choisis, gracieuseté du Wayne County Department of Environment et de la Ford Motor Company, le CQEGL a eu droit à des présentations instructives et à de la documentation connexe

- *Successes and Challenges in the Rouge River Area of Concern* (réalisations et problèmes dans le secteur préoccupant de la rivière Rouge). Kurt Heise, président du Remedial Action Plan Advisory Council et directeur du Wayne County Department of Environment; Joe Rathbun, du Michigan Department of Environmental Quality.
- *Status of the Clinton River Area of Concern* (le point sur le secteur préoccupant de la rivière Clinton). Mark Richardson, président, Public Advisory Council et procureur adjoint, bureau du procureur du Macomb County; Jessica Pitelka Opfer, directrice générale, Clinton River Watershed Council.
- *Detroit River — U.S. side* (la rivière Detroit, côté États-Unis). Jeannine Ansley, présidente, Remedial Action Team Steering Committee.
- *Detroit River — Canadian side*. Douglas Haffner, université de Windsor, et membre du Detroit River Canadian Clean Up Committee.

Le CQEGL a également eu l'occasion de participer à des discussions informelles et candides.

2.4.2 Constatations du Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs

Le 8 mai 2003, Le CQEGL a soumis à la CMI les constatations et les conseils décrits ci-après.

Voici les principaux points découlant des consultations.

Certains problèmes communs touchent les secteurs préoccupants de la rivière Rouge, de la rivière Clinton et de la portion américaine de la rivière Detroit, comme le débordement du réseau unitaire d'assainissement, l'écoulement des eaux pluviales, les sédiments contaminés et la perte d'habitat. Il est également question de raccordements illicites et de pannes des fosses septiques. Le CQEGL est impressionné par l'engagement des citoyens locaux en vue de restaurer les trois secteurs préoccupants, y compris les mesures de sensibilisation et de rayonnement pour obtenir la participation, le soutien et la gérance de l'environnement par la population. Les secteurs préoccupants n'en sont cependant pas du tout au même point dans leurs activités.

- Le plan d'actions correctrices de la rivière Rouge est bien structuré et, jusqu'à maintenant, on dispose des fonds nécessaires pour la phase de planification. Plus de 920 millions de dollars US ont été dépensés, mais 700 millions de dollars supplémentaires seront nécessaires pour améliorer les infrastructures de façon à ce qu'elles soient conformes aux exigences relatives aux permis et aux ententes sur les mesures correctrices.
- Après deux ans d'inactivité, le plan d'actions correctrices de la rivière Clinton est maintenant à mi-chemin dans le processus de planification. Il ne contient pas pour le moment de renseignements ou de priorités précises à l'égard des principaux problèmes et de leur résolution. Des fonds sont nécessaires pour appuyer le processus de planification.
- Le processus de planification ne fait que commencer pour la portion américaine du plan d'actions correctrices de la rivière Detroit. Des fonds sont nécessaires pour appuyer le processus de planification.
- Pour ce qui est de la portion canadienne du plan d'actions correctrices de la rivière Detroit, un certain nombre de mesures d'assainissement ont été mises sur pied.

Les trois secteurs préoccupants des États-Unis sont axés sur le respect des exigences réglementaires du gouvernement fédéral et des États concernés. Bien que la restauration des utilisations de l'eau est prise en considération, comme le veut l'Accord, elle ne semble pas être un élément moteur des plans d'actions correctrices.

Les plans d'actions correctrices des rivières Rouge et Clinton ainsi que de la portion américaine de la rivière Detroit ont tous un besoin essentiel d'obtenir le financement nécessaire en vue de la planification et de la mise en oeuvre des mesures correctrices. Cependant, les compressions budgétaires à venir empêcheront encore plus les administrations

locales de financer les activités. Des fonds sont nécessaires pour répondre aux exigences réglementaires; le plan d'actions correctrices de la rivière Rouge signale que des fonds supplémentaires seront requis pour rétablir les utilisations de l'eau, sans toutefois déterminer le montant du financement requis.

Un autre besoin clé touche les trois PAC : il s'agit d'une orientation et d'un engagement plus actifs de la part des gouvernements des États-Unis et des États concernés. Il n'y a pas d'organisme distinct chargé de superviser chaque PAC, ce qui soulève la question de la responsabilité et de l'obligation de rendre compte pour que les mesures correctrices nécessaires soient prises. En particulier, on a remarqué que l'État du Michigan ne joue pas un rôle actif dans les plans d'actions correctrices des rivières Rouge et Detroit, mais c'est peut-être parce que l'État considère que les plans d'actions correctrices relèvent du gouvernement fédéral.

Le Michigan a participé au plan d'actions correctrices de la rivière Clinton, mais plusieurs personnes ont occupé à tour de rôle le poste d'agent de liaison au cours des dernières années, et le représentant actuel collabore à plusieurs plans d'actions correctrices en cours partout dans l'État. L'Environmental Protection Agency des États-Unis a récemment nommé un agent de liaison pour le plan d'actions correctrices de la rivière Clinton.

Des groupes locaux posséderaient les compétences nécessaires pour entreprendre la planification, mais l'État du Michigan et le gouvernement des États-Unis doivent s'impliquer activement dans le processus, pour :

Il n'y a pas d'organisme distinct chargé de superviser chaque PAC, ce qui soulève la question de la responsabilité et de l'obligation de rendre compte pour que les mesures correctrices nécessaires soient prises.

- veiller à ce que les plans soient bien rédigés et ciblés afin de répondre, non seulement aux objectifs locaux, mais aussi aux exigences réglementaires et aux objectifs fixés dans l'Accord;
- faciliter la coordination et la collaboration entre les nombreuses communautés et organismes locaux faisant partie de chaque secteur préoccupant;
- assurer la prise en charge et la responsabilisation pour l'élaboration du plan d'actions correctrices, mais avant tout, pour la mise en oeuvre des mesures correctrices.

La nécessité pour les gouvernements des deux pays, des États et de la province de jouer un rôle plus actif pourrait également s'appliquer à d'autres secteurs préoccupants. Ce sujet pourrait être traité par le Groupe de travail sur l'annexe 2 de la CMI.



La gestion de l'information et des connaissances ainsi que la mémoire institutionnelle sont d'autres éléments applicables à l'ensemble du bassin des Grands Lacs. Les membres du personnel chargé de la mise en oeuvre des plans d'actions correctrices à l'échelle des localités, des États, de la province ou des pays ne sont pas nécessairement au courant des données scientifiques et techniques qui pourraient avoir un incidence sur la définition ou la compréhension des problèmes ou sur l'application de solutions. C'est tout particulièrement le cas lorsque des gens bien informés sont remplacés par de nouveaux arrivants : un nombre appréciable d'heures doit alors être consacré aux courbes d'apprentissage et à l'acquisition d'information que d'autres connaissent déjà. Il faut donc établir des mécanismes efficaces pour veiller à ce que toutes les personnes qui travaillent sur les plans d'actions correctrices ont accès rapidement à l'information, aux connaissances et à l'expérience acquises par d'autres personnes.

Le CQEGL reconnaît que la gestion de l'information et des connaissances ainsi que la mémoire institutionnelle comportent des défis de taille, mais que ces éléments méritent d'être administrés par les gouvernements fédéraux. Le CQEGL reconnaît en outre qu'un certain nombre de mécanismes sont actuellement utilisés pour gérer et transférer l'information et les connaissances, comme des ateliers binationaux axés sur un aspect précis de l'altération des utilisations de l'eau, les divers rapports d'orientation produits par le CQEGL (par exemple, sur l'analyse et la restauration des sédiments contaminés), et les ateliers offerts dans le cadre des plans d'actions correctrices, conjointement aux réunions biennales de la CMI. D'autres outils mériteraient peut-être d'être pris en considération, dont : un guide à feuilles mobiles facile à mettre à jour; une trousse d'information contenant les renseignements de base; le programme DREAMS (Data Retrieval, Exchange, Archival and Management System), mis sur pied pour la rivière Detroit; un réseau de communication sur Internet semblable à celui mis sur pied pour le botulisme.

Une autre solution pour faciliter le partage de l'information ainsi que la planification et la mise en oeuvre de mesures correctrices serait d'adopter une approche linéaire, reliant les secteurs préoccupants des rivières St. Clair, Clinton, Detroit, Rouge et Raisin au Plan d'aménagement panlacustre du lac Érié.

Le CQEGL estime que la gestion de l'information et des connaissances est un sujet qui mérite d'être étudié par le Groupe de travail sur l'annexe 2 de la CMI.

2.4.3 Conseils et recommandations du Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs

Le CQEGL conclut que l'engagement, l'orientation et les fonds du fédéral et des États sont requis pour progresser davantage en vue de restaurer et de protéger les rivières Rouge, Clinton et Detroit.

Voici les recommandations de la CQEGL à la Commission mixte internationale :

- **que l'État du Michigan et le gouvernement des États-Unis jouent un rôle plus actif dans le processus des PAC, en offrant une orientation ferme et visible ainsi que le financement de base nécessaire pour la planification et la mise en oeuvre des programmes d'assainissement dans le cadre des PAC pour les rivières Rouge et Clinton ainsi que pour portion américaine de la rivière Detroit.**

Le CQEGL signale que l'accord quadripartite conclu à l'égard des rivières Detroit, St. Clair et St. Marys pourrait constituer un moyen approprié de faciliter la coordination à l'intérieur des secteurs préoccupants et entre eux, ainsi qu'à l'égard du Plan d'aménagement panlacustre du lac Érié. L'accord quadripartite pourrait également favoriser le partage d'une vaste gamme de renseignements pertinents.

Les gouvernements devraient à tout le moins fournir les fonds nécessaires pour appuyer la planification, la surveillance, les projets d'assainissement et la participation du public par l'entremise des collectivités locales. De plus, les gouvernements des pays, des États et de la province sont en

mesure d'offrir des conseils techniques, par exemple pour l'établissement de principes directeurs. Ils peuvent entre autres donner des conseils sur le bien-fondé d'initiatives — comme la charge totale maximum quotidienne, et des programmes de contrôle des sources non ponctuelles — à titre d'outils servant à atteindre les objectifs établis dans les plans d'actions correctrices. Les gouvernements des pays, des États et de la province sont également en mesure d'entreprendre l'évaluation d'installations précises (comme des dispositifs de contrôle du débordement des réseaux unitaires d'assainissement) et des mesures non structurelles, de façon à évaluer le rendement à long terme et à déterminer quelles options sont pertinentes et efficaces pour protéger et améliorer la qualité de l'eau dans un secteur préoccupant donné.

Le CQEGL conclut que l'engagement des gouvernements des pays, des États et de la province, ainsi que la gestion et le transfert des connaissances et de l'information, sont des éléments importants dans l'ensemble du bassin.

Le CQEGL recommande ce qui suit à la CMI :

- **que les gouvernements soient informés de l'importance de l'engagement des pays, des États et de la province pour tous les secteurs préoccupants du bassin des Grands Lacs;**
- **qu'on donne au Groupe de travail sur l'annexe 2 le mandat d'étudier et de donner des conseils sur les options et les solutions de rechange à l'égard de la gestion et du transfert des connaissances et de l'information.**

Le CQEGL signale que l'accord quadripartite conclu à l'égard des rivières Detroit, St. Clair et St. Marys pourrait constituer un moyen approprié de faciliter la coordination à l'intérieur des secteurs préoccupants et entre eux, ainsi qu'à l'égard du Plan d'aménagement panlacustre du lac Érié. L'accord quadripartite pourrait également favoriser le partage d'une vaste gamme de renseignements pertinents.

Le CQEGL signale que la planification et les programmes pour le PAC de la rivière Detroit sont élaborés indépendamment des deux côtés de la rivière. Bien que l'adoption d'une approche binationale comporte des avantages, le CQEGL n'a pas fait de commentaires à cet égard pour le moment.

2.5 CONSEIL CONSULTATIF SCIENTIFIQUE DES GRANDS LACS – ACTIVITÉS RELATIVES À L'ANNEXE 2

2.5.1 Groupe de travail sur l'annexe 2

En 2002, la CMI a mis sur pied un groupe de travail chargé d'offrir des conseils d'expert sur des questions liées à l'Annexe 2 – *Plans d'assainissement et Plans d'aménagement panlacustre*. Le groupe de travail est composé des membres suivants : un commissaire principal de la CMI pour chaque pays; jusqu'à trois membres du Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs, deux membres du Conseil consultatif scientifique des Grands Lacs; un membre du Conseil des directeurs de recherche des Grands Lacs; le directeur du Bureau régional des Grands Lacs, de la CMI; d'autres personnes qui pourront s'ajouter à la liste, à la discrétion des commissaires principaux.

Les membres du Conseil consultatif scientifique des Grands Lacs (CCSGL) qui font partie du Groupe de travail ont eu un aperçu des efforts déployés par les parties pour mieux définir leur interprétation de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs à l'égard des plans d'aménagement panlacustre et de la pertinence des efforts relatifs au partage et à la diffusion de l'information. Les parties ont étudié le processus d'élaboration et de rapport des plans d'aménagement panlacustre et ont décidé, d'un commun accord, de modifier les dispositions relatives à la production de rapports décrites à l'annexe 2 de l'Accord. On ne sait cependant pas dans quelle mesure le public a été consulté avant la modification des exigences relatives à la production de rapports, et aucune entente officielle n'a été conclue pour obtenir les commentaires de la CMI sur les documents actuellement produits au sujet des plans d'aménagement panlacustre.

Les activités liées aux plans d'aménagement panlacustre ont permis de recueillir de l'information utile, notamment en ce qui touche les sources et l'apport de polluants critiques. Plus précisément, les données provenant du *Lake Michigan Mass Balance Project* sont utiles pour cibler des sources précises de polluants critiques, de façon à ce que les mesures pertinentes puissent être prises pour réduire les charges actuelles. Cependant, le financement des activités relatives à l'annexe 2 a été considérablement réduit depuis 1992, du moins aux États-Unis. Compte tenu de l'actuel niveau de financement, les activités liées au partage de l'information et les programmes de surveillance et de contrôle pourraient avoir à se partager les fonds disponibles.

Dans le chapitre du Rapport sur les priorités 1997-1999 portant sur le CCSGL, celui-ci a étudié des questions scientifiques liées aux plans de gestion panlacustre et a

remarqué que l'élaboration et la mise en oeuvre d'un plan de gestion panlacustre est une tâche complexe, en particulier quand vient le temps de cerner les risques pour la santé humaine causés par des polluants critiques. Bien que des modifications aient été apportées au processus d'élaboration des plans d'aménagement panlacustre établis par les parties, il est raisonnable de recommander que les parties fassent la preuve que leur processus d'élaboration des plans d'aménagement panlacustre constitue une méthode de gestion optimale à l'égard du partage et de la diffusion de l'information ainsi que de la pertinence des programmes de surveillance et de contrôle actuels. De plus, le CCSGL a recommandé que les parties définissent clairement leur interprétation de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs, à l'égard de l'élaboration des plans d'aménagement panlacustre, ce qui vaut toujours pour aujourd'hui.

En 2002, la CMI a mis sur pied un groupe de travail chargé d'offrir des conseils d'expert sur des questions liées à l'Annexe 2 – *Plans d'assainissement et Plans d'aménagement panlacustre*. Le groupe de travail est composé des membres suivants : un commissaire principal de la CMI pour chaque pays; jusqu'à trois membres du Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs, deux membres du Conseil consultatif scientifique des Grands Lacs; un membre du Conseil des directeurs de recherche des Grands Lacs; le directeur du Bureau régional des Grands Lacs, de la CMI; d'autres personnes qui pourront s'ajouter à la liste, à la discrétion des commissaires principaux.

2.5.2 Visite des lieux et réunion publique dans le secteur préoccupant de la rivière Maumee

Fidèle à son habitude de tenir une réunion publique annuelle, le CCSGL a organisé sa 125^e réunion à Toledo, en Ohio, les 1^{er} et 2 mai 2002. Les participants ont eu l'occasion

d'effectuer plusieurs visites liées aux activités de planification dans le bassin hydrographique de Maumee. On a donc pu constater les progrès réalisés à l'égard de la mise en oeuvre du plan d'actions correctrices de la rivière Maumee et obtenir le point de vue du public sur des questions précises touchant ce secteur préoccupant. Pour mettre à exécution cet ambitieux programme, on a pu compter sur l'aide et la collaboration exceptionnelles, à l'échelle locale, de l'Environmental Protection Agency (EPA) de l'Ohio ainsi que du Toledo Metropolitan Area Council of Governments. Sous l'égide de ces organismes, une réunion publique a eu lieu en soirée, le 1^{er} mai 2002, et a permis de rassembler de nombreux intervenants et des planificateurs responsables des plans d'actions correctrices.

Les observations formulées par les participants aux visites des lieux et à la réunion publique ont été recueillies par le CCSGL, puis transmises à la CMI sous pli séparé. À la lumière du compte rendu de la réunion, le CCSGL a remarqué que la communauté fait preuve d'un intérêt et d'un soutien exceptionnels envers le secteur préoccupant de la rivière Maumee, ce qui reflète un engagement de longue date, du leadership local efficace et les efforts déployés par un coordonnateur local du plan d'actions correctrices, qui a grandement contribué au processus de planification. L'élimination prévue du poste de coordonnateur pourrait avoir une grande incidence sur la capacité de la communauté de garder le momentum ainsi que sur la capacité des bénévoles locaux de réaliser des progrès supplémentaires.

Il est évident que les universités locales appuient la recherche, mais d'autres activités de recherche pourraient être menées au sein de la communauté si un plan et une stratégie officiels de recherche étaient élaborés, de façon à faciliter l'établissement de partenariats scientifiques et d'ententes de

collaboration. On serait ainsi en mesure de mieux définir les besoins en recherche et d'y répondre dans le cadre du plan d'actions correctrices. Un comité consultatif scientifique chargé du plan d'actions correctrices de la rivière Maumee pourrait jouer un important rôle de consultation dans le cadre du processus local de planification. L'obtention de bourses importantes dépend souvent de partenariats entre les secteurs public et privé, visant à régler des problèmes de longue date ayant une incidence sur les besoins réels des communautés. Ces mesures permettraient de renforcer les liens entre la science et les politiques en vue de favoriser la restauration.

D'importants progrès ont été réalisés jusqu'à maintenant grâce au travail bénévole, aux ressources limitées et à l'appui soutenu de l'EPA de l'Ohio et des États-Unis. Cependant, pour que le secteur préoccupant puisse être retiré définitivement de la liste, il faut surmonter des problèmes de taille, qui datent de nombreuses années. Par exemple, il faut procéder à l'assainissement de la rivière des Outaouais en vue de protéger la faune et la flore marine ainsi que la santé humaine, ce qui nécessitera le recours à une quantité accrue de ressources et l'appui soutenu des échelons supérieurs des gouvernements. Le plan d'actions correctrices doit notamment traiter des répercussions de la charge solide contenue dans la rivière des Outaouais et dans la rivière et la baie de Maumee (lac Érié).

On a confié à la CMI le rôle d'aider les coordonnateurs du secteur préoccupant à partager de l'information et à signaler les réalisations dans le cadre du plan d'actions correctrices, de façon à promouvoir de façon plus efficace, à l'échelle du bassin, les efforts de restauration et de mise en oeuvre du plan d'actions correctrices.



*Priorités
2001-2003
Chapitre 3*

**URBANISATION : AMÉNAGEMENT
DU TERRITOIRE - LIEN AVEC LA
QUALITÉ DE L'EAU**

*Table des matières***Rapport du Conseil consultatif scientifique des Grands Lacs**

3.1	INTRODUCTION	75
3.2	RÉUNION D'EXPERTS SUR L'IMPACT DE L'AMÉNAGEMENT URBAIN ET DE L'URBANISATION SUR LA QUALITÉ DE L'EAU DES GRANDS LACS	76
3.2.1	Introduction	76
3.2.2	Indicateurs de la CEEGL	77
3.2.3	Travail de base des experts-conseils	77
3.2.4	Atelier sur l'impact de l'aménagement urbain et de l'urbanisation sur la qualité de l'eau des Grands Lacs	78
3.2.5	Délibérations et recommandations de principe des participants à l'atelier	78
	Modèles de croissance démographique et de l'aménagement urbain dans le bassin des Grands Lacs, 2002-2020	78
	Impacts de l'urbanisation sur la qualité de l'eau	79
	Impact urbain sur la qualité de l'eau	80
	Forme urbaine idéale	80
	Aménagement du territoire/processus d'approbation	80
	Options pour la prévention et la gestion des impacts sur la qualité de l'eau en milieu urbain	82
	Nécessité d'une recherche, d'une surveillance et d'une disponibilité des données améliorées	83
	Envoi d'un message sur l'utilisation de l'espace urbain	<u>84</u>
	Appendice 1	
	Principes d'aménagement modèle du territoire développés par le Center for Watershed Protection	86

Remarque : toutes les références de ce chapitre se trouvent dans la section 7.9.

Depuis 1997, l'impact de l'aménagement urbain et de l'urbanisation sur la qualité de l'eau des Grands Lacs constitue un sujet de préoccupation croissante pour le Conseil consultatif scientifique (CCS) des Grands Lacs. L'intérêt de la Commission mixte internationale (CMI) pour cette question date de l'étude féconde réalisée en 1978 par son Groupe de référence sur la pollution provenant des activités liées à l'utilisation des terres (GRPAUT). Cette étude, qui a définitivement lié l'urbanisation et les pratiques connexes de mauvaises habitudes d'utilisation des terres à la dégradation de la qualité de l'eau, a été suivie par un nombre important de travaux permettant de documenter les menaces environnementales de telles activités et de développer de meilleures pratiques d'aménagement afin de minimiser ou d'éliminer les impacts.

Toutefois, malgré l'intérêt soutenu, le CCS a remarqué que la tendance à l'urbanisation s'accélérait et que des impacts négatifs sur l'écosystème du bassin des Grands Lacs étaient de plus en plus apparents. Le Groupe de travail sur la mise en oeuvre du CCS a examiné en détail le lien entre l'aménagement du territoire et la qualité de l'eau au moyen d'une recherche stratégique, d'une analyse documentaire, d'analyses d'études de cas, d'un atelier et d'une réunion d'experts. Parmi les autres questions, le groupe de travail a documenté la pertinence de l'aménagement du territoire pour les multiples articles et annexes de l'*Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs*; il a exploré des options pour la prévention et la gestion des impacts sur la qualité de l'eau en milieu urbain, et a examiné les défis associés à une question qui est, historiquement, sous la juridiction des gouvernements locaux.

Un travail supplémentaire important doit être effectué sur le bassin et, vers la fin, le CCS recommande que le Canada et les États-Unis, parties de l'*Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs*, effectuent une enquête et un effort de recherche binational important relatif au lien entre l'aménagement du territoire et la qualité de l'eau pour inclure un inventaire binational et une évaluation des politiques et des programmes innovateurs permettant de protéger les bassins hydrographiques urbains et en cours d'urbanisation, ainsi qu'une étude binationale sur les infrastructures et les pratiques de traitement des eaux usées dans le bassin. Le but est d'encourager la CMI, les parties, les institutions et d'autres niveaux de gouvernement ayant un rôle et des responsabilités dans la gestion et la protection des Grands Lacs à se concentrer davantage sur des habitudes d'utilisation des terres comme déterminants de la qualité de l'eau dans les Grands Lacs.

L'intérêt de la Commission mixte internationale (CMI) pour cette question date de l'étude féconde réalisée en 1978 par son Groupe de référence sur la pollution provenant des activités liées à l'utilisation des terres (GRPAUT). Cette étude, qui a définitivement lié l'urbanisation et les pratiques connexes de mauvaises habitudes d'utilisation des terres à la dégradation de la qualité de l'eau, a été suivie par un nombre important de travaux permettant de documenter les menaces environnementales de telles activités et de développer de meilleures pratiques d'aménagement afin de minimiser ou d'éliminer les impacts.

3.2.1 Introduction

Depuis les années 1970 (Waller 1981; Marsalek 1991; U.S. EPA 1983), les gouvernements et les organisations ont étudié l'impact de l'urbanisation sur l'environnement naturel, particulièrement sur les Grands Lacs. La CMI a d'abord étudié l'urbanisation et son impact sur les Grands Lacs par l'intermédiaire du Groupe de référence sur la pollution provenant des activités liées à l'utilisation des terres (GRPAUT). Dans son rapport final, publié en 1978, le GRPAUT a formellement conclu que l'urbanisation était un contributeur important au problème de la qualité de l'eau du bassin (CMI 1978). Depuis l'étude du GRPAUT, des études récentes ont continué à identifier l'aménagement du territoire à des fins urbaines comme source majeure de stress sur l'écosystème des Grands Lacs. En 1996, la Conférence sur l'état de l'écosystème des Grands Lacs (CEEGL) a souligné cette question dans le contexte de son thème, « L'année du littoral », et a documenté les menaces à grande échelle de la pollution diffuse affectant les lacs Michigan, Érié et Ontario. La CEEGL a conclu que la croissance et le développement, particulièrement l'étalement urbain, avaient des impacts importants sur la région en raison des modifications de l'aménagement du territoire dans le bassin des Grands Lacs.

Beaucoup a déjà été fait pour répondre aux problèmes environnementaux associés à l'urbanisation dans le bassin des Grands Lacs et au delà. De nombreux gouvernements locaux, régionaux et provinciaux ont regroupé des outils, tels que l'aménagement du territoire des bassins hydrographiques, la limitation de la croissance urbaine et la planification de la conservation dans les secteurs préoccupants et ailleurs. Des initiatives de développement pondéré, parrainées par un certain nombre d'États américains et de provinces canadiennes ont permis d'effectuer un travail important en regard de l'éducation des décideurs et du public en général en matière de développement urbain et de son impact sur des milieux environnementaux comme les Grands Lacs.

Bien qu'on en fasse plus et qu'on en connaisse davantage à propos des impacts de l'urbanisation sur la qualité de l'eau (Novotny 1992; Ellis 1996; Hermann 1997; Pandit 1997), la tendance des 20 à 30 dernières années s'est soldée par une urbanisation grandissante. Cette tendance s'accélère et produit de profonds effets négatifs sur les écosystèmes aquatiques locaux de l'Amérique du Nord (U.S. EPA 2000). Dans la région des Grands Lacs, les zones urbaines du bassin

Examen des indicateurs de la CEEGL de l'aménagement du territoire

Dans ce cycle, le Groupe de travail sur la mise en oeuvre a commandé un rapport aux étudiants finissants en science de l'environnement de l'Université de Guelph (Ontario), qui devaient évaluer la liste courante des indicateurs de la CEEGL de l'aménagement du territoire pour déterminer leur simplicité, leur portée, leur sensibilité, leur potentiel de quantification et la disponibilité de cibles numériques spécifiques. Cette évaluation a surtout porté sur les huit indicateurs suivants.

- 1) Étendue du rivage bétonné (ID 8131)
- 2) Région, qualité et protection des îles des Grands Lacs (ID 8129)
- 3) Agriculture (ID 7028)
- 4) Activités de la régie environnementale basées sur la place des citoyens/communautés (ID 3513)
- 5) Processus de planification écologique (ID 7053)
- 6) Réaménagement des friches industrielles (ID 7006)
- 7) Densité urbaine (ID 7000)
- 8) Transport en commun (ID 7012)

Bien que la CEEGL propose d'utiliser ces indicateurs pour évaluer une large gamme d'impacts environnementaux potentiels, l'évaluation a porté particulièrement sur l'utilité de ces indicateurs pour indiquer tout progrès sous l'égide de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs. La conclusion à laquelle est arrivé cet examen a montré que tous les indicateurs proposés par la CEEGL devaient être améliorés avant de pouvoir être appliqués dans les rapports sur les Grands Lacs. Il n'y avait en aucun cas une relation claire établie entre l'indicateur et tout résultat environnemental particulier. Aucun indicateur ne comportait de cible proposée établie et, dans la plupart des cas, même la définition de résultats désirés ou d'activités n'était pas claire (par exemple l'agriculture durable et les activités de régie environnementale). Dans certains cas, il n'était même pas clair qu'il pouvait exister une relation entre l'indicateur et un résultat environnemental. Plusieurs indicateurs proposés impliquaient que l'existence d'une disposition institutionnelle particulière, comme un plan d'aménagement, permettait d'obtenir un résultat environnemental avantageux. En fait, de tels plans pouvaient varier beaucoup par leur nature, leur étendue et leur impact environnemental, de sorte que la simple existence d'un plan n'était pas un prédicteur efficace de la qualité de l'eau, de l'altération de l'habitat ou de toute autre condition environnementale. L'examen suggérait aussi que la nature spécifique du site d'un grand nombre d'habitudes d'aménagement rendait difficile le développement du type de relations pertinentes à grande échelle requises pour mettre en oeuvre ces indicateurs.

continuent à croître et l'impact sur la qualité de l'eau des Grands Lacs reste une question importante pour la région (Pijanowski *et al.* 2002). Dit simplement, la CMI doit continuer à être active sur les questions d'urbanisation, à participer aux travaux effectués par d'autres (par exemple, aux initiatives de développement pondéré) et à traiter des questions spécifiques en regard de l'*Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs*.

3.2.2 Indicateurs de la CEEGL

Depuis la Conférence sur l'état de l'écosystème des Grands Lacs de 1996, les organisateurs et les participants de la CEEGL ont cherché à développer et à améliorer une suite d'indicateurs écologiques et socioéconomiques pour les écosystèmes du bassin des Grands Lacs. Les indicateurs de la CEEGL fournissent une méthode de mesure des progrès en regard des stipulations de l'*Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs*. Les indicateurs de la CEEGL sont sélectionnés sur la base de trois critères généraux : nécessité, suffisance et faisabilité. L'article de la CEEGL de 1996, *Impacts des changements d'utilisation des terres*, incluait une liste initiale de 36 indicateurs d'utilisation des terres des Grands Lacs. Cette liste a été révisée lors des activités subséquentes de la CEEGL. Il y a actuellement 12 indicateurs de la CEEGL dans la catégorie « terres et utilisation des terres » parmi une série plus grande de 118 indicateurs d'écosystème dont un grand nombre sont aussi associés à l'utilisation des terres. Consultez l'insert pour obtenir des détails sur une revue de certains des indicateurs « terres et utilisation des terres ».

3.2.3 Travail de base des experts-conseils

Pour examiner et établir la compréhension scientifique des liens entre l'urbanisation et la qualité de l'eau, le Groupe de travail sur la mise en oeuvre du CCS a mis sous contrat GHK International Consulting (Toronto, Ontario) pour qu'il examine les tendances de l'urbanisation dans six villes-régions des Grands Lacs : Chicago, Milwaukee et Duluth aux États-Unis, Toronto, Windsor et Collingwood au Canada. Les régions cibles sélectionnées devaient fournir des échantillons de taille et de bassin lacustre variables. Pour chaque ville-région, la société d'experts-conseils devait prévoir et cartographier l'accroissement démographique et les frontières urbaines jusqu'en 2031 et commenter les impacts sur la qualité de l'eau, la demande en matière d'infrastructures, les méthodes d'atténuation potentielles (par exemple les habitudes d'aménagement optimal et la planification de la conservation) et les implications politiques. La société d'experts-conseils devait aussi examiner spécifiquement cinq indicateurs associés à la qualité de l'eau pour chaque ville-région : phosphore, total des solides en suspension, cuivre, imperméabilité et estradiol.

Dans le cas de trois paramètres, la société d'experts-conseils a comparé des données provenant d'usines de traitement des eaux usées canadiennes à l'écoulement des eaux

pluviales. (*Les données des usines de traitement des eaux usées américaines n'étaient pas disponibles, en partie pour des raisons de sécurité.*) En se basant sur l'analyse des trois villes-régions canadiennes par habitant, les constatations relatives à ces trois paramètres étaient les suivantes :

- les rejets de particules en suspension totale des usines de traitement des eaux usées étaient comparables ou supérieures à celles des eaux pluviales;
- les rejets de phosphore des usines de traitement des eaux usées étaient environ 50 fois supérieures à celles des eaux pluviales;
- les rejets de cuivre des usines de traitement des eaux usées étaient de 2,5 à 20 fois supérieures à celles des eaux pluviales.

De grandes variations entre les usines de traitement des eaux usées en regard des particules en suspension totale suggèrent qu'il faut une meilleure collecte de données et des méthodes améliorées d'évaluation de ce paramètre. Pour le phosphore et le cuivre, les conclusions indiquent que les rejets des usines de traitement des eaux usées sont supérieures à celles des eaux pluviales par habitant. Cette constatation renforce l'importance d'améliorer et de gérer les usines de traitement des eaux usées qui sont associées aux zones urbanisées et d'urbanisation (urbaines et suburbaines). En plus des quantités globales rejetées, la façon dont ces composés atteignent nos cours d'eau est aussi un point à considérer. Une recherche supplémentaire pourrait améliorer notre compréhension des implications des différents modes de transport des contaminants sur l'intégrité physique (c'est-à-dire hydrologique) et chimique des eaux qui les reçoivent.

En même temps, les constatations de la firme d'experts-conseils indiquent que l'écoulement des eaux pluviales par habitant a diminué lorsque la densité de la population a augmenté. Cette constatation appuie une recherche connexe montrant que l'augmentation du couvert de surface imperméable, associée à un aménagement de faible densité ou une extension anarchique, conduisait à une plus grande dégrada-

L'article de la CEEGL de 1996, *Impacts des changements d'utilisation des terres*, incluait une liste initiale de 36 indicateurs d'utilisation des terres des Grands Lacs. Cette liste a été révisée lors des activités subséquentes de la CEEGL. Il y a actuellement 12 indicateurs de la CEEGL dans la catégorie « terres et utilisation des terres » parmi une série plus grande de 118 indicateurs d'écosystème dont un grand nombre sont aussi associés à l'utilisation des terres.

tion de la qualité des eaux. Toutefois, la recherche n'a pas examiné les effets des différentes formes urbaines qui auraient demandé une étude distincte. Cela appuie le besoin d'une autre enquête scientifique comparant les taux de rejet par habitant en fonction de la densité de la population et de la forme urbaine.

L'augmentation de l'utilisation des véhicules (distance parcourue à véhicule) associée à l'aménagement à faible densité et à sa contribution aux contaminants des eaux pluviales et aux dépôts atmosphériques a été aussi soulignée par les experts-conseils. En raison de contraintes de temps et de ressources, les experts-conseils ont été incapables de mesurer spécifiquement les niveaux du couvert imperméable des zones nouvellement aménagées dans les six villes-régions étudiées. Cela pourrait constituer un domaine important d'enquêtes à poursuivre. Les constatations relatives aux décharges d'estradiol n'ont pas été concluantes en raison d'une variabilité considérable et d'une incertitude dans la littérature scientifique, ainsi que du manque de données spécifiques aux installations.

En résumé, le travail des experts-conseils appuyait le principe selon lequel les modèles d'aménagement à faible densité conduisaient à une augmentation de la surface imperméable par habitant, à la distance parcourue en véhicule, aux eaux pluviales et aux charges de polluants, et au fait qu'une recherche supplémentaire était nécessaire pour mieux comprendre le lien existant entre l'urbanisation, la forme d'urbanisation et les impacts sur la qualité de l'eau. Les études qui pourraient s'appuyer sur le travail des experts-conseils sont les suivantes :

- une étude des rejets par habitant dans différentes formes urbaines, comme les zones urbaines denses, les zones à faible densité nouvellement aménagées à la frange urbaine et aux nouveaux aménagements urbains organisés;
- une étude des impacts des rejets chroniques (usines de traitement des eaux usées) et sporadiques (eaux pluviales) dans les Grands Lacs et leurs affluents, une étude de l'état, de la gestion et des besoins ainsi que des coûts d'amélioration des usines de traitement des eaux usées en fonction de la population et des projections d'urbanisation;
- l'examen et la documentation du couvert des surfaces imperméables dans les six villes-régions et d'autres zones urbaines dans le bassin des Grands Lacs.

3.2.4 Atelier sur l'impact de l'aménagement urbain et de l'urbanisation sur la qualité de l'eau des Grands Lacs

Le 8 janvier 2003, le Groupe de travail sur la mise en oeuvre du CCS a tenu un atelier pour discuter de l'impact de l'aménagement urbain et de l'urbanisation sur la qualité de l'eau des Grands Lacs. La portée de l'atelier était intentionnellement limitée et il était réservé aux membres du groupe de travail, aux membres d'autres comités consultatifs de la CMI (Conseil de la qualité de l'eau, Conseil consultatif

international sur la qualité de l'atmosphère et Conseil des gestionnaires de la recherche des Grands Lacs), l'expert-conseil du groupe de travail, GHK International, et cinq conférenciers principaux invités. Ces conférenciers étaient les suivants :

- *John Sewell*, ancien maire de Toronto, président de la Commission sur la réforme de l'aménagement et l'exploitation du territoire en Ontario;
- *Larry Bourne*, professeur et directeur du Centre for Urban and Community Studies, département de géographie, Université de Toronto;
- *Tom Schueler*, directeur, Center for Watershed Protection, Ellicott City, MD;
- *Lawrence Libby*, C. William Swank Professor of Rural-Urban Policy, Ohio State University;
- *G. William Page*, professeur, Department of Urban and Regional Planning, University of Buffalo, State University of New York

L'atelier a commencé par un résumé des recherches documentaires des experts-conseils qui mettait l'accent sur les prévisions et l'analyse de l'aménagement urbain de six villes-régions cas dans le bassin des Grands Lacs et les implications sur la qualité de l'eau. Ce résumé a été suivi par une courte présentation faite par chaque conférencier invité traitant des trois questions suivantes :

- Quelle est la forme urbaine idéale pour minimiser l'impact de l'utilisation des terres sur la qualité de l'eau?
- Comment peut-on l'atteindre?
- Quelles sont les incidences politiques?

Une table ronde a mis l'accent sur le développement de recommandations de principe pour la CMI et les parties. À partir de ces discussions, il était clair que cette question était d'une pertinence immédiate pour un grand nombre de sections de l'*Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs*, en particulier pour :

- l'article VI – Programmes et autres mesures;
- l'Annexe 1 – Objectifs spécifiques;
- l'Annexe 2 – PA et PAP;
- l'Annexe 3 – Déphosphatation;
- l'Annexe 10 – Substances polluantes dangereuses;
- l'Annexe 11 – Surveillance et contrôle;
- l'Annexe 12 – Substances toxiques rémanentes;
- l'Annexe 13 – Pollution due aux sources non ponctuelles;
- l'Annexe 14 – Sédiments contaminés;
- l'Annexe 15 – Substances toxiques aéroportées;
- l'Annexe 16 – Pollution causée par les eaux souterraines contaminées.

3.2.5 Délibérations et recommandations de principe des participants à l'atelier

Modèles de croissance démographique et d'aménagement urbain dans le bassin des Grands Lacs, 2002-2020

La preuve présentée par les experts-conseils et les conférenciers invités soulignait l'urbanisation rapide actuelle dans

certaines parties du bassin des Grands Lacs. À Chicago, par exemple, la croissance démographique a presque atteint 12 % entre 1990 et 2000, alors qu'à Toronto, entre 1992 et 1997, la population a augmenté de 13,8 %. Dans ces centres majeurs, il est prévu que la population augmente régulièrement pendant les 20 prochaines années. À Chicago, la croissance est évaluée à 7 % entre 2000 et 2010, passant à 4 % entre 2010 et 2020. À Toronto, il est prévu que la population augmente de 16 % entre 2000 et 2011 et de 10 % de plus entre 2011 et 2021. GHK a évalué qu'au total, 3,3 millions de gens de plus se seront ajoutés en 2020 aux six villes de l'étude de cas. Le lien avec la qualité de l'eau des Grands Lacs de ces augmentations de population est associé au type d'aménagement permettant d'accueillir plus de monde. Si l'aménagement est de type urbain traditionnel (relativement dense, utilisation mixte, modèle de rues en quadrillage), les impacts sur la qualité de l'eau proviendront surtout de l'augmentation de la demande d'usines de traitement des eaux usées et d'impacts concentrés sur la qualité de l'eau dans certains lieux du bassin hydrographique, comme les centres urbains. Si l'aménagement suit le modèle d'étalement à faible densité qui a prédominé depuis la Deuxième Guerre mondiale, les impacts seront plus dus à l'augmentation de l'écoulement des eaux provenant des plus grandes superficies imperméables dans le bassin hydrographique et du dépôt de polluants aériens provenant de l'augmentation de la circulation des véhicules associée à cette forme urbaine. Comme les modèles courants d'aménagement sont surtout de type anarchique, cette croissance démographique sera sans doute accompagnée par une conversion importante de terres à usage rural, comme l'agriculture, en zones urbaines et suburbaines. Un aménagement à faible densité signifie que le taux de conversion des terres est supérieur à l'augmentation démographique. Le taux de conversion du sol prévu est supérieur du côté américain du bassin et pourrait être de 50 % au moins dans certaines zones métropolitaines. Avec un aménagement à densité plus faible, il faut plus de routes et d'autoroutes pour relier l'environnement construit et un plus grand nombre de gens doivent conduire sur de longues distances pour se rendre à la maison, au travail, dans les magasins, etc. En conséquence, la croissance démographique projetée inclut une augmentation de la distance quotidienne parcourue en automobile qui, dans certaines parties du bassin, croît beaucoup plus vite que le taux de conversion des terres. À titre d'exemple, la population de Chicago a augmenté de 9,6 % entre 1982 et 1997, sa zone urbaine a augmenté de 25,5 % et la distance parcourue en automobile a augmenté de 79 % pendant la même période.

Toutefois, ce modèle d'aménagement n'est pas uniforme dans toutes les villes-régions des Grands Lacs. Le conférencier Larry Bourne a remarqué que 85 % de la croissance démographique de l'Ontario se produisait dans les Golden Horseshoe, portion nord-ouest du lac Ontario entre Niagara et Port Hope. En de nombreux endroits de ce bassin, il y a eu migration des terres rurales en terres urbaines ou suburbaines; en même temps, de nombreux centres américains subissaient une migration des grandes villes vers des terres suburbaines. Dans les deux cas, le défi le plus pressant de

l'aménagement se produisait alors à la frange urbaine. Les modèles d'aménagement urbain varient aussi d'une région à l'autre. Les constatations de GHK indiquent que les villes-régions canadiennes étudiées (Toronto, Collingwood et Windsor) présentaient un aménagement plus compact que leurs pendants américains. À titre d'exemple, alors que la population de la région de Toronto augmentait de 13,8 % entre 1992 et 1999, la surface de sol urbanisée n'augmentait que de 8 %. Par contre, la population de la région de Milwaukee augmentait de 6,5 % entre 1982 et 1997 et la surface de sol urbanisée augmentait de 24,9 % pour la même période. Plusieurs facteurs peuvent entrer en ligne de compte dans ce contraste : différences dans la façon dont le sol urbanisé est mesuré, différences de formes d'aménagement du territoire (urbain) dans chaque ville-région, emplacement et caractère des principaux complexes industriels et des corridors de transport les desservant et différentes lois et règlements concernant les modèles d'aménagement acceptables.

Différents conférenciers ont commenté la réduction considérable de la taille des ménages (c'est-à-dire le nombre de personnes dans chaque ménage) pendant les dernières décades. Comme la densité de la population, la densité des ménages a aussi diminué et constitué un indicateur des glissements démographiques, mais en ayant une utilisation limitée comme indicateur d'urbanisation, ou de la densité globale de l'aménagement. Une mesure efficace de l'urbanisation serait celle de la *densité de l'aménagement*, incluant les aménagements commerciaux et industriels, les ménages, les corridors de transport ainsi que l'aménagement résidentiel et d'autres types d'aménagement.

Impacts de l'urbanisation sur la qualité de l'eau

Les constatations des experts-conseils appuient un grand nombre d'autres études montrant que l'urbanisation modifie la qualité des eaux de surface de façon fondamentale. Il y a trois principales sources : effluents traités et dérivation des usines de traitement des eaux usées (égouts), eaux pluviales urbaines traitées et non traitées et débordement combiné des égouts transportant un mélange d'eaux domestiques et d'eaux pluviales non traitées. Les résultats de GHK confirment que les usines de traitement des eaux usées peuvent être une source importante de solides en suspension, de phosphore et d'azote, de métaux et d'une variété de produits chimiques utilisés dans les préparations pharmaceutiques et cosmétiques. Les eaux pluviales apportent des substances en suspension, du phosphore et de l'azote (provenant surtout des excréments d'animaux et d'engrais de gazon), ainsi que des métaux; cependant, elles peuvent, de plus, être une source importante d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) provenant des systèmes d'échappement des véhicules et d'autres sources atmosphériques, ainsi que de micro-organismes provenant d'excréments d'animaux. Il y a une variation considérable du degré avec lequel ces sources contribuent à la détérioration de la qualité de l'eau. Parmi les facteurs influençant cette contribution, il y a le niveau et le type de pratiques de traitement (par exemple la gestion des eaux pluviales) appliquées à un écoulement donné et la

contribution relative à chaque écoulement d'une région particulière des eaux usées industrielles, commerciales et résidentielles.

Nonobstant les différences entre les villes et entre les grandes villes et les régions suburbaines, un fait ressortait clairement de ces discussions : la population du bassin des Grands Lacs va continuer à s'étaler plus rapidement que son augmentation pendant les 20 prochaines années. Cette tendance à l'aménagement tentaculaire signifie plus d'eau d'égouts nécessitant un traitement dans les zones urbaines et suburbaines, plus de surfaces asphaltées et abritées sur lesquelles les précipitations s'écoulent rapidement et une plus grande charge de polluants aéroportés à cause d'une augmentation des distances parcourues en véhicule. Bien qu'il soit peu probable que la société puisse contrôler le taux de croissance, il est possible de choisir *l'endroit* où l'aménagement urbain a lieu, ainsi que *la façon* dont l'aménagement est configuré. Ces décisions seront prises en regard de l'aménagement du territoire actuel et des processus d'approbation dans chaque juridiction.

Impact urbain sur la qualité de l'eau

Tom Schueler a présenté une preuve évidente provenant du Center for Watershed Protection montrant qu'un couvert imperméable est une mesure bien meilleure de l'impact de l'urbanisation que la densité de la population. Il a observé que deux tendances étaient évidentes dans l'aménagement du territoire. D'abord, l'échelle de la plupart des bâtiments, des habitations résidentielles aux églises et aux centres commerciaux, augmentent; tout est plus grand aujourd'hui qu'il y a 50 ou 100 ans. Ensuite, les deux tiers de tout le couvert imperméable est maintenant un « habitat automobile » : routes, parcs de stationnement et voies d'accès. C'est dans cet « habitat automobile » que doit se trouver l'un des principaux points du design urbain. Le Center for Watershed Protection a examiné plus de 225 études de recherches liant 26 indicateurs de l'écoulement des eaux pluviales en milieu urbain au couvert imperméable et, sur la base de ces constatations, a développé un modèle de couvert imperméable de base. Le modèle de couvert imperméable prévoit que :

- les bassins hydrographiques comportant moins de 10 % de couvert imperméable ont le potentiel d'une bonne qualité de l'eau; lorsque la qualité n'est pas bonne, la cause peut être une modification historique plutôt que l'utilisation du sol. 10 % du couvert imperméable est typique de l'aménagement rural à suburbain comportant des lots bâtis de 0,5 à 1 hectare de surface;
- les bassins hydrographiques comportant 10 % à 25 % de couvert imperméable peuvent voir une dégradation modérée, mais celle-ci peut être atténuée par des aménagements extérieurs soignés et des pratiques de traitement des eaux pluviales. La plupart des aménagements suburbains se trouvent typiquement dans cette gamme de couvert imperméable;
- les bassins hydrographiques comportant plus de 25 % de couvert imperméable ne peuvent généralement pas supporter des utilisations avantageuses désignées et

présentent une qualité dégradée de l'eau. Des stratégies actives d'édifications sur terrains inutilisés/de rénovation urbaine augmentent le couvert imperméable dans les bassins hydrographiques urbains plus anciens, ce qui empêche potentiellement l'aménagement de nouveaux sites. Cependant, les coûts d'une telle édification sur terrains inutilisés atteignent grosso modo dix fois ceux des installations de traitement des eaux pluviales construites sur un nouveau site.

M. Schueler a mis l'accent sur un besoin de mise en valeur des zones sèches et de reboisement dans une stratégie intégrée de « bassins intelligents ».

Plusieurs conférenciers ont remarqué que les mesures des distances parcourues en véhicule étaient très utiles comme substituts de doses des émissions des véhicules. Comme l'augmentation des trajets routiers constitue une différence notable entre l'aménagement urbain traditionnel et l'aménagement tentaculaire à faible densité, la distance parcourue en véhicule est un indicateur potentiellement important pour l'examen des impacts sur la qualité de l'eau dans différentes formes urbaines. Il peut aussi constituer la meilleure évaluation disponible de la répartition des emplois et de la main-d'oeuvre.

Forme urbaine idéale

Bien que les participants acquiesçaient au fait qu'aucune forme urbaine particulière ne constituait pas une arme fatale contre les problèmes liés aux impacts sur la qualité de l'eau des zones urbaines, la notion de quatre éléments de forme urbaine pouvant réduire la quantité et améliorer la qualité des décharges urbaines a reçu un support considérable. Ces éléments sont les suivants :

- aménagement compact;
- utilisations mixtes;
- îlots urbains courts;
- respect des systèmes naturels.

Les trois premiers de ces éléments étaient initialement présentés par la prestigieuse urbaniste Jane Jacobs; le dernier a été proposé par John Sewell et endossé par les autres participants. Tous sont cohérents avec les principes du « nouvel urbanisme » maintenant largement débattu. Pourtant, Larry Bourne a avancé qu'un grand nombre de communautés urbaines avaient accepté ces principes tout en omettant de traiter des questions d'accès à l'emploi et ignorant ainsi la circulation et les émissions connexes.

Le Center for Watershed Protection a développé un certain nombre de principes relatifs à l'aménagement des bassins hydrographiques suburbains et urbains qui tiennent compte de ces principes (cf. l'Appendice I).

Aménagement du territoire/processus d'approbation

Le groupe de travail pensait depuis longtemps que des mesures institutionnelles étaient essentielles à la gestion des impacts de l'urbanisation sur la qualité de l'eau, et a mis



l'accent sur ce point dans le rapport des priorités 1999-2001 du CCS qui stipule ce qui suit :

La nécessité d'une approche spécifiques au site peut sous-tendre une grande partie du défi de la gestion de la pollution par source diffuse. La recherche actuelle suggère, en particulier, que le contrôle de la pollution par source diffuse a été retardé par :

- l'insuffisance d'éléments probants convaincants de l'efficacité des meilleures pratiques d'aménagement;
- le manque de normes d'exécution;
- des incitations financières inadéquates pour le nettoyage;
- *des mesures institutionnelles inadéquates.*

La recherche actuelle souligne de plus l'importance des mesures institutionnelles. Plusieurs points clés ont été mentionnés. John Sewell a rappelé aux participants que le système actuel d'aménagement du territoire en Ontario n'était pas basé sur le bien public, mais sur ce que les promoteurs et les investisseurs pouvaient vendre sur le marché immobilier. Bien que les documents de planification, comme les plans officiels, font état des bonnes intentions de la municipalité, ils sont souvent trop généraux et trop flexibles pour constituer un outil réglementaire utile. Trop fréquemment, les plans officiels sont modifiés pour répondre aux demandes d'un promoteur immobilier particulier.

Du côté américain, une grande partie des décisions d'aménagement du territoire n'est pas basée sur des schémas directeurs d'aménagement et d'urbanisme (l'équivalent du plan officiel) mais sur des règlements de zonage. Ces derniers ont force de loi alors que les schémas directeurs ne l'ont pas. Certains États exigent que le zonage soit cohérent avec un schéma directeur, bien que la plupart ne le sont pas. De la même façon, les gouvernements locaux ont toute l'autorité nécessaire pour réglementer l'utilisation des terres, mais cela ne constitue pas une exigence.

Plusieurs conférenciers ont suggéré de modifier la « structure de prix » des décisions d'aménagement plutôt que d'essayer de réglementer chaque étape de l'aménagement et du processus d'approbation. Cela supposerait des incitations économiques (taxes) pour des formes préférées d'aménagement et des pénalités pour les formes à décourager. À titre

d'exemple, le stationnement gratuit dans les centres commerciaux suburbains (particulièrement, par rapport au tarif élevé du stationnement dans les grandes villes) masque les vrais coûts environnementaux de l'aménagement suburbain par les commerçants. L'imposition de frais de stationnement dans de tels centres commerciaux constituerait un moyen simple de créer une prise de conscience de ces coûts par le public. Comme autre exemple, les municipalités pourraient exiger la construction d'installations de traitement des eaux pluviales dans les nouveaux aménagements si elles estiment que le couvert imperméable dépasse les niveaux cibles. Les aménagements respectant les cibles de couvert imperméable pourraient se voir dispensés de construire ces installations de traitement. De la même façon, l'attribution de subventions pour les infrastructures pourrait et devrait être liée à l'existence d'un plan d'amélioration de la qualité de l'eau approuvé, d'un programme d'amélioration des immobilisations, ainsi qu'à des schémas directeurs complets. Des pénalités pourraient inclure la suppression de déductions d'impôts américains pour les hypothèques et les gains en capitaux ainsi que des subventions occultes semblables pour les aménagements de grands ensembles à faible densité. Cela pourrait aussi comporter la suppression d'incitations aux aménagements commerciaux et industriels de faible densité sur des nouveaux sites, comme les subventions publiques pour les routes et l'amélioration des infrastructures nécessaires à ces aménagements. L'établissement d'un coût moyen pour les services publics, quelle que soit la proximité des zones urbaines existantes, est un autre type de subvention occulte. Ces initiatives ont été mises à l'essai dans quelques zones sélectionnées; toutefois, la mise en oeuvre à grande échelle de ces politiques dans des juridictions entières aurait sans doute un impact important sur les modèles d'aménagement actuels.

John Sewell a suggéré que les promoteurs immobiliers soient plus libres de construire ce qu'ils désirent si certaines conditions clés sont respectées. Sewel a cité l'exemple du district King/Spadina de Toronto dans lequel la ville de Toronto a assoupli ses règlements de contrôle d'aménagement sauf en ce qui concerne le retrait désiré et huit exigences. Il est concevable que cette approche puisse être utilisée pour fixer des limites au couvert imperméable permis ou la configuration des routes afin de réduire la quantité des eaux pluviales et à améliorer leur qualité.

Plusieurs conférenciers ont aussi remarqué qu'il y avait des tensions entre les intérêts de l'aménagement local et régional. À titre exemple, il peut être souhaitable de ne pas avoir plus de 10 % de couvert imperméable dans un aménagement régional. Toutefois, une zone locale peut subir des pressions pour dépasser ce pourcentage en raison d'occasions de développement d'une industrie légère associée à la proximité d'installations ferroviaires ou commerciales. Les objectifs local et régional sont légitimes bien qu'ils soient en conflit apparent. Il faut donc rendre possible et faciliter un débat public entre les intérêts locaux et régionaux pour s'assurer que tous les objectifs sont compris et les conflits réglés. Dix États au moins ont mis en oeuvre des lois régissant l'expansion (Growth Management Acts) et bien que

Il existe un large consensus sur le fait que les impacts sur la qualité de l'eau en milieu urbain peuvent être réduits au moyen d'un aménagement soigneux des sites pour réduire le couvert imperméable et augmenter la retenue des eaux.

la forme et le contenu de ces dernières varient, celles-ci incluent des exigences comme les suivantes :

- objectifs de l'aménagement du territoire de l'État et schéma directeur d'aménagement et d'urbanisme de l'État, comme pour le couvert imperméable;
- développement simultané des capacités des infrastructures et des nouveaux aménagements;
- cohérence entre les plans locaux, régionaux et de l'État, ainsi qu'avec les objectifs et les règlements légaux de l'État;
- la densité des nouvelles expansions.

L'exigence de cohérence donne aux schémas directeurs d'aménagement et à leurs règlements de mise en oeuvre, comme le zonage, force de loi. Ainsi, cela met fin à la brèche de base que constituent les mesures institutionnelles qui gouvernent la prise de décisions relatives à l'utilisation des terres.

Toutefois, Larry Bourne a souligné le fait que les mesures actuelles de l'étalement urbain mettaient l'accent sur l'utilisation résidentielle des terres alors que l'utilisation non résidentielle, comme l'utilisation commerciale et industrielle n'était largement pas reconnue. En fait, l'utilisation non résidentielle crée les impacts écologiques et socioéconomiques les plus importants. D'un point de vue écologique, l'utilisation non résidentielle des terres consomme de grandes quantités disproportionnées de territoires pour la construction et les réseaux de transports pris sur les zones naturelles. La majorité de ces aménagements conduisent à un couvert imperméable et génèrent des quantités disproportionnées d'émissions provenant des véhicules de grande dimension et de l'écoulement des eaux pluviales. D'un point de vue socioéconomique, la dispersion des utilisations non résidentielles augmente la séparation géographique entre les lieux de travail et d'habitation. Bourne a indiqué que c'était les utilisations commerciales et industrielles qui généraient le plus de circulation routière et d'émissions de gaz d'échappement et consommaient le plus de terres aux périphéries urbaines. Les municipalités hésitent souvent à limiter ce type d'aménagement parce que ceux-ci génèrent de l'emploi ainsi que des recettes fiscales immédiates et mesurables. Ces pressions dérivent en partie de l'augmentation de la globalisation de l'industrie et de l'aménagement à « mégaéchelle » dans de nombreux secteurs industriels.

John Sewell a mentionné que les municipalités devraient

investir dans ce que Jane Jacobs a appelé « le remplacement des importations » (Jacobs 1961). Cela veut dire que les municipalités devraient explorer la possibilité de produire localement les biens et les services qui sont actuellement importés de sources externes impliquant des réseaux routiers et la pollution automobile. Le remplacement des importations peut constituer un moyen de créer une gamme de possibilités d'emploi, associé à un aménagement économique, plus proche des habitations et donc réduisant la circulation industrielle et commerciale et les trajets quotidiens.

Plusieurs orateurs ont mentionné qu'il serait souhaitable de reconcevoir les codes d'aménagement à la lumière de programmes basés sur le consensus, comme Builders for the Bay du Maryland. L'aménagement basé sur le consensus est un outil important pour obtenir le soutien de ceux qui sont le plus affectés par les modifications de l'aménagement, particulièrement les entrepreneurs et les promoteurs immobiliers; il a, de plus, l'avantage de créer un mécanisme d'éducation pour un large public.

Options pour la prévention et la gestion des impacts sur la qualité de l'eau en milieu urbain

Lawrence Libby et William Page ont examiné un certain nombre d'options permettant d'éviter et de gérer les impacts sur la qualité de l'eau provenant de zones urbaines et d'urbanisation.

- ***Gestion de l'étendue géographique et de l'empreinte écologique de la croissance urbaine***

Les municipalités peuvent établir des limites distinctes à la croissance urbaine, surtout en dessinant une ligne sur une carte à l'intérieur de laquelle l'aménagement urbain peut s'effectuer et qui porte le nom de limites de croissance urbaine. Ces dernières sont habituellement examinées et révisées à peu près tous les 20 ans. Leur efficacité dépend de la façon dont ces limites sont mises en oeuvre, du moment où elles le sont et des personnes qui le font. Les limites du service urbain, qui est un concept connexe, limitent géographiquement le réseau de distribution d'eau et d'égout. Couplées à une exigence d'aménagement qui impose à tout nouvel aménagement d'être desservi par des services centralisés, les limites du service urbain peuvent *de facto* limiter l'étendue de la croissance. Les limites de l'aménagement urbain peuvent être administrées par un organisme régional, comme le Metro Portland (Oregon) ou le palier supérieur du gouvernement municipal de Toronto, comme le Metro Toronto.

- ***Protection des terres agricoles***

Si la conversion de terres agricoles en aménagement urbain ou suburbain constitue un problème, différentes politiques et différents outils peuvent servir à les protéger. Parmi ceux-ci, il y a les règlements de zonage agricole, les incitations foncières, le droit à la protection légale des fermes et la régionalisation de l'agriculture. L'achat de nouveaux droits d'aménagement, connu sous le nom d'achat de servitudes du patrimoine agricole, et le transfert des droits d'aménagement attirent de plus en plus l'attention parce qu'ils préservent la propriété

privée et protègent de façon permanente les terres rurales et agricoles. L'achat de droits d'aménagement permet la vente de ceux-ci à une entité, par exemple à un État ou un gouvernement local ou à une fiducie foncière qui détient le droit d'empêcher que ce territoire ne soit développé (sous la forme d'une servitude du patrimoine). Les terres continuent d'être une propriété privée et à être utilisées comme terres rurales ou agricoles. Un transfert des droits d'aménagement permet aux propriétaires fonciers de transférer le droit d'aménager une parcelle de territoire à une autre parcelle de territoire. Lorsque les droits d'aménagement sont transférés, lors de l'achat de droits d'aménagement par exemple, la parcelle qui « perd » les droits d'aménagement est alors réglementée et comporte une servitude permanente de patrimoine; la parcelle qui « reçoit » les droits d'aménagement peut alors effectuer un aménagement avec une densité supérieure à celle qui est habituellement permise dans cette zone. Le transfert des droits d'aménagement est plus complexe à établir et à administrer et n'est donc pas aussi répandu que l'achat des droits d'aménagement, mais il suscite beaucoup d'intérêt en raison de sa capacité à favoriser l'échange de droits entre parties privées dans l'intérêt d'une gestion de la croissance.

• **Réduction du couvert imperméable et augmentation de la retenue des eaux**

Il existe un large consensus sur le fait que les impacts sur la qualité de l'eau en milieu urbain peuvent être réduits au moyen d'un aménagement soigneux des sites pour réduire le couvert imperméable et augmenter la retenue des eaux. Les principes d'aménagement (cf. l'Appendice I) du Center for Watershed Protection (2003) favorisent ces résultats. Ils comportent une modification de l'aménagement et des normes de construction pour permettre :

- la construction de rues plus étroites et de zones de stationnement plus petites;
- la réduction des exigences relatives au retrait latéral et frontal des habitations à vocation résidentielle (par exemple, la construction de maisons plus proches les unes des autres et plus proches de la rue);
- la déconnexion des tuyaux de descente des eaux pluviales et le réacheminement des descentes de gouttières vers les pelouses et les jardins;
- l'utilisation de surfaces poreuses, comme les allées et les parcs de stationnement;
- l'utilisation de baissières gazonnées et d'autres systèmes naturels plutôt que de surfaces asphaltées ou de pontons;
- l'utilisation de bandes riveraines le long des cours d'eau;
- la mise en oeuvre d'incitatifs et d'une certaine souplesse dans la forme de compensation de la densité, l'étalement de la zone tampon, la réduction des impôts fonciers, des crédits pour système d'eaux pluviales et l'aménagement d'espaces libres de droit afin de favoriser la conservation des bandes d'eau, des forêts, des prés et d'autres zones de valeur environnementale.

Ces principes s'en tiennent à la nécessité d'établir des liens plus étroits entre l'aménagement du territoire et le processus

d'approbation, ainsi que le processus de planification des ressources en eau (ou du bassin hydrographique).

• **Établissement d'un prix à partir du coût complet des services d'eau et d'égout**

La nécessité d'établir un prix à partir du coût complet des services d'eau et d'égout, identifiée dans le rapport des priorités 1999-2001 du CCS, est de plus en plus urgente. Sans prix établi à partir du coût complet, les municipalités perdent une source de revenus nécessaire à la gestion et au remplacement de réseaux adéquats, mais, ce qui est encore plus important, cela protège les consommateurs contre les vrais coûts de l'utilisation de l'eau et mène souvent à son gaspillage. L'établissement d'un prix à partir du coût complet encouragerait un aménagement groupé comportant des réseaux d'égouts plus courts et plus concentrés, ainsi qu'un traitement plus efficace des eaux usées municipales.

Nécessité d'une recherche, d'une surveillance et d'une disponibilité des données améliorées

À travers ces discussions, il est devenu apparent qu'un manque de surveillance adéquate des données nuit au développement d'une politique efficace et à la mise en oeuvre des règles existantes. Les manques particuliers sont les suivants :

- manque d'un système de télédétection systématique et intégré qui pourrait être utilisé pour développer des évaluations du couvert imperméable existant et de l'utilisation du territoire, et suivre les modifications dans le temps;
- manque de données adéquates sur les émissions de polluants par les véhicules qui peuvent devenir des sources importantes de pollution des cours d'eau. Des études ciblées permettant d'évaluer la contribution relative de différents types de véhicules, comme les automobiles, les VLT ainsi que les petits et gros camions sont nécessaires;
- manque de données adéquates et, dans certains cas, de méthodes de détection adéquates, des « nouveaux » contaminants provenant des soins d'hygiène personnelle, de médicaments d'ordonnance et d'autres produits pour lesquels il existe des preuves préliminaires de conséquences importantes;
- manque de données sur la relation entre la qualité de l'eau et différentes formes urbaines dans les zones des bassins hydrographiques.

Alors que les efforts du groupe de travail ont été capables de mieux faire comprendre les impacts sur la qualité de l'eau de différents systèmes de traitement des eaux associés à l'urbanisation, les données et les ressources étaient inadéquates pour examiner quel était l'impact sur la qualité de l'eau de différentes formes d'aménagements urbains. Compte tenu des tendances démographiques actuelles, il est essentiel de comprendre comment nous pouvons répondre à la croissance démographique de façon à pouvoir minimiser les impacts sur la qualité de l'eau et d'autres impacts environnementaux tout en offrant une qualité de vie élevée.

Envoi d'un message sur l'utilisation de l'espace urbain

L'aménagement urbain et l'urbanisation ont un effet important sur la qualité de l'eau des Grands Lacs. La tendance est vers l'augmentation de cet effet. Bien que la technologie et les politiques changent, ce qui affecte la façon dont les villes sont conçues et les nouveaux aménagements sont traités, ces effets peuvent être atténués seulement si l'information nécessaire est rendue disponible et si la compréhension qu'a le public de ces questions influence les grandes décisions politiques.

L'influence de la Commission mixte internationale sur la gestion des eaux des Grands Lacs a été particulièrement féconde et remarquable sur trois points de sa longue histoire. En 1912, les parties ont demandé à la CMI nouvellement constituée d'examiner et de faire rapport sur la pollution des Grands Lacs. La CMI a indiqué que la pollution dans le bassin était partout chaotique et demandait aux parties de commencer les discussions sur des mesures de réduction binationales de la pollution. En 1946, de nouveau à la demande des parties, la CMI a traité du problème de la pollution dans les voies interlacustres. Notant que le traitement des eaux d'égout n'a pas suivi le rythme de la croissance démographique dans le bassin, le rapport de 1950 à ce sujet souligne les dommages sur la santé humaine et à la propriété, un problème majeur en fait, en regard de la pollution par les bactéries, les phénols, les huiles, le fer, le phosphore, le chlore, etc. L'influence de la CMI sur cette question a été l'une des forces d'entraînement conduisant à l'établissement de normes relativement au traitement des égouts dans le bassin. Finalement, en 1972, peu de temps après la signature du premier *Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs*, les parties ont demandé à la CMI de faire enquête sur la pollution provenant des activités liées à l'utilisation du territoire. Six années et des centaines de rapports de recherches plus tard, le Groupe de référence sur la pollution dans les activités liées à l'utilisation des terres (GRPAUT) a produit un corps d'ouvrages qui continue à influencer aujourd'hui la gestion des sources diffuses de pollution. Avec ce grand nombre d'activités de la CMI, l'importance du GRPAUT réside non seulement dans sa contribution technique, mais aussi dans sa démonstration sur la façon dont les gouvernements et d'autres organisations peuvent travailler de concert pour améliorer les conditions environnementales dans le bassin. Dans chacun de ces cas, la CMI a été positionnée de façon unique pour fournir une perspective binationale sur des problèmes complexes de pollution et un forum binational sur la recherche de solutions concrètes. Son influence apparaît aujourd'hui dans tout le bassin, dans les normes de traitement des égouts municipaux, dans les pratiques agricoles et la coopération binationale sur chacun des aspects de la gestion des Grands Lacs.

De toutes les activités liées à l'aménagement du territoire, les décisions qui influencent le plus l'utilisation de l'espace urbain sont prises localement par les conseillers municipaux, les commissions de zonage et les agences locales d'émission de permis. Aux instances supérieures, l'influence sur les décisions locales d'utilisation de l'espace urbain diminue. Les gouvernements provinciaux et particulièrement le gouvernement fédéral n'ont qu'une autorité indirecte, tels que la réglementation générale et les mécanismes de financement, pour influencer les décisions relatives à l'aménagement du territoire. Quoiqu'il en soit, des efforts locaux pour gérer la croissance urbaine exigent le soutien, l'aide et le leadership des instances gouvernementales supérieures dans le domaine des politiques de transport, par exemple.

Alors comment la CMI peut-elle le mieux aviser les parties qu'elles doivent envoyer un message de soutien et de leadership aux niveaux inférieurs de gouvernement pour qu'ils adoptent des politiques d'aménagement de l'espace urbain qui permettent de protéger les Grands Lacs? La CMI et les parties ont fait face à cette question au début des années 1970 lorsqu'il est devenu évident que l'utilisation agricole du territoire pouvait affecter la qualité de l'eau des Grands Lacs. La réponse fut alors le renvoi des parties à la CMI concernant l'étendue de la pollution due aux activités liées à l'utilisation des terres. L'étude couvrant plusieurs années qui en a résulté, communément appelée « Étude du GRPAUT », a constitué la première analyse complète de l'aménagement du territoire dans le bassin des Grands Lacs.

Alors que le renvoi incluait toutes les sortes d'aménagements du territoire, l'étude qui en a découlé fournissait de l'information et des recommandations qui ont eu le plus d'influence sur l'utilisation de l'espace agricole. Les fermiers du bassin ont appris de ce travail. Ils ont entendu le message et modifié leurs façons d'aménager les terres. Aujourd'hui, un grand pourcentage de terres agricoles est géré de façon à réduire ou à éviter les pertes de sols (et les polluants connexes) et la sédimentation des rivières et des baies qui en résulte.

De toutes les activités liées à l'aménagement du territoire, les décisions qui influencent le plus l'utilisation de l'espace urbain sont prises localement par les conseillers municipaux, les commissions de zonage et les agences locales d'émission de permis. ... des efforts locaux pour gérer la croissance urbaine exigent le soutien, l'aide et le leadership des instances gouvernementales supérieures dans le domaine des politiques de transport, par exemple.

À nouveau, il est nécessaire d'envoyer un message et de transmettre l'information requise concernant la menace croissante sur la qualité de l'eau dans les Grands Lacs que pose l'aménagement de l'espace urbain et l'urbanisation. Une grande partie de l'information nécessaire pour faire face à cette menace existe déjà, tel que mentionné ci-dessus. Il est fort possible qu'une autre étude du style de celle du GRPAUT soit nécessaire pour s'assurer que l'information soit entendue et comprise par tous ceux qui sont impliqués dans l'aménagement de l'espace urbain dans tous les organismes de gestion couvrant le bassin des Grands Lacs.

On suggère que le temps est peut-être venu pour une autre Année internationale d'étude des Grands Lacs. La dernière Année internationale d'étude des Grands Lacs a eu lieu en 1972. Le renvoi à la Commission mixte internationale concernant l'étendue de la pollution causée par l'agriculture, la foresterie et à les autres utilisations des terres dans le système des Grands Lacs date de la même année. Les deux activités ont été très positives pour les Grands Lacs. Trente-et-un ans plus tard, c'est le moment de réévaluer où nous en sommes dans le traitement des questions antérieures et pour identifier des mesures qui protègent les Grands Lacs des effets de l'urbanisation croissante.

Recommandation

Le CCS fait les recommandations suivantes à la CMI.

- **Il recommande que les parties entreprennent une enquête et des efforts de recherches binationaux majeurs sur les effets de l'aménagement urbain et de l'urbanisation sur la qualité de l'eau des Grands Lacs et mettent au point une réponse complète pour pallier à ces effets.**

Ce travail devrait être à grande échelle ou exhaustif comme l'étude du GRPAUT effectuée dans les années 1970, mais avec un accent exclusif sur le développement urbain et l'urbanisation dans le bassin des Grands Lacs. Cette étude devrait caractériser l'étendue du problème, fournir de l'information utile à la recherche de solutions au problème et produire des recommandations à mettre en oeuvre à tous les paliers de gouvernement. Sa réalisation devrait interpeller toutes les parties intéressées et tous les efforts devraient être faits pour permettre aux résultats d'être largement disponibles et compris. L'étude devrait se baser sur les travaux de gestion de la croissance urbaine aux niveaux provincial, fédéral et municipal. L'étude pourrait faire partie de n'importe quel programme de l'Année internationale d'étude des Grands Lacs qui pourrait être mis en oeuvre. Certains des aspects clés du problème dont il faudra traiter dans l'enquête sont les suivants :

- projection de la croissance urbaine prévue dans les 50 prochaines années dans le bassin des Grands Lacs;
- relation entre la surface du couvert imperméable de différentes formes urbaines et l'effet sur la qualité de l'eau;
- relation entre les émissions polluantes des véhicules générées dans différentes formes urbaines et leurs effets sur la qualité de l'air et de l'eau;
- inventaire et évaluation des programmes et des politiques innovateurs, tels que l'établissement d'un prix à partir du coût complet, des programmes de transport, une mise à niveau des infrastructures et des permis échangeables pour la production de la qualité de l'eau contre les impacts des zones urbaines et d'urbanisation;
- examen des infrastructures et des pratiques de traitement d'assainissement des eaux d'égout dans le bassin des Grands Lacs pour évaluer leur adéquation à desservir une population urbaine future et à traiter les contaminants des flux de déchets, comme les produits de soins personnels et produits pharmaceutiques, non prévus lorsque ces systèmes ont été conçus.

APPENDICE 1 : PRINCIPES D'AMÉNAGEMENT MODÈLE DU TERRITOIRE DÉVELOPPÉS PAR LE CENTER FOR WATERSHED PROTECTION
(Center for Watershed Protection/http://www.cwp.org)

Stratégies pour les bassins hydrographiques ruraux (de 0 à 10 % de couvert imperméable)

L'une des principales implications du modèle de couvert imperméable est que celui-ci prévoit des impacts négatifs sur les cours d'eau à une intensité extrêmement faible d'aménagement des bassins hydrographiques en l'absence de tout traitement. Pour mettre cela en perspective, il faut s'imaginer que le développement résidentiel sur un lot de deux acres zoné bassins hydrographiques comporte généralement plus de 10 % de couvert imperméable et, ainsi, passe d'une classification sensible à une classification ayant un impact. Ainsi, lorsqu'une communauté désire protéger une ressource aquatique importante ou une espèce très exigeante, comme la truite ou le saumon, ou l'anadonte en danger, le modèle de couvert imperméable suggère qu'il doit y avoir une limite maximale à la croissance qui est non seulement très faible, mais habituellement bien inférieure au zonage courant pour de nombreux bassins hydrographiques suburbains et même ruraux.

Il n'est pas surprenant alors que le débat ait rapidement porté sur la question de savoir si les pratiques de traitement dans les bassins hydrographiques pouvaient fournir une atténuation adéquate relative au modèle de couvert imperméable. (À titre d'exemple, les bandes d'eau, les pratiques de traitement des eaux pluviales, un meilleur aménagement des sites et d'autres formes de traitement des bassins hydrographiques permettent-ils un aménagement plus dense dans un bassin hydrographique donné?) Seul un nombre limité de recherches a traité de cette question et les résultats préliminaires ne sont pas rassurants. À cette étape préliminaire, les chercheurs ont toujours de la difficulté à détecter l'impact du traitement des bassins hydrographiques et moins à les définir. Nos techniques de recherches sur les bassins hydrographiques et notre capacité à mettre en oeuvre un traitement doivent être grandement améliorées avant que nous puissions espérer obtenir une réponse scientifiquement défendable sur cette question cruciale. D'ici là, les gestionnaires seront extrêmement prudents lors de l'établissement d'attentes élevées quant à l'efficacité des traitements du bassin hydrographique pour atténuer l'effet des couverts imperméables.

En conséquence, les schémas directeurs des bassins hydrographiques ruraux doivent limiter le couvert imperméable à moins de 10 %, particulièrement si une surveillance confirme que les cours d'eau sont d'excellente qualité. Le zonage agricole, la conservation dynamique des terres, de grandes bandes d'eau et l'interdiction de construire des égouts sont d'autres stratégies clés. Tout aménagement qui se produit

devrait se concentrer en centres villageois plutôt que d'être réparti dans de grandes surfaces dans la campagne.

Stratégies pour les bassins hydrographiques suburbains (10 % à 25 % de couvert imperméable)

Principe 1

Concevoir des avenues résidentielles ayant une largeur requise d'asphaltage minimale pour recevoir les voies de transport, le stationnement sur la rue et l'accès des véhicules d'urgence, d'entretien et de service. Ces largeurs doivent être basées sur le volume de la circulation.

Principe 2

Réduire la longueur totale des avenues résidentielles en examinant l'agencement des autres rues pour déterminer la meilleure option permettant d'augmenter le nombre de résidences par unité de longueur.

Principe 3

Lorsque c'est possible, les largeurs de l'emprise des avenues résidentielles doivent correspondre au minimum requis pour recevoir la chaussée de circulation, le trottoir et les canalisations à écoulement libre enherbées. Les services publics et les collecteurs d'eaux pluviales doivent être situés dans la section asphaltée de l'emprise quand c'est possible.

Principe 4

Réduire le nombre de culs-de-sac résidentiels et incorporer des espaces verts aménagés pour réduire leur couvert imperméable. Le rayon du cul-de-sac doit être le minimum requis pour recevoir les véhicules d'urgence et d'entretien. Des ronds-points alternatifs doivent être prévus.

Principe 5

Lorsque la densité, la topographie, les sols et la pente le permettent, des canalisations à écoulement libre enherbées doivent être utilisées dans les emprises des rues pour canaliser et traiter l'écoulement des eaux pluviales.

Principe 6

Le ratio d'espaces de stationnement requis régissant un aménagement du territoire ou une activité particulière doit être mis en vigueur en ce qui concerne un maximum et un minimum afin d'infléchir la construction excessive d'espaces de stationnement. Les ratios d'espaces de stationnement existants doivent être révisés en regard de leur conformité en tenant compte de l'expérience locale et nationale pour voir si des ratios plus faibles sont garantis et faisables.

Principe 7

Les codes de stationnement doivent être révisés pour réduire les exigences de stationnement lorsqu'il y a un transport en commun ou lorsque des dispositions relatives au stationnement partagé réalisables sont prises.

Principe 8

Réduire l'imperméabilité générale associée aux espaces de stationnement en fournissant des espaces pour automobiles compactes, réduisant les dimensions des stalles, en concevant des bandes de stationnement efficaces et en utilisant des matériaux perméables dans les zones de stationnement supplémentaires lorsque c'est possible.

Principe 9

Fournir des incitatifs significatifs pour encourager le stationnement structuré et partagé afin de le rendre plus viable économiquement.

Principe 10

Lorsque c'est possible, utiliser des zones de biorétention, des bandes filtrantes et/ou d'autres dispositifs, qui peuvent être intégrés dans les zones d'aménagement paysager requises et aux îlots directionnels, pour traiter les eaux pluviales des parcs de stationnement.

Principe 11

Promouvoir le concept d'espaces libres qui comportent des parcs de plus petites tailles afin de minimiser la surface totale imperméable, réduire les coûts de construction totaux, conserver des zones naturelles, fournir un espace récréatif à la communauté et promouvoir la protection du bassin hydrographique.

Principe 12

Assouplir les exigences en matière de marges latérales et permettre la construction de façades plus étroites pour réduire la longueur totale des routes dans la communauté et l'imperméabilité générale du site. Assouplir les exigences de la marge de reculement pour minimiser la longueur des voies d'accès et réduire l'imperméabilité totale du lot.

Principe 13

Promouvoir des normes d'aménagement plus souples pour les trottoirs des subdivisions résidentielles. Lorsque c'est faisable, évaluer la possibilité de situer les trottoirs d'un seul côté de la rue et de fournir des passerelles reliant des zones piétonnières.

Principe 14

Réduire l'imperméabilité globale du lot en favorisant des surfaces différentes pour les voies d'accès et les voies d'accès partagées qui relient ensemble deux ou plusieurs résidences.

Principe 15

Indiquer clairement comment l'espace libre communautaire sera géré et désigner une entité légale renouvelable responsable de la gestion des espaces libres naturels et récréatifs.

Principe 16

Diriger l'écoulement des eaux pluviales vers des zones perméables, comme des cours, des canalisations à écoulement libre ou des zones enherbées, et éviter de les acheminer vers le système routier et le réseau de transport des eaux pluviales.

Principe 17

Créer une zone tampon de largeur variable enherbée naturellement le long de tous les cours d'eau permanents qui comportent des caractéristiques environnementales essentielles comme la plaine inondable de 100 ans, des pentes prononcées et des terres humides d'eau douce.

Principe 18

La bande d'eaux riveraines devrait être préservée ou restaurée avec de la végétation indigène. La zone tampon doit être conservée pendant les étapes de délimitation de la révision de l'aménagement, de la construction et postérieure à l'aménagement.

Principe 19

Le nettoyage et le nivellement des forêts et de la végétation indigène sur un site doivent être limités à la surface minimale pour construire les lots, permettre l'accès et fournir la protection contre les incendies. Une partie fixe de tous les espaces libres communautaires doit être gérée de manière intégrée comme espace vert protégé.

Principe 20

Conserver les arbres et la végétation sur chaque site en effectuant des plantations supplémentaires, regroupant les zones boisées et favorisant l'utilisation de plantes indigènes. Lorsque c'est faisable, aménager les espaces verts communautaires, l'emprise des rues, les îlots de parcs de stationnement et les autres zones paysagées pour favoriser la végétation naturelle.

Principe 21

Les incitatifs et la souplesse sous forme de compensation de la densité, l'étalement des zones tampon, la réduction des impôts fonciers, les crédits pour les systèmes d'eaux pluviales et l'aménagement d'espaces libres de droit doivent être encouragés pour favoriser la conservation des bandes d'eau, des forêts, des baissières et d'autres zones de valeur environnementale. En plus, une atténuation hors site cohérente avec l'aménagement des bassins hydrographiques adopté localement doit être encouragée.

Principe 22

Les nouveaux exutoires d'eaux pluviales ne doivent pas décharger d'eaux pluviales naturelles dans des terres humides sous l'autorité d'un organisme, couches aquifères à source unique ou zones sensibles.

Stratégies pour les bassins hydrographiques urbains (plus de 25 % de couvert imperméable)

Principe 1

Effectuer des évaluations environnementales. La rénovation urbaine et l'aménagement sur terrains inutilisés doivent comporter des évaluations environnementales des sites qui protègent les ressources naturelles existantes et identifient des occasions de restauration, lorsque c'est faisable.

Principe 2

Protéger et restaurer les espaces naturels. Aménager et concevoir des espaces végétalisés naturellement et encourager la revégétation, la restauration des sols et l'utilisation de plantes indigènes et non envahissantes, lorsque c'est possible.

Principe 3

Maintien à long terme d'espaces naturels. Établir des mécanismes garantissant la gestion et l'entretien à long terme de tous les espaces végétalisés.

Principe 4

Faire un usage efficace du couvert imperméable. Les sites doivent être conçus pour utiliser efficacement le couvert imperméable et pour minimiser l'écoulement des eaux pluviales. Lorsque c'est possible, la surface du couvert imperméable peut être réduite ou maintenue. Dans les cas où le couvert imperméable augmente, les sites doivent être conçus pour améliorer la qualité des eaux pluviales sur le site ou dans le bassin hydrographique local.

Principe 5

Utiliser un meilleur aménagement extérieur dans le cas de projets d'aménagement de l'espace inutilisé pour maximiser l'écoulement des eaux pluviales et les espaces végétalisés naturellement.

Principe 6

Maximiser les choix de transport. Aménager les sites pour maximiser les choix de transport afin de réduire la distance parcourue en véhicule et améliorer la qualité de l'air et de l'eau.

Principe 7

Agencer les descentes de toits. Agencer les descentes de toits vers des lieux de stockage, la réutilisation et/ou le réacheminement vers les surfaces perméables pour la gestion des eaux pluviales et l'obtention d'autres avantages environnementaux.

Principe 8

Concevoir les cours/les centres commerciaux dans l'optique du traitement des eaux pluviales. Concevoir les cours, les centres commerciaux et les espaces d'agrément pour stocker, filtrer ou traiter les eaux pluviales. Exemples : pavages différents, biorétention et jardins d'eaux pluviales.

Principe 9

Minimiser le stationnement et traiter les eaux pluviales. Les parcs de stationnements, particulièrement les parcs de surface, doivent être minimisés et conçus de façon à réduire, stocker et traiter les eaux pluviales. Lorsque des contraintes de sites ou d'autres considérations empêchent le traitement complet des eaux des parcs de stationnement, l'aménagement doit d'abord viser les zones à grande utilisation.

Principe 10

Aménager le profil des rues pour traiter les eaux pluviales. Aménager le profil des rues pour minimiser, capter et réutiliser l'écoulement des eaux pluviales. Lorsque c'est possible, prévoir des espaces à planter qui favorisent la croissance d'arbres de rues en santé de façon à ce que ceux-ci puissent capter et traiter les eaux pluviales. Sous les climats arides, des aménagements paysagers adaptés aux milieux arides doivent être mis en oeuvre pour obtenir les mêmes avantages.

Principe 11

Pratiquer la prévention de la pollution. Utiliser des techniques adéquates de stockage, de manipulation et d'aménagement des sites pour éviter tout contact des eaux pluviales avec des polluants.

Programmes « bassins intelligents » proposés aux municipalités

Pour s'assurer que toute dégradation localisée provoquée par la rénovation urbaine et l'aménagement des espaces inutilisés dans les bassins hydrographiques urbains est plus que compensée par les améliorations de la qualité des cours d'eau obtenues par les efforts de restauration municipaux, le Center for Watershed Protection a proposé un niveau minimal d'effort municipal portant le nom de *bassins intelligents*. Les bassins intelligents font spécifiquement référence à 17 programmes sectoriels publics de traitement des eaux pluviales, de restauration des corridors urbains des cours d'eau et de réduction des décharges polluantes provenant de bassins hydrographiques très urbanisés (CWP 2003). Les principaux éléments d'un programme de bassin intelligent sont les suivants.

Programme 1

Mise en oeuvre et planification de restauration de petits bassins hydrographiques. Un programme de bassins intelligents est engagé dans des efforts de restauration de petits bassins hydrographiques pour s'assurer que toute dégradation localisée provoquée par la rénovation urbaine et l'aménagement des espaces inutilisés dans les bassins hydrographiques urbains soit plus que compensés par des améliorations de leur santé générale. Un programme de bassins intelligents cherche, particulièrement, à mettre en oeuvre des projets de restauration sur une zone qui dépasse la surface totale du bassin hydrographique affectée par les projets d'aménagement d'espaces inutilisés et de rénovation urbaine.

Programme 2

Cartographie et analyse des sous-bassins hydrographiques. Un programme de bassins intelligents délimite et cartographie tous les sous-bassins d'une municipalité sur un système SIG. Ce dernier comporte des couches de données précises et actuelles sur le couvert imperméable, l'infrastructure des égouts et des collecteurs d'eaux pluviales, le réseau hydrographique, les exutoires d'eaux pluviales, les zones sensibles des eaux pluviales et les sites NPDES d'eaux pluviales industrielles, les espaces libres, les vestiges d'espaces naturels et d'autres caractéristiques importantes. Un programme de bassins intelligents s'engage à entretenir régulièrement le système SIG et à le rendre accessible aux résidents et aux groupes du bassin hydrographique.

Programme 3**Évaluation rapide des corridors des cours d'eau douce.**

Un programme de bassins hydrographiques intelligents effectue une évaluation rapide de ses corridors d'eau douce basée sur les sous-bassins hydrographiques, avec pour objectif l'évaluation complète de toute la longueur des cours d'eau et canaux sur une période de trois ans. En plus, un programme de bassins intelligents utilise les données de l'évaluation pour trouver des solutions aux problèmes existants et mettre au point des projets de restauration des cours d'eau, conformément aux objectifs et aux ressources de l'aménagement des sous-bassins hydrographiques.

Programme 4

Surveillance de la qualité de l'eau et rapport. Un programme de bassins intelligents suit une approche exhaustive de la surveillance pour appuyer la mise en oeuvre de plans de restauration des sous-bassins grâce à la sélection des indicateurs clés, l'échantillonnage afin de prioriser les problèmes de qualité de l'eau dans les sous-bassins et la réalisation d'enquêtes de base pour identifier les zones de sources de pollution. De plus, un programme de bassins intelligents fournit des rapports réguliers au public sur les déversements, les décharges d'eaux usées non traitées et des données de surveillance. Finalement, un programme de bassin hydrographique intelligent informe rapidement le public en cas de baignade, contact avec l'eau ou consommation de poissons pêchés dans les eaux locales non sécuritaires.

Programme 5

Financement de la restauration des bassins hydrographiques. Les programmes de bassins intelligents disposent d'un mélange diversifié de sources de financement pour leur restauration, dont des budgets d'immobilisations, les services publics de traitement des eaux pluviales, des redevances destinées à des projets de rénovation urbaine, ainsi que des prêts et des subventions fédérales et provinciales pour s'assurer qu'ils disposent du personnel et des ressources correspondant aux 16 programmes de bassins intelligents.

Programme 6

Inventaire et gestion des vestiges d'espaces naturels. Un programme de bassins intelligents fait l'inventaire soigneux des espaces naturels résiduels dans un sous-bassin hydrographique et évalue comment les vestiges réagissent aux aménagements

adjacents et en amont. Le programme comporte un engagement permanent d'aménagement et de restauration actif des vestiges prioritaires.

Programme 7

Inventaire des occasions de réaménagement de bassins hydrographiques. Un programme de bassins intelligents évalue progressivement le potentiel d'occasions de réaménagement dans tous ses sous-bassins. Le programme fixe souvent une cible chiffrée pour guider la mise en oeuvre sur de nombreuses années (c'est-à-dire qu'il s'engage à suivre les trois étapes de réaménagement dans 10 % de son bassin hydrographique total dans une période de cinq ans).

Programme 8**Mise en oeuvre de projets de restauration de cours d'eau.**

Un programme de bassins intelligents utilise des techniques de restauration appropriées des cours d'eau dans le contexte de plans d'aménagement des sous-bassins hydrographiques. Un programme de bassin intelligent utilise des données d'évaluation des cours d'eau pour trouver des solutions aux problèmes existants et met en oeuvre des pratiques de restauration des cours d'eau conformes aux buts et aux objectifs de l'aménagement des sous-bassins relatifs à l'habitat.

Programme 9**Bassins hydrographiques et foresterie communautaire.**

Les programmes de bassins intelligents relient directement la foresterie urbaine à la restauration des bassins hydrographiques avec, comme objectif, l'augmentation de la santé du couvert forestier dans le bassin hydrographique. Les programmes de bassins intelligents constituent des forêts urbaines dans les emprises publiques, les terrains vacants, les parcs, les abords habités, les zones scolaires et riveraines. De plus, les programmes de bassins intelligents favorisent les espèces indigènes et fournissent à la communauté des guides et des critères pour la plantation d'arbres et la gestion de la forêt.

Programme 10**Éliminer les déversements d'eaux usées non traitées.**

Un programme de bassins intelligents s'engage dans un programme continu de détection et d'élimination de tous les déversements d'eaux usées non traitées dans le bassin hydrographique, y compris les déversoirs des égouts combinés, les déversoirs des réseaux séparatifs, ainsi que les déversements illicites ou illégaux.

Programme 11**Remise en état des terrains sur les terres et dans les parcs municipaux.**

Les programmes de bassins intelligents favorisent activement la remise en état de terrains sur les terres publiques appropriées afin de préparer ces sites pour des projets de reboisement, jardins pluviaux, jardins et autres projets paysagers de la communauté. Dans les processus de remise en état des terrains, le compost provenant des déchets verts recyclés peut être utilisé pour amender la terre de ces sites. À titre d'exemple, une municipalité s'engage à utiliser 10 % de ses résidus de jardin pour amender les terres publiques.

Programme 12

Faire preuve de pratique intelligente sur les sites des projets d'aménagements municipaux. Un programme de bassins intelligents prêche par l'exemple en mettant en oeuvre des pratiques intelligentes sur les sites de certains de ses propres projets de construction. En mettant en oeuvre des technologies et un aménagement innovateur, les municipalités peuvent faire la démonstration des avantages et obtenir une plus large acceptation des pratiques intelligentes. À titre d'exemple, une municipalité pourrait incorporer des « pratiques intelligentes de sites » dans deux projets essentiels chaque année et entreprendre un programme de surveillance pour quantifier leurs avantages. Finalement, les programmes de bassins intelligents lient les subventions et les incitatifs qui favorisent la croissance à l'utilisation de pratiques intelligentes dans le cadre de projets de rénovation urbaine individuelle.

Programme 13

Éducation sur les bassins hydrographiques. Les programmes de bassins intelligents constituent et mettent en oeuvre des programmes pédagogiques efficaces sur les bassins hydrographiques. Ils mettent l'accent sur les polluants ou les comportements clés, ciblent soigneusement leur auditoire et choisissent un ensemble de médias pour transmettre leurs messages. Les programmes de bassins intelligents observent aussi leurs résidents pour comprendre leurs attitudes et pour mesurer l'impact de leur campagne.

Programme 14

Implication du public et consultation du voisinage. Un programme de bassins intelligents fournit des occasions significatives d'implication et de participation du public à chaque étape d'un aménagement de sous-bassins, et s'assure que le voisinage est bien consulté au sujet des projets de restauration adjacents. Les programmes de bassins intelligents supportent et établissent des partenariats avec les organisations locales de bassins hydrographiques, qui constituent le lien de base avec la communauté.

Programme 15

Prévention de la pollution par les entreprises à risque. Les programmes de bassins intelligents ciblent les principales entreprises à risque dans le bassin pour effectuer une formation intensive et continue sur la façon dont elles peuvent éviter que des polluants ne soient exposés à la pluie ou à l'écoulement des eaux pluviales. Les programmes de bassins intelligents fournissent des matériaux clairs et convaincants sur des techniques de prévention simples contre la pollution et reconnaissent la participation des entreprises qui participent à ces programmes. De plus les municipalités démontrent des techniques de prévention contre la pollution sur les zones à risque qu'elles possèdent ou contrôlent, et établissent un lien régulier avec les installations industrielles qui doivent posséder un permis de déversement d'eaux pluviales NPDES et un plan de prévention de la pollution.

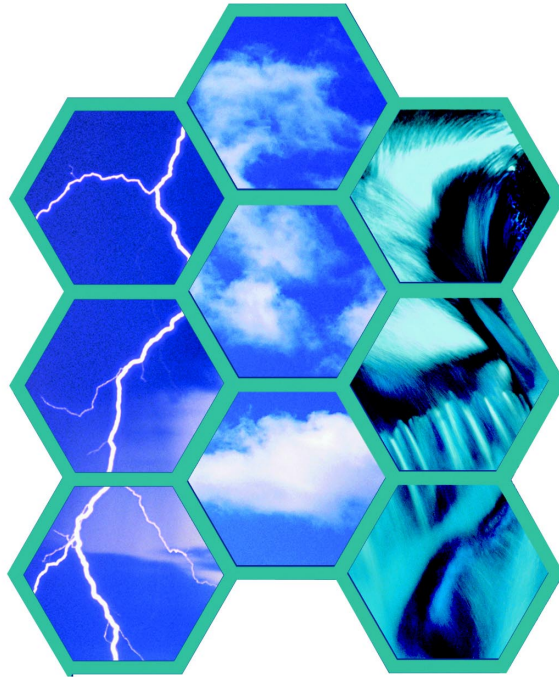
Programme 16

Fournir une formation d'exploitation aux employés municipaux et des services publics sur le contrôle des sources urbaines. Un programme de bassins intelligents s'engage à intégrer la prévention de la pollution dans ses opérations quotidiennes au moyen d'une formation continue de ses employés et entrepreneurs dans les domaines suivants : balayage des rues, exploitation des flottes, collecte des feuilles et des résidus verts, gestion des parcs et des terrains de golf, ramassage/recyclage des déchets, enlèvement et disposition de la neige, entretien des installations, nettoyage des bassins collecteurs, gestion des égouts, conservation de l'eau, mise en application de la loi sur les déversements et l'abandon de détritrus, ainsi que le salage des routes. Un programme de bassins intelligents conçoit une stratégie de prévention contre la pollution pour chacun des domaines opérationnels décrits ci-dessus et met sur pied un organisme responsable local pour mettre en oeuvre la formation opérationnelle.

Programme 17

Aide directe à la régie environnementale personnelle.

Un programme de bassins intelligents offre une série de services directs pour aider les résidents du bassin hydrographique à faire les bonnes actions, et cherche de façon continue à rendre chaque résident informé de ces services et les offre à ces derniers de la façon la plus accessible, pratique et facile. Les services communs incluent, entre autres, des programmes réguliers sur les déchets ménagers dangereux, un répertoire à jour pour le recyclage des huiles, du compost gratuit pour amender les sols, des incitatifs pour l'installation de citernes pluviales sur les tuyaux de descentes pluviales, des arbres indigènes pour le reboisement des pelouses, des analyses de sols et de pelouses gratuites, des conseils sur les façons non toxiques de traiter les parasites.



*Priorités
2001-2003
Chapitre 4*

**CHANGEMENTS CLIMATIQUES :
RÉPERCUSSIONS SUR LE BASSIN
DES GRANDS LACS**

CHAPITRE QUATRE CHANGEMENTS CLIMATIQUES : RÉPERCUSSIONS SUR LE BASSIN DES GRANDS LACS

Table des matières

4.1	INTRODUCTION	93
-----	--------------	----

Rapport du Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs

4.2	CHANGEMENTS CLIMATIQUES : RÉPERCUSSIONS SUR LE BASSIN DES GRANDS LACS	94
-----	---	----

Rapport du Conseil des directeurs de recherche des Grands Lacs

4.3	CHANGEMENTS CLIMATIQUES : RÉPERCUSSIONS SUR LES EAUX SOUTERRAINES	95
4.3.1	Introduction	95
4.3.2	Contraintes sur l'approvisionnement en eau souterraine dans le bassin des Grands Lacs	95
4.3.3	Modèles de changements climatiques	95
	Modèles de circulation générale	95
	Modèles régionaux du climat	96
	Analogues historiques	97
	Transposition climatique	98
4.3.4	Îlots thermiques urbains	98
4.3.5	Répercussions sur les eaux souterraines	98
4.3.6	Recommandations	100
4.4	RÉFÉRENCES (Section 4.3)	101

Tables

1.	Prédictions pour la région des Grands Lacs	96
----	--	----

Figures

1.	Comparaison entre les précipitations actuelles et les projections futures par le modèle Hadley et le modèle canadien	96
2.	Climat prévu en Illinois en 2030 et en 2090, selon les prévisions du modèle canadien et du modèle Hadley	98
3.	Sécheresse aux États-Unis le 24 septembre 2002, après un été de faibles précipitations et de températures extrêmement élevées	99

Le Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs

L'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs désigne le Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs (CQEGL) comme principal conseiller de la Commission mixte internationale sur toutes les questions liées à la qualité de l'eau dans le bassin des Grands Lacs. Le CQEGL a étudié les répercussions des changements climatiques sur le bassin des Grands Lacs, dans le cadre des priorités relatives aux changements climatiques établies pour 2001-2003.

Le Conseil des directeurs de recherche des Grands Lacs

Le Conseil des directeurs de recherche des Grands Lacs (CDRGL) a coordonné, auprès du Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs, les activités relatives aux changements climatiques définies dans les priorités de 2001-2003. Le CDRGL a étudié l'interaction entre les eaux souterraines et les eaux de surface dans les Grands Lacs, soit un aspect des changements climatiques touchant d'autres initiatives. Le Rapport sur les priorités 1999-2001 du CDRGL faisait état de la nécessité d'approfondir les recherches sur la relation complexe entre les eaux souterraines, les niveaux d'eau des Grands Lacs et les zones humides côtières. Le CDRGL a examiné les connaissances sur les effets des changements relatifs à l'utilisation du sol, le lien entre les eaux souterraines et les écosystèmes, les estimations de la consommation d'eau et de l'évacuation et la recharge d'eau souterraine. Le rapport comportait des recommandations à la CMI au sujet des recherches qu'il est essentiel de mener pour mieux comprendre les questions relatives aux eaux souterraines.

En tenant compte du fait que les changements climatiques peuvent avoir une grande incidence sur la quantité d'eau souterraine et sur sa qualité, le CDRGL s'est fondé sur les études menées précédemment et, pendant le cycle biennal de 2001-2003, il a mené un examen des connaissances sur les répercussions possibles des changements climatiques sur la quantité et la qualité de l'eau souterraine dans le bassin des Grands Lacs.

Les travaux préliminaires visant à déterminer les recherches requises ont été menés au moyen des ressources disponibles dans le cadre du programme Horizons sciences d'Environnement Canada. Ce programme permet à des scientifiques ayant récemment obtenu leur diplôme d'études post-secondaires d'acquérir de l'expérience pratique sur des projets environnementaux sous la tutelle ou sous la supervision de scientifiques et de gestionnaires de programmes chevronnés. On a examiné la documentation et compilé des documents provenant des experts qui ont participé à un atelier sur l'eau de source, présenté au cours du forum public de Montréal, tenu en 2001. Des ateliers sur les indicateurs d'eau souterraine ont eu lieu à la conférence sur l'état des écosystèmes des Grands Lacs (SOLEC), tenue en 2002 à Cleveland, en Ohio. Cette conférence a offert une excellente tribune pour l'échange d'idées.

Le CDRGL désire remercier Cheryl Martin pour avoir produit ce rapport. Il tient également à remercier Douglas Dodge, Harvey Shear, Jim Nicholas, Doug Alley et toutes les personnes qui ont participé aux séances de la conférence SOLEC pour avoir aidé le CDRGL à déceler les besoins en recherche liés à cette importante question.

4.2 CHANGEMENTS CLIMATIQUES : RÉPERCUSSIONS SUR LE BASSIN DES GRANDS LACS

Le climat comporte à la fois des limites fondamentales et des possibilités à l'égard de l'activité humaine et de la dynamique de l'écosystème. Des changements climatiques peuvent affecter les éléments suivants :

- la fréquence et la sévérité des sécheresses et des inondations;
- la quantité d'eau de surface et d'eau souterraine;
- la qualité de l'air, du sol, des sédiments et de l'eau;
- la santé humaine;
- la santé et la dynamique de l'écosystème;
- l'utilisation des ressources et l'économie, dans des secteurs tels l'agriculture, la foresterie, la pêche, les loisirs, le tourisme, l'énergie, les transports et la fabrication;
- l'environnement « créé », dont la capacité des réseaux de canalisation et des installations de traitement des eaux usées.

De nombreuses contraintes ont déjà une incidence sur les Grands Lacs : les changements relatifs à l'utilisation du sol, la contamination par les produits chimiques, la surfertilisation, la présence d'espèces étrangères envahissantes et les pluies acides. Les changements climatiques viennent s'ajouter à la liste, agissant avec d'autres contraintes.

L'ampleur des changements qui surviennent dans notre climat à l'heure actuelle soulève des questions quant à l'envergure de leurs répercussions et à notre capacité à nous y adapter. La CMI s'inquiète des répercussions des changements climatiques et de l'impact de la variation du climat sur le secteur des Grands Lacs et ses résidents, en particulier la restauration des utilisations de l'eau, dont il est question à l'Annexe 2 de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs. La CMI a demandé au Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs (CQEGL) de donner des conseils sur les répercussions des changements climatiques sur la qualité de l'eau et sur les utilisations de l'eau des Grands Lacs, ainsi que de se pencher sur les façons de faire face aux changements.

Pour obtenir un aperçu des problèmes et des répercussions liés aux changements climatiques dans la région des Grands Lacs, des options disponibles pour parer à ces répercussions ainsi que des difficultés liées à l'adoption des mesures nécessaires, la CQEGL a commandé la production d'un livre blanc intitulé *Climate Change and Water Quality in the Great Lakes Region: Risks, Opportunities, and Responses* (les changements climatiques et la qualité de l'eau dans la région des Grands Lacs : risques, possibilités et mesures). Ce document traitait de quatre questions clés :

- Comment la qualité de l'eau des Grands Lacs peut-elle être affectée par les changements climatiques?
- Quelles répercussions les changements climatiques pourraient-ils avoir sur les utilisations de l'eau?
- Dans quelle mesure les répercussions pourraient-elles varier à l'échelle de la région des Grands Lacs?
- Quelles sont les répercussions sur le processus de prise de décisions?

Pour que l'on puisse confirmer les données scientifiques et techniques sur lesquelles sont fondés les résultats et les conclusions contenus dans le livre blanc, celui-ci a été soumis à un examen externe. De plus, pour veiller à ce que le CQEGL ait bien défini les conséquences des changements climatiques et décelé les difficultés se rattachant aux mesures à prendre, et pour qu'il soit en mesure de donner des conseils éclairés à l'égard des mesures à prendre, les constations incluses dans le livre blanc ont été soumises à une vérification sur le terrain au cours d'un atelier des intervenants tenu les 28 et 29 mai 2003. Le livre blanc, modifié à la suite de l'examen externe et de l'apport des participants à l'atelier, et comprenant les constations et les conseils du CQEGL, a été présenté à la CMI.

À la lumière des résultats obtenus, le CQEGL continuera son étude des différents aspects des changements climatiques au cours du cycle des priorités de 2003-2005 de la CMI.

4.3 CHANGEMENTS CLIMATIQUES B RÉPERCUSSIONS SUR LES EAUX SOUTERRAINES

4.3.1 Introduction

Le bassin de drainage des cinq Grands Lacs s'étend sur une superficie de 750 000 km², soit sur presque tout le sud de l'Ontario, une portion du nord de l'Ontario et dans jusqu'à huit États riverains des Grands Lacs, aux États-Unis. À l'intérieur de ce bassin de drainage, l'eau des précipitations s'infiltré dans le sol et est emmagasinée dans des nappes d'eau souterraine. De récentes estimations révèlent que le volume d'eau souterraine dans le bassin des Grands Lacs correspond à peu près au volume du lac Michigan (Grannemann *et al.*, 2000). Ces eaux souterraines se déplacent lentement et se déversent dans les ruisseaux, les zones humides et, finalement, dans les Grands Lacs. En moyenne, les eaux de recharge provenant des affluents se déversent dans les Grands Lacs à un rythme d'environ 3 000 m³/s du côté américain et de 2 300 m³/s du côté canadien (CMI, 1993). Approximativement 50 p. 100 de ces eaux de recharge pourraient provenir indirectement des eaux souterraines (Grannemann *et al.*, 2000).

4.3.2 Contraintes sur l'approvisionnement en eau souterraine dans le bassin des Grands Lacs

L'accroissement de la population dans le bassin des Grands Lacs augmente la demande d'approvisionnement en eau douce. Compte tenu du fait que 39 p. 100 de la population du bassin des Grands Lacs utilise l'eau souterraine comme source d'eau potable (CMI, 1993), il est évident que les sources d'eau souterraine doivent être valorisées et protégées, tant à l'échelle locale que régionale. Qui plus est, 90 p. 100 de la population rurale de l'Ontario a exclusivement recours à l'eau souterraine pour répondre à leurs besoins en eau (Piggott *et al.*, document non publié). Il est donc primordial de protéger cette ressource.

Au cours des dernières années, les niveaux d'eau des lacs ont diminué à la suite de sécheresses et d'hivers moins froids. Les lacs ont baissé à leur plus bas niveau en 35 ans (U.S. Water News Online, 2002). Cette réduction de la disponibilité de l'eau et le fait que de nombreux aquifères sont exploités par le pompage pourraient entraîner un manque d'approvisionnement en eau souterraine dans certains secteurs. Les niveaux d'eau souterraine contenue dans certains aquifères ont diminué sur de grandes superficies, comme c'est le cas pour les aquifères situés en dehors de Chicago, en Illinois, près de Milwaukee et dans le secteur de la rivière Fox et de la baie Green, au Wisconsin, ainsi que près de Toledo, en Ohio (Grannemann *et al.*, 2000). On estime qu'en 1995, quelque 1,510 million de gallons d'eau étaient utilisés chaque jour dans la région des Grands Lacs (Solely *et al.*, 1998). L'accrois-

sement de la population et l'augmentation des besoins en eau souterraine augmentent de plus en plus les risques de réduction des réserves d'eau souterraine jusqu'à des niveaux non renouvelables.

4.3.3 Modèles de changements climatiques

Modèles de circulation générale

Les modèles de circulation générale sont des programmes informatiques créés en vue d'imiter l'interaction entre l'atmosphère et la surface de la terre produisant les conditions atmosphériques et climatiques. Les plus récents modèles de circulation générale tiennent souvent compte de la capacité des océans d'influencer la température et d'emmagasiner le dioxyde de carbone. Ils servent à étudier l'influence des facteurs de forçage du climat, comme l'accroissement des niveaux de dioxyde de carbone, et pour analyser les climats antérieurs et anticiper les climats futurs.

Nombre de facteurs limitent l'utilisation des modèles de circulation générale. Premièrement, le manque de connaissances des interactions complexes à l'intérieur du système climatique restreint les capacités des modèles. Puisque nous ne connaissons pas toutes les variables, nous ne pouvons pas en tenir compte dans nos modèles. Deuxièmement, les modèles de circulation générale étant conçus pour de grandes superficies, ils ne tiennent pas compte de caractéristiques régionales, qui sont importantes même si elles se produisent sur une petite échelle. Les Grands Lacs ne sont pas représentés dans la plupart des modèles de circulation générale, ce qui signifie que leur effets ne sont pas inclus dans les simulations. Enfin, les modèles font la moyenne de l'énergie et du flux d'humidité, ce qui ne reflète pas fidèlement les processus. Les prédictions en matière de précipitations peuvent donc être erronées.

Pour déterminer l'utilité des modèles de circulation générale, une évaluation nationale des conséquences éventuelles de la variation et du changement climatiques, menée aux États-Unis, a comparé les deux modèles de circulation générale les plus souvent utilisés : le modèle Hadley et le modèle canadien. On a utilisé les mêmes conditions pour les deux modèles, bien que ces conditions n'aient pas été décrites dans la documentation. Les deux modèles sont semblables en termes d'objet et de méthodologie, mais ils donnent des résultats considérablement différents pour le secteur des Grands Lacs. Bien que les deux prédisent de légères augmentations des températures et conviennent que l'évaporation sera probablement réduite, ils donnent des résultats différents à l'égard de la variation, de l'écoulement ou de l'effet des précipitations sur les eaux souterraines (voir la Table 1 et la Figure 1).

Table 1
Prédictions pour la région des Grands Lacs

	Modèle du Hadley Centre	Modèle canadien
Variation de la température d'ici 2030	+1,2°C (lac Supérieur)	+2,0°C (lac Supérieur)
Variation de la température d'ici 2090	+2,9°C (lac Supérieur)	+5,4°C (lac Supérieur)
Précipitations – été	Légère diminution	Diminution de 0 à 20 %
Précipitations - hiver	Légère augmentation	Augmentation de 0 à 20 %
Précipitations annuelles	Augmentation	Augmentation
Écoulement	Augmentation de 1 à 10 %	Diminution de 10 à 12 %
Humidité du sol	Augmentation	Diminution de 20 à 40 %
Évaporation	Légère augmentation	Augmentation

Frederick et Gleick, GCSI et le Service météorologique du Canada, 1999; Legates 2000; 1995 Lofgren *et al* 2002b)

Au cours de la comparaison entre le modèle Hadley et le modèle canadien, on a également fait des essais pour évaluer la capacité des modèles à simuler les climats antérieurs et actuels. La National Oceanic and Atmospheric Administration et le Great Lakes Environmental Research Laboratory ont mené des essais pour la période de référence s'échelonnant de 1961 à 1990 et ont comparé les résultats en rapport aux températures moyennes observées. Le modèle canadien avait grandement tendance à prédire des températures plus froides durant l'hiver et le printemps et plus chaudes à l'été et à l'automne pour le secteur des Grands Lacs. En outre, il y avait un écart de jusqu'à cinq degrés Celsius entre la

température minimale quotidienne prévue et la température enregistrée. Le modèle Hadley prédisait des températures plus chaudes en hiver et au début du printemps, mais il n'a pas permis de prédire une plage de température quotidienne maximale et minimale adéquate en été. Cependant, l'écart enregistré par le modèle Hadley était normalement de moins de trois degrés Celsius.

Les tendances relatives aux précipitations ont également fait l'objet de prévisions pour la période de 1961 à 1990. Le modèle Hadley a présenté de meilleurs résultats en terme de prévision des précipitations du début de l'été à la fin de l'automne, mais il a surestimé les précipitations à la fin de l'hiver et au printemps, et sous-estimé les précipitations pour la fin de l'été et le début de l'hiver. Les prévisions du modèle canadien pour l'été étaient largement supérieures aux valeurs observées, et les précipitations prévues pour l'automne et le début de l'hiver étaient légèrement inférieures aux valeurs observées. Dans l'ensemble, le modèle Hadley donne un aperçu plus précis des moyennes de précipitations observées.

Les essais ont démontré qu'aucun des modèles n'est en mesure de prédire avec exactitude les températures moyennes ou les précipitations. Cependant, les différences entre les modèles pourraient expliquer les diverses tendances. Le modèle Hadley comportait un écart moindre dans l'ensemble, ce qui pourrait être dû à la représentation brute des Grands Lacs dans le modèle. En effet, celui-ci comporte trois mailles de grille représentant les Grands Lacs, tandis que le modèle canadien n'en comporte aucune (Croley et Luukkonen, 2002). L'absence des Grands Lacs du modèle canadien, et la représentation de la superficie des Grands Lacs comme surface terrestre continue, pourraient expliquer que le modèle prédise plus de précipitations de convection à l'été et ne tienne pas compte des répercussions des précipitations d'effet de lac en hiver (Lofgren *et al.*, 2002a). On proteste cependant qu'il ne peut pas s'agir de la seule raison expliquant les différences en matière de prévisions, puisque

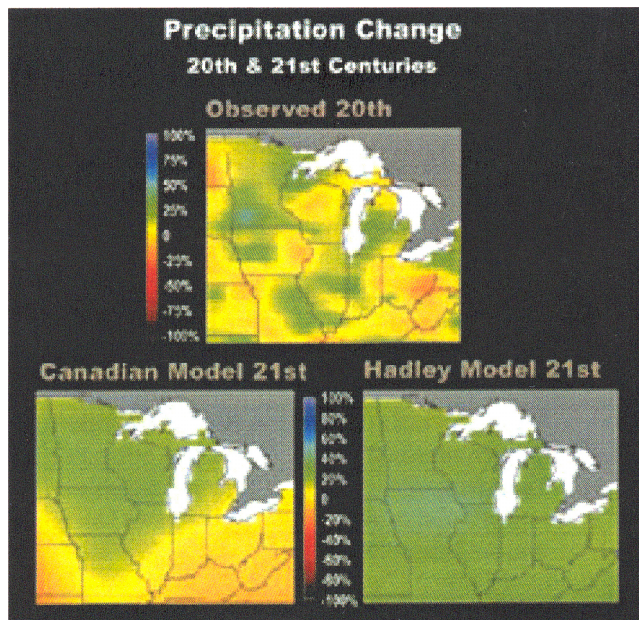


Figure 1
Comparaison entre les précipitations actuelles et les projections futures du modèle Hadley et du modèle canadien (Adams et Gleick, 2000)

des différences semblables ont été observées entre les deux modèles ailleurs en Amérique du Nord.

Modèles régionaux du climat

Les modèles régionaux du climat ont été conçus de façon à tenir compte du relief régional dans les modèles de circulation générale. En réduisant l'étendue visée par les mailles de grille pour qu'elle soit généralement de 50 km, par opposition à 300 km dans les modèles de circulation générale, le modèle régional du climat est mieux en mesure de prédire les changements climatiques en région (Hadley Centre, 2001). Autrefois appelés modèles pour zone restreinte, les modèles régionaux du climat sont beaucoup plus efficaces pour simuler les processus de convection, qui surviennent normalement sur une distance de quelques kilomètres. La convection étant le phénomène entraînant la plupart des précipitations et des violentes tempêtes, ces modèles à échelle réduite devraient prédire de façon plus précise les précipitations estivales, ce que les modèles de circulation générale font très mal.

Les modèles régionaux du climat font partie intégrante d'un modèle de circulation générale. Les prédictions de certaines conditions climatiques faites par le modèle de circulation générale proviennent des données recueillies pour le modèle régional du climat. Les problèmes liés à cette méthode sont flagrants : les erreurs de calcul ou les erreurs de prédictions dans le modèle de circulation générale sont amplifiées dans le modèle régional du climat. Cependant, ces problèmes sont ignorés, puisque l'objet est de simuler les phénomènes climatiques influencés par des éléments du relief régional, comme les Grands Lacs.

Les résultats des simulations du modèle canadien régional du climat ne sont pas disponibles pour le moment. Cependant, des essais initiaux effectués à l'aide d'un autre modèle régional ont donné des résultats fiables. Les observations pour des périodes de 10 jours et de 24 mois correspondaient aux résultats obtenus séparément sur la base des données provenant de rapports météorologiques recueillis. En utilisant un modèle régional du climat plutôt qu'un modèle de circulation générale, les changements relatifs à la température de surface des lacs et à la couche de glace étaient assez bien reproduits. Les interrelations importantes entre le sol, les lacs et l'atmosphère ont été simulées à une plus petite échelle, ce qui a permis au modèle de prédire un climat semblable aux conditions observées (Goyette *et al.*, 2000).

Les essais ont démontré que les modèles régionaux du climat étaient particulièrement efficaces pour simuler l'interaction entre les lacs, le sol et l'atmosphère, de façon à prédire les précipitations d'effet de lac. Puisque les chutes de neige d'effet de lac représentent environ 30 à 50 p. 100 de toutes les chutes de neige dans la région des Grands Lacs (Goyette *et al.*, 2000), il est très important que les modèles régionaux du climat puissent simuler cet élément. Au cours d'une période de simulation de 10 jours en décembre 1985, le

modèle a été en mesure de reproduire la répartition des précipitations d'effet de lac dans l'ensemble du bassin des Grands Lacs (Bates *et al.*, 2002). Dans les plus importants secteurs de la ceinture de neige, les précipitations ont été sous-estimées dans les quatre résolutions de modèle, mais les prédictions sont devenues plus précises à des résolutions plus précises (Bates *et al.*, 2002). On s'attend à ce que les changements climatiques n'entraînent à peu près pas de changement dans les ceintures de neige situées plus au nord, mais qu'une baisse d'environ 50 p. 100 de la quantité de neige d'effet de lac soit observée dans les ceintures situées plus au sud (Kunkel *et al.*, 2002).

Le Hadley Centre, au Royaume Uni, a conçu un modèle régional du climat, soit le modèle PRECIS (*Providing Regional Climates for Impact Studies*), qui est maintenant offert gratuitement aux pays en développement. Ce modèle régional du climat a l'avantage de pouvoir être exploité à partir d'un ordinateur personnel relativement peu perfectionné, contrairement aux modèles de circulation générale, qui doivent être exploités à partir de superordinateurs (Hadley Centre, 2001). Il faut de quatre à six mois pour faire une simulation sur 30 ans. Des simulations effectuées au Royaume Uni, en Afrique du Sud et au Japon ont démontré que le modèle était plus efficace pour déterminer les moyennes des précipitations antérieures, ce qui permet de croire en la réussite future de ce modèle (Hadley Centre, 2001).

Il est important de souligner que les modèles régionaux du climat peuvent être combinés à d'autres modèles pour prédire des changements climatiques autres que la température et les précipitations. Le modèle PRECIS a été conçu pour fonctionner en combinaison avec d'autres modèles pour prédire les ondes de tempête (Hadley Centre, 2002b). L'utilisation d'un modèle régional du climat permet de déterminer avec plus de précision la fréquence et l'intensité des ondes de tempête à venir. La conception d'un modèle hydrologique d'eau souterraine à l'aide des données provenant du modèle régional du climat pour le bassin des Grands Lacs pourrait permettre de déterminer si la quantité d'eau souterraine augmentera ou diminuera selon les changements climatiques.

Analogues historiques

Les analogues historiques, c'est-à-dire des observations sur les variations climatiques observées dans le passé, sont de bons indicateurs des changements climatiques qui pourraient survenir dans l'avenir. En examinant les renseignements climatiques recueillis dans le passé, il est possible d'évaluer la variabilité du climat et de déterminer quand une condition extrême dépasse les limites de la variabilité naturelle. Pour utiliser les analogues historiques, il faut choisir, dans le dossier historique, des années qui ont été plus chaudes que la moyenne et déterminer si l'augmentation de la température moyenne a eu un effet sur les précipitations, la sécheresse et la croissance des cultures. Les analogues historiques représentent une façon fiable de déterminer les conséquences des changements climatiques

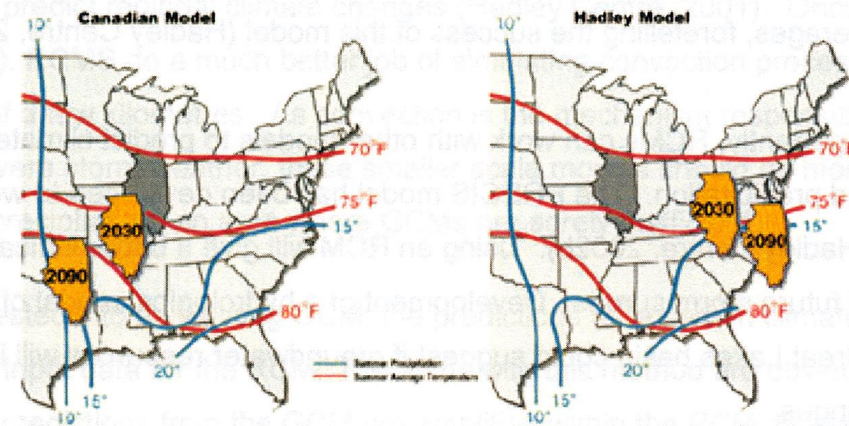


FIGURE 2
Climat prévu en Illinois en 2030
et en 2090, selon les prévisions
du modèle canadien et du
modèle Hadley
 (Adams et Gleick, 2000)

pour une région pour laquelle il y a des données à long terme. Cette méthode comporte cependant certaines restrictions, lorsque l'on ne dispose que de données à court terme pour une période de températures élevées. Les périodes de sécheresse ou les périodes relativement chaudes durent rarement suffisamment longtemps pour entraîner des changements généralisés dans le niveau ou le débit des eaux souterraines. Toutefois, lorsque cela se produit, on peut se servir d'analogues historiques conjointement avec des scénarios basés sur des critères physiques, comme des modèles de circulation générale, pour prédire les changements climatiques.

Transposition climatique

La transposition climatique, ou analogues spatiaux, sont fondés sur un principe selon lequel on serait en mesure de prédire les conditions climatiques futures en examinant un climat semblable dans une région plus chaude à proximité. Idéalement, les emplacements analogues sont semblables des points de vue de leur topographie, de leurs écozones et de leur utilisation du sol, mais c'est rarement le cas. Par exemple, on prédit que le climat de Toronto (Ontario) ressemblera dans l'avenir à celui du sud de l'Ohio (gouvernement du Canada et US EPA, 1995). Cependant, Toronto est exposé à l'influence directe des Grands Lacs, tandis que ceux-ci exercent un effet moins régulateur sur le sud de l'Ohio, en raison de la distance qui les sépare. Il est impossible d'évaluer avec précision l'effet du lac Ontario sur le climat de Toronto, à moins qu'on ait également recours à des modèles de circulation générale ou à des modèles régionaux du climat.

Les prévisions découlant du modèle Hadley et du modèle canadien ont transposé les données climatiques de l'Illinois, montrées à la Figure 2. Le modèle canadien prévoit un climat plutôt continental, semblable à celui du centre des États-Unis. Au contraire, le modèle Hadley prévoit que l'Illinois aura un climat plutôt maritime, semblable à celui du Massachusetts. Malgré les différences de transposition spatiale, on peut supposer que le climat de l'Illinois va se réchauffer, bien qu'il soit impossible de déterminer s'il y aura hausse ou baisse des précipitations pendant l'été.

4.3.4 Îlots thermiques urbains

On a observé des changements climatiques dans certaines villes en raison de l'effet d'îlot thermique urbain, ce qui pourrait servir à prédire les changements climatiques dans d'autres régions. Les surfaces asphaltées et les matériaux de construction absorbent la chaleur du Soleil, au lieu de la refléter, ce qui augmente la température au centre-ville. Ces régions centrales sont souvent de 1 à 10 degrés Fahrenheit (ou de 0,56 à 5,6 degrés Celsius) plus chaudes qu'en banlieue (Goddard Space Flight Center, 2002). La chaleur supplémentaire monte, causant des changements dans la circulation de l'air et formant souvent des nuages de pluie. Ce phénomène a été signalé dans plusieurs grandes villes, comme à Atlanta, où de fortes pluies survenaient souvent en aval du vent.

Bien qu'ils soient petits, les îlots thermiques urbains ne peuvent pas être utilisés avec d'autres méthodes de prédiction du climat pour évaluer les changements dans le cycle hydrologique, comme l'ampleur et le moment des précipitations.

Depuis un siècle, la température annuelle moyenne s'est accrue de 0,6 degrés Celsius. Les années 1990 ont été les plus chaudes en 100 ans, puisque sept des dix années les plus chaudes sont survenues au cours de cette décennie. Cependant, les Grands Lacs ont une grande incidence sur le climat : ces grandes étendues d'eau ont pour effet de régulariser la température et d'influencer les tendances en matière de vent et de précipitations à l'échelle régionale. C'est pourquoi il est difficile de prédire les répercussions de l'augmentation des concentrations de gaz carbonique et d'autres gaz à effet de serre sur les régimes climatiques de la région des Grands Lacs. De plus, si l'on ne peut pas faire de prédictions sur les changements aux régimes de température et de précipitations, il est impossible de connaître les répercussions sur les niveaux et sur l'approvisionnement d'eau souterraine.

4.3.5 Répercussions sur les eaux souterraines

Les fluctuations relatives à la température et aux précipitations découlant des changements et de la variabilité du climat entraîneront l'altération du cycle hydrologique. Les hausses projetées de la température causeront probablement une augmentation du taux d'évaporation de l'eau, une baisse de

U.S. Drought Monitor September 24, 2002

Valid 8 a.m. EDT

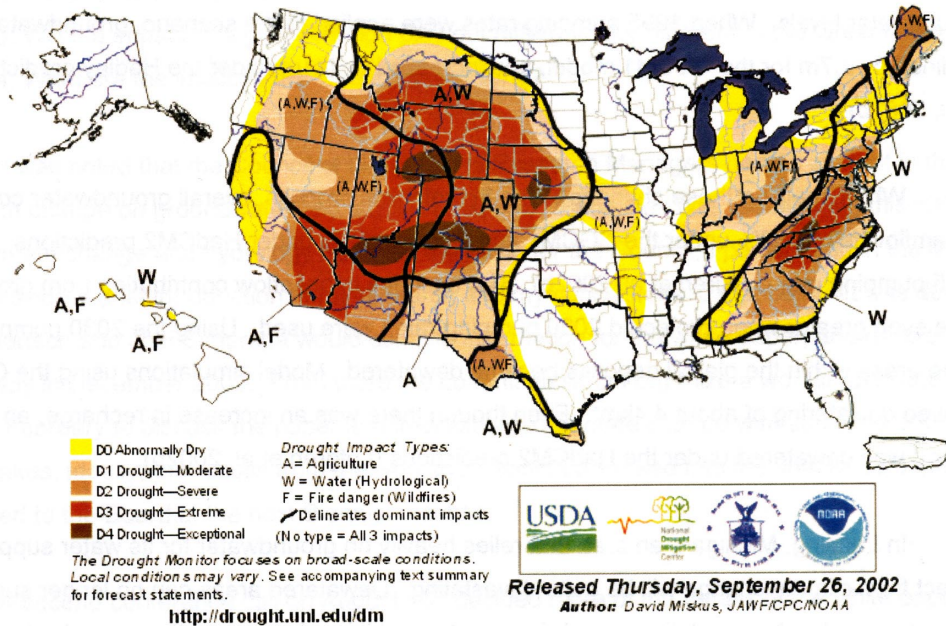


FIGURE 3
Sécheresse aux États-Unis le 24 septembre 2002, après un été de faibles précipitations et de températures extrêmement élevées

4.3

l'écoulement de l'eau et une réduction du débit des cours d'eau; tous ces facteurs contribueront à la réduction de l'alimentation en eau souterraine. On s'attend à ce que des conditions météorologiques exceptionnelles, comme des orages, des tornades et des inondations, surviennent de plus en plus souvent (Prowse *et al.*). De plus, l'activité humaine accélère la cadence à laquelle ces changements se produisent. L'augmentation de la température et de l'évaporation aura pour effet d'accroître la nécessité d'arroser le sol et les gazons secs. Des étés plus chauds entraîneront une hausse de la demande en électricité pour la climatisation. Par conséquent, une plus grande quantité d'eau sera utilisée aux fins du refroidissement, ce qui taxera encore davantage les ressources en eau souterraine, qui seront déjà à la baisse. On s'attend à ce que les besoins en eau au cours de l'été augmentent de 5 p. 100 (Environnement Canada, 1995).

L'évaporation accrue de l'eau aura pour effet de réduire la quantité d'eau qui s'infiltre dans le sol et qui se rend à la nappe d'eau. L'augmentation de deux degrés de la température dans la région des lacs expérimentaux, au nord des Grands Lacs (passant de 14 à 16 degrés Celsius), a mené à une augmentation de 30 p. 100 du taux d'évaporation (Schindler, 2001). Dans les Grands Lacs situés au sud, on s'attend à ce que la hausse du taux d'évaporation de l'eau se traduise en un sol plus sec, réduisant donc l'écoulement de l'eau et l'alimentation de la nappe souterraine (Environnement Canada, 1995). La réduction prévue de l'écoulement rendrait le débit de la nappe d'eau un élément encore plus important du débit des cours d'eau.

Par ailleurs, on s'attend à ce que l'alimentation de la nappe d'eau souterraine augmente à certaines périodes de l'année. Les hausses de température auraient pour effet de faire avancer la fonte des neiges, ce qui signifie que l'alimenta-

tion de la nappe d'eau se ferait plus tôt au printemps. Le sol gèlerait probablement plus tard, permettant à la pluie d'hiver de pénétrer dans le sol et d'alimenter les nappes d'eau souterraines. L'alimentation se ferait alors plus tôt au printemps et plus tard en hiver, ce qui pourrait compenser pour la diminution de l'alimentation en été et ramener à un niveau normal les nappes d'eau souterraine. Cependant, en raison de l'augmentation de l'utilisation de l'eau et du taux d'évaporation accru, en été, il pourrait être trop tard pour ramener les niveaux d'eau à leur point initial.

La majorité des modèles de circulation générale et des modèles régionaux du climat prévoient l'augmentation du nombre de violentes tempêtes et de conditions météorologiques exceptionnelles, peut-être avec un accroissement des précipitations. Ce n'est pas de bonne augure pour la recharge des eaux souterraines, parce que la majorité de l'eau s'écoulera probablement directement dans les cours d'eau de surface au lieu de recharger les aquifères. L'infiltration ne peut se produire qu'à un rythme établi. Si l'eau de pluie ne peut pas être complètement absorbée, elle s'écoulera en grande partie, augmentant ainsi les risques d'inondation (Convention-cadre des Nations-Unies sur les changements climatiques, 2002).

En outre, on s'attend à ce que les sécheresses soient de plus en plus fréquentes, ce qui pourrait également contribuer à la pénurie d'eau souterraine. Au cours des deux dernières années, l'Amérique du Nord a reçu des précipitations inférieures à la moyenne, ce qui a entraîné des périodes de sécheresse extrême dans certaines parties du continent. Comme le démontre la Figure 3, la sécheresse dans le secteur des Grands Lacs n'a pas eu d'effets aussi dévastateurs que dans d'autres régions, mais le manque de précipitations et les températures extrêmement élevées enregistrées au

cours de l'été 2002 ont forcé les municipalités à imposer des restrictions sur l'utilisation de l'eau dans la plupart des communautés, par souci d'économie de l'eau. Au cours de périodes de sécheresse, le sol est tellement sec qu'il devient hydrophobe et absorbe difficilement l'eau. Si la fréquence ou l'intensité des périodes de sécheresse augmente, comme on peut le prévoir compte tenu des changements climatiques, on remarquera une réduction de l'alimentation de la nappe souterraine et une baisse des niveaux d'eau souterraine.

La qualité de l'eau souterraine peut être affectée par les faibles précipitations et l'alimentation lente. La pluie intense risque davantage de transporter les contaminants dans les sources d'eau de surface, sous forme d'écoulement superficiel, plutôt que d'être filtrée lentement dans la nappe d'eau. Cependant, si la consommation d'eau augmente et que l'alimentation des nappes d'eau baisse, la quantité d'eau souterraine dans les aquifères diminuera, ce qui aura pour effet d'accroître la concentration de contaminants qui pourrions s'y trouver. Puisque nous ne connaissons pas les fluctuations des précipitations, il est encore impossible de déterminer si les changements climatiques auront un impact important sur la contamination des eaux souterraines (Adams et Gleick, 2000).

Les répercussions des changements climatiques sur les ressources d'eau souterraine dans le secteur de Lansing, au Michigan, ont été évaluées par la National Oceanic and Atmospheric Administration et le Great Lakes Environmental Research Laboratory, des États-Unis, à l'aide du modèle Hadley et du modèle canadien. Un agencement entre un modèle d'évaporation de lac et un modèle d'écoulement a servi à évaluer l'écoulement fluvial, qui a par la suite été utilisé à l'intérieur d'un modèle d'écoulement des eaux souterraines. Les erreurs commises dans le cadre d'un tel processus sont amplifiées, parce que les résultats de chaque modèle sont utilisés dans les modèles subséquents.

Le modèle canadien prévoit la réduction du niveau d'eau souterraine dans l'aquifère de Saginaw, ce qui mènerait à une baisse de 19,7 p. 100 de l'écoulement de base dans les cours d'eau en 2030 (Lofgren *et al.*, 2002b). Par contre, les estimations fondées sur le modèle Hadley prévoient une augmentation des niveaux d'eau souterraine et une hausse de 4,1 p. 100 de l'écoulement de base. Lorsque les taux de pompage de 1995 étaient appliqués à cette situation, les niveaux d'eau souterraine baissaient de 2,7 mètres selon le modèle canadien, et augmentaient de 0,1 mètre selon le modèle Hadley (Lofgren *et al.*, 2002b).

En appliquant ces changements au processus hydrologique, on a constaté que la contribution globale des eaux souterraines à l'écoulement fluvial baisserait de 32 p. 100 selon le modèle canadien, et de 6 p. 100 selon le modèle Hadley, sur la base des taux de pompage enregistrés en 1995 (Lofgren *et al.*, 2002b). Ces changements de l'alimentation en eau souterraine de base étaient encore plus importants d'après les prédictions sur le taux de pompage pour 2030. À la lumière de ces prédictions, le modèle canadien prévoyait que certains secteurs comportant des sédiments glaciaires

seraient asséchés. Des simulations effectuées à l'aide du modèle canadien ont révélé un assèchement sur une superficie d'environ 4,4 km² dans le bassin hydrographique. Bien que le modèle Hadley anticipait une augmentation de l'alimentation en eau, il prévoyait tout de même un assèchement sur une superficie d'environ 0,5 km² (Lofgren *et al.*, 2002b).

La réduction de l'alimentation de base des cours d'eau découlant des changements climatiques aura d'importantes répercussions sur les espèces dépendant des eaux souterraines, comme l'omble de fontaine, certaines espèces de salamandres sans poumons et d'autres plantes et animaux. L'omble de fontaine a besoin de la remontée d'eau souterraine pour frayer et pour que les alevins grossissent et éclosent, tandis que la salamandre a besoin des eaux souterraine d'infiltration souterraines pour compléter leur cycle de vie. Sans l'évacuation d'eau souterraine, l'équilibre des communautés halieutiques où vivent l'omble de fontaine et la salamandre sans poumons sera modifié de façon dramatique. Les secteurs qui ont grandement recours à l'eau souterraine pour leur alimentation en eau pourraient être grandement touchés par les changements climatiques. Les régions asséchées ne peuvent plus retirer d'eau des puits domestiques. Avec l'accroissement prévu de la population, la demande en eau souterraine sera plus grande, ce qui viendra s'ajouter aux répercussions des changements climatiques. On peut donc s'attendre à des niveaux d'eau souterraine encore plus réduits ainsi qu'à la présence d'importantes zones asséchées.

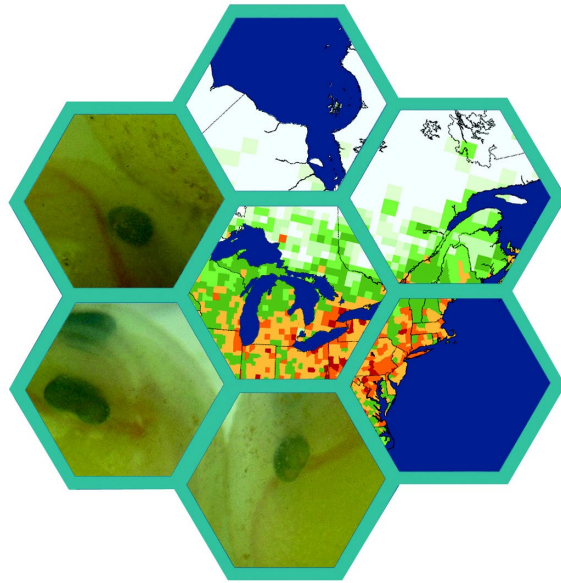
4.3.6 Recommandations

Le CDRGL fait les recommandations suivantes à la CMI :

- que le financement disponible soit orienté vers les secteurs d'activités suivants, en ce qui touche les répercussions des changements climatiques sur l'approvisionnement en eau souterraine dans le bassin des Grands Lacs :
1. examen des données historiques en vue de déterminer l'impact des changements climatiques sur la quantité d'eau souterraine et sa qualité, d'établir les liens entre l'eau souterraine et la répartition des espèces est des communautés aquatiques, de comprendre la variabilité temporelle et spatiale et d'évaluer les répercussions des changements relatifs à la surface des terres sur l'alimentation de la nappe souterraine;
 2. amélioration des modèles régionaux du climat en vue de les rendre plus précis à une plus petite échelle, de façon à établir les liens entre les eaux souterraines et l'écoulement souterrain aux échelles visées;
 3. maintien ou intensification des activités régionales et nationales d'examen des données hydrologiques; évaluation de l'étendue des aquifères, de la disponibilité des eaux souterraines et des répercussions des changements climatiques sur l'alimentation de la nappe souterraine et sur l'évapotranspiration.

- Adams, D.B., et P.M. Gleick. 2000. *Potential consequences of climate variability and change for the water resources of the United States*, dans le site *Potential consequences of climate variability and change*. <http://www.pacinst.org/naw.html>
- Alaee, M. 2002. *Les produits ignifugeants : une menace pour l'environnement?* Institut national de recherche sur les eaux. http://www.inre.ca/sande/may_jun_2002-2-f.html.
- Bates, G.T., F. Giorgi, L. Mearns et S.W. Hostetler. 2002. *Coupled atmosphere-lake model developed for Great Lakes regional climate simulations*, National Oceanic and Atmosphere Association. Consulté le 20 juin 2002 à l'adresse suivante : <http://www.ncdc.noaa.gov/oa/ncdc.html>.
- Betts, K.S. 2001. *Rapidly rising PBDE levels in North America.*, *Science News*. Consulté le 7 décembre 2001 à l'adresse suivante : <http://pubs.acs.org>.
- Centre canadien de la modélisation et de l'analyse climatique. 2002. *Modèle couplé de circulation générale de seconde génération du CcmaC (MCCG2)*, consulté à partir de la page principale du CCMAC, à l'adresse suivante : http://www.cccma.bc.ec.gc.ca/french/fre_index.shtml.
- Croley, T.E. II et C.L. Luukkonen. 2002. *Potential climate change impacts on Lansing, Michigan groundwater*. Document non publié.
- Dadds, J. 2001. *Levy on bottled water companies debated*. <http://www.therecord.com>
- de Boer, J., P.G. Wester, H.J. Klamer, W.E. Lewis et J. P. Boon. 1998. *Do flame retardants threaten ocean life?* « *Nature* », 394 (6688), 28-9 1998.
- Ducks Unlimited. 2002. *DU granted party status at Walkerton Inquiry*. <http://www.ducks.ca/home/walkrton.html>
- Earthroots. 2002. *The Earthroots campaign to protect the Oak Ridges Moraine*. <http://www.oakridgesmoraine.com>
- Environnement Canada. 2002. *L'eau – Sa qualité*. Page revue le 6 juin 2002. http://www.ec.gc.ca/water/fr/info/pubs/primer/f_prim04.htm
- Environnement Canada. 1995. *Climate change impacts: an Ontario perspective*. Par le Groupe de la recherche sur l'adaptation environnementale et le Collectif sur les transports et les changements climatiques. <http://phs.wrdsb.on.ca/library/lgceoaic.htm>
- Guy, A. 2002. *Michigan considers Perrier*. <http://www.glu.org/publications/Newsletters/Spring%202001/Michigan%20considers%20Perrier.htm>
- Gilbert, R. 2002. *Michigan citizen group challenges Perrier water permits*. <http://www.glu.org/publications/Newsletters/Fall%202002/Perrier.html>
- Centre des vols spatiaux Goddard. 2002. *NASA Satellite Confirms Urban Heat Islands Increase Rainfall Around Cities*. Consulté le 23 juin 2002 à l'adresse suivante : <http://www.spaceref.com/news/viewpr.html?pid=8683>.
- Gouvernement du Canada et U.S. EPA. 1995. *Les changements climatiques et les Grands Lacs*, tiré de la page principale de l'« Atlas écologique et manuel des ressources – Les Grands Lacs », troisième édition. <http://r.searchhippo.com/r3.php?i=9&q=qreat-lakes-atlas&u=http%3A%2F%2Fwww.epa.gov%2Fglnpo%2Fatl%2Fintro.html>
- Goyette, S., N.A. McFarlane et G.M. Flato. 2000. *Application of the Canadian Regional Climate Model to the Laurentian Great Lakes Region: Implementation of a Lake Model*. « *Atmosphere-Ocean* » 38 (3) : 481-503.
- GRCA. 1998. *Fisberies Management Plan*. Obtenu au « Water Forum », septembre 2002.
- GRCA. 2002. *Grand River Conservation Authority Wetlands Policy*. <http://www.grandriver.ca/index/document.cfm?Sec=20&Sub1=0&sub2=0>
- Grannemann, N.G., R.J. Hunt, J.R. Nicholas, T.E. Reilly et T.C. Winter. 2000. *The importance of ground water in the Great Lakes Region*. « U.S. Geological Survey Water-Resources Investigations Report » 00-4008, 13 p.
- Greenland International Consulting. 2002. http://www.grnland.com/Contacts_Staff/address_contact.htm

- Hadley Centre. 2001. *The Hadley Centre Regional Climate Modeling System*. Consulté à l'adresse <http://www.meto.govt.uk/research/hadleycentre/pubs/brochures/B2001/precis.pdf>, ou à partir de la page principale située à l'adresse <http://www.meto.govt.uk/index.html>
- Hadley Centre. 2002a. *HadCM2*. Consulté à l'adresse <http://www.meto.govt.uk/research/hadleycentre/models/HadCM2.html>, ou à partir de la page principale du United Kingdom MET Office, à l'adresse <http://www.meto.govt.uk/index.html>.
- Commission mixte internationale. 1993. *Groundwater Contamination in the Great Lakes Basin: A Summary Report*, Windsor (Ontario), 37 p.
- Kolpin, D.W., E.T. Furlong, M.T. Meyer, E.M. Thurman, S.D. Zaugg, L.B. Barber et H.T. Buxton. 2002. *Pharmaceuticals, Hormones, and Other organic Wastewater Contaminants in U.S. Streams, 1999-2000: A National Reconnaissance*. « Environ. Sci Technol. » 36 (6) : 1202-1211.
- Kunkel, K.E., N.E. Westcott et D.A.R. Kristovich. 2002. *Climate Change and Lake-effect Snow. Illinois State Water Survey, Champaign, Illinois. Great Lakes Regional Climate Change*. <http://www.geo.msu.edu/glra/>.
- Legates, D.R.. 2000. *Climate Models and the National Assessment*. <http://www.marshall.org/article.php?id=71>
- Lofgren, B.R., F.H. Quinn, A.H. Clites et R.A. Assel. 2002a. *Impacts, Challenges and Opportunities, Chapter 4: Great Lakes Resources*. Consulté le 30 mai 2002 à l'adresse suivante : <http://www.geo.msu.edu/glra/assessment/assessment.html>. Tiré du rapport intitulé *Preparing for a changing climate: the potential consequences of climatic variability and change*.
- Lofgren, B.R., F.H. Quinn, A.H. Clites et R.A. Assel. 2002b. *Evaluation of potential impacts on Great Lakes water resources based on climate scenarios of two GCMs*. Document non publié.
- Milwaukee Journal Sentinel. 2002. *Some want ban of PBDE chemical*. <http://www.jsonline.com/alive/ap/jan02/ap-new-pollutant012902.asp>.
- Our Environment. 2002. *What Comes with the Turf*. <http://www.ourenvironmentweb.org/golf.html>.
- Prowse, T.D., J.M. Buttle, P.J. Dillon, M.C. English, P. Marsh, J.P. Smol et F.J. Wrona. *Impacts of Dams/Diversions and Climate Change*, p. 69-72.
- Schindler, D.W. 2001. *The cumulative effects of climate warming and other human stresses on Canadian freshwaters in the new millennium*. « Journal canadien des sciences halieutiques et aquatiques » 58 : 18-29.
- Schubert, C. 2001. *Our bodies are accumulating chemicals from sofas, computers, and television sets*. « Science News », 160 (15) 238. <http://www.sciencenews.org/20011013/bob18.asp>.
- Singer, S., T. Cheng, M. Scafe, K. Sherman, G. Shiekh et W. Zaia. 1999. *The groundwater Resources of the Severn Sound Remedial Action Plan Area*. Ministère de l'Environnement de l'Ontario.
- Solely, W.B., R.R. Pierce et H.A. Perlman. 1998. *Estimated use of water in the United States in 1995*. Circulaire 1200 du U.S. Geological Survey, 71 p.
- University of Chicago. 2001. *Lab 7: Hadley Centre Dynamic Model of Global Warming*. Consulté à l'adresse <http://geosci.uchicago.edu/~archer/PS134/LabManual/lab.hadley.html>. Page principale du cours *PS 134, Global Warming, Understanding the Forecast*, consulter <http://geosci.uchicago.edu/~archer/PS134>.
- United Nations Framework Convention on Climate Change. 2002. <http://unfccc.int/resource/iuekit/fact13.html>. « Climate Change Information Kit, Information Sheet 13, Water Resources ».
- U.S. Drought Monitor. 2002. *Drought Monitor Map*, 24 septembre 2002. <http://www.drought.unl.edu/dm/archive/2002/drmon0924.htm>.
- Watershed Protection Techniques*. 1998. Consulté à l'adresse <http://www.epa.gov> — Center for Watershed Protection, *Quarterly Bulletin on Urban Watershed Restoration and Protection Tools*. Revised June 11, 1998.
- Wilson, T. 1998. *Comments on Mining Groundwater Rules Revisions. In Agriculture and Environmental Resources*. Le mercredi 11 février 1998. <http://my.execpc.com/~nthunder/Leghearingonminingandgroundwater.html>.
- Wisconsin DNR. 2002. *What is the Crandon Mine?* Dernière mise à jour le 22 juillet 2002. <http://www.dnr.state.wi.us/org/es/science/crandon/review/groundwater.htm>
- Wisconsin Department of Natural Resources. 1997. *Protecting Groundwater at Mining Sites*. <http://www.dnr.state.wi.us/org/aw/wm/mining/metallic/infosheets.htm>.



*Priorités
2001-2003
Chapitre 5*

NOUVEAUX ENJEUX TOUCHANT LES GRANDS LACS AU 21^e SIÈCLE

CHAPITRE CINQ NOUVEAUX ENJEUX TOUCHANT LES GRANDS LACS AU 21^e SIÈCLE

Table des matières

Rapport du Conseil consultatif scientifique des Grands Lacs

5.1	INTRODUCTION	105
5.2	RÉUNION D'EXPERTS SUR LES NOUVEAUX ENJEUX TOUCHANT LES GRANDS LACS AU 21^e SIÈCLE	106
5.2.1	Contexte	106
5.2.2	Sujets de discussion	106
	Visualisation : les Grands Lacs en 2025	106
	Nouveaux agresseurs non chimiques	107
	Nouveaux produits chimiques	107
	Nouveaux effets	107
	Évolution de l'écologie des Grands Lacs	108
	Nouvelles politiques	108
5.2.3	Difficultés à venir	108
5.2.4	Constatations	109
5.2.5	Recommandations	111

5.1 INTRODUCTION

Le mandat du Conseil consultatif scientifique des Grands Lacs (CCSGL) s'étend également aux aspects scientifiques des « nouveaux enjeux », ce qui comprend les questions nouvellement incluses dans les politiques gouvernementales ainsi que les questions qui y sont déjà mais dont le fond, la portée ou l'importance ont changé. Le point central de cette activité prioritaire pour la période bisannuelle de 2001-2003 était la tenue d'une réunion d'experts, en collaboration avec d'autres groupes de la CMI mis sur pied dans le cadre de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs (soit le Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs, le Conseil des directeurs de recherche des Grands Lacs et le Conseil consultatif international sur la qualité de l'air, Environnement Canada, la U.S. Environmental Protection Agency et la Johnson Foundation). Voici quelques-uns des objectifs : définition des questions importantes, en vertu de l'Accord relatif à la qualité dans les Grands Lacs, pour les 25 prochaines années; tenue de discours binationaux entre d'éminents scientifiques canadiens et américains; élaboration d'initiatives précises pour veiller à ce que des progrès soient réalisés dans le cadre de

À cette fin, plusieurs recommandations obligatoires ont été formulées. Le respect de ces recommandations est primordial pour la mise en application, selon une démarche scientifique, de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs. Celui-ci doit faire l'objet d'un examen complet et être modifié de façon à refléter la vision actuelle en matière d'objectifs, de priorités et d'ententes organisationnelles.

l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs. Voici quelques-uns des sujets de discussion traités : nouveaux agresseurs non chimiques; nouveaux produits chimiques; nouveaux effets; évolution de l'écologie des Grands lacs; nouvelles politiques.

L'un des points tournants de la réunion d'experts était la reconnaissance des dimensions des nouveaux enjeux, des points de vue organisationnel et politique. On a documenté les besoins de recherche, de supervision et d'analyse de données liés à l'identification des nouveaux enjeux, mais on a remarqué que les exercices scientifiques ne peuvent être efficaces que lorsqu'ils sont menés dans le cadre d'ententes organisationnelles favorisant leur application dans le processus décisionnel. **À cette fin, plusieurs recommandations obligatoires ont été formulées. Le respect de ces recommandations est primordial pour la mise en application, selon une démarche scientifique, de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs. Celui-ci doit faire l'objet d'un examen complet et être modifié de façon à refléter la vision actuelle en matière d'objectifs, de priorités et d'ententes organisationnelles.**

Pour assurer la mise en application de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs, il faut un plus grand degré de responsabilisation, des points de repère pour mesurer les progrès réalisés et un calendrier de mise en oeuvre ambitieux, qui reflète l'urgence des efforts de restauration et de protection de l'écosystème du bassin des Grands Lacs. De plus, il faut également établir un système scientifique binational d'aide à la prise de décisions, comportant des composants obligatoires de surveillance et de gestion de l'information. Il faut également des mécanismes organisationnels nouveaux ou révisés qui permettront de concrétiser la notion d'une « approche fondée sur les écosystèmes » à l'égard de la qualité de l'eau, par l'intégration des responsabilités de régie de l'air, du sol et de l'eau à tous les paliers de gouvernement pertinents.

5.2.1 Contexte

Dans son rapport sur les priorités pour 1999-2001, le Conseil consultatif scientifique des Grands Lacs recommandait que la CMI appuie une initiative précise à l'égard des nouveaux enjeux, en vue de mettre la priorité sur l'identification et l'examen détaillé des nouveaux enjeux. Les priorités biennales approuvées par la CMI pour 2001-2003 comprennent des dispositions pour la tenue d'une réunion à cet égard. Le grand intérêt manifesté par d'autres groupes consultatifs de la CMI a mené à des efforts conjoints de planification de la part du Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs, du Conseil consultatif international sur la qualité de l'air et du Conseil des directeurs de recherche des Grands Lacs. Ces conseils consultatifs de la CMI se sont par la suite joints à Environnement Canada, au U.S. EPA et à la Johnson Foundation et ont convoqué une réunion d'experts tenue à Wingspread, du 5 au 7 février 2003. Le comité de planification a fixé trois principaux objectifs à atteindre dans le cadre du processus de consultation :

- mener un exercice de cadrage en vue de délimiter les principaux enjeux des Grands Lacs pour les 25 prochaines années, dans le cadre du rôle consultatif des conseils de la CMI;
- faciliter la tenue d'un discours binational interdisciplinaire entre d'éminents scientifiques et les responsables des politiques;
- déceler les initiatives qui offrent les meilleures possibilités de progrès dans le cadre de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs.

La formule choisie pour la réunion d'experts a été conçue attentivement de façon à optimiser les discussions et l'interaction entre les participants. Une série de six thèmes ont été choisis pour explorer une gamme d'enjeux et de problèmes qui toucheront les Grands Lacs dans l'avenir. Les présentations liées à chacun des thèmes ont été délibérément limitées à 30 minutes au total, pour qu'il reste suffisamment de temps pour les discussions, qui ont été dirigées par un animateur professionnel.

Les locaux de Wingspread ont été très propices à la tenue de discussions formelles et informelles et ont permis aux participants de mettre de côté plus aisément tout préjugé découlant de leur vie quotidienne. Les participants ont été choisis avec soin, de façon à obtenir un groupe ayant de l'expérience et des connaissances diversifiées. Le groupe comprenait des scientifiques et des décideurs provenant d'organismes fédéraux, d'universités, de l'industrie et de firmes de consultants, de même que des personnes intéressées provenant de l'intérieur ou de l'extérieur du bassin des Grands Lacs.

Les comptes rendus intégraux de la réunion d'experts seront publiés dans un journal qui sera soumis à un examen par des pairs au moment opportun.

5.2.2 Sujets de discussion

Visualisation : les Grands Lacs en 2025

Il y a de nombreuses façons d'élaborer une vision pour l'avenir et de créer une atmosphère favorisant le partage d'idées nouvelles au cours des ateliers. À la séance inaugurale de la réunion, on a utilisé la métaphore de « recul post-industrialisation des glaciers » pour refléter l'impact de la philosophie et du développement urbain contemporain qui relie le milieu bâti à l'environnement naturel des villes d'Amérique du Nord. L'abandon de sites industriels riverains offre une occasion exceptionnelle d'aménager des espaces naturels et des installations connexes, souvent en plein cœur d'une zone urbaine. Ce type de mesure est appuyé par d'autres concepts connexes, comme des principes de conception et de construction écologiques qui, ensemble, représentent un nouveau paradigme de développement urbain qui aura d'importantes répercussions positives sur les villes des Grands Lacs au cours des 25 prochaines années, et plus longtemps encore.

Pour qu'une plus grande coexistence de la ville et de la nature soit bénéfique en termes de maintien et de restauration de l'intégrité des eaux des Grands Lacs, il sera primordial d'intégrer les objectifs liés aux Grands Lacs dans un cadre intergouvernemental tenant compte de l'écosystème du bassin des Grands Lacs dans le processus décisionnel, à tous les paliers de gouvernement.

Cependant, pour assurer la viabilité des mesures coûteuses de restauration en zone urbaine, il faudra pouvoir compter sur de nouveaux investissements dans la recherche en sciences aquatiques, de façon à mieux comprendre la dynamique de l'écosystème. En termes d'impact du développement, il serait souhaitable d'accorder une attention particulière, au cours des recherches, aux effets de l'imperméabilité, du point de vue de la fragmentation de l'habitat et de l'accroissement de l'écoulement. Il faudrait également sensibiliser davantage les dirigeants politiques pour qu'ils comprennent que les sections riveraines ne sont pas simplement valables du point de vue esthétique, mais qu'il s'agit d'un environnement caractérisé par une grande biodiversité, comportant des exigences fondamentales en matière d'entretien et de santé.

Nouveaux produits chimiques

Au cours des dernières décennies, on a réalisé d'importants progrès en vue de réduire ou d'éliminer les émissions de polluants critiques dont il est question dans l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs, ainsi que pour réduire leur présence dans l'écosystème. Bien que ces tendances soient encourageantes, d'autres catégories de produits chimiques deviennent des polluants potentiels pour le bassin. L'inventaires des produits et composés chimiques des États-Unis regroupe environ 80 000 substances, tandis que celui du Canada en compte 25 000. La majorité de ces substances n'ont pas encore été évaluées en termes de risques pour la

santé humaine et pour l'environnement, et elles pourraient se retrouver en très faibles concentrations dans le milieu et dans la biote. Il existe actuellement deux principales activités liées à l'identification des nouveaux produits chimiques pertinents : la tenue d'inventaires des émissions et l'évaluation de substances à l'aide de modèles fondés sur les Relations quantitatives entre la structure et l'activité.

Les recherches continues sur la faune aquatique et terrestre et la surveillance du milieu ambiant ont été des moyens efficaces de déceler de nouvelles catégories de produits chimiques dans les Grands Lacs, comme les éthers diphenyliques polybromés, les perfluorsulfonates et les carboxylates, les alcanes et les naphthalènes chlorés, divers produits pharmaceutiques et produits de soins personnels, des substances phénoliques et environ 20 types de pesticides actuellement utilisés.

Nouveaux effets

Dans le passé, la détermination des effets était largement fondée sur la combinaison de l'observation sur place et le

L'inventaires des produits et composés chimiques des États-Unis regroupe environ 80 000 substances, tandis que celui du Canada en compte 25 000. La majorité de ces substances n'ont pas encore été évaluées en termes de risques pour la santé humaine et pour l'environnement, et elles pourraient se retrouver en très faibles concentrations dans le milieu et dans la biote.



Nouveaux agresseurs non chimiques

Les principaux agresseurs non chimiques qui ont présentement un impact sur l'écosystème du bassin des Grands Lacs – les espèces envahissantes, la variabilité du climat, l'enrichissement en éléments nutritifs, la perte d'habitat et la dynamique du réseau alimentaire – continueront d'affecter la qualité de l'eau des Grands Lacs dans l'avenir. La pertinence de ces préoccupations courantes met en évidence leur complexité et la difficulté, sur le plan scientifique, de les traiter. Par exemple, la question des espèces envahissantes n'est pas nouvelle, mais ce type d'espèces envahissent les Grands Lacs plus rapidement depuis quelques années en raison de la mondialisation et de la vulnérabilité des Grands Lacs face à ce type d'invasion. Le nombre d'espèces envahissantes connues s'élève actuellement à 162, mais on s'attend à ce que d'autres « surprises » surviennent tant et aussi longtemps que des mesures ne seront pas prises à cet égard. Cependant, le plus important agresseur non chimique est l'économie, puisque tous les agresseurs découlent de l'activité économique humaine.

En termes de science des écosystèmes, les plus importants facteurs à affecter les processus écologiques dans les Grands Lacs sont au large des côtes, en mer libre. La compréhension du lien entre les processus physiques, biologiques et chimiques est la clé de la mise en oeuvre d'un processus décisionnel scientifique, en vue d'atteindre des objectifs de gestion à long terme pour des systèmes complexes de grande envergure. L'une des plus grandes difficultés porte sur les limites imposées par les structures organisationnelles actuelles à l'égard de la mise en oeuvre de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs, ainsi que sur la mise en oeuvre d'une fonction intégrée de gestion et de supervision sur la base des objectifs de l'Accord.

jugement scientifique des gestionnaires des ressources et des biologistes. On peut observer de nouveaux effets à différents niveaux de la structure biologique, du niveau cellulaire à l'écosystème, mais la plupart de ces effets sont d'abord observés dans les organismes. Des enquêtes systématiques sont en cours à une échelle restreinte dans les Grands Lacs. Il s'agit d'enquêtes restreintes, puisqu'elles sont menées à court terme et qu'elles s'appliquent à des espèces et à des emplacements déterminés. Dans l'avenir, de nouvelles techniques, comme la toxicogénomique regroupant plusieurs disciplines – dans ce cas-ci, les Relations quantitatives entre la structure et l'activité et le potentiel de toxicologie – pour que les scientifiques acquièrent le pouvoir de prédiction en vue de prévoir les nouveaux effets de façon plus précise.

L'imposante superficie des Grands Lacs rend ceux-ci vulnérables au dépôt atmosphérique de nouveaux agresseurs chimiques, et leur grand volume, ces substances pourraient y rester longtemps.

Deux questions centrales sont ressorties des discussions sur la façon dont on peut se parer aux effets. Elles peuvent être résumées comme suit :

- Où se trouve le juste milieu entre les efforts en vue de prévoir les nouveaux effets et l'approfondissement des connaissances et de la compréhension des effets déjà connus?
- Quel type d'engagement scientifique et de programme devra-t-on établir pour veiller à ce que les deux pays fassent preuve de diligence au cours de l'identification d'éventuels nouveaux effets dans le cadre de leur objectif global de protection des Grands Lacs?

Évolution de l'écologie des Grands Lacs

Les écosystèmes résistent généralement aux changements à la suite de perturbations externes, ce qu'on appelle l'homéostasie. Cependant, les Grands Lacs ont subi d'importants changements écologiques au cours des 200 ans d'exploitation humaine dans le bassin, et aujourd'hui, les scientifiques en sont venus à « prévoir l'imprévisible ». La croissance de la population et ses répercussions ont mené à une grande augmentation du type et de l'ampleur des agresseurs, comme : charges d'éléments nutritifs, charges de sédiments, charges de produits chimiques synthétiques, destruction des zones humides, nouveaux microbes, modification des régimes thermiques, arrivée d'espèces exotiques, pratiques d'empoisonnement et de pêche, et retrait et détournement de l'eau. Bien que ces agresseurs aient eu un certain impact initial, la réduction de leur sévérité pourrait expliquer les conditions de restauration qui semblent avoir préséance dans les Lacs.

Malgré la restauration remarquable, l'écosystème du bassin des Grands Lacs a évolué bien au-delà de son état naturel d'auparavant. Si l'on accepte le fait que les Grands Lacs ne reviendront jamais au point où ils étaient avant l'industrialisation, quelle condition est maintenant atteignable ou

acceptable? Comment l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs protégera-t-il ou maintiendra-t-il l'intégrité biologique visée, si l'on néglige de définir la condition visée? Pour répondre à ces questions, les États-Unis et le Canada doivent avoir une vision partagée des Grands Lacs, et cette vision doit être appuyée par des objectifs de gestion à long terme. Par exemple, on pourrait établir des démarches binationales intégrées de gestion de la qualité de l'eau, répondant à des exigences de base (comme les éléments nutritifs, les contaminants et l'utilisation du sol), en vue d'adopter intégralement la démarche fondée sur les écosystèmes décrite dans l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs de 1978. Par exemple, on pourrait viser, comme objectif de gestion à long terme, la restitution des prédateurs de niveau trophique supérieur, à titre d'indicateur principal de la viabilité.

Nouvelles politiques

Depuis l'entrée en vigueur de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs de 1972, l'établissement des politiques a été fondé sur trois démarches itératives : les années 1970 ont marqué l'adoption de la réglementation, les années 1980 ont marqué l'introduction de la notion de prévention de la pollution, et les années 1990 ont été caractérisées par l'intégration des décisions économiques et environnementales ainsi que par l'établissement de protocoles globaux. Depuis la fin des années 1990, l'émergence du principe de prudence a entraîné l'adoption d'une nouvelle démarche visant à traiter des cas où les décisions ne peuvent pas être fondées sur des notions scientifiques.

Une plus grande collaboration entre le Canada et les États-Unis serait salubre dans plusieurs domaines; c'est pourquoi la région des Grands Lacs doit devenir le chef de file à ce chapitre. Voici quelques-unes des plus importantes politiques : politique agricole axée sur l'usage du fumier et le contrôle des pesticides; gestion des espèces étrangères envahissantes; contrôle amélioré des éléments nutritifs; émission de produits chimiques; restauration du paysage. Mais malgré cette liste, et malgré l'importance grandissante des politiques multilatérales globales touchant les Grands Lacs, il n'existe pas de mécanisme institutionnel à l'égard de l'élaboration de politiques ou la conclusion d'ententes qui soit efficace à l'échelle binationale pour traiter des politiques à établir pour les Grands Lacs.

5.2.3 Difficultés à venir

Un fait intéressant est ressorti des discussions : aucune menace entièrement nouvelle pour les Grands Lacs n'a été décelée. C'est peut-être dû à la présence de mécanismes à jour pour identifier efficacement les nouvelles menaces et au fait que les problèmes à venir dans les Grands Lacs seront le prolongement ou la permutation de problèmes déjà connus, ce qui peut être principalement expliqué par notre incapacité, à l'heure actuelle ou dans le passé, de régler ces problèmes efficacement.

Bien que ces sujets ne soient pas nouveaux, ils ont évolué de façon intéressante et sont devenus d'importants éléments à prendre en considération pour l'avenir. La liste des contaminants dans les Grands Lacs est dynamique, ce qui n'est pas seulement le cas pour la liste des polluants critiques établie par la CMI ou les substances de niveau I et II énumérées dans la Stratégie binationale relative aux toxiques des Grands Lacs (Canada et États-Unis, 1997). Les chercheurs ont découvert plusieurs nouvelles catégories de produits chimiques présents et subsistant dans les Grands Lacs. Les produits chimiques dans l'environnement évoluent au même rythme que le commerce. On s'attend à continuer de découvrir de nouveaux produits chimiques dans les Grands Lacs. Les deux parties ont mis sur pied des programmes visant à découvrir les nouvelles substances qui pourraient être libérées dans l'environnement et qui, seules ou en combinaison avec d'autres substances, comportent des propriétés qui les rendent persistantes, bioaccumulatrices ou toxiques.

Les produits chimiques actuels ainsi que les nouveaux produits chimiques décelés pourraient être nuisibles à la santé des poissons, de la faune et même des humains. Les chercheurs rapportent que de nombreux produits chimiques autrefois associés à une mortalité accrue et à l'extirpation de la population ont maintenant des effets subtils, non mortels, qui sont insidieux et difficiles à évaluer. Par exemple, de nombreux composés peuvent porter atteinte au système endocrinien, nuisant au développement, à la reproduction et à la croissance de certaines espèces. Fait encore plus déconcertant, la majorité de ces effets ne découlent pas d'une relation linéaire dose-effet, de sorte que la réduction de la concentration de produits chimiques actuels ne se traduit pas toujours par une baisse des effets néfastes. Au contraire, on a observé dans certains cas l'émergence d'un nouveau résultat, qui était auparavant masqué par la présence d'effets plus marqués découlant de plus fortes concentrations de produits chimiques.

L'apport d'azote et de phosphore aux sources ponctuelles est réglementé depuis plusieurs décennies, mais l'apport d'éléments nutritifs aux sources non ponctuelles entraîne toujours la présence de concentrations trop élevées dans l'eau ambiante. Les principales sources non ponctuelles proviennent de l'activité agricole (culture et élevage). L'écoulement ainsi que le traitement et l'élimination du fumier animal ne sont pas réglementés et contrôlés efficacement. De plus, on ne connaît pas en profondeur le cycle des éléments nutritifs, comme en témoignent les nombreux cas d'hypoxie observés récemment dans le bassin central du lac Érié.

La majorité des scientifiques partagent la même préoccupation : les changements climatiques causés par l'activité humaine ont une incidence sur les caractéristiques chimiques, biologiques et physiques des Grands Lacs. On prévoit que, dans l'avenir, les changements climatiques affecteront les niveaux d'eau des Grands Lacs. Un autre effet important à souligner est l'impact du réchauffement climatique sur la structure de la communauté biologique. Les changements

liés aux assemblages de poissons prédateurs ou d'algues auront également des répercussions sur d'autres niveaux trophiques à partir de la cime ou de la souche de la chaîne alimentaire. Finalement, le réchauffement des Grands Lacs aura pour effet d'accroître l'évaporation des composés semi-volatils contenus dans la colonne d'eau, ce qui accélérera le taux de lessivage des produits chimiques, passant des dépôts de sédiments aux colonnes d'eau.

Le contrôle des espèces exotiques introduites dans l'écosystème des Grands Lacs constitue, aujourd'hui et toujours, un problème majeur pour les gestionnaires des ressources et les collectivités des Grands Lacs. Les efforts déployés pour prévenir l'arrivée d'autres espèces n'ont pas porté fruit, cependant, puisque le taux actuel d'introduction des nouvelles espèces est d'environ deux espèces par année.

L'arrivée d'espèces exotiques entraîne souvent des changements à la structure de la communauté biologique ainsi qu'à l'ensemble du réseau alimentaire. Ces changements déstabilisent l'écosystème dans son ensemble. Dans certains cas, il est impossible d'établir clairement la cause des changements, comme la baisse de la population de *Diporeia* dans l'ensemble des Grands Lacs, sauf dans le cas du lac Supérieur. De tels changements sont prévus pour l'avenir, et pourraient être dus à un ensemble d'agents troublants.

Finalement, les répercussions de l'accroissement futur de la population et de la croissance des zones urbaines dans le bassin des Grands Lacs mènera inévitablement au développement accru du secteur riverain, à l'accroissement de l'écoulement, à l'accroissement de la pollution de l'air causé par des déplacements plus longs en voiture et à la hausse des besoins énergétiques, entre autres, ce qui se traduira par une baisse de l'habitat des poissons et de la faune, ainsi que des zones humides.

Les difficultés à venir sont résumées ci-dessous. Les constatations reflètent les principales connaissances et discussions, tandis que les recommandations sont établies à la lumière d'initiatives et de démarches précises.

5.2.4 Constatations

Objectifs de restauration à long terme : Il est nécessaire d'établir des objectifs de restauration à long terme pour parvenir à rétablir et à maintenir l'intégrité chimique, physique et biologique des eaux de l'écosystème du bassin des Grands Lacs. En outre, l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs doit être revu en fonction de ces objectifs. Le rétablissement de certaines espèces indigènes devrait faire partie de ces objectifs, tout en tenant compte du fait que de nombreuses espèces indigènes devront être réintroduites dans le bassin et qu'il sera impossible de rétablir l'écosystème naturel des Grands Lacs comme il était autrefois.

Efficacité institutionnelle : Il est difficile de faire preuve d'efficacité institutionnelle – un grand nombre d'organismes

cherchent à atteindre leurs propres objectifs, sans adopter des mesures adéquates de coordination et sans établir des objectifs et des stratégies communes à long terme, préconisant des visions distinctes.

But commun et précis : Il faut se fixer un but commun et précis, en percevant le bassin des Grands Lacs comme une entité globale, que les gens acceptent de façon collective et qui est pertinente au niveau individuel. Il n'est peut-être pas possible ou pratique de mener à bien une seule vision pour les Grands Lacs, en raison de l'importance de cette vaste ressource pour une grande quantité d'usagers. La difficulté pour l'avenir sera d'établir un processus ou un forum favorisant le partage de valeurs et la prise de décisions en vue de protéger et de maintenir les grands avantages naturels qui permettent d'utiliser et d'apprécier cette ressource. Voici une question clé qu'il y aurait lieu de se poser : « Comment peut-on s'organiser pour adopter une approche fondée sur les écosystèmes? ».

Intégration accrue : Il faut favoriser une plus grande intégration pour contrer la tendance actuelle de cloisonner à outrance la science et les politiques, les politiques étant souvent élaborées très tard par rapport aux connaissances scientifiques. Le mandat et les objectifs de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs ne pourront être atteints qu'après une meilleure intégration des activités, comme dans le cas des décisions stratégiques ayant une incidence sur le

Gestion améliorée des données : Dans le cadre de l'élaboration des politiques futures, il faut pouvoir compter sur des activités améliorées de gestion des données de façon à prendre des décisions informées et à réduire l'incertitude du point de vue scientifique. Un modèle de ce genre existe à Statistique Canada, dont le rôle singulier est de fournir des données de grande qualité et d'interpréter les données pour le compte de décideurs, tout en préservant la confidentialité de l'information. Il serait considérablement utile de mettre sur pied un organisme binational chargé de recueillir, de sauvegarder et de gérer l'information de premier plan sur les Grands Lacs en vue d'appuyer les politiques et les programmes organisationnels, de même que les activités menées dans le cadre de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs.

rapport entre la terre et l'eau à l'égard de la dynamique environnement-économie.

Nouveaux programmes binationaux officiels : Il faut mettre sur pied de nouveaux programmes binationaux officiels pour favoriser l'interopérabilité par rapport au cadre institutionnel, en se fondant sur des exemples comme le Réseau de mesure des dépôts atmosphériques et la Stratégie binationale sur les produits toxiques (Canada et États-Unis, 1997).

Compétences institutionnelles accrues : Il faut pouvoir compter sur des compétences institutionnelles accrues pour coordonner et intégrer les rôles, les responsabilités et la prise de décisions, de façon à responsabiliser davantage les différents paliers de gouvernement. Dans l'avenir, l'élaboration de politiques dépendra beaucoup d'une structure d'initiatives mondiales, continentales, nationales et locales fondées sur toute une gamme de principes, d'outils, de méthodologies et de processus.

Réinvestissement majeur dans l'infrastructure scientifique : Il faut réinvestir dans l'infrastructure scientifique du bassin des Grands Lacs en vue d'améliorer la surveillance, mais d'abord et avant tout, pour acquérir la *capacité de faire des prévisions relatives à l'écosystème*. Il est actuellement impossible, à la lumière de l'information disponible, de prendre des décisions éclairées sur des aspects ayant une incidence sur la qualité de l'eau des Grands Lacs, particulièrement en raison du manque d'intégration de l'information. L'émergence de nouvelles technologies pourrait mener au développement de la capacité de faire des prévisions à l'égard de l'écosystème, par l'innovation de la surveillance ininterrompue en temps réel, à l'aide de systèmes intégrés d'observation et de surveillance. L'acquisition de ce type de capacités serait prometteuse pour les gestionnaires et les décideurs, qui pourraient ainsi aller au devant des problèmes et agir de façon réellement proactive. Pour être en mesure de percevoir les nouveaux effets, il faut *améliorer grandement les mécanismes de surveillance, de partage de l'information et de prévisions relatives à l'écosystème*. Il faut pouvoir compter sur l'accès accru aux données, une meilleure gestion des données pour l'ensemble du bassin et des *évaluations scientifiques binationales*, détaillées et applicables à l'ensemble du bassin des Grands Lacs, de façon à interpréter et à coordonner la recherche sur les effets, comprenant une approche écosystémique.

Gestion améliorée des données : Dans le cadre de l'élaboration des politiques futures, il faut pouvoir compter sur des activités améliorées de gestion des données de façon à prendre des décisions informées et à réduire l'incertitude du point de vue scientifique. Un modèle de ce genre existe à Statistique Canada, dont le rôle singulier est de fournir des données de grande qualité et d'interpréter les données pour le compte de décideurs, tout en préservant la confidentialité de l'information. Il serait considérablement utile de mettre sur pied un organisme binational chargé de recueillir, de sauvegarder et de gérer l'information de premier plan sur les

Grands Lacs en vue d'appuyer les politiques et les programmes organisationnels, de même que les activités menées dans le cadre de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs.

Nouvelles substances chimiques dangereuses : De nouvelles substances chimiques dangereuses sont actuellement décelées grâce à l'établissement de mesures de sélection à l'aide de rapports constitution-activité quantitatifs. Le recours à des inventaires d'émissions pour déceler les produits chimiques produits en grandes quantités et les progrès relatifs aux méthodes et à l'équipement d'analyse ont mené à l'amélioration des capacités d'identification des nouvelles catégories de produits chimiques contenues dans les Grands Lacs. Cependant, il faut tout de même procéder à l'évaluation du degré d'exposition et à un suivi efficace en vue d'évaluer l'impact de ces substances sur la qualité de l'eau dans les Grands Lacs. La conception de méthodes d'analyse doit être effectuée en fonction du rythme d'identification des nouvelles substances.

Renouveau urbain : Un vent de renouveau flotte sur les zones urbaines, fondé en partie sur la valeur accordée à l'eau pour donner aux régions exploitées les qualités d'un environnement naturel. L'un des principes fondamentaux de ce renouveau est la création des conditions idéales pour que l'environnement naturel se renouvelle en harmonie avec le milieu bâti. Les zones riveraines exploitées offrent une occasion idéale pour y parvenir et, surtout, pour amener la nature au cœur des villes. L'appui et l'innovation sont démontrés sur les lieux grâce à l'adoption de concepts du *design écologique*, comme les principes de *Leadership in Energy and Environmental Design*, qui pourraient mener à d'autres occasions d'élargir les principes directeurs des politiques applicables au bassin.

Trois difficultés clés liées aux politiques des Grands Lacs : Trois problèmes liés aux politiques seront de plus en plus pertinents au cours des 25 prochaines années : la *politique agricole*, qui devra être élargie au-delà des « plans de gestion des aliments nutritifs provenant des fermes », de façon à ce que le fumier soit traité d'abord et avant tout comme un déchet devant être éliminé plutôt qu'une source d'éléments nutritifs; les *eaux usées traitées*, qui devront être réutilisées et recyclées; les *considérations environnementales et politiques*, qui devront être intégrées plus efficacement dans les décisions liées aux politiques.

Stratégies de gestion fondées sur les écosystèmes : Il faut élargir les stratégies de gestion fondées sur les écosystèmes dans le cadre de la gestion des ressources, comme la pêche, pour maintenir la biodiversité dans les Grands Lacs et pour faciliter la prise de décisions sur l'utilisation du sol. Les centres d'organisation biologique, comme les aires d'investissement dans la biodiversité définies dans le cadre de la Conférence sur l'état de l'écosystème des Grands Lacs, doivent être vigoureusement protégés et maintenus. Une théorie veut que *l'écologie future des Grands Lacs pourrait être imprévisible en raison de son instabilité*, cette théorie étant fondée sur le fait scientifique qu'un organisme efficace

de gestion de l'écosystème comporte très peu de surprises. L'intégrité biologique, et la façon de l'atteindre, n'est pas scientifiquement bien définie ou comprise, mais une autre théorie veut qu'il est primordial de pouvoir compter sur des hauts paliers de gestion pour apporter de la stabilité et réglementer l'écosystème dans son ensemble. On prétend que la perte de l'intégrité biologique dans les Grands Lacs est un élément critique du manque d'intégrité et de stabilité dans l'écosystème.

Introduction d'espèces étrangères envahissantes : L'introduction dans les Grands Lacs d'espèces étrangères envahissantes nécessite le développement urgent de la science et de la technologie en vue de *trouver et traiter les voies d'accès aux lacs*, comme l'eau de ballast, et gérer les populations d'espèces indésirables. La présence d'espèces envahissantes caractérise les écosystèmes perturbés, et les environnements aquatiques accessibles, comme les Grands Lacs, sont très vulnérables. Une fois introduites, les espèces envahissantes changent à tout jamais l'écosystème et en compliquent la gestion.

5.2.5 Recommandations

Le CCSGL fait les recommandations suivantes à la CMI :

- **que les parties procèdent à un examen détaillé de l'utilisation et de l'efficacité de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs, et qu'elles obtiennent le point de vue du public, en vue de modifier considérablement le contenu de l'Accord de façon à ce qu'il reflète la vision actuelle à l'égard des objectifs, des priorités et des mesures institutionnelles liés à la qualité de l'eau. Un tel examen devrait également porter sur la possibilité d'accroître les responsabilités de mise en oeuvre et d'évaluation des progrès, dont l'établissement d'un calendrier des priorités jugées essentielles pour atteindre les principaux objectifs liés à la qualité de l'eau;**
- **que les parties mettent sur pied dans les Grands Lacs un mécanisme de prédiction de l'écosystème, sous les auspices d'une politique et d'une infrastructure binationales efficaces de surveillance, d'information et de gestion des données pour les Grands Lacs, de façon à favoriser la gestion et la prise de décisions éclairées et à accroître la responsabilité du public à l'égard du signalement des progrès réalisés;**
- **que les parties établissent un système binational intégré d'observation des Grands Lacs, qui constituerait un élément clé du réinvestissement majeur dans l'infrastructure scientifique des Grands Lacs et qui contiendrait des renseignements scientifiques de qualité pour faciliter la prise de décisions stratégiques;**

- que les parties établissent une « année internationale d'étude des Grands Lacs », dans le cadre d'un programme quinquennal spécial visant à accroître les connaissances et la compréhension de l'écosystème du bassin des Grands Lacs;
- que les parties :
 - prévoient l'établissement de mécanismes bilatéraux adéquats visant à déceler et à surveiller la présence de produits chimiques non détectés auparavant dans l'environnement;
 - élaborent et mettent en oeuvre des stratégies fondées sur les Relations quantitatives entre la structure et l'activité, de façon à contribuer à l'identification préalable des substances chimiques dangereuses;
 - intensifient leur soutien du développement et de la validation des Relations quantitatives entre la structure et l'activité, de façon à promouvoir l'utilisation efficace des ressources d'analyse chimique;
 - établissent des mécanismes d'avertissement rapides entre les chercheurs et les responsables de la réglementation en vue de limiter les atteintes possibles à la santé et à la propriété en raison de la présence de nouveaux produits chimiques;
- que les parties établissent d'autres mécanismes structurels binationaux en vue d'accroître la collaboration et la coordination bilatérales en matière de gestion de l'air, du sol et de l'eau, de façon à mettre en oeuvre une démarche entièrement fondée sur les écosystèmes pour la gestion de la qualité de l'eau, faisant appel aux administrations locales, aux gouvernements des États et de la province ainsi qu'aux gouvernements fédéraux.



*Priorités
2001-2003
Chapitre 6*

CONSEIL DE LA QUALITÉ DE L'EAU DES GRANDS LACS

Table des matières

6.1	INTRODUCTION	115
6.2	CHANGEMENTS DANS L'ÉCOSYSTÈME ET ÉPIDÉMIE DE BOTULISME DE TYPE E DANS LE LAC ÉRIÉ	116
6.2.1	Contexte	116
6.2.2	Changements dans l'écosystème du lac Érié – Constatations	116
6.2.3	Épidémie de botulisme de type E – Constatations	118
6.2.4	Conseils et recommandations du Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs	119
6.3	EXAMEN DE LA NAVIGATION DANS LE BASSIN DES GRANDS LACS	120
6.4	MEMBRES DU CONSEIL DE LA QUALITÉ DE L'EAU DANS LES GRANDS LACS – 2001-2003	121

En vertu de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs, le Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs (CQEGL) est le conseiller principal de la Commission mixte internationale (CMI) sur toutes les questions touchant la qualité de l'eau dans le bassin des Grands Lacs. En vue d'optimiser les ressources disponibles et par esprit de collaboration, la CMI établit les priorités dans le cadre d'un processus de consultation biannuel auprès du Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs, du Conseil consultatif scientifique des Grands Lacs, du Conseil consultatif international de la qualité de l'air et du Conseil des directeurs de recherche des Grands Lacs, et elle donne au public l'occasion de s'exprimer. Une fois les priorités approuvées, la CMI les confie au conseil consultatif pertinent, choisi sur la base de son mandat et de son expérience. De nombreuses priorités ouvrent la voie à la collaboration. Certaines priorités sont établies sur deux ans, d'autres sont échelonnées sur une plus longue période.

Conformément à ses responsabilités en vertu de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs, le CQEGL s'est penché sur les questions suivantes au cours du cycle biennal de 2001-2003 :

- Changements climatiques – Répercussions sur le bassin des Grands Lacs (chapitre 4)
- Annexe 2 – Plans d'actions correctrices et Plans d'aménagement panlacustres (chapitre 2)
- Changements dans l'écosystème du lac Érié (chapitre 6)
- Épidémie de botulisme de type E (chapitre 6)
- Examen de la navigation dans le bassin des Grands Lacs (chapitre 6)

Des membres individuels du CQEGL ont également mis à profit leurs compétences professionnelles au cours des activités prioritaires menées par d'autres conseils consultatifs, dont l'urbanisation et les nouveaux enjeux.

6.2.1 Contexte

En 1999, la U.S. Environmental Protection Agency (EPA) et l'Institut national de recherche sur les eaux d'Environnement Canada ont fait, séparément, deux observations perturbantes à l'égard du lac Érié : la concentration de phosphore dans la colonne d'eau s'accroissait, et la quantité d'oxygène dissous continuait de baisser au fond des eaux du bassin central. Ces tendances se sont maintenues au moins jusqu'en 2001. La disponibilité accrue du phosphore (un élément nutritif) et le potentiel de disparition d'organismes vivants en raison du manque d'oxygène menaçaient de ramener les conditions vécues à la fin des années 1960 et au début des années 1970, comme la présence de *Cladophora* ou d'autres plantes mortes et en décomposition sur les plages.

En outre, on a récemment observé l'épidémie de botulisme chez les poissons et les oiseaux du lac Érié ainsi que la propagation du virus aux lacs Huron et Ontario. Cet élément a également entraîné le dépôt, sur les plages, de carcasses en décomposition, ce qui a attiré l'attention du public : le phénomène ne posait pas seulement un problème d'esthétique, mais aussi une menace pour la santé publique. Des questions ont été soulevées pour déterminer la nature des programmes et des politiques qui permettraient de régler les deux problèmes.

Le CQEGL a fait le suivi des deux questions et, à sa réunion tenue à Ottawa (Ontario), le 8 octobre 2002, il a choisi d'avoir recours à des experts pour déterminer la nature et les raisons des changements. En même temps, la CMI a demandé des conseils de façon à conseiller à son tour les gouvernements quant à la démarche à prendre en termes de recherche, de programmes et de politiques. Le 14 novembre 2002, le président de la section canadienne de la CMI, Herb Gray, a eu droit à un exposé sur l'évolution de l'écosystème du lac Érié, et tous les commissaires ont été mis au courant des deux questions susmentionnées le 3 décembre 2002.

Le CQEGL a assisté à un exposé plus détaillé de la part de chercheurs clés au cours de sa réunion des 6 et 7 mars 2003. Pour la question du lac Érié, le CQEGL a eu droit à trois présentations sur les sujets suivants :

- contexte et historique, Glenn Warren, U.S. EPA;
- la « zone morte » du lac Érié, Murray Charlton, Institut national de recherche sur les eaux;
- l'état trophique du lac Érié, Jan Ciborowski, Université de Windsor.

Pour la question du botulisme, le CQEGL a assisté à trois présentations sur les sujets suivants :

- le botulisme de type E et la mortalité du poisson dans la portion new-yorkaise du lac Érié; Bill Culligan, *New York Department of Environmental Conservation*;
- le botulisme aviaire; Grace McLaughlin, Geological Survey des États-Unis;
- la mortalité chez les oiseaux piscivores – l'expérience ontarienne; Jeff Robinson, Environnement Canada.

6.2.2 Changements dans l'écosystème du lac Érié – Constatations

Le 8 mai 2003, le CQEGL a présenté les constatations et les conseils suivants à la CMI.

Les observations formulées par l'U.S. EPA et Environnement Canada en 1999 avaient également été soumises à d'autres scientifiques. Voici quelques-unes des observations liées au lac Érié :

- concentrations accrues de phosphore dans les eaux libres du bassin central, bien que les charges totales de phosphore trouvées dans l'ensemble du lac n'avaient pas beaucoup augmenté;
- très faible biomasse de phytoplancton, mesurée par les concentrations de chlorophylle *a*;
- besoins en oxygène inchangés dans le bassin central;
- arrivée plus rapide et résistance de l'hypolimnion, rendant le bassin central vulnérable à des baisses prononcées des concentrations d'oxygène dissout.

Pour trouver les explications, des scientifiques chevronnés, préoccupés par la situation, ont formulé une série de questions, et la U.S. EPA a lancé un appel de projets de recherche. Le Lake Erie Millenium Network, qui avait déjà préparé des projets de recherche en vue d'évaluer ces questions, a présenté un plan. De plus, outre les recherches entreprises depuis 1980, Environnement Canada s'est engagé à offrir le soutien logistique nécessaire. Les recherches ont été entamées de bonne foi en 2002, et les données et constatations sont partagées de façon régulière, au fur et à mesure qu'elles deviennent disponibles. Les recherches en cours sont menées à la lumière de la vision actuelle des questions et visent à mettre à l'essai les hypothèses et à établir ou confirmer les causes. Les constatations découlant des recherches, qui devraient être terminées à la fin 2003, serviront à orienter les décisions sur les programmes et les politiques, ainsi qu'à orienter les recherches qui pourraient s'avérer nécessaires dans l'avenir. Voici les principales questions et constatations préliminaires élaborées jusqu'à maintenant.

- Raisons pouvant expliquer la réduction prévue de l'épaisseur ou la résistance accrue de l'hypolimnion :



- étés plus chauds que la normale (eaux de surface plus chaudes)?
- étés plus longs que la normale (plus de temps pour l'épuisement d'oxygène)?
- eau plus limpide, donc plus chaude?
- plus grande pénétration des rayons ultraviolets (appauvrissement de la couche d'ozone)?
- Éléments pouvant restreindre la production primaire (biomasse de phytoplancton) :
 - respiration continue des moules zébrées et quagga?
 - manque d'éléments nutritifs (phosphore ou azote) dans la couche épilimnique souterraine?
 - limites causées par la présence de métal-trace (fer ou cuivre)?
 - inhibition causée par les rayons ultraviolets et les contaminants?
- Augmentation de la charge de phosphore? De récents calculs démontrent que les concentrations de phosphore ont très peu augmenté aux sources ponctuelles, mais il y a une certaine incertitude quant aux charges de phosphores signalées, pour les raisons suivantes :
 - données réduites pour les affluents (en raison des compressions dans les programmes de surveillance);
 - utilisation de seuils de détection plus élevés (donc moins sensibles) pour le signalement de l'apport de phosphore provenant des stations d'épuration des eaux usées;
 - tempêtes automnales anormalement fortes au cours des dernières années, pouvant produire de grandes concentrations de phosphore en raison de l'augmentation du ruissellement ou de l'érosion, entraînant le retour en suspension des sédiments du lac.
- Perturbation du réseau trophique et cycle accéléré des substances nutritives, ou modification du cycle, puisque les moules zébrées pourraient avoir perturbé le réseau trophique?

Toute une gamme de données et de constatations seront également rendues disponibles et prises en considération. Voici un aperçu des constatations préliminaires :

- les conditions météorologiques jouent un rôle prépondérant, tant à long terme qu'à court terme;
- il y a une forte efflorescence de phytoplancton dans l'épilimnion, au printemps;
- l'hypolimnion est très actif sur le plan biologique;
- les processus benthiques ont dramatiquement changé en eaux profondes et en eaux peu profondes.

Voici quelques facteurs clés possibles :

- les changements climatiques;
- les conséquences de la dégradation de l'habitat, par exemple, à la suite de l'évolution de l'utilisation des sols, du durcissement des rivages et des changements dans les zones humides;
- la présence d'espèces étrangères envahissantes.

Les scientifiques étudient déjà les preuves en vue d'établir les liens et de déceler les facteurs déterminants ou contribuant aux changements observés dans le lac Érié. Ils ont tenu des discussions à cet égard à la *Lake Erie Millenium Conference*, qui a eu lieu à l'université de Windsor (Ontario) les 6 et 7 mai derniers (ainsi qu'à la *International Association for Great Lakes Research Conference*, tenue à Chicago, en Illinois, du 22 au 26 juin). Les conclusions et les conseils des scientifiques seront rendus publics vers la fin de 2003.

On a également signalé que la situation du lac Érié a commencé à changer vers 1996. Avant cette date, les concentrations et les charges de phosphore et la taille de la zone anoxique témoignaient de l'amélioration de la qualité de l'écosystème. Cependant, ces changements n'ont pas été remarqués avant 1999, ce qui s'explique de diverses façons : la variabilité spatiale et temporelle du dynamique écosystème du lac Érié; les programmes de surveillance et l'échantillonnage réduits et non constants; la nature humaine (les changements récents sont plus facilement perçus).

Voici un exemple de la nature dynamique et délicate de l'écosystème du lac Érié : après 1990, l'eau est devenue plus limpide dans le bassin ouest, mais il y a eu efflorescence

En raison de ses caractéristiques naturelles, le bassin central du lac Érié a toujours éprouvé, à l'occasion, des problèmes d'anoxie, dont la sévérité dépend de l'épaisseur de l'hypolimnion. Ce sont les conditions atmosphériques – la température et les tempêtes – qui en déterminent l'épaisseur. La taille et le maintien de la « zone morte » ne peuvent pas servir à évaluer la réussite ou l'échec des politiques et des programmes de réduction de la charge de phosphore mis sur pied dans les années 1970.

d'algues bleu-vert. Les concentrations de phosphore dans l'eau du bassin central et du bassin ouest ont semblé diminuer entre 1990 et 1995, mais ils ont augmenté de nouveau par la suite. Il ne s'agit pas de changements unidirectionnels : ceux-ci reflètent plutôt les changements causés par l'accroissement rapide et les fluctuations subséquentes de la population de moules *Dreissena*.

Depuis longtemps, on mesure l'état trophique du lac Érié par la réduction de l'oxygène dans l'hypolimnion, qui peut mener à la formation d'une « zone morte » anoxique. Bien qu'il y ait lieu de se préoccuper des changements dans cet important outil de mesure, le CQEGL a reçu l'instruction de ne pas s'alarmer par des niveaux peu élevés d'oxygène dissout dans l'eau. En raison de ses caractéristiques naturelles, le bassin central du lac Érié a toujours éprouvé, à l'occasion, des problèmes d'anoxie, dont la sévérité dépend de l'épaisseur de l'hypolimnion. Ce sont les conditions atmosphériques – la température et les tempêtes – qui en déterminent l'épaisseur. La taille et le maintien de la « zone morte » ne peuvent pas servir à évaluer la réussite ou l'échec des politiques et des programmes de réduction de la charge de phosphore mis sur pied dans les années 1970. Ces programmes ont contribué à l'élimination des conditions anoxiques dans les secteurs riverains et dans le bassin ouest du lac Érié, de même qu'à l'amélioration des conditions dans le bassin central. Cependant, il pourrait être irréaliste de gérer les charges de phosphores en vue d'éliminer complètement l'anoxie dans le lac Érié.

Le CQEGL signale que d'autres cas d'anoxie ont été décelés dans de plus petits lacs intérieurs.

6.2.3 Épidémie de Botulisme de type E – Constatations

La bactérie *Clostridium botulinum* est considérée comme une importante cause de mortalité depuis le début des années 1900. Elle est classée en sept différents types, selon les caractéristiques des neurotoxines qu'elle produit. Le décès survient après l'ingestion de la toxine. Le botulisme de type C et de type E se trouve naturellement dans des environnements anaérobies. On retrouve le botulisme de type C dans le gibier d'eau du monde entier, tandis que le botulisme de type E se retrouve dans les oiseaux piscivores des Grands Lacs. Les spores peuvent demeurer dans l'écosystème pendant des années et résistent bien aux températures extrêmes et à la sécheresse.

En absence d'oxygène, s'il y a une source adéquate d'éléments nutritifs, des conditions atmosphériques favorables et l'acidité requise, les spores peuvent germer et entraîner la croissance végétative des cellules bactériennes. Les toxines botuliniques sont seulement produites au cours de la croissance végétative. L'étiologie du botulisme est bien définie; on en connaît très bien les signes cliniques, et des tests de diagnostic de l'empoisonnement ont déjà été conçus.

Des épidémies de botulisme de type E ont frappé la population de poissons des Grands Lacs à plusieurs reprises : portion sud du lac Huron (1998-1999); portions ouest et centre du lac Érié (1999-2000); portion est du lac Érié (2000-2002); lac Ontario (2002). Dans le cas de la portion est du lac Érié, un certain nombre d'espèces de poissons ont été touchées, de même que le necture tacheté (espèce benthique). En termes du nombre d'oiseaux et d'espèces touchés par la maladie, le U.S. Geological Survey a déterminé que la plus grande épidémie de botulisme avien a eu lieu dans la portion est du lac Érié en 2002, ce qui coïncide avec l'épidémie remarquée chez le poisson. Environnement Canada a étudié les cas de botulisme le long de la côte nord du lac Érié.

L'État de New York a mené des études sur le taux de mortalité des poissons et sur le moment de leur mort. Le botulisme de type E existe depuis longtemps, alors qu'est-ce qui a provoqué soudainement une épidémie massive de la maladie? Dans le cadre des études sur les relations de cause à effet, l'État a étudié l'évolution récente de l'écosystème du lac Érié, comme la baisse de productivité, l'accroissement de la limpidité de l'eau (changements relatifs à la répartition du poisson) et la présence d'espèces étrangères envahissantes (les moules *Dreissena* zébrées et quagga ainsi que les gobies à taches noires). Il semble y avoir un lien entre les épidémies de botulisme de type E et la présence et l'abondance de gobies à taches noires. Environnement Canada signale que les changements naturels mais subits dans la température de l'eau peuvent entraîner la mortalité chez le poisson, ce qui, combiné à d'autres facteurs, peut créer des conditions propices au déclenchement d'une épidémie. Toutefois, les épidémies de botulisme de type E n'ont probablement rien à voir avec la question de l'anoxie de l'hypolimnion dans le bassin central.

La réalisation de recherches sur l'évolution des toxines dans la chaîne alimentaire et sur les raisons pour lesquelles certaines espèces sont grandement touchées, tandis que d'autres espèces semblables le sont à peine, est un élément clé de la prestation de conseils sur la gestion et les politiques. Les chercheurs reconnaissent les rôles essentiels joués par l'hôte de la bactérie, les agents et l'environnement. Ils cherchent à trouver des indices quant à la source de la toxine et le mode de transfert auprès des gobies, des moules zébrées, du poisson, du gibier et des larves. Les études en cours portent sur les questions suivantes :

- Où se trouvent les conditions anoxiques favorisant la germination des spores et la production subséquente de la toxine?
- Quel est le lien clé qui unit les poissons aux dreissenids ou à d'autres invertébrés?
- Quel est le rôle des sédiments de fond?
- La bactérie provient-elle des Grands Lacs ou d'une espèce étrangère envahissante?

Des études sont également en cours pour déterminer les risques pour la santé humaine du botulisme de type E. Ces risques peuvent résulter de la consommation du poisson,

mais ils peuvent être réduits si le poisson est préparé convenablement. Il est bien entendu préférable d'éviter complètement de consommer du poisson présentant des symptômes de botulisme.

6.2.4 Conseils et recommandations du Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs

Le Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs continuera de surveiller les questions du lac Érié et du botulisme de type E. Les conseils formulés par le CQEGL pour le moment sont décrits ci-après.

Les fonds disponibles pour la recherche reflètent la grande détermination des parties concernées envers l'identification des changements en cours dans le lac Érié et, surtout, les raisons de ces changements. Les réponses à ces questions devraient faciliter la prise de décisions éclairées en matière de programmes et de politiques. Le CQEGL appuie toute recherche supplémentaire qui pourrait être requise à la lumière des constatations découlant des travaux actuels.

Le CQEGL fait les recommandations suivantes à la CMI :

- **que les parties réservent les fonds nécessaires pour appuyer la recherche supplémentaire en vue de caractériser les changements survenant dans le lac Érié et de favoriser la prise de décisions éclairées en matière de programmes et de politiques.**

Le CQEGL est préoccupé par l'incertitude liée à la charge de phosphore dans le lac Érié ainsi que dans les autres Grands Lacs. On ignore en particulier les charges de phosphore associées au ruissellement des terres, ce qui découle directement des compressions exercées dans le passé dans les programmes de surveillance et de suivi. Comme suite à ces compressions, de grandes portions du bassin de drainage ne sont pas surveillées, et d'autres portions ne le sont pas suffisamment, ce qui fait qu'on ne tient pas compte d'importants événements comme les tempêtes, qui amènent de grandes quantités de produits nutritifs et d'autres contaminants. Il faut déterminer le degré de soutien envers la mise en oeuvre de programmes de surveillance des bassins hydrographiques, des affluents et des lacs.

De façon à protéger les progrès environnementaux réalisés jusqu'à maintenant, à mieux suivre les questions du jour et à déceler les nouvelles tendances, **le CQEGL fait la recommandation suivante à la CMI :**

- **que les deux gouvernements fédéraux approuvent le financement de base pour la mise en oeuvre d'un programme de surveillance et de suivi.**

Le CQEGL est impressionné par le grand esprit de collaboration et de partage de l'information entre les chercheurs étudiant la question du botulisme de type E. Ce type de réseau d'entraide est essentiel pour que les intervenants puissent déceler les problèmes et rassembler de l'information scientifique visant à faciliter la prise de décisions éclairées en matière de politiques et de programmes. Le niveau de financement pour les programmes menés aux États-Unis semble être suffisant pour le moment, mais ce n'est pas le cas pour les programmes du Canada, puisque les programmes de recherche et de surveillance doivent se faire concurrence pour obtenir les ressources consacrées à d'autres menaces, comme celle du virus du Nil occidental. On s'attend à ce que les programmes en place aux États-Unis soient confrontés, dans l'avenir, au même type de concurrence financière. Il faut pouvoir compter sur le financement continu de la recherche pour parvenir à répondre aux questions scientifiques clés.

Le CQEGL recommande ce qui suit à la CMI :

- **que les gouvernements du Canada et des États-Unis maintiennent leur financement des programmes de recherche sur le botulisme de type E en vue de faciliter la prise de décisions éclairées en matière de programmes et de politiques.**

Le CQEGL souligne le lien qui semble exister entre les espèces étrangères envahissantes, les problèmes du lac Érié et le botulisme de type E. Dans ses conseils formulés en 2001, le CQEGL a souligné les conséquences environnementales et économiques de la présence d'espèces étrangères envahissantes, en particulier des moules zébrées et quagga. Il a également fait part de ses préoccupations pour l'avenir, qui pourrait présenter des conséquences encore plus dévastatrices si des mesures concrètes ne sont pas prises dès maintenant pour protéger les Grands Lacs contre l'envahissement par des espèces étrangères. Le CQEGL continue de se montrer préoccupé par le manque de progrès réalisés à l'égard de la mise en oeuvre du traitement efficace des eaux de ballast.

C'est pour plusieurs raisons que le U.S. Army Corps of Engineers a entrepris un examen de la navigation dans le système des Grands Lacs, notamment : mandat émis en 1999 par la *Water Resources Development Act* des États-Unis; accroissement de l'activité économique et commerciale; infrastructure vieillissante de la Voie maritime du Saint-Laurent; l'importance économique soutenue de la région des Grands Lacs, particulièrement à la lumière de la capacité restreinte du réseau d'écluses actuel de répondre aux besoins en transport maritime international. Le 24 avril 2002, le Corps of Engineers a publié l'ébauche de son rapport intitulé *Great Lakes Navigation System, Reconnaissance Report*.

Après examen et révision, le rapport a été approuvé le 13 février 2003 à titre de document de base servant à étudier davantage la nécessité d'appuyer une décision du gouvernement fédéral des États-Unis de procéder ou non à des études de faisabilité. Les responsables ont cependant déterminé qu'il faudrait obtenir de plus amples renseignements avant de prendre une décision quant au lancement d'une étude de faisabilité. Un supplément au rapport préliminaire comprendra une évaluation des conditions de base de l'environnement, des caractéristiques techniques et des conditions économiques, de même que des consultations du public et des activités de coordination.

On se préoccupe de la possibilité que des changements à l'infrastructure de la Voie maritime du Saint-Laurent aient un impact négatif sur la qualité et l'intégrité environnementales de l'écosystème du bassin des Grands Lacs.

Le 1^{er} mai 2003, comme suite aux discussions tenues entre des représentants des États-Unis et du Canada, les deux parties ont signé un mémoire de coopération pour assurer le maintien de la Voie maritime du Saint-Laurent et des Grands Lacs. Cette entente facilitera la collaboration entre le Department of Transportation des États-Unis et Transports Canada sur une étude détaillée du transport sur la voie navigable. L'étude portera précisément sur les éléments suivants [TRADUCTION] :

- « identification des facteurs et des tendances touchant les industries du transport maritime domestique et international;
- « évaluation des besoins actuels et futurs en matière de transport sur la voie navigable;
- « évaluation de la fiabilité et des conditions de la voie navigable, dont les coûts et les avantages du maintien de l'infrastructure actuelle;
- « évaluation des facteurs environnementaux, techniques et économiques liés aux besoins actuels et futurs de la voie maritime des Grands Lacs et du Saint-Laurent et de l'infrastructure de transport sur laquelle la voie maritime dépend. »

L'examen nécessitera également une étroite collaboration avec le U.S. Army Corps of Engineers, la Corporation de gestion de la Voie maritime du Saint-Laurent (du Canada) et la St. Lawrence Seaway Development Corporation (du Department of Transportation des États-Unis).

On se préoccupe de la possibilité que des changements à l'infrastructure de la Voie maritime du Saint-Laurent aient un impact négatif sur la qualité et l'intégrité environnementales de l'écosystème du bassin des Grands Lacs. Voici quelques-unes des préoccupations soulevées : accès accru et habitat plus invitant pour les espèces étrangères envahissantes; exposition, dragage et rejet accrus de sédiments contaminés; érosion des rivages; modification du niveau d'eau des lacs, ce qui pourrait avoir une incidence sur la température de l'eau et l'habitat du poisson. Le Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs fait donc le suivi de la situation au fur et à mesure que l'étude pluriannuelle progresse et tiendra la CMI au courant des changements. On peut suivre l'évolution de l'étude en consultant le site web suivant : <http://www.lre.usace.army.mil/glnav/index.htm>.

Membres canadiens

M. John Carey, Ph.D.
Directeur général
Institut national de recherche sur les eaux
C.P. 5050, Burlington (Ontario) L7R 4A6

M. David de Launay
Director
Lands and Natural Heritage Branch
Ministère des Richesses naturelles de l'Ontario
C.P. 7000
Peterborough (Ontario) K9J 8M5

M. Guy Demers
Directeur
Écosystèmes aquatiques
Ministère de l'Environnement et de la Faune
675, René-Lévesque Est, boîte 22
Québec (Québec) G1R 5V7

M. Charles Lalonde
Director
Resource Management
Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation de l'Ontario
223, rue Dufferin
Guelph (Ontario) N1H 4B5

M. Craig Mather
44, croissant Hodgkinson
Aurora, Ontario L4G 6K7

M. John Mills (Coprésident)
Directeur général
Région de l'Ontario
Environnement Canada
4905, rue Dufferin
Downsview (Ontario) M3H 5T4

M. Adel Shalaby
Directeur régional
Santé environnementale et sécurité des consommateurs
Santé Canada
2301, avenue Midland
Scarborough (Ontario) M1P 4R7

M. Peter Thompson
Directeur régional, Politiques
Région du Centre et de l'Arctique
Ministère des Pêches et des Océans du Canada
201, rue Front Nord — Pièce 703
Sarnia (Ontario) N7T 8B1

M. Joel Weiner
Directeur général régional
Région de l'Ontario et du Nunavut
Santé Canada
2301, avenue Midland
Scarborough (Ontario) M1P 4R7

Poste vacant : Ontario

Membres des États-Unis

M. Todd Ambs
Administrator
Division of Water
Wisconsin Department of Natural Resources
P.O. Box 7921
Madison, Wisconsin 53707-7921

M^{me} Lori Boughton
Chief
Office of the Great Lakes
Pennsylvania Department of Environmental Protection
230 Chestnut Street
Meadville, Pennsylvania 16335-3481

M^{me} Suzanne Hanson
Regional Manager, Northeast Region
Minnesota Pollution Control Agency
Duluth Government Services Center
320 West 2nd Street — Room 704
Duluth, Minnesota 55802

M. Christopher Jones
Director
Ohio Environmental Protection Agency
P.O. Box 1049
Columbus, Ohio 43216-1049

M^{me} Lori Kaplan
Commissioner
Indiana Department of Environmental Management
P.O. Box 6015
Indianapolis, Indiana 46206-6015

M. Bruce I. Knight
Chief
Natural Resources Conservation Service
U.S. Department of Agriculture
P.O. Box 2890
Washington, D.C. 20013-2890

M. Gerald F. Mikol
Regional Director
Region 9
New York Department of Environmental Conservation
270 Michigan Avenue
Buffalo, New York 14203

M. David Ullrich (Coprésident)
Deputy Regional Administrator / Acting Regional Counsel
U.S. Environmental Protection Agency — Region V
77 West Jackson Street — R19-J
Chicago, Illinois 60604

M^{me} Marcia Willhite
Chief
Bureau of Water
Illinois Environmental Protection Agency
1021 North Grand Avenue East
Springfield, Illinois 62794-9276

Poste vacant : Michigan

Secrétaire

M^{me} Marty Bratzel, Ph. D.
Bureau régional des Grands Lacs
Commission mixte internationale
100, avenue Ouellette — 8^e étage
Windsor (Ontario) N9A 6T3

Agents de liaison de la Commission

M^{me} Ann MacKenzie
Section canadienne
Commission mixte internationale
234, avenue Laurier Ouest – 22^e étage
Ottawa (Ontario) K1P 6K6

M. James Chandler
Section américaine
Commission mixte internationale
1250 23rd Street N.W. — Suite 100
Washington, D.C. 20440

Anciens membres

Les membres suivants ont siégé au CQEGL au cours du cycle biennal 2001-2003. Leur apport a été grandement apprécié.

Kelly Burch
Pennsylvania Department of Environmental Protection

Vic Cairns
Ministère des Pêches et des Océans du Canada

Steve Clarkson
Santé Canada

Mike Goffin
Environnement Canada

Randy Jackiw
Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation de l'Ontario

N.G. Kaul
New York Department of Environmental Conservation

David Ladd
Michigan Department of Environmental Quality

Brian Nixon
Ministère de l'Environnement de l'Ontario

Pearlie Reed
U.S. Department of Agriculture

Susan Sylvester
Wisconsin Department of Natural Resources



*Priorités
2001-2003
Chapitre 7*

**CONSEIL CONSULTATIF
SCIENTIFIQUE
DES GRANDS LACS**

CHAPITRE SEPT CONSEIL CONSULTATIF SCIENTIFIQUE DES GRANDS LACS

Table des matières

7.1	INTRODUCTION	125
7.1.1	Contexte	125
7.1.2	Travaux prioritaires du Conseil consultatif scientifique définis par la Commission mixte internationale	125
7.1.3	Compte rendu des activités de surveillance	125
7.1.4	Remerciements	126
7.2	RÉPERCUSSIONS SUR LA SANTÉ DES BPC ET AUTRES CONTAMINANTS PRÉSENTS DANS LES EAUX DU BASSIN DES GRANDS LACS	127
7.2.1	Préoccupations relatives aux produits chimiques toxiques persistants	127
7.2.2	Réduction de la charge de substances chimiques toxiques persistantes	128
7.2.3	Incidences sur les politiques et orientations	128
7.3	PÊCHES DANS LES GRANDS LACS : RÉTROSPECTIVE ET PRÉOCCUPATIONS ACTUELLES	129
7.4	ÉTUDE SUR L'EXPOSITION AUX CONTAMINANTS ET SUR SES EFFETS SUR LA SANTÉ DE LA FAUNE AQUATIQUE ET TERRESTRE	132
7.4.1	Information	132
7.4.2	Orientations futures possibles	132
7.5	ÉTUDE DE L'AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY (ATSDR) SUR LES RÉPERCUSSIONS SUR LA SANTÉ PUBLIQUE DES SUBSTANCES DANGEREUSES DANS LES SECTEURS PRÉOCCUPANTS AMÉRICAINS DES GRANDS LACS	133
7.5.1	Information	133
7.5.2	Orientations futures possibles	133
7.6	PATHOGÈNES D'ORIGINE HYDRIQUE DANS LES GRANDS LACS : BESOINS ACTUELS ET NOUVEAUX EN MATIÈRE D'ÉVALUATION DES RISQUES ET SOLUTIONS	134
7.6.1	Information	134
7.6.2	Orientations futures possibles	136
	Surveillance directe des pathogènes et nouvelles approches	136
	Eaux de lest	137
	Repérage des sources de pollution	138
	Traitement des eaux usées et urbanisation	139
	Changements climatiques	139
	Modélisation	139
7.7	ACTIVITÉS ET RÉUNIONS DU CONSEIL CONSULTATIF SCIENTIFIQUE DURANT LE CYCLE BIENNAL 2001-2003	140
7.8	COMPOSITION DU CONSEIL CONSULTATIF SCIENTIFIQUE DES GRANDS LACS ET DE SES GROUPES DE TRAVAIL 2001-2003	141
7.9	RÉFÉRENCES	143
Tableaux		
1.	Exemples de facteurs ayant une incidence sur la qualité de l'eau et les risques pour la santé	135
2.	Exemples de « nouveaux » pathogènes préoccupants d'origine hydrique	136

7.1.1 Contexte

En vertu de l'*Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs* qui a été ratifié par le Canada et les États-Unis (les Parties), le Conseil consultatif scientifique (CCS) des Grands Lacs a pour mandat de « faire des recommandations . . . utiles à l'identification, à l'évaluation et au règlement des problèmes actuels et prévus touchant la qualité de l'eau des Grands Lacs ». En sa qualité de conseiller scientifique auprès de la Commission mixte internationale (CMI) et du Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs, le CCS formule des recommandations en examinant les données scientifiques, en étudiant les analyses, les évaluations et les recommandations et en consultant des experts compétents. Ses champs de responsabilité englobent l'ensemble des questions scientifiques et des questions liées à la recherche qui ont trait à l'application et à l'efficacité de l'*Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs*. Composé de 18 membres nommés par la CMI et issus en nombre égal du Canada et des États-Unis, le CCS réunit des experts chevronnés dans des disciplines diverses, dont les sciences physiques, biologiques et sociales. Le CCS se divise en trois groupes de travail; chacun est investi d'un mandat précis (santé de l'écosystème; mise en œuvre par les Parties; nouveaux enjeux) et a l'appui d'un petit service de secrétariat de la CMI. Les travaux du CCS et de ses groupes de travail s'articulent autour d'une série de priorités biennales qui sont définies par la CMI, après de vastes consultations menées auprès de spécialistes et du grand public. Enfin, outre ces questions prioritaires définies par la CMI, le CCS suit activement l'évolution d'un éventail plus large de questions scientifiques qui sont liées à l'application de l'*Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs* et il conseille la CMI en conséquence.

7.1.2 Travaux prioritaires du Conseil consultatif scientifique définis par la Commission mixte internationale

Au nombre des priorités du CCS pour l'exercice biennal 2001-2003, mentionnons les effets sur la santé du mercure présent dans le bassin des Grands Lacs (chapitre 1); les répercussions du développement urbain et de l'urbanisation sur la qualité de l'eau dans les Grands Lacs (chapitre 3) et la détermination des « nouveaux enjeux » d'intérêt, en regard des conditions et des pouvoirs prévus dans l'*Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs* (chapitre 5). Qu'elles soient examinées séparément ou globalement, ces priorités témoignent de la complexité croissante des questions qui ont une incidence sur l'intégrité des eaux de l'écosystème du bassin des Grands Lacs, ainsi que de l'interdépendance entre les dimensions scientifiques, politiques et administratives de ces questions; elles font

aussi ressortir l'importance de mettre en place des processus d'aide à la décision qui s'appuient sur des données scientifiques afin que puissent progresser les initiatives menées dans la poursuite des objectifs de l'*Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs*.

Les comptes rendus complets sur les trois priorités précitées du CCS, y compris les conclusions et les recommandations y afférentes, sont présentés dans les chapitres susmentionnés du présent rapport. L'élaboration de ces recommandations a par ailleurs mis en lumière un aspect déterminant du rôle consultatif que doit jouer le CCS en vertu de l'*Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs*, à savoir que la capacité de la CMI et des Parties d'assurer un leadership efficace et solide est fondamentalement tributaire de la mise en place d'une infrastructure politique et institutionnelle qui favorise et procure un mécanisme d'aide à la décision fondé sur des données scientifiques. **À cette fin, le CCS réitère sa recommandation de procéder à un examen exhaustif et rapide de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs en vue d'y apporter des modifications qui préserveront les progrès accomplis à ce jour en matière de qualité de l'eau, tout en tenant compte des nouvelles priorités, des besoins de l'écosystème, des progrès scientifiques et des mesures institutionnelles mises en place depuis la dernière révision, il y a quelque 16 ans, et en permettant d'y donner suite.**

7.1.3 Comptes rendus des activités de surveillance

À titre de conseiller scientifique auprès de la CMI et du Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs, le CCS est chargé de « faire des recommandations sur tous les sujets relatifs à la recherche et à l'accroissement des connaissances scientifiques utiles à l'identification, à l'évaluation et au règlement des problèmes actuels et prévus touchant la qualité de l'eau des Grands Lacs ». Pour formuler ses conseils, le CCS passe en revue les données scientifiques, consulte les analyses, les évaluations et les recommandations d'autres groupes scientifiques et fait rapport sur toutes les questions touchant la recherche et l'avancement scientifique, qui sont liées à l'application et à l'efficacité de l'*Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs*.

Pour s'acquitter de ce vaste mandat, les groupes de travail surveillent l'approfondissement des connaissances et les progrès scientifiques susceptibles d'avoir une incidence sur la qualité de l'eau des Grands Lacs. Cette nouvelle information justifie parfois la présentation d'un rapport sommaire au CCS, lequel peut décider de l'intégrer au présent rapport. Les comptes rendus qui suivent sur les activités de sur-

veillance n'incluent pas de recommandations du CCS, puisqu'ils ne s'inscrivent pas directement dans les activités parrainées par le CCS. Lorsqu'il y a lieu, des « orientations futures » sont proposées à titre de futures étapes susceptibles d'être envisagées. Ces comptes rendus fournissent au CCS un précieux instrument pour renseigner la CMI et le Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs sur un éventail de questions pertinentes, eu égard aux responsabilités définies dans l'*Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs*. Le rapport du CCS sur les activités découlant de l'Annexe 2 est présenté au chapitre 2.

7.1.4 Remerciements

Cette capacité du CCS de donner suite aux priorités de la CMI et de demeurer à la fine pointe des progrès scientifiques n'est possible que grâce au dévouement de ses membres, à l'engagement de nombreux experts et amis de la CMI et à la participation active des citoyens et des fonctionnaires, en particulier lors des assemblées publiques et des visites du CCS. Le CCS tient à souligner le travail de ces nombreuses personnes exceptionnelles et à les remercier pour leur appui : Scott Abernathy, Rod Allan, Frank Anscombe, David Aspen, David Bellinger, Tonya Bender, Cherie Blair, Shelly Bonte-Gelok, Lee Botts, Larry Bourne, Ala Boyd, Stephen Brandt, Michael Brauer, Irene Brooks, James Brophy, Alexis Cain, John Carey, Doug Caruso, Laurie Chan, JaeEun Cho, Patricia Chow-Fraser, Murray Clammed, Mark Cohen, Donald Cole, Conrad De Barrios, Shelley Delaney, David Delaney, John Decliner, Joseph Depend, Chris Serosa, Miriam Diamond, Anabel Rojas Domínguez, Paul Drca, Arthur

Dungan, John Eyles, Joel Fisher, Gary Foley, Glen Fox, John Gilkeson, John Gladki, Philippe Grandjean, Ken Greenberg, Gary Gulezian, Leah Hagreen, Doug Haines, Katie Harding, Lorrie Hayes, James Haynes, Diane Henshel, Matt Horvat, Abed Houssari, Susan Howard, Therese Hutchinson, Adele Iannantuono, Carol Izant, Togwell Jackson, John Jackson, Joseph Jacobson, Erik Janus, Margaret Keith, Kate Klenavic, Jeanine Klump, Joseph Koonce, Robert Krauel, George Kuper, John Kusnier, Charles Lalonde, Jack Lanigan, Patrick Lawrence, Leonard Levin, James Li, Lawrence Libby, Simon Llewellyn, Maureen Looby, Tony Lowery, Marc Lucotte, Don Mackay, Kathryn Mahaffey, John Marsden, Pamela Martin, Chris Marvin, Craig Mather, Ana Matu, Fred McEldowney, Donald McKay, James McKenzie, John Meier, Michael Meyer, John Mills, Kristin Mueller, Derek Muir, Michael Murray, Gary Myers, Melanie Neilson, Todd Nettesheim, Phu Van Nguyen, Jim Nicholas, Richard Norton, Eavan O'Connor, Gustavo Solórzano Ochoa, Ken Ogilvie, Al Olson, William Page, Scott Painter, Nigel Paneth, Chansy Paulik, Cynthia Pekarik, Alan Penn, William Rankin, Rob Reash, Andrew Rencz, Deborah Rice, R. Peter Richards, Lisa Richman, Elizabeth Robinson, Amy Roe, Ronald Rossmann, Margaret Round, Erin Rutherford, Tamara Saltman, Luz Helena Sanin, Dennis Schornack, Tom Schueler, John Sewell, Harvey Shear, Cole Shoemaker, Robert Slater, Mike Smalligan, Ted Smith, Paul Strohack, William Taylor, Joy Taylor-Morgan, Warren Teel, Jose Carlos Tenorio, Anna Tilman, Tao Tong, Luke Trip, David Ulrich, Michael Veschler, Peter Victor, Cristiena Vyver, Alan Waffle, John Walker, David Wallinga, Michael Weis, John Wellner, Richard Whitman, Peter Wise, Elizabeth Wright, Janice Yager et Kiauhong Xu.

7.2 RÉPERCUSSIONS SUR LA SANTÉ DES BPC ET AUTRES CONTAMINANTS PRÉSENTS DANS LES EAUX DU BASSIN DES GRANDS LACS

Depuis plus de trois décennies, les BPC et autres substances toxiques persistantes sont une préoccupation majeure aux termes de l'*Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs*. Eu égard à sa responsabilité d'informer la CMI sur les progrès continus réalisés dans ce domaine de la science, le Groupe de travail sur la santé de l'écosystème a préparé le compte rendu qui suit, encouragé notamment dans ce travail par la publication récente des articles suivants relevés par le CCS dans le journal *Environmental Health Perspectives* :

- Comparison of Polychlorinated Biphenyl Levels across Studies of Human Neurodevelopment (Longnecker *et al.*, 2003);
- Increased Concentrations of Polychlorinated Biphenyls, Hexachlorobenzene and Chlordanes in Mothers to Men with Testicular Cancer (Hardell *et al.*, 2002);
- Effects of PCB Exposure on Neuropsychological Function in Children (Schantz *et al.*, 2003), et
- A Longitudinal Examination of Factors Related to Changes in Serum Polychlorinated Biphenyl Levels (Tee *et al.*, 2003).

7.2.1 Préoccupations relatives aux produits chimiques toxiques persistants

Les mesures réglementaires mises en place par les États-Unis et le Canada ont favorisé une réduction sensible des BPC et autres substances chimiques toxiques chez les poissons (US EPA, 2003a; 2003b). Au cours des dernières années, toutefois, la diminution annuelle des BPC a considérablement ralenti et on ne sait pas si les concentrations de BPC continuent de diminuer, après avoir affiché une courbe de décroissance du premier ordre, ou si elles se rapprochent plutôt d'une concentration d'équilibre. Il est difficile de tirer des conclusions fermes à ce sujet, en raison de la variabilité des données disponibles et de la présence d'un certain nombre de variables confusionnelles, notamment de la modification de la dynamique du réseau trophique provoquée par l'introduction d'espèces envahissantes.

Dans le lac Michigan, les gros touladis mesurant plus de 26 pouces présentent des concentrations de BPC qui dépassent de 40 fois le seuil commandant la publication d'avis sanitaires, et ces concentrations dépassent de 10 fois en moyenne le seuil prescrit chez le saumon coho

On sait par contre que les concentrations actuelles de BPC dans les poissons des Grands Lacs présentent toujours des risques importants pour la santé des personnes qui consomment ces poissons en quantités modérées à élevées (Johnson *et al.*, 1998; ATSDR, 2000; Schantz *et al.*, 2001). On a ainsi observé des troubles neurocomportementaux et des troubles d'apprentissage associés à l'exposition aux BPC chez des enfants dont les mères avaient consommé quelques repas par mois de poisson des Grands Lacs (Lonky *et al.*, 1996; Jacobson et Jacobson, 1996; Darvill *et al.*, 2000; Stewart *et al.*, 2002). Parmi les autres effets préoccupants sur la santé, mentionnons des effets sur les systèmes endocrinien et immunitaire et un risque accru de cancer (ATSDR, 2000). Chez les personnes qui consomment du poisson des Grands Lacs, la charge corporelle de BPC et autres substances chimiques organiques persistantes est de deux à quatre fois supérieure à celle mesurée dans la population américaine en général (Anderson, 1998; Hanrahan *et al.*, 1999; Shantz *et al.*, 1996, 1999). Donc, pour respecter les critères de santé publique fixés par l'administration fédérale américaine et les États, les concentrations de BPC dans les eaux et les poissons des Grands Lacs (zone de pleine eau et certains affluents) devront être réduites d'un à trois ordres de grandeur.

De fréquents avis relatifs à la consommation de poisson sont émis pour chacun des Grands Lacs et bon nombre des voies de communication en raison de la présence de BPC (US EPA, 2002a), et certains de ces avis concernent la présence de dioxines (MDCH, 2002). Tous les départements de santé publique des États limitrophes des Grands Lacs se basent sur un seuil de 0,05 ppm de BPC dans les filets de poisson pour émettre des avis aux consommateurs de poisson de pêche sportive (US EPA, 2002). En deçà de ce seuil, le poisson peut être consommé sans restriction mais, à mesure que la concentration augmente au-delà de ce seuil, les personnes doivent réduire graduellement leur consommation de poisson, de « un repas de poisson » par semaine à « aucun repas » de poisson (GLSFATF, 1993).

Dans le lac Michigan, les gros touladis mesurant plus de 26 pouces présentent des concentrations de BPC qui dépassent de 40 fois le seuil commandant la publication d'avis sanitaires, et ces concentrations dépassent de 10 fois en moyenne le seuil prescrit chez le saumon coho (MDCH, 2002; MDEQ, 2003; WDH/WDNR, 2002). Les États du Michigan, du Wisconsin et de l'Illinois recommandent donc à toute la population d'éviter de consommer de gros touladis (US EPA, 2002). De plus, les femmes en âge de procréer et les enfants de moins de 15 ans doivent limiter leur consommation de saumon coho à un repas par mois au Michigan, tandis que les autres États appliquent cette mise en garde à l'ensemble de leur population (MDCH, 2002; US EPA, 2002; WDH/WDNR,

2002). Toute la population doit aussi s'abstenir de consommer du grand corégone de plus de 14 pouces pêché dans le lac Michigan, au nord de Frankfort, car ce poisson est contaminé par des BPC et des dioxines (MDCH, 2002).

Dans le lac Supérieur, considéré comme le plus propre des Grands Lacs, personne ne doit consommer du cisco de plus de 26 pouces, car ce poisson renferme de fortes concentrations de BPC et de dioxines (MDCH, 2002; Day, 2003). De plus, les femmes et les enfants doivent se limiter à un repas par mois de saumon quinnat de plus de 22 pouces provenant du lac Supérieur, car ce poisson présente des concentrations de BPC jusqu'à 20 fois supérieures au critère de santé publique (MDCH, 2002).

La surveillance de la zone de pleine eau des Grands Lacs fournit également des données qui témoignent de problèmes de contamination permanents dus à la présence d'infimes concentrations de substances toxiques persistantes. Ainsi, des concentrations de BPC, de l'ordre de parties par quadrillion ou de picogrammes par litre (pg/L), donnent lieu à des concentrations dans le poisson qui dépassent les critères relatifs à la qualité de l'eau ambiante, établis par l'administration fédérale américaine et les États pour protéger la santé publique et la faune (US EPA, 1996). Comme l'indique le bref tableau qui suit, les concentrations en BPC dans l'ensemble de la zone de pleine eau des Grands Lacs sont de deux à neuf fois supérieures au seuil de qualité de l'eau fixé à l'égard des BPC dans le cadre de l'Initiative des Grands Lacs, critère qui a depuis été révisé à la baisse (26 pg/L) pour protéger la santé humaine (US EPA, 1997b); une valeur de 120 pg/L avait été calculée pour assurer la protection de l'environnement (US EPA, 1996; 1997b). En 1997, les campagnes de surveillance effectuées par le navire Lake Guardian ont révélé les concentrations ambiantes suivantes de BPC dans la zone de pleine eau des Grands Lacs (US EPA, 2003a) : Lac Supérieur - 53 pg/L

Lac Michigan - 115 pg/L

Lac Huron - 62 pg/L

Lac Érié - 216 pg/L

Lac Ontario - 106 pg/L

7.2.2 Réduction de la charge de substances chimiques toxiques persistantes

Les États-Unis et le Canada ont tous deux adopté une variété de mesures en vue de réduire l'apport de BPC et d'autres produits chimiques toxiques persistants (Canada et États-Unis, 1997; US EPA, 2003b). Des sources importantes de sédiments contaminés par des BPC dans les secteurs préoccupants contribuent à la contamination du poisson (US EPA, 2002). La rivière Fox, par exemple, reconnue comme étant le plan d'eau de surface qui génère le plus de BPC dans les Grands Lacs, rejette de 125 à 220 kg de BPC chaque année dans la baie Green, et une partie de cette contamination se retrouve ensuite dans le lac Michigan (WDNR/US EPA, 2002). Bien que des avis concernant la consommation de poissons contaminés par les BPC dans la rivière et la baie soient émis depuis 1976 (WDNR/US EPA, 2002), plusieurs milliers de personnes continuent d'en consommer (WDNR/US EPA, 2002).



Les concentrations de BPC dans la rivière Fox et l'embouchure de la baie Green sont plus de 1 000 fois supérieures au critère de qualité de l'eau ambiante fixé dans l'Initiative des Grands Lacs pour garantir la protection de la santé humaine. De fait, la concentration de BPC dans la colonne d'eau s'élève en moyenne à 60 000 pg/L dans le tronçon de la rivière Fox compris entre DePere et la baie Green, tandis qu'elle est de 17 800 pg/L à l'embouchure de la baie et de 1 500 pg/L, dans le fond de la baie; ces concentrations dépassent respectivement de 2 340, 680 et 60 fois environ le critère de qualité de l'eau fixé dans l'Initiative pour la protection de la santé humaine (WDNR/US EPA, 2002). Les concentrations de BPC dans la rivière Fox sont également plus de 500 fois plus élevées que le critère prescrit dans l'Initiative des Grands Lacs pour la protection de la faune, alors qu'elles dépassent ce critère de 150 fois à l'embouchure de la baie et de 12 fois dans le fond de la baie.

Afin de parvenir à un niveau de risque acceptable pour les humains et la faune qui consomment du poisson, de réduire le nombre d'avis relatifs à la consommation de poisson de pêche sportive et de diminuer la charge de BPC dans la baie Green, la US EPA et le Department of Natural Resources du Wisconsin ont l'intention d'assainir plus de six millions de verges cubes de sédiments contaminés par des BPC dans le réseau de la rivière Fox, un projet évalué à quelque 400 millions de dollars (WDNR/US EPA, 2002). Des évaluations se poursuivent également en vue de déterminer les correctifs qui pourraient être apportés dans la rivière Kalamazoo, laquelle génère de 39 à 50 kg de BPC/année dans le lac Michigan et présente des concentrations de BPC dans la colonne d'eau qui se comparent à celles décelées dans la rivière Fox (MDEQ, 2002).

7.2.3 Incidence sur les politiques et orientations

Afin d'assurer une protection complète de la santé publique, il faut déployer des efforts substantiels et continus en vue de réduire les sources de BPC et d'autres produits chimiques toxiques persistants qui contaminent les eaux, le poisson et la faune dans le bassin des Grands Lacs. Tel qu'indiqué dans la US Great Lakes Strategy de 2002 (US Policy Committee, 2002), la population de la région des Grands Lacs saura que les efforts de protection de l'environnement ont porté fruit lorsqu'il ne sera plus nécessaire d'émettre des avis sanitaires relativement à la consommation de poisson de pêche sportive.

L'effet des substances toxiques persistantes sur la disparition des ressources halieutiques dans le bassin des Grands Lacs est une question qui suscite depuis longtemps la controverse au sein de la communauté scientifique des Grands Lacs. Après avoir découvert des concentrations élevées de 2,3,7,8-tétrachlorodibenzo-*p*-dioxine (TCDD) dans les poissons et les goélands argentés du lac Ontario, à la fin des années 80, la US EPA a procédé à l'échantillonnage de carottes de sédiments prélevées dans ce lac dans le but de reconstituer l'historique de la contamination. Ces données ont ensuite servi à une évaluation rétrospective des risques pour le touladi; cette évaluation a été faite par Philip Cook, qui a présenté ses résultats lors de la 102^e assemblée du Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs qui s'est tenue à Chicago, le 15 juillet 1993, dans le cadre d'une réévaluation des dioxines. Des articles sur diverses composantes de cette évaluation rétrospective des risques ont été publiés dans des revues scientifiques avec comité de lecture. Une synthèse a été présentée par Philip Cook, lors de l'assemblée spéciale de février 1999 du Conseil consultatif scientifique des Grands Lacs qui avait pour but d'évaluer les volets scientifiques des plans de gestion panlacustre à l'égard des polluants critiques, et elle a été incluse dans le rapport *1997 - 1999 Priorités et progrès accomplis dans le cadre de l'Accord sur la qualité de l'eau dans les Grands Lacs*. Les résultats de l'évaluation rétrospective complète ont été présentés le 12 septembre 2002, à Windsor (Ontario), au Groupe de travail du CCS sur la santé de l'écosystème.

Jusqu'au siècle dernier, les populations de touladis dans les Grands Lacs sont demeurées abondantes et stables, puis est survenue une baisse marquée des effectifs dans chaque lac, à différentes périodes. Dans le lac Ontario, ce déclin s'est amorcé plus tôt que dans les autres Grands Lacs et, en 1960, le touladi avait pratiquement disparu. Un certain nombre de facteurs ont certainement largement contribué à cette baisse

Dans le lac Ontario, par contre, aucun alevin vésiculé issu de la reproduction naturelle n'a été observé avant 1986, malgré la présence de touladis adultes à la fin des années 70 et malgré les traitements larvicides contre la lamproie, amorcés dans les affluents de ce lac en 1971 et conjugués à des efforts de reconstitution des populations de touladis par l'ensemencement de poissons d'un an.

des effectifs et à la perte des reproducteurs dans les Grands Lacs. La prédation par la lamproie est un de ces facteurs importants et la surexploitation commerciale en est un autre. Depuis les années 70, de bons programmes ont été mis en place pour lutter contre la lamproie et ces programmes ont contribué au rétablissement des populations actuelles de touladis dans le lac Supérieur et dans certaines portions du lac Huron. Dans le lac Ontario, par contre, aucun alevin vésiculé issu de la reproduction naturelle n'a été observé avant 1986, malgré la présence de touladis adultes à la fin des années 70 et malgré les traitements larvicides contre la lamproie, amorcés dans les affluents de ce lac en 1971 et conjugués à des efforts de reconstitution des populations de touladis par l'ensemencement de poissons d'un an.

Cook et ses collègues ont pu démontrer, à l'aide de graphiques, que les concentrations élevées de 2,3,7,8-tétrachlorodibenzo-*p*-dioxine (TCDD) et de contaminants apparentés à la TCDD ont nui à la reproduction du touladi sauvage pendant une période d'au moins 40 ans (de 1940 à 1980) dans le lac Ontario (Cook *et al.*, 2003). De tous les congénères possibles des PCDD, des PCDF et des BPC, seulement 21 sont reconnus pour être hautement toxiques pour le poisson. Ces produits chimiques puissants présentent une substitution chlorée qui crée des géométries moléculaires et des conformations planaires similaires à celles de la TCDD. Or les embryons et les alevins vésiculés du touladi sont très sensibles aux effets toxiques résultant de l'exposition de la mère à la TCDD et aux 20 composés chimiques qui y sont apparentés par leur structure. Au cours des 15 dernières années, les recherches ont permis de déterminer la toxicité des divers congénères par rapport à la TCDD et une série de facteurs d'équivalence de la toxicité (FET) ont été établis en fonction de la mortalité du touladi durant les premiers stades de vie. La toxicité causée par la TCDD durant les premiers stades de vie du touladi se manifeste par une affection œdémateuse non infectieuse, que l'on désigne sous le nom de maladie du « sac bleu » et qui présente une courbe dose-réponse prononcée : le seuil se situe à environ 30 pg de TCDD/g d'oeuf et le taux de mortalité totale est atteint à environ 100 pg de TCDD/g d'oeuf.

Aux fins de son évaluation rétrospective des risques, Cook a cherché à estimer l'exposition aux congénères apparentés à la TCDD, ainsi que la bioaccumulation de ces composés durant les années pendant lesquelles aucun échantillon d'oeuf n'était disponible ou le touladi était absent de l'écosystème. Ainsi, les concentrations historiques de toxicité équivalente pour la TCDD dans les oeufs de touladi ($CTEq_{\text{oeufs}}$) ont été prévues à partir de sections de carottes de sédiments datés aux radionucléides. Afin de pouvoir

comparer l'exposition historique des embryons de touladi aux conditions récentes, il a fallu réunir les conditions suivantes : 1. établissement des profils de datation aux radionucléides haute résolution dans deux carottes de sédiments; 2. détermination des facteurs d'accumulation biote-sédiments de référence, spécifiques de la carotte, pour chaque composé chimique apparenté à la TCDD dans les oeufs de touladi; 3. correction de ces facteurs d'accumulation pour tenir compte des effets des variations temporelles dans la répartition des produits chimiques entre l'eau et les sédiments. Alors que la relation dose-effet illustre la toxicité apparente de la TCDD durant les premiers stades de vie du touladi, la $CTEq_{\text{oeufs}}$ ainsi calculée a permis de prévoir une période prolongée pendant laquelle la survie des alevins vésiculés du touladi a été négligeable.

De fait, le modèle de Cook prévoit une hausse de la mortalité des alevins vésiculés ainsi qu'un risque d'effets sublétaux reliés à la TCDD à partir de 1940, après plus d'une décennie marquée par une baisse des effectifs imputable à une diminution de l'ensemencement et à la disparition des touladis adultes sous l'effet de la pêche commerciale, ce qui montre que la toxicité durant les premiers stades de vie explique à elle seule le déclin subséquent de l'espèce à partir de 1950. Après 1980, la diminution de la survie des alevins, combinée aux effets létaux et sublétaux et peut-être aussi à d'autres facteurs environnementaux aggravants, a sans doute contribué à l'échec de la reproduction des touladis ensemencés, malgré la diminution graduelle de la $CTEq_{\text{oeufs}}$. Depuis 1995, toutefois, des données semblent indiquer une reproduction naturelle limitée. À l'heure actuelle, il est probable que l'exposition à la TCDD et aux composés chimiques qui y sont apparentés se situe près de la concentration sans effet nocif observé (CSEO $CTEq_{\text{oeuf}} = 5 \text{ pg de TCDD/g oeuf}$) la plus probable. Cependant, les effets sublétaux, qui pourraient résulter d'une exposition chronique à de faibles doses de contaminants apparentés à la TCDD, ainsi que d'autres facteurs susceptibles de nuire au recrutement des touladis sauvages, n'ont pas tous été étudiés en profondeur. Cook conclut que d'autres espèces de poisson moins sensibles ont sans doute aussi été touchées lorsque les niveaux d'exposition étaient à leur maximum.

Si l'on présume qu'il n'y a eu aucun nouvel apport de composés chimiques persistants bioaccumulables présentant une toxicité similaire à la TCDD, le risque de toxicité associé aux composés apparentés à la TCDD continuera de diminuer à mesure que seront réduites les concentrations de PCDD, PCDF et BPC dans les sédiments superficiels. Il semble donc des plus certains que, non seulement les contaminants persistants apparentés à la TCDD ont contribué à la disparition historique d'une ressource halieutique d'une grande valeur économique dans le lac Ontario mais, jusque tout récemment, ces contaminants ont aussi fait obstacle aux vastes efforts de restauration. Les travaux menés par Cook et ses collègues montrent également que le succès des mesures visant à freiner l'apport de composés chimiques persistants apparentés à la TCDD ont amélioré les conditions dans le lac Ontario, au point où la mortalité apparente durant les

premiers stades de vie, due à la présence des composés chimiques apparentés à la TCDD, n'est plus perçue comme un facteur limitant le rétablissement de populations autosuffisantes de touladis.

Les efforts visant à restreindre l'apport direct de 2,3,7,8-tétrachlorodibenzo-*p*-dioxine (TCDD) et d'autres contaminants apparentés dans les Grands Lacs ont été très fructueux. En effet, grâce à la réduction des concentrations de BPC et de TCDD dans les oeufs de touladi, on ne craint plus que la mortalité apparente contribue à la destruction des alevins vésiculés. Cependant, cette réduction a considérablement ralenti au cours des dernières années et il faut maintenant déterminer de façon rigoureuse les conditions d'exposition dans lesquelles les effets sublétaux de la TCDD et des contaminants apparentés n'auront plus d'impact sur les alevins vésiculés et ne contribueront sans doute plus aux problèmes futurs de recrutement.

Don Tillitt, du Columbia Environmental Research Center de la US Geological Survey, a présenté au Groupe de travail sur la santé de l'écosystème du CCS les résultats de travaux récemment terminés sur les effets sublétaux de la contamination par la TCDD chez les alevins vésiculés de la truite arc-en-ciel. Pour étudier ces effets, il a réalisé des tests comportementaux basés sur la réaction optomotrice pour faire une évaluation préliminaire de la fonction visuo-motrice des alevins nageants viables se développant à partir des oeufs exposés à des doses progressives de TCDD. Les résultats préliminaires font état de déficits importants par comparaison au groupe « normal », au niveau de la perception des détails (acuité visuelle), de la détection des mouvements (seuils de stimulation lumineuse intermittente) et de la capture des proies, déficits qui ont été observés au tiers de la concentration létale moyenne. Ces effets ont aussi été associés à une diminution de la densité des cellules ganglionnaires dans la rétine. Ces résultats montrent que des facteurs autres que la mortalité apparente pourraient contribuer à l'échec du recrutement et ils laissent croire que les alevins vésiculés, qui survivent à une exposition à la TCDD supérieure à la concentration sans effet observé associée à la mortalité apparente des oeufs, manifestent des effets nocifs qui pourraient ultérieurement nuire à leur survie et au recrutement. Ces résultats viennent également corroborer la thèse voulant que la concentration actuelle de toxicité équivalente pour la TCDD (soit 5 pg/g oeuf) dans les oeufs de touladi du lac Ontario se rapproche sans doute de la concentration sans effet nocif observé la plus probable et que d'autres facteurs doivent aussi contribuer au faible niveau de recrutement qui persiste chez les touladis sauvages.

Le syndrome de mortalité précoce est l'expression utilisée pour décrire la mort des embryons de la progéniture de tous les salmonidés (saumon coho, saumon quinnat, truite arc-en-ciel, truite de mer et touladi) dans les lacs Michigan et Ontario et aussi, dans une moindre mesure, dans les lacs Huron et Érié. Parmi les symptômes cliniques du syndrome de mortalité précoce, mentionnons les suivants : perte d'équilibre, nage en spirale, léthargie, hyperexcitabilité, hémorragie et mort survenant entre l'éclosion et le moment

où le poisson s'alimente pour la première fois. Avant 1993, le taux de mortalité dû au syndrome de mortalité précoce chez la progéniture du saumon coho dans le lac Michigan était d'environ 20 p. 100. Depuis 1993, ce taux s'est accru considérablement et il s'est avéré inquiétant à la fois pour les stocks de saumon coho et quinnat chaque année, sauf en 1997 et 1998. Durant cette période de dix ans, l'incidence du syndrome de mortalité précoce chez le touladi des lacs Ontario et Michigan a varié entre 5 et 70 p. 100, s'établissant en moyenne à près de 30 p. 100. De faibles concentrations de thiamine dans les oeufs et l'amélioration de la survie après un apport de thiamine sont fréquemment associées au syndrome de mortalité précoce. Au cours des quelques dernières années, les recherches sur la manifestation de ce syndrome chez les espèces des Grands Lacs ont permis de réaliser des progrès considérables, dont les suivants :

1. démonstration qu'il est possible de reproduire en laboratoire les symptômes apparentés au syndrome de mortalité précoce en provoquant une carence en thiamine ou en administrant des antagonistes de la thiamine;
2. hypothèse selon laquelle une carence en thiamine dans les oeufs peut être associée à une baisse du recrutement des alevins, même si le poisson survit à la mortalité apparente;
3. confirmation que l'activité de dégradation de la thiamine chez les deux espèces de poissons fourrages exotiques (gaspereau et éperlan) a été jusqu'à cent fois plus élevée que chez les espèces de hareng indigènes;
4. observation selon laquelle les concentrations de thiamine chez le poisson fourrage suffisent à satisfaire aux besoins nutritionnels, mais l'activité de dégradation de la thiamine (thiaminase) peut varier sensiblement

chez les sujets d'une même espèce (variabilité temporelle et géographique), en plus de différer entre les espèces-proies qui élaborent l'enzyme;

5. isolement de deux souches microbiennes réagissant positivement à la thiaminase dans les viscères du gaspareau, laissant croire qu'il s'agit d'une source possible de thiaminase chez ces espèces-proies.

Tillitt et ses collègues ont fait une évaluation préliminaire de la fonction visuo-motrice des alevins nageants viables de touladi provenant d'oeufs contenant de très faibles concentrations de thiamine (<1 nmol/g) et des concentrations « normales » (> 10 nmol/g). Les premiers résultats font état de déficits statistiquement significatifs dans le groupe à faible teneur en thiamine par comparaison au groupe « normal », au niveau de la perception des détails (acuité visuelle) et de la détection des mouvements (seuils de stimulation lumineuse intermittente) évalués en conditions à la fois photopiques (vision diurne) et scotopiques (vision nocturne). Ces résultats sont en accord avec ceux d'autres études récentes portant sur l'évitement des prédateurs ou la capture des proies (Fitzsimons *et al.*, 2002). Ainsi, les études sur les effets de l'évitement des prédateurs et la capture des zooplanctons font état de relations significatives, quoique variables en fonction de la source des oeufs, entre la concentration de thiamine et l'évitement des prédateurs par les alevins. Sur la base des résultats de ces études, la concentration seuil avec effet de thiamine dans les oeufs a été fixée provisoirement à 3 nmol/g. Tous ces résultats indiquent que la majorité des populations de touladis et de saumons sont sensibles à une faible teneur en thiamine et ceci pourrait être un élément important susceptible d'expliquer l'absence de recrutement de touladis actuellement observée dans les Grands Lacs.

7.4 ÉTUDE SUR L'EXPOSITION AUX CONTAMINANTS ET SUR SES EFFETS SUR LA SANTÉ DE LA FAUNE AQUATIQUE ET TERRESTRE

7.4.1 Information

En 1998, Santé Canada a publié des données qui comparent la santé récente des Canadiens vivant dans les 17 secteurs préoccupants du Canada à l'ensemble des habitants de la province de l'Ontario. Quelques années plus tard (2001), Environnement Canada amorçait l'Étude sur l'exposition aux contaminants et ses effets sur la santé de la faune aquatique et terrestre dans les secteurs préoccupants du Canada afin de déterminer si certains effets sont associés aux contaminants présents dans l'environnement aquatique. Depuis longtemps, le CCS cherche à comprendre l'origine des contaminants toxiques et à en déterminer la teneur et les effets sur les espèces sauvages dans les Grands Lacs. Alors qu'il existe des programmes de surveillance bien établis pour mesurer les concentrations de produits chimiques toxiques persistants dans les Grands Lacs et que ces programmes font état d'une réduction sensible des produits chimiques les plus souvent mesurés, les effets sur la santé de la faune terrestre et aquatique ont été moins étudiés et il n'y a eu en fait aucun programme de surveillance systématique des effets sur la santé. La phase I (2001-2005) de cette étude a pour but de définir les conditions dans les secteurs préoccupants canadiens des Grands Lacs inférieurs. À la fin de cette première phase, on évaluera la nécessité d'étendre les évaluations aux secteurs préoccupants des Grands Lacs supérieurs. Cette étude menée par Environnement Canada a pour objectifs :

1. de documenter les effets sur la santé des poissons et de la faune, en mesurant certains paramètres essentiels au développement, à la croissance et à la reproduction des individus et des populations. À cette fin, une gamme de paramètres ont été choisis en fonction de leur sensibilité à l'exposition à des produits chimiques, de l'existence de résultats concrets provenant d'études antérieures, de leur rapidité d'analyse et des ressources devant y être affectées, pour déceler les effets au niveau de la population, au niveau des individus et au niveau intracellulaire;
2. de recueillir des données courantes sur l'exposition dans l'eau, ainsi que chez le poisson et la faune, dans les secteurs préoccupants; en plus de mesurer des polluants organiques persistants comme les organochlorés, des techniques de chimie analytique permettant de mesurer des produits chimiques moins persistants, mais susceptibles d'être présents chez le poisson et la faune, seront évaluées en vue de déterminer l'exposition à ces autres contaminants dans l'environnement;
3. d'intégrer et d'évaluer les résultats dans des rapports propres à chaque lac, en formulant s'il y a lieu des recommandations sur les stratégies de surveillance à long terme.



Parmi les indicateurs sur la santé choisis, mentionnons les suivants :

- évolutions au fil des ans des populations dans le bassin des Grands Lacs;
- indicateurs de la santé génésique;
- état du système endocrinien, incluant la structure et la fonction de la thyroïde et les hormones intervenant dans les réactions de stress;
- tests diagnostiques des fonctions organiques, incluant le foie, le rein, le pancréas et les os;
- tests de la fonction immunitaire.

Les résultats préliminaires de cette étude montrent que des effets sur la santé de la faune ont été observés dans plusieurs secteurs préoccupants du Canada en 2001, mais les résultats pour le poisson ne sont pas encore disponibles. Des effets sur la reproduction, ainsi que sur les fonctions endocrinienne et immunitaire, ont été observés chez les oiseaux et les tortues et sont similaires à des effets rapportés chez des populations humaines de certains secteurs préoccupants canadiens. Les résultats obtenus témoignent de l'importance et de la nécessité d'effectuer une surveillance continue des effets sur la santé dans les secteurs préoccupants et autres régions contaminées du bassin des Grands Lacs et d'établir un modèle utilisable.

7.4.2 Orientations futures possibles

Comme l'Étude sur l'exposition aux contaminants et ses effets sur la santé de la faune aquatique et terrestre, menée par Environnement Canada, témoigne clairement d'effets sur la santé des goélands argentés ou des chélydres serpentes (ou les deux) dans plusieurs secteurs préoccupants du Canada, le CCS propose que des travaux basés sur une série similaire d'indicateurs sensibles soient menés sur ces mêmes espèces dans d'autres secteurs préoccupants et régions contaminées des Grands Lacs, et plus particulièrement dans les secteurs préoccupants des États-Unis où les substances toxiques persistantes posent problème, notamment dans les baies Green et Saginaw.

7.5 ÉTUDE DE L'AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY (ATSDR) SUR LES RÉPERCUSSIONS SUR LA SANTÉ PUBLIQUE DES SUBSTANCES DANGEREUSES DANS LES SECTEURS PRÉOCCUPANTS AMÉRICAINS DES GRANDS LACS

7.5.1 Information

Le CCS mène de vastes travaux dans le domaine de la santé communautaire et il conseille la CMI sur cette question depuis plusieurs cycles biennaux. En sa qualité de membre du Groupe de travail sur la santé de l'écosystème, Christopher DeRosa, de l'Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), participe activement aux activités de la CMI et, à la demande de la Section américaine de la CMI, il a accepté de mener des recherches plus approfondies sur les effets des substances dangereuses sur la santé publique dans les secteurs préoccupants américains des Grands Lacs.

Les secteurs préoccupants des Grands Lacs sont des régions géographiques qui ont subi une forte dégradation à l'intérieur du bassin des Grands Lacs. Ces secteurs sont définis comme suit dans l'*Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs* (annexe 2 du Protocole de 1987) : « secteur géographique qui ne répond pas aux objectifs généraux ou spécifiques de l'Accord, ce qui fait que son utilisation ou que sa capacité de servir d'habitat aux organismes aquatiques est diminuée ou est susceptible de l'être ». Les gouvernements canadien et américain ont défini 43 secteurs, dont 26 se trouvent dans les eaux américaines et 17 dans les eaux canadiennes (cinq relèvent à la fois des États-Unis et du Canada, car ils sont situés sur des réseaux fluviaux de

communication). Tous ces secteurs préoccupants sont exposés aux effets de la contamination chimique provenant de sources de pollution locales ou éloignées. Cependant, aucun organisme n'a fait d'évaluation systématique ayant pour but de déterminer dans quelle mesure les sites de déchets dangereux contribuent à la charge de contaminants chimiques dans l'environnement et d'étudier les répercussions de ces contaminants sur la santé publique.

La CMI a demandé à l'ATSDR de présenter et d'analyser les données extraites d'études qu'elle a menées sur les effets des sites de déchets dangereux sur la santé publique dans les 26 secteurs préoccupants. Plus précisément, elle a demandé à l'ATSDR d'identifier les sites évalués, de déterminer la catégorie de risque propre à chacun, de fournir des données démographiques pertinentes sur les populations à risque, de préciser les voies d'exposition et de déterminer les substances d'intérêt prioritaire qui se propagent par ces voies.

7.5.2 Orientations futures possibles

En sa qualité d'organisme consultatif scientifique auprès de la CMI sur les questions liées à la qualité de l'eau, aux termes de l'*Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs*, le CCS examinera avec intérêt les résultats de l'ATSDR lorsqu'ils seront présentés à la CMI, en juillet 2003.

7.4
7.5

7.6 PATHOGÈNES D'ORIGINE HYDRIQUE DANS LES GRANDS LACS : BESOINS ACTUELS ET NOUVEAUX EN MATIÈRE D'ÉVALUATION DES RISQUES ET SOLUTIONS

7.6.1 Information

La salubrité des approvisionnements en eau est un des fondements de la santé publique et communautaire, qui fut mis en lumière lorsque John Snow a démontré que l'exposition à de l'eau polluée contribuait à la manifestation de maladies d'origine hydrique dans la population (Vinten-Johansen *et al.*, 2003). Alors que le choléra et la typhoïde furent les préoccupations sanitaires des XIX^e et XX^e siècles, à de nouveaux défis, dont l'émergence et la résurgence de bactéries, de parasites et de virus. Au début du siècle, l'apparition de maladies infectieuses d'origine hydrique dans les grandes villes de l'ensemble des Grands Lacs, ainsi que la menace que laissait planer la pollution d'un côté de la frontière pour la santé publique de l'autre pays, ont entre autres mené à la ratification du Traité des eaux limitrophes de 1909.

De même, parmi les principales préoccupations qui ont mené à la négociation et à la signature de l'*Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs* de 1972 figuraient les maladies causées par des agents microbiologiques. Bien que la majeure partie des travaux réalisés en vertu de l'*Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs* de 1978, par la suite modifié par le Protocole de 1987, aient porté sur les substances toxiques persistantes, le CCS est conscient de la responsabilité permanente qu'il a de conseiller la CMI sur l'état des recherches sur les agents microbiologiques. À la 27^e réunion du Groupe de travail sur la santé de l'écosystème qui s'est tenue à Windsor le 13 novembre 2002, Tom Edge, de l'Institut national de recherche sur les eaux de Burlington (Ontario), a justement traité de l'avancement des recherches sur les questions pressantes en microbiologie.

Selon de récentes statistiques des Centers for Disease Control, les poussées épidémiques de maladies d'origine hydrique, associées aux eaux récréatives et à la consommation d'eau potable, sont en hausse aux États-Unis (Lee *et al.*, 2002) et ce, malgré les nouvelles règles et les nouveaux règlements régissant les eaux. Les poussées épidémiques de maladies d'origine hydrique sont également une préoccupation croissante au Canada (Edge *et al.*, 2001), en particulier depuis les récents foyers qui se sont déclarés à Walkerton (Ontario) et à North Battleford (Saskatchewan). Cependant, on ne possède aucune estimation quant à l'ampleur des maladies endémiques d'origine hydrique dans la région des Grands Lacs.

Aux États-Unis, l'Environmental Protection Agency est l'organisme fédéral chargé de la protection et de la réglementation des eaux en vertu de la *Safe Drinking Water Act* de

1974 et de la *Clean Water Act*, une loi de 1977 modifiant la *Federal Water Pollution Control Act* de 1972. Bien qu'on déplore souvent l'absence de lien entre ces deux lois qui n'examinent pas le cycle hydrologique dans son ensemble, les approches communes en matière de protection des bassins hydrographiques, de même que l'utilisation de données basées sur la science et sur les risques et l'approfondissement des connaissances dans le but de protéger la santé environnementale et humaine, ont contribué à établir des rapprochements entre ces lois. Les contaminants microbiens (pathogènes d'origine hydrique) ont souvent été exclus des programmes d'évaluation et de protection de la qualité de l'eau, lesquels ont ciblé plutôt les contaminants chimiques. Or dans 60 p. 100 des cas, la dégradation des eaux utilisées à des fins récréatives est due au dépassement d'indicateurs bactériens fécaux, et des risques connus pour la santé ont été associés à une exposition à des pathogènes d'origine hydrique.

Santé Canada participe à un certain nombre d'activités liées à la qualité de l'eau au Canada, dont l'élaboration des Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada et des Recommandations au sujet de la qualité des eaux utilisées à des fins récréatives au Canada. Les Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada sont établies en collaboration avec les provinces, les territoires et d'autres ministères fédéraux, par l'entremise du Comité sur l'hygiène du milieu et du travail. Santé Canada a aussi collaboré avec ce comité à la production du document *De la source au robinet*, lequel propose une stratégie à « barrières multiples » pour assurer la salubrité des approvisionnements en eau potable. Et bien que les pratiques de gestion optimales qui y sont proposées portent sur la qualité de l'eau potable, l'approche préconisée pour protéger les sources d'approvisionnement en eau peut aussi s'appliquer aux eaux utilisées à des fins récréatives.

Santé Canada a relevé un certain nombre de lacunes dans les recherches sur les pathogènes préoccupants pour la santé humaine dans les Grands Lacs, notant entre autres qu'il faut chercher à mieux comprendre les sources de pathogènes, leur prévalence et leur distribution pour être en mesure d'élaborer des stratégies d'assainissement.

La question des nouveaux pathogènes retient beaucoup l'attention ces derniers temps, et un grand nombre de facteurs ont été invoqués pour expliquer cette « émergence » apparue de pathogènes, dont les suivants :

- Sensibilité ou vulnérabilité des populations : Nos communautés comptent de plus en plus de personnes âgées et immunodéprimées (greffés, sidéens), sans parler des diabétiques, des bébés et des femmes enceintes, qui tous peuvent être plus sensibles aux effets sérieux (Gerba *et al.*, 1996).

- **Transport planétaire** : Aujourd'hui, les aliments proviennent de tous les coins du monde et ceci contribue à la distribution des pathogènes (i.e. *Cyclospora*); les gens sont aussi beaucoup plus mobiles et peuvent traverser le globe en moins de 24 heures et transporter avec eux des infections.
- **Antibiorésistance** : La résistance aux antibiotiques augmente en raison de l'usage répandu des antibiotiques en médecine et en agriculture. Selon un récent rapport de l'Organisation mondiale de la santé (WHO, 2001), des infections de plus en plus résistantes aux médicaments font leur apparition partout dans le monde et risquent de rendre incurables des maladies qu'il était jusque-là possible de traiter (<http://www.who.int/emc/amr.html>).
- **Transmission des zoonoses** : Le plus grand nombre d'animaux et les changements dans les pratiques agricoles pourraient accroître les risques de transmission et de propagation des microbes, des animaux aux humains.
- **Évolution des pathogènes** : Les virus à ARN, par exemple, n'ont pas de mécanisme de réparation durant la répllication et ils peuvent évoluer rapidement.
- **Amélioration des outils de diagnostic** : On dispose aujourd'hui d'outils moléculaires puissants qui permettent désormais d'étudier des maladies qui n'avaient jamais été identifiées ou des micro-organismes qui ne pouvaient être mis en culture.

Les facteurs précités s'appliquent à la liste croissante des pathogènes d'origine hydrique. À cela s'ajoutent, dans les Grands Lacs, un certain nombre d'autres facteurs associés au risque d'introduction de nouveaux pathogènes et à leurs répercussions sur la qualité de l'eau et la santé.

Le tableau 1 présente des exemples de certains de ces facteurs.

La région des Grands Lacs compte quelque 30 millions d'habitants et 80 p. 100 de son littoral appartient à des

propriétaires privés. Parmi les 31 secteurs préoccupants, 61 p. 100 sont impropres à la baignade et 29 p. 100, impropres à la consommation d'eau potable. Il ne fait aucun doute qu'il existe dans ce bassin des facteurs qui influent sur les risques potentiels pour la santé publique associés à la dégradation de la qualité de l'eau et à la contamination microbienne.

Les pathogènes d'origine hydrique peuvent constituer une grave menace pour les écosystèmes aquatiques et diverses sources alimentant les réseaux d'eau potable, les eaux utilisées à des fins récréatives, ainsi que les réseaux utilisés en agriculture et en aquaculture dans l'ensemble de la région des Grands Lacs. Plutôt que de tenter de déceler directement la présence d'un grand nombre de pathogènes susceptibles d'être dans l'eau, les efforts de surveillance de la qualité microbienne de l'eau ont été axés principalement sur la détection de micro-organismes indicateurs fécaux, comme les coliformes totaux ou *Escherichia coli*. De fait, bon nombre des décisions liées à la qualité microbienne de l'eau dans la région des Grands Lacs reposent actuellement sur des tests basés sur des indicateurs bactériens fécaux, sur la possibilité de mettre en culture les bactéries fécales en laboratoire et sur l'application de régimes d'échantillonnage périodique de l'eau. Bien qu'une telle approche puisse offrir une solution pratique à un problème difficile, il est de plus en plus reconnu qu'elle est inadéquate pour assurer la salubrité des approvisionnements en eau.

Il a en effet été démontré que les indicateurs microbiologiques existants, comme les coliformes totaux, sont parfois de piètres indicateurs de la contamination fécale. Cependant, même si le coliforme *E. coli* est considéré comme un meilleur indicateur de la pollution fécale, son écologie dans les écosystèmes aquatiques diffère souvent de celle des autres pathogènes d'origine hydrique comme les virus et les protozoaires. Donc, les différences au niveau de la persistance des coliformes, de leurs modes de transmission ou de leur sensibilité aux procédés de traitement de l'eau potable réduisent leur utilité comme prédicteur de la présence possible de divers pathogènes d'origine hydrique.

TABLEAU 1

Exemples de facteurs ayant une incidence sur la qualité de l'eau et les risques pour la santé

Facteur	Résultat	Exposition	Problème de santé
Changement dans les populations et l'utilisation des terres	Augmentation des populations humaines et animales; ruissellement accru	Augmentation du volume de déchets. Urbanisation croissante. Systèmes d'élevage en claustration.	Accès accru aux plages en milieu urbain. Populations vulnérables à risque (p. ex., immunodéprimés, personnes âgées et jeunes). Pathogènes zoonotiques.
Infrastructure	Vieillesse des réseaux d'aqueducs et d'égouts; débordement des égouts unitaires et des égouts pluviaux	Rejet d'un plus grand volume d'eaux usées non traitées dans les cours d'eau	Fortes charges de bactéries, de parasites et de virus pathogènes.
Transport	Transmission des agents à l'échelle mondiale	Introduction de contaminants par les eaux de lest	Risques connus pour l'écosystème et présence soupçonnée du choléra en Amérique du Sud. Découverte de coliformes fécaux dans les eaux de lest.
Climat	Davantage de tempêtes et de sécheresses	Effets sur le déplacement et la survie des pathogènes	Risques accrus de maladies d'origine hydrique associés aux précipitations, aux tempêtes et à la température.

7.6.1 Orientations futures possibles

Surveillance directe des pathogènes et nouvelles approches

Le CCS propose de mener d'autres recherches afin de mieux comprendre les limites des indicateurs microbiens actuellement utilisés pour juger de la qualité de l'eau et de mettre au point de meilleures méthodes de détection spécifiques du pathogène et basées sur de nouveaux indicateurs. Ces nouvelles méthodes devraient être utilisées dans les principaux secteurs préoccupants où la dégradation de la qualité de l'eau a été confirmée par des indicateurs, afin que les efforts de restauration puissent s'appuyer sur des données scientifiques fondées sur les risques.

Le tableau 2 décrit certains micro-organismes qui peuvent se propager par le biais de l'eau contaminée. A cours des trois dernières décennies (1970 à 2000), de nombreuses espèces de bactéries, de parasites et de virus ont été mises en cause

dans d'importantes poussées de maladies d'origine hydrique à travers le monde. Comme la plupart des micro-organismes d'origine hydrique se transmettent par voie fécale-orale, il est important d'en surveiller et d'en contrôler la manifestation dans les eaux usées, les déchets d'origine animale, les eaux utilisées à des fins récréatives et l'eau potable. L'application de nouveaux outils de surveillance et d'analyse de ces micro-organismes sera déterminante dans l'approfondissement des connaissances sur les nouveaux pathogènes et l'amélioration des efforts de lutte dirigés contre eux (Huffman *et al.*, 2003).

Un grand nombre de ces micro-organismes figurent sur la liste des contaminants potentiels (Contaminant Candidate List) de la US EPA, d'où l'importance de recueillir des données sur leur présence dans l'eau (LeChevallier *et al.*, 1999a; 1999b). De plus, bon nombre se transmettent à la fois par l'eau potable et l'eau utilisée à des fins récréatives, notamment *E. coli*, *Cryptosporidium*, *Microsporidia* et tous les virus. Pour d'autres, par contre, la transmission par ces diverses voies est incertaine (MAC et *Helicobacter*).

TABLEAU 2

Exemples de « nouveaux » pathogènes préoccupants d'origine hydrique
D'après Quintero-Betancourt *et al.*, 2003

Pathogène	Décrit la première fois comme pathogène d'origine hydrique
<i>E.coli</i> 0157:H7 Associé à la diarrhée sanglante (colite hémorragique) et au syndrome hémolytique et urémique	1991
<i>Helicobacter pylori</i> Diarrhée, ulcère gastro-duodéal, carcinome gastrique	1991
Complexe <i>Mycobacterium avium</i> (MAC) Diarrhée et maladies respiratoires	1994
<i>Cryptosporidium</i> Diarrhée aqueuse abondante (de type choléra), perte d'eau, fièvre et douleurs abdominales	1984
<i>Cyclospora</i> Diarrhée aqueuse explosive, fatigue, anorexie, perte de poids, nausées	1994
<i>Microsporidia</i> Infections gastro-intestinales, pulmonaires, nasales, oculaires, musculaires, cérébrales et générales	1997
<i>Toxoplasma</i> (Symptômes pseudogrippaux). Ganglions lymphatiques tuméfiés et douloureux dans les régions cervicale, supraclaviculaire et inguinale. Fièvre, maux de tête, douleur musculaire, anémie, complications pulmonaires. Risque maximal pour le fœtus	1979
Virus Coxsackie Méningite à liquide clair, herpangine, paralysie, exanthème, maladie des mains, des pieds et de la bouche, rhume, hépatite, diarrhée infantile, conjonctivite aiguë hémorragique	1990
Virus de l'hépatite Fièvre, nausées, douleurs abdominales, anorexie et malaises, avec diarrhée légère, arthralgie et ictère scléral. Dommage cytologique, nécrose et inflammation du foie (VHA)	1950
Virus semblables à Norwalk Diarrhée, vomissements, douleurs abdominales, crampes, fièvre neurogène, maux de tête, nausées, fatigue (malaise) et douleurs musculaires (myalgie)	1968
Rotavirus Vomissements, douleurs abdominales, diarrhée, déshydratation, fièvre	1983

Certaines des méthodes de détection directe les plus prometteuses sont basées sur l'utilisation d'anticorps. Les techniques de séparation immunomagnétique ont été utilisées avec succès pour concentrer et purifier des micro-organismes très spécifiques. De plus, les méthodes basées sur anticorps peuvent être combinées à d'autres méthodes, notamment à des biocapteurs avec guides d'onde à coeur liquide qui ont tendance à en accroître la sensibilité.

Les principaux microbes qui figurent sur la liste des contaminants potentiels de la US EPA peuvent, et devraient, faire l'objet de mesures. À titre d'exemple, les chercheurs s'interrogent depuis peu sur l'importance, pour la santé humaine, de la présence du pathogène bactérien *Helicobacter pylori* dans les sources d'eau utilisées pour la consommation ou à des fins récréatives. Même s'il semble que *Helicobacter pylori* soit sensible aux méthodes actuelles de traitement de l'eau potable, des études réalisées dans des régions rurales de la Pennsylvanie ont révélé la présence de ce pathogène dans des eaux de puits déclarées exemptes de coliformes. Aussi faut-il poursuivre les recherches afin de mettre au point de meilleures méthodes pour déceler les nouveaux pathogènes comme *Helicobacter pylori* dans les écosystèmes aquatiques et de mieux comprendre leur écologie et la nature des risques qu'ils présentent dans l'eau (Hegarty *et al.*, 1999). Nous connaissons mal l'écologie de ce pathogène, y compris sa manifestation dans les écosystèmes aquatiques et les risques de transmission hydrique.

Autre préoccupation, des virus dans les eaux côtières se sont révélés des sources potentielles de risque pour les utilisateurs de ces eaux; or ils ont été détectés dans 20 à 80 p. 100 des sites perturbés (Griffin *et al.*, 2002). Des cultures cellulaires et des techniques moléculaires ont été utilisées pour évaluer l'incidence de la pollution, et la contamination a été associée essentiellement au débit d'orage et aux fosses septiques. Cette étude a porté sur les eaux côtières marines, mais très peu d'études ont été faites sur les lacs d'eau douce et leurs zones riveraines.

Cryptosporidium demeure une préoccupation dans le bassin des Grands Lacs. Il y a dix ans se produisait la plus vaste poussée d'origine hydrique jamais observée aux États-Unis; c'était à Milwaukee (Wisconsin) et cette poussée avait alors été associée aux eaux contaminées du lac Michigan (MacKenzie *et al.*, 1995). De nouvelles méthodes d'analyse des matières fécales animales et humaines permettent aujourd'hui d'évaluer les génotypes et l'infectivité des pathogènes en cause et de broser ainsi un tableau plus précis des sources de contamination et des risques pour la santé publique (Quintero-Betancourt *et al.*, 2002).

Tout comme le foyer de Milwaukee a largement contribué à la reconduction de la *Safe Drinking Water Act* aux États-Unis, de même la poussée de *E. coli* 0157H7 à Walkerton a favorisé l'élaboration d'une politique canadienne sur la qualité de l'eau potable (Krewski *et al.*, 2002). L'impact dramatique qu'ont eu ces deux poussées épidémiques sur les collectivités touchées, et les décès causés par la contamination des approvisionnements en eau, ont mené à l'adoption de

politiques axées sur la protection du bassin et des aquifères, ainsi que sur la surveillance de la qualité de l'eau et l'élaboration de lignes directrices afférentes.

Les progrès dans le domaine de la biologie moléculaire ouvrent la voie à la mise au point de nouvelles techniques novatrices de surveillance de la qualité microbienne de l'eau. À titre d'exemple, on utilise de plus en plus les applications de la réaction en chaîne de la polymérase (PCR) pour déceler des pathogènes d'origine hydrique spécifiques dans les écosystèmes aquatiques. On observe également des progrès considérables dans les domaines de la génomique et de la microfluidique. Des outils génomiques, comme les jeux ordonnés de microéchantillons d'ADN, offrent la possibilité de fixer des centaines de milliers de sondes d'ADN pour isoler différents pathogènes d'origine hydrique sur une même plaque en verre. Le jeu ordonné de microéchantillons peut ensuite être utilisé pour analyser simultanément un extrait total d'ADN prélevé de micro-organismes dans un échantillon d'eau, en vue du dépistage d'un grand nombre de pathogènes potentiels. Même si l'application de ces techniques moléculaires à des échantillons prélevés dans l'environnement comporte certaines difficultés, il devient de plus en plus important d'évaluer ces nouveaux outils, de trouver des moyens d'améliorer les méthodes d'analyse par culture qui sont actuellement utilisées pour surveiller la qualité microbienne de l'eau et d'examiner les applications qui pourraient être faites de ces outils moléculaires pour l'étude de l'écologie de pathogènes d'origine hydrique spécifiques. Le fait, par exemple, que le génome complet de *E. coli*, *Cryptosporidium*, *Giardia*, *Helicobacter pylori* et de nombreux virus ait été séquencé et que des gènes puissent être immobilisés sur un jeu ordonné de microéchantillons d'ADN ouvre la voie à la mise au point de systèmes de diagnostic ou de détection complets, capables de fournir des renseignements exhaustifs sur la qualité de l'eau et les risques pour la santé. Cette technique se prête aussi à l'étude de l'expression des gènes, ce qui peut être utile pour définir les principaux modes de survie et de transport.

Certaines de ces nouvelles méthodes sont utilisées dans les Grands Lacs. Ainsi, des chercheurs ont récemment publié un article sur un « nouvel » indicateur possible utilisant la PCR pour faire une évaluation spécifique et rapide dans le lac Michigan (Brinkman *et al.*, 2003). Cette technique, qui permet d'obtenir des résultats en quatre heures, a produit un coefficient de corrélation (r) de 0,93 en comparant les valeurs obtenues à celles des entérocoques -- un indicateur proposé par la US EPA pour les eaux salées. Il faut poursuivre les recherches afin de pouvoir tenir compte de seuils de détection plus faibles, d'établir des liens par rapport à la norme pour *E. coli* et d'évaluer les risques pour la santé publique. Il faudra aussi évaluer la capacité d'appliquer ces nouvelles méthodes dans différents lieux géographiques en tenant compte des sources de pollution ponctuelles et diffuses et des événements pluvio-hydrologiques.

Eaux de lest

Selon des estimations, 21 milliards de gallons d'eau de lest sont rejetés chaque année dans les eaux américaines

(Greenman *et al.*, 1997). Le lest fait référence à tout liquide ou solide introduit à bord d'un navire pour remplacer le cargo et ainsi stabiliser le centre de gravité du navire. Dans la plupart des cas, on prélève des eaux côtières pour servir de lest; cependant, ces eaux contiennent une multitude d'organismes qui peuvent se propager partout dans le monde et être rejetés à des endroits où ils constitueront des espèces non indigènes, souvent nuisibles. De fait, les eaux de lest prélevées des eaux côtières et des ports internationaux ont été des vecteurs responsables de l'introduction de dizaines, voire de centaines, d'espèces dulcicoles et marines aux États-Unis.

Malgré la mise en place de programmes de réglementation, les espèces non indigènes sont en hausse; l'exemple sans doute le plus notoire est celui des moules zébrées qui ont gravement perturbé l'écosystème des Grands Lacs. Cette espèce, qui a une grande capacité d'adaptation, qui se reproduit rapidement et qui peut se déplacer, a en effet causé des problèmes considérables dans les réseaux d'alimentation en eau potable en s'infiltrant dans les eaux des Grands Lacs, en plus de menacer la chaîne alimentaire (Johnson et Padilla, 1996). Selon un rapport, les ports des Grands Lacs accueillent pendant plus de 80 jours par année au moins un navire provenant d'outremer, alors qu'ils en comptent deux pendant plus de 64 jours et trois, pendant 38 jours (Niimi, 2000).

En vertu de deux lois américaines, soit la *Non-indigenous Aquatic Nuisance Prevention and Control Act* de 1990 et la *National Invasive Species Act* de 1996, la Garde côtière peut réglementer les pratiques de gestion des eaux de lest afin de prévenir le rejet d'eaux de lest transportées par les navires dans les eaux américaines des Grands Lacs.

Ces pratiques de gestion s'inscrivent actuellement dans l'une des deux catégories générales suivantes :

- échange d'eau de lest en haute mer;
- systèmes de traitement des eaux de lest.

En 1993, un programme obligatoire d'échange d'eau en haute mer a été mis en place pour tous les navires outremer pénétrant dans les Grands Lacs. L'efficacité de ce programme à prévenir l'introduction d'espèces envahissantes a toutefois été mise en doute et on a donc proposé le traitement des eaux de lest, tant à bord des navires que sur terre (Greenman *et al.*, 1997).

Le rejet sécuritaire des eaux de lest a été défini de façon générale comme l'élimination des poissons (larves), des invertébrés, du varech, des algues, des champignons, des protozoaires, des bactéries et des virus. Diverses méthodes ont été proposées pour déterminer ce qui constitue un rejet « sécuritaire ». La densité actuelle d'organismes est estimée à 170 tonnes métriques, mais les échanges d'eau peuvent l'abaisser à deux tonnes métriques. Plusieurs autres objectifs ont aussi été proposés :

- Rejets nuls d'organismes phytoplanctoniques et zooplanctoniques; concentrations maximales de 35 unités formant des colonies (UFC) pour *E. coli* et de 126 pour les entérocoques.
- Objectifs pour l'eau potable prévoyant une réduction de 99,99 p. 100 des virus et de 99,9 p. 100 des protozoaires, sans coliformes totaux décelables, par 100 mL.

- Taux de destruction de 95 p. 100 de six espèces cibles représentatives (vertébrés, invertébrés, phytoplancton et macroalgues).

L'atteinte de ces objectifs nécessitera l'établissement et la surveillance de critères de rejets et/ou la démonstration de l'efficacité du traitement à atteindre un taux de réduction précis (élimination ou inactivation).

Repérage des sources de pollution

Le CCS estime qu'il faudrait déployer de vastes efforts dans le bassin des Grands Lacs afin d'évaluer les méthodes de repérage des sources de pollution et de développer des bases de données qui serviront aux méthodes d'analyse basées sur des bibliothèques et aux études de vérification.

Même si un grand nombre des avis de faire bouillir l'eau et des fermetures de plages s'appuient actuellement sur les résultats de tests mesurant des indicateurs fécaux, comme les coliformes, on est à mettre au point de nouveaux outils pour déterminer les sources de la pollution fécale afin de pouvoir apporter rapidement les correctifs qui s'imposent. De fait, une variété de techniques susceptibles d'aider à déterminer l'origine et le mouvement transfrontalier de la pollution fécale dans la région des Grands Lacs sont actuellement à l'étude. Une des voies de recherche qui s'annonce prometteuse pour examiner les problèmes liés aux pathogènes d'origine hydrique et les sources de pollution diffuses dans les Grands Lacs est la localisation des sources microbiennes, cette méthode ayant pour but de déterminer l'origine de la pollution fécale (Scott *et al.*, 2002; Simpson *et al.*, 2002). Ce domaine inclut le ribotypage, l'analyse du profil d'antibiorésistance, le typage des coliphages, la BOX-PCR, les marqueurs de la spécificité génétique de *E. coli* et des entérocoques, le typage des entérovirus et le génotypage de *Cryptosporidium*. Certaines de ces techniques exigent la création d'une vaste bibliothèque, tandis que d'autres sont plus spécifiques de l'hôte. Toutes, cependant, devront être évaluées et vérifiées au moyen de relevés permettant de recueillir des données de base.

L'Institut national de recherche sur les eaux d'Environnement Canada, situé à Burlington (Ontario), étudie l'utilisation de techniques d'empreinte génétique par BOX-PCR et d'analyse des profils d'antibiorésistance, pour caractériser les isolats de *E. coli* décelés dans les eaux prélevées près des rives du lac Ontario. Ces techniques consistent d'abord à établir une bibliothèque des empreintes génétiques ou des profils des isolats de *E. coli* extraits de sources locales de matières fécales, comme les fèces humains, le fumier de bétail ou les fèces d'outardes. Les empreintes génétiques ou les profils des isolats de *E. coli* extraits des échantillons d'eau prélevés du lac sont ensuite comparés à ceux de la bibliothèque, pour déterminer la ou les sources de pollution fécale. Un certain nombre de chercheurs du Canada et des États-Unis étudient activement les applications de différentes techniques de localisation des sources microbiennes dans la région des Grands Lacs, et il ne fait aucun doute que ce domaine de recherches continuera de progresser au cours des années à venir et qu'il produira de

nouveaux outils qui permettront de déterminer plus rapidement et de façon plus précise les sources de pollution fécale responsables de la contamination de l'eau potable et des eaux utilisées à des fins récréatives dans les Grands Lacs.

Traitement des eaux usées et urbanisation

Le CCS suggère d'estimer les charges de pathogènes microbiens, incluant les virus et les parasites, qui s'introduisent dans les rivières et les lacs à partir des rejets d'eaux usées, afin de déterminer la capacité limite des cours d'eau et les risques connexes.

La plupart des installations classiques d'épuration des eaux usées peuvent traiter les matières en suspension, la demande biologique en oxygène et aussi, dans certains cas, les coliformes fécaux, mais elles sont en revanche peu efficaces contre les virus et les protozoaires entéro-pathogènes. De fait, dans la plupart des effluents traités par des procédés secondaires, on peut déceler des taux variant entre 10 et 100 parasites et virus par 100 litres (Rose *et al.*, 2001a), et on estime qu'une seule installation peut rejeter jusqu'à un million d'organismes pathogènes chaque jour dans un plan d'eau. De plus, les risques et les concentrations augmentent encore davantage sous l'effet des débordements des égouts unitaires et des égouts pluviaux, mais on ne possède souvent aucune donnée pour évaluer ces risques.

On connaît mal le devenir (survie et transport) de ces entéro-pathogènes dans les Grands Lacs, et il importe de recueillir des données qui pourront ensuite être utilisées dans des modèles pour évaluer les risques d'exposition du public sur les plages et par la consommation d'eau potable.

Changements climatiques

Le CCS propose également d'examiner l'évolution de la qualité de l'eau dans les principaux cours d'eau en regard de divers scénarios d'écoulement. Il faut notamment étudier les événements pluvio-hydrologiques et les changements dans la qualité de l'eau dans les régions où il peut y avoir exposition du public et risques pour la santé.

Le rapport « *Confronting Climate Change in the Great Lakes Region: Impacts on our Communities and Ecosystems* » (Kling et Wuebbles, 2003), qui vient d'être publié, présente des résultats alarmants quant à l'incidence des changements climatiques sur la quantité d'eau. De plus, ces effets prévus sur la quantité d'eau se répercuteront sur la qualité de l'eau et, même si on ne sait pas encore dans quelle mesure, il ne fait aucun doute que ces changements pourraient avoir une incidence sur le risque de maladies d'origine hydrique (Patz *et al.*, 2000; Rose *et al.*, 2001b). Parmi les prévisions qui ont été établies, mentionnons une hausse de la température d'ici la fin du siècle, laquelle pourrait abaisser encore davantage le niveau des lacs et accroître et prolonger les cycles inondation-sécheresse; l'abaissement du niveau des lacs intérieurs et des cours supérieurs des rivières, en particulier durant l'été, et la diminution de l'humidité du sol. Tous ces effets ne feront qu'accroître la concurrence pour l'utilisation des ressources

d'eau disponibles, en plus de modifier le niveau global de pollution (en réduisant le pouvoir de dilution), d'intensifier les impacts à court terme (davantage de tempêtes) et de réduire la capacité de charge pour contrer la contamination microbienne.

Or de tels effets, même à court terme, sont préoccupants car des maladies peuvent se déclarer à la suite d'événements de contamination microbienne transitoires ou de courte durée. Qui plus est, ces effets se manifesteront surtout durant l'été, à cette période même où plus de gens se retrouvent sur les cours d'eau ou à proximité des plans d'eau et où l'on fait un grand usage des lacs à des fins récréatives.

Modélisation

Le CCS propose d'examiner et de vérifier au sol les nouveaux modèles hydrodynamiques actuellement à l'essai pour l'établissement de prévisions à l'échelle de l'écosystème en vue de les appliquer à l'étude du transport de la pollution microbienne.

Des chercheurs des Grands Lacs utilisent des méthodes de régression pour mettre au point des modèles plus perfectionnés qui permettront de prévoir la qualité de l'eau sur les plages de Chicago et Milwaukee, sur la base d'indicateurs servant à déterminer les risques. Ces modèles s'appuient sur les précipitations des dernières 24 heures, le vent, le rayonnement solaire, la température de l'eau, le niveau du lac, la turbidité de l'eau et le pH. Les précipitations, le vent et la turbidité sont des indicateurs de l'effet marqué des tempêtes sur les concentrations de *E. coli*. À la plage de Milwaukee, les effets pluvio-hydrologiques résultent principalement du débordement des égouts pluviaux dans les affluents, lesquels sont ensuite poussés vers le rivage par les vents d'est. Même si la plage de Chicago n'est pas directement exposée aux débits entrants, les tempêtes ont pour effet de remuer le sable chargé de *E. coli* dans la zone de déferlement. Le rayonnement solaire représente un terme négatif dans le modèle qui reflète la mortalité massive des bactéries sous l'effet des rayons UV, en présence d'un soleil radieux. La température de l'eau et le niveau du lac sont des conditions qui favorisent une forte concentration bactérienne entre les tempêtes. Ainsi, les populations bactériennes se développent plus rapidement en eau chaude et les bactéries deviennent plus concentrées lorsque le niveau du lac diminue à la plage de Chicago. Les modèles proposés ont été évalués en comparant les concentrations mesurées aux prévisions faisant état de concentrations en *E. coli* supérieures au seuil recommandé par la US EPA (soit 235 UFC/100 mL) : ces prévisions établies par modèle ont été exactes pour 66 des 90 événements à la plage de Milwaukee et pour 50 des 57 événements à la plage de Chicago. Dans le premier cas, les erreurs ont été réparties également entre de faux négatifs et de faux positifs, tandis qu'à la plage de Chicago, cinq des six prévisions erronées auraient entraîné l'adoption de mesures de surprotection.

Enfin, il convient d'étendre ce type de recherches à d'autres bassins hydrographiques et de les améliorer afin de pouvoir évaluer les risques associés aux micro-organismes pathogènes, ce qui favorisera la mise au point d'une approche prévisionnelle à la détection des risques.

7.7 ACTIVITÉS ET RÉUNIONS DU CONSEIL CONSULTATIF SCIENTIFIQUE
DURANT LE CYCLE BIENNAL 2001-2003

- | | | | |
|-----|---|--------------------|---|
| 123 | <p>29 novembre 2001
Windsor (Ontario)
<i>Conférenciers invités :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Projet d'indicateurs environnementaux dans les Grands Lacs -- Deborah Swackhamer, University of Minnesota • <i>Consortium for Oceanographic Research and Education</i> -- Anders Andren, University of Wisconsin-Madison | 126 | <p>13 septembre 2002
Windsor (Ontario)
<i>Conférenciers invités :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Fermeture de plages des Grands Lacs : Problèmes et perspectives -- Richard Whitman, USGS • Les sciences aquatiques et les Grands Lacs -- Jan Ciboroski, University of Windsor |
| 124 | <p>28 février 2002
Michigan League, Ann Arbor (Michigan).
Séance du groupe d'évaluation mixte CQE/CCS visant à définir une approche systématique globale pour l'évaluation des programmes dans les secteurs préoccupants
<i>Conférenciers invités :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Modélisation des dépôts atmosphériques de mercure dans les Grands Lacs -- Mark Cohen, NOAA • « Why Don't They Listen? » -- La difficulté de communiquer des données techniques aux autorités locales et de les amener à prendre des mesures en conséquence -- Richard Norton, University of Michigan | 127 | <p>14 novembre 2002
Windsor (Ontario)
<i>Conférenciers invités :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Survol scientifique des problèmes liés à la présence de mercure dans les Grands Lacs -- Milton Clark, US EPA • Profil de la salubrité de l'environnement à Grosse Pointe-- Brian McKenna, LocalMotion |
| 125 | <p>1^{er} et 2 mai 2002
Wyndham Hotel, Toledo (Ohio).
Visite et assemblée publique sur les enjeux scientifiques dans le secteur préoccupant de la rivière Maumee
<i>Conférenciers invités :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Évolution de la qualité de l'eau dans les régions agricoles du lac Érié en regard de la qualité des rivières et des cours d'eau 1975-1995 -- R. (Pete) Richards, Heidelberg College • Quel est le plan d'assainissement pour la rivière Maumee? -- Matt Horvat, Toledo Metropolitan Area Council of Governments et Cherie Blair, Ohio EPA | 7 janvier 2003 | <p>Metro Hall, Toronto (Ontario)
-- Atelier sur les répercussions de l'usage des terres en milieu urbain sur la qualité de l'eau dans les Grands Lacs</p> |
| | | 5-7 février 2003 | <p>Conférence Wingspread, Racine (Wisconsin)
-- Réunion d'experts sur les nouveaux enjeux</p> |
| | | 26-27 février 2003 | <p>Windsor (Ontario)
-- Atelier sur l'élaboration d'une approche écosystémique pour évaluer les effets sur la santé du mercure présent dans les Grands Lacs</p> |
| | | 128 | <p>8 avril 2003
Washington (D.C.)</p> |
| | | 129 | <p>7-8 mai 2003
Windsor (Ontario)</p> |
| | | 130 | <p>18 septembre 2003
University of Michigan, Ann Arbor (Michigan)</p> |

Anders Andren (jusqu'à décembre 2002)①④
University of Wisconsin
Sea Grant Institute
Madison (Wisconsin)

William Bowerman①②
Clemson University
Department of Forestry and Natural Resources
Pendleton (Caroline du Sud)

John Braden①④
Environmental Council
University of Illinois at Urbana-Champaign
Urbana (Illinois)

Scott Brown①②
Institut national de recherche sur les eaux
Burlington (Ontario)

David Carpenter, M.D.①②
Environmental Health and Toxicology
University at Albany
Rensselaer (New York)

J. Milton Clark①②
U.S. Environmental Protection Agency
Chicago (Illinois)

Maxine Cole①②
Akwasasne Task Force on the Environment
Cornwall (Ontario)

Donald Dewees①③
Département d'économie
Université de Toronto
Toronto (Ontario)

Michael Donahue (*co-président - Section américaine*)①③
Great Lakes Commission
Ann Arbor (Michigan)

Glen Fox①②
Service canadien de la faune
Ottawa (Ontario)

Isobel Heathcote (*co-présidente - Section canadienne*)①④
Université de Guelph
Guelph (Ontario)

Keri Hornbuckle (jusqu'à sept. 2002)①④
University of Iowa
Iowa City (Iowa)

Allan Jones①③
Allan Jones and Associates
Burlington (Ontario)

Donna Mergler①②
Département des sciences biologiques
Université du Québec
Montréal (Québec)

Judith Perlinger①③
Civil and Environmental Engineering Dept.
Houghton (Michigan)

Joan Rose①④
Michigan State University
Department of Fisheries and Wildlife
East Lansing (Michigan) 4

David Stonehouse①④
Evergreen
Toronto (Ontario)

Deborah Swackhamer①③
Environmental and Occupational Health
School of Public Health
University of Minnesota
Minneapolis (Minnesota)

Jay Unwin①④
National Council of the Paper Industry
for Air & Stream Improvement, Inc.
Western Michigan University
Kalamazoo (Michigan)

Dr Ross Upshur①②
Sunnybrook Health Science Centre
Toronto (Ontario)

-
- ① Conseil consultatif scientifique
 - ② Groupe de travail sur la santé de l'écosystème
 - ③ Groupe de travail sur les nouveaux enjeux
 - ④ Groupe de travail sur la mise en œuvre par les Parties

MEMBRES DES GROUPES DE TRAVAIL, DES GROUPES DE LIAISON ET DU SECRÉTARIAT,
NON MEMBRES DU CONSEIL

Douglas Alley
Commission mixte internationale
Windsor (Ontario)

H. Kay Austin^①
Commission mixte internationale
Washington (D.C.)

Peter Boyer^{①③}
Commission mixte internationale
Windsor (Ontario)

Theo Colborn^②
The World Wildlife Fund
Washington (D.C.)

Christopher DeRosa^②
Agency for Toxic Substances and Disease Registry
Atlanta (Georgia)

Dr Brian Gibson^②
Ministère de la Santé et des Soins de longue durée de
l'Ontario
Toronto (Ontario)

Michael Gilbertson^②
Commission mixte internationale
Windsor (Ontario)

Ann MacKenzie^①
Commission mixte internationale
Ottawa (Ontario)

Victoria Pebbles
Great Lakes Commission
Ann Arbor (Michigan)

-
- ① Conseil consultatif scientifique
 - ② Groupe de travail sur la santé de l'écosystème
 - ③ Groupe de travail sur les nouveaux enjeux
 - ④ Groupe de travail sur la mise en œuvre par les Parties

- Anderson, H.A., C. Falk, L. Hanrahan, J. Olson, V.W. Burse, L. Needham, D. Paschal, D. Patterson Jr., R.H. Hill Jr. and The Great Lakes Consortium, 1998. Profiles of Great Lakes critical pollutants: A sentinel analysis of human blood and urine. The Great Lakes Consortium. *Envir. Health Perspect* 106(5): 279-289.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), 1999. Toxicological Profile for Mercury. United States Department of Health and Human Services, Public Health Service.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), 2000. Toxicological Profile for Polychlorinated Biphenyls (PCBs). Atlanta, GA. United States Department of Health and Human Services, Public Health Service.
- Barr, J., 1986. Population dynamics of the common loon (*Gavia immer*) associated with mercury-contaminated waters in north-western Ontario. *Can. Wildl. Serv. Occas. Pap.* 56.
- Brinkman, N.E., R.A. Haugland, L.J. Wymer, M. Byappanahalli, R.L. Whitman and S.J. Vesper, 2003. Evaluation of a rapid, quantitative real-time PCR method for enumeration of pathogenic *Candida* cells in water. *Appl. Environ. Microbiol.* 69(3) 1775-1782.
- Canada et États-Unis, 1997. Stratégie binationale relative aux toxiques des Grands Lacs : Stratégie Canada-États-Unis pour l'élimination virtuelle des substances rémanentes des Grands Lacs.
<http://www.on.ec.gc.ca/water/greatlakes/data/binational-toxic-strat/bnsintro-f.html>
- Center for Watershed Protection (CWP), 2003. The Impacts of Impervious Cover on Aquatic Systems. Center for Watershed Protection, Ellicott City, MD 21043
- Cohen, M., 2001. The Atmospheric Transport and Deposition of Mercury to the Great Lakes. Rapport d'étape présenté au CCS/CMI le 15 novembre 2001.
- Cole, D., 2003. Blood mercury levels among fish eaters in Ontario surveys. Présentation à l'atelier sur le mercure, 26-27 février, Windsor (Canada).
- Cook, P.M., J. Robbins, D.D. Endicott, K. Lodge, P.D. Guiney, M.K. Walker, E.W. Zabel and R.E. Peterson, 2003. Effects of Aryl Hydrocarbon Receptor Mediated Early Life-stage Toxicity on Lake Trout Populations in Lake Ontario during the 20th Century. In Press. *Environmental Science and Technology*
- Darvill, T., E. Lonky, J. Reihman, P. Stewart and J. Pagano, 2000. Prenatal exposure to PCBs and infants' performance on the Fagan Test of Intelligence. *Neurotoxicol.* 21 (16): 1029-1038.
- Dastoor, A., 2003. Environment Canada. Personal communication. Aussi dans Cohen, M., 2003. Modeling the Atmospheric Transport and Deposition of Mercury to the Great Lakes. Présentation à l'atelier sur le mercure, 26-27 février, Windsor (Canada).
- Davidson, P.W., D. Palumbo, G. J. Myers, C. Cox, C. F. Shamlaye, J. Sloane-Reeves, E. Cernichiari, G. E. Wilding and T. W. Clarkson, 2000. Neurodevelopmental outcomes of Seychellois children from the pilot cohort at 108 months following prenatal exposure to methylmercury from a maternal fish diet. *Environmental Research* 84(1): 1-11.
- Day, B., 2003. Michigan Department of Environmental Quality. Personal communication.
- Edge, T., J.M. Byrne, R. Johnson, W. Robertson and R. Stevenson, 2001. Waterborne pathogens (p 1-3) In: Threats to Sources of Drinking Water and Aquatic Ecosystem Health. National Water Research Institute, Environment Canada, Burlington, Ontario. NWRI Scientific Assessment Report Series I. 72 pp.
- Ellis J. B. and T. Hvitved-Jacobsen, 1996. Urban Drainage Impacts on Receiving Waters. *Journal of Hydraulic Research* 34(6): 771-83.
- Engstrom, D. R. and E. B. Swain, 1997. Recent declines in atmospheric mercury deposition in the upper Midwest. *Environmental Science & Technology* 312: 960-967.
- Fitzgerald, W. F., 1995. Is Mercury Increasing in the Atmosphere? The Need for an Atmospheric Mercury Network (Amnet). *Water Air and Soil Pollution.* 80(1-4): 245-254.
- Fitzgerald, W. F. and C. J. Watras, 1989. Mercury in Surficial Waters of Rural Wisconsin Lakes. *Science of the Total Environment* 87-8: 223-232.
- Fitzsimmons, J., B. Williston, G. Fodor, G. Bravener, L. Brown, S.B. Brown, D. Honeyfield, and D.E. Tillitt, 2002. Assessing the Sublethal Effects of a Thiamine Deficiency on Larval Lake Trout. In Great Lakes Fishery Commission Research Status Report. Early Mortality Syndrome Workshop, Brown, S.B. and D. Honeyfield (principals). 2002 June 26, Ann Arbor, MI, 24p.

- Fogg, T. R. and W. F. Fitzgerald, 1979. Mercury in Southern New-England Coastal Rains. *Journal of Geophysical Research-Oceans and Atmospheres* 84(NC11): 6987-6989.
- Gerba C.P., J.B. Rose, and C.N. Haas, 1996. Sensitive Populations: Who is at the Greatest Risk? *Internat. J. of Food Microbiol.* 30: 113-123.
- Grandjean, P., P. Weihe, R.F. White, F. Debes, S. Araki, K. Yokoyama, K. Murata, N. Sørensen, R. Dahl and P.J. Jørgensen, 1997. Cognitive deficit in 7-year-old children with prenatal exposure to methylmercury. *Neurotoxicology and Teratology* 19(6): 417-428.
- Great Lakes Sport Fish Advisory Task Force (GLSFATF), 1993. Protocol for a Uniform Great Lakes Sport Fish Consumption Advisory.
- Greenman, D.K., Mullen and S. Parmar, 1997. Ballast water treatment systems: A feasibility study. *Aquatic Nuisance Species (ANS) Task Force Reports and Publications.* Dec. 17, 1997. 37 pp. [Http://www.anstaskforce.gov/ballaststudy.html](http://www.anstaskforce.gov/ballaststudy.html)
- Griffin, D.W. K.A. Donaldson, J.P. Paul, and J.B. Rose, 2003. Pathogenic Human viruses in Coastal Waters. *Clin. Microbiol. Rev.* 16(1):129-143.
- Guallar, E., M.I. Sanz-Gallardo, P. Veer, P. Bode, A. Aro, J. Gomez-Aracena, J.D. Kark, R.A. Riersma, J.M. Martin-Moreno, F.J. Kok and the Myocardial Infarction Study Group, 2002. Mercury, fish oils, and the risk of myocardial infarction. *N. Engl. J. Med.* 347: 1747-1754.
- Hammerschmidt, C.R., M.B. Sandheinrich, J.G. Wiener and R.G. Rada, 2002. Effects of dietary methylmercury on reproduction of fathead minnows. *Environmental Science & Technology* 36(5): 877-883.
- Hanrahan, L.P., C. Falk, H.A. Anderson, L. Draheim, M.S. Kanarek, J. Olson and The Great Lakes Consortium, 1999. Serum PCB and DDE levels of frequent Great Lakes sport fish consumers- a first look. *Environ. Res.* 80 (Suppl 2): 26-37.
- Hardell, L., B. van Bavel, G. Lindström, M. Carlberg, A. C. Dreifaldt, H. Wijkstrom, H. Starkhammar, M. Eriksson, A. Hallquist and T. Kolmert, 2002. Increased concentrations of polychlorinated biphenyls, hexachlorobenzene and chlordanes in mothers to men with testicular cancer. *Environ. Health Persp.* 111: 930-934.
- Hegarty, J.P., M.T. Dowd and K.H. Baker, 1999. Occurrence of *Helicobacter pylori* in surface water in the United States. *J. Appl. Microbiol.* 87:697-701.
- Herrmann T. and U. Klaus, 1997. Fluxes of nutrients in urban drainage systems: Assessment of sources, pathways and treatment techniques. *Water Science and Technology* Vol.36(No.8-9): 167-72.
- Huffman, D.E., W. Quintero-Betancourt and J.B. Rose, 2003. Emerging Waterborne Pathogens in: "Handbook of Water and Wastewater Microbiology" Mara, D. and Horan, N. Eds. Academic Press, London.
- International Joint Commission (IJC), 1978. Environmental Management Strategy for the Great Lakes System. Final Report to the IJC from the International Reference Group on Great Lakes Pollution from Land Use Activities (PLUARG). 115 pp.
- Jacobs, J., 1961. The Death and Life of Great American Cities. Harmondsworth, Middlesex, 1975 [1961]. ISBN 067974195x.
- Jacobson, J., and S. Jacobson, 1996. Intellectual impairment in children exposed to polychlorinated biphenyls in utero. *N. Eng. J. Med.* 335 (11): 783-789.
- Johnson, B.L., H.E. Hicks, D.E. Jones, W. Cibulas, A. Wargo and C.T. DeRosa, 1998. Public health implications of persistent toxic substances in the Great Lakes and St. Lawrence basins. *Journal of Great Lakes Research*, 24(2): 698-722.
- Johnson, L.E. and D.K. Padilla. 1996. Geographic spread of exotic species: ecological lessons and opportunities from the invasion of the zebra mussel *Dreissena polymorpha*. *Biol. Conserv.* 78:23-33.
- Keeler, G., G. Glinsorn and N. Pirrone, 1995. Particulate Mercury in the Atmosphere - Its Significance, Transport, Transformation and Sources. *Water Air and Soil Pollution* 80(1-4): 159-168.
- Kenow, K., 2003. Effects of methyl mercury exposure on the growth of juvenile common loons. *Ecotoxicology* 12, 171-182.
- Kling, G. and D. Wuebbles, 2003. Confronting Climate Change in the Great Lakes Region: Impacts on our Communities and Ecosystems. Union of Concerned Scientists. www.ucsusa.org/greatlakes.
- Krewski, D., J. Balbus, D. Butler-Jones, C. Haas, J. Isaac-Renton, K. J. Roberts, M. Sinclair, 2002. Managing Health Risks from Drinking Water - A Report to the Walkerton Inquiry. *J. Toxicol. Environ. Health A* Nov. 8:65(21):1635-1823.
- LeChevallier, M.W., M. Abbaszdegan, A.K. Camper, G. Izaguirre, M. Stewart, D. Naumovitz, M. Mardhall, C.R. Sterling, P. Payment, E.W. Rice, C.J. Hurst, S. Schaub, T.R. Slifko, J.B. R

- Rose, H.V. Smith, and D.B. Smith, 1999a. Emerging Pathogens: Names to know and bugs to watch out for. *J. Amer. Water Works Assoc.* 91(9):136-172.
- LeChevallier, M.W., M. Abbaszdegan, A.K. Camper, G. Izaguirre, M. Stewart, D. Naumovitz, M. Mardhall, C.R. Sterling, P. Payment, E.W. Rice, C.J. Hurst, S. Schaub, T.R. Slifko, J.B.
- Rose, H.V. Smith, and D.B. Smith, 1999b. Committee Report: Emerging Pathogens: Viruses, protozoa, and algal toxins. *J. Amer. Water Works Assoc.* 91(9):110-121.
- Lee, S.H., D.A. Levy, G.F. Craun, M.J. Beach, and R.L. Calderon, 2002. Surveillance for Waterborne-Disease Outbreaks – United States, 1999-2000. *MMWR*, 51(No. SS-8):1-47.
- Lindqvist, O., K. Johansson, M. Aastrup, A. Anderson, L. Bringmark, G. Hovenius, L. Hakanson, A. Iverfeldt, M. Meili and B. Timm, 1991. Mercury in the Swedish Environment: Recent Research on Causes, Consequences and Corrective Methods. *Water Air and Soil Pollution* 55(1-2) pp. 1-261.
- Longnecker, M.P., M.S. Wolf, B.C. Gladen, J.W. Brock, P. Grandjean, J.L. Jacobson, S.A. Korrick, W.J. Rogan, N. Weisglas-Kuperus, I. Hertz-Picciotto, P. Ayotte, P. Stewart, G. Winneke, M. J. Charles, S.W. Jacobson, E. Dewailly, E.R. Boersma, L.M. Atshul, B. Heinzow, J.J. Pagano and A.A. Jensen, 2003. Comparison of Polychlorinated Biphenyl Levels Across Studies of Human Neurodevelopment. *Environ. Health Persp.* 111:1. P65.
- Lonky, E., J. Reihman, T. Darvill, J. Mather Sr. and H. Daly, 1996. Neonatal behavior assessment scale performance in humans influenced by maternal consumption of environmentally contaminated Lake Ontario fish. *J. Great Lakes Research* 22 (2): 198-212.
- Lucotte, M., 2003. An Ecosystem Approach to Environmental Mercury. *Présentation à l'atelier sur le mercure*, 26-27 février, Windsor (Canada).
- Mackenzie, W.R., w.l. Schell, K.A. Blair, D.G. Addiss, D.E. Peterson, N.J. Hoxie, J.J. Kazmierczak, J.P. Davis, 1995 Massive outbreak of waterborne *Cryptosporidium* infection in Milwaukee, Wisconsin. Recurrence of illness and risk of secondary transmission. *Clin. Inf. Dis.* 21:57-62.
- Marsalek, J., 1991. Pollutant loads in urban stormwater. *AWRA Paper Number 90109. Water Resources Bulletin* 27(2): 283-291.
- Mason, R. P. and K. A. Sullivan. 1997. Mercury in Lake Michigan. *Environmental Science & Technology* 31(3): 942-947.
- Mason, R. P., W. F. Fitzgerald and F. M. M. Morel. 1994. The Biogeochemical Cycling of Elemental Mercury - Anthropogenic Influences. *Geochimica Et Cosmochimica Acta* 58(15): 3191-3198.
- Meyer, M.W., D.C. Evers, J.J. Hartigan and P.S. Rasmussen, 1998. Patterns of common loon (*Gavia immer*) mercury exposure, reproduction, and survival in Wisconsin. *Env. Toxicol. Chem.* 17(2) 184-190.
- Michigan Department of Community Health (MDCH), 2002. Michigan Family Fish Consumption Guide. <http://www.michigan.gov/mdch>
- Michigan Department of Environmental Quality (MDEQ), 2002. Remedial Investigation for the Kalamazoo River Superfund Site.
- Michigan Department of Environmental Quality (MDEQ), 2003. State of Michigan fish contaminant monitoring program. <http://www.deq.state.mi.us/fcmp>
- Mierle, G. and R. Ingram, 1991. The Role of Humic Substances in the Mobilization of Mercury from Watersheds. *Water Air and Soil Pollution* 56: 349-357.
- Ministère de l'Environnement de l'Ontario, 2002. Guide de consommation du poisson gibier de l'Ontario PIBS 590B10.
- Nonindigenous Aquatic Nuisance Prevention and Control Act of 1990 (Public Law 101-646).
- National Research Council (NRC), 2000. Toxicological Effects of Methyl Mercury. National Academy of Sciences, The National Academies Press, Washington, DC.
- Niimi, A.J., 2000. Influence of vessel transit patterns on developing a ballast water treatment strategy for exotic species. *Marine Poll. Bull.* 40:253-256.
- Nonindigenous Aquatic Nuisance Prevention and Control Act of 1990 -- Title I of Public Law 101-646 (104 Stat. 4761, 16 U.S.C. 4701, enacted November 29, 1990).
- Pandit, A. and G. Gopalakrishnan, 1997. Estimation of Annual Pollutant Loads under Wet-Weather Conditions. *Journal of Hydrologic Engineering* Vol.2 (4): 211-219.
- Patz, J.A., M.A. McGeehin, S.M. Bernard, K.L. Ebi, P.R. Epstein, A. Grambsch, D.J. Gubler, P. Reiter, I. Romieu, J.B. Rose, J.M. Samet, J.M. and J. Trtanj, 2000. The potential health impacts of climate variability and change for the United States: Executive summary of the report of the Health Sector of the U.S. National Assessment. *Environ. Health Perspect.* 108:367-376.
- Pijanowski, Brian C., Bradley Shellito, Snehal Pithadia and Konstantinos Alexandridis, 2002. Forecasting and assessing the impact of urban sprawl in coastal watershed along eastern Lake Michigan. *Lakes & Reservoirs Research and Management.* 7:271-285. <http://www.hema.msu.edu/Pijanowski.203.pdf>

- Quintero-Betancourt, W, E.M. Peele, and J. B. Rose, 2002. *Cryptosporidium Parvum* and *Cyclospora Cayetanensis*: A Review Of Laboratory Methods For Detection Of These Waterborne Parasites. *J. Microbiol. Methods* 49: 209-224.
- Rose, J.B., D.E. Huffman, K. Riley, S.R. Farrah, J.O. Lukasik and C.L. Harman, 2001a. Reduction of Enteric Microorganisms at the Upper Occoquan Sewage authority Water Reclamation Plant. *Wat. Environ. Res.* 73(6):711-720.
- Rose, J.B., P.R. Epstein, E.K. Lipp, B.H. Sherman, S.M. Bernard and J. A. Patz, 2001b. Climate Variability and Change in the United States: Potential Impacts on Water- and Foodborne Diseases Caused by Microbiologic Agents. *Environ. Health Persp.* 109 (S2): 211-221.
- Schantz, S.L., A.M. Sweeney, J.C. Gardiner, H.E.B. Humphrey, R. J. McCaffrey, D.M. Gasior, K.R. Srikanth and M.L. Budd, 1996. Neuropsychological assessment of an aging population of Great Lakes fish eaters. *Toxicol. Ind. Health* 12: 403-417.
- Schantz, S.L., J.C. Gardiner, D.M. Gasior, A.M. Sweeney, H.E.B. Humphrey and R.J. McCaffrey, 1999. Motor functioning in aging Great Lakes fish eaters. *Environ. Res* 80 (Suppl 2): 46-56.
- Schantz, S.L., D.M. Gasior, E. Polverejan, R.J. McCaffrey, A.M. Sweeney, H.E.B. Humphrey and J.C. Gardiner, 2001. Impairments of memory and learning in older adults exposed to polychlorinated biphenyls via consumption of Great Lakes fish. *Environ. Health Persp.* 109(6): 605-611.
- Schantz, S.L., J.J. Widholm and D.C. Rice, 2003. Effects of PCB Exposure on Neuropsychological Function in Children. *Environ. Health Persp.* 111(3):357-376.
- Scheuhammer, A. M., 1991. Effects of Acidification on the Availability of Toxic Metals and Calcium to Wild Birds and Mammals. *Environmental Pollution* 71(2-4): 329-375.
- Scott, T. M., J. B. Rose, T.M. Jenkins, S.R. Farrah, and J. Lukasik, 2002. Microbial Source Tracking: Current Methodology and Future Directions. *Applied Environmental Microbiology*. 68:5796-5803.
- Simpson, J.M., J.W. Santo Domingo and D.J. Reason, 2002. Microbial source tracking: State of the Science. *Environmental Science and Technology*. 36:5279-5288.
- Stewart, P., *et al.*, 2002. Prenatal PCB exposure and Neonatal Behavioral Assessment Scale(NBAS) performance, Neurotox. *Teratol.* 22: 21-29.
- Stratton, W. J. and S. E. Lindberg, 1995a. Measurement of Gas-Phase Ionic Mercury(Ii) Species in Ambient Air. *Abstracts of Papers of the American Chemical Society* 210: 60-Geoc.
- Stratton, W. J. and S. E. Lindberg, 1995b. Use of a Refluxing Mist Chamber for Measurement of Gas-Phase Mercury(Ii) Species in the Atmosphere. *Water Air and Soil Pollution* 80(1-4): 1269-1278.
- Tee, P. G., A.M. Sweeney, E. Symanski, J.C. Gardiner, D.M. Gasior, S.L. Schantz, 2003. A Longitudinal Examination of Factors Related to Changes in Serum Polychlorinated Biphenyl Levels. *Environ. Health Persp.* 111:702-707.
- Trip, L. and M. Thorleifson, 1998. The Canadian Mercury Cell Chlor-Alkali Industry: Mercury Emissions and Status of Facilities, 1935-1996. Report to Transboundary Air Issues Branch, Environment Canada, Hull, Quebec.
- U.S. EPA, 1983. Final Report of the Nationwide Urban Runoff Program, Washington, D.C. 20460: Water Planning Division - U.S. Environmental Protection Agency
- U.S. EPA, 1996. Proposed Revisions to the Polychlorinated Biphenyl Criteria for Human Health and Wildlife for the Water Quality Guidance for the Great Lakes System. *Federal Register*. 61(205):54748-54756.
- U.S. EPA, 1997a. Mercury Study Report to Congress. Volume 1: Executive Summary, Office of Air Quality Planning and Standards and Office of Research and Development. U.S. EPA Report EPA -452/R-97-003.
- U.S. EPA, 1997b. Revocation of the Polychlorinated Biphenyl Human Health Criteria in the Water Quality Guidance for the Great Lakes System, Final Rule, *Federal Register*. 62(196):52921-52924.
- U.S. EPA, 2000. Our built environments: A technical review of the interactions between land use, transportation and water quality. U.S. EPA Publication No. 231-R-00-005
- U.S. EPA, 2001a. Mercury Update on Fish Advisories. U.S. EPA-823-F-01-001.
- U.S. EPA, 2001b. National Advice on Mercury in Fish Caught by Family and Friends: For Women Who Are Pregnant or May Become Pregnant, Nursing Mothers, and Young Children. U.S. EPA-823-F-01-004.
- U.S. EPA, Office of Water, 2002. National Listing of Fish and Wildlife Advisories. EPA-823-F-02-007.
- U.S. EPA, 2003a. Contaminant trend data in fish and open Great Lakes Water. Personal communication. Great Lakes National Program Office.
- U.S. EPA, 2003b. Great Lakes Binational Toxic Strategy: 2002 Annual Progress Report. Great Lakes National Program Office.

- U.S. FDA, 2001. FDA Announces Advisory on Methyl Mercury in Fish. T01-04.
- U.S. Policy Committee (U.S. PC), 2002. Great Lakes Strategy 2002.
- Vinten-Johansen, P., H. Brody, N. Paneth, S. Rachman, and M.R. Rip. (eds.), 2003. Cholera, Chloroform and the Science of Medicine: A life of John Snow. Oxford University Press.
- Waller, D. H. and Z. Novak, 1981. Pollution loading to the Great Lakes from municipal sources in Ontario. J. Water Pollution Control Fed. 53(3): 387.
- World Health Organization (WHO), 2001. WHO Global Strategy for Containment of Antimicrobial Resistance. WHO/CDS/CSR/DRS/2001.2
- Weiner, J.G., D.P. Krabbenhoft, G.H. Heinz and A.M. Scheuhammer, 2003. Ecotoxicology of Mercury. In: Handbook of Ecotoxicology, Chapter 16 2nd edition, D.J. Hoffman, G.A. Burton Jr. and J. Cairns Jr. (Eds.) CRC Press, Boca Raton FL, pp. 407-461
- Weis, M. 2003. Mercury in Fish from Canadian Areas of Concern in the Great Lakes. Presentation at the Mercury Workshop, February 26-27, Windsor, Canada.
- Wiener, J. G., D. P. Krabbenhoft, G. H. Heinz and A. M. Scheuhammer, 2002. Ecotoxicology of Mercury. Handbook of Ecotoxicology. J. J. Cairns. Boca Raton, FL, Lewis Publishers: 409-463.
- Wisconsin Department of Natural Resources (WDNR) and U.S. EPA, 2002. Remedial Investigation/Feasibility Study and Record of Decision for the Fox River and Green Bay. <http://www.dnr.state.wi.us/org/water/wm/lowerfox/rifs/index.html>
- Wisconsin Division of Health (WDH) and Wisconsin Department of Natural Resources (WDNR), 2002. Fish Consumption Advisory. <http://www.dnr.state.wi.us/org/water/fhp/fish/advisories/>
- Yoskizawa, K. *et al.*, 2002. Mercury and the risk of coronary heart disease in men. N. Engl. J Med. 347: 1755-1760.



*Priorités
2001-2003
Chapitre 8*

**CONSEIL DES DIRECTEURS DE
RECHERCHE DES GRANDS LACS**

CHAPITRE HUIT CONSEILS DES DIRECTEURS DE RECHERCHE DES GRANDS LACS

Table des matières

8.1	INTRODUCTION	151
8.2	L'IMPACT DE LA POLLUTION MICROBIENNE ET DES POLLUANTS CHIMIQUES NON CONTRÔLÉS DANS LE BASSIN DES GRANDS LACS	152
8.2.1	Activités	152
8.2.2	Objectifs	152
8.2.3	Historique	152
8.2.4	Recommandations – Nécessité d'effectuer des recherches sur les pathogènes	153
8.2.5	Recommandations – Nécessité d'effectuer des recherches sur les polluants chimiques non contrôlés	153
8.3	L'INVENTAIRE DE LA RECHERCHE SUR LES GRANDS LACS ET LE SAINT- LAURENT	155
8.3.1	Historique	155
8.3.2	Nouvelles spécifications et développement	155
8.3.3	Participation	156
8.3.4	Recommandations	156
8.4	COORDINATION DES NAVIRES SCIENTIFIQUES	157
8.4.1	Historique	157
8.4.2	Ateliers	157
8.4.3	Nouveau site Internet	157
8.4.4	Domaines d'activités	158
8.4.5	Recommandation	158
8.5	MEMBRES DU CONSEIL 2001-2003	159
8.6	RÉFÉRENCES	161

Le Conseil des directeurs de recherche des Grands Lacs a été créé par la Commission mixte internationale pour que celui-ci soit son conseiller principal quant aux recherches à entreprendre en vue de l'atteinte des objectifs de l'*Accord sur la qualité de l'eau des Grands Lacs et les programmes afférents*. Créé en 1984 et formé de membres du Comité consultatif scientifique, le Conseil a été rattaché directement à la CMI en 1991. La mission du Conseil consiste à donner à la CMI une plus grande capacité à procurer à la recherche sur les Grands Lacs le leadership, l'orientation, l'appui et les évaluations efficaces dont elle a besoin. Les responsabilités du Conseil sont les suivantes :

- promouvoir une plus grande communication et une plus grande collaboration entre les chercheurs et les agences au Canada et aux États-Unis ;
- encourager les chercheurs à partager les résultats de leurs recherches ;
- compiler un sommaire des programmes de recherche courants ou à venir et qui auraient un lien avec l'*Accord sur la qualité de l'eau des Grands Lacs* et, en particulier, les programmes visés par l'Annexe 17 de l'*Accord* (Recherche et développement) ;
- identifier et prioriser les programmes de recherche, discerner leurs lacunes et inciter les gouvernements américain et canadien à revoir leurs programmes de subventionnement de façon à favoriser les initiatives de recherche qui répondraient aux déficiences ainsi identifiées ;
- évaluer l'impact des recommandations formulées tant par le Conseil lui-même que par le Conseil consultatif scientifique des Grands Lacs, le Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs et la CMI.

Les membres du Conseil sont des gestionnaires de programmes de recherche oeuvrant au sein du milieu universitaire, de l'industrie privée ou de différents paliers de gouvernements, tant au Canada qu'aux États-Unis. Le Conseil bénéficie également de la participation de la Commission des pêcheries des Grands Lacs et de la International Association for Great Lakes Research. Tous les membres sont nommés de façon discrétionnaire par la CMI. Chacun des membres siège en tant qu'individu et à titre de spécialiste pour un mandat dont la durée normale est de trois ans.

Les activités du Conseil, dans le cadre des priorités du cycle 2001-2003, auront été menées sous le signe du travail d'équipe. Se rendant compte que les activités des divers comités et conseils se chevauchent souvent et que la collaboration multipartite s'avère d'une importance primordiale, le Conseil a décidé d'œuvrer en étroite collaboration avec le Conseil consultatif scientifique des Grands Lacs, le Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs, et le Conseil consultatif international sur la qualité de l'air, afin d'identifier et de faire avancer les enjeux prioritaires. Le Conseil a également poursuivi ses efforts pour améliorer la coordination entre les navires scientifiques et apporter des améliorations au Great Lakes - St. Lawrence Research Inventory. En outre, le Conseil a cherché à démontrer qu'il est nécessaire d'effectuer des recherches sur la pollution microbienne et les produits chimiques non contrôlés afin de bonifier les travaux antérieurs de la CMI sur cet aspect de la santé humaine. Les résultats des travaux et les recommandations formulées par le Conseil pour l'exercice 2001-2003 se trouvent à la section 8.

Les membres du Conseil ont participé à des groupes de travail pour aborder les priorités du cycle 2001-2003 : Groupe de travail du Conseil consultatif scientifique des Grands Lacs pour la planification de l'atelier sur les nouveaux enjeux concernant les Grands Lacs (chapitre 5) ainsi que le Groupe de travail sur l'utilisation du territoire urbain dans la zone des Grands Lacs (chapitre 3) ; le Sous-comité des priorités sur le changement climatique du Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs (chapitre 4) et le Groupe de travail sur l'annexe 2 (chapitre 2). Ces groupes de travail ont organisé des ateliers pour débattre des questions prioritaires identifiées par la CMI. Ils ont par ailleurs contribué à l'identification de nouvelles recherches ou à réorienter des recherches existantes et les efforts de collecte de données dans les Grands Lacs. Les membres du Conseil ont également participé aux ateliers et contribué aux communiqués, aux résultats ainsi qu'aux recommandations de recherche qui en ont résulté.

Le Conseil des directeurs de recherche des Grands Lacs tient à souligner les efforts de tous ceux et celles qui, sans être des membres à part entière du Conseil, ont apporté une contribution significative au présent rapport. Ce sont Cheryl Martin, Will Robertson, Sheridan Haack, Doug Alley, John Gannon et Giovanna Stasiuk.

8.2.1 Activités

Au cours du cycle biennal 2001-2003, le Conseil s'est penché sur la problématique de la pollution microbienne et des produits chimiques polluants non contrôlés. Les menaces présentées par les polluants chimiques non contrôlés et par les agents pathogènes dans les eaux utilisées à des fins de consommation ou de récréation humaines sont très semblables et peuvent être reliées. On pense, par exemple, que le rejet non contrôlé d'antibiotiques dans l'environnement peut faire partie des causes supposées de la présence de bactéries résistantes. Le présent rapport fait suite à l'avis du Conseil publié dans le rapport de priorité 1999-2001 et concernant l'émergence de contaminants et de produits pharmaceutiques dans les eaux des Grands Lacs. Les recommandations qu'il contenait se sont reflétées dans les préoccupations de la CMI telles qu'exprimées dans la discussion des produits chimiques non contrôlés du chapitre 13 du 11^e Rapport biennal sur la qualité de l'eau des Grands Lacs. Les réflexions de la CMI à ce sujet ont mené à un dialogue entre les représentants des gouvernements afin qu'ils se penchent sur ces problèmes inquiétants pour la santé humaine. Outre les préoccupations au sujet des produits chimiques non contrôlés, le 11^e Rapport biennal soulignait les risques que représentent, pour les eaux des Grands Lacs, les espèces exotiques envahissantes et les microorganismes d'origine étrangère apportés par le rejet des eaux de ballast des navires. Ces rapports antérieurs de la CMI ont conduit le Conseil à explorer le besoin de recherche reliée à la pollution microbienne et à stimuler le débat sur ce problème majeur menaçant la santé humaine dans le présent rapport.

8.2.2 Objectifs

Dans ce domaine, les activités du Conseil visent une problématique reliée à la qualité de l'eau qui n'est pas très bien comprise et qui n'est pas traitée par les parties à l'*Accord sur la qualité de l'eau dans les Grands Lacs* ni par d'autres organismes de contrôle. Cette problématique se divise en deux grandes catégories :

- l'impact de produits chimiques non contrôlés, comme les produits pharmaceutiques et vétérinaires, les produits de soins personnels, les produits d'usage domestique, etc. ;
- l'introduction de pathogènes microbiens, tels que les algues toxiques ou les bactéries, virus et protozoaires, présentant des risques pour la santé humaine.

Le Conseil présente ici un sommaire des problématiques pertinentes à l'impact des substances chimiques non contrôlées et à l'introduction de pathogènes microbiens, et met en lumière les besoins de recherches ou les vides reliés à ces menaces à la santé humaine dans les Grands Lacs. Il est important de noter, dans le contexte de cette discussion, que les agents pathogènes sont tout aussi bien des pathogènes introduits par des sources extérieures que des pathogènes qui ne sont pas suffisamment contrôlés ou encore de nouveaux pathogènes qui ont évolué dans l'environnement. Les recommandations du Conseil touchant cette problématique sont valables, indépendamment de leur lieu d'origine.

8.2.3 Historique

Au cours des dernières années, de nombreux médicaments (disponibles sous ordonnance ou en vente libre) et produits domestiques ont été retrouvés dans les effluents des usines de traitement des eaux usées, entre autres dans les eaux de ruissellement et les eaux souterraines, partout aux États-Unis (Todd and Haack, 2001). Beaucoup de ces produits chimiques sont bioactifs (raison d'être des produits pharmaceutiques) et comprennent un vaste éventail de produits chimiques industriels et agricoles connus pour leurs propriétés d'imiter ou d'inhiber des fonctions endocriniennes variées, entre autres celles qui affectent le développement, les fonctions de reproduction, le comportement neurologique ou le système immunitaire (NRC 1999). Contrairement aux polluants toxiques rémanents identifiés comme prioritaires par l'*Accord sur la qualité de l'eau dans les Grands Lacs*, la plupart de ces produits chimiques qui ont le potentiel d'altérer les fonctions biologiques des populations qui y sont exposées ne sont pas réglementés.

Le manque de réglementation et de surveillance pour les agents pathogènes découle de ce que seules les bactéries qui servent d'indicateurs fécaux sont, en règle générale, les seules réglementées pour l'eau potable. La présence de ces indicateurs permet de savoir s'il y a eu ou non pollution fécale, mais sans nécessairement spécifier la présence ou non d'agents pathogènes. Pourtant, des organismes préoccupants, dont les algues toxiques ou les cyanobactéries, peuvent être y présents sans qu'il y ait trace de pollution fécale.

L'American Society for Microbiology rapporte un manque d'intérêt alarmant pour les microorganismes dans les études des bassins versants des États-Unis et recommande qu'une évaluation scientifique cherche à vérifier le niveau de sécurité microbienne des eaux du pays (Rose *et al.*, 1999) ». Les Centers for Disease Control rapportent que plus du tiers

Il est clair que les agences responsables de la santé publique dans la région des Grands Lacs et ailleurs doivent multiplier les efforts pour identifier et quantifier les dangers potentiels que présentent les produits chimiques et les agents pathogènes non contrôlés dans les eaux utilisées pour la consommation humaine ou la récréation.

des occurrences majeures d'affections d'origine hydrique survenues entre 1971 et 1998, et contractées dans les eaux de récréation ou par l'eau potable aux États-Unis était causé par une gastroentérite aiguë d'étiologie inconnue (CDC 2000). Une situation semblable prévaut au Canada.

Les Grands Lacs subissent des stress environnementaux semblables à ceux que connaissent d'autres grandes masses d'eau affectées par le développement urbain, l'agriculture et l'action de divers secteurs industriels. Plusieurs secteurs d'activité ont un impact sur le type, la prévalence et la persistance des pathogènes dans les Grands Lacs, incluant des opérations comme le commerce maritime international, l'agriculture, les industries de transformation alimentaire, l'étalement urbain menant à un accroissement des eaux de ruissellement, les perturbations atmosphériques extrêmes reliées au changement climatique et l'augmentation de la baignade et de la navigation de plaisance. Quelques-uns de ces secteurs d'activité peuvent mener à l'introduction de nouveaux agents pathogènes possédant des caractéristiques génétiques uniques, incluant, peut être, la résistance à tout un éventail d'antibiotiques.

Malgré l'amélioration de l'hygiène publique et du traitement des eaux au cours du siècle dernier, les risques d'atteintes à la santé associés à l'exposition aux agents pathogènes et aux produits chimiques dans les Grands Lacs pourraient bien être en croissance. La combinaison de trois facteurs pourrait rendre les humains plus vulnérables à la pollution microbienne.

- Le risque accru de l'exposition à de nouveaux agents pathogènes résultant de l'augmentation du commerce international – eaux de ballast, nourriture, immigration.
- L'évolution de la résistance microbienne aux antibiotiques à cause de la généralisation de leur utilisation.
- Le nombre accru d'individus ayant un système immunitaire déficient causé par le VIH, le lupus, l'utilisation de médicaments immunosuppresseurs chez les receveurs de greffes d'organes, etc.

Il est clair que les agences responsables de la santé publique dans la région des Grands Lacs et ailleurs doivent multiplier les efforts pour identifier et quantifier les dangers potentiels que présentent les produits chimiques et les agents pathogènes non contrôlés dans les eaux utilisées pour la consommation humaine ou la récréation.

8.2.4 Recommandations – Nécessité d'effectuer des recherches sur les agents pathogènes

On ne dispose pas d'information suffisante sur l'occurrence, la répartition, le transport, la rémanence ou l'écologie des agents pathogènes dans les Grands Lacs. Les méthodes de contrôle qui reposent sur les indicateurs bactériens de pollution fécale ne donnent que peu ou pas d'information sur la présence d'agents pathogènes tels que les virus, les protozoaires ou les bactéries non fécales qui pourraient être présents dans les eaux des Grands Lacs et qui pourraient affecter la santé humaine. En dépit de quelques travaux réalisés sur des sites spécifiques aux États-Unis, on ne dispose que de très peu d'information sur la prévalence, la répartition, les sources et la rémanence des agents pathogènes pour l'ensemble des Grands Lacs, d'où le besoin d'accroître la recherche à leur sujet.

Recommandations du Conseil à la CMI

- **Que la CMI recommande aux Parties d'effectuer les types de recherches et de contrôles suivants :**
 - **détermination de la prévalence des agents microbiens pathogènes entériques spécifiques et des toxines microbiennes comme les toxines des cyanobactéries dans les Grands Lacs ;**
 - **identification des sources d'agents pathogènes microbiens contaminant les eaux destinées à la consommation humaine ou à la récréation, telles les eaux de ballast des navires, les effluents des usines de traitement des eaux, les eaux de ruissellements pluviales ou agricoles, les eaux grises et noires des navires et les fosses septiques ;**
 - **développement de tests et de procédures d'échange d'information pour faciliter l'identification d'agents pathogènes dans les échantillons environnementaux et harmonisation de ces données afin de les comparer à celles des rapports de flambées épidémiques ;**
 - **étude de l'écologie environnementale des agents pathogènes dans les réseaux aquatiques pour identifier des façons d'affecter leur distribution et leur cycle vital avant qu'ils ne puissent entraîner de pathologies chez l'humain ;**
 - **détermination du rôle de l'exposition à l'eau dans un contexte récréatif et professionnel par rapport au développement de maladies gastro-intestinales, et identification des facteurs de risque ;**
 - **mise au point de priorités et de stratégies correctrices telles que la vidange appropriée des eaux de ballast ou des eaux grises ou noires à partir de l'identification des facteurs de risque ;**
 - **détermination de la prévalence et de la rémanence de ces agents pathogènes, avant ou après des phénomènes climatiques extrêmes, et comme résultante des changements climatiques à long terme, par exemple, la baisse de niveau des lacs ou une augmentation de la température.**

8.2.5 Recommandations — Nécessité d'effectuer des recherches sur les contaminants chimiques non contrôlés

Pour parvenir à une meilleure compréhension de l'étendue du problème que représentent les produits chimiques bioactifs dans les eaux des Grands Lacs, il faudra agir dans trois domaines majeurs :

- prêter une plus grande attention au problème pour faire en sorte que l'on dispose d'une meilleure évaluation de l'état actuel de ces substances ;
- disposer d'une meilleure compréhension du devenir de ces substances dans le sol, dans les sédiments et au sein des systèmes aquatiques ;
- évaluer leur activité pharmacologique et toxicologique afin d'évaluer les risques auxquels on s'expose à leur contact dès que l'on comprendra la concentration de ces substances.

Recommandations du Conseil à la CMI

- **Que la CMI recommande aux parties de faire effectuer les types de recherche et de contrôle suivants :**
 - **vérification de la présence de ces produits chimiques dans les eaux usées et les effluents des usines de traitement des eaux ;**
 - **compilation des niveaux actuels de concentration de ces produits dans l'eau afin de les comparer à des valeurs étalonnées ou à des seuils de toxicité, et détermination de ces seuils s'ils ne sont pas encore connus ;**
 - **recherche et détermination de l'existence d'indicateurs biotiques des effets ou de la présence de ces produits chimiques ;**
 - **réalisation d'analyses expérimentales sur la durée de la dégradation de ces produits chimiques dans des conditions naturelles ;**
 - **étude des processus de traitement de l'eau potable et des eaux usées pour déterminer s'ils peuvent être modifiés afin de réduire les quantités de ces produits chimiques qui s'y trouvent ou de les faire disparaître.**

En résumé, les problèmes reliés aux agents pathogènes et ceux reliés aux nouveaux produits chimiques contaminants sont pratiquement les mêmes : ils sont tous présents dans l'environnement, ne sont pas réglementés et pourraient constituer des risques pour la santé. Des travaux novateurs ont été effectués récemment aux États-Unis et au Canada à partir d'études sur la concentration de produits pharmaceutiques et d'autres polluants organiques. Parmi eux, notons l'inventaire national du programme hydrologique des substances toxiques de la United States Geological Survey, une étude des produits pharmaceutiques, des hormones et



des polluants organiques des eaux usées couvrant 139 cours d'eau dans 30 États (USGS, 2000), les études de résistance antimicrobienne des Centers for Disease Control and Prevention, et l'Initiative canadienne de recherche sur les substances toxiques, qui évalue l'occurrence et la concentration des médicaments vendus sur ordonnance et disponibles en vente libre dans les effluents des usines de traitement des eaux usées (Metcalf *et al.*, 2002). Le laboratoire de recherche de l'environnement des Grands Lacs de la National Oceanic and Atmospheric Administration poursuit des travaux de recherche sur les eaux de ballast qui comprennent des analyses d'échantillons d'eau de ballast pour rechercher des agents pathogènes. L'Institut national de recherche sur les eaux du Canada, en collaboration avec des institutions universitaires, mène présentement des recherches sur l'application de techniques de repérage de sources microbiennes (résistance antimicrobienne et rep-PCR) pour déterminer les sources de contamination fécale et de pollution par des agents pathogènes dans les Grands Lacs, et effectue une étude des eaux souterraines, des effluents d'usines de traitement des eaux usées, ainsi que des usines de traitement d'eau potable pour déterminer les niveaux de concentration de produits pharmaceutiques. Tous ces efforts doivent être reconnus, subventionnés et endossés entièrement.

Les travaux entrepris afin de documenter la présence et la concentration d'agents pathogènes, de produits pharmaceutiques et de polluants chimiques non réglementés ne représentent qu'un tout premier pas pour évaluer les risques pour la santé humaine. Il faudra en faire beaucoup plus si l'on veut procurer aux décideurs politiques les connaissances nécessaires pour déterminer si des agents pathogènes et des polluants chimiques non réglementés sont présents en quantités dangereuses et pour y appliquer la réaction appropriée. Il faut donc poursuivre les recherches pour connaître l'occurrence des agents pathogènes et des nouveaux polluants chimiques, leur devenir et leur circulation dans l'environnement, les risques qu'ils présentent pour la population et si ces risques peuvent être corrigés par un traitement approprié de l'eau potable et des eaux usées.

8.3.1 Historique

L'inventaire des recherches sur les Grands Lacs et le Saint-Laurent est une banque de données accessible à partir d'Internet dont le but est de colliger et de disséminer l'information pertinente sur les programmes de recherche qui relèvent de l'Accord sur la qualité de l'eau dans les Grands Lacs ou qui y seraient reliés. Il permet aux gestionnaires d'analyser l'impact de la recherche, d'examiner les relations mutuelles entre les disciplines scientifiques, de faire l'adéquation des recherches aux accords gouvernementaux et d'arrimer la recherche aux politiques en vigueur. Il permet également aux chercheurs, tout comme aux gestionnaires des Grands Lacs, d'identifier des études comparatives, de faire du réseautage et de mettre en commun leur expérience. Cet outil permet enfin aux utilisateurs d'accroître leur efficacité et de profiter des recherches courantes ou d'une expérience acquise en dehors des réseaux traditionnels.

Les objectifs de l'inventaire de recherche sont les suivants :

- procurer un outil efficace, utilisable autant par les professionnels que par le public, qui disséminera de l'information sur les projets de recherche en cours sur l'écosystème des Grands Lacs ;
- aider à joindre des chercheurs oeuvrant à des projets reliés à la région des Grands Lacs ;
- essentielles concernant les ressources consacrées à la recherche dans la région des Grands Lacs et du Saint-Laurent ;
- rassembler, en un endroit centralisé, des sources d'information traditionnelles et non traditionnelles concernant l'écosystème des Grands Lacs ;
- réduire les délais entre la génération de l'information et sa dissémination auprès d'un vaste public ;
- faciliter la communication entre des professionnels oeuvrant dans des domaines connexes, améliorer la coordination et diminuer la duplication de travaux.

8.3.2 Nouvelles spécifications et développement

L'inventaire de la recherche s'est grandement amélioré au cours des deux dernières années. Les versions antérieures reposaient sur l'envoi de données par télécopie, courrier ou courrier électronique, qui, ultérieurement, étaient incorporées manuellement à la base de données par le bureau régional des Grands Lacs de la CMI. Chaque inventaire, que ce soit sous forme imprimée ou électronique, répertoriait un rappel de chacun des projets qui pouvaient être identifiés dans la région. Qu'il s'agisse de projets à court terme et à

En général, la participation à l'inventaire s'est toujours faite sur une base volontaire. Cependant, certains organismes subventionnaires ont commencé à exiger la participation à l'inventaire comme condition à l'octroi d'une subvention. Ce lien avec le financement est un sérieux incitatif à la participation et représente un pas dans la bonne direction. Le Conseil admet cependant que le temps des chercheurs est précieux, que la plupart des organisations ont déjà leurs propres bases de données qui requièrent des intrants périodiques et que les chercheurs aimeraient bien n'avoir à entrer de données sur leurs projets qu'une seule fois.

évolution rapide ou de projets qui n'avaient pas changé depuis des années, chacun était de nouveau recensé à nouveau, chaque année. Le système était d'une rare inefficacité : chaque parution s'avérait périmée puisque la mise à jour ne pouvait pas suivre le rythme des changements. Des tentatives précédentes d'automatisation de la base de données et d'exploitation de la puissance d'Internet ne permettaient pas aux utilisateurs d'interagir directement avec la base de données et ne les laissaient même pas effectuer les recherches plutôt banales auxquelles se livrent les internautes d'aujourd'hui.

Tous ces problèmes ont été traités pendant le cycle prioritaire 2001-2003, car l'inventaire a été entièrement refondu pour lui donner la forme d'une base de données interactive qui a ensuite été greffée au réseau Internet. Un sondage auprès des utilisateurs a permis d'identifier leurs besoins, une étude des commentaires a été effectuée et des membres du Conseil se sont portés volontaires pour tester le prototype. Des processus ont été programmés à l'intérieur du nouveau système afin de permettre un accès sécuritaire aux données, conserver l'intégrité des données et réduire le dédoublement d'efforts. La nouvelle base de donnée a été mise en service en juin 2002 et a été améliorée depuis par l'ajout de plusieurs fonctionnalités de recherche et d'une fonction d'aide.

La version actuelle de l'inventaire de recherche permet, directement à partir d'Internet, l'entrée de données, la mise à jour, la recherche et le triage des projets. Elle peut donc fournir de l'information à jour sur les projets de recherche ayant trait à la région des Grands Lacs. L'entretien du site et les durées d'indisponibilité ont aussi été grandement réduits.

8.3.3 Participation

Maintenant que les améliorations de l'inventaire sont en place, le défi consiste à susciter un haut taux de participation de la part des organismes de recherche à travers le bassin des Grands Lacs. Les chercheurs qui entrent des données sur un nouveau projet verront que l'opération ne prend pas plus de 10 à 20 minutes et que la mise à jour de projets existants peut se faire en moins de 5 minutes. L'inventaire compte présentement 570 projets. Des démarches réalisées par le Conseil pour comparer les données de l'inventaire avec celles que l'on peut obtenir à partir des sites Internet des diverses agences montrent que ce nombre de 570 correspond environ à la moitié des projets actuellement en cours. Par conséquent, la répartition des projets dans l'inventaire, en ce moment, ne peut être considérée que comme un indicateur et non comme une mesure précise des activités. Pour qu'il s'agisse véritablement d'un « inventaire » et que son plein potentiel soit atteint, il faudra que le Conseil fasse des pressions afin que la participation y soit totale. Des discussions avec les gestionnaires et les chercheurs indiquent que la plupart d'entre eux sont conscients de l'importance de cet inventaire pour une gestion efficace des ressources. Cependant, on a identifié trois obstacles qu'il faudra surmonter pour améliorer le taux participation :

- la nature volontaire de la participation à l'inventaire ;
- l'absence d'incitatifs ;
- des ressources limitées.

Pour surmonter ces obstacles, le Conseil entend faire la promotion active de l'inventaire et accroître la prise de

conscience de sa valeur comme outil servant à la présentation efficace de demandes de subventions et à la gestion des fonds de recherche. L'inventaire des recherches peut révéler des lacunes dans les recherches actuelles et appuyer fortement les propositions de recherche destinées à les combler. En général, la participation à l'inventaire s'est toujours faite sur une base volontaire. Cependant, certains organismes subventionnaires ont commencé à exiger la participation à l'inventaire comme condition à l'octroi d'une subvention. Ce lien avec le financement est un sérieux incitatif à la participation et représente un pas dans la bonne direction. Le Conseil admet cependant que le temps des chercheurs est précieux, que la plupart des organisations ont déjà leurs propres bases de données qui requièrent des intrants périodiques et que les chercheurs aimeraient bien n'avoir à entrer de données sur leurs projets qu'une seule fois. De ce fait, le Conseil travaille en coopération avec l'Institut national de recherche sur l'eau du Canada, la Commission des Grands Lacs et d'autres organismes pour identifier des façons de partager des données et de relier les bases de données afin de diminuer la duplication des intrants.

8.3.4 Recommandation

Recommandation du Conseil à la CMI

- **Que la CMI recommande aux parties d'encourager les organismes qui octroient des fonds pour la recherche sur les Grands Lacs à utiliser de façon routinière l'Inventaire des recherches des Grands Lacs et du Saint-Laurent comme outil servant à identifier les lacunes dans les recherches actuelles sur les Grands Lacs et à inciter les chercheurs et les gestionnaires de recherche à y participer.**

Pour plus d'information concernant l'inventaire, on consultera le site Internet de la CMI à partir du lien présent à www.ijc.org.

8.4.1 Historique

Les navires scientifiques des Grands Lacs sont des embarcations utilisées par des institutions publiques et privées pour la recherche, l'apprentissage et la formation pratique. Ils représentent donc une composante déterminante des programmes scientifiques américains et canadiens qui visent à surveiller et à protéger la qualité de l'écosystème des Grands Lacs. Les navires scientifiques soutiennent un vaste éventail d'activités de recherche et de surveillance qui touchent à l'intégrité physique, chimique et biologique du plus grand système d'eau douce du monde. Ils sont utilisés aussi pour rappeler au public l'importance de la conservation et de la restauration des Grands Lacs. Comme la demande de données scientifiques a continué de croître, mais que le financement accordé à la recherche et à la surveillance a été réduit, les exploitants de ces navires ont été poussés à trouver des façons plus efficaces d'accomplir leurs missions. Par conséquent, le Conseil a commencé, en 1997, à tenir des ateliers annuels de coordination du travail des navires scientifiques des Grands Lacs pour promouvoir l'échange d'informations, le partage des ressources et la coordination de leur utilisation.

8.4.2 Les Ateliers

Pour démontrer son appui constant à la coordination binationale des navires scientifiques, le Conseil, conjointement avec le «Marine Community Day», a été l'hôte du 6^e Atelier annuel de la coordination des activités impliquant les navires scientifiques à Cleveland (Ohio), les 31 janvier et 1^{er} février 2002. Les participants ont été mis au courant des derniers développements concernant la mise en place d'un système d'identification automatique et du suivi électronique des bâtiments naviguant dans les Grands Lacs. La Garde côtière américaine a présenté une mise à jour des mesures prises afin d'améliorer la sécurité portuaire et a effectué plusieurs présentations sur la formation, l'entretien et la conversion des navires. Par ailleurs, les résultats des études scientifiques réalisées grâce à l'utilisation des navires de recherche ont été présentés. On a pu partager les réussites scientifiques, dont les succès des campagnes de recherche, et l'atelier aura permis un fructueux échange de vues. Les participants ont fait état de leurs attentes quant aux efforts à fournir pour la coordination des activités rattachées à l'utilisation des navires et l'organisation des ateliers annuels. Ils ont souligné la nécessité de continuer à aller de l'avant à partir des éléments du plan d'action créé en 1997.

Le 7^e Atelier annuel sur la coordination de l'usage des navires scientifiques a eu lieu à l'hôtel Holiday Inn Select, de

Windsor, en Ontario, les 13 et 14 mars 2003. En effectuant le suivi des problématiques soulevées l'année précédente, l'Atelier avait ciblé des objectifs spécifiques définis dans le plan d'action et s'est concentré sur l'acceptation d'une identité organisationnelle, en en définissant la mission et la vision, et sur la façon d'en gérer les activités. On y a présenté le nouveau site Internet sur les navires scientifiques et des représentants du «Marine Safety Office» de la Garde côtière américaine, de Détroit, au Michigan, ainsi que des représentants de la Sécurité maritime du Canada ont conduit une excellente discussion sur les normes s'appliquant aux membres du personnel maritime ainsi que sur les exigences de sécurité et d'inspections. John Tanner, surintendant de la «Great Lakes Maritime Academy», a présenté le dernier-né de la flotte scientifique des Grands Lacs, le *State of Michigan*, un navire de 224 pieds basé à Traverse City, au Michigan, et qui sera utilisé comme navire-école et comme navire de recherche. En outre, Jan Ciborowski, professeur à l'Université Windsor et membre du Conseil, a présenté les grandes lignes de l'étude «2002 Lake Erie Trophic Study», un projet de recherche à grande échelle impliquant un engagement majeur en termes d'utilisation de navires scientifiques et exigeant une coordination intensive des deux côtés de la frontière. Tous les exposés ont été bien reçus, les responsables du nouveau site Internet ont eu droit à des félicitations et une discussion de groupe encadrée a aidé les participants de l'atelier à atteindre leurs objectifs.

8.4.3 Le nouveau site Internet

En réaction aux préoccupations exprimées lors du 6^e Atelier annuel de coordination des navires scientifiques dans les Grands Lacs concernant la facilité de communication pour faire état des requêtes et pour coordonner les horaires des navires sur le site des navires scientifiques, le Conseil a accepté de procurer un serveur d'hébergement et d'initier des améliorations au site. Le site des navires scientifiques a été entièrement refondu et transformé en base de données avec navigateur. On peut y afficher les calendriers des navires, les chercheurs peuvent y identifier les ressources disponibles et les exploitants peuvent y communiquer efficacement et y échanger des informations sur tout un éventail de préoccupations opérationnelles. Les exploitants peuvent maintenant afficher sur le site des informations concernant les équipements et les événements ; ils ont accès au serveur de liste et ils peuvent instantanément mettre à jour les caractéristiques de leurs embarcations pour faire état de nouvel équipement ou de modifications à leurs navires. Le public peut y puiser de l'information sur la flotte scientifique des Grands Lacs et apprécier davantage la qualité des travaux entrepris des deux côtés de la frontière. Pour en

savoir plus, on consultera le site à l'adresse suivante :
www.glsiencevessels.org.

8.4.4 Secteurs d'intervention

Si les ateliers annuels offrent une excellente tribune pour échanger des idées, les participants ont toutefois clairement indiqué qu'il faudra bien plus qu'un événement annuel pour résoudre les défis qu'éprouvent les gestionnaires et les exploitants des navires scientifiques des Grands Lacs. Pour atteindre les buts déterminés dans le plan d'action de 1997, il est essentiel de rendre publics l'importance et la valeur des services rendus par la flotte de navires scientifiques. Il faut établir un groupe de soutien comparable à celui du « University National Oceanographic Laboratory System », dont la préoccupation touche les besoins particuliers des navires que l'on retrouve normalement dans le bassin des Grands Lacs en ce qui a trait à la recherche, à la formation et à l'éducation de proximité. L'utilisation des navires présentement exploités dans les Grands Lacs est fort diverse et les normes concernant le personnel et les inspections sont tout aussi variées. Pour y faire face, les participants de l'atelier ont décidé de fonder l'Association des navires scientifiques des Grands Lacs. La vision de l'organisme est d'en arriver à une utilisation complète de tous les navires scientifiques de la façon la plus efficiente. L'Association concentrera ses efforts

à intervenir dans les trois secteurs suivants :

- le soutien public ;
- le développement de normes ;
- la formation des personnels.

Des pistes ont été assignées à chaque secteur et des résultats concrets ont été fixés comme objectifs pour 2003-2004. Cela comprend la promotion de la valeur des tâches effectuées par les navires scientifiques, l'amélioration du site Internet, la mise au point d'une banque de normes et la création d'une liste recommandant des exigences de formation. Le prochain atelier de coordination des navires scientifiques aura lieu du 3 au 5 février 2004 à la « Great Lakes Maritime Academy », à Traverse City, au Michigan. L'atelier concentrera ses travaux sur les activités dans chacun des secteurs d'intervention, évaluera leur statut et planifiera les objectifs à atteindre pour 2004. La « Great Lakes Maritime Academy » sera le lieu idéal pour se rencontrer et profiter d'une large sélection de possibilités de formation.

8.4.5 Recommandation

- **Que la Commission mixte internationale continue son appui massif aux ateliers annuels de coordination des navires scientifiques.**

Membres américains

Stephen B. Brandt, Ph. D., Co-Chair
 Director, Great Lakes Environmental Research Lab.
 National Oceanic and Atmospheric Administration
 Ann Arbor, Michigan

Joseph DePinto, Ph. D.
 Senior Scientist
 Limno-Tech, Inc.
 Ann Arbor, Michigan

Christopher T. DeRosa, Ph. D.
 Director, Division of Toxicology
 CDC/Agency for Toxic Substances and Disease Reg.
 Atlanta, Georgia

James M. Haynes, Ph. D.
 Director/Professor
 N.Y. Great Lakes Research Consortium
 Center for Applied Aquatic Science & Aquaculture
 Department of Biological Sciences
 SUNY College at Brockport, New York

Paul Horvatin
 Program Manager
 U.S. EPA-GLNPO
 Chicago, Illinois

Thomas C. Johnson, Ph. D.
 Director, Large Lakes Observatory
 University of Minnesota
 Duluth, Minnesota

Jan A. Miller
 U.S. Corps of Engineers
 Great Lakes & Ohio River Division
 Chicago, Illinois

James R. Nicholas
 Michigan District Chief
 Water Resources Division
 U.S. Geological Survey
 Lansing, Michigan

Jeffrey M. Reutter, Ph. D.
 Director, Ohio Sea Grant College Program
 Ohio State University, Research Center
 Columbus, Ohio

Leon M. Carl, Ph. D.
 Center Director
 Great Lakes Science Center
 U.S. Department of Interior
 U.S. Geological Survey
 Ann Arbor, Michigan

Membres canadiens

Harvey Shear, coprésident
 Conseiller scientifique régional
 Environnement Canada
 Downsview, Ontario

Luis G. Leigh
 Directeur
 Direction de l'économie environnementale
 Direction de l'analyse de l'économie et de la réglementation
 Environnement Canada
 Gatineau, Québec

Robert C. Andrews
 Department of Civil Engineering
 University of Toronto
 Toronto, Ontario

Jacinthe Leclerc
 Directrice
 Direction de la conservation de l'environnement
 Centre Saint-Laurent
 Environnement Canada
 Montréal, Québec

Dale Henry
 Atmospheric Studies, Science and Technology
 Ministère de l'Environnement de l'Ontario
 Toronto, Ontario

Cheryl Lewis
 Ministère des Richesses naturelles de l'Ontario
 Section de recherche sur les pêches
 Peterborough, Ontario

David Blakey, Ph. D.
 Directeur par intérim
 Administration des contaminants de l'environnement
 Centre d'hygiène du milieu
 Santé Canada
 Ottawa, Ontario

Alex T. Bielak, Ph. D.
Directeur, Division de la liaison scientifique
Institut national de recherche sur les eaux
Environnement Canada
Burlington, Ontario

Daniel A. Bondy
Directeur, Centre national de la recherche faunique
Service canadien de la faune
Environnement Canada
Ottawa, Ontario

Jan J. H. Ciborowski, Ph. D.
Department of Biological Sciences
Great Lakes Institute for Environmental Research
University of Windsor
Windsor, Ontario

William J. Meades
Directeur, Écologie forestière
Service canadien des forêts
Centre de foresterie des Grands Lacs
Ressources naturelles Canada
Sault Ste. Marie, Ontario

Membres binationaux

Charles C. Krueger, Ph. D.
Science Director
Great Lakes Fishery Commission
Ann Arbor, MI

Pat Chow-Fraser, Ph. D.
International Association for Great Lakes Research
Department of Biology
McMaster University
Hamilton, Ontario

Agents de liaison de la CMI

John Nevin
International Joint Commission
Strategic Policy Advisor
Ann Arbor, Michigan

Ann MacKenzie
Commission mixte internationale
Section canadienne
Ottawa, Ontario

Secretary

Mark Burrows
Secrétaire
Commission mixte internationale
Bureau régional des Grands Lacs
Windsor, Ontario

Anciens membres

Les membres dont les noms suivent ont également participé aux travaux du Conseil pendant le cycle biennuel 2001-2003. Le Conseil les en remercie.

Lynn Cleary, Ph. D.
Directeur,
Direction de la gestion et de la diffusion de l'information
Centre Saint-Laurent
Environnement Canada,
Montréal, Québec

Karl Schaefer
Bureau d'environnement des Grands Lacs,
Affaires ministérielles des Grands Lacs
Environnement Canada, région de l'Ontario
Burlington, Ontario

Nancy Milton, Ph. D.
Great Lakes Science Center,
U.S. Geological Survey
Biological Resources Division
Ann Arbor, Michigan

Steve Clarkson
Directeur
Bureau des dangers des produits chimiques
Direction de l'hygiène du milieu
Santé Canada
Ottawa, Ontario

Vic Cairns
Great Lakes Laboratory for
Fisheries and Aquatic Sciences
Pêches et Océans Canada,
Centre canadien des eaux intérieures
Burlington, Ontario

Centers for Disease Control. 2000. "Morbidity and Mortality Weekly Report", 49 (SS04): 1-35.

Todd, G.D. and S.K. Haack. April 2001. "Emerging contaminants in Great Lakes waters". White Paper submitted to the Council of Great Lakes Research Managers.

Metcalfe, Moon, Trudeau, and Struger. 2002. "Distribution and Effects of Pharmaceutical Drugs in the Canadian Aquatic Environment". Final Report, Toxic Substances Research Initiative (TSRI), Project #337, 2002.

NRC. 1999, "Hormonally Active Agents in the Environment". National Research Council. National Academy Press. Washington, D.C.

Rose, J.B., and co-authors. 1999. "Microbial pollutants in our nation's water: Environmental and public health issues". American Society for Microbiology. Washington, D.C.

United States Geological Survey (USGS). 2000. "Toxic Substances Hydrology Program". <http://toxics.usgs.gov/regional/emc.html>.