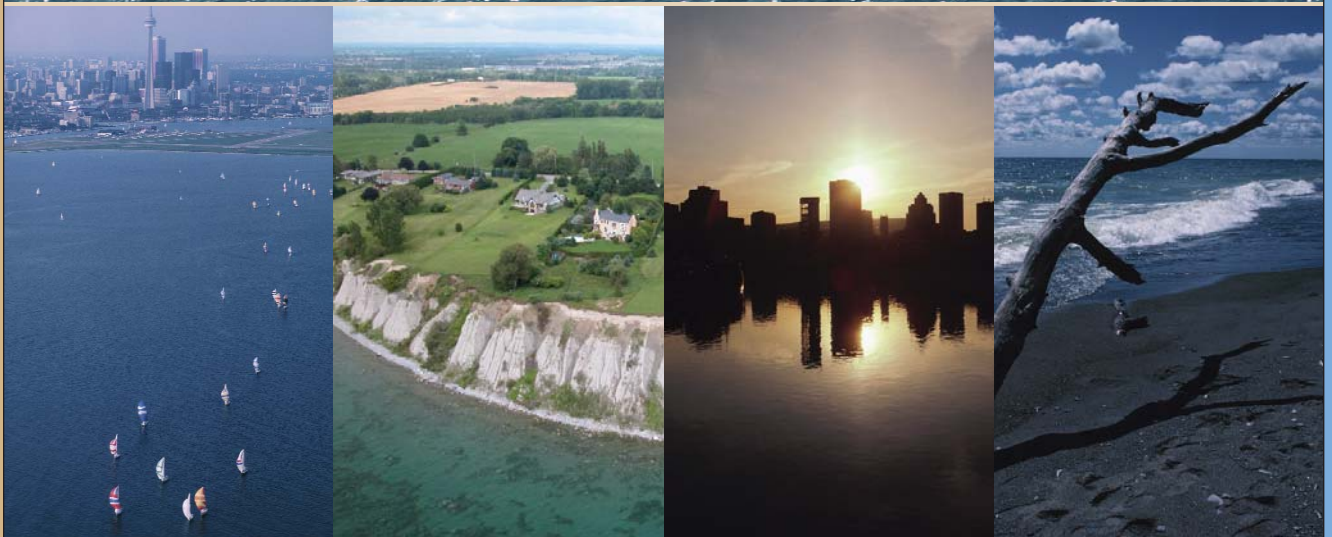


Options en matière de gestion des **niveaux** et des **débits** du **lac Ontario** et du **fleuve Saint-Laurent**



**Rapport du Groupe d'étude international
sur le lac Ontario
et le fleuve Saint-Laurent
présenté**

à la

**Commission mixte internationale
Mars 2006**





**Groupe d'étude
internationale sur
le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent**



ÉTATS-UNIS

Eugene Stakhiv, codirecteur
Sandra LeBarron
Peter Loucks
Frank Quinn
Frank Sciremammano, Jr.
James Snyder
Dan Barletta

CANADA

Doug Cuthbert, codirecteur
André Carpentier
Lynn Cleary
Ian Crawford
Henry Lickers
Steven Renzetti
Marcel Lussier

le 2 avril 2006

Mr. Dennis L. Schornack
Président, Section américaine
Commission mixte internationale
1250 23rd Street, NW, Suite 100
Washington, DC, E.-U. 20037

Le très honorable Herb Gray
Président, Section canadienne
Commission mixte internationale
234, av. Laurier Ouest, 22^e étage
Ottawa (Ontario) Canada K1P 6K6

Messieurs,

Le Groupe d'étude internationale sur le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent est heureux de vous soumettre le présent rapport rédigé à la demande de la Commission mixte internationale. Ce rapport recense les options relatives aux plans de régularisation, qui tiennent compte des nouvelles conditions hydrologiques, et tous les groupes d'intérêt qui profitent de l'exploitation et de la régularisation du système lac Ontario/fleuve Saint-Laurent. Les plans de régularisation proposés procurent tous des avantages économiques et environnementaux nets par rapport à l'actuel Plan 1958-D avec écarts (Plan 1958-DD). Chacune des options présente une combinaison d'avantages réels et de coûts minimaux, et toutes permettent l'atteinte des buts établis par la Commission dans sa directive du 11 décembre 2000.

Le rapport, ses conclusions et les recommandations qui en découlent sont le fruit de cinq années de collaboration internationale auxquelles ont pris part des centaines de participants à l'Étude, un nombre incalculable de citoyens et des douzaines d'organismes à qui nous voulons exprimer notre très grande reconnaissance.

Le tout respectueusement soumis,

Eugene Stakhiv
Directeur américain

Douglas Cuthbert
Directeur canadien

Secrétariat américain : Anthony J. Eberhardt, Ph.D., ing., directeur général
1776 Niagara Street, Buffalo, New York 14207-3199
Téléphone : (716) 879-4257 Télécopieur : (716) 879-4486 anthony.j.eberhardt@lrb01.usace.army.mil

Secrétariat canadien : Ed Eryuzlu, M. Sc., ing., directeur général
234, av. Laurier Ouest, 22^e étage, Ottawa (ON) K1P 6K6
Téléphone : (613) 995-9640 Télécopieur : (613) 995-9644 eryuzlue@ottawa.ijc.org

Options en matière de gestion des **niveaux** et des **débits** du **lac Ontario** et du **fleuve Saint-Laurent**

**Rapport du Groupe d'étude international
sur le lac Ontario
et le fleuve Saint-Laurent
présenté**

à la

**Commission mixte internationale
Mars 2006**



Matières

Table de matières

<i>Section</i>	<i>Page</i>
Annexe 1 – Documents de référence pertinents	1
Introduction	1
1. Directive de la Commission mixte internationale au Conseil international d'étude du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent, Décembre 2000	2
2. Plan d'étude concernant la révision des critères faisant partie des ordonnances d'approbation pour la régularisation du niveau et du débit du Lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent	5
3. Ordonnances d'approbation du 29 octobre 1952 modifiées par des ordonnances supplémentaires en date du 2 juillet 1956	9
Annexe 2 – Résumés et exposés contextuels des groupes de travail techniques	19
Introduction	19
A. Résumé du Groupe de travail technique sur l'environnement	20
Exposé contextuel sur l'environnement	34
B. Résumé du Groupe de travail technique sur la navigation de plaisance et le tourisme	41
Exposé contextuel sur la navigation de plaisance et le tourisme	51
C. Résumé du Groupe de travail technique sur les processus littoraux	62
Exposé contextuel sur les processus littoraux du lac Ontario et du haut Saint-Laurent	77
Exposé contextuel sur les processus littoraux du bas Saint-Laurent	87
D. Résumé du Groupe de travail technique sur la navigation commerciale	96
Exposé contextuel sur la navigation commerciale	101
E. Résumé du Groupe de travail technique sur l'énergie hydroélectrique	114
Exposé contextuel sur la génération d'énergie hydroélectrique	120
F. Résumé du Groupe de travail technique sur les utilisations domestiques, industrielles et municipales de l'eau	132
Exposé contextuel sur les utilisations domestiques, industrielles et municipales de l'eau	141
G. Exposé contextuel sur les peuples autochtones	144
H. Résumé du Groupe de travail technique sur la modélisation hydrologique et hydraulique	146
I. Résumé du Groupe de travail technique sur les besoins communs de données	155
J. Résumé du Groupe de travail technique sur la gestion de l'information	160

Annexe 3 – Description des plans et résultats sommaires	165
Introduction	165
A Guide de formulation des plans : résumé des contraintes et des hypothèses	166
B Description des plans de régularisation	171
Plan 1958-DD : le plan de base	171
Description des plans de régularisation proposés	189
Plan A+	189
Plan B+	194
Plan D+	199
Description des plans de référence et des plans axés sur des intérêts spécifiques	215
Plan E : plan favorisant un débit naturel	215
Plan 1958-D	217
Plan 1998	218
OntRip3 : plan pour les propriétaires riverains	220
RecBoat: plan pour les plaisanciers	222
C Tableaux récapitulatifs des résultats des plans	225
<i>Plan 1958-DD – Dommages absolus</i>	<i>225</i>
Tableau C1 : Dommages annuels moyens pour le plan 1958 DD selon les séries historique sur 100 ans et stochastique sur 50 000 ans	226
<i>Série chronologique historique (1900-2000)</i>	<i>227</i>
Tableau C2 : Résultats économiques des plans proposés, selon l'intérêt et la région, pour la série chronologique historique d'apport	227
Tableau C3 : Résultats économiques, selon l'intérêt et la région, des plans spécifiques et de référence, pour la série chronologique historique d'apport	228
Tableau C4 : Résultats (ratios) des indicateurs de performance environnementale des plans proposés d'après les apports historiques	229
Tableau C5 : Résultats (ratios) des indicateurs de performance environnementale des plans spécifiques et de référence d'après les apports historiques	230
<i>Résultats économiques des plans proposés (série stochastique sur 50 000 ans)</i>	<i>231</i>
Tableau C6 : Résultats économiques des plans proposés, selon l'intérêt et la région, pour la série stochastique d'apport sur 50 000 ans	231
<i>Quatre séries stochastiques extrêmes</i>	<i>232</i>
Tableau C7 : Résultats économiques des plans proposés, selon l'intérêt et la région, pour la série stochastique d'apport extrême S1 – siècle avec le moins d'apport d'eau au lac Ontario	232
Tableau C8 : Résultats économiques des plans proposés, selon l'intérêt et la région, pour la série stochastique d'apport extrême S2 – siècle avec le plus d'apport d'eau au lac Ontario et la plus grande amplitude entre les apports les plus faibles et les plus importants	233
Tableau C9 : Résultats économiques des plans proposés, selon l'intérêt et la région, pour la série stochastique d'apport extrême S3 – siècle possédant une amplitude d'apport et un apport moyen semblables au siècle de la série historique	234

Tableau C10 : Résultats économiques des plans proposés, selon l'intérêt et la région, pour la série stochastique d'apport extrême S4 – siècle avec la période de sécheresse du lac Ontario la plus longue	235
Tableau C11 : Résultats (ratios) des indicateurs de performance environnementale des plans proposés, pour la série stochastique d'apport extrême S1 – siècle avec le moins d'apport d'eau au lac Ontario	236
Tableau C12 : Résultats (ratios) des indicateurs de performance environnementale des plans proposés, pour la série stochastique d'apport extrême S2 – siècle avec le plus d'apport d'eau au lac Ontario et la plus grande amplitude entre les apports les plus faibles et les plus importants	237
Tableau C13 : Résultats (ratios) des indicateurs de performance environnementale des plans proposés, pour la série stochastique d'apport extrême S3 – siècle possédant une amplitude d'apport et un apport moyen semblable au siècle de la série historique	238
Tableau C14 : Résultats (ratios) des indicateurs de performance environnementale des plans proposés, pour la série stochastique d'apport extrême S4 – siècle avec la période de sécheresse du lac Ontario la plus longue	239
<i>Quatre séries dans un contexte de changement climatique</i>	<i>240</i>
Tableau C15 : Résultats économiques des plans proposés, selon l'intérêt et la région, pour la série de changement climatique C1 – chaud et sec	240
Tableau C16 : Résultats économiques des plans proposés, selon l'intérêt et la région, pour la série de changement climatique C2 – moins chaud et sec	241
Tableau C17 : Résultats économiques des plans proposés, selon l'intérêt et la région, pour la série de changement climatique C3 – chaud et humide	242
Tableau C18 : Résultats économiques des plans proposés, selon l'intérêt et la région, pour la série de changement climatique C4 – moins chaud et humide	243
Membres – Équipe de formulation des plans	244
Annexe 4 – Plans d'action en matière d'atténuation et de gestion adaptative	245
Introduction	245
Plan d'action en matière d'atténuation.	246
Plan d'action en matière de gestion adaptative (PAGA).	253
Glossaire	261



Annexe 1

Documents de référence pertinents

Introduction

L'annexe 1 contient trois documents de référence pertinents aux fins de l'Étude internationale sur le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent :

- 1) la Directive de la Commission mixte internationale au Conseil d'étude international sur le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent (décembre 2000);
- 2) le résumé du Plan d'étude concernant la révision des critères faisant partie des ordonnances d'approbation pour la régularisation du niveau et du débit du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent (septembre 1999);
- 3) l'Ordonnance d'approbation du 29 octobre 1952, modifiée par une ordonnance supplémentaire en date du 2 juillet 1956.

Document de référence pertinent 1

Directive de la Commission mixte internationale au Conseil international d'étude du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent, Décembre 2000

1. En vertu du Traité relatif aux eaux limitrophes de 1909 (le Traité), la Commission mixte internationale doit veiller constamment à ce que les projets qu'elle a approuvés continuent d'être menés en conformité avec les dispositions du Traité, selon l'interprétation faite par la Commission et les gouvernements du Canada et des États-Unis (les gouvernements). Dans l'exécution de son mandat, la Commission a préparé et soumis aux gouvernements un **Plan d'étude concernant la révision des critères faisant partie des Ordonnances d'approbation pour la régularisation du niveau et du débit du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent** (le Plan d'étude) en septembre 1999. Le Plan d'étude décrit les activités à entreprendre pour examiner la régularisation des niveaux et des débits du système lac Ontario-fleuve Saint-Laurent et fait état des connaissances acquises depuis que l'Ordonnance d'approbation relative à la construction de certains ouvrages hydroélectriques dans la section des rapides internationaux du fleuve Saint-Laurent a été promulguée, le 29 octobre 1952, et modifiée, le 2 juillet 1956, ainsi que des changements d'utilisation du bassin et des tendances futures probables. Cette étude vise les objectifs suivants : i) examiner la régularisation des niveaux et des débits dans le système lac Ontario-fleuve Saint-Laurent en tenant compte de ses effets sur les groupes d'intérêt touchés, ii) faire connaître davantage ce système à tous les intéressés et iii) fournir toutes les données techniques et les autres renseignements utiles à l'examen. Dans son examen du Plan d'étude et son évaluation des incidences de ce plan sur les groupes d'intérêt touchés, la Commission s'emploiera à répondre aux besoins de ces groupes et du système dans son ensemble, en conformité avec les dispositions du Traité.
2. La présente directive établit le Conseil international d'étude du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent (le Conseil d'étude). Le Conseil d'étude a pour mandat d'entreprendre les études nécessaires pour fournir à la Commission l'information dont elle a besoin pour évaluer des options en matière de régularisation des niveaux et des débits dans le système lac Ontario-fleuve Saint-Laurent pour le bénéfice des groupes d'intérêt touchés et du système dans son ensemble et en conformité avec le Traité. C'est ce mandat qui guidera le Conseil d'étude dans l'exécution de ses travaux, qui comprendront :
 - a. l'examen de l'exploitation des ouvrages de régularisation des niveaux et des débits dans le système lac Ontario-fleuve Saint-Laurent compte tenu des effets de cette exploitation sur les activités des groupes d'intérêt touchés, y compris sur l'environnement;
 - b. la détermination de l'à-propos de modifications éventuelles du Plan d'étude en fonction des besoins, des intérêts et des préférences courants et nouveaux concernant la gestion durable du système;
 - c. l'évaluation des options présentées pour l'amélioration des règles d'exploitation et des critères régissant le système.

Le Conseil d'étude doit soumettre des options et des recommandations à l'examen de la Commission. Il est encouragé, dans l'exécution de son mandat, à intégrer le plus de facteurs et de perspectives possible, y compris ceux qui n'ont pas encore été intégrés aux évaluations de la régularisation du système lac Ontario-fleuve Saint-Laurent, de manière à assurer la prise en compte adéquate des questions importantes.

3. La Commission nommera au Conseil d'étude un nombre égal de représentants du Canada et des États-Unis et désignera un membre canadien et un membre américain qui agiront à titre de co-présidents. Les co-présidents du Groupe consultatif sur les intérêts publics seront membres du Conseil d'étude. Les co-présidents du Conseil d'étude convoqueront et présideront les réunions du Conseil d'étude et dirigeront conjointement la planification et la mise en oeuvre de ses travaux.
4. Après consultation de la Commission, le Conseil d'étude pourra mettre sur pied des groupes d'étude, des comités, des groupes de travail et d'autres groupes consultatifs pour examiner les questions de fond cernées dans le Plan d'étude et pour l'aider dans l'exécution de son mandat. Il devrait normalement nommer un nombre égal de représentants canadiens et américains au sein de chacun de ces groupes. Sauf disposition contraire, les membres du Conseil d'étude, des groupes d'étude, des comités, des groupes de travail et des autres groupes consultatifs prendront eux-mêmes les dispositions nécessaires pour se faire rembourser les dépenses engagées admissibles.
5. Après consultation du Conseil d'étude, la Commission nommera un co-directeur canadien et un co-directeur américain à temps plein dont la tâche sera d'aider le Conseil d'étude à s'acquitter des responsabilités conférées par la présente directive. Les co-directeurs travailleront sous la direction conjointe des co-présidents du Conseil d'étude et devront être entièrement au fait des travaux des groupes d'étude, des comités, des groupes de travail et des autres groupes consultatifs ainsi que du Groupe consultatif sur les intérêts publics, qui est établi en vertu des modalités relatives à la participation du public datées du 11 décembre 2000.
6. Le Conseil d'étude, les groupes d'étude, les comités, les groupes de travail et les autres groupes consultatifs fonctionneront comme des entités propres. Les membres du Conseil d'étude, des groupes d'étude, des groupes de travail et des autres groupes consultatifs ainsi que les co-directeurs agiront auprès de la Commission en leur qualité personnelle et professionnelle et non comme des représentants de leurs pays, de leurs organismes, de leurs organisations ou d'autres entités auxquelles ils sont affiliés.
7. Le Conseil d'étude ainsi que les groupes d'étude, les comités, les groupes de travail et les autres groupes consultatifs devront mener tous leurs travaux dans un esprit de concertation. Le Conseil d'étude devra informer la Commission de toute divergence inconciliable et saisir rapidement la Commission de tout aspect vague ou confus des instructions ou des directives reçues de la Commission.
8. Le Conseil d'étude devra mener ses travaux indépendamment de ceux du Conseil international de contrôle du fleuve Saint-Laurent (le Conseil de contrôle), qui est chargé de superviser la régularisation des débits sortants du lac Ontario en vertu des ordonnances d'approbation de 1952 de la Commission et de leur modification, et ne devra pas prendre d'instructions du Conseil de contrôle. Toutefois, le Conseil d'étude devra assurer la liaison avec le Conseil de contrôle afin que chacun des conseils soit au courant des activités de l'autre qui pourraient l'aider à s'acquitter de ses responsabilités.

9. Le Conseil d'étude devra tenir la Commission pleinement informée des progrès accomplis et de son orientation. Il devra également se tenir au courant des activités et des conditions dans le bassin et faire part à la Commission de toute activité ou condition qui peut influencer sur ses travaux. Outre des contacts réguliers avec des employés désignés de la Commission, le Conseil d'étude rencontrera au moins deux fois par année les représentants de la Commission et leur présentera des rapports d'étape écrits au moins trois semaines avant la tenue de ces réunions ou d'autres rencontres jugées appropriées par le Conseil d'étude ou demandées par la Commission. En outre, il tiendra des dossiers financiers et d'autres registres qui peuvent s'avérer nécessaires pour documenter les contributions de chaque pays à l'étude.
10. La Commission reconnaît l'importance de l'information, de la consultation et de la participation du public. Dans l'exécution de ses travaux, le Conseil d'étude devra s'aligner sur les indications concernant la participation du public datées du 11 décembre 2000. La Commission s'attend à ce que le Conseil d'étude fasse participer le plus possible le public à ses travaux. Le Conseil d'étude devra fournir aux secrétaires de la Commission le texte des communiqués de presse avant leur publication.
11. Afin de faciliter l'information et la consultation du public, le Conseil d'étude devra diffuser aussi largement que possible l'information sur l'étude, y compris les livres blancs, les données, les rapports du Conseil d'étude ou d'un de ses sous-groupes et tout autre document jugé opportun. Le Conseil d'étude devra créer et tenir à jour un site Web qui lui servira à diffuser l'information relative à la mise en oeuvre du Plan d'étude et à stimuler le débat public. Dans la mesure du possible, le Conseil d'étude devra mettre à la disposition du public et afficher à son site Web tous les documents existants d'information du public en vertu des règles de procédure de la Commission, y compris les commentaires du public et d'autres renseignements divulgués par décision rendue en vertu de ces règles.
12. La Commission tiendra des audiences publiques formelles à des moments opportuns pendant la tenue de l'étude.
13. Dans les deux mois suivant sa création, le Conseil d'étude devra soumettre à l'approbation de la Commission un plan de travail détaillé accompagné d'un calendrier de ses activités, d'une liste des produits livrables et de prévisions budgétaires, tous fondés sur le plan de l'étude.
14. La Commission gérera ou coordonnera les contributions des deux gouvernements à l'appui des activités du Conseil d'étude, des groupes d'étude, des comités, des groupes de travail, des autres groupes consultatifs et du Groupe consultatif sur les intérêts publics.

Signée ce 11^e jour de décembre 2000.

Le secrétaire
Section américaine,

Gerald E. Galloway

Le secrétaire
Section canadienne,

Murray Clamen

Document de référence pertinent 2

Plan d'étude concernant la révision des critères faisant partie des ordonnances d'approbation pour la régularisation du niveau et du débit du Lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent

Résumé

En mai 1999, un groupe d'étude binational a été constitué par la Commission mixte internationale en vue de transformer le Plan de travail de 1996, préparé par le Conseil international de contrôle du fleuve Saint-Laurent, en un Plan d'étude détaillé visant à réviser le fonctionnement des ouvrages de régularisation du débit et du niveau d'eau du bassin du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent. Pour ce faire, on devra étudier les critères inclus dans les Ordonnances d'approbation de la Commission pour ces travaux et déterminer les exigences préalables à l'établissement de nouveaux critères pour une meilleure régularisation du lac Ontario, si la Commission le juge souhaitable. Le Plan de travail de 1996 mettait l'accent sur les facteurs environnementaux, notamment les milieux humides, et les intérêts de la navigation de plaisance, dont on n'avait pas tenu compte dans le plan initial. Le Plan de travail a également permis de conclure qu'il faut évaluer les critères actuels dans le cadre des études futures afin de déterminer si des modifications peuvent leur être apportées en tenant compte de l'expérience acquise sur le plan opérationnel et des préférences des divers groupes d'intérêts qui ont été relevées depuis l'adoption du plan original. La CMI désire que le Plan de travail serve de fondement à ce nouveau Plan d'étude. Au cours de l'élaboration du présent document, on a consulté des experts à propos des milieux humides, des pêches et de l'environnement, de la navigation de plaisance, des processus côtiers, y compris le potentiel d'érosion et d'inondation, de la navigation commerciale, de l'énergie hydroélectrique, des prises d'eau industrielles, municipales et domestiques, de l'éducation du public et de l'information qui lui est destinée ainsi que de la modélisation hydrologique. Le groupe d'étude a ensuite réuni les avis et les propositions de ces experts dans un Plan d'étude général comprenant l'établissement des coûts et les échéanciers. Les principaux faits concernant l'information obtenue sont fournis ci-après.

Collecte des données

L'évaluation des différents intérêts et critères exige une collecte de données exhaustive. Par exemple, les besoins en information pour les évaluations environnementales doivent être axés sur une collecte de données topographiques et bathymétriques plus poussée, comportant davantage de milieux humides, effectuée parallèlement à une collecte de données sur les communautés végétales si l'on veut faire ressortir les changements qui se sont produits depuis la cueillette des données menée dans le cadre de l'Étude concernant les fluctuations du niveau des eaux de 1991 ainsi que sur une cueillette des données concernant l'utilisation des poissons et l'accessibilité aux habitats palustres. L'examen des processus côtiers, entre autres les inondations et l'érosion, exige des renseignements très détaillés sur le littoral, y compris sur sa géomorphologie et sa géologie subaquatique ainsi que sa bathymétrie, les côtes d'émersion, la hauteur et la pente des falaises, l'utilisation des terres et la valeur des propriétés. L'évaluation de l'incidence sur la navigation de plaisance demande la consultation systématique de tous les exploitants de marinas si l'on veut connaître l'agencement matériel et le fonctionnement des installations ainsi que la gamme de tirants d'eau exigés par les utilisateurs des installations. Des enquêtes sont également nécessaires pour déterminer les caractéristiques des prises d'eau et des puits riverains, y compris des renseignements sur les utilisateurs et les changements qui se sont produits depuis 1956 et pour s'assurer que l'utilisation industrielle et domestique de l'eau est répertoriée.

La collecte des données doit être effectuée à des endroits précis ou sur un littoral continu, selon l'intérêt particulier examiné, le long des deux rives du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent, jusqu'à Trois-Rivières. On propose l'utilisation de techniques de collecte de données de pointe, telles que les techniques de levé par laser aéroporté, avec le système de positionnement global (GPS) et le système d'information géographique (SIG).

L'évaluation des effets découlant des fluctuations du niveau d'eau sera fondée sur les apports d'eau et les niveaux d'eau du lac consignés par le passé. Dans la mesure du possible, on prendra en considération les changements futurs probables liés au climat et à la démographie, et on utilisera des techniques de simulation pour évaluer les effets d'un scénario hypothétique d'apport d'eau futur.

Évaluations

Plusieurs évaluations exigeront l'élaboration de modèles d'enquête et de prévision qui permettront de déterminer l'incidence des fluctuations du niveau d'eau sur un intérêt particulier. Les données produites par chacun de ces modèles seront évaluées afin que l'on puisse déterminer des méthodes de recharge qui satisfont, dans la plus grande mesure possible, aux besoins de tous les intérêts (y compris l'intégrité de l'écosystème), tout en respectant les exigences du Traité des eaux limitrophes, notamment celles énoncées à l'article VIII.

On se propose d'élaborer de nouveaux plans de régularisation et de les évaluer pour déterminer leur concordance avec les nouveaux critères ou ceux qui ont été modifiés par suite des études. Si, pour les conditions d'un processus hydrologique donné, les critères de régularisation doivent être satisfaits par le plan de régularisation, il sera peut-être nécessaire d'élaborer simultanément les critères et le plan de régularisation. Dans le cas où il n'est pas nécessaire que le nouveau plan satisfasse pleinement tous les critères, ceux-ci pourront être définis avant l'élaboration du plan. Enfin, si le plan ne peut satisfaire tous les critères, il faudra établir une méthode, outre celle prévue par le Traité, pour classer les critères proposés selon leur importance afin de mettre à l'épreuve les changements apportés aux plans et de déterminer le plan qui satisfait le mieux aux critères proposés.

Comme les besoins et les préférences des divers intérêts sont différents et parfois même conflictuels, il ne sera pas facile de mettre au point un ensemble de critères plus étendu et un plan de régularisation correspondant qui sera satisfaisant à tous les égards. Il faut démontrer les niveaux et les débits qu'il est physiquement possible d'atteindre en fonction des chenaux et des ouvrages régulateurs existants en effectuant des simulations de régularisation pour tout l'éventail de conditions hydrologiques possibles. La compréhension de la réalité ou du côté pratique de certaines conditions liées aux niveaux ou aux débits pourrait contribuer à favoriser le dialogue entre les groupes d'intérêts ainsi que l'acceptation des besoins des autres et l'atteinte du compromis qui sera tôt ou tard nécessaire entre les groupes. Les groupes intéressés devront comprendre que, entre les contraintes que constituent les ouvrages actuels et le possible apport d'eau futur, il est fort peu probable qu'un nouveau plan de régularisation puisse fournir des avantages supplémentaires à tous les intéressés.

Gestion du projet

On propose de confier la gestion intégrale du plan d'étude pluriannuel décrit dans le présent document à un Conseil d'étude créé à cette fin par la Commission. Le Conseil d'étude établira ensuite des groupes de travail binationaux spéciaux qui seront chargés de la collecte des données communes, comme le précise la section 4.2, en tirant parti de l'expertise disponible dans les deux pays et en distribuant les ressources en conséquence. Des groupes d'étude seront aussi créés pour chacun des « intérêts » précisés à la section 6 du présent Plan. Il s'agira dans chaque cas d'un groupe binational dont les membres proviendront, à tout le moins, des divers organismes énumérés à l'annexe 1. Le Conseil d'étude coordonnera les calendriers de travail des groupes d'études. Le Conseil d'étude sera ensuite chargé, avec la participation de chaque

groupe de travail et du Groupe consultatif sur les intérêts décrit à la section 5.1, de prendre en considération les différentes conclusions concernant chaque zone d'étude et de les présenter d'une manière cohérente permettant la tenue d'un débat public sur l'incidence négative et positive des divers plans et critères de régularisation, tout en gardant à l'esprit les priorités déjà prévues à l'article VIII du Traité des eaux limitrophes.

Le processus d'évaluation sera itératif, car il commencera dès le début du processus d'étude et se poursuivra jusqu'à ce qu'il soit achevé. Il comprendra l'élaboration et l'amélioration de la méthodologie d'évaluation, la tenue d'ateliers et de réunions publiques ainsi que l'élaboration et l'essai d'un plan de régularisation. Certaines parties de l'étude générale exigeront une collecte de données s'étendant sur quatre ou cinq ans afin d'obtenir une base de référence appropriée, tandis que d'autres pourront être divisées en phases où la collecte de données s'effectuera au cours des premières années et les essais des scénarios, au cours des dernières. On s'attend à ce que les deux dernières années de l'étude soient fortement axées sur l'établissement de critères et d'un plan de régularisation acceptable. La difficulté résidera dans l'élaboration de critères et de plans de régularisation tenant compte des intérêts de chaque groupe, qui apporteront plus d'avantages à certains tout en évitant d'être considérablement désavantageux pour d'autres. Une méthodologie d'aide à la décision adaptée à la situation devra être conçue et intégrée aux études proposées; cette méthodologie devra tenir compte de la complexité des tentatives visant à répartir les effets positifs et négatifs inhérents à la régularisation du bassin du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent. On prévoit qu'il faudra élaborer un certain nombre de plans de régularisation d'essai qui devront être pris en considération par le Conseil d'étude si l'on veut s'assurer que les effets de tout nouveau critère ou critère révisé soient décrits de manière à ce que les représentants des différentes parties intéressées, le public en général et les membres de la Commission puissent pleinement les comprendre.

Participation du public

La consultation du public est essentielle à l'évaluation des critères du plan. En effet, les progrès dans le dossier des niveaux d'eau sont dans une large mesure fonction de la compréhension des causes des problèmes touchant les niveaux d'eau par le public et de la prise de conscience que la plupart des solutions proposées entraîneraient des conséquences pour les autres. Afin d'arriver à ce niveau de compréhension, il est recommandé que les principaux groupes d'intérêts et les représentants du public intéressé prennent part directement aux études, par l'entremise d'un groupe consultatif sur les intérêts, tel qu'il est décrit à la section 5.1. Ainsi, les divers intéressés pourraient parvenir à une entente sur de nombreux aspects du dossier. La participation continue de tous les intéressés au processus d'évaluation des critères est essentielle à la réussite de l'étude.

Une fois ces travaux achevés, le Conseil d'étude fera rapport à la Commission des travaux réalisés et recommandera tout ajout ou toute modification à apporter aux critères actuels ainsi que le plan de régularisation qui rendra exécutoires ces critères. La Commission pourra, quant à elle, tenir d'autres consultations publiques avant de prendre une décision concernant l'adoption ou non des recommandations du Conseil d'étude. Comme le délai supplémentaire nécessaire à la Commission pour prendre en considération les travaux du Conseil d'étude ou pour tenir d'autres consultations publiques ne peut être évalué avec précision en ce moment, il ne fait pas partie du calendrier général du projet qui s'étend sur cinq ans.

Sommaire du coût de l'étude

Grâce à l'étude proposée, le bassin du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent sera défini de façon exhaustive en tant qu'écosystème et, du point de vue hydrologique, on connaîtra l'histoire du bassin et son incidence potentielle, positive ou négative, dans l'avenir, mais à un coût considérable. L'étude complète de tous les facteurs prendra cinq ans; le coût de cette étude est évalué à **10,07 millions de dollars US** (soit 14,80 M \$CAN) pour les travaux effectués aux États-Unis plus **15,79 millions de dollars CAN** (soit 10,74 M \$US) pour les travaux exécutés au Canada, ce qui totalise, après conversion, 30,59 M \$CAN ou 20,81 M \$US. Un ensemble de groupes binationaux mènera l'étude et sera responsable de l'emploi de cette somme. Les groupes seront formés de spécialistes qui mettront à profit leurs compétences personnelles et professionnelles. Ceux-ci proviendront d'organismes fédéraux, provinciaux et des États, d'universités et de firmes d'experts-conseils ainsi que des groupes d'intérêts touchés par la régularisation du lac Ontario et seront chapeautés par le Conseil d'étude binational.

Remerciements

Le présent document n'aurait pu être produit sans l'aide de nombreuses personnes qui ont répondu promptement à nos demandes en nous fournissant l'information nécessaire et en établissant rapidement des groupes chargés de définir les études requises.

Le tout respectueusement soumis par le Groupe d'étude :

Lieutenant-colonel Mark D. Feierstein

M. Michael Turner

Dr Douglas A. Wilcox

M. André Carpentier

M. Thomas E. Brown

M. Robert H. Clark

Document de référence pertinent 3

Ordonnances d'approbation du 29 octobre 1952 modifiées par des ordonnances supplémentaires en date du 2 juillet 1956

ANNEXE G

ORDONNANCE D'APPROBATION POUR LA RÉGULARISATION DU LAC ONTARIO

Codification de bureau

PORTANT SUR LES DEMANDES DES GOUVERNEMENTS DU CANADA ET DES ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE VISANT À OBTENIR UNE ORDONNANCE D'APPROBATION RELATIVE À LA CONSTRUCTION DE CERTAINS OUVRAGES HYDRO-ÉLECTRIQUES DANS LA SECTION DES RAPIDES INTERNATIONAUX DU FLEUVE SAINT-LAURENT.

REMARQUES :

1. *Les modifications du 2 juillet 1956 sont indiquées en italique.*
2. Tous les niveaux ont été exprimés en fonction du niveau de référence international des Grands lacs (1955).

ORDONNANCES D'APPROBATION du 29 octobre 1952, modifiées par une ordonnance supplémentaire en date du 2 juillet 1956

ATTENDU QUE le Gouvernement du Canada et le Gouvernement des États-Unis d'Amérique ont présenté, en date du 30 juin 1952, des demandes d'approbation à la Commission mixte internationale (ci-après nommée la « Commission ») en vue de la construction conjointe, par des organismes devant être désignés par les Gouvernements respectifs, de certains ouvrages hydro-électriques dans la section des rapides internationaux du fleuve Saint-Laurent, considérée comme une zone d'eaux limitrophes aux termes de l'article préliminaire du Traité sur les eaux limitrophes de 1909 (ci-après nommé le « Traité »), et en vue de la construction, de l'entretien et de l'exploitation des ouvrages susmentionnés sous réserve des conditions énoncées dans ces demandes, et qu'ils ont prié la Commission de considérer ces demandes comme une demande conjointe;

ATTENDU QUE, conformément à cette requête des deux Gouvernements, la Commission a accepté de considérer ces deux demandes comme une demande conjointe;

ATTENDU QUE des avis faisant part de la présentation des demandes ont été publiés conformément aux Règles de procédure de la Commission;

ATTENDU QUE les demandes ont reçu réponse et que des répliques à ces réponses ont été adressées par les deux requérants conformément aux Règles de procédure de la Commission;

ATTENDU QUE, en application des avis publiés, la Commission a tenu des audiences à Toronto (Ontario) le 23 juillet 1952, à Ogdensburg (New York) le 24 juillet 1952, à Cornwall (Ontario) le 25 juillet 1952, à Albany (New York) le 3 septembre 1952, à Montréal (Québec) le 8 septembre 1952 et à Washington (D.C.) le 20 octobre 1952;

ATTENDU QUE, du fait de la parution des avis susmentionnés au sujet desdites demandes et audiences, toutes les personnes intéressées ont eu la possibilité de présenter leur témoignage à la Commission et d'être entendues par celle-ci;

ATTENDU QUE, conformément auxdites demandes, aux audiences, aux témoignages présentés et aux documents qu'elle a reçus, la Commission constate que les ouvrages et les utilisations de l'eau proposés dans la section des rapides internationaux sont conformes aux principes qui régissent les activités de cette Commission, tels qu'établis par les Hautes Parties contractantes à l'article VIII du Traité;

ATTENDU QUE la Commission a été informée de la nomination, par le Gouvernement du Canada, de la Commission de l'énergie hydro-électrique de l'Ontario en tant qu'organisme chargé de la construction, de l'entretien et de l'exploitation des ouvrages proposés au Canada;

ATTENDU QUE la Commission a été avisée de la nomination, par le Président des États-Unis d'Amérique aux termes du décret no 10,500, en date du 4 novembre 1953, de la Power Authority de l'État de New York en tant qu'organisme chargé de la construction, de l'entretien et de l'exploitation des ouvrages proposés aux États-Unis;

ATTENDU QUE le programme de construction proposé par les requérants comporte la suppression du barrage de Gut dans la section des rapides internationaux et que le Gouvernement du Canada a notifié à la Commission son intention de prendre les mesures nécessaires pour enlever ledit barrage dès que la construction des ouvrages proposés aura été approuvée et dès que le permettront les conditions du fleuve et que sera assurée la protection des intérêts en aval comme des autres intérêts qui seront touchés par ces travaux, cette mesure ayant pour effet d'avancer la date de l'enlèvement du barrage de Gut;

ATTENDU QUE la Commission considère que les lois du Canada de même que la Constitution et les lois des États-Unis pourvoient de façon adéquate à la protection et à l'indemnisation, de part et d'autre de la frontière internationale, de tous les intérêts auxquels la construction, l'entretien et l'exploitation des ouvrages pourraient porter préjudice;

ATTENDU QUE la Commission considère qu'elle a compétence pour recevoir des demandes et pour statuer sur celles-ci en les approuvant de la façon et sous réserve des conditions énoncées ci-après;

ATTENDU QUE la Commission, par une ordonnance en date du 29 octobre 1952 (dossier no 68), a approuvé la construction, l'entretien et l'exploitation des ouvrages, et que l'annexe A de ladite ordonnance expose les particularités des ouvrages ainsi approuvés et décrète que le chenal sera élargi à certains endroits;

ATTENDU QUE la condition i) de ladite ordonnance stipule que, une fois les ouvrages terminés, l'écoulement du lac Ontario et le débit de la section des rapides internationaux devront être régularisés de façon à satisfaire aux conditions b), c) et d) de ladite ordonnance, sous réserve des modifications qui pourront être recommandées ultérieurement par le Bureau international de contrôle du fleuve Saint-Laurent, conformément à la méthode de régularisation no 5 élaborée par la Direction des services de génie du ministère canadien des Transports (Ottawa, septembre 1940);

ATTENDU QUE en vertu de ladite ordonnance du 29 octobre 1952, la Commission se réserve expressément le droit d'émettre une ou des ordonnances supplémentaires, selon qu'elle jugera nécessaire, relativement à l'objet des demandes des États-Unis d'Amérique et du Canada (dossier no 68);

ATTENDU QUE, à la suite de l'enquête qu'elle a menée aux termes du Renvoi des Gouvernements du Canada et des États-Unis d'Amérique en date du 25 juin 1952, concernant les niveaux du lac Ontario (dossier n° 67), la Commission a déterminé qu'il ne serait pas possible de régulariser l'écoulement du lac Ontario selon ladite méthode de régularisation n° 5 ;

ATTENDU QUE, en application des avis publiés, la Commission a tenu des audiences à Détroit (Michigan) le 4 juin 1953, à Rochester (New York) les 17 novembre 1953 et 12 avril 1955, à Hamilton (Ontario) le 18 novembre 1953 et à Toronto (Ontario) le 14 avril 1955, au cours desquelles toutes les personnes intéressées ont eu la possibilité de présenter leur témoignage à la Commission et d'être entendues par celle-ci, et que, lors des audiences tenues à Toronto et à Rochester en avril 1955, toutes les personnes intéressées ont eu la possibilité d'exprimer leur point de vue sur les critères et les gammes de niveaux qui avaient été proposés provisoirement par la Commission;

ATTENDU QUE la Commission recommandait le 9 mai 1955, dans des lettres adressées respectivement au Secrétaire d'État aux Affaires extérieures du Canada et au Secrétaire d'État des États-Unis d'Amérique, que les deux gouvernements adoptent

- (i) pour le lac Ontario, une gamme de niveaux mensuels moyens variant entre 242.8 pieds (saison de navigation) et 246.8 pieds environ;*
- (ii) des critères pour une méthode de régularisation des niveaux et des débits du lac Ontario qui puisse s'appliquer aux ouvrages dans la section des rapides internationaux du fleuve Saint-Laurent;*
- (iii) le plan de régularisation no 12-A-9, sous réserve des modifications mineures pouvant résulter de la poursuite des études et des évaluations détaillées de la Commission;*

ATTENDU QUE le Secrétaire d'État aux Affaires extérieures du Canada et le Sous-secrétaire d'État des États-Unis d'Amérique ont signifié à la Commission, dans des lettres datées du 3 décembre 1955, que le Gouvernement du Canada et le Gouvernement des États-Unis d'Amérique approuvaient, respectivement, la gamme des niveaux mensuels moyens pour le lac Ontario et les critères recommandés par la Commission dans lesdites lettres du 9 mai 1955, et qu'ils approuvaient également le plan no 12-A-9 aux fins de calculer les profils critiques et d'établir les plans d'excavation du chenal dans la section des rapides internationaux du fleuve Saint-Laurent;

ATTENDU QUE les deux Gouvernements, dans lesdites lettres en date du 3 décembre 1955, ont demandé instamment à la Commission de poursuivre ses études en cherchant à mettre au point un plan de régularisation qui réponde le plus possible aux exigences de tous les groupes d'intérêts, aussi bien en aval qu'en amont, tout en respectant la gamme des niveaux et les critères approuvés dans lesdites lettres;

ATTENDU QUE le Secrétaire d'État aux Affaires extérieures, dans sa lettre datée du 3 décembre 1955, a fait part à la Commission, au nom du Gouvernement du Canada, des mesures qui ont été prises en vue de modifier la partie de la voie maritime du Saint-Laurent à proximité de Montréal, entre le lac Saint-Louis et le bassin de Laprairie; et

ATTENDU QUE la condition i) de ladite ordonnance d'approbation en date du 29 octobre 1952 stipule que le plan de régularisation pourra être rajusté et progressivement amélioré, sous réserve des prescriptions et des pratiques énoncées dans ladite ordonnance;

IL EST DONC ORDONNÉ QUE soient approuvés par les présentes et sous réserve des conditions ci-après énoncées la construction, l'entretien et l'exploitation conjoints de certains ouvrages (ci-après nommés « les ouvrages ») par la Commission de l'énergie hydro-électrique de l'Ontario et la Power Authority de l'État de New York, conformément au « Projet de concentration unique avec barrage de régularisation (238-242) », qui était exposé dans le rapport du 3 janvier 1941 présenté conjointement par la Commission temporaire canadienne du bassin des Grands lacs et du Saint-Laurent et la Commission consultative américaine du Saint-Laurent et qui contenait les particularités décrites à l'annexe A de la présente ordonnance et illustrées à l'annexe B de cette même ordonnance. Ces conditions sont les suivantes :

- a) Tous les intérêts de part et d'autre de la frontière internationale auxquels pourront porter préjudice la construction, l'entretien et l'exploitation des ouvrages devront être protégés adéquatement et indemnisés, conformément aux lois du Canada et à la Constitution et aux lois américaine respectivement, et conformément aux dispositions de l'article VIII du Traité.
- b) Les ouvrages devront être conçus, situés, construits, entretenus et exploités de façon à ne pas gêner ou restreindre l'utilisation des eaux du fleuve Saint-Laurent à des fins auxquelles le Traité donne priorité sur la production d'énergie, à savoir l'utilisation à des fins domestiques et sanitaires et pour la navigation, y compris l'alimentation des canaux aux fins de la navigation, et devront être conçus, situés, construits, entretenus et exploités de façon à mettre en application les dispositions de la présente ordonnance.
- c) Les ouvrages devront être construits, entretenus et exploités de façon à sauvegarder les droits et les intérêts légitimes des autres entités qui produisent ou produiront de l'électricité dans le fleuve Saint-Laurent en aval de la section des rapides internationaux.
- d) Les ouvrages devront être conçus, construits, entretenus et exploités de façon à sauvegarder dans la mesure du possible les droits de tous les intérêts touchés par les niveaux du fleuve Saint-Laurent, en amont de l'ouvrage de régularisation d'Iroquois, et par les niveaux du lac Ontario et du cours inférieur de la rivière Niagara; toute modification des niveaux résultant de la mise en place des ouvrages qui porterait atteinte à ces droits sera soumis aux prescriptions énoncées en a) concernant la protection et l'indemnisation.
- e) Les centrales hydro-électriques approuvées par la présente ordonnance ne devront pas être soumises à des règles et pratiques d'exploitation plus rigoureuses que ne le nécessite l'application des dispositions en b), c) et d) ci-dessus.
- f) Avant d'entreprendre la construction de toute partie des ouvrages, la Commission de l'énergie hydro-électrique de l'Ontario et la *Power Authority de l'État de New York* devront soumettre à l'approbation écrite du Gouvernement du Canada et du Gouvernement des États-Unis respectivement, les plans détaillés et les devis descriptifs de la partie des ouvrages située dans leur pays respectif et les modalités du programme de construction de ladite partie, ou les détails des plans, devis ou programmes de construction que leurs Gouvernements respectifs pourront exiger. Une fois que les plans, devis et programmes auront été ainsi approuvés, la Commission de l'énergie hydro-électrique de l'Ontario et la *Power Authority de l'État de New York* devront, si elles veulent y apporter des modifications, solliciter de la même façon l'approbation des plans, devis ou programmes modifiés.

- g) Conformément aux demandes, la Commission approuve la mise sur pied, par les Gouvernements du Canada et des États-Unis, d'une commission mixte d'ingénieurs qui sera appelée Commission mixte d'ingénieurs du Saint-Laurent (ci-après nommée la « Commission mixte d'ingénieurs ») et composée d'un nombre égal de représentants du Canada et des États-Unis qui seront nommés par les Gouvernements respectifs. La Commission mixte d'ingénieurs aura pour tâche d'examiner, de coordonner et, si les deux Gouvernements l'y autorisent, d'approuver les plans et devis descriptifs des ouvrages ainsi que les programmes de construction soumis à l'approbation des Gouvernements respectifs, tel que stipulé ci-dessus, et de veiller à ce que les ouvrages soient construits conformément aux plans, devis et programmes approuvés. La Commission mixte d'ingénieurs devra consulter le Bureau de contrôle dont il est fait mention ci-après et tenir celui-ci au courant de toutes les questions ayant trait aux niveaux du lac Ontario et de la section des rapides internationaux, et à la régularisation de l'écoulement du lac Ontario et du débit dans la section des rapides internationaux, et il devra considérer attentivement tout conseil ou recommandation du Bureau de contrôle à cet égard.
- h) La Commission créera un bureau de contrôle qui sera appelé Bureau international de contrôle du fleuve Saint-Laurent (désigné dans les présentes par « Bureau de contrôle ») et composé d'un nombre égal de représentants du Canada et des États-Unis. Le Bureau de contrôle sera chargé de mettre en application les directives émises de temps en temps par la Commission relativement à la présente ordonnance. Durant la construction des ouvrages, le Bureau de contrôle devra se tenir au fait des plans de la Commission mixte d'ingénieurs, dans la mesure où ces plans se rapportent aux niveaux et à la régularisation de l'écoulement du lac Ontario et du débit dans la section des rapides internationaux; il devra également consulter et conseiller la Commission mixte d'ingénieurs sur ces questions. Une fois les ouvrages terminés, le Bureau de contrôle devra s'assurer du respect des dispositions de la présente ordonnance relativement aux niveaux et à la régularisation de l'écoulement du lac Ontario et du débit dans la section des rapides internationaux, tandis que la Commission de l'énergie hydro-électrique de l'Ontario et la *Power Authority de l'État de New York* devront observer fidèlement toute directive du Bureau de contrôle visant au respect desdites dispositions. Le Bureau de contrôle rendra compte de ses activités à la Commission aux moments où celle-ci le jugera bon. Advenant que survienne un désaccord au sein des membres du Bureau de contrôle et que ceux-ci soient incapables de le régler, le cas sera adressé à la Commission, qui tranchera la question. Le Bureau de contrôle pourra, en tout temps, faire des observations à la Commission sur toute question relevant ou découlant des dispositions de la présente ordonnance relativement aux niveaux et à la régularisation de l'écoulement et du débit susmentionnés.
- i) Une fois les ouvrages terminés, l'écoulement du lac Ontario et le débit de la section des rapides internationaux devront être régularisés de façon à satisfaire aux prescriptions des conditions *b), c) et d) de la présente ordonnance, de façon également à respecter, dans la mesure du possible, la gamme des niveaux qui fixe la hauteur de l'eau entre 242.8 pieds (saison de navigation) et 246.8 pieds, et de façon enfin à satisfaire aux critères énoncés dans les lettres du 17 mars 1955 adressées par la Commission aux Gouvernements du Canada et des États-Unis d'Amérique, et approuvés par lesdits Gouvernements dans leurs lettres du 3 décembre 1955, mais dont la portée a été restreinte par eux dans des lettres distinctes, en date respectivement du 11 avril 1956 et du 1er mai 1956, où ils conviennent mutuellement que ces critères ont pour but d'établir des normes qui doivent être respectées dans toute la mesure du possible. Les ouvrages projetés devront être exploités de façon que les intérêts de la navigation et des propriétés riveraines en aval ne soient pas moins protégés qu'ils l'auraient été dans les conditions d'avant-projet et dans les conditions rajustées d'alimentation du passé de la façon dont elles sont définies par le critère (a) ci-après. La Commission fera connaître au besoin, de la façon appropriée, les relations mutuelles entre les critères, la gamme des niveaux et les autres prescriptions.*

Les critères s'énoncent comme :

- a) *Du 1^{er} avril au 15 décembre, l'écoulement régularisé du lac Ontario devra être tel qu'il n'abaissera pas le niveau minimal des eaux dans le port de Montréal en deçà du niveau qui aurait existé par le passé, si l'on considère les données de l'alimentation du lac Ontario depuis 1860 qu'on aura rajustées pour faire entrer en ligne de compte une dérivation continue hors du bassin des Grands lacs de l'ordre de 3,100 pieds cubes à la seconde à la hauteur de Chicago et une dérivation continue des eaux du bassin de la rivière Albany vers le bassin des Grands lacs de l'ordre de 5,000 pieds cubes à la seconde (appelées ci-après « conditions rajustées d'alimentation du passé »).*
- b) *Durant la débâcle printanière dans le port de Montréal et dans la partie du fleuve plus en aval, l'écoulement régularisé du lac Ontario ne devra pas être plus important qu'il ne l'aurait été dans les conditions rajustées d'alimentation du passé.*
- c) *Durant la débâcle printanière dans le port de Montréal et dans la partie du fleuve plus en aval, l'écoulement régularisé du lac Ontario ne devra pas être plus important qu'il ne l'aurait été dans les conditions rajustées d'alimentation du passé.*
- d) *Durant la période annuelle de crue de la rivière Outaouais, l'écoulement régularisé du lac Ontario ne devra pas être plus considérable qu'il ne l'aurait été dans les conditions rajustées d'alimentation du passé.*
- e) *Conformément aux autres prescriptions, l'écoulement mensuel minimal régularisé du lac Ontario devra être tel qu'il assurera le débit le plus considérable possible pour la production d'énergie.*
- f) *Conformément aux autres prescriptions, l'écoulement maximal régularisé du lac Ontario devra être maintenu aussi faible que possible afin de réduire au minimum les frais de dragage du chenal.*
- g) *Conformément aux autres prescriptions, les niveaux du lac Ontario devront être régularisés à l'avantage des propriétaires riverains de ce lac, aux États-Unis et au Canada, et de façon à éviter les niveaux extrêmes qui sont survenus dans le passé.*
- h) *Le niveau mensuel moyen régularisé du lac Ontario ne devra pas excéder 246.8 pieds en tenant compte des conditions rajustées d'alimentation du passé.*
- i) *Du fait de la régularisation, les niveaux mensuels moyens d'environ 245.8 pieds et plus devront être moins fréquents dans le lac Ontario qu'ils ne l'auraient été dans le passé, dans les conditions rajustées d'alimentation du passé et dans les conditions actuelles du chenal dans la section des rapides du Galop du fleuve Saint-Laurent. (Les « conditions actuelles du chenal » s'entendent des conditions qui existaient en mars 1955.)*
- j) *Au 1^{er} avril, le niveau régularisé du lac Ontario ne devra pas être inférieur à 242.8 pieds. Du 1^{er} avril au 30 novembre, le niveau mensuel moyen régularisé du lac devra être maintenu à 242.8 pieds ou plus.*
- k) *Advenant des alimentations plus élevées que les alimentations du passé rajustées, les ouvrages aménagés dans la section des rapides internationaux devront être utilisés de façon à remédier le plus possible à la situation des propriétaires riverains en amont et en aval. Advenant des alimentations moindres que les alimentations du passé rajustées, les ouvrages aménagés dans la section des rapides internationaux devront être utilisés de façon à corriger le plus possible la situation qui en résulte pour la navigation et la production d'électricité.*

Le débit de la section des rapides internationaux devra en tout temps être égal à l'écoulement du lac Ontario déterminé pour la période visée, conformément à *un plan de régularisation qui, de l'avis de la Commission, satisfait aux prescriptions, aux critères et à la gamme de niveaux susmentionnés en qui, lorsqu'il est appliqué dans les chenaux comme le détermine l'annexe A de la présente ordonnance, n'entraîne pas de plus grandes vitesses critiques de contrôle que ne le spécifie cette annexe, ni de plus bas profils critiques de contrôle de la surface de l'eau que ne l'établit le plan de régularisation 12-A-9, lorsqu'il est appliqué dans les chenaux comme le détermine cette même annexe A*, et il devra être maintenu aussi uniformément que possible durant toute cette période.

Sous réserve des prescriptions rattachées aux conditions b), c) et d) de la présente ordonnance, *et de la gamme de niveaux et des critères susmentionnés*, le Bureau de contrôle pourra, avec l'approbation de la Commission, changer ou modifier temporairement les restrictions concernant l'écoulement du lac Ontario et le débit de la section des rapides internationaux, dans le but de déterminer les changements ou modifications qu'il serait bon d'apporter au *plan de régularisation*. Le Bureau de contrôle devra faire rapport à la Commission du résultat de ces expériences et formuler des recommandations sur les changements ou modifications qui devraient être apportés au *plan de régularisation*. *Lorsque le plan de régularisation aura été amélioré de telle façon qu'il satisfait le plus possible aux exigences de tous les groupes d'intérêts, tout en respectant la gamme de niveaux et les critères précisés plus haut, la Commission recommandera son adoption définitive aux deux gouvernements* : si les deux Gouvernements approuvent la recommandation, ce *plan* deviendra exécutoire au même titre que s'il faisait partie intégrante de la présente ordonnance.

- j) Sous réserve des dispositions énoncées ci-après, les ouvrages, une fois achevés, devront être mis à l'essai pour une période de dix ans, ou pour toute période plus brève que la Commission pourra approuver, pendant laquelle les eaux de la retenue des centrales hydro-électriques devront être maintenues à un niveau maximal de 236.8 pieds. Sous réserve des prescriptions énoncées en b), c) et d) de la présente ordonnance, le Bureau de contrôle pourra, avec l'approbation de la Commission, changer ou modifier temporairement ledit niveau de la retenue pour procéder à des expériences visant à déterminer l'opportunité d'élever le niveau maximal de la retenue des centrales à plus de 236.8 pieds.

Si le Bureau de contrôle, à la suite de ces expériences, conclut à l'opportunité de porter à plus de 236.8 pieds le niveau maximal de la retenue durant la période d'essai et formule des recommandations en ce sens, la Commission pourra décider d'autoriser l'exploitation des eaux à un niveau maximal supérieur à 236.8 pieds durant la période d'essai. À la fin de cette période, la Commission formulera des recommandations à l'intention des deux Gouvernements relativement au niveau permanent de la retenue qu'elle juge opportun ou pourra recommander la prolongation de la période d'essai. Les recommandations que les deux Gouvernements conviendront d'adopter deviendront exécutoires au même titre que si elles faisaient partie intégrante de la présente ordonnance.

- k) La Commission de l'énergie hydro-électrique de l'Ontario et *la Power Authority de l'État de New York* devront tenir et présenter, aux fins d'informer le Bureau de contrôle, des registres à jour contenant les données que le Bureau de contrôle pourra juger nécessaires et opportunes relativement au niveau et au débit des eaux qui s'écoulent par les ouvrages et relativement à la régularisation du débit dans la section des rapides internationaux; elles devront également installer des stations de jaugeage, relever des données et accomplir toute autre tâche que le Bureau de contrôle pourra juger nécessaire à cette fin.

- l) Le Bureau de contrôle devra présenter à la Commission le 31 décembre de chaque année un rapport sur les effets, s'il y en a, de l'exploitation des centrales hydro-électriques situées en aval et de leurs ouvrages connexes sur le niveau des eaux au pied des centrales hydro-électriques approuvées par la présente ordonnance.
- m) Le Gouvernement du Canada devra mettre immédiatement à exécution son intention d'enlever le barrage de Gut.

ET IL EST EN OUTRE ORDONNÉ que soit par les présentes approuvée la répartition, telle qu'exposée à l'annexe C, des coûts de construction, d'entretien et d'exploitation des ouvrages approuvés par la présente ordonnance entre la Commission de l'énergie hydro-électrique de l'Ontario et la *Power Authority de l'État de New York*, cette approbation ne dispensant pas toutefois les requérants de soumettre à la Commission toute modification de cette répartition qu'ils pourront juger appropriée ou souhaitable.

ET IL EST EN OUTRE ORDONNÉ que la Commission conserve sa compétence en ce qui concerne l'objet des présentes demandes et qu'elle puisse émettre une ou des ordonnances supplémentaires à ce sujet, selon ce qu'elle pourra juger nécessaire, après avoir avisé toutes les parties intéressées et leur avoir donné la possibilité de faire des observations, dans la mesure où elle le jugera approprié.

ANNEXE A

PARTICULARITÉS DES OUVRAGES APPROUVÉS PAR LA PRÉSENTE ORDONNANCE :

a) *Élargissement du chenal*

Le chenal sera élargi en amont de Chimney Point jusqu'en aval de l'île Lotus, afin d'obtenir dans toutes les sections du chenal qui serviront à la navigation une vitesse maximale moyenne n'excédant en aucun temps quatre pieds à la seconde, et aussi entre l'île Lotus et la pointe d'Iroquois ainsi qu'en amont de Point Three Points jusqu'en aval de l'île Ogden, afin d'obtenir dans toutes les sections une vitesse maximale moyenne n'excédant pas deux pieds et un quart à la seconde en tenant compte du débit et du niveau qui seront autorisés au 1^{er} janvier de toute année, l'écoulement et le niveau du lac Ontario étant régularisés conformément au *plan de régularisation no 12-A-9, établi en date du 5 mai 1955 par le Bureau international d'ingénieurs du lac Ontario*. En aval des centrales, le chenal sera élargi pour abaisser le niveau des eaux au pied des centrales.

Les sections qui seront effectivement élargies et l'emplacement final des travaux seront déterminés par voie d'études subséquentes.

Comme l'ont approuvé le Gouvernement du Canada et le Gouvernement des États-Unis d'Amérique dans des lettres similaires en date du 3 décembre 1955, ledit plan de régularisation no 12-A-9 servira de base au calcul des profils critiques et à l'établissement des plans pour l'excavation du chenal.

b) *Installations de contrôle*

Les installations de contrôle nécessaires à la régularisation de l'écoulement du lac Ontario devront être construites.

c) Centrales hydro-électriques

Les centrales hydro-électriques seront érigées dans la partie nord du chenal, à partir de l'extrémité inférieure de l'île Barnhart jusqu'au rivage canadien, et devront être aménagées de telle sorte qu'il y ait une centrale de chaque côté de la frontière internationale.

Chaque centrale devra abriter des générateurs principaux capables d'utiliser économiquement tout le débit du fleuve disponible, et être munie de pertuis de vidange et de dispositifs de protection contre les glaces.

d) Barrages et ouvrages connexes

Un barrage de contrôle sera aménagé en direction est à partir de la pointe d'Iroquois, du côté canadien du fleuve, jusqu'au delà de Point Rockway, sur la rive américaine.

Un barrage sera construit dans les rapides du Long-Sault à l'extrémité supérieure de l'île Barnhart.

Les digues et ouvrages connexes jugés nécessaires seront aménagés aussi bien dans la province d'Ontario que dans l'État de New York.

Tous les ouvrages situés dans le bassin en aval du barrage de contrôle devront être conçus de façon à pouvoir recevoir les eaux du lac Ontario à leur plein niveau.

e) Modification du tracé des autoroutes

Les parties des autoroutes et des routes secondaires de la province d'Ontario et de l'État de New York qui sont susceptibles d'être inondées seront déplacées et reconstruites selon des normes au moins équivalentes aux normes utilisées pour les routes actuelles.

f) Modification du tracé des voies ferrées

Les parties des voies ferrées de la province d'Ontario et de l'État de New York qui devront être déplacées par suite de la construction des ouvrages décrits dans la présente ordonnance seront reconstruites selon des normes au moins équivalentes aux normes utilisées pour les voies ferrées actuelles.

g) Navigation

Durant la période de construction, on veillera à maintenir une profondeur de 14 pieds pour la navigation dans toute la section des rapides internationaux.

h) Régions inondées

Les terres et les immeubles inondés seront acquis, réaménagés ou restaurés, tant dans la province d'Ontario que dans l'État de New York. Les forêts inondées seront en outre déboisées.

ANNEXE B

Le plan général des principaux ouvrages liés au projet hydro-électrique du bassin des Grands lacs et du Saint-Laurent n'apparaît pas dans la codification de bureau.

ANNEXE C

1. Les ouvrages hydro-électriques devant être construits dans le cadre de la présente demande sont ceux spécifiés à la section 8 de cette demande.
2. Le coût total des ouvrages décrits à la section 8 sera établi à partir des coûts canadiens et des coûts américains et il sera réparti également entre les deux organismes qui construisent ces ouvrages.
3. Le coût total ainsi réparti devra être basé sur des dépenses réellement engagées et vérifiées.
4. Les dispositions suivantes s'appliquent au regard des trois principes énoncés ci-haut :
 - a) Le montant qui devrait être versé au Canada, comme le stipule l'accord du 3 décembre 1951 entre le Canada et l'Ontario, au lieu et place de la construction, par les organismes hydro-électriques, des installations nécessaires au maintien d'une profondeur de 14 pieds pour la navigation ne sera pas inclus dans le coût total devant être réparti entre ces organismes en raison du fait que ces installations deviendront inutiles par suite de la construction parallèle, au Canada, d'une voie navigable en eau profonde.
 - b) L'Administration qui doit être créée en application des dispositions de la Loi sur l'administration de la voie maritime du Saint-Laurent, chapitre 24 des Statuts du Canada de 1951 (deuxième session), devra assumer une partie convenue du coût des travaux d'élargissement que les organismes hydro-électriques devront exécuter dans le Saint-Laurent, comme il est stipulé à l'alinéa 4 de l'annexe de l'accord du 3 décembre 1951 entre le Canada et l'Ontario et à la partie 8 de la demande présentée à la Commission mixte internationale, eu égard aux avantages que retirera la navigation de ces élargissements.
 - c) Tous les coûts de construction, d'entretien et d'exploitation dans le cadre de ce projet, à l'exception de la machinerie et de l'équipement installés dans leurs centrales respectives, devront être assumés également par les deux organismes. Tous les coûts de construction, d'entretien et de fonctionnement de la machinerie et de l'équipement installés dans leurs centrales respectives devront être acquittés par les organismes respectifs et seront censés être conformes au principe d'un partage égal des coûts entre les deux organismes.



Annexe 2

Résumés et exposés contextuels des groupes de travail techniques

Introduction

L'annexe 2 présente un résumé du travail exécuté par huit des neuf groupes de travail techniques (GTT) à l'appui de l'Étude internationale sur le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent. Il s'agit des GTT sur l'environnement, la navigation de plaisance et le tourisme, les processus littoraux, la navigation commerciale, l'énergie hydroélectrique, les utilisations municipales et industrielles de l'eau et la modélisation hydrologique et hydraulique ainsi que les besoins communs de données et la gestion de l'information. Le travail du Groupe de formulation et d'évaluation des plans (GFEP) ne fait pas partie de la présente annexe puisqu'il est traité dans le rapport final de l'Étude. Pour obtenir plus d'information sur le GFEP, nous référons les lecteurs au rapport final de ce groupe de travail technique (Werick et Leger, 2005).

En plus du résumé du travail exécuté, les six GTT à intérêt particulier ont préparé des exposés contextuels pour leurs groupes d'intérêt. Le but de ces exposés narratifs est d'expliquer les conditions de base, les tendances clés dans un domaine d'intérêt, comment un groupe d'intérêt peut s'adapter aux variations des niveaux d'eau et comment un intérêt est touché par un plan de gestion. On a demandé aux GTT d'utiliser leur meilleur jugement professionnel afin de déterminer quelles étaient les tendances, les résultats et les moyens les plus probables pour s'adapter aux variations des niveaux d'eau. Un exposé contextuel traitant des intérêts des peuples autochtones vient s'ajouter à ceux des six GTT à intérêt particulier.

A. Résumé du Groupe de travail technique sur l'environnement

Objectifs

Le Groupe de travail technique sur l'environnement a eu la tâche de préciser la réponse écologique du système lac Ontario/fleuve Saint-Laurent (LOFSL) à différentes conditions de niveau et de débit et de trouver des critères pour orienter l'élaboration d'un plan de régularisation pouvant être favorable à l'environnement. Comme les autres groupes de travail techniques, le GTT sur l'environnement a utilisé des indicateurs de performance (IP) ou, plus précisément, des paramètres d'indicateur pour préciser la réponse environnementale à un plan de régularisation particulier. Les indicateurs ont été conçus de façon à fournir de l'information quantitative sur le comportement de divers aspects de l'écosystème (p. ex. milieux humides, habitat propice); ils comprennent notamment des mesures de la population pour plusieurs espèces fauniques, dont certaines espèces en péril.

Méthodes de collecte de données et d'évaluation

Les membres du GTT sur l'environnement ont élaboré et exécuté des programmes de recherche sur le terrain pouvant permettre d'élaborer des relations prévisibles sur la façon dont ces espèces ou ces guildes d'espèces réagiraient aux variations temporelles des niveaux et des débits du système lac Ontario/fleuve Saint-Laurent. Le GTT a effectué plus de 20 études techniques dans le but de quantifier la corrélation entre les diverses composantes de l'écosystème et les niveaux et les débits du système lac Ontario/fleuve Saint-Laurent.

Dans le cadre de son travail, le GTT sur l'environnement a élaboré un ensemble complet de plus de 400 indicateurs de performance écologique pour représenter la disponibilité des habitats et/ou la réponse des populations dans chacune des trois régions (lac Ontario, haut Saint-Laurent et bas Saint-Laurent) pour six groupes indicateurs : végétation de milieu humide, espèces/guildes de poissons, oiseaux de milieu humide, herpétofaune (amphibiens et reptiles), mammifères et espèces en péril. Un paramètre précis (et les unités associées) a été déterminé pour chaque indicateur de performance. Le paramètre de l'indicateur permet de mesurer et de calculer la réponse de cet indicateur particulier. Par exemple, les indicateurs de disponibilité des habitats du poisson ont été calculés en fonction des superficies propices pondérées d'habitat, en hectares.

Lors de l'élaboration d'un modèle conceptuel des liens entre l'environnement et les niveaux et les débits, les milieux humides ont été reconnus comme une composante fondamentale. Un milieu humide réagit à la fréquence des niveaux élevés et bas par l'étendue et la diversité de ses espèces végétales. Les changements du milieu modifient l'habitat propice aux espèces. Bien souvent, la réponse d'une espèce est directement liée à la réponse du milieu. Cependant, les niveaux et les débits peuvent également avoir une incidence directe sur les espèces fauniques. Le groupe des espèces en péril comprend des espèces d'autres groupes fauniques auxquels on s'intéresse déjà séparément en raison de leur statut particulier (dans la plupart des cas parce qu'elles sont sous la protection de la loi). La figure A-1 présente un organigramme qui fait ressortir les liens entre les réponses fauniques, les habitats de milieux humides, les niveaux d'eau et les débits.

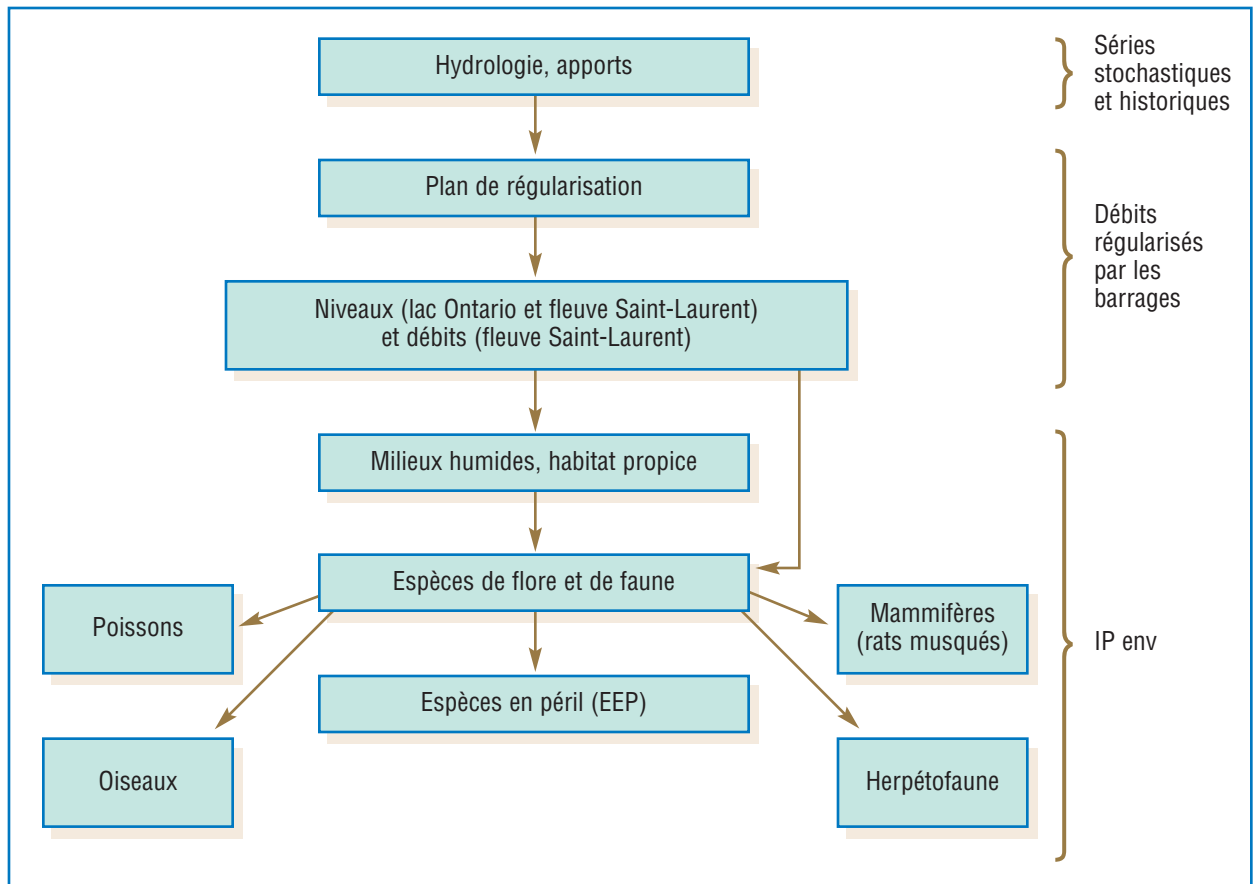


Figure A-1 : Cheminement de l'information dans l'élaboration des réponses des indicateurs de performance environnementale

Le Groupe d'étude et le GTT sur l'environnement ont reconnu la nécessité d'élaborer un cadre intégré pour que tous les indicateurs de performance environnementale puissent être déterminés par le même ensemble de fonctions de forçage (niveaux et débits de l'eau, et leur incidence sur les habitats dans le domaine d'étude). Ainsi, il est possible d'évaluer simultanément tous les indicateurs dans le but de localiser et de comprendre les conflits. Le GTT sur l'environnement a choisi d'utiliser un cadre de modélisation intégré, appelé Modèle intégré de la réponse écologique (MIRE), pour formuler et intégrer les éléments quantitatifs établissant la façon dont les composantes des écosystèmes sensibles aux niveaux d'eau et aux débits, représentées par les indicateurs de performance, réagiraient aux plans proposés.

L'élaboration et l'application du MIRE ont été dirigées par Limno-Tech Inc., avec l'étroite collaboration de modélisateurs du bas Saint-Laurent qui travaillent au bureau d'Environnement Canada – Région de Québec et de l'ensemble du GTT sur l'environnement. Tout au long de l'étude, des interactions régulières avec d'autres groupes de travail techniques, ainsi qu'avec le Groupe de formulation et d'évaluation des plans (GFEP) et le Groupe d'étude, ont contribué au produit final. Le MIRE était conforme au processus de planification de la vision commune élaborée pour l'Étude, et il est devenu le volet environnemental du Modèle de la vision commune (MVC).

Conformément à l'orientation donnée par le Groupe d'étude, une des hypothèses principales utilisées dans la formulation du MIRE était que le modèle ne devait pas tenir compte de la réponse de divers indicateurs de performance aux fonctions de forçage autres que les niveaux d'eau, les débits et la température. On a supposé constants d'autres facteurs de stress reconnus dans l'écosystème du lac Ontario–fleuve Saint-Laurent, tels que les apports d'éléments nutritifs et de sédiments provenant du bassin hydrographique,

l'exposition aux produits chimiques toxiques, les changements dans l'utilisation des terres, les invasions d'espèces exotiques nuisibles et, dans le cas de certaines espèces, les pratiques d'ensemencement et de récolte, dans les diverses conditions analysées de scénarios de plans.

Contexte

Comme pour le cas des évaluations économiques, les impacts environnementaux des plans de régularisation proposés ont été mesurés par rapport à ce qui devrait se produire si la régularisation continue d'être appliquée de la même façon qu'elle l'est actuellement, dans le cadre de l'ensemble des politiques actuelles.

L'évaluation environnementale se concentrait surtout sur les effets des niveaux d'eau dans les marais littoraux. En effet, la régularisation des niveaux d'eau a réduit la variété d'espèces végétales le long du littoral. Cela a créé des facteurs de stress pour les populations animales qui dépendent de ces types de végétaux défavorisés par la régularisation des niveaux d'eau. En général, un environnement plus diversifié résistera mieux aux impacts des deux plus grandes menaces environnementales dans les Grands Lacs : les produits toxiques et les espèces envahissantes (Tilman et Downing, 1987; Schindler, 1998). Les marais littoraux du lac Ontario offrent des aires de reproduction et d'alimentation à toute la vie du littoral, dont plusieurs espèces en péril. Les variations temporelles des niveaux d'eau ont une influence physique directe sur le succès de reproduction et de nidification des oiseaux et des poissons de marais. Des niveaux plus variés entraînent la création d'une plus grande variété de végétaux de marais, ce qui mène à une meilleure écologie et à des habitats littoraux plus productifs et vigoureux. Les niveaux en aval du barrage Moses-Saunders peuvent exonder ou noyer les œufs de poissons et d'oiseaux. La valeur sociétale de l'environnement s'exprime par des lois protégeant des habitats (comme les milieux humides) et des espèces fauniques (d'intérêt particulier ou en péril).

On évalue actuellement la zone littorale de milieux humides du lac Ontario et du haut Saint-Laurent à environ 26 000 hectares (64 250 acres). Elle comporte quatre types de base : végétation aquatique immergée, végétation émergente de marais, végétation de prairie humide et végétation de milieu sec (arbres et arbustes) (Wilcox et coll. 2005). Plus de 80 % des zones humides sont situées dans la moitié est du bassin du lac Ontario et de la région des Mille-Îles. Les résultats des analyses sur les sites spécifiques de l'étude indiquent qu'il y a eu une réduction de 50 % de la surface occupée par la végétation de prairie humide et la végétation émergente-flottante depuis que la régularisation a été mise en place à la fin des années 1950. Au cours de la même période, on a vu une augmentation de 29 % de la superficie des marais émergents dominés par des quenouilles (environ 1 700 hectares ou 4 200 acres) (Wilcox et Ingram, 2005).

Comptant plus de 12 000 ha (30 000 acres) de marécages et de marais, le lac Saint-Pierre compte pour 80 % des milieux humides du bas Saint-Laurent. Le lac Saint-Pierre soutient une vaste population de Grands Hérons nicheurs (plus de 1 300 nids), une halte importante pour les oiseaux aquatiques migrateurs (plus de 800 000 canards et oies annuellement) et 167 espèces d'oiseaux nicheurs. Les régions immergées en permanence, les milieux humides et la plaine d'inondation au printemps abritent 13 espèces d'amphibiens et 79 espèces de poissons, dont un bon nombre fait l'objet d'une exploitation autant par les amateurs de pêche sportive que de pêche commerciale (Centre Saint-Laurent, 1996). La valeur écologique du lac Saint-Pierre a été reconnue par sa désignation comme terre humide Ramsar et comme réserve mondiale de la biosphère de l'UNESCO et par son inscription comme site protégé dans le cadre du Plan conjoint des habitats de l'Est. L'hydrologie du bas Saint-Laurent est beaucoup plus dynamique que celle du lac et du haut Saint-Laurent pendant chaque période de l'année. Elle subit non seulement l'influence des débits sortants du lac Ontario, mais également de ceux de la rivière des Outaouais et des autres affluents. Le bas Saint-Laurent est donc moins sensible à la régularisation.

En plus des impacts causés par la régularisation, les changements du climat, de la température de l'eau et de l'apport en eau peuvent influencer sur la réponse environnementale des habitats et des espèces qu'ils soutiennent. Des facteurs tels que les espèces envahissantes, les changements dans la gestion des pêches, la pollution, les changements dans les populations et les changements dans l'utilisation des ressources peuvent également avoir des répercussions sur l'environnement. Quel que soit le plan de régularisation, l'environnement continuera d'être vulnérable à divers facteurs de stress tels que les espèces envahissantes, la pollution et les changements dans l'utilisation des terres. Cependant, la manière dont les niveaux des lacs sont gérés peut avoir des répercussions sur l'intégrité écologique du système et sa résilience à ces autres facteurs de stress.

Indicateurs de performance

Tel qu'indiqué plus haut, le GTT sur l'environnement a d'abord élaboré plus de 400 indicateurs de performance pour évaluer les impacts des niveaux et des débits. Il est vite apparu que ces 400 indicateurs étaient beaucoup trop nombreux pour pouvoir être analysés par le Groupe d'étude. Au moyen d'un long processus nécessitant l'utilisation du MIRE pour évaluer la réponse des 400 indicateurs de performance à différents scénarios de régularisation ou d'apport d'eau, on a défini un sous-ensemble de 32 indicateurs clés de performance en tenant compte des critères suivants :

- **Importance** – les indicateurs de performance doivent montrer une certaine importance clé pour l'écosystème et la région.
- **Certitude** – il doit y avoir une certitude à l'égard des résultats des indicateurs de performance.
- **Sensibilité** – les indicateurs de performance doivent être affectés de façon significative par les variations des niveaux et des débits produites par les différents plans de régularisation et/ou scénarios d'apport d'eau analysés.

Les indicateurs de performance ont également été regroupés en fonction de la similitude de leur réponse aux niveaux et aux débits. En d'autres mots, chaque indicateur clé de performance peut représenter un certain nombre d'autres indicateurs qui se comportent de manière semblable. Les 32 indicateurs clés de performance sélectionnés pour utilisation première dans la comparaison et l'évaluation des différents plans de régularisation sont présentés aux tableaux A-1 et A-2. Ces 32 indicateurs ont été utilisés par le Groupe d'étude lors du processus d'évaluation du plan. Les descriptions de chaque indicateur clé de performance, comprenant des commentaires sur leur certitude, leur sensibilité et leur importance, font partie de la documentation du Modèle intégré de la réponse écologique (Limno-Tech, 2005).

Même après avoir réduit le nombre d'indicateurs de performance, le Groupe d'étude devait encore trouver le moyen de comparer les différents paramètres d'indicateurs (p. ex. milieux humides p/r productivité p/r indices de reproduction). Il était important d'adopter une approche pour comparer efficacement les réponses de nombreux indicateurs aux différents plans de régularisation. Avec la collaboration de Limno-Tech Inc. et du GTT sur l'environnement, une approche de « ratios » d'indicateurs de performance a été élaborée pour permettre d'évaluer rapidement les réponses aux plans. Les ratios de réponses ont été définis de façon à ce qu'il soit facile de déterminer quel plan est « meilleur » en fonction de chaque indicateur en comparant le ratio à 1,00, où 1,00 est la réponse environnementale dans le cadre du plan de base, le Plan 1958-D avec écarts (ou Plan 1958-DD). Ce qui est supérieur à 1,00 représente une amélioration et ce qui est inférieur, une détérioration par rapport au Plan 1958-DD. Par exemple, un score de 1,44 signifie qu'un indicateur de performance s'est mieux comporté de 44 % sous le régime du plan évalué que sous celui du Plan 1958-DD. Le Groupe d'étude a établi que tous les plans devaient être mesurés par rapport au Plan 1958-DD qui joue le rôle de plan de base, mais le GTT sur l'environnement a également utilisé le plan basé sur les conditions antérieures au projet d'aménagement hydroélectrique (ou plan d'avant-projet) comme condition de référence naturelle dans ses comparaisons.

Tableau A-1 : Indicateurs de performance environnementale du lac Ontario/haut Saint-Laurent

Région	Groupe d'indicateurs	Description de l'indicateur	Paramètre de l'indicateur	Chercheurs	Importance*	Certitude*	Sensibilité*
Lac Ontario	Végétation	Communauté de prairie humide – Superficie totale, fondée sur la disponibilité (lac Ontario)	ha	Wilcox, Ingram	5	5	5
Lac Ontario	Poissons	Végétation basse 18 °C – Disponibilité des habitats de fraye (lac Ontario)	ha-jours	Minns, Doka, Chu, Bakelaar, Leisti	2	3	4
Lac Ontario	Poissons	Végétation haute 24 °C – Disponibilité des habitats de fraye (lac Ontario)	ha-jours	Minns, Doka, Chu, Bakelaar, Leisti	3	3	4
Lac Ontario	Poissons	Végétation basse 24 °C – Disponibilité des habitats de fraye (lac Ontario)	ha-jours	Minns, Doka, Chu, Bakelaar, Leisti	2	3	4
Lac Ontario	Poissons	Grand brochet – Indice de recrutement des jeunes de l'année (lac Ontario)	indice	Minns, Doka	3	4	5
Lac Ontario	Poissons	Achigan à grande bouche – Indice de recrutement des jeunes de l'année (lac Ontario)	indice	Minns, Doka	3	4	4
Lac Ontario	Oiseaux	Rôle de Virginie (RALI) – Indice de reproduction médian (lac Ontario)	indice	DesGranges, Ingram, Drolet	4	4	5
Lac Ontario	Espèces en péril (oiseau)	Petit Blongios (IXEX) – Indice de reproduction médian (lac Ontario)	indice	DesGranges, Ingram, Drolet	5	2	5
Lac Ontario	Espèces en péril (oiseau)	Guifette noire (CHNI) – Indice de reproduction médian (lac Ontario)	indice	DesGranges, Ingram, Drolet	5	3	5
Lac Ontario	Espèces en péril (oiseau)	Rôle jaune (CONO) – Étendue de l'habitat propice à la reproduction (lac Ontario)	ha	Lantry, Schiavone	2	2	5
Lac Ontario	Espèces en péril (oiseau)	Rôle élégant (RAEL) – Étendue de l'habitat propice à la reproduction (lac Ontario)	ha	Lantry, Schiavone	2	2	5
Haut Saint-Laurent	Poissons	Végétation basse 18 °C – Disponibilité des habitats de fraye (haut Saint-Laurent, ou HSL)	ha-jours	Minns, Doka, Chu, Bakelaar, Leisti	2	3	4
Haut Saint-Laurent	Poissons	Végétation haute 24 °C – Disponibilité des habitats de fraye (haut Saint-Laurent)	ha-jours	Minns, Doka, Chu, Bakelaar, Leisti	3	3	4
Haut Saint-Laurent	Poissons	Végétation basse 24 °C – Disponibilité des habitats de fraye (haut Saint-Laurent)	ha-jours	Minns, Doka, Chu, Bakelaar, Leisti	2	3	4
Haut Saint-Laurent	Poissons	Grand brochet – Indice de recrutement des jeunes de l'année (HSL)	indice	Minns, Doka	3	4	5
Haut Saint-Laurent	Poissons	Achigan à grande bouche – Indice de recrutement des jeunes de l'année (HSL)	indice	Minns, Doka	3	4	4
Haut Saint-Laurent	Poissons	Grand brochet – Productivité nette des jeunes de l'année (HSL – Mille-Iles)	grammes (habitats humides)/ha	Farrell	2	4	5
Haut Saint-Laurent	Oiseaux	Rôle de Virginie (RALI) – Indice de reproduction médian (lac St. Lawrence)	indice	DesGranges, Ingram, Drolet	3	3	5
Haut Saint-Laurent	Mammifères	Rat musqué (ONZI) – Densité des huttes dans les milieux humides immergés (région des Mille-Iles)	n ^{bre} /ha	Farrell, Toner	4	4	5

* 1 signifie bon; 5 signifie meilleur

Tableau A-2 : Indicateurs de performance environnementale du bas Saint-Laurent

Région	Groupe des indicateurs	Description de l'indicateur	Paramètre de l'indicateur	Chercheurs	Importance*	Certitude*	Sensibilité*
Bas Saint-Laurent	Poissons	Chatte de l'est (NOCR) – Superficie des habitats propices à l'alimentation (lac Saint-Louis à Trois-Rivières)	ha	Mingelbier, Morin	4	4	5
Bas Saint-Laurent	Poissons	Poissons des milieux humides – Indice d'abondance (bas Saint-Laurent)	indice	de Lafontaine, Marchand	2	4	5
Bas Saint-Laurent	Poissons	Grand brochet (ESLU) – Superficie des habitats propices à la reproduction (lac Saint-Louis à Trois-Rivières)	ha	Mingelbier, Morin	3	4	5
Bas Saint-Laurent	Oiseaux	Oiseaux aquatiques migrateurs – Superficie des habitats de plaine d'inondation (lac Saint-Louis à Trois-Rivières)	ha	Lehoux, Dauphin, Champoux, Morin	3	4	5
Bas Saint-Laurent	Oiseaux	Râle de Virginie (RAL) – Indice de reproduction (lac Saint-Louis à Trois-Rivières)	indice	DesGranges, Ingram, Drolet	4	4	5
Bas Saint-Laurent	Oiseaux	Oiseaux aquatiques migrateurs – Productivité (lac Saint-Louis à Trois-Rivières)	nbre de juvéniles	Lehoux	3	4	5
Bas Saint-Laurent	Oiseaux	Guifette noire (CHNI) – Indice de reproduction (lac Saint-Louis à Trois-Rivières)	indice	DesGranges, Ingram, Drolet	5	4	5
Bas Saint-Laurent	Herpétofaune	Espèce de grenouilles – Superficie de l'habitat de reproduction (lac Saint-Louis à Trois-Rivières)	ha	Armellin, Champoux, Morin, Rioux	3	2	5
Bas Saint-Laurent	Mammifères	Rat musqué (ONZI) – Huttes restantes (lac Saint-Louis à Trois-Rivières)	nbre de huttes	Ouellet, Morin	4	2	5
Bas Saint-Laurent	Espèces en péril (oiseau)	Petit Blongios (IXEX) – Indice de reproduction (lac Saint-Louis à Trois-Rivières)	indice	DesGranges, Ingram, Drolet	5	2	5
Bas Saint-Laurent	Espèces en péril (oiseau)	Dard de sable (AMPE) – Superficie de l'habitat de reproduction (lac Saint-Louis à Trois-Rivières)	ha	Giguère, Laporte, Morin	4	1	5
Bas Saint-Laurent	Espèces en péril (herpétofaune)	Tortue-molle à épines (APSP) – Superficie de l'habitat de reproduction (lac Saint-Louis à Trois-Rivières)	ha	Giguère, Laporte, Morin	4	2	5
Bas Saint-Laurent	Espèces en péril	Méné d'herbe (NOBI) – Superficie de l'habitat de reproduction (lac Saint-Louis à Trois-Rivières)	ha	Giguère, Laporte, Morin	4	2	5

* 1 signifie bon; 5 signifie meilleur

À la demande du Groupe d'étude, le GTT sur l'environnement a également fourni des erreurs limites de ces ratios de manière à ce que le Groupe d'étude puisse déterminer clairement quels plans ont une incidence significative sur un indicateur de performance particulier. Le Groupe de travail a défini une erreur limite de 10 % pour les indicateurs de performance, à l'exception des indicateurs pour les poissons, auxquels on a attribué une erreur limite de 5 %. On a attribué une erreur limite de 10 % aux indicateurs de performance du bas Saint-Laurent. Pour assurer la cohérence, le Groupe d'étude a utilisé une erreur limite normale de 10 % pour tous les indicateurs de performance environnementale.

Le GTT sur l'environnement a également aidé le Groupe d'étude à définir un sous-groupe de 13 indicateurs de performance prioritaires auxquels il estimait qu'on devait accorder une plus grande importance dans le processus décisionnel parce que, collectivement, ils représentent de façon cohérente et uniforme les impacts d'un plan de régularisation. Les indicateurs de performance prioritaires sont énumérés ci-dessous :

Lac Ontario et haut Saint-Laurent

Prairie humide
Indice de reproduction de la Guifette noire
Indice de reproduction du Rôle de Virginie
Densité des huttes du rat musqué
Jeunes de l'année du grand brochet
Jeunes de l'année de l'achigan à large bouche
Gilde de poissons à végétation haute 24 °C

Bas Saint-Laurent

Superficie des habitats propices à l'alimentation de la chatte de l'est
Indice de reproduction du Rôle de Virginie
Productivité des oiseaux aquatiques migrateurs
Aire de reproduction du grand brochet
Superficie des habitats de reproduction du méné d'herbe
Huttes restantes du rat musqué

Un autre sous-groupe d'indicateurs clés de performance a été défini pour les besoins de l'examen indépendant effectué par la National Academy of Science et la Société royale du Canada. À l'exception de l'indicateur pour les prairies humides, chacun des autres indicateurs de performance de la liste est une espèce en péril. Ces indicateurs ont été choisis pour examen parce qu'ils semblent présenter le plus grand risque de conflit avec les indicateurs des autres GTT pour ce qui est de l'élaboration d'un plan de régularisation. Les indicateurs choisis pour cet examen externe par des spécialistes sont les suivants :

- Superficie de prairies humides (lac Ontario);
- Indice de reproduction du Petit Blongios (lac Ontario et bas Saint-Laurent, du lac Saint-Louis à Trois-Rivières);
- Étendue de l'habitat propice à la reproduction du Rôle élégant (lac Ontario);
- Étendue de l'habitat propice à la reproduction du Rôle jaune (lac Ontario);
- Indice de reproduction de la Guifette noire (lac Ontario);
- Superficie des habitats de reproduction de la tortue-molle à épines (du lac Saint-Louis à Trois-Rivières);
- Superficie des habitats de reproduction du méné d'herbe (lac Saint-Pierre);
- Superficie des habitats de reproduction du dard de sable (du lac Saint-Louis à Trois-Rivières).

Enfin, le Groupe d'étude a demandé au GTT sur l'environnement de fournir un indice environnemental global. Bien que le Groupe de travail ait mis en garde le Groupe d'étude quant à l'utilisation d'un tel indice en matière de classement des plans, puisque trop d'information sous-jacente est perdue, Limno-Tech a quand même élaboré un indice environnemental global. Cet indice s'est avéré utile au Groupe d'étude lorsqu'il a été utilisé de concert avec les 32 indicateurs essentiels de performance, parce qu'il a permis d'obtenir un score relatif parmi les plans qu'il n'était pas toujours évident d'obtenir lorsqu'on tenait compte des 32 indicateurs de performance.

L'indice environnemental global a été élaboré d'après un système de pondération qui permet d'attribuer des facteurs de pondération 1) aux indicateurs individuels de performance, 2) aux groupes d'indicateurs de performance au sein des trois régions (lac Ontario, haut Saint-Laurent et bas Saint-Laurent, 3) aux trois régions. D'après ces facteurs de pondération, les ratios d'indicateurs de performance (par rapport au Plan 1958-DD) sont réduits à des ratios moyens pondérés par groupe, à des ratios moyens pondérés par région, et enfin, à un indice global. Le système de pondération est présenté au tableau A-3.

Il importe de souligner que même si l'indice environnemental global offre un aperçu des résultats des indicateurs essentiels de performance, l'indice employé seul ne suffit pas pour l'évaluation et le classement des plans; s'il est utilisé seul, des différences importantes entre les plans de régularisation (p. ex. la quantité et l'importance des pertes écologiques par rapport au Plan 1958-DD) seront cachées. Il est donc important de toujours évaluer chacun des ratios d'indicateurs clés de performance en plus de l'indice environnemental global.

Analyse et conclusions

Les niveaux et les débits d'eau sont les facteurs principaux déterminant la composition, la productivité et la distribution d'une espèce vivant dans les milieux humides (marécages, prés, marais, zones immergées) et dans les autres habitats aquatiques (rapides, eaux libres) dans le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent. Dans le lac Ontario, il a été démontré que la réduction de l'amplitude des variations du niveau d'eau avait des répercussions importantes sur les habitats humides. À de plus hautes élévations, il a été démontré qu'une réduction des épisodes de niveau élevé menait à une colonisation de prairies humides par des arbustes. Réciproquement, la réduction des épisodes de bas niveau coïncidait avec une dominance des quenouilles dans les marais situés à un niveau plus bas. Ces changements entraînent une réduction de la diversité et de la superficie des habitats humides.

Dans le fleuve Saint-Laurent, la superficie des milieux humides a beaucoup varié au cours des 60 dernières années, surtout en raison de périodes d'apports d'eau élevés (1970-1980) et faibles (1960, fin des années 1990) dans le bassin hydrographique. La multiplication d'espèces envahissantes et la couverture dense et fermée de milieux humides dominée par des quenouilles ont été favorisées par les récents épisodes de niveaux extrêmement bas (1995, 1999, 2001).

Dans le lac Ontario comme dans le fleuve Saint-Laurent, les milieux humides fournissent des habitats essentiels pendant toute la durée du cycle de vie des animaux aquatiques qui utilisent ces régions pour se reproduire, se nourrir et se protéger contre les prédateurs. Parmi la grande variété des micro-organismes, des animaux semi-aquatiques et aquatiques qui fréquentent les milieux humides, le GTT sur l'environnement a défini des indicateurs de performance pour quelques espèces de poissons, d'oiseaux aquatiques, d'oiseaux chanteurs, d'amphibiens, de reptiles et une espèce de mammifère. Dans le cas de toutes ces espèces, on a modélisé la superficie d'habitat de reproduction et/ou d'alimentation en fonction des variations du niveau d'eau, puisque la disponibilité de ces habitats a un effet positif sur le succès de reproduction des populations animales et sur leur capacité de soutien.

Les niveaux actuels des populations de rats musqués dans le haut Saint-Laurent sont extrêmement bas, de sorte que toute amélioration a tendance à créer de grands ratios positifs. Les rats musqués constituent une partie importante tant de la structure que de la fonction des milieux humides et représentent donc beaucoup plus que leur seule espèce. Ils peuvent influencer sur l'abondance des espèces végétales dans les milieux humides, offrir un substrat propice à la germination des graines, aider à faciliter les processus de décomposition, fournir des sites de nidification aux oiseaux et aux tortues, dont certaines espèces en péril, et créer une microtopographie dans les milieux humides. De nombreuses espèces d'oiseaux, de mammifères, de végétaux et probablement de poissons (p. ex. le grand brochet) réagissent favorablement à l'augmentation de la superficie d'eau libre et aux effets de lisière et de passage qui résultent des perturbations causées par le rat musqué.

On a utilisé la présence/absence et la densité annuelle de huttes actives de rats musqués pour évaluer la densité des huttes afin de représenter la performance du rat musqué. L'automne et l'hiver sont les saisons provoquant les conditions les plus redoutables pour les populations, et les inondations de leurs huttes en hiver peuvent causer de graves dommages.

Tableau A-3 : Système de pondération de l'indice d'intégrité écologique

Région du LOFSL	Groupe d'indicateurs	Indicateur de performance essentiel	Notation de l'importance	Notation de la certitude	Pondération de l'indicateur	Pondération du groupe	Pondération de la région
Lac Ontario	Végétation	Communauté de prairie humide – Superficie totale, fondée sur la disponibilité	1,00	1,00	1,00	2,00	
		Végétation basse 18 °C – Disponibilité des habitats de fraye	0,11	1,00	0,11		
	Poissons	Végétation haute 24 °C – Disponibilité des habitats de fraye	0,72	1,00	0,72	1,00	
		Végétation basse 24 °C – Disponibilité des habitats de fraye	0,17	1,00	0,17		
		Grand brochet – Recrutement des jeunes de l'année	1,00	1,00	1,00		
		Achigan à grande bouche – Recrutement des jeunes de l'année	1,00	1,00	1,00		1,00
		Râle de Virginie (RALI) – Indice de reproduction	1,00	1,00	1,00	1,00	
		Petit Blongios (IXEX) – Indice de reproduction	1,00	1,00	1,00	1,00	
	Espèces en péril	Guifette noire (CHNI) – Indice de reproduction	1,00	1,00	1,00		
		Râle jaune (CONO) – Étendue de l'habitat propice à la reproduction	0,50	0,50	0,25		0,75
Râle élégant (RAEL) – Étendue de l'habitat propice à la reproduction		0,50	0,50	0,25			
Végétation basse 18 °C – Disponibilité des habitats de fraye		0,11	1,00	0,11			
Végétation haute 24 °C – Disponibilité des habitats de fraye		0,72	1,00	0,72			
Végétation basse 24 °C – Disponibilité des habitats de fraye		0,17	1,00	0,17			
Poissons	Grand brochet – Recrutement des jeunes de l'année	1,00	1,00	1,00	1,00		
	Achigan à grande bouche – Recrutement des jeunes de l'année	1,00	1,00	1,00		0,50	
	Grand brochet – Productivité nette des jeunes de l'année (Mille-Îles)	0,50	1,00	0,50			
Oiseaux	Râle de Virginie (RALI) – Indice de reproduction (lac St. Lawrence)	1,00	1,00	1,00	0,55		
	Rat musqué (ONZI) – Densité des huttes dans les milieux humides immergés (Mille-Îles)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	

Tableau A-3 (suite)

Région du LOFSL	Groupe d'indicateurs	Indicateur de performance essentiel	Notation de l'importance	Notation de la certitude	Pondération de l'indicateur	Pondération du groupe	Pondération de la région	
Bas Saint-Laurent	Poissons	Chatte de l'est (NOCR) – Superficie des habitats propices à l'alimentation	1,00	1,00	1,00			
		Poissons de milieux humides – Indice d'abondance	1,00	1,00	1,00	1,00		
	Oiseaux	Grand brochet (ESLU) – Superficie des habitats propices à la reproduction	1,00	1,00	1,00			
		Oiseaux aquatiques migrateurs – Superficie des habitats de plaine d'inondation	1,00	1,00	1,00			
		Râle de Virginie (RALI) – Indice de reproduction	1,00	1,00	1,00	1,00		
		Oiseaux aquatiques migrateurs – Productivité	1,00	1,00	1,00			
	Herpétofaune	Guifette noire (CHNI) – Indice de reproduction	1,00	1,00	1,00			
		Espèce de grenouilles – Superficie des habitats de reproduction	1,00	0,50	0,50	1,00	1,00	1,00
	Mammifères	Rat musqué (ONZI) – Huttes restantes	1,00	1,00	0,50	0,50	1,00	
		Petit Blongios (IXEX) – Indice de reproduction	1,00	1,00	1,00	1,00		
	Espèces en péril	Dard de sable (AMPE) – Superficie des habitats de reproduction	1,00	1,00	1,00	1,00		
		Tortue-molle à épine (APSP) – Superficie des habitats de reproduction	1,00	1,00	1,00	1,00	0,75	
Méné d'herbe (NOBI) – Superficie des habitats de reproduction		1,00	1,00	1,00	1,00			

Un grand nombre des oiseaux de milieux humides, tels que la Guifette noire, le Petit Blongios et le Râle de Virginie, fournissent un indice du potentiel reproducteur dans les marais pendant la saison de reproduction en fonction de la capacité de charge (une estimation annuelle du nombre de couples reproducteurs potentiels dans les marais). Par conséquent, si le marais se porte bien, ces espèces se portent également bien en général. Ce sont des espèces vulnérables aux variations des niveaux d'eau du lac Ontario provoquées par la régularisation.

Dans le fleuve Saint-Laurent, il a été démontré que les niveaux élevés au printemps et l'accès à la plaine d'inondation profitaient à la productivité des oiseaux aquatiques, à la reproduction du brochet et aux marais aménagés. Plus tard au cours de la saison, des hausses à court terme des niveaux entraînent des pertes en raison de l'inondation des nids des oiseaux de rivage. Le succès de nidification des tortues nécessite la disponibilité de plages et de substrats mous et secs propices à la nidification près de l'eau. Il a également été démontré que le débit du fleuve influait sur la composition des assemblages de poissons dans le fleuve et le moment de la migration des poissons entre le bas Saint-Laurent et l'estuaire.

Dans le bas Saint-Laurent, les habitats humides et les espèces fauniques ont démontré une forte réponse aux variations interannuelles importantes des niveaux d'eau provoquées par des différences dans l'apport en eau au bassin (1960-2001). Cependant, contrairement à ce qui se passe dans le lac Ontario, la sensibilité des indicateurs de performance à différents plans de régularisation dans le bas Saint-Laurent était faible. La sensibilité plus faible des indicateurs de performance dans le bas Saint-Laurent découle d'une combinaison de facteurs :

1. Les séries hydrologiques utilisées pour simuler les effets de chaque plan de régularisation supposent que l'état actuel des infrastructures (forme et profondeur du canal de navigation, ouvrages immergés, barrages, profil longitudinal) et le régime actuel de gestion des glaces ne varient pas pendant toute la durée de la série chronologique, ce qui entraîne éventuellement une sous-estimation de la variabilité en raison des effets cumulatifs. Les écosystèmes sont soumis aux répercussions cumulatives de toutes les modifications des niveaux et des débits d'une façon telle que la régularisation ne joue qu'un rôle faible, bien qu'important.
2. En aval de Montréal, le débit de la rivière des Outaouais et des autres affluents largement non régularisés fait augmenter le débit total et amène une variabilité supplémentaire (saisonnnière et occasionnelle), qui, dans une certaine mesure, masque le signal du débit du lac Ontario. L'effet direct de la régularisation du lac Ontario est moins évident quand on se déplace vers l'aval, comme dans le cas du lac Saint-Pierre, pour lequel un certain nombre d'indicateurs de performance ont été définis.

Intégration au Modèle de la vision commune

Lors de l'élaboration du MIRE, le GTT sur l'environnement a travaillé en étroite collaboration avec le GFEP afin de s'assurer que le MIRE puisse être directement appliqué dans le MVC. Les algorithmes hydrauliques du MIRE ont été construits de manière à reproduire les résultats hydrauliques générés par le MVC. Il était ainsi possible de vérifier les calculs hydrauliques du MIRE en comparant directement les résultats avec les niveaux d'eau aux quarts de mois et les prédictions de débits générées par le MVC. Lorsque c'était possible, on a vérifié les résultats des indicateurs de performance à l'aide de calculs détaillés effectués avec un chiffrier et des calculs conçus pour reproduire les résultats du MIRE pour un indicateur de performance donné. Pour certains des sous-modèles les plus complexes, il a été nécessaire de concevoir des calculs simplifiés sur chiffrier, capables de reproduire la réponse relative de l'indicateur de performance lors de la comparaison de deux plans de régularisation. Les sous-modèles du MIRE ont aussi été vérifiés par un processus itératif dans lequel chaque chercheur du GTT sur l'environnement a examiné les résultats du modèle et donné ses commentaires, et ce, après la production de chaque version du MIRE. Enfin, chaque chercheur a donné son approbation en ce qui concernait l'intégration de sa propre recherche dans le MIRE. Pour plus d'information sur le MIRE et le processus de validation, consultez la documentation sur le Modèle intégré de la réponse écologique (Limno-Tech, 2005).

Groupe de travail technique sur l'environnement

	Joseph Atkinson, responsable pour les É.-U.	SUNY (State University of New York) à Buffalo, NY
	André Talbot, responsable pour le Canada	Environnement Canada, Montréal, QC
	Jeff Watson, responsable pour le Canada	Secrétariat canadien, Ottawa, ON
	Brad Parker, responsable pour le Canada	Secrétariat canadien, Ottawa, ON
	Christiane Hudon, responsable pour le Canada	Environnement Canada, Montréal, QC
	Mark Bain, responsable pour les É.-U.	Cornell University, Ithaca, NY
	James Haynes	SUNY College à Brockport, NY
	Sandra Bonanno	The Nature Conservancy, NY
	John Barko	U.S. Army Corps of Engineers, Vicksburg, MS
	Albert Schiavone	NYS Department of Environmental Conservation
	Steve LaPan	NYS Department of Environmental Conservation
	Doran Mason	Great Lakes Environmental Research Laboratory
	Jack Davis	U.S. Army Corps of Engineers, Vicksburg, MS
	Douglas Wilcox	USGS Great Lakes Science Center, Ann Arbor, MI
	Ken Minns	Pêches et Océans Canada, Burlington, ON
	Jack Manno	SUNY College of Environmental Science & Forestry
	Jim Ransom	Haudenosaunee Environmental Task Force, Hogansburg, NY
	Yves De Lafontaine	Environnement Canada, Montréal, QC
	Marc Mingelbier	Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec, Québec, QC
	Nancy Patterson	Environnement Canada, Downsview, ON
	Joel Ingram	Environnement Canada, Downsview, ON
	Jeff Ridal	St. Lawrence Institute, Cornwall, ON
	Tom Stewart	Ministère des Richesses naturelles de l'Ontario, Picton, ON
	Denis Lehoux	Environnement Canada, Sainte-Foy, QC
	Joe DePinto	Limno-Tech, Inc.
	Todd Redder	Limno-Tech, Inc.
	John Farrell	SUNY College of Environmental Science & Forestry
	James Gibbs	SUNY College of Environmental Science & Forestry
	Donald Leopold	SUNY College of Environmental Science & Forestry
	Maxine Cole	Gr. de travail d'Akwesasne sur l'environnement, Hogansburg, NY
	Joyce Barkley	Gr. de travail d'Akwesasne sur l'environnement, Hogansburg, NY
	James Johnson	U.S. Geological Survey, Tunison Lab, Cortland, NY
	James McKenna	U.S. Geological Survey, Tunison Lab, Cortland, NY
	David Klein	The Nature Conservancy, Rochester, NY
	Rob Read	Environnement Canada, Burlington, ON
	Jean-Luc DesGranges	Environnement Canada, Service canadien de la faune, Québec, QC
	Jean Morin	Environnement Canada, Sainte-Foy, QC
	Sue Doka	Pêches et Océans Canada, Burlington, ON
	Sylvain Giguère	Environnement Canada, Service canadien de la faune, Québec, QC
	Alain Armellin	Environnement Canada, Centre Saint-Laurent, Montréal, QC
	Bruno Drolet	Environnement Canada, Service canadien de la faune, Québec, QC
	Pierre Laporte	Environnement Canada, Service canadien de la faune, Québec, Sainte-Foy, QC
Agents de liaison du Groupe d'étude	Gene Stakhiv	U.S. Army Corps of Engineers, Fort Belvoir, VA
	Doug Cuthbert	Secrétariat canadien, Burlington, ON
	Sandy LeBarron	NYS Department of Environmental Conservation, NY
	Lynn Cleary	Parcs Canada, Québec, QC
Agents de liaison du GCIP	John Hall	Burlington, ON
	Marc Hudon	Chicoutimi, QC
	Sandra Lawn	Prescott, ON
	Elaine Kennedy	Cornwall, ON
	Stephanie Weiss	Clayton, NY

Bibliographie

- Armellin, A., M. Mingelbier et J. Morin. *Year-Class Formation of Northern Pike and Water-Level Fluctuations in the St. Lawrence River*. Mémoire présenté à la 11^e Conférence internationale annuelle sur l'écosystème du fleuve Saint-Laurent, Institut des sciences environnementales du fleuve Saint-Laurent, Cornwall, 18-19 mai 2004.
- Brodeur, P., M. Mingelbier et J. Morin. *Impact of Temperature and Water Discharge on Fish Reproduction in the Marshes of the St. Lawrence River*. Mémoire présenté à la 11^e Conférence internationale annuelle sur l'écosystème du fleuve Saint-Laurent, Institut des sciences environnementales du fleuve Saint-Laurent, Cornwall, 18-19 mai 2004.
- Centre Saint-Laurent. *Rapport-synthèse sur l'état du Saint-Laurent*. Volume 1 : L'écosystème du Saint-Laurent. Environnement Canada – Région du Québec, Conservation de l'environnement et Éditions MultiMondes, Montréal. Volume 1, xiii, 694 p. : ill. col.
- De Lafontaine, Y., et F. Marchand. *Hydrological Fluctuations and Productivity of Freshwater Fish Species in the Lower St. Lawrence River*. Centre Saint-Laurent, Environnement Canada, Montréal, Québec.
- Des Granges, J-L., et coll. *Wetland Bird Responses to Water Level Regulation in the Lake Ontario-St. Lawrence Hydrosystem*. Mémoire présenté à la 11^e Conférence internationale annuelle sur l'écosystème du fleuve Saint-Laurent. Institut des sciences environnementales du fleuve Saint-Laurent, Cornwall, 18-19 mai 2004.
- Farrell, J. M., et coll. *Esocid Early Life History and Recruitment in the Upper St. Lawrence River: Field and Modelling Approaches for Developing Water Level Management Criteria*. SUNY College of Environmental Science and Forestry, Syracuse.
- Farrell, J. M., J. A. Toner et J. V. Mead. *Evaluation of the Effects of Hydrologic Management on Muskrat Populations in Lake Ontario and the Upper St. Lawrence River*. SUNY College of Environmental Science and Forestry, Syracuse.
- Farrell, J. M., B. V. Smith et S. J. Smith. *Year Class Formation of Upper St. Lawrence River Northern Pike, Supplemental Report*. SUNY College of Environmental Science and Forestry, Syracuse. Juin 2005.
- Giguère, S., et P. Laporte. *Les espèces en péril influencées par la gestion des niveaux d'eau du Saint-Laurent fluvial (Cornwall - Trois-Rivières)*. Environnement Canada, Service canadien de la faune, Région du Québec.
- Hudon, C., P. Gagnon, J.-P. Amyot, G. Létourneau, M. Jean, C. Plante, D. Rioux et M. Deschênes. *Historical Changes in Herbaceous Wetland Distribution And Biomass: Effects Of Hydrology On Faunal Habitats In Lake St. Pierre*. Environnement Canada, Centre Saint-Laurent, Montréal.
- Hudon, C. et coll. *Effects of Water Level Variations on Emergent Wetlands in the St. Lawrence River*, Mémoire présenté à la 11^e Conférence internationale annuelle sur l'écosystème du fleuve Saint-Laurent, Institut des sciences environnementales du fleuve Saint-Laurent, Cornwall, les 18-19 mai 2004.
- Ingram, J., et J-L. DesGranges. *Wetland Bird Nest Vulnerability to Flooding/Stranding in Lake Ontario and the St. Lawrence River, Potential Implications of Water Regulation*. Service canadien de la faune, Région de l'Ontario, Service canadien de la faune, Région du Québec.
- Lantry, J., et A. Schiavone. *Impact of Water Level Management on Species-at-Risk In Lake Ontario and the Upper St. Lawrence River*. New York State Department of Conservation, Watertown.
- Lehoux, D., et D. Dauphin. *Impact des fluctuations des niveaux d'eau sur les canards barboteurs en reproduction dans le tronçon lac Saint-Louis/lac Saint-Pierre (seuils critiques) et évaluation des indicateurs de performance : rapport final*. Environnement Canada, Service canadien de la faune, Région du Québec.
- Limno-Tech Inc. *Development of an Integrated Ecological Response Model (IERM) for the Lake Ontario–St. Lawrence River Study*. Document établi pour la Commission mixte internationale, avril 2005.

- Mingelbier M., P. Brodeur et J. Morin. *Recommandations concernant les poissons et leurs habitats dans le fleuve Saint-Laurent fluvial et évaluation des critères de régularisation du système lac Ontario - Saint-Laurent*. Rapport soumis à la Commission mixte internationale. Ministère des Ressources naturelles et de la faune, Direction de la recherche sur la faune, 141 p., 2005.
- Minglebier, M., et J. Morin. *Quantifying the Effects of Water Discharge on Fish-Suitable Habitats Using 2D Modelling in the St. Lawrence River*. Mémoire présenté à la 11e Conférence internationale annuelle sur l'écosystème du fleuve Saint-Laurent, Institut des sciences environnementales du fleuve Saint-Laurent, Cornwall, 18-19 mai 2004.
- Minns, C.K., S. Doka, C. Bakelaar, C. Chu, et K. Seifried. *Year 3 Progress Report for Burlington Fish Habitat Group*. 8 mars 2004.
- Morin, J., K. Turgeon, O. Champoux, S. Martin et D. Rioux. *Modeling spatial distribution of submerged macrophytes of the St. Lawrence River*. Environnement Canada, Service météorologique du Canada.
- Morin, J., et coll. *2D Integrated Modelling of the Ecosystem in the St. Lawrence River*. Mémoire présenté à la 11^e Conférence internationale annuelle sur l'écosystème du fleuve Saint-Laurent, Institut des sciences environnementales du fleuve Saint-Laurent, Cornwall, 18-19 mai 2004.
- Ouellet, V., et coll. *Validation and Treatment of LIDAR Data in Wetlands Modelling*. Mémoire présenté à la 11^e Conférence internationale annuelle sur l'écosystème du fleuve Saint-Laurent, Institut des sciences environnementales du fleuve Saint-Laurent, Cornwall, 18-19 mai 2004.
- Savage, C. *Lake Ontario-St. Lawrence River Wetland Habitats: A Bird's Eye View from a Plant Ecologist*. Mémoire présenté à la 11^e Conférence internationale annuelle sur l'écosystème du fleuve Saint-Laurent, Institut des sciences environnementales du fleuve Saint-Laurent, Cornwall, 18-19 mai 2004.
- Schindler, D.W. « Sustaining aquatic ecosystems in boreal regions », *Conservation Ecology* 2(2) : 18, 1998.
- Tilman, D. et J.A. Downing. « Biodiversity and stability in grassland », *Nature* 367 : 363-365, 1987.
- Toner, J. A., J. M. Farrell et J. V. Mead. *Muskrat House Abundance within Upper St. Lawrence River Tributary Wetlands: Evaluation of Responses to Water Level Regulation, Final Report*. SUNY College of Environmental Science and Forestry, Syracuse, juin 2005.
- Turgeon, K., et coll. *Modelling St. Lawrence River Wetland, From Lake Saint-Pierre to Lake Saint-Louis*. Mémoire présenté à la 11^e Conférence internationale annuelle sur l'écosystème du fleuve Saint-Laurent, Institut des sciences environnementales du fleuve Saint-Laurent, Cornwall, 18-19 mai 2004.
- Turgeon, K., O. Champoux, M. Jean et J. Morin. *Modelling Wetland Types of the St. Lawrence River Floodplain*. Environnement Canada, Service météorologique du Canada et Centre Saint-Laurent, Montréal.
- Watson, J. *ETWG Year 3 Technical Report*. Avril 2004.
- Wilcox, D.A. *Relationships Between Lake Ontario Wetlands and Habitats*. Document présenté au Groupe d'étude international sur le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent, 2003.
- Wilcox, D., A. Arbor et J. Ingram. *Evaluation of the Effects of Water Level Variation on Wetland Plant Communities and Development of Models for Different Wetland Types to Predict Responses of Vegetation to Water Level Variations*. Commission géologique, Service canadien de la faune, région de l'Ontario.
- Wilcox, D.A., J.W. Ingram, K.P. Kowalski, J.E. Meeker, M.L. Carlson, Y. Xie, G.P. Grabas, K.L. Holmes et N.J. Patterson. *Evaluation of water-level-regulation influences on Lake Ontario and Upper St. Lawrence River coastal wetland plant communities*. Rapport de projet final. Commission mixte internationale, Washington, DC et Ottawa, Ontario. 67 p., 2005.
- Wilcox, D.A. et J.W. Ingram. *Historic trends in Lake Ontario coastal wetland vegetation abundance*. Données inédites, 2005.

A. Exposé contextuel sur l'environnement

1. Contexte socio-économique général

a) Valeur de la production de l'intérêt

La valeur économique des conditions environnementales est difficile à déterminer; on peut toutefois évaluer leur valeur sociale de manière qualitative. Le coût de remplacement d'une ressource perdue (p. ex. restaurer un milieu humide), ou peut-être une estimation de l'impact sur l'écotourisme (y compris la pêche sportive), pourrait donner une idée des coûts associés aux changements subis par les écosystèmes, mais les coûts économiques ne peuvent rendre compte des impacts entraînés par une perte de la diversité, une raréfaction de certaines espèces ou par d'autres facteurs pouvant détériorer la santé des écosystèmes. Bien que cela soit difficile à quantifier spécifiquement pour le système lac Ontario/fleuve Saint-Laurent, des enquêtes au niveau national ont démontré un fort appui au maintien d'un environnement sain et diversifié. De plus, les ressources naturelles des Grands Lacs constituent un pôle d'attraction pour le tourisme aussi bien aux États-Unis qu'au Canada (NYSG 2004).

Les écosystèmes riverains offrent une diversité d'habitats qui abritent une myriade d'espèces de plantes, de poissons et d'animaux sauvages. L'économie de plusieurs régions riveraines dépend de la valeur récréative de ces habitats et des activités de pêche sportive et commerciale, de chasse, d'observation d'oiseaux, de natation et de randonnée qu'on y pratique. Les dépenses effectuées par de nombreux touristes saisonniers, que ce soit en hébergement, nourriture, équipement sportif, location de bateaux et autres véhicules, essence et objets d'usage personnel, représentent souvent la principale source de revenus des collectivités riveraines. Les écosystèmes qui fournissent le poisson, la faune et les sites récréatifs dont dépendent ces activités économiques ont souffert d'impacts graves causés par de nombreuses activités humaines. La transformation des habitats diversifiés des milieux humides en vastes étendues de quenouilles représente clairement un des impacts les plus importants sur l'écosystème riverain du lac Ontario et on a montré que cette transformation était une réponse directe à la régularisation des niveaux d'eau.

La valeur sociétale s'exprime également par les lois de protection des habitats (c.-à-d. les milieux humides) et de certaines espèces fauniques (espèces présentant un intérêt particulier ou en voie de disparition). L'évaluation par le GTT sur l'environnement de la réponse de l'écosystème aux divers plans proposés se base sur une évaluation d'indicateurs clés de la diversité, de la productivité et de la durabilité de l'écosystème dans son ensemble (voir plus bas).

b) Nombre de parties prenantes

Les parties prenantes potentielles comprennent plus de sept millions de personnes vivant dans le bassin du lac Ontario, ainsi que plus de quatre millions d'autres vivant dans les régions entourant les villes de Montréal et de Québec. Il existe en outre une importante industrie de la pêche sportive qui attire des gens de l'extérieur de ces régions.

c) Caractéristiques organisationnelles

Les parties prenantes sont distribuées de façon relativement irrégulière le long des rivages du lac et du fleuve, réparties entre plusieurs grands centres de population (Toronto, Montréal, Rochester) et un certain nombre de collectivités plus petites. Par exemple, la majorité de la population canadienne (environ 60 %) se concentre sur une bande étroite qui représente 2,2 % du territoire total entre Windsor (Ontario) et Québec. En 1996, la densité de la population le long de la portion canadienne du bas Saint-Laurent variait de 10 personnes au kilomètre carré (km²) dans les régions les plus naturelles jusqu'à plus de 3 800 personnes au km² dans les grandes villes (Toronto et Montréal). Une bonne partie du territoire bordant les masses d'eau est occupé par des zones résidentielles de faible densité, des terres agricoles ou des réserves naturelles. En plus de plusieurs organismes et ministères gouvernementaux (p. ex. le Department of

Environmental Conservation de l'État de New York, l'Environmental Protection Agency des États-Unis, Environnement Canada), un certain nombre de groupes environnementaux sont actifs dans la région, notamment The Nature Conservancy, Canards Illimités, Truite atout du Canada, La Société canadienne pour la conservation de la nature, les ZIP (Zones d'intervention prioritaire), la Société de conservation des milieux humides du Québec, la Fédération québécoise de la faune, Save the River, le Thousand Islands Land Trust et d'autres fiducies foncières situées dans les zones riveraines des deux pays, la Federation of Ontario Naturalists, l'industrie de louage de bateaux pour la pêche sportive et la Audubon Society. Les Mohawks de Saint-Régis constituent également un groupe d'intérêt important dans le haut Saint-Laurent.

d) Valeurs et perceptions de l'intérêt

La valeur environnementale est associée aux propriétés riveraines, à la présence de plages accessibles et exploitables ainsi qu'aux milieux humides attrayants et à la faune qu'ils abritent. De nombreuses espèces de poissons, de sauvagine et d'animaux à fourrure présentent une importance économique, et ce, depuis longtemps. Toutefois, la perception qu'a une personne de l'« environnement » varie selon ses liens avec le bassin hydrographique (c.-à-d. son appartenance à des groupes de naturalistes, sa passion pour la pêche à la ligne, le fait d'être un pêcheur commercial ou un adepte de la navigation récréative, le fait de lire sur la nature, etc.). Les peuples autochtones possèdent des valeurs et perceptions historiques ou traditionnelles concernant l'environnement qui transcendent sa valeur simplement économique, quoique cela ne signifie pas qu'ils n'en retirent pas d'avantages économiques puisqu'ils pêchent dans le fleuve Saint-Laurent, le lac Saint-François et le lac Ontario.

Pour quiconque, rattacher une valeur économique à la préservation de ses valeurs ou de sa perception du bassin versant n'est donc pas une mince tâche. Le concept de valeur demeure valable, mais de toute évidence les valeurs diffèrent chez les Canadiens et les Américains, ainsi que chez les Autochtones.

e) Restrictions importantes imposées par les lois, règlements et politiques

On compte 84 espèces de plantes et d'animaux dans la zone riveraine du lac Ontario et du cours supérieur du Saint-Laurent qui sont sensibles aux fluctuations des niveaux d'eau et qui sont surveillées en tant qu'espèces préoccupantes par le Natural Heritage Program dans l'État de New York et le Natural Heritage Information Centre en Ontario. Parmi ces espèces, 30 ont été officiellement désignées comme espèces menacées ou en voie de disparition par les autorités provinciales, fédérales ou d'un État. Aux États-Unis, le U.S. Fish and Wildlife Service a désigné l'écosystème du rivage de l'est du lac Ontario comme habitat de rétablissement critique pour le Pluvier siffleur (*Charadrius melodus*), oiseau en voie de disparition. Dans le bas Saint-Laurent (section du Québec), on dénombre 13 espèces préoccupantes, vulnérables, menacées et/ou en voie de disparition subissant les effets de la régularisation des niveaux d'eau (selon le Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec – CDPNQ); ces espèces sont protégées par des lois fédérales ou provinciales : la *Loi sur les espèces en péril*, au niveau fédéral, et la *Loi sur les espèces menacées et vulnérables* et la *Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune*, au niveau provincial. Il est probable que les lois et les règlements qui protègent les espèces présentant un intérêt particulier changeront avec le temps, et toute action susceptible de toucher ces espèces doit être évaluée dans le cadre de ces lois. De plus, certaines espèces comme le rat musqué revêtent une importance particulière pour certains segments de la population et ont pris une importance spéciale même si les lois qui les protègent spécifiquement se limitent à délimiter les saisons de récolte. Il faut noter que la Commission mixte internationale (CMI) n'est pas dans l'obligation de se conformer aux lois et règlements protégeant les espèces; mais il est probablement dans son meilleur intérêt de les prendre en considération, de même que les impacts possibles sur les espèces en péril, lorsqu'elle choisit un plan de régularisation des niveaux d'eau.

Les règlements protégeant certaines espèces ou même simplement la circulation des poissons (voir l'article 35 de la *Loi sur les pêches du Canada*), de même que les décisions judiciaires concernant les droits issus de traités et la compétence et les territoires des Autochtones, pourraient influencer la gestion des bassins hydrographiques.

f) Historique de l'intérêt

On dispose d'une grande quantité d'information au sujet de l'historique de l'intérêt, mais il serait peu opportun d'en traiter dans le présent document. Nous avons fait allusion à une partie de cette information dans les réponses aux autres questions.

g) Flux commerciaux et conditions actuelles du marché (*Non pertinent pour le GTT sur l'environnement*)

h) Effet des dernières conditions de hautes ou de basses eaux

Ces conditions de hautes et de basses eaux témoignent d'événements naturels et sont d'importants facteurs dans le maintien à long terme des milieux humides et de la diversité biologique (Wilcox 1989, 1990, 1993; Wilcox et coll. 1992, 1993; Wilcox et Meeker 1995).

Des inventaires intensifs des communautés végétales réalisés dans des milieux humides riverains représentatifs de l'aire étudiée confirment les conclusions antérieures, à savoir que la répartition des communautés végétales des milieux humides riverains du lac Ontario et du haut Saint-Laurent est fortement corrélée avec les fluctuations passées des niveaux d'eau (Wilcox et coll., 1992). Les types de communautés végétales de milieu humide observées à des altitudes déterminées étaient constants d'un endroit à un autre et dans les divers types géomorphologiques de milieux humides. L'analyse d'anciennes photographies aériennes confirme aussi que les communautés végétales ont répondu aux cycles interannuels des niveaux d'eau, les communautés s'élevant ou descendant le long de la pente en fonction de leurs préférences hydrologiques, durant les cycles de hautes eaux et de basses eaux, respectivement.

2. Indicateurs de performance

Nous avons présenté plus haut, dans le résumé du GTT sur l'environnement, un tableau des indicateurs de performance (IP) « clés », tableau qui donne également leur importance, leur degré d'incertitude et leur sensibilité (à la régularisation des niveaux d'eau et des débits). Cette série d'indicateurs a été extraite d'une liste originale qui proposait plus de 400 IP. Pour réduire cette longue liste et produire la liste des IP clés, il a fallu éliminer certains indicateurs qui étaient soit caractérisés par trop d'incertitude, soit insensibles aux variations des niveaux d'eau et, par ailleurs, regrouper des IP qui se comportaient de façon semblable en réponse au niveau de l'eau. Ainsi, un IP clé peut en fait représenter la réponse de nombreux autres IP de la liste originale. L'importance d'un IP clé donné dans l'évaluation finale dépendra en partie du nombre d'autres IP qu'il représente. En général, l'IP de la végétation de milieu humide est très étroitement lié aux niveaux d'eau, ce qu'appuie fortement la façon dont l'Étude est conçue. Les autres IP clés sont également directement influencés par les niveaux ou débits d'eau, ou alors ils sont liés à ces niveaux à travers la réponse des habitats, laquelle est corrélée à l'IP du milieu humide. Les indices de forte sensibilité figurant au tableau montrent le rôle respectif des niveaux et des débits d'eau dans la réponse de ces indicateurs.

3. Catégories d'avantages non pris en compte par les indicateurs de performance retenus, mais potentiellement importants (impacts secondaires)

Les IP qui ont été choisis n'incorporent pas directement les impacts secondaires sur l'écotourisme, y compris sur des activités telles que l'observation d'oiseaux, la chasse et la pêche (voir aussi la réponse à la question 1a ci-dessus).

4. Principales conditions de base

Si on considère la réponse d'un écosystème en général, la principale condition de base est l'état antérieur à la régularisation ou état « naturel, » lequel représente la meilleure condition pour l'écosystème (voir aussi la réponse à la question 5 « Principales tendances »). L'autre condition de base utilisée par le GTT sur l'environnement à des fins de comparaisons est le plan de régularisation actuel, celui-ci étant considéré comme une condition de base en fonction de laquelle seront évalués les changements aux IP apportés par d'autres plans proposés. Le but principal du GTT sur l'environnement est d'établir un plan de régularisation qui améliore la réponse des écosystèmes, par rapport à leur réponse au plan actuel, et qui, dans le pire des cas, n'entraîne pas de dégradation de la réponse environnementale. Le principal outil utilisé par le Groupe de travail pour évaluer les différents plans est le MIRE, qui a été conçu pour faciliter la comparaison entre les plans.

5. Principales tendances

Des changements possibles de la température et/ou du climat en général, et de l'apport en eau en particulier, influeraient sur la réponse environnementale. En outre, des éléments tels que l'arrivée d'espèces étrangères envahissantes, des modifications dans la gestion des pêches, des changements en matière de pollution ou de population (en nombre et/ou en répartition) ou des changements dans l'utilisation de la ressource pourraient exercer un impact sur l'environnement. Baedke et Thompson (2000) ont documenté pour le lac Michigan des cycles de 30 ans dans les niveaux d'eau, eux-mêmes à l'intérieur de cycles de 150 ans. De plus, les hydrogrammes de tous les lacs montrent des cycles de 15 à 30 ans, y compris dans le lac Ontario avant sa régularisation. Ainsi, la condition de base n'est pas statique; elle est plutôt contrôlée par les cycles naturels de variation. Si on choisit comme conditions de base les conditions d'avant-projet, il faut alors tenir compte du fait que le Plan 1958-D a été mis en œuvre durant une période de faibles apports, mais que ceux-ci ont augmenté au cours des trois décennies suivantes jusqu'à atteindre des valeurs historiques. Ces variations naturelles de l'apport en eau sont difficiles à prédire, mais elles ont de toute évidence un impact sur la réponse environnementale. On peut aussi noter que divers scénarios de changements climatiques prévoient des conditions généralement plus sèches, et donc accompagnées de plus faibles apports hydriques. Le MIRE n'a pas été conçu pour servir de modèle de réponse écologique globale puisqu'il ne prend pas en compte les éléments que nous venons de mentionner et qui influencent sans aucun doute l'écologie du système. Pour respecter les contraintes imposées par la présente étude, le MIRE (et les IP élaborés par les chercheurs du GTT sur l'environnement) se limite aux changements de l'écosystème qui sont liés aux variations des niveaux d'eau et des débits.

6. Conséquences attendues des changements dans la régularisation

La pire conséquence serait l'élimination d'une espèce, surtout une espèce qui serait en voie de disparition ou présenterait un intérêt particulier. Au Canada, on applique un principe de « perte nette nulle » dans les milieux humides (et l'habitat des poissons en général). Toute modification délibérée du mode de régularisation de l'eau devrait donc prendre en compte les mesures d'atténuation possibles, telles que la restauration d'un habitat de milieu humide ou du littoral. On s'attend en général à ce que les changements apportés à la régularisation de l'eau aient un impact sur la répartition et l'abondance de divers types de milieux humides, et donc une incidence sur la qualité de l'habitat et finalement les populations de différentes espèces indicatrices.

Les résultats des études indiquent que la modération des fluctuations des niveaux d'eau consécutive à la régularisation a considérablement restreint les variations à long terme de l'environnement hydrologique, variations importantes pour maintenir les communautés de prairie humide des milieux riverains. La diminution des fluctuations à long terme des niveaux d'eau a de plus créé des conditions hydrologiques qui ont facilité l'expansion d'espèces agressives et dominantes de plantes émergentes et immergées, avec comme résultat une réduction de la richesse en espèces végétales et de la qualité de l'habitat des marais. Il est probable que la réduction de la qualité de l'habitat a aussi été influencée et amplifiée dans les milieux humides ayant subi une augmentation de la quantité d'éléments nutritifs et des apports de sédiments, attribuables au mode d'utilisation des terres environnantes. Toutefois, des études intensives et l'évaluation d'anciennes photos aériennes montrent des résultats très semblables sur tous les sites examinés, y compris ceux des bassins versants largement demeurés à l'état naturel (boisés). Cette uniformité dans les résultats des études appuie la conclusion selon laquelle la modération des niveaux hydriques par la régularisation exerce un impact majeur sur la qualité des habitats des milieux humides riverains.

7. Comportements adaptatifs

Les « comportements adaptatifs », tels que définis ici, ne concernent pas le GTT sur l'environnement puisque c'est l'écosystème qui subit un changement en réponse aux modifications des niveaux d'eau et des débits. Ce comportement est déjà incorporé aux réponses des IP dans le MIRE.

8. Évaluation des risques et analyse de sensibilité

L'information ayant servi de base aux algorithmes du MIRE et du MVC utilisés pour évaluer la réponse environnementale aux changements hydrologiques a été obtenue principalement par des études sur le terrain et des revues documentaires. Les études de terrain durent tout au plus deux ou trois ans, bien que plusieurs études aient été conçues pour évaluer la réponse aux variations du niveau des lacs remontant à la période antérieure à la régularisation. L'extrapolation de la réponse environnementale à une série hydrologique d'une durée de 50 ou 100 années est forcément marquée par l'incertitude. De plus, la réponse environnementale est sensible à des séquences de plus longue durée dans les séries hydrologiques historiques (c.-à-d. non pas seulement à ce qui se passe pendant une année ou une saison particulière) et ce type de relations est plus difficile à incorporer dans le cadre du MVC. Comme il a déjà été indiqué, le cadre d'évaluation actuel ne tient pas compte de facteurs externes à l'étude (p. ex. les changements dans la qualité de l'eau, le réchauffement planétaire, les espèces exotiques envahissantes, l'utilisation des terres, les pratiques de gestion des pêches, etc.) susceptibles d'avoir un effet sur l'environnement. Reconnaisant, d'une part, que l'incertitude caractérise toujours les résultats de la gestion d'écosystèmes complexes et dynamiques comme le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent et, d'autre part, que les relations mathématiques utilisées par le MIRE et le MVC pour prédire ces résultats demeurent des hypothèses fondées sur des recherches d'une durée limitée (plusieurs années), on a proposé que la mise en œuvre de tout nouveau plan de gestion soit évolutive. Une telle approche de gestion adaptative implique un processus systématique d'apprentissage à partir des résultats des opérations, un apprentissage continu dont le but est d'améliorer continuellement la gestion, et ceci, pour tous les champs d'intérêt

Des évaluations approfondies de la sensibilité des IP à la régularisation des niveaux d'eau et des débits ont été effectuées; les résultats sont résumés dans le tableau des IP essentiels présenté plus haut. Comme il a été noté, un des critères ayant servi à dresser la liste des IP essentiels était la sensibilité et, alors que plusieurs des premiers IP proposés n'étaient pas très sensibles, la valeur de l'indice de sensibilité de tous les IP essentiels est de 4 ou 5 (5 étant la valeur maximale). On obtiendra plus de détails sur ce classement dans les descriptions individuelles des IP comprises dans la documentation sur le MIRE (Limno-Tech Inc., 2005).

9. Bibliographie

Textes cités

- Baedke, S.J., et T.A. Thompson. « A 4,700-year record of lake-level and isostasy for Lake Michigan », *Journal of Great Lakes Research*, 26:416-426, 2000.
- Limno-Tech, Inc. *IERM documentation and user's manual*. Rapport final de la 4^e année, pour communication en avril 2005.
- New York Sea Grant Extension Service. Communication personnelle, Helen Domske, Senior Extension Specialist, 2004.
- Wilcox, D.A. *Responses of selected Great Lakes wetlands to water-level fluctuations*. Phase Report to Working Committee 2, IJC Water-level Reference Study, 1989.
- Wilcox, D.A. « Water-level fluctuations and Great Lakes wetlands », *Great Lakes Wetlands* 1(2):1-3, 1990.
- Wilcox, D.A., J.E. Meeker et J. Elias. *Impacts of water-level regulation on wetlands of the Great Lakes*. Phase 2 Report to Working Committee 2, IJC Water-Level Reference Study, 1992.
- Wilcox, D.A. (1993) « Effects of water-level regulation on wetlands of the Great Lakes », *Great Lakes Wetlands* 4(1):1-2.
- Wilcox, D.A., J.E. Meeker et J. Elisas. *Appendix: Impacts of water-level regulation on wetlands of the Great Lakes—additional scenarios*. Phase 2 Report to Working Committee 2, IJC Water-Level Reference Study, 1993.
- Wilcox, D.A. et J.E. Meeker. « Wetlands in regulated Great Lakes », *Our Living Resources: A Report to the Nation on the Distribution, Abundance, and Health of U.S. Plants, Animals, and Ecosystems*, sous la direction de LaRoe, E.T., Farris, G.S., Puckett, C.E., Doran, P.D., Mac, M.J. p. 247-249. U.S. DOI, National Biological Service, Washington, DC, 1995.

Renseignements généraux

- Centre d'information sur le patrimoine naturel, Ontario.
- Environnement Canada (Patterson, N., D.A. Wilcox, D. Albert, T.A. Thompson, R. Weeber, J. McCracken, T. Whillans et J.E. Gannon [collaborateurs]) *Where Land Meets Water: Understanding Wetlands of the Great Lakes*, Environnement Canada, Toronto, Ontario, 2002.
- Keough, J.R., T.A. Thompson, G.R. Guntenspergen, D.A. Wilcox. « Hydrogeomorphic factors and ecosystem responses in coastal wetlands of the Great Lakes », *Wetlands* 19:821-834, 1999.
- Maynard, L. et D.A. Wilcox. (1997) Coastal Wetlands. Conférence sur l'état de l'écosystème des Grands Lacs. Environnement Canada et la U.S. Environmental Protection Agency.
- New York Natural Heritage Program. Biodiversity Database. New York State Department of Environmental Conservation. Albany, NY, 2004.
- Rapports du LaMP sur le lac Ontario (diverses années).
- Ressources naturelles Canada. *Densité de la population 1996*, document Internet, 2004, http://atlas.gc.ca/site/francais/maps/peopleandsociety/population/population1996/maptopic_view
- Wilcox, D.A. et J.E. Meeker. « Disturbance effects on aquatic vegetation in regulated and unregulated lakes in northern Minnesota », *Canadian Journal of Botany* = Revue canadienne de botanique, 69, p. 1542-1551. 1991.

- Wilcox, D.A. et J.E. Meeker. « Implications for faunal habitat related to altered macrophyte structure in regulated lakes in northern Minnesota », *Wetlands* 12:192-203, 1992.
- Wilcox, D.A. « Wetland and aquatic macrophytes as indicators of anthropogenic hydrologic disturbance ». *Natural Areas Journal* 15:240-248. 1995.
- Wilcox, D. A. et T.H. Whillans, T.H. « Techniques for restoration of disturbed coastal wetlands of the Great Lakes », *Wetlands* 19:835-857, 1999.
- Wilcox, D.A. « Implications of hydrologic variability on the succession of plants in Great Lakes wetlands ». *Aquatic Ecosystem Health and Management* 7:223-231, 2004.

10. Processus de révision

Auteur : Joe Atkinson

Réviseur : Jeff Watson

Appui du GTT : non examiné

Révision externe : ne s'applique pas

B. Résumé du Groupe de travail technique sur la navigation de plaisance et le tourisme

Objectifs

Le Groupe de travail technique (GTT) sur la navigation de plaisance et le tourisme avait la responsabilité : 1) de réaliser une évaluation générale de l'impact de la navigation de plaisance sur la région couverte par l'étude, 2) d'élaborer des indicateurs de performance qui montreraient les effets des variations des niveaux d'eau sur les secteurs de la navigation de plaisance et du tourisme et 3) de définir les critères idéaux pour déterminer les niveaux d'eau qui satisferaient le mieux les besoins des plaisanciers et des entreprises associées à ce champ d'intérêt.

Méthodes de collecte de données et d'évaluation

Une approche à trois volets a été appliquée, chaque volet s'adressant à un groupe différent et utilisant une méthode différente d'évaluation des impacts des variations des niveaux d'eau. Les membres du premier groupe, les plaisanciers, ont fait l'objet d'un sondage par téléphone afin de déterminer leur utilisation du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent; on les a ensuite recontactés par la poste pour obtenir de l'information plus détaillée sur leurs dépenses et pour savoir quel effet pouvait avoir des niveaux d'eau faibles et élevés sur leur utilisation dans la zone d'étude. On a rencontré par téléphone et en personne les propriétaires de marina et de club de yachting, qui constituaient le deuxième groupe, pour évaluer l'impact de la fluctuation des niveaux d'eau et pour obtenir des mesures physiques des profondeurs aux rampes d'accès et de mise à l'eau. On a fait un sondage auprès d'un troisième groupe – ceux qui font la location de bateaux et les exploitants de services d'excursion en bateau – par la poste et par téléphone afin d'évaluer l'impact de la fluctuation des niveaux d'eau sur ces entreprises. Toutes ces données ont été recueillies en 2002 et 2003.

En ce qui concerne les plaisanciers, on a tiré un échantillon de 10 382 propriétaires d'embarcations américains parmi les personnes possédant des bateaux immatriculés dans les huit comtés bordant le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent, en sélectionnant seulement les embarcations classées dans la catégorie « bateaux de plaisance » et immatriculées à des adresses non commerciales. L'échantillon a été stratifié en fonction de la longueur des bateaux et de la région géographique. On a contacté les plaisanciers par téléphone pour déterminer s'ils avaient navigué sur le lac Ontario ou le fleuve Saint-Laurent en 2002. Si oui, ils recevaient un questionnaire par la poste leur posant des questions plus détaillées sur leurs excursions sur l'eau et leurs dépenses liées à la navigation.

Au Canada, on ne disposait pas d'une liste de bateaux immatriculés. Un sondage téléphonique a donc été réalisé auprès de l'ensemble de la population vivant dans la région étudiée dans le but de déterminer le nombre de plaisanciers ayant navigué sur les eaux couvertes par l'étude en 2002. Cette méthode n'a toutefois pas permis d'obtenir un nombre suffisant de plaisanciers pour conduire une enquête plus approfondie par la poste. On a plutôt procédé à un sondage par la poste auprès des membres des Escadrilles canadiennes de plaisance vivant dans la région étudiée pour obtenir des renseignements plus détaillés sur leurs expériences de navigation et leurs dépenses liées à cette activité. Il s'agissait du même questionnaire que celui utilisé aux États-Unis. Ce groupe n'a toutefois pas été considéré comme représentatif de tous les plaisanciers canadiens, mais uniquement de ceux qui fréquentent les marinas et les clubs de yachting. Pour estimer les indicateurs de performance pour les utilisateurs de rampes de mise à l'eau et les propriétaires de quais privés, on a appliqué aux données des Escadrilles canadiennes de plaisance les ratios calculés à partir des données des États-Unis (p. ex. nombre de jours de navigation par les utilisateurs de marina/nombre de jours de navigation par les utilisateurs de rampes de mise à l'eau).

Dans le cas des propriétaires de marina ou de club de yachting, à l'été 2002, on a effectué un inventaire de toutes les marinas, de tous les clubs de yachting et de toutes les rampes privées, provinciales ou des États pour la mise à l'eau d'embarcations. Au cours d'entrevues individuelles menées par du personnel de terrain, on a noté tous les services fournis à chaque marina ou club de yachting. On a demandé aux exploitants quels impacts avaient eu sur leur entreprise des niveaux bas ou élevés, quel était le coût des

dispositions prises pour les atténuer et s'ils avaient perdu des revenus. On a pris des mesures de profondeur à des rampes d'accès et de mise à l'eau sélectionnées et celles-ci ont été utilisées pour déterminer le point à partir duquel la rampe d'accès ou de mise à l'eau ne pouvait plus être utilisée et donc à partir duquel il y aurait perte d'avantages.

Dans le cas des exploitants de bateaux de louage et de services d'excursion en bateau, du côté des États-Unis une enquête a été menée en janvier et février 2003 auprès des capitaines de bateaux de louage, alors que le Canada a mené une enquête auprès des exploitants de services d'excursion et d'embarcations d'excursion. Les questionnaires portaient sur les caractéristiques de l'entreprise, ses données économiques, les voyages faits et les besoins de renseignements à des fins de sensibilisation et d'éducation; ils comportaient également des questions précises sur les sites de mise à l'eau, les problèmes liés aux niveaux d'eau trop bas ou trop élevés ainsi que les coûts associés aux adaptations apportées en raison des fluctuations des niveaux d'eau.

Les mesures de profondeur prises à des marinas, à des quais privés et à des rampes de mise à l'eau ont été normalisées avec les stations hydrométriques de leurs tronçons respectifs du système lac Ontario/fleuve Saint-Laurent. Pour le tronçon du lac Ontario, qui comprend le lac lui-même et la partie du fleuve Saint-Laurent allant jusqu'à Cap Vincent inclusivement, la station hydrométrique choisie a été celle située le plus proche du lieu où la mesure a été prise. Le reste du fleuve Saint-Laurent a été divisé en trois tronçons, associés aux stations hydrométriques d'Alexandria Bay, d'Ogdensburg et de Long Sault. Les trois tronçons du bas Saint-Laurent ont été associés aux stations hydrométriques suivantes : Pointe Claire pour le lac Saint-Louis, Sorel pour le lac Saint-Pierre et Varennes pour Montréal-Contrecoeur.

À l'origine, il n'y avait que deux tronçons pour le secteur amont du fleuve Saint-Laurent. Cependant, on s'est aperçu que la pente du haut Saint-Laurent et l'impact des débits régularisés du barrage Moses-Saunders sur les niveaux d'eau juste en amont du barrage étaient trop importants pour qu'on fonde les niveaux de base sur deux stations hydrométriques seulement. L'ancien tronçon Ogdensburg, qui s'étendait de la baie Chippewa jusqu'au barrage a donc été divisé en deux nouveaux tronçons : un nouveau tronçon Ogdensburg, de la baie Chippewa au barrage Iroquois, et un nouveau tronçon lac St. Lawrence, du barrage Iroquois au barrage Moses. La figure B-1 illustre les sept tronçons de la zone d'étude.

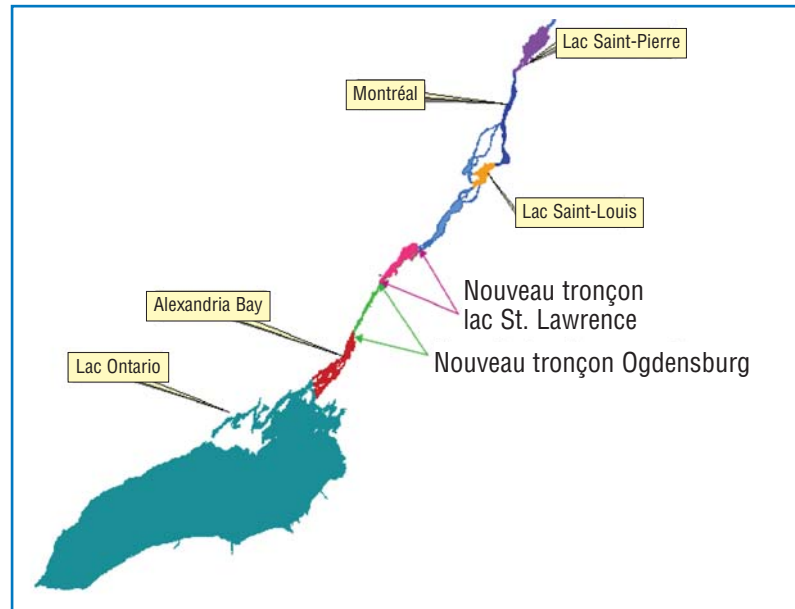


Figure B-1 : Tronçons pour la navigation de plaisance

Indicateurs de performance

Le GTT sur la navigation de plaisance et le tourisme s'est surtout penché sur deux indicateurs de performance : le nombre total de jours possibles de navigation perdus et la valeur économique nette perdue (volonté de payer ou VDP). Ces mesures estiment simultanément la perte de jouissance récréative et la perte économique produites par des changements de niveau d'eau. Les conseillers économiques du Groupe d'étude ont choisi la mesure économique comme la plus comparable aux mesures utilisées par les autres GTT et c'est donc cette mesure qui a été utilisée par le Groupe d'étude dans ses comparaisons des impacts entre les différents groupes d'intérêt.

Le GTT sur la navigation de plaisance et le tourisme a estimé le nombre de jours où la navigation n'était pas restreinte par le niveau d'eau ainsi que la valeur économique nette, par tronçon, par pays (États-Unis ou Canada), par moyen d'accès à l'eau (quai privé, marina, rampe de mise à l'eau, bateau de louage), par type d'embarcation (à voile ou à moteur) et par classe de longueur. La valeur économique nette a été estimée selon la volonté des plaisanciers de payer un montant supplémentaire à celui qu'ils paient déjà pour pratiquer la navigation de plaisance. Nous avons calculé la valeur économique nette sur une base quotidienne. On a multiplié la valeur moyenne par le nombre de jours par mois où la navigation n'a pas été restreinte par le niveau d'eau. Le nombre de jours sans restriction causée par le niveau d'eau est la somme du nombre réel de jours de navigation en 2002, additionné à l'estimation faite par les plaisanciers du nombre de jours de navigation supplémentaires dont ils auraient bénéficié si le niveau d'eau n'avait pas posé de problème.

Outre la navigation de plaisance elle-même, on a demandé au GTT d'étudier le « tourisme lié à la navigation de plaisance » pour tenir compte de l'impact économique des dépenses des plaisanciers dans les sous-régions de la zone d'étude du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent, afin de permettre une estimation de l'ensemble des impacts communautaires et régionaux de la fluctuation des niveaux d'eau sur la navigation de plaisance. Pour mener à bien ces estimations d'impact économique, nous avons utilisé un modèle économique entrées/sorties informatisé appelé « Impact Analysis and PLANning » (IMPLAN). Ce modèle estime les relations techniques entre les secteurs de production (entrées) et les secteurs de consommation (sorties) de l'économie. Cependant, les conseillers économiques de l'étude ont recommandé de ne pas utiliser les résultats fournis par IMPLAN au sujet du tourisme, parce que non comparables avec les mesures utilisées par d'autres groupes d'intérêt. Les résultats de l'analyse touristique fournie par IMPLAN sont toutefois présentés dans l'exposé contextuel sur la navigation de plaisance et le tourisme ainsi que dans le rapport final du GTT (Connelly et coll., 2005).

Niveaux économiques de base

Selon les études entreprises par le GTT sur la navigation de plaisance et le tourisme, on estime que les plaisanciers aux États-Unis et au Canada ont dépensé 429,7 millions de dollars (\$US 2002) pour des excursions de plaisance sur le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent en 2002. Ces dépenses ne comprennent pas les dépenses faites en cours de route dans des secteurs avoisinant la région sous étude. De plus, les plaisanciers des États-Unis et du Canada ont reçu un avantage net ou un surplus du consommateur d'environ 278,5 millions de dollars en 2002. Ce surplus du consommateur représente la différence entre l'évaluation faite par les plaisanciers de leur expérience de plaisance et leurs dépenses. Le surplus du consommateur est une mesure standard servant à mesurer la valeur nette de possibilités de loisirs.

Le niveau économique de base fournit le contexte pour évaluer des dommages. Il donne une indication de la pertinence des dommages pour un intérêt donné. Le niveau économique de base sera le dénominateur de l'équation qui permettra d'exprimer les dommages sous forme de pourcentage. Les conseillers économiques ont suggéré que le niveau de base pour la navigation de plaisance devrait être la valeur économique nette telle que mesurée en 2002 (l'année la plus récente disponible pour laquelle le Plan 1958-DD était en vigueur). Le chiffre de base total pour le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent était de **278,5 millions** (\$US 2002). Les niveaux de base appliqués pour chacun des tronçons sont les suivants :

Tableau B-1 : Niveaux économiques de base de la navigation de plaisance

	(\$US 2002)
Navigation de plaisance	278 450 000 \$
En amont du barrage	239 200 000 \$
Lac Ontario	174 070 000 \$
Alexandria Bay	46 130 000 \$
Ogdensburg	10 450 000 \$
Lac St. Lawrence	8 550 000 \$
En aval du barrage	39 250 000 \$
Lac Saint-Louis	17 830 000 \$
Montréal-Contrecoeur	12 060 000 \$
Lac Saint-Pierre	9 360 000 \$

Analyse

Tel qu'indiqué dans le rapport final du GTT, nous avons relié des indicateurs de performance (nombre total possible de jours de navigation et valeur économique nette) aux mesures de profondeur prises à des marinas et à des clubs de yachting, à des rampes de mise à l'eau et à des quais privés de façon à créer des relations entre le niveau d'eau et certains impacts (Connelly et coll., 2005). Un niveau d'eau pour lequel une embarcation toucherait le fond (s'échouerait) ou une profondeur de moins de 2 pi au bout d'une rampe de mise à l'eau était considéré comme un niveau d'utilisation zéro, et toutes les valeurs associées aux embarcations à de tels niveaux d'eau étaient supposées perdues jusqu'à ce que le niveau monte à nouveau. Dans les marinas et les clubs de yachting, le niveau d'eau pour lequel des quais non flottants deviendraient inondés était aussi une valeur pour laquelle les journées ou la valeur économique doivent être considérées comme perdues jusqu'à ce que le niveau d'eau baisse à nouveau. Nous ne sommes pas arrivés à mesurer le point d'inondation de rampes de mise à l'eau ou de quais privés.

Nous avons regroupé par tronçon les indicateurs de performance des États-Unis et du Canada pour le lac Ontario ainsi que pour le haut Saint-Laurent. Le bas Saint-Laurent est situé entièrement au Canada et aucun regroupement n'était donc nécessaire. Des relations entre le niveau d'eau et des impacts ont été élaborées pour sept tronçons. Les indicateurs économiques mesurés en dollars ont tous été convertis en dollars US de 2002.

Les figures B-2 à B-8 illustrent la valeur économique nette perdue par mois (volonté de payer ou VDP) sur les sept tronçons. On trouvera les figures correspondantes indiquant le nombre total de journées de plaisance perdues dans le Rapport final du GTT sur la navigation de plaisance et le tourisme (Connelly et coll., 2005); on y a omis les tronçons lac St. Lawrence et Ogdensburg, qui n'avaient pas encore été divisés au moment où on mettait la dernière main à ce rapport. Essentiellement, les graphiques représentent une courbe niveau-dommage pour l'intérêt « navigation de plaisance ». Chaque ligne représente la valeur économique nette perdue au cours d'un mois différent de la saison de navigation. Les graphiques démontrent que les impacts des faibles niveaux d'eau sont plus grands pendant les mois d'été de juillet et d'août que dans les mois du début du printemps ou de l'automne. Les utilisateurs du tronçon du lac Ontario (figure B-2) commencent à éprouver des pertes lorsque le niveau d'eau baisse au-dessous de 75,28 m (247 pi). Plus le niveau d'eau baisse, plus les pertes augmentent; elles deviennent vraiment très sérieuses lorsque le niveau tombe sous 74,62 m (244,8 pi). La baisse des niveaux d'eau est liée à une augmentation des pertes économiques, parce que les embarcations ne peuvent plus être mises à l'eau ou s'échouent à leurs quais. Environ 7,5 millions de dollars d'avantages économiques seraient perdus si le niveau d'eau demeurait à 74,37 m (244,0 pi) pendant tout le mois d'août.

Les faibles niveaux d'eau causant d'importantes pertes d'avantages ont des effets différents sur les trois segments de la navigation de plaisance (marinas, rampes de mise à l'eau et quais privés). Les plus grandes embarcations fréquentent le plus souvent les marinas. Les faibles niveaux d'eau pendant la saison de navigation pourront empêcher les propriétaires de ces embarcations de naviguer. Une prévision de faibles niveaux d'eau pour l'automne pourra obliger les marinas à mettre les bateaux hors de l'eau plus tôt que d'habitude, ce qui raccourcira la saison de navigation. Les utilisateurs de rampes d'accès à l'eau ont plus de flexibilité. Si les faibles niveaux d'eau sont un problème très localisé pour une rampe d'accès donnée, ces plaisanciers seront peut-être capables de passer à une autre rampe. Si les faibles niveaux d'eau sont plus généralisés, les utilisateurs de rampes de mise à l'eau pourront toujours passer à d'autres plans d'eau (comme le lac Champlain, ou les Finger Lakes dans l'État de New York). Les utilisateurs de quais privés perdront plus rapidement des avantages liés à la navigation puisque leurs embarcations sont associées à des résidences principales ou secondaires et qu'ils ont donc moins de flexibilité pour chercher d'autres endroits à partir desquels naviguer.

Pour le tronçon Alexandria Bay du haut Saint-Laurent, il n'existe pas de niveau d'eau qui n'ait aucun impact sur les plaisanciers (figure B-3). Quelques plaisanciers disent souffrir des niveaux d'eau faibles alors que d'autres disent avoir des problèmes avec les niveaux d'eau élevés. L'impact le plus faible semble se produire entre 74,68 m (245 pi) et 75,35 m (247,2 pi).

Les tronçons Ogdensburg et lac St. Lawrence, sur le haut Saint-Laurent, comptent moins de plaisanciers que les autres sections, et les impacts estimés sont donc moindres. Les impacts sur le tronçon Ogdensburg (figure B-4) semblent minimales lorsque le niveau d'eau est au-dessus de 74,19 m (243,4 pi). Les impacts causés par un niveau d'eau élevé sont relativement petits si on les compare à ceux causés par un bas niveau, inférieur à 73,91 m (242,5 pi). Sur le tronçon lac St. Lawrence (figure B-5), un changement abrupt semble se produire à 72,76 m (238,7 pi) dans les bas niveaux, à cause de la perte d'usage des rampes de mise à l'eau, et à 74,22 m (243,5 pi) dans les hauts niveaux, une zone de tolérance assez large d'environ 1,5 m (5 pi) s'étendant entre les deux.

L'intervalle de niveaux d'eau acceptables semble assez large pour tous les plaisanciers du bas Saint-Laurent (figures B-6 à B-8). Un intervalle d'acceptation possible pour le tronçon du lac Saint-Louis serait de 21 m (68,9 pi) à 22,5 m (73,8 pi) (figure B-6). Pour le tronçon Montréal-Contrecoeur, on voit que l'intervalle d'acceptation est assez large, entre 6 m (19,69 pi) et près de 10 m (32,81 pi) (figure B-7). C'est sur le tronçon lac Saint-Pierre que cet intervalle est le plus étroit, soit d'environ 4,25 m (13,9 pi) à 5,25 m (17,2 pi) (figure B-8).

Intégration dans le Modèle de la vision commune

On a traduit les courbes d'impact des niveaux d'eau sur chacun des sept tronçons en tableaux d'impact où on a indiqué les impacts correspondant à des profondeurs d'eau qu'on a fait varier centimètre par centimètre; ces colonnes d'impact ont ensuite été importées dans les convertisseurs de la portion STELLA du MVC, puis utilisées pour évaluer les avantages économiques historiques de régimes de régularisation autres que celui du Plan 1958-DD. Les courbes d'impact STELLA ont aussi été copiées dans des chiffriers Excel comme courbes niveau-dommages pouvant être utilisées en combinaison avec des tableaux de fréquence de niveaux déduites des résultats de la modélisation stochastique pour calculer les impacts annuels moyens sur 49 995 années. Pour fermer la boucle, ces mêmes tableaux « stochastiques » ont ensuite été comparés ligne par ligne avec les tableaux d'impact d'origine fournis par le GTT sur la navigation de plaisance et le tourisme de façon à obtenir le « sceau d'approbation » indiquant que le MVC correspondait fidèlement aux résultats de recherche.

Résumé des principales conclusions

Sur la base de ses travaux, le GTT a estimé que les plaisanciers des États-Unis et du Canada dépensaient 429,7 millions de dollars en excursions de plaisance sur le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent en 2002. Ces dépenses ne comprennent pas les dépenses supplémentaires en cours de voyage qui ont été faites dans des zones non limitrophes de la zone d'étude. Les plaisanciers américains et canadiens ont reçu un avantage net ou un surplus du consommateur d'environ 278,5 millions de dollars en 2002.

Des comparaisons avec une enquête de 2003 de la navigation de plaisance dans l'ensemble de l'État de New York, financée par le New York Sea Grant (NYSG) ont permis de constater que les valeurs calculées pour l'utilisation par les plaisanciers et les avantages nets pour les plaisanciers du lac et du fleuve (partie américaine) pouvaient vraisemblablement être sous-estimées de 36 % (Connelly et coll., 2004).

Du côté canadien, les chercheurs n'ont pas pu obtenir de bonnes mesures de profondeur aux rampes de mise à l'eau du lac Ontario ou du haut Saint-Laurent. Pour ces tronçons, les pertes de valeur économique nette des plaisanciers ne sont pas intégrées dans les courbes niveau-dommages calculées. Les courbes présentées constituent donc des estimations très prudentes.

Les courbes niveaux-dommages pour les bas niveaux d'eau constituent peut-être des estimations prudentes pour deux raisons : 1) certains plaisanciers ne voudront pas risquer d'endommager leur embarcation ou leur hélice sans une certaine marge de sécurité (or on n'a supposé aucune marge de sécurité) et 2) de nombreuses marinas sont situées dans des baies et placées d'une façon telle qu'un envasement se produit dans le chenal menant aux rampes de mise à l'eau et, dans certains cas, la profondeur à la rampe est plus grande que celle de certains autres passages que le plaisancier devra traverser pour se rendre en eau libre.

Du total de 178 millions de dollars dépensés du côté des États-Unis, 68 M\$US étaient des dépenses liées au tourisme (par des plaisanciers résidant à l'extérieur de quatre regroupements de comtés le long du littoral new-yorkais de ces eaux). Si on tient compte des effets indirects, ces dépenses liées au tourisme constituent en fait un déboursé total de 96 millions de dollars US correspondant à 1 380 emplois équivalent temps plein (Connelly et coll., 2005). Selon une enquête nationale canadienne, à chaque dollar dépensé (dépenses directes, importation nette) il faut ajouter 1,50 \$ de dépenses indirectes et induites. L'activité touristique n'a pas été mesurée au Canada, mais la navigation touristique dans les régions de Toronto et de Montréal génère une activité économique considérable (p. ex. les bateaux d'excursion). Selon l'analyse d'impact économique régionale effectuée du côté américain au moyen d'IMPLAN, environ les deux tiers de la combinaison des impacts d'emploi indirects et induits se sont produits dans la région du comté Jefferson-St. Lawrence (nord-est du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent). Cette sous-région dépend plus du tourisme plaisancier que les autres sous-régions des États-Unis et serait donc probablement plus fortement touchée si un nombre important de journées de navigation étaient perdues en raison de hautes ou de basses eaux.

Le GTT s'est penché sur les indicateurs de performance illustrés aux figures B-2 à B-8 et a établi un intervalle de niveaux d'eau qui, selon ses membres, seraient acceptables pour le milieu de la navigation de plaisance tout en respectant une cohérence logique entre les tronçons du lac et du haut Saint-Laurent. On a tenté de définir un ensemble de niveaux qui non seulement permettraient de réduire au minimum les effets négatifs pour les plaisanciers mais dont l'intervalle serait assez étendu pour permettre une bonne flexibilité dans la formulation des plans de régularisation. Le tableau B-2 montre le niveau cible idéal par tronçon, accompagné des bornes supérieures et inférieures acceptables. Il faut mentionner que ces critères ont été établis avant que le tronçon Ogdensburg n'ait été divisé en deux tronçons. On n'a pas établi de nouveaux critères pour les tronçons résultants, parce que le GTT avait déjà été dissous. Il faut donc ne pas tenir compte des critères du tronçon Ogdensburg dans le tableau B-2.

Historiquement, la période critique de niveaux d'eaux inacceptables pendant la saison de navigation survenait de la fin août à la mi-octobre. Donc, on obtiendrait les meilleures améliorations pour la navigation de plaisance si on arrivait à maintenir des niveaux d'eau plus élevés à l'automne.

Les plaisanciers peuvent tolérer certaines variations de niveau sans grand dommage, mais ils ont demandé à être informés chaque fois qu'il y aurait des changements rapides de débit ou de niveau.

Tableau B-2 : Critères idéaux pour les niveaux d'eau par tronçon pour les intérêts de la navigation de plaisance pour la saison de navigation du 15 avril au 15 octobre (le zéro des cartes est indiqué à des fins d'information)

Tronçon étudié	Zéro des cartes		Niveau idéal		Niveau minimal		Niveau maximal	
	(pi)	(m)	(pi)	(m)	(pi)	(m)	(pi)	(m)
Lac Ontario	243,3	74,3	246,2	75,04	244,8	74,61	247,6	75,46
Alexandria Bay	243,0	74,1	245,8	74,92	244,4	74,48	247,2	75,34
Ogdensburg*	242,5	73,9	245,1	74,70	243,7	74,27	246,5	75,13
Lac Saint-Louis	66,9	20,4	70,5	21,5	68,6	20,9	74,8	22,8
Lac Saint-Pierre	12,5	3,8	14,8	4,5	13,9	4,25	17,1	5,2
Montréal-Contrecoeur	15,7	4,8	21,3	6,5	18,0	5,5	32,8	10,0

* Ces critères ont été établis avant que le tronçon Ogdensburg ne soit divisé en deux. On n'a pas établi de nouveaux critères pour les tronçons résultants, parce que le GTT avait déjà été dissous. Il faut donc ne pas tenir compte des critères du tronçon Ogdensburg dans le tableau B-2.

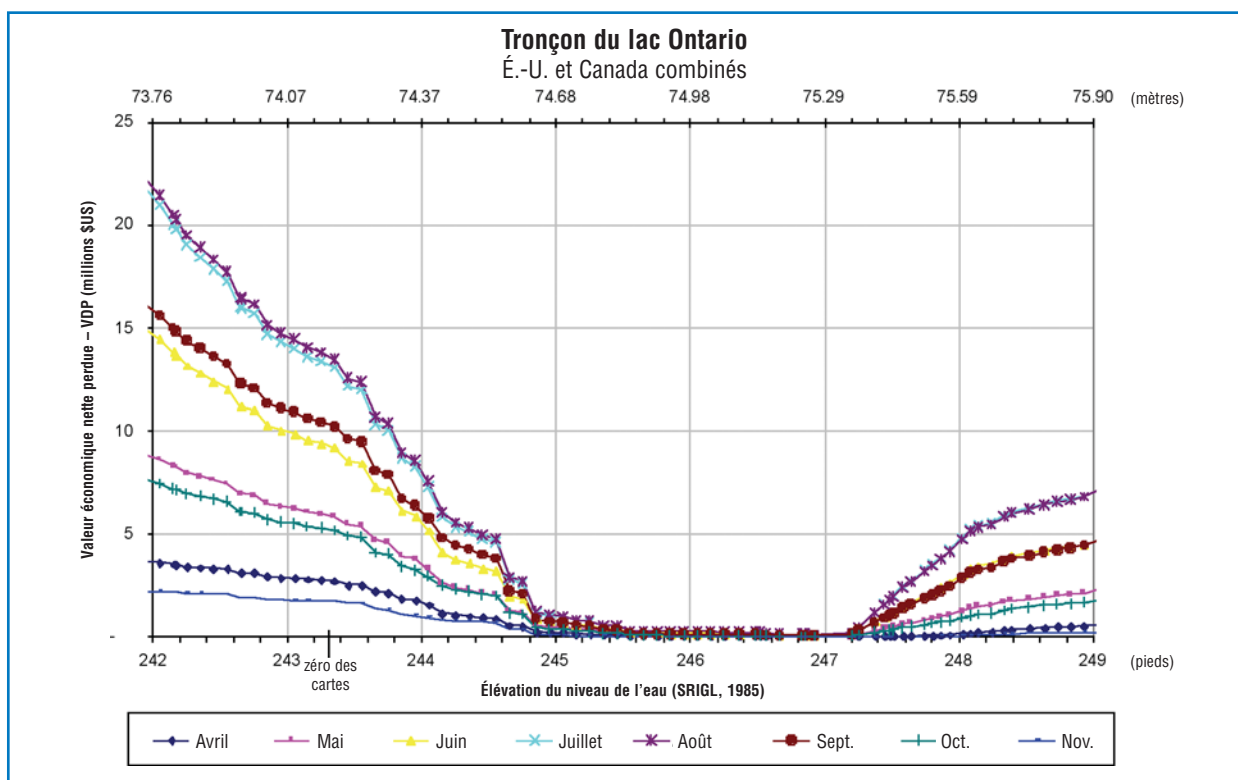


Figure B-2 : Tronçon du lac Ontario

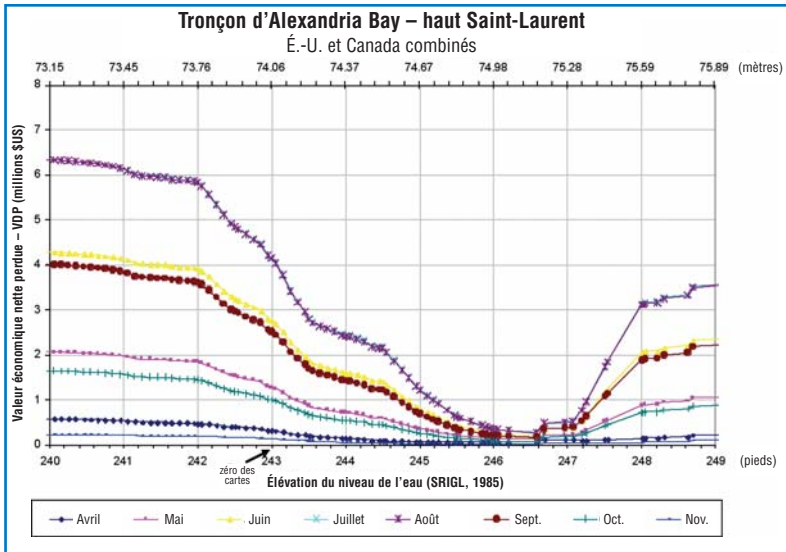


Figure B-3 :
Tronçon d'Alexandria Bay – haut Saint-Laurent

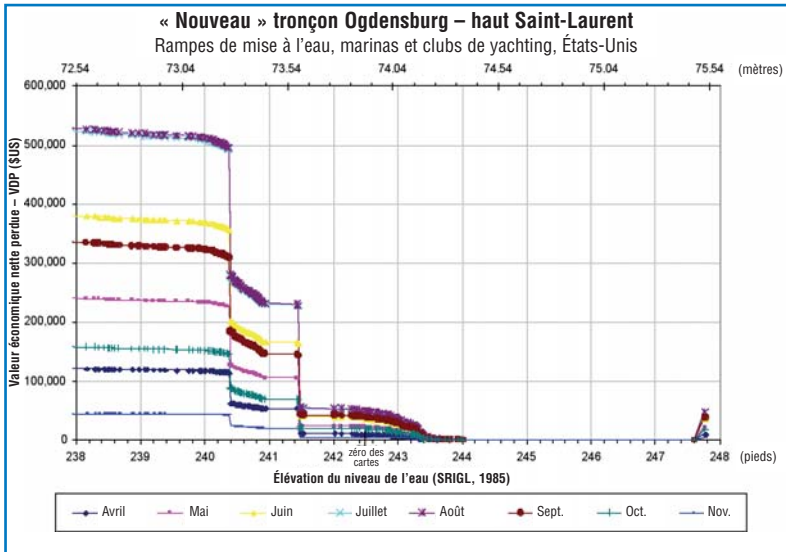


Figure B-4 :
Tronçon Ogdensburg – haut Saint-Laurent

(Seul le côté américain est illustré, mais les deux pays sont compris dans les calculs du Modèle de la vision commune.)

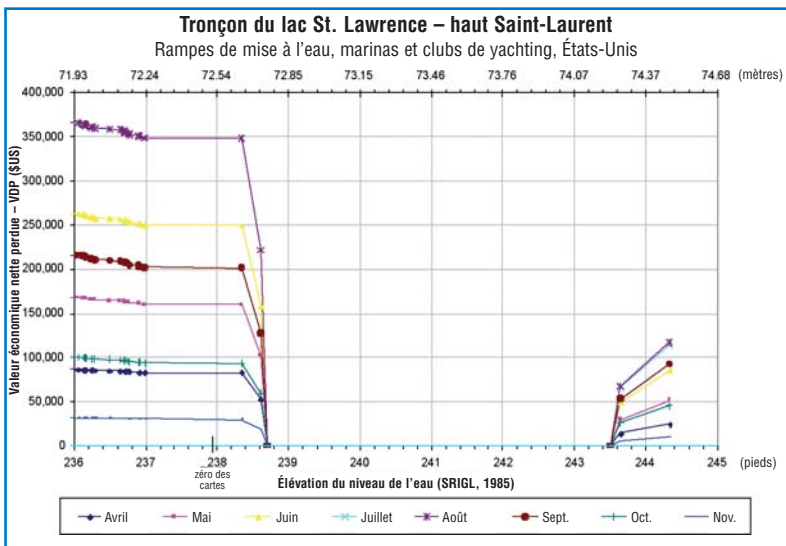


Figure B-5 :
Tronçon du lac St. Lawrence – haut Saint-Laurent

(Seul le côté américain est illustré, mais les deux pays sont compris dans les calculs du Modèle de la vision commune.)

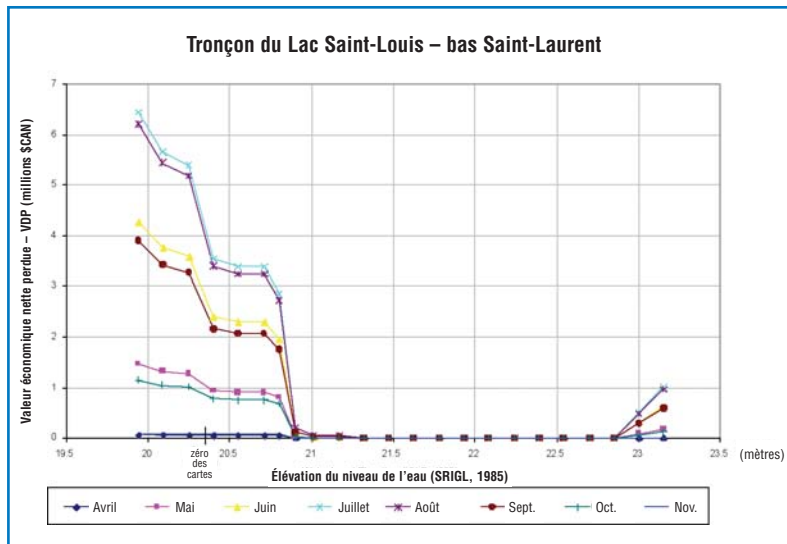


Figure B-6 :
Tronçon du Lac Saint-Louis –
bas Saint-Laurent

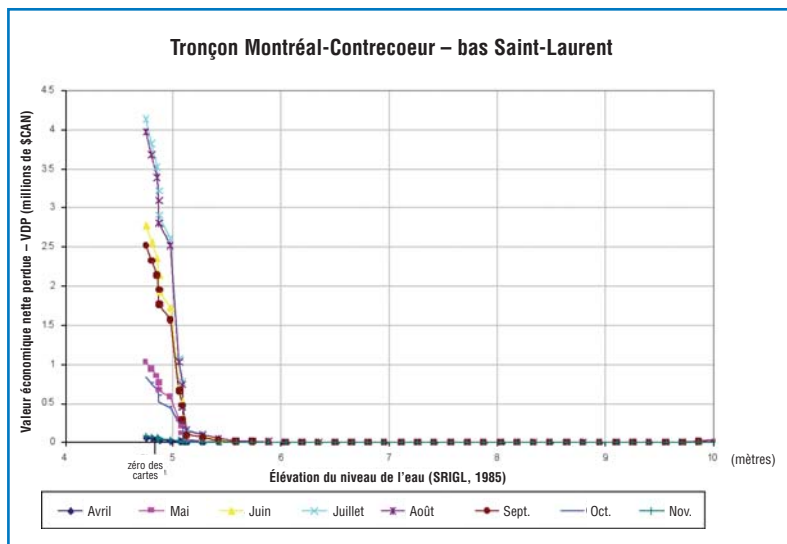


Figure B-7 :
Tronçon Montréal-Contrecoeur –
bas Saint-Laurent

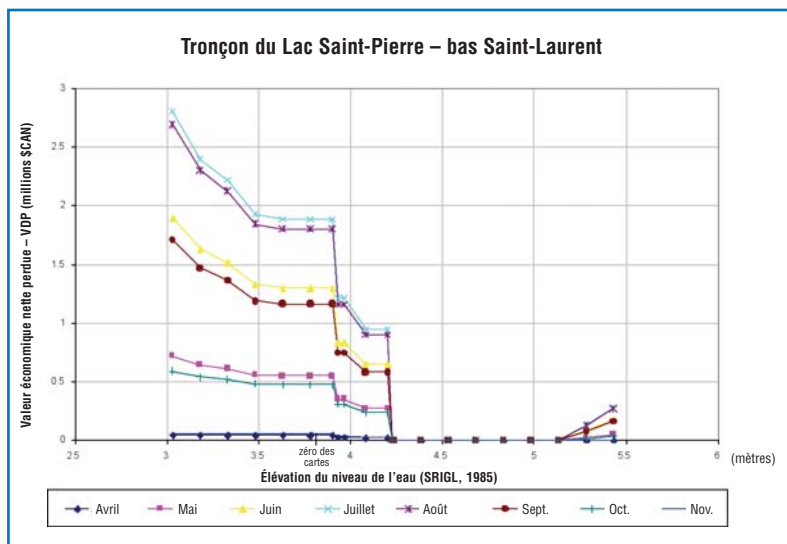


Figure B-8 :
Tronçon du Lac Saint-Pierre –
bas Saint-Laurent

Participants

Groupe de travail technique sur la navigation de plaisance et le tourisme

	Jonathan Brown, responsable pour les É.-U.	U.S. Army Corps of Engineers, Buffalo, NY
	Serge St-Martin, responsable pour le Canada	Mont-Saint-Hilaire, QC
	Jean-Francois Bibeault, responsable pour le Canada	Environnement Canada, Montréal, QC
	Gary DeYoung	1000 Islands Regional Tourism Dev. Corp.
	Al Donaldson	Ontario Marine Operations Assoc., Penetang, ON
	Robert Petitpas	Garde côtière auxiliaire canadienne, Sorel, QC
	Jim Dike	Toronto Ontario Sailing Assoc., Scarborough, ON
	Claire Lucchesi	Association québécoise de l'industrie maritime, Montréal, QC
	David White	New York Sea Grant, Oswego, NY
	David Orr	Gananoque, ON
	Tommy L. Brown	Human Dimensions Research, Cornell U. Ithaca, NY
	Nancy Connelly	Human Dimensions Research, Cornell U. Ithaca, NY
	Rockne Burns	Tuscarora Construction Co. & Willow Shores Marina
Agents de liaison du GCIP	Al Will	Hamilton, ON
	Sandra Lawn	Prescott, ON
	Tom McAuslan	Oswego, NY
	Jon Montan	Canton, NY
	Paul Webb	Brockville, ON

Bibliographie

- Connelly, N.A., J.-F. Bibeault, J. Brown et T.L. Brown. 2005. *Estimating the Economic Impact of Changing Water Levels on Lake Ontario and the St. Lawrence River for Recreational Boaters and Associated Businesses – A Final Report of the Recreational Boating and Tourism Technical Work Group*, HDRU Publ. No. 05-1. Dept. of Nat. Resources, N.Y.S. Coll. Agric. and Life Sci., Cornell Univ., Ithaca, N.Y. 153 p.
- Connelly, N.A., T.L. Brown et D.L. Kay. 2004. *Recreational boating expenditures in 2003 in New York State and their economic impacts*. NYSGI-S-04-001, New York Sea Grant, Stony Brook, NY. 72 p.
- Groupe de travail technique sur la navigation de plaisance et le tourisme. 2005. *Résumé de l'indicateur de performance : Perte économique nette subie par les plaisanciers et les loueurs de bateaux lorsque le niveau d'eau s'écarte des niveaux idéaux pour la navigation de plaisance*. Document établi pour le Groupe d'étude international sur le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent. 6 p.

B. Exposé contextuel sur la navigation de plaisance et le tourisme

1. Contexte socio-économique général

a) Valeur de la production de l'intérêt

Selon une estimation prudente, les plaisanciers aux États-Unis et au Canada ont dépensé 429,7 millions de dollars US pour des excursions de plaisance sur le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent en 2002 (Connelly et coll., 2005; Gardner Pinfold Consulting, 2003). Cette estimation ne comprend pas les dépenses faites en cours de route dans des secteurs avoisinant la zone d'étude, ni d'autres dépenses annuelles, mais non liées à l'excursion, faites dans le secteur (133 millions de dollars pour les plaisanciers canadiens; non mesuré pour les plaisanciers américains). Les plaisanciers américains et canadiens ont reçu un avantage net ou surplus du consommateur d'environ 278,5 millions de dollars US en 2002.

b) Nombre de parties prenantes

Les parties prenantes sont environ 310 000 plaisanciers (133 000 aux États-Unis, 177 000 au Canada) et 103 000 propriétaires de bateau (44 000 aux États-Unis, 59 000 au Canada) (Connelly et coll., en révision; Gardner Pinfold Consulting, 2003). La navigation de plaisance est très populaire dans l'ensemble de la zone d'étude. Buffalo est à quelques milles de la partie ouest du lac Ontario, et les marinas sont situées à l'embouchure de la rivière Niagara. Rochester et Toronto ont une vaste population de plaisanciers; certains pratiquent la navigation de plaisance à l'échelle locale; mais beaucoup se déplacent vers l'est, vers des régions plus panoramiques en bordure de la partie est du lac Ontario et des Mille-Îles où ils possèdent peut-être des résidences d'été, ou peuvent s'adonner à un autre type de pêche (achigan, maskinongé) que la pêche au salmonidé qui se pratique dans le lac Ontario. En outre, une enquête récente indique qu'il y a un grand nombre de plaisanciers en bordure du fleuve dans le bas Saint-Laurent (Duchesne et coll., 2004). Du côté américain, d'autres parties prenantes comprennent les propriétaires de 166 marinas et de clubs de yachting (Connelly et coll., 2002), 226 exploitants de bateaux de louage (Lichtkoppler et Kuehn, 2003) et un petit nombre d'exploitants de bateaux d'excursion. De plus, les huit comtés avoisinant ces eaux comptent plus de 4 500 commerces de détail (magasins d'appâts et d'articles sportifs, postes d'essence, restaurants et bars, lieux d'hébergement et autres lieux de loisirs et de divertissement) où les plaisanciers dépensent (données du U.S. Bureau of the Census sur le commerce de détail et les services). Après avoir tenu compte des effets indirects, les dépenses effectuées par les plaisanciers et les touristes du côté américain ont entraîné un total de 1 380 emplois équivalent temps plein, selon une analyse par le modèle IMPLAN (Connelly et coll., à l'étude). Bien que les données canadiennes comparables ne soient disponibles qu'au niveau provincial (voir Goss Gilroy Inc., 2003), les dépenses sont probablement très importantes aussi, vu que les villes riveraines de Toronto et de Montréal sont les plus grosses villes de chacune des provinces, totalisant plus de huit millions d'habitants.

c) Caractéristiques organisationnelles

Les plaisanciers, tant américains que canadiens, ont tendance à être des parents dont les enfants ont quitté la maison (68 % aux États-Unis), d'un âge moyen de 55 ans et possédant environ 20 années d'expérience en navigation de plaisance. Leurs revenus sont supérieurs à la moyenne (65 000 \$ dans le cas des plaisanciers du nord-ouest de l'État de New York, contre un revenu familial moyen d'environ 45 000 \$ à l'échelle de l'État) (Connelly et coll., 2005). Les revenus moyens des plaisanciers au Canada sont probablement légèrement inférieurs (Gardner Pinfold Consulting, 2003). Bien que le revenu moyen des plaisanciers soit proportionnellement supérieur, de nombreuses personnes à revenu intermédiaire pratiquent aussi la navigation de plaisance. Les plaisanciers du bas Saint-Laurent effectuent souvent des excursions de plus d'une journée, se déplaçant du lac vers le fleuve et vice-versa.

Les marinas sont des entreprises de taille plutôt petite et à faible marge bénéficiaire. C'est en partie parce que beaucoup ont commencé comme entreprise familiale et leurs propriétaires n'ont généralement pas de diplôme dans le domaine des affaires. La plupart des marinas situées dans la zone d'étude ont plusieurs dizaines d'années et, au moment de leur aménagement, leurs propriétaires ne connaissaient peut-être pas l'étendue des fluctuations des niveaux d'eau sur une longue durée. De plus, les marinas ne fonctionnent qu'à la belle saison et doivent faire face à de nombreux risques propres à l'industrie (p. ex. la température, la qualité de la pêche d'une année à l'autre, les niveaux d'eau), ainsi qu'aux problèmes dus à la conjoncture économique, qui a un effet sur toutes les entreprises (White, 1991; Noden et Brown, 1975). Les marinas rentables sont plutôt de grande dimension, et dans le bas Saint-Laurent, les grandes marinas sont de propriété publique et offrent des services différents des marinas du secteur privé (exploitation, entretien) (Zins Beuchesne et associés, 2002). Des facteurs climatiques et économiques semblables ont des effets sur les marinas et les clubs de yachting des deux côtés de la frontière.

Les collectivités en bordure des eaux de l'État de New York vont des collectivités très rurales (c'est le cas de la grande majorité des régions le long de la côte) à des petites villes (Oswego, Ogdensburg et Massena) et jusqu'au centre métropolitain de Rochester. Du côté canadien, la rive du Saint-Laurent comprend Montréal, Cornwall et un certain nombre de villages et celle du lac Ontario est en grande partie rurale, sauf pour Kingston et la portion ouest, de Toronto à Hamilton. Les collectivités rurales riveraines sont beaucoup moins diversifiées sur le plan économique, ont tendance à avoir des taux de chômage plus élevés (7 à 9 %, contre 5 % à Rochester selon les données d'emploi de l'État de New York), et dépendent beaucoup plus du tourisme que les régions urbaines plus grandes. Les portions rurales du lac Ontario et les régions des Mille-Îles et du lac Saint-Pierre dépendent fortement du tourisme, les ports et les écluses le long du fleuve offrant des attraits locaux supplémentaires (Goss Gilroy Inc., 2003). Le tourisme constitue également une part importante de l'économie à Toronto et à Montréal.

d) Valeurs et perceptions de l'intérêt

Le principal souci est de garder les niveaux d'eau suffisamment élevés pour permettre la navigation de plaisance. C'est vrai pour les deux marinas situées dans les baies le long du lac, et pour les marinas du haut et du bas Saint-Laurent. Les niveaux d'eaux très élevés ou très bas influent le plus fortement sur la navigation de plaisance en juillet et en août, période d'activité la plus importante pour la navigation. Cependant, en supposant des « conditions normales », les niveaux ne constituent habituellement qu'un problème secondaire, qui ne touche que quelques localités en été. Ainsi, la navigation de plaisance pourrait réaliser les gains marginaux les plus importants si on pouvait obtenir des niveaux d'eau plus élevés en automne (particulièrement en septembre et en octobre) et ainsi prolonger sensiblement la saison. Au Canada, la saison de navigation de plaisance est généralement plus longue d'un mois sur le lac que sur le bas Saint-Laurent (Zins Beuchesne, 2002; McCullough Associates et Diane Mackie and Associates, 2002).

e) Restrictions importantes imposées par les lois, règlements et politiques

En raison de la topographie, du manque d'accès routiers ou de l'existence de régions écologiquement vulnérables (p. ex. des milieux humides), il existe peu d'endroits en bordure du lac et du haut Saint-Laurent où on pourrait construire de nouvelles marinas. Ainsi, l'augmentation du nombre de rampes d'accès à l'eau dans les marinas doit être faite en grande partie par une utilisation plus efficace des aménagements existants. C'est ce qui se fait depuis vingt ans; il serait donc probablement très difficile d'en augmenter encore le nombre. Dans le bas Saint-Laurent, le nombre de marinas a beaucoup augmenté dans les années 1990 et encore en 2002 à la suite de la réouverture du canal Lachine (Parcs Canada, 2004). La qualité de l'eau s'est améliorée dans le cours inférieur du fleuve grâce à l'établissement d'importantes stations de traitement des eaux usées. Si les fonds étaient disponibles, il serait possible d'améliorer le réseau de navigation de plaisance en améliorant le passage du lac Saint-Louis au lac Saint-François. Les plaisanciers doivent utiliser les écluses commerciales et attendre souvent plusieurs heures, puisque la priorité est donnée aux navires commerciaux. La gestion des écluses pourrait toutefois entrer en jeu pour améliorer la situation.

f) Historique de l'intérêt

La navigation de plaisance a été populaire dans la région pendant la plus grande partie du siècle dernier et certaines des marinas les plus anciennes ont été établies au 19^e siècle (p. ex. le St. Lawrence Yacht Club et le Club nautique de Longueuil). Les statistiques ne sont pas disponibles pour cette période, mais en 1971, 395 000 bateaux étaient immatriculés dans l'État de New York (Noden et Brown, 1975), contre 504 000 aujourd'hui. La navigation de plaisance dans la zone d'étude a augmenté à un rythme analogue. L'agrandissement des marinas a été limité, comme nous venons de l'indiquer. Cependant, depuis l'introduction du saumon et de la truite dans le lac Ontario dans les années 1970, des milliers de personnes de partout dans la région nord-est de l'Amérique remorquent leur bateau jusqu'au lac. Plusieurs nouvelles rampes de bateau ont été construites et l'entrée de la rivière Salmon à Pulaski a été améliorée. Dans les années 1970 et 1980, on a procédé à d'importants travaux de dragage dans les marinas du lac et du haut Saint-Laurent. On ne l'a pas fait dans les marinas du bas Saint-Laurent, mais d'importants passages ont été réouverts (p. ex. le canal Lachine) établissant des liens entre la section fluviale (Varennes-Contrecoeur), le lac Saint-Pierre et le lac Saint-Louis. Le Saint-Laurent, particulièrement dans la région des Mille-Îles, accueille sur ses rives des milliers de maisons secondaires et de cottages, dont beaucoup sont convertis pour être habitables toute l'année. La navigation de plaisance, comme d'autres activités estivales, y a une longue tradition. De plus, plusieurs des parcs d'État qui fournissent un accès pour la navigation de plaisance sont situés dans la région des Mille-Îles. Dans le bas Saint-Laurent, la région du lac Saint-Pierre a récemment été reconnue comme réserve mondiale de la biosphère de l'UNESCO, et la région des îles de Sorel-Berthier est une des plus anciennes agglomérations rurales du Canada (De Koninck, 1996). La région des Mille-Îles a également reçu récemment le statut de biosphère par l'UNESCO.

g) Flux commerciaux et conditions actuelles du marché

La majeure partie de la navigation de plaisance dans l'ouest et le centre du lac Ontario est une navigation locale, malgré un nombre important de plaisanciers d'autres pays (Connelly et coll., 1998). Dans les comtés du Saint-Laurent et de la partie est du bassin du lac Ontario, la plupart des plaisanciers sont des touristes qui viennent surtout d'autres régions de l'État de New York, mais il y a aussi beaucoup de pêcheurs sportifs de saumon, surtout dans le comté d'Oswego, qui viennent d'autres États du Nord-Est (Connelly et coll., 1990). La conjoncture actuelle du marché est généralement stable, sans augmentation notable. Outre les conditions climatiques, le prix de l'essence est probablement le principal facteur pouvant modifier la conjoncture du marché pour les plaisanciers à brève échéance. Pour le tourisme canadien, le taux de change du dollar (\$CAN-\$US) peut aussi avoir des effets immenses. Le terrorisme et les mesures de sécurité aux frontières dérangent les plaisanciers, sans limiter considérablement le tourisme. Dans les grands centres urbains, la plupart des plaisanciers sont de l'endroit, alors que dans la région des Mille-Îles, le tourisme lié à la navigation de plaisance est très important (p. ex. il fait plus que doubler le nombre de plaisanciers en été dans la région de Gananoque) (Thousand Islands International Tourism Council, 2002).

h) Effet des dernières conditions de hautes ou de basses eaux

Nous avons des données de qualité provenant des marinas seulement au sujet des périodes très récentes de hautes et de basses eaux. Pendant ces périodes, quelques marinas ont subi des pertes importantes, mais les conséquences à l'échelle de l'industrie n'ont pas été grandes. Au cours des années, la plupart des marinas du lac Ontario ont installé des quais flottants, ce qui atténue les problèmes lorsque le niveau est élevé. Dans le bas Saint-Laurent, les quais flottants sont la norme dans les marinas et les clubs de yachting, et il y a très peu d'exceptions. Selon la Garde côtière canadienne, les années où les niveaux d'eau étaient bas, comme en 1999, le nombre d'accidents dans le cours inférieur du fleuve a augmenté, alors que les accidents dans d'autres secteurs (où il n'y avait pas de problèmes de niveaux d'eau) ont diminué (encore que le niveau n'était pas le seul facteur en jeu) (Garde côtière canadienne, 2001). Quand le niveau est faible, les bateaux risquent de heurter des roches par-dessus lesquelles ils naviguent habituellement sans danger. Les faibles niveaux d'eau amènent souvent de nouveaux dangers, inconnus des plaisanciers novices jusqu'à ce qu'il y ait contact.

2. Indicateurs de performance

a1. Indicateur de performance essentiel : La valeur économique nette perdue par les plaisanciers et les usagers de bateaux de louage quand le niveau d'eau s'écarte des niveaux idéaux pour la navigation de plaisance.

a2. Principales hypothèses : Du côté américain, nous avons supposé que la population de plaisanciers à partir de laquelle nous avons prélevé l'échantillon d'enquête (les plaisanciers dont le comté d'utilisation principal inscrit sur l'immatriculation de leur bateau avoisine la zone d'étude) comprenait tous les plaisanciers qui ont utilisé le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent. C'était la seule population à partir de laquelle un échantillon rentable pouvait être prélevé. En 2003, la New York Sea Grant a financé une enquête à l'échelle de l'État sur la navigation de plaisance dans l'État de New York qui a permis d'estimer l'ampleur de cette hypothèse prudente. Les résultats de l'étude NYSG ont démontré que 36 % des plaisanciers sur le lac Ontario ou le fleuve Saint-Laurent ont inscrit un comté éloigné du lac ou du fleuve comme étant leur comté d'utilisation principal. L'étude NYSG ne cherchait pas à déterminer la volonté de payer, mais comme les dépenses sur place des plaisanciers dont le comté d'utilisation principal avoisine la zone d'étude étaient semblables à celles des autres plaisanciers, cela donne à penser que la volonté de payer est semblable pour les deux groupes. Ainsi, nos estimations américaines de l'utilisation de la navigation et des avantages nets sur le lac et le fleuve sont probablement sous-estimées dans une proportion pouvant atteindre 36 % (Connelly et coll., 2004). Il est également possible que des bateaux immatriculés à l'extérieur de l'État de New York aient été mis à l'eau sur le lac ou le fleuve. Dans le cadre de notre enquête sur les exploitants de marina (les marinas sont l'endroit le plus probable où les bateaux immatriculés à l'extérieur de l'État seraient à quai), nous nous sommes renseignés sur les bateaux non immatriculés dans l'État de New York et ceux-ci ne représentaient qu'un très faible pourcentage [$< 2\%$] de tous les bateaux.

Du côté canadien, on a mené une enquête téléphonique sur l'ensemble de la population vivant près du lac et du fleuve pour estimer le nombre de plaisanciers. Le secteur d'enquête s'étendait sur environ 80 kilomètres (50 milles) au nord du lac et du fleuve (Gardner Pinfold Consulting, 2003). Nous croyons que le nombre de plaisanciers provenant de l'extérieur du secteur d'enquête est très petit parce que la population à l'extérieur de ce secteur est petite et qu'il existe beaucoup d'autres sites de navigation de plaisance à l'extérieur du secteur d'enquête. Nous n'avons pas pu obtenir de bonnes mesures de profondeur aux rampes de mise à l'eau sur le lac Ontario ou le haut Saint-Laurent. Par conséquent, la valeur économique nette perdue par ces plaisanciers n'est pas comprise dans les courbes niveaux-dommages calculées pour ces tronçons. Les courbes présentées sont donc des estimations prudentes.

L'autre grande hypothèse est que les plaisanciers se comportent selon les courbes niveaux-dommages présentées dans nos résultats. Nous n'avons pas de données indépendantes pour une année où les niveaux étaient élevés ou bas nous permettant de vérifier cette hypothèse (bien que d'autres facteurs influent sur la participation à des activités de plaisance). Nous devons donc vérifier l'hypothèse de façon déductive. En ce qui concerne le comportement des plaisanciers lorsque les niveaux d'eau sont bas, nous avons pris des mesures de profondeur à des marinas et des rampes de mise à l'eau et avons demandé aux propriétaires de quais privés de fournir une estimation de la profondeur de l'eau au cours d'une journée en particulier (la fête du Travail de 2002). Ces mesures, lorsqu'elles sont rapprochées des exigences en matière de profondeur pour des bateaux de diverses tailles, ne comportaient aucune marge de sécurité. Les courbes niveaux-dommages pour les faibles niveaux d'eau pourraient donc constituer des estimations plutôt prudentes, pour deux raisons : 1) certains plaisanciers ne veulent pas prendre le risque d'endommager leur bateau ou leur hélice sans une certaine marge de sécurité; 2) de nombreuses marinas sont situées dans des baies où le chenal qui mène aux rampes d'accès à l'eau s'envase, et, dans certains cas, la profondeur près de la rampe n'est pas la plus faible que les plaisanciers aient à affronter pour atteindre les eaux libres. En ce qui concerne les niveaux d'eau élevés, nous avons supposé que des journées de navigation étaient perdues lorsque les quais fixes des marinas étaient inondés. Nous n'avons pas pris d'autre mesure, mais, dans bon nombre de marinas, les bateaux doivent passer sous un pont pour atteindre les eaux libres et, quand les niveaux inondent les quais, les bateaux plus gros ne peuvent passer sous ces ponts. Par ailleurs, nous avons supposé que les plaisanciers qui utilisent les rampes de mise à l'eau et les quais privés pouvaient naviguer sans problèmes quand les niveaux sont élevés, une hypothèse prudente que nous avons retenue parce qu'il aurait été trop cher et trop compliqué d'obtenir les données.

L'hypothèse que les plaisanciers ne se déplacent pas dans une autre région lorsqu'il y a des problèmes de niveaux d'eau est liée à ce qui précède; ainsi, lorsque certains niveaux bas ou élevés sont atteints, tous les avantages de la navigation sont perdus. Nous pouvons l'avancer sans danger dans le cas des propriétaires de quais privés dont les bateaux sont à l'eau à leurs sites et qui sont donc étroitement liés à ces sites. Nous pouvons aussi l'affirmer avec certitude dans le cas des plaisanciers qui utilisent les marinas d'une année à l'autre. Nous savons que parfois des plaisanciers utilisant les marinas ont dû trouver un site de remplacement pour mettre leur bateau hors de l'eau (Boudier et Bibeault, 2001). La plupart des marinas et des clubs de yachting exigent un paiement pour la location annuelle d'une rampe d'accès, qu'il faut acquitter à l'avance; il est donc peu probable que les bateaux des plaisanciers soient mis hors de l'eau et déplacés vers d'autres marinas (qui n'ont peut-être pas de rampes d'accès libres) à la mi-saison. Les plaisanciers qui remorquent leur bateau par route et utilisent des rampes de mise à l'eau ont plus de flexibilité et peuvent se déplacer vers d'autres installations lorsque les niveaux sont faibles. Ils peuvent toutefois perdre une journée de navigation lorsqu'ils supposent qu'ils pourront mettre leur bateau à l'eau. Les niveaux d'eau peuvent influencer de la même façon sur les installations situées à proximité de rampes de mise à l'eau.

Le nombre total de journées de navigation utilisé pour calculer l'indicateur de performance était la somme des journées navigables en 2002 plus les estimations des plaisanciers sur le nombre de journées supplémentaires par mois où ils auraient navigué si les niveaux avaient été suffisants. Vu la nature hypothétique de l'estimation des journées supplémentaires navigables, il est possible que les plaisanciers n'auraient pas navigué tous ces jours. Mais comme nous leur demandions après coup ce qu'ils auraient fait, nous sommes assez certains que le nombre de jours de navigation était restreint par les niveaux d'eau et que l'estimation des journées de navigation supplémentaires est sensiblement exacte. La tendance des estimations de journées supplémentaires faites par les plaisanciers suit les variations temporelles typiques des niveaux d'eau, ce qui appuie encore ces estimations : quelques jours perdus au printemps en raison des niveaux élevés, aucun jour perdu en été et un nombre plus important de jours perdu en automne en raison de faibles niveaux. L'estimation des journées totales de navigation utilisée pour calculer l'indicateur de performance n'est donc pas restreint par les niveaux d'eau.

À la fin de l'automne 2002, on a demandé aux plaisanciers de se souvenir du nombre de jours par mois où ils avaient navigué sur le lac Ontario ou le fleuve Saint-Laurent en 2002 jusque-là. Deux biais pourraient avoir eu un effet sur leurs réponses. L'un d'eux est la déviation systématique des réponses : les répondants pouvaient être des plaisanciers plus actifs (naviguant un plus grand nombre de journées) que les non répondants. Nous avons constaté que c'était le cas lorsque nous avons comparé les réponses de répondants avec celles des non-répondants à une question d'entrevue de présélection concernant le nombre de journées naviguées jusque-là en 2002. Nous avons tenu compte de ce biais en réduisant l'estimation du nombre total de journées naviguées de 4,7 %. Le second biais est le biais de l'efficacité de la mémoire. Les répondants pourraient avoir de la difficulté à se souvenir exactement du nombre de jours navigués chaque mois en 2002 jusqu'à l'automne de cette année-là. Des études précédentes ont montré une tendance générale à surestimer la participation (Connelly et coll., 2000). Bien que nous ayons essayé de réduire ce biais en envoyant les questionnaires le plus vite possible à la fin de la saison de navigation, nous croyons qu'il est probable que le nombre soit quelque peu surestimé.

Nous n'avons supposé aucune substitution temporelle des journées de navigation, autrement dit nous n'avons pas supposé que les plaisanciers faisant face à des problèmes de niveaux d'eau iraient tout simplement naviguer plus tard au cours de l'année une fois ces problèmes résolus. La substitution est possible dans une certaine mesure pour les plaisanciers résidents, tels que les propriétaires de quais privés, quand les niveaux d'eau sont élevés. La plupart des activités de navigation sont toutefois liées au tourisme. Vraisemblablement, les plaisanciers touristes se rendront compte qu'il y a un problème de niveau seulement lorsqu'ils arriveront à destination. Ainsi, leurs excursions et journées de navigation sont perdues. Dans le cas de faibles niveaux, les problèmes s'aggravent à la fin de l'été et à l'automne, lorsque l'eau continue à diminuer graduellement. Les journées de navigation perdues à des moments précis de la fin de l'été et à l'automne ont très peu de chance d'être reprises plus tard dans l'année.

Il est possible que les répondants aient un peu gonflé les données (p. ex. le nombre de journées de navigation, les dépenses) pour des raisons stratégiques, car nous avons dit aux plaisanciers que les renseignements qu'ils fourniraient permettraient à la CMI de gérer les niveaux d'eau. Cependant, nous avons formulé avec soin la lettre de présentation et le message sur la face intérieure de la couverture du questionnaire. Nous indiquions aux répondants quel était l'objectif général de l'étude et les encourageons à participer, en évitant de laisser entendre que la navigation de plaisance est en concurrence avec d'autres secteurs d'activité ou que d'indiquer une grande utilisation et des dépenses importantes pourrait servir leur intérêt. Nous croyons que ce biais a été minimal.

b. Limites des données; fongibilité des indicateurs de performance : Les limites des données brutes sont traitées plus haut. Certaines hypothèses ou biais éventuels entraînent probablement de légères surestimations, alors que d'autres hypothèses ou limites, particulièrement celles qui sont liées à l'échantillon, sous-estiment la participation à la navigation et donc les avantages. Nous croyons que, tout bien pesé, nos estimations pèchent légèrement par prudence, mais que nous ne sous-estimons pas gravement les avantages perdus.

L'indicateur de performance des avantages nets perdus est fondé sur les réponses relatives à la volonté de payer fournies par les plaisanciers. Il s'agit de la mesure conceptuellement correcte pour comparer les avantages nets perdus de la navigation de plaisance avec les avantages nets perdus d'autres secteurs. En raison de sa nature hypothétique, elle est parfois critiquée. Cependant, nous avons utilisé des méthodes généralement approuvées par des économistes dans le domaine des ressources et les chercheurs de l'enquête pour obtenir les estimations les plus valides possibles. Nous avons d'abord défini et éliminé les estimations aberrantes. Ensuite, nous avons demandé aux plaisanciers s'ils avaient fourni des estimations gonflées de leur volonté de payer afin de rehausser la valeur (surplus des consommateurs) de la navigation de plaisance. Ceux qui ont répondu oui se sont vu attribuer la valeur moyenne fournie par d'autres plaisanciers (qui était, en moyenne, réduite) plutôt que la valeur qu'ils ont donnée.

Compte tenu des divers plans de niveaux d'eau et du classement possible de ces plans, nous croyons improbable que la modification de ces hypothèses aurait un effet sur le classement des plans en matière de navigation de plaisance. Modifier les hypothèses pourrait avoir un effet sur la proportion de la perte pour la navigation de plaisance par rapport à d'autres intérêts.

3. Catégories d'avantages non pris en compte par les indicateurs de performance retenus, mais potentiellement importants (impacts secondaires)

Des 178 millions de dollars dépensés au total du côté des États-Unis, 68 millions de dollars sont des dépenses liées au tourisme (par des plaisanciers vivant à l'extérieur des quatre regroupements de comtés le long de la frontière de l'État de New York pour ces eaux). Compte tenu des effets indirects, ces dépenses liées au tourisme ont donné lieu à un extrant total de 96 millions de dollars et à 1 380 emplois équivalent temps plein (Connelly et coll., à l'étude). Selon une enquête nationale canadienne, chaque dollar dépensé (dépenses directes, importation nette) a permis d'ajouter 1,50 \$ en dépenses indirectes et provoquées. Les activités touristiques n'ont pas été mesurées au Canada, mais les régions de Toronto et de Montréal génèrent une importante activité économique liée à la navigation de plaisance (p. ex. les bateaux d'excursion). Ainsi, les chiffres fournis par 14 des 27 exploitants de services d'excursion en bateau avec lesquels nous avons communiqué ont permis d'estimer à 727 000 \$ les pertes de recettes dues aux niveaux d'eau de 1998 à 2002 (Gardner Pinfold Consulting, 2003).

On a mené, à l'aide d'IMPLAN, une analyse des retombées économiques régionales afin d'étudier quelles retombées attribuables à la navigation de plaisance dans les sous-régions de l'État de New York provenaient des nouvelles dépenses faites par les plaisanciers qui ne résidaient pas dans chacune des sous-régions. Les quatre sous-régions, d'ouest en est, sont les suivantes : comté de Niagara (classé comme faisant partie de la Région statistique métropolitaine [RSM] de Buffalo), comtés de Orleans-Monroe-Wayne (une grande partie de la RSM de Rochester), comtés de Cayuga-Oswego (le Comté de Oswego fait partie de la RSM de Syracuse) et les comtés de Jefferson-St. Lawrence, qui ne font pas partie d'une RSM.

Les impacts sur les ventes ou extrants et les impacts sur l'emploi provenant des dépenses faites par les plaisanciers sont présentés au tableau B-3. Plus de la moitié de toutes les dépenses liées au tourisme faites dans l'ensemble de la zone d'étude l'ont été dans la région des comtés de Jefferson-St. Lawrence (nord-est du lac Ontario–fleuve Saint-Laurent) et environ les deux tiers d'une combinaison des impacts indirects et provoqués sur l'emploi se sont faits sentir dans cette région. Aux États-Unis, cette sous-région est la plus dépendante du tourisme lié à la navigation de plaisance et serait probablement la plus touchée si un nombre important de journées de navigation était perdu en raison de niveaux d'eau élevés ou faibles.

L'impact sur les ventes par journée de navigation a été calculé pour faciliter l'élaboration d'un indicateur de performance supplémentaire sur les relations entre les impacts et les niveaux d'eau et sur les retombées économiques régionales. En raison 1) de la façon dont l'échantillon de plaisanciers a été prélevé, 2) des divers tronçons du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent et 3) de la similarité des données sur les retombées économiques pour le secteur centre-ouest du lac Ontario, nous avons regroupé les trois sous-régions de l'ouest pour arriver à ces estimations. Comme dans le cas des dépenses directes, les impacts sur l'ensemble des ventes par journée de navigation sont supérieurs (plus de 119 \$ par jour) dans la partie est du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent.

Nous présentons ci-dessous des points saillants du tableau B-3, accompagnés de notes explicatives :

1. La majeure partie des retombées économiques (65 % des ventes et 59 % des emplois) créées par les dépenses des plaisanciers l'ont été dans la sous-région est du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent. Cette sous-région possède quantité de ressources panoramiques et récréatives, et le tourisme y a toujours été très important (Connelly et Brown, 1988).
2. Les multiplicateurs d'extrants globaux (totaux/directs) sont assez uniformes dans les quatre sous-régions et leur ampleur est modérée, allant de 1,37 pour Cayuga-Oswego à 1,49 pour Orleans-Monroe-Wayne.

Tableau B-3 : Estimations des extrants et des emplois créés par les dépenses des plaisanciers sur la partie new yorkaise du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent en 2002, par région littorale

Secteur littoral d'impact	Directs	Indirects	Provoqués	Totaux
Impacts globaux des ventes (milliers de dollars US)				
Niagara	2 048 \$	438 \$	432 \$	2 919 \$
Orleans-Monroe-Wayne	1 537 \$	347 \$	402 \$	2 286 \$
Cayuga-Oswego	20 496 \$	3 172 \$	4 503 \$	28 171 \$
Jefferson-St. Lawrence	43 464 \$	11 841 \$	7 749 \$	63 055 \$
Total	67 545 \$	15 798 \$	13 087 \$	96 431 \$
Impacts des ventes par journée de navigation				
À l'échelle de la région	51,95 \$	12,15 \$	10,06 \$	74,16 \$
Niagara à Oswego	31,24 \$	5,13 \$	6,92 \$	43,30 \$
Jefferson-St. Lawrence	82,33 \$	22,43 \$	14,68 \$	119,44 \$
Impacts globaux sur l'emploi (emplois équivalent temps plein)¹				
Niagara	35,3	4,1	5,4	48,7
Orleans-Monroe-Wayne	25,2	2,9	4,2	32,3
Cayuga-Oswego	392,2	30,5	58,0	480,7
Jefferson-St. Lawrence	597,1	124,9	97,0	819,0
Total	1 049,8	162,4	164,6	1 380,7
<p>¹ Les emplois définis par IMPLAN ont été convertis en emplois équivalent temps plein (40 heures par semaine) à l'aide des données du Bureau of Labor Statistics. D'après ces données, l'emploi caractéristique dans le commerce du détail et en hébergement est d'environ 30,8 heures par semaine. Les données d'IMPLAN ont ainsi été pondérées par un facteur de 0,77 pour parvenir à des estimations en équivalents temps plein.</p>				

4. Principales conditions de base

La navigation de plaisance est sensible aux conditions économiques, mais ceci s'applique probablement plus à l'achat de nouvelles embarcations et au type de bateau acheté qu'à la pratique de la navigation en tant que telle. Un ralentissement économique prolongé ou une augmentation substantielle du prix des carburants pourraient rabaisser la demande croissante de plus grands bateaux à moteur et de nouveaux bateaux, mais il est probable que ces conditions n'auraient pas une grande influence sur la pratique de la navigation de plaisance. Cette hypothèse se base sur l'expérience vécue dans les années 1970; la demande pour la navigation de plaisance n'a pas été réestimée à la lumière des récentes augmentations du prix du pétrole et de l'essence. Pendant la crise énergétique des années 1970, les gens économisaient l'essence et faisaient moins de longs voyages, mais ont continué à naviguer.

5. Principales tendances

En raison du prix des nouveaux bateaux, la navigation de plaisance connaît des fluctuations à court terme qui reflètent l'état général de l'économie. Ainsi, nous assistons à une hausse des ventes depuis l'automne 2003, après une période de stagnation. Sur une durée plus longue toutefois, la navigation de plaisance a pris de l'expansion et la taille des embarcations a augmenté. Les enquêtes montrent une croissance d'environ 10 % du nombre de plaisanciers entre 1994 et 2002, et le U.S. Forest Service, qui fait des prévisions à long terme pour un certain nombre d'activités récréatives, prévoit une augmentation de 21 % de la navigation de plaisance de 1995 à 2006. Dans la région du Québec, le nombre d'embarcations (de tous types) s'est accru de 22 % de 1995 à 2000, les plus fortes augmentations touchant les bateaux à moteur de moins de 6 mètres (20 pieds) (26 %) et les chaloupes (22 %) (Pêches et Océans Canada, 2004). Le nombre de voiliers de plus de 6 mètres (20 pieds) a aussi augmenté de 12 %. Sur le bas Saint-Laurent, entre 1995 et 2002, l'utilisation d'embarcations à moteur et de chaloupes a augmenté, mais l'utilisation de voiliers a diminué (Duchesne et coll., 2004). Bien que ce soit difficile à prévoir avec précision, il est probable que le nombre de bateaux naviguant sur le Saint-Laurent (sur son cours inférieur tout au moins) augmentera dans les prochaines années.

Aux États-Unis, la puissance moyenne des bateaux à moteur est passée de 65 CV en 1985 à 86 CV en 2002, et le Canada connaît probablement la même tendance. De plus, les années 1990 ont vu l'émergence des embarcations à haute performance appelées « cigarette boats » qui se déplacent à une centaine de kilomètres par heure (plus de 60 mi/h) sur le bas Saint-Laurent. La lente expansion de la navigation de plaisance devrait continuer, accompagnée d'une tendance vers des embarcations légèrement plus grandes dans les zones où les niveaux d'eau sont plus élevés. Le tirant d'eau de ces plus gros bateaux sera, en moyenne, légèrement plus fort, ce qui signifie que les bas niveaux d'eau poseront un problème croissant, mais qui se développera graduellement. Au cours des 15 dernières années, les motomarines ont fait leur apparition, et le nombre d'usagers s'est accru considérablement. Toutefois, les niveaux d'eau ont moins d'incidence sur ce type de navigation de plaisance.

6. Conséquences attendues des changements dans la régularisation

D'après l'expérience passée, les plaisanciers sont fidèles à leur activité. Au cours des périodes de difficultés économiques ou lorsque le prix du carburant est plus élevé, ils modifient la manière dont ils pratiquent leur activité, mais ils ne remplacent pas la navigation de plaisance par d'autres activités de plein air. On peut donc difficilement imaginer un scénario où les plaisanciers seraient moins nombreux à l'avenir. Les niveaux d'eau demeureront donc une préoccupation majeure pour eux. Les exploitants de marina pourraient adopter des mesures d'adaptation qui remédieraient (en partie) au problème des niveaux, mais les aspects de sécurité et de sensibilisation/formation des plaisanciers demeureront importants (c.-à-d. le développement de leur habilité à naviguer dans des conditions défavorables liées au climat et aux niveaux d'eau).

7. Comportements adaptatifs

De nombreuses marinas se sont adaptées à des niveaux d'eau fluctuant à la hausse en aménageant des quais flottants. Pour cette raison, les niveaux d'eau élevés présentent un problème moins grave pour la navigation de plaisance que les bas niveaux. Certaines marinas plus petites, toutefois, n'ont pas encore fait la dépense d'installer ces quais. Il est plus difficile aux marinas de s'adapter à de faibles niveaux d'eau : si les bas niveaux se généralisent, il n'existe pas de solution évidente; s'il surviennent ponctuellement, il faut procéder à un dragage, opération qui peut prendre un an ou deux, vu son coût et la difficulté d'obtenir les permis nécessaires. Les amateurs de pêche ou de ski nautique peuvent s'adapter avec le temps en transportant leurs petites embarcations dans une rivière ou un lac intérieur. Cela dit, de nombreux plaisanciers ont un attachement particulier pour le lac Ontario ou le fleuve Saint-Laurent, parce qu'ils y possèdent une propriété riveraine ou pour d'autres raisons.

Sur une période de plusieurs années, les plaisanciers pourraient s'adapter à des conditions de basses eaux en achetant des embarcations plus petites avec un tirant d'eau plus faible. À court terme, ils pratiqueraient probablement leur activité moins souvent, ne fréquentant les plans d'eau que tard au printemps et au début de l'été lorsque les niveaux sont à leur plus haut. Les propriétaires de marina disposent d'une moins grande marge de manœuvre. Nous croyons qu'une période de trois années de niveaux d'eau trop bas pourrait entraîner la fermeture du quart sinon du tiers des marinas (d'après une enquête approfondie, mais d'une étendue limitée, de Boudier et Bibeault, 2001).

8. Évaluation des risques et analyse de sensibilité

(Voir aussi la section « Comportements adaptatifs » ci-dessus) Le principal risque que nous avons identifié est associé aux niveaux d'eau qui descendent sous les niveaux critiques des courbes niveaux-dommages. Les niveaux d'eau suffisamment bas pour entraîner des pertes importantes d'avantages ont un impact légèrement différent sur trois segments de la navigation de plaisance : les utilisateurs de marinas, les utilisateurs de rampes de mises à l'eau et les propriétaires de quais privés. Les bateaux de grande taille se trouvent en général dans les marinas. Les faibles niveaux d'eau se produisant pendant la saison de navigation peuvent empêcher les utilisateurs de marinas de naviguer. Si on prévoit des niveaux peu élevés à l'automne, il se peut que les marinas doivent halier les embarcations hors de l'eau plus tôt, ce qui raccourcirait la saison de navigation et menacerait la viabilité économique de ces entreprises. Les utilisateurs de rampes de mise à l'eau bénéficient d'une plus grande marge de manœuvre. Si le manque d'eau est très localisé, qu'il touche une rampe de mise à l'eau, les plaisanciers peuvent sans doute utiliser une autre rampe ou mettre leur embarcation à l'eau dans une marina. En revanche, s'il se généralise, ces plaisanciers pourraient se déplacer vers d'autres plans d'eau (p. ex. le lac Champlain, les Finger Lakes dans l'État de New York, le lac Saint-François (régularisé) au Québec). Quant aux usagers de quais privés, à court terme, ils perdraient probablement des occasions de naviguer, étant donné que leurs embarcations sont stationnées à leur résidence principale ou secondaire et qu'il leur est plus difficile de chercher d'autres endroits où pratiquer cette activité. Par ailleurs, en période de basses ou de hautes eaux, les médias exagèrent souvent la situation, ou alors omettent de signaler que des niveaux généralement convenables pour la navigation de plaisance se sont rétablis. Résultat : beaucoup de plaisanciers restent à la maison, ce qui fait augmenter l'impact économique, par rapport à celui qu'on obtiendrait en estimant le nombre de jours de navigation perdus strictement à partir des niveaux d'eau non sécuritaires.

La plupart des facteurs d'incertitude de nos estimations influencent l'ordre de grandeur des montants en dollars sur les courbes niveaux-dommages, mais non les profils de variation saisonnière et les formes générales des courbes. Ces facteurs peuvent donc jouer sur l'appréciation de la disproportion des pertes, mais il est peu probable qu'ils modifient le classement des plans. Ainsi, toute autre analyse de sensibilité devrait être concentrée sur les facteurs qui modifient le profil de variation saisonnière des courbes, c'est-à-dire dans quelle mesure les plaisanciers feraient plus d'excursions à la fin de l'été et à l'automne si les niveaux d'eau étaient convenables.

9. Bibliographie

- Boudier, H. et J. F. Bibeault. 2001. *Enquête exploratoire auprès des opérateurs et gestionnaires de services nautiques pour les secteurs lac Saint-Louis et le tronçon fluvial Montréal-Contrecoeur*. GTT sur la navigation de plaisance et le tourisme pour la mixte internationale, novembre.
- Connelly, N.A., J. Bibeault, J. Brown et T.L. Brown. 2005. *Estimating the Economic Impact of Changing Water Levels on Lake Ontario and the St. Lawrence River for Recreational Boaters and Associated Businesses*. Rapport final du GTT sur la navigation de plaisance et le tourisme.
- Connelly, N.A., T.L. Brown et D.L. Kay. 2004. *Recreational boating expenditures in 2003 in New York State and their economic impacts*. New York Sea Grant publication NYSGI-S-04-001, Stony Brook (NY).
- Connelly, N.A., K.H. Guerro et T.L. Brown. 2002. *New York State inventory of Great Lakes' marinas and yacht clubs—2002*. Cornell University, Human Dimensions Research Unit publication 12-4, Ithaca (NY).
- Connelly, N.A., T.L. Brown et B.A. Knuth. 1998. *New York statewide angler survey 1996, report 4 : estimated angler effort and expenditures in New York counties*. NYS Dept. of Environ. Conserv., Albany (NY), 62 p.
- Connelly, N.A. et T.L. Brown. 1988. *The impact of tourism on employment in New York's coastal areas*. Cornell University, Department of Natural Resources. Research and Extension Series No. 32, Ithaca (NY).
- Connelly, N.A., T.L. Brown et C.P. Dawson. 1990. *Evaluating the impacts of proposed snagging regulations in the Salmon River*. Human Dimensions Research Unit, Cornell University, Ithaca (NY).
- De Koninck, R. 1996. *Les Cent-Îles du Lac Saint-Pierre, Retour aux sources et nouveaux enjeux*. Les Presses de l'Université Laval, 151 p.
- Duchesne et coll. 2004. *Suivi des usages et des perceptions du Saint-Laurent par la population riveraine, 2003*. Saint-Laurent Vision 2000, Domaine d'intervention Santé humaine. H21-229/2004F.
- Garde côtière canadienne. 2001. *Statistiques sur les incidents de recherche et sauvetage 1999*. Pêches et Océans Canada, région des Laurentides.
- Gardner Pinfold Consulting 2003. *Lake Ontario and St. Lawrence River Water Levels Impact Study*. Document établi pour le GTT sur la navigation de plaisance et le tourisme, CMI, novembre.
- Goss Gilroy Inc. 2003. *Economic impact analysis of recreational boating in Canada : 2001*. Document établi pour Discover Boating, août.
- Lichtkoppler, F. R. et D. Kuehn. 2003. *New York's Great Lakes charter fishing industry in 2002*. Sea Grant Great Lakes Network Fact Sheet OHSU-TS-039.
- McCullough Associates et Diane Mackie and Associates. 2002. *Ontario Marina Impact Study*. Rapport de recherche établi pour l'Étude internationale sur le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent de la Commission mixte internationale, 62 p. et appendice.
- Noden, D. et T. Brown. 1975. *The New York commercial marina and boatyard industry, 1972*. New York Sea Grant publication NYSSGP-RS-75-020.
- Parcs Canada. 2004. *Lieu historique national du Canada du Canal-de-Lachine : plan directeur*. Parcs Canada.
- Pêches et Océans Canada. 2004. *Étude sur la navigation de plaisance au Québec*. Présentation, Direction des politiques et de l'économique, région du Québec.

Thousand Islands International Tourism Council. 2002. *2002 Summer Tourism Season Business Confidence Survey, Executive Report*, Alexandria Bay (New York) et Landowne (Ontario).

White, D.G. 1991. *New York's Great Lakes marinas : a 1990 analysis and profile*, New York, Sea Grant publication, Oswego (NY).

Zins Beauchesne et associés, 2002. *Enquête auprès des opérateurs de marinas et Yacht Clubs*, rapport final, GTT sur la navigation de plaisance et le tourisme de la Commission mixte internationale, pagination multiple et annexes.

10. Processus de révision

Auteurs : T.L. Brown, J-F. Bibeault, N.A. Connelly et J. Brown

Réviseurs : les coauteurs

Appui du GTT : obtenu le 1/18/05

Révision externe : Frank Lupi

C. Résumé du Groupe de travail technique sur les processus littoraux

Objectifs

Le Groupe de travail technique (GTT) sur les processus littoraux a évalué les impacts que des changements dans les niveaux d'eau du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent auraient sur la présence humaine le long des rives. Des facteurs autres que les niveaux d'eau par temps calme influencent beaucoup les impacts subis par les zones riveraines; ces facteurs varient considérablement d'une région à l'autre. Dans le lac Ontario, les vagues induites par le vent et les changements de niveaux causés par le vent (houle) jouent grandement sur le degré de dommages. Ces facteurs prennent beaucoup moins d'importance le long du Saint-Laurent, quoique les vagues induites par le vent soient importantes dans certaines zones telles que le lac St. Lawrence. Sur les tronçons du fleuve situés en aval de Montréal, les vagues générées par les navires de passage exercent une influence majeure sur les processus littoraux.

Méthodes de collecte de données et d'évaluation

Il est apparu évident dès le début de l'étude qu'il vaudrait mieux appliquer plus d'une méthode d'évaluation. Les différences dans les caractéristiques physiques, les processus littoraux et la disponibilité des données nous ont amené à élaborer deux approches : une pour le lac Ontario et la portion du fleuve en amont du barrage de régularisation de Cornwall-Massena et une seconde pour le fleuve entre Cornwall-Massena et la limite aval de l'étude, Trois-Rivières.

Lac Ontario et haut Saint-Laurent

Le GTT a passé en revue les approches de modélisation utilisées à des fins semblables lors d'études précédentes. Le modèle informatique du Système de prévision des crues et de l'érosion (SPCE) créé en 1997 par W.F. Baird and Associates, Ltd. sous contrat avec le United States Army Corps of Engineers (USACE) dans le cadre de l'étude *Lake Michigan Potential Damages Study* (USACE, 1999), a été sélectionné pour servir de base à la procédure d'évaluation du lac Ontario et du cours supérieur du fleuve. Ce modèle a été adapté et amélioré pour satisfaire les besoins spécifiques de l'étude.

Les données spatiales et temporelles existantes ont été rassemblées pour l'étude. La collecte et l'élaboration de nouvelles données ont permis de combler plusieurs lacunes importantes. Un ordinateur spécialisé, le Coastal Data Server ou serveur de données sur le littoral, a été configuré pour entreposer ces masses de données. Le GTT sur les besoins communs de données nous a fourni des mesures de profondeur du lac (bathymétrie), des relevés d'élévation des terres émergées (topographie) et des orthophotographies des conditions actuelles du littoral (voir cette section pour plus d'information). On a rassemblé les données sur les parcelles de terrain et les propriétés dans les comtés américains et les municipalités régionales canadiennes, là où elles étaient disponibles. Le GTT sur les processus littoraux a rassemblé les données pour la classification des rives en divisant le littoral en sections de 1 km de longueur autour du lac Ontario et le long du haut Saint-Laurent; ces données comprennent des détails sur le type géomorphologique du rivage, la géologie dans les environs des rives et la qualité des ouvrages existants de protection des rives. D'anciennes photographies aériennes ont servi à documenter les conditions du littoral et du fleuve depuis les années 1930 environ jusqu'à aujourd'hui. Les données historiques sur les taux de recul ont été compilées par le GTT sur les processus littoraux, qui s'est fondé sur l'information existante, telle que l'information sur les inondations passées. Des données sur les niveaux d'eau mesurées toutes les heures à des stations hydrométriques placées dans le lac et le fleuve ont été compilées dans le MVC. Des séries chronologiques de la vitesse et de la direction des vents ont été obtenues par prédiction a posteriori à partir des données des 40 dernières années; elles ont servi à élaborer une base de données sur l'énergie des vagues. Le Great Lakes Environmental Research Laboratory de la National Oceanic and Atmospheric Administration a compilé des données historiques sur le couvert de glace du lac Ontario. Le serveur de données sur le littoral contient 120 gigaoctets d'informations numériques qui servent au processus décisionnel.

Bas Saint-Laurent

Les eaux situées en aval du barrage de régularisation se différencient de la portion amont de la zone étudiée par les influences du flux des rivières, les sillages des navires et la réponse du littoral, surtout composé d'argiles marines.

On a réuni dans une banque de données située dans les bureaux d'Environnement Canada à Sainte-Foy, au Québec, une vaste collection de données numériques – données de bathymétrie, de topographie et de débit; photographies aériennes et bases de données sur l'utilisation des terres et les processus d'érosion. Cette collection a servi d'assise à l'analyse des indicateurs de performance pour le bas Saint-Laurent.

Pacific International Engineering a réalisé la modélisation informatisée à l'échelle régionale des rives du bas Saint-Laurent – depuis Cornwall, en Ontario, jusqu'à Trois-Rivières, au Québec – pour qu'on comprenne bien l'importance relative des courants des rivières, des vagues induites par le vent et des sillages des navires et la façon dont ces facteurs interagissent avec les niveaux d'eau (Pacific International Engineering, mars 2004). Ce travail a permis d'élaborer des outils de prédiction simplifiés de l'érosion et d'évaluer les impacts économiques.

En ce qui touche les inondations, Environnement Canada (Région du Québec) a dressé des courbes niveaux-dommages pour 42 municipalités du bas Saint-Laurent, de Cornwall à Trois-Rivières. Ces courbes se basent sur les données relatives aux parcelles et à l'évaluation des propriétés touchées et sur un modèle numérique à haute résolution des élévations créé par le GTT sur les besoins communs de données pour le GTT sur les processus littoraux (voir cette section).

Indicateurs de performance

Lac Ontario et haut Saint-Laurent

Les impacts des fluctuations des niveaux d'eau sur les collectivités riveraines du lac Ontario et du haut Saint-Laurent ont été catégorisés selon trois indicateurs de performance principaux : les inondations, l'érosion littorale des terrains bâtis et l'entretien des ouvrages existants de protection des rives. Le GTT sur les processus littoraux a également considéré comme indicateurs de performance possibles le bilan sédimentaire, l'accès aux plages, ainsi que les cordons littoraux et les dunes.

Inondations

Sur les bords du lac Ontario et du haut Saint-Laurent, plus de 3 000 parcelles de terrain se trouvent à une altitude de moins de 76,2 m (250 pi) et pourraient être exposées aux inondations. Les inondations endommagent ces biens riverains en général durant les périodes de hautes eaux et les fortes tempêtes. L'indicateur de performance des inondations pour le lac Ontario quantifie les impacts attribuables à l'inondation des ouvrages et à la force des vagues frappant les bâtiments. Les calculs des dommages économiques ont été effectués pour chaque parcelle à risque. L'algorithme de l'indicateur a été élaboré, testé, étalonné et vérifié dans le système SPCE (Système de prévision des crues et de l'érosion). Cet algorithme est appliqué à toute la base de données des parcelles pour la durée d'une simulation dans le MVC, soit généralement 101 années. Il faut cependant noter que la base de données des vagues a été construite avec 40 années de données à partir desquelles une prédiction statistique a posteriori a permis d'obtenir une représentation de la période de simulation de 101 années. Une analyse a déterminé que cela pouvait influencer de façon significative les résultats des plans, car la nature aléatoire des vagues implique qu'un plan qui cause des changements de niveaux pourrait permettre d'éviter ou au contraire d'augmenter les dommages selon la série des vagues. Pour étudier le problème, on a généré par des méthodes statistiques un certain nombre de séries de vagues en prenant pour base le maximum du maximum du quart de mois, la moyenne des maxima et la valeur située à 1 ou 2 écarts-types du maximum. Les résultats ont pu être testés pour toutes ces séries. En utilisant cette méthode, on a déterminé que le 1^{er} écart-type donnait probablement la représentation de série de vagues qui pouvait le mieux permettre d'éviter une sous-estimation des chiffres.

On a utilisé les données sur les vagues obtenues par une prévision a posteriori basée sur 40 années de données dans les analyses stochastiques de 50 000 années, étant donné que le nombre même de combinaisons possibles de niveaux et de vagues écarterait tout biais dans les données. Pour plus d'informations sur l'indicateur de performance des inondations, consultez le rapport *Flooding Performance Indicator: Methodology and Shared Vision Model Application* (Baird, 2004a).

Érosion des terrains bâtis non protégés

L'érosion des rives et les impacts économiques qui y sont associés ont été calculés pour les parcelles individuelles autour du lac Ontario et sur le haut Saint-Laurent. L'algorithme de l'indicateur de performance de l'érosion se base principalement sur les taux moyens de recul des rives et l'énergie des vagues. L'équation d'érosion est appliquée à toutes les sections de 1 km de longueur en bordure du lac et du fleuve qui présentent un recul des rives à long terme. Si le littoral ne s'érode pas ou montre une tendance à long terme à l'accrétion, la fonction ne lui est pas appliquée.

Une fois que le degré de recul du littoral a été calculé pour une section de berge et un plan de régularisation donnés, on applique la seconde composante de l'indicateur de performance de l'érosion, c'est-à-dire le calcul des impacts économiques. Les calculs sont effectués seulement pour les terrains bâtis (aménagés) non protégés; ils se basent sur le coût et le moment de la construction des ouvrages de protection des rives nécessaires pour préserver la valeur d'un bâtiment. Cette approche a été révisée et approuvée par les conseillers économiques qui ont convenu de fixer comme maximum à la valeur des dommages le coût de la construction d'ouvrages de protection des rives; il s'agit là en effet de la réponse raisonnable au problème, plus raisonnable que de laisser l'érosion progresser jusqu'au point où le bâtiment perd toute valeur. Pour les besoins de l'évaluation, on a supposé que le propriétaire riverain laisserait l'érosion faire son oeuvre jusqu'à ce que la distance minimale entre la maison et la berge en voie d'érosion soit de 10 m (32,8 pi). La figure C-1 illustre la manière dont l'indicateur de l'érosion est appliqué.

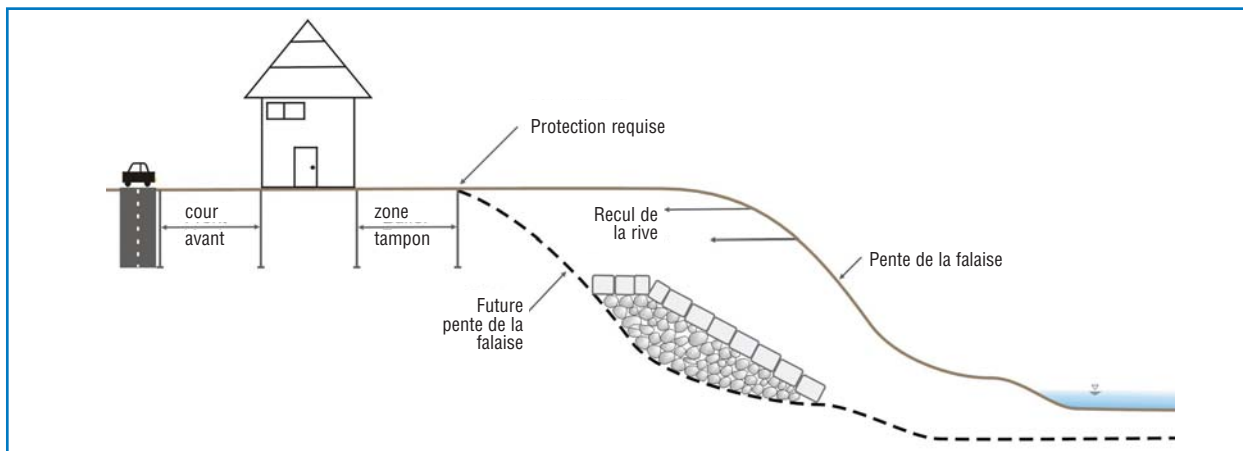


Figure C-1 : Conceptualisation de l'indicateur de performance de l'érosion

Pour comparer les plans, on détermine le moment auquel un propriétaire riverain serait obligé de construire un ouvrage de protection sous le régime du Plan 1958-DD avec le moment où il devrait le faire sous le régime d'un autre plan; le calcul des impacts économiques s'effectue en actualisant les dommages futurs, de sorte que plus tard le dommage se produit, moins il est important. Pour plus d'informations sur l'indicateur de performance de l'érosion, consultez le rapport *Erosion Performance Indicator: Methodology and Shared Vision Model Application* (Baird, 2004b).

Le tableau C-1 donne les coûts unitaires pour la construction de nouveaux ouvrages de protection des rives, tels qu'utilisés pour calculer l'indicateur de performance de l'érosion.

Tableau C-1 : Coûts unitaires pour la construction de nouveaux ouvrages de protection des rives

Unité de rivage	Coût d'un ouvrage de protection (\$/m)	Coût d'un ouvrage de protection (\$/pi)
Comté de Cayuga	2 168	661
MR de Durham	2 012	613
Frontenac	2 432	741
MR de Halton	2 432	741
MR de Hamilton	2 432	741
Hastings	2 012	613
Comté de Jefferson	2 488	759
Leeds	2 134	651
Lennox	2 432	741
Comté de Monroe	1 933	589
Comté de Niagara	1 889	576
MR de Niagara	2 070	631
MR de Northumberland	2 012	613
Comté d'Orleans	1 889	576
Comté d'Oswego	2 168	661
MR de Peel	2 048	624
Prince Edward	2 012	613
Comté de St. Lawrence	2 134	651
Stormont	2 134	651
Toronto	2 048	624
Comté de Wayne	1 933	589

Entretien des ouvrages de protection des rives

Des ouvrages de protection des rives défendent déjà une forte proportion des terrains riverains exposés à des risques d'inondation et d'érosion autour du lac Ontario. D'après la base de données sur les parcelles, environ la moitié du littoral a été renforcée par des remblais et des murs de soutènement de bonne qualité. Aux fins de l'évaluation des nouveaux plans de régularisation, on tient pour acquis que ces ouvrages sont stables, feront l'objet d'entretien et continueront à assurer une protection efficace contre l'érosion. Si toutefois un plan de régularisation avait comme résultat des niveaux d'eau considérablement plus élevés, les ouvrages existants, qui ont été conçus en fonction des niveaux d'eau connus depuis les années 1960, en souffriraient. L'indicateur de performance pour les ouvrages de protection existants quantifie les impacts des plans de régularisation proposés sur les ouvrages qui défendent bien actuellement les rives du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent contre l'érosion.

Les trois principaux types de défaillances qui nécessitent une réparation importante ou un remplacement complet et qu'on considère dans l'IP d'entretien des ouvrages de protection des rives sont les suivants :

- Défaillances dues au vieillissement : dégradation des matériaux, tels que le béton ou les pierres de taille;
- Défaillances dues au déversement : occasionnées par les vagues qui passent par-dessus l'ouvrage pendant les tempêtes (défaillances en réponse à un événement);
- Défaillances dues à l'érosion verticale : processus cumulatif se produisant au pied de l'ouvrage.

Les défaillances dues à l'âge des ouvrages sont indépendantes des niveaux du lac. En revanche, le volume d'eau qui passe par-dessus un ouvrage pendant une tempête est très sensible aux niveaux. À la figure C-2, la hauteur de la crête du mur de béton a été décidée en fonction du niveau du lac et de la hauteur des vagues qui prévalaient au moment de la conception de l'ouvrage. Si ces valeurs sont dépassées pendant une tempête, le mur peut céder ou nécessiter de gros travaux de réparation. Aux fins de l'évaluation d'un plan de régularisation, l'indicateur de l'entretien des ouvrages de protection se fonde sur l'examen de l'hydrogramme à la recherche d'événements pluvio-hydrologiques qui causeraient des dommages importants aux ouvrages ou leur défaillance.

L'érosion verticale du lit du lac, autre type commun de défaillance des ouvrages de protection des rives, est sensible aux niveaux d'eau. Par exemple, si le niveau du lac est faible et que la ligne de l'eau se trouve à distance de la base de l'ouvrage, ce dernier ne subira pas d'affouillement. À l'inverse, en période de niveaux d'eau très élevés, la plus grande partie de l'énergie des vagues se dissipera sur la paroi de l'ouvrage ou débordera par-dessus. En conséquence, le degré d'érosion verticale dépend étroitement des niveaux du lac. La figure C-3 montre un ouvrage de protection des rives qui pourrait s'affaisser si l'affouillement s'intensifie.

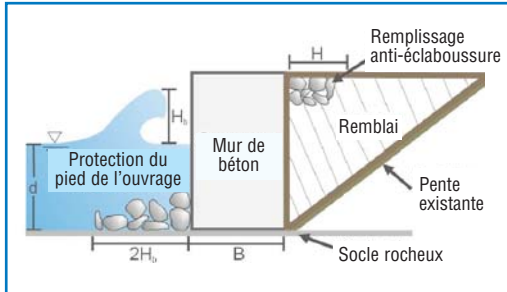


Figure C-2 : Schéma conceptuel d'un ouvrage de protection des rives



Figure C-3 : Exemple d'ouvrage de protection des rives exposé à l'affouillement en période de basses eaux

L'érosion verticale joue aussi sur le coût de remplacement à la suite d'une défaillance due à l'âge ou à des déversements. Si une érosion importante s'est produite pendant la période de simulation, la dépense à engager sera augmentée puisqu'un plus grand ouvrage devra être construit étant donné une plus grande profondeur au pied de l'ouvrage. Pour d'autres informations sur les indicateurs de performance de la protection des rives, voir *Shore Protection Maintenance Performance Indicator: Methodology and Shared Vision Model Application* (Baird, 2004c).

Bilan sédimentaire

On a élaboré un indicateur du bilan sédimentaire pour mesurer la relation entre le recul des rives et les environnements de cordons littoraux et de dunes. Les falaises riveraines du lac Ontario s'érodent depuis des milliers d'années. Cette érosion laisse sable et gravier sur la zone littorale et approvisionne donc les environnements de plages et de dunes qui entourent le lac. Sans érosion « de fond », il n'y aurait aucun apport pour reconstituer ces environnements. À l'origine, le GTT croyait qu'il faudrait évaluer cette érosion de fond; cependant, les conseillers économiques ont déterminé que les bilans sédimentaires ne devraient pas faire partie de l'analyse économique puisque les processus d'érosion, de transport et de dépôt sont dynamiques et évoluent avec le temps. L'accrétion de la plage peut être une étape finale du processus de transport ou une étape intermédiaire, auquel cas la plage ainsi créée sera encore soumise à des processus d'érosion et de transport. L'accrétion de la plage n'est qu'une des conséquences économiques du transport des sédiments et, bien qu'elle semble avoir des effets nets positifs, d'autres impacts sédimentaires, tels que la perte initiale du matériel d'érosion et le dépôt de sédiments dans des chenaux et des ports, semblent plutôt négatifs. Comme ces impacts négatifs ne sont pas mesurés, comptabiliser seulement l'accrétion de la plage présenterait favorablement la sédimentation alors que l'impact global pourrait bien être négatif. Après réflexion, on a jugé que les avantages nets de l'accrétion de la plage n'étaient pas très grands comparés à d'autres mesures d'avantages nets.

Accès aux plages

On a développé l'indicateur de performance de l'accès aux plages afin de quantifier les impacts des niveaux d'eau sur les plages notamment des parcs provinciaux et des parcs d'État. En période de hautes eaux, les plages sont en partie submergées, ce qui réduit la surface disponible pour des activités de loisir. Dans deux grands parcs (le parc provincial Sandbanks et le parc d'État Hamlin), on a mené une enquête sur le terrain auprès des utilisateurs des plages. On a utilisé les résultats, ainsi que les données publiées sur les visites aux plages et le comportement économique, pour quantifier l'impact des niveaux d'eau sur la fréquentation des plages. On a élaboré une fonction économique pour déterminer les impacts des hautes et des basses eaux du lac. Cependant, les conseillers économiques n'ont pas jugé que cet indicateur était suffisamment rigoureux pour être comparé aux autres indicateurs de performance économique. Ils ont conseillé de ne pas l'inclure dans l'analyse économique mais plutôt d'en faire état dans l'exposé contextuel.

Cordons littoraux et dunes

L'indicateur de performance des cordons littoraux et des dunes a été élaboré afin de quantifier les impacts des niveaux d'eau sur les systèmes naturels de plages et de dunes, telles que les ensembles de cordons littoraux qui protègent les terres humides. Les systèmes de dunes de sable, comme celles que l'on voit dans la partie est du lac Ontario, sont sensibles aux hautes eaux et aux tempêtes. Toutefois, étant donné la nature dynamique du système littoral, il était trop difficile de quantifier le transport de sable; il aurait fallu des ressources considérables pour construire le modèle. En se fondant sur l'analyse des connaissances existantes et de la documentation, on a donc mis au point des critères hydrologiques calqués, à toutes fins pratiques, sur les critères d'érosion élaborés par le GTT sur les processus littoraux.

Bas Saint-Laurent

Nous avons élaboré des courbes niveaux-dommages pour les constructions existantes dans la plaine inondable du Saint-Laurent, comme l'indique la figure C-4. Elles ont servi à calculer l'indicateur de performance économique primaire relatif aux inondations ainsi que les montants des dommages occasionnés aux bâtiments et à leur contenu par une inondation.

On a aussi élaboré des modèles et des fonctions numériques qui relient les données sur les dommages à l'échelle municipale. Les îles de Sorel et les municipalités autour du lac Saint-Pierre sont de loin les endroits les plus exposés aux dommages causés par des inondations. Dans le lac Saint-Louis, les municipalités les plus à risque sont Beauharnois, Léry et Notre-Dame-de-l'Île-Perrot (Doyon et coll., 2004).

Le GTT sur les processus littoraux a décidé que l'indicateur de performance économique ne décrivait pas pleinement les impacts d'une inondation sur les collectivités du bas Saint-Laurent et a donc établi certains indicateurs sociaux pour le compléter et le mettre en contexte en quantifiant les aspects sociaux des

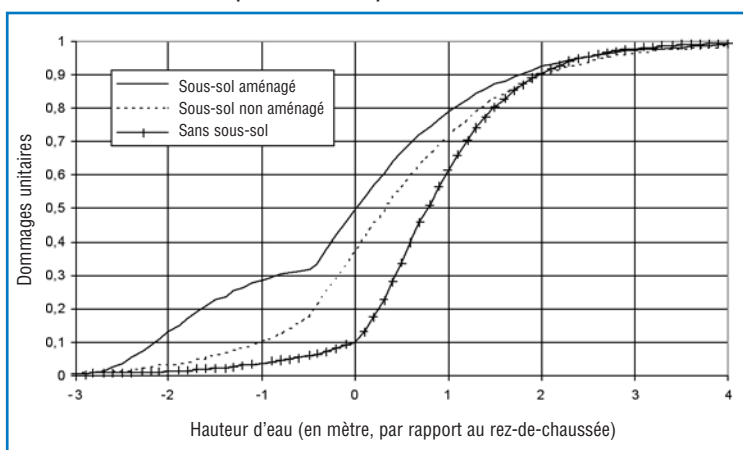


Figure C-4 : Courbes niveaux-dommages pour les bâtiments de plain-pied situés dans la plaine d'inondation du Saint-Laurent

dommages. Cependant, tous ces indicateurs ne témoignent que des dommages directs.

Les indicateurs de performance sociale comprennent les mesures suivantes :

- nombre de résidences inondées,
- nombre de propriétés expropriées,
- surface totale des terres inondées (en hectares), par type d'utilisation,
- longueur totale des routes inondées (en kilomètres), par type de route.

Érosion des terrains non protégés

On a calculé l'érosion le long du bas Saint-Laurent des terrains non protégés. Il y a très peu de terrains bâtis non protégés qui sont soumis à l'érosion sur le bas Saint-Laurent. Les terres qui s'érodent sont surtout situées sur des îles non bâties. Sur le lac, on n'a attribué aucune valeur à ces terres perdues, car on a supposé qu'il y avait un gain ailleurs dans le système. Cela n'est pas nécessairement le cas le long du fleuve, où les sédiments sont charriés vers l'océan. Cependant, deux importants facteurs ont joué un rôle dans l'analyse. D'abord, la valeur économique des terrains perdus était si petite que la perte ne pouvait influencer sur le processus décisionnel lié à l'évaluation des plans. Deuxièmement, en fonction d'observations sur le terrain et d'études de modélisation, on a déterminé que, dans de nombreux secteurs le long du bas Saint-Laurent, l'érosion est surtout causée par le sillage des navires. Bien que les niveaux d'eau jouent un rôle important dans les processus érosifs le long du fleuve, l'influence de la régularisation des débits sortants du lac Ontario est moindre que celle des grandes fluctuations saisonnières des niveaux du fleuve (Davies et MacDonald, 2004a).

Entretien des ouvrages de protection des rives

Environ la moitié des terres qui bordent le bas Saint-Laurent comportent des ouvrages de protection des rives. Des analyses économiques prouvent que les coûts de ces ouvrages dépassent de beaucoup la valeur économique des terres perdues par érosion. Les coûts d'entretien des ouvrages de protection des rives sont calculés dans le Modèle du fleuve Saint-Laurent (MFSL), élaboré par Pacific International Ltd. L'affouillement d'un ouvrage est déterminé par une série d'équations polynomiales dont les coefficients varient selon le niveau de l'eau. On calcule l'élévation de crête nécessaire à partir des plus hauts maxima au quart de mois sur une période mobile de dix ans. On combine ensuite ces maxima avec des données sur le type et l'emplacement des ouvrages afin de calculer le changement du coût annuel équivalent d'entretien des ouvrages de protection. On a entrepris une étude détaillée pour consigner les ouvrages de protection individuels le long du bas Saint-Laurent. On a validé la modélisation de l'affouillement en comparant le taux d'érosion verticale à celui de sites non protégés situés à proximité et affectés par l'érosion. On a comparé les statistiques sur la fluctuation des niveaux d'eau utilisées pour déterminer l'élévation de crête des ouvrages avec celles provenant de modèles plus détaillés (Davies et MacDonald, 2004a).

Niveaux économiques de base

On évalue que 25 000 propriétés riveraines privées bordent le lac Ontario et le Saint-Laurent en amont du barrage Moses-Saunders. Il y a trois composantes économiques de base à considérer : i) terrains bâtis sans ouvrage de protection des rives, ii) terrains comportant un ouvrage de protection des rives et iii) terrains exposés aux inondations.

En ce qui concerne l'érosion, près de 2 700 terrains bâtis (comportant des immeubles résidentiels ou commerciaux) recensés dans la base de données sur le littoral ne disposent pas actuellement d'ouvrages de protection des rives et sont exposés aux dommages dus à l'érosion. La valeur estimée des bâtiments situés sur ces terrains est de près de 300 millions de dollars US (sans compter la valeur foncière). Environ 5 000 terrains bâtis possèdent déjà des ouvrages de protection des rives de bonne qualité (niveau 1 ou 2). La valeur des ouvrages est estimée à près de 500 millions de dollars US et la valeur des bâtiments qu'ils protègent, à environ 1 milliard de dollars US (Baird, 2005b). L'ennui est que ces valeurs représentent le capital immobilier et foncier et ne conviennent pas comme mesures de base, puisqu'on cherche à estimer l'amplitude annuelle de l'activité économique.

Afin de fournir le bon contexte pour les dommages sur une année, il faut annualiser la valeur d'un immeuble. Une façon standard de donner une mesure contextuelle, suggérée par les conseillers économiques, consiste à utiliser l'amortissement de l'immeuble riverain. L'amortissement est une estimation du montant des dépenses nécessaires pour conserver la valeur du parc immobilier. Il permet donc d'estimer la perte annuelle d'investissements quel que soit le plan de régularisation. Si on prend le taux d'amortissement de 3,6 % suggéré par les conseillers économiques, l'amortissement annuel du parc immobilier exposé à l'érosion de 300 millions de dollars US est d'environ 10,8 millions de dollars US. C'est ce dénominateur qu'il faudra utiliser pour évaluer en pourcentage les avantages gagnés ou perdus par un plan donné par comparaison

au Plan 1958-DD pour l'indicateur de performance de l'érosion. Dans le cas de l'érosion des terrains protégés non bâtis sur le lac Ontario, le plan B+ a un avantage net de -0,17 million de dollars US par rapport au Plan 1958-DD. Le pourcentage de dommages pour cet indicateur de performance serait donc : -0,17 million de dollars US divisé par 10,8 millions de dollars US, soit une perte de 2 %.

Puisque la valeur des ouvrages de protection des rives augmentera à mesure que l'indicateur de performance de l'érosion amènera de nouveaux ouvrages, il est difficile de séparer les niveaux économiques de base de l'indicateur de l'entretien des ouvrages de protection des rives et de l'indicateur de l'érosion. Toutefois, si on utilise seulement les terrains ayant un ouvrage de protection des rives, on obtient une estimation prudente. En combinant la valeur des ouvrages de protection des rives avec la valeur immobilière, on obtient une valeur totale d'investissement de 1,5 milliard de dollars US. Un taux d'amortissement de 3,6 % produit un amortissement annuel d'environ 54 millions de dollars US, qu'il faut utiliser comme valeur économique de base pour l'entretien des ouvrages de protection des rives du lac Ontario. En d'autres termes, quel que soit le plan de régularisation en place, on estime que les propriétaires dépenseront environ 54 millions de dollars annuellement pour conserver la valeur de leurs biens. Les gains et les pertes associés à un plan de régularisation particulier pourront donc être mesurés par rapport à cette valeur de base.

En ce qui concerne les inondations des rives du lac Ontario, environ 2 400 terrains bâtis se trouvant à 2,0 m ou moins d'élévation par rapport au zéro des cartes sont exposés. La valeur des bâtiments et de leur contenu pour ces 2 400 terrains est estimée à 500 millions de dollars. Un taux de 3,6 % porte l'amortissement estimatif à 18 millions de dollars US. Parmi les comtés évalués du haut Saint-Laurent (comtés de Jefferson et de St. Lawrence), environ 600 terrains sont exposés à des risques d'inondation, ce qui représente une valeur de 75 millions de dollars US pour les bâtiments et leur contenu. En appliquant un taux d'amortissement de 3,6 %, on arrive à une valeur économique de base de 2,7 millions de dollars US.

Le long du Saint-Laurent en aval du barrage Moses-Saunders, on dénombre environ 5 770 habitations unifamiliales dans les limites de la plaine d'inondation centennale. Leur valeur estimée de 380 millions de dollars US conduit à une valeur d'amortissement de 13,7 millions, qui servira de valeur économique de base pour les dommages dus aux inondations en aval. Ainsi, la somme des coûts d'amortissement liés aux inondations est de : 18,0 millions + 2,7 millions + 13,7 millions = 34,4 millions de dollars US. Comme nous l'avons indiqué plus haut, les gains et les pertes associés à un plan de régularisation particulier pourront être mesurés par rapport à cette valeur de base.

L'augmentation des coûts d'entretien des ouvrages de protection des rives en aval devrait être mesurée par rapport à un amortissement de 200 millions de dollars à l'infrastructure des ouvrages de protection des rives pour un niveau économique de base de 7,2 millions de dollars.

Le tableau C-2 indique les niveaux économiques de base pour les indicateurs de performance des processus littoraux, en millions de dollars US par an.

Tableau C-2 : Niveaux économiques de base des indicateurs de performance des processus littoraux (en millions de dollars US)

PROCESSUS LITTORAUX	Niveau économique de base
<i>Ontario</i>	82,8 \$
Entretien des ouvrages de protection des rives	54,0 \$
Érosion des parcelles aménagées non protégées	10,8 \$
Inondations	18,0 \$
<i>haut Saint-Laurent</i>	2,7 \$
Inondations	2,7 \$
Saint-Laurent	20,9 \$
Inondations	13,7 \$
Entretien des ouvrages de protection des rives	7,2 \$

Importance de l'analyse stochastique

On a utilisé une série stochastique d'apports en eau sur 50 000 années afin de produire des estimations fiables des dommages annuels moyens pour les indicateurs de performance des inondations dans le lac Ontario et le bas Saint-Laurent. Dans l'analyse, chaque inondation a été étudiée de façon indépendante, et la longue série d'apports donne une bonne représentation de la variation possible des niveaux d'eau pour divers plans. Dans le cas des indicateurs de performance de l'érosion et de l'entretien des ouvrages de protection des rives du lac Ontario, le calcul économique comporte une série chronologique dépendante, puisqu'il faut mesurer l'érosion ou l'affouillement le long d'une section du littoral au fil du temps. Les conseillers économiques ont recommandé que la capacité d'un plan de retarder l'érosion ou de freiner la hausse des coûts d'entretien des ouvrages de protection soit évidente dans l'évaluation. La série stochastique de 50 000 années a donc été divisée en 495 séries de 101 années, et on a évalué chaque plan en utilisant toutes les séries. On a défini les dommages moyens pour chaque trimestre en utilisant les 495 séries d'apports, puis actualisé les résultats pour représenter l'impact du report des dommages à une date ultérieure. Sur la recommandation des conseillers économiques, nous avons utilisé un taux d'actualisation de 4 % sur 30 ans.

Analyse

Les intérêts riverains à proximité du lac Ontario sont surtout sensibles aux niveaux d'eau élevés qu'entraînent certains plans de régularisation. Cela dit, les impacts estimés dépendent aussi de l'énergie et de la hauteur des vagues, qui fluctuent selon l'endroit du lac et tout au long de l'année mais atteignent le plus souvent leur maximum au printemps et à l'automne (voir la figure C-5). Ainsi, le moment des hautes eaux au printemps et en automne peut avoir un impact considérable sur les résultats d'un plan. Les plans qui maintiennent des niveaux faibles à la fin de l'automne et au début du printemps entraîneront des conditions plus favorables pour les intérêts riverains. Les plans de régularisation dont le niveau d'eau annuel atteint toujours son maximum en juin, en juillet et en août permettront donc généralement de réduire au minimum les impacts littoraux.

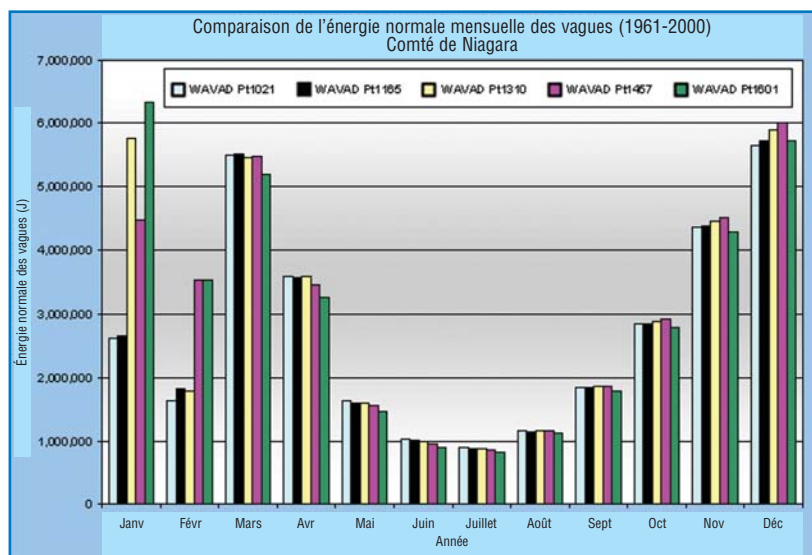


Figure C-5 : Comparaison de l'énergie normale mensuelle des vagues (1961-2000) pour le Comté de Niagara

L'analyse a permis de constater que l'indicateur de performance de l'entretien des ouvrages de protection des rives était le plus sensible aux changements apportés à un plan de régularisation dans le cas du lac Ontario. Deux facteurs particuliers contribuent à cette augmentation de la sensibilité. D'abord, les ouvrages de protection actuels représentent un important investissement sur le périmètre du lac (valeur estimative de 497 millions de dollars), et il pourrait s'avérer économiquement avantageux d'en retarder l'entretien. En outre, comme nous l'indiquons plus haut, l'entretien des ouvrages de protection des rives est très sensible à l'impact des vagues et il est donc influencé par les moments où prévalent les différents niveaux d'eau. Notamment, de hautes eaux se produisant pendant que les vagues sont hautes entraîneront très rapidement des défaillances dues à des déversements. Le module des ouvrages de protection des rives du SPCE (Système de prévisions des crues et de l'érosion) prévoit des défaillances multiples des ouvrages au cours d'une période de simulation (généralement 101 années).

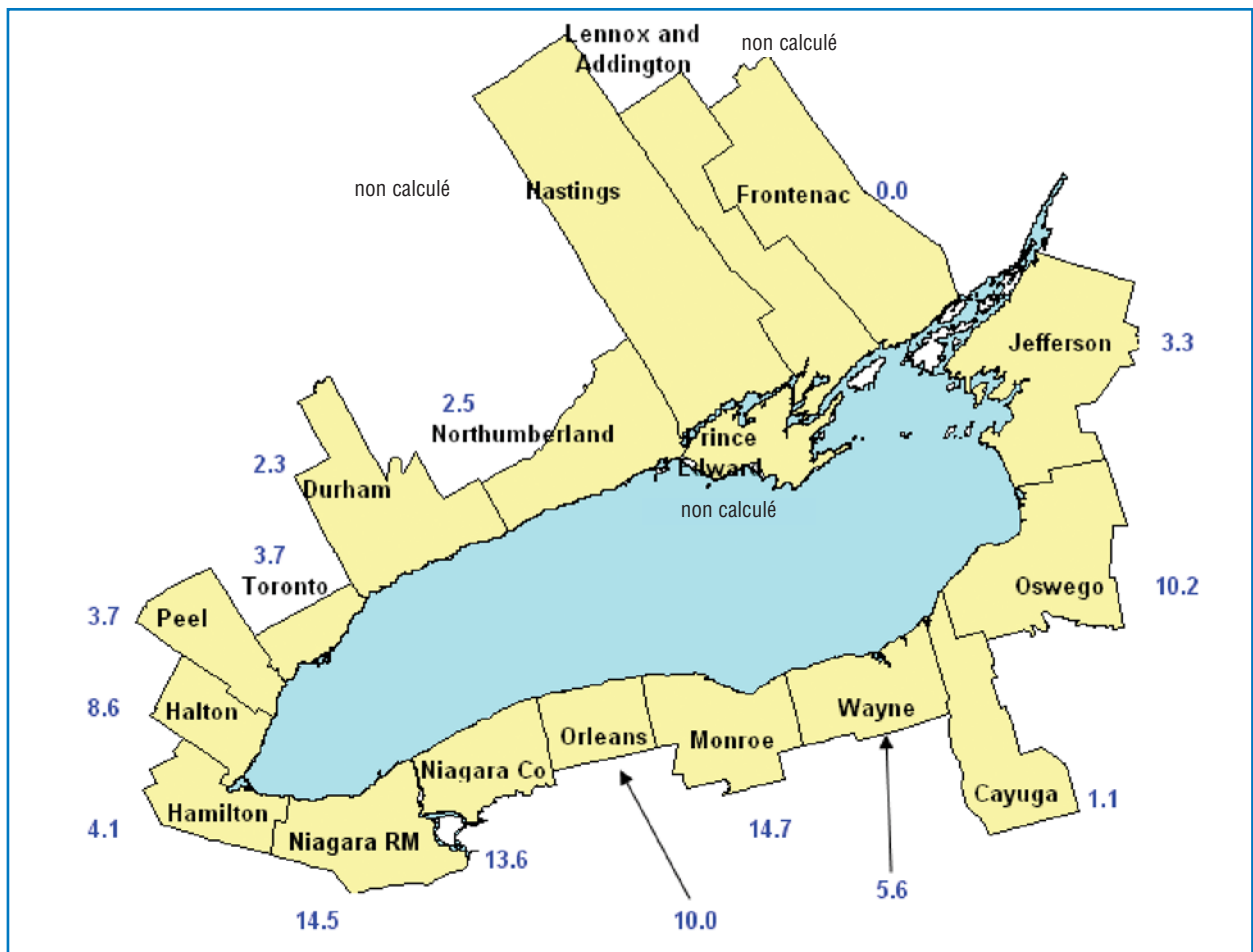


Figure C-6 : Carte du pourcentage de dommages sous le régime du Plan 1958-DD, par comté, sur les rives du lac Ontario

Les dommages annuels moyens absolus de l'indicateur de performance de l'entretien des ouvrages de protection des rives se concentrent dans les comtés sur la rive sud du lac Ontario. La figure C-6 présente la répartition (en pourcentage) des dommages sous le régime du Plan 1958-DD d'après les apports stochastiques. La répartition relative des dommages entre les comtés est stable pour les divers plans évalués.

La sensibilité des ouvrages de protection des rives aux dommages causés par des déversements est en partie influencée par l'estimation des niveaux d'eau de conception utilisée dans le calcul. Dans le modèle du SPCE, les niveaux d'eau de conception sont attribués par comté et sont déterminés en fonction d'un risque établi à partir de l'analyse statistique des conditions historiques des vagues et de la houle dans un comté particulier (pratique normale en génie littoral). Nous savons que tous les ouvrages construits dans un comté ne respectent pas les niveaux d'eau de conception estimés (certains sont plus élevés, d'autres sont plus bas). Il est cependant très difficile de déterminer les niveaux d'eau réels de conception pour des parcelles individuelles autour du lac. Le GTT sur les processus littoraux juge que l'estimation par comtés est adéquate, d'après son évaluation des dommages qui tient compte tant des niveaux d'eau de conception estimés que des niveaux réels de la Région de Halton. Une analyse de sensibilité a révélé que le choix des niveaux de conception pour un comté peut influencer sur la probabilité des défaillances par déversement. L'utilisation d'estimations de niveaux d'eau de conception plus élevées dans les régions du littoral sud du lac Ontario, où les coûts des ouvrages de protection des rives sont généralement plus élevés, tend à faire diminuer les défaillances dues à des déversements. En appliquant des niveaux d'eau de conception plus élevés, on peut réduire sensiblement les différences entre les plans en ce qui concerne l'indicateur de

performance de l'entretien des ouvrages de protection des rives. Si la plupart des ouvrages de protection actuels sont surdimensionnés en ce qui concerne l'estimation par le GTT de la hauteur des vagues dans les comtés américains, les différences entre les plans sont moindres que les estimations du SPCE. Cependant, l'expérience donne à penser que les ouvrages de protection des rives aux États-Unis ont parfois été mal conçus et que beaucoup, sinon la plupart, sont moins hauts que ne l'estime la modélisation du SPCE; les différences entre les plans sont donc au moins égales, sinon supérieures, à celles estimées par le SPCE.

L'indicateur de performance de l'érosion des terrains non protégés en bordure du lac Ontario est moins sensible aux différences entre les plans de régularisation que l'indicateur de performance de l'entretien des ouvrages de protection des rives. Tandis que les ouvrages existants de protection peuvent faillir plusieurs fois pendant une simulation, le modèle d'érosion du SPCE ne peut estimer qu'une fois le coût de la construction initiale d'un ouvrage de protection des rives de parcelles non protégées et tout entretien subséquent sera mesuré par l'indicateur de performance de l'entretien des ouvrages de protection des rives. Estimer les dommages économiques de l'érosion en fonction du moment où la construction d'un ouvrage de protection s'avérera nécessaire est une façon appropriée d'attribuer une valeur économique aux dommages prévus. Toutefois, on a constaté que des plans pouvaient donner des dommages économiques annuels moyens presque identiques, mais pour des vitesses observées de recul des rives très différentes. Les facteurs économiques ne peuvent donc pas toujours déterminer les différences entre les plans pour ce qui est des processus érosifs autour du lac en raison du plafonnement de la valeur des ouvrages de protection des rives. On a donc fourni au Groupe d'étude aussi bien la valeur économique des dommages dus à l'érosion que les taux d'érosion eux-mêmes.

Les dommages annuels moyens occasionnés par les inondations au lac Ontario sont généralement les dommages les moins importants des indicateurs de performance des processus littoraux. C'est en partie parce que la plupart des plans visent à conserver le niveau du lac sous la barre des 75,6 m (248 pi) environ. De façon générale, les

dommages dus aux inondations ne sont pas distribués de façon égale sur une série de 101 années (voir la figure C-7). Ils sont surtout causés par des événements catastrophiques, et tous les dommages peuvent survenir en quelques années seulement. Il faut faire attention lorsqu'on interprète des résultats annuels moyens, particulièrement dans le cas des séries de 101 années. C'est la série stochastique entière de 50 000 années qui fournit les résultats les plus fiables pour ce qui est de la prévision des dommages annuels moyens.

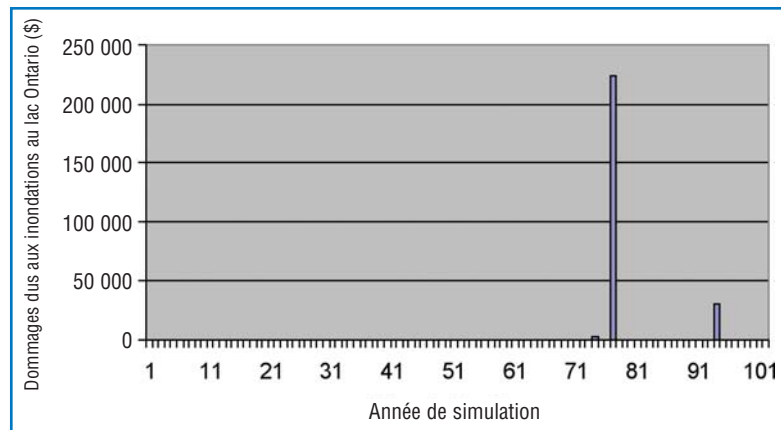


Figure C-7 : Dommages absolus dus aux inondations sur 101 ans sous le régime du Plan 1958-DD

Le long du bas Saint-Laurent, les coûts d'entretien des ouvrages de protection des rives ne sont pas très sensibles aux changements apportés à un plan de régularisation, parce qu'une grande partie des dommages est due au sillage des navires, sur lequel la régularisation n'a pas d'effet. Contrairement à ce qui se passe sur la surface libre du lac, les vagues provoquées par le vent ne jouent pas un grand rôle sur le fleuve, et la variation naturelle du bas Saint-Laurent en raison de la crue nivale de la rivière des Outaouais et des apports en provenance des affluents a un plus grand impact que la régularisation. On n'observe donc généralement pas de grandes différences entre les plans. Sur le bas Saint-Laurent, la régularisation influence

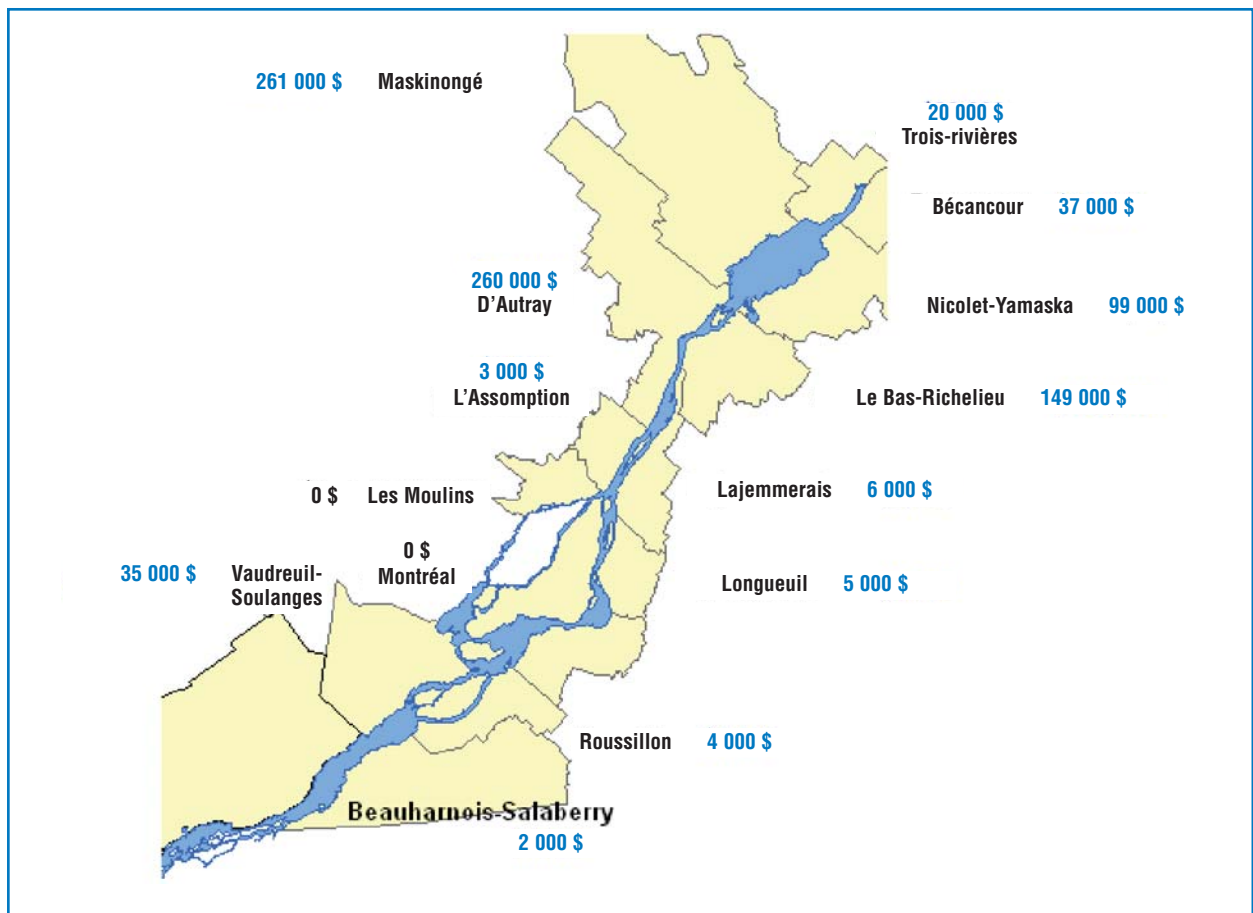


Figure C-8 : Carte des dommages sur le littoral aval (moyenne annuelle stochastique du Plan 1958-DD par municipalité régionale de comté) (dollars américains)

surtout sur l'indicateur de performance des dommages dus aux inondations. La figure C-8 présente des estimations des dommages annuels moyens par municipalité régionale de comté (MRC), en fonction des apports stochastiques du Plan 1958-DD. La répartition des dommages entre les diverses MRC est assez représentative pour l'ensemble des plans de régularisation. De façon générale, les dommages dus aux inondations sont plus importants dans les MRC situées le plus près du lac Saint-Pierre. Bien qu'il soit possible que des dommages considérables se produisent dans les MRC situées près de Montréal, la régularisation maintient très efficacement les niveaux d'eau désirés dans ces tronçons en raison de la proximité du barrage Moses-Saunders. Plus en aval, la variabilité intrahebdomadaire due aux affluents peut faire monter les niveaux plus haut que prévu et faire augmenter les dommages dus aux inondations.

Intégration au Modèle de la vision commune

Le MVC condense en quelques algorithmes toute la modélisation informatique détaillée utilisée pour déterminer les impacts des indicateurs de performance tant sur les processus littoraux que sur les inondations dans le bas Saint-Laurent. Cela permet d'évaluer les indicateurs et facilite l'intégration des conclusions pour ces intérêts au processus décisionnel d'ensemble.

Le Système de prévision des crues et de l'érosion (SPCE) et le Modèle du fleuve Saint-Laurent (MFSL) fonctionnent comme composantes distinctes du MVC. Une version exécutable du SPCE a été créée afin de permettre l'analyse rapide des propositions de plan. Elle a plus tard été modifiée pour permettre l'exécution de la série complète d'apports stochastiques sur 50 000 années. Les résultats des évaluations historiques du MFSL ont montré qu'il y avait peu de différences entre les plans. Les évaluations de quatre scénarios

stochastiques et de quatre scénarios de changements climatiques l'ont confirmé. Le MFSL n'a donc pas été modifié pour l'exécution de la simulation sur 50 000 années. Les valeurs finales des coûts des ouvrages de protection des rives en aval sont plutôt une moyenne des résultats des séries historiques et des quatre valeurs extrêmes des séries stochastiques de 101 années.

Résumé des principales conclusions

- Le moment exact des hautes eaux du printemps et de l'automne peut avoir un impact considérable sur les résultats des plans. Les plans qui permettent de maintenir les niveaux des lacs plus bas à la fin de l'automne et au début du printemps créeront des conditions plus favorables aux intérêts riverains.
- Les plans de régularisation où le maximum annuel de niveau d'eau est toujours atteint en juin, en juillet et en août permettront généralement de minimiser les impacts littoraux.
- L'indicateur de performance de l'entretien des ouvrages de protection des rives est le plus sensible aux changements apportés à un plan de régularisation pour le lac Ontario parce que l'entretien des ouvrages de protection des rives est très sensible à l'impact des vagues. Retarder l'entretien des ouvrages de protection existants pourrait être avantageux sur le plan économique, surtout pour les résidents de la rive sud.
- La probabilité de dommages dus à des déversements par-dessus les ouvrages de protection des rives est en partie influencée par les niveaux d'eau de conception utilisés dans le calcul. Des niveaux de conception plus élevés peuvent réduire considérablement, et même éliminer, les différences entre les plans pour cet indicateur de performance.
- Il y aura de l'érosion autour du lac Ontario quel que soit le plan de régularisation appliqué. La différence réside dans la vitesse à laquelle elle se produira. Même si l'impact monétaire estimé de la régularisation peut être assez faible, l'impact sur les vitesses de recul des rives peut être important.
- On peut estimer la probabilité de dommages dus aux inondations en bordure du lac Ontario en combinant les niveaux d'eau avec le moment de l'année où ils se produisent; les dommages sont les moins probables lorsque les orages sont les moins probables (en été). Les dommages annuels moyens dus aux inondations du lac Ontario sont généralement les dommages les moins importants parmi ceux associés aux divers indicateurs de performance des processus littoraux. Ils sont surtout fonction d'événements catastrophiques et peuvent se produire tous en quelques années seulement.
- De faibles niveaux d'eau peuvent aggraver les dommages dus à l'érosion et les dommages aux ouvrages de protection des rives parce qu'il y a alors sapement au pied de la rive, qui entraîne l'effondrement des rives non protégées et l'affouillement des ouvrages de protection;
- Le long du bas Saint-Laurent, l'entretien des ouvrages de protection des rives n'est pas très sensible aux changements apportés à un plan de régularisation, parce qu'une grande partie des dommages est due au sillage des navires, sur lequel la régularisation n'a pas d'effet;
- Le long du bas Saint-Laurent, l'indicateur de performance des dommages dus aux inondations est surtout influencé par la régularisation, particulièrement dans les portions inférieures en aval de Montréal, près de la région de Sorel/lac Saint-Pierre;
- L'érosion dans le bas Saint-Laurent n'est pas vraiment un problème économique important puisque la plupart des terrains bâtis sont déjà protégés.

Participants

Groupe de travail technique sur les processus littoraux		
	Thomas Bender, responsable pour les États-Unis	U.S. Army Corps of Engineers, Buffalo, NY
	Ralph Moulton, responsable pour le Canada	Environnement Canada, Burlington, ON
	Joan Pope	U.S. Army Corps of Engineers, Vicksburg, MS
	Scott Thieme	U.S. Army Corps of Engineers, Detroit, MI
	Robert Shearer	NYS Dept. of Environmental Conservation, Avon, NY
	Sandra Bonanno	The Nature Conservancy, Pulaski, NY
	Donald Woodrow	Hobart and William Smith Colleges, Geneva, NY
	Teresa Labuda	Conservation Halton, Milton, ON
	Jean-François Cantin	Environnement Canada – Québec, Sainte-Foy, QC
	Bernard Doyon	Environnement Canada – Québec, Sainte-Foy, QC
	Charles O'Neill	New York Sea Grant, SUNY Brockport, NY
	Ala Boyd	Ministère des Richesses naturelles de l'Ontario, Peterborough, ON
	Serge Lepage	Environnement Canada, Montréal, QC
	Bernard Rondeau	Environnement Canada, Montréal, QC
	Chris Stewart	Christian J. Stewart Consulting, Victoria, Colombie-Britannique
Conseillers :	Rob Nairn	W.F. Baird & Associates, Oakville, ON
	Pete Zuzek	W.F. Baird & Associates, Oakville, ON
	Mike Davies	Pacific International Engineering, Inc., Ottawa, ON
	Neil MacDonald	Pacific International Engineering, Inc., Ottawa, ON
Agent de liaison du Conseil	Frank Sciremammano Jr.	Rochester Institute of Technology, Rochester, NY
Agents de liaison du GCIP	Larry Field	Downsview, ON
	Marc Hudon	Chicoutimi, QC
	Tony McKenna	Amherst, NY
	Henry Stewart	Rochester, NY
	Max Streibel	Greece, NY

Bibliographie

- Baird, W.F. and Associates Coastal Engineering Ltd. 2002. *Classification of shore Units, Lake Ontario and Upper St. Lawrence River Study*. Document établi pour le district de Buffalo de l'USACE, juin 2002.
- Baird, W.F. and Associates Coastal Engineering Ltd. 2003. *Lake Ontario WAVAD Hindcast for IJC Study*. Document établi pour le district de Buffalo de l'USACE, octobre 2003.
- Baird, W.F. and Associates Coastal Engineering Ltd. 2004a. *Flooding Performance Indicator: Methodology and Shared Vision Application*. Document établi pour le GTT sur la formulation et l'évaluation des plans, mars 2004.
- Baird, W.F. and Associates Coastal Engineering Ltd. 2004b. *Erosion Performance Indicator: Methodology and Shared Vision Application*. Document établi pour le Groupe de formulation et d'évaluation des plans, mars 2004.
- Baird, W.F. and Associates Coastal Engineering Ltd. 2004c. *Shore Protection Maintenance Performance Indicator: Methodology and Shared Vision Application*. Document établi pour le Groupe de formulation et d'évaluation des plans, mars 2004.
- Baird, W.F. and Associates Coastal Engineering Ltd. 2005. *Coastal Performance Indicator Summaries*. Document établi pour le GTT sur les processus littoraux, Étude internationale sur le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent.
- Baird, W.F. and Associates Coastal Engineering Ltd. 2005a. *Shore Protection Costs*. Document établi pour le Groupe de formulation et d'évaluation des plans, août 2005 (Tâche 4 du contrat IJC-5-003).
- Baird, W.F. and Associates Coastal Engineering Ltd. 2005b. *Baseline Economics*. Document établi pour le Groupe de formulation et d'évaluation des plans, octobre 2005 (Tâche 5 du contrat IJC-5-003).

- Baird, W.F. and Associates Coastal Engineering Ltd. 2005c. *Mitigation of Coastal Impacts for Candidate Plans*. Document établi pour le Groupe de formulation et d'évaluation des plans, novembre 2005 (Tâche 6 du contrat IJC-5-003).
- Baird, W.F. and Associates Coastal Engineering Ltd. 2005d. *Model Verification for Erosion Performance Indicator*. Document établi pour le Groupe de formulation et d'évaluation des plans, septembre 2005 (Tâche 8 du contrat IJC-5-003).
- Champoux, O., J. Morin, B. Doyon, A. Bouchard, É. Dallaire, É., A. Morin, N. Roy et J.-P. Côté. 2003. *Floodplain Mapping of Lake des Deux Montagnes, Modelling of Wind-Generated Waves for Lake St. Louis and Lake des Deux Montagnes, Integration of Landside Datasets*. Rapport technique SMC – Région du Québec, Section hydrologie RT-126, Environnement Canada, Sainte-Foy, 58 p.
- Christian J. Stewart Consulting. 2001. *A Review of Potential Data Sources for Use in Evaluating Coastal Process and Riparian Impacts Associated with Changing Water Levels on Lake Ontario and the St. Lawrence River*. Document établi pour le GTT sur les processus littoraux de l'Étude internationale sur le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent, septembre 2001.
- Christian J. Stewart Consulting. *Task Summary Report: A Revised Geomorphic, Shore Protection and Nearshore Classification of the Canadian and United States Shorelines of Lake Ontario and the St. Lawrence River*. Document établi pour le GTT sur les processus littoraux de l'Étude internationale sur le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent, novembre 2002.
- Côté, J.-P., B. Carrier, B. Doyon, N. Roy, A. Morin et É. Dallaire. 2003. *Plaine inondable du fleuve Saint-Laurent de Cornwall à Trois-Rivières: atlas du territoire*. Rapport technique SMC – Région du Québec, Section hydrologie RT-127, Environnement Canada, Sainte-Foy, 34 pages + 16 fiches descriptives.
- Davies, M.H., et N.J. MacDonald. 2004a. *Shoreline Response Lower St. Lawrence River Volume 1 - Main Text. Version 1.1*. Rapport technique présenté à Environnement Canada, Service météorologique du Canada, région du Québec dans le cadre de l'Étude internationale sur le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent, 132 pages.
- Davies, M.H. et N.J. MacDonald. 2004b. *Shoreline Response Lower St. Lawrence River Volume 2 - Appendices. Version 1.1*. Rapport technique présenté à Environnement Canada, Service météorologique du Canada, région du Québec dans le cadre de l'Étude internationale sur le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent, 343 p.
- Doyon, B., J.-P. Côté, L. Bonnifait, N. Roy, A. Morin et É. Dallaire. 2004. *Crues du fleuve Saint-Laurent: construction de courbes d'endommagement par submersion applicables aux résidences installées dans la plaine inondable*. Rapport technique SMC – Région du Québec, Section Hydrologie RT-132, Environnement Canada, Sainte-Foy, 51 pages.
- Doyon, B., É. Dallaire, N. Roy, A. Morin et J.-P. Côté. 2004. *Estimation des dommages résidentiels consécutifs aux crues du fleuve Saint-Laurent*. Rapport technique SMC – Région du Québec, Section Hydrologie RT-133, Environnement Canada, Sainte-Foy, 41 pages.
- Doyon, B., A. Morin, N. Roy, J.-P. Côté, J. Morin, O. Champoux, D. Dauphin, E. Marceau, A. Bouchard et J.-F. Cantin. 2003. *Avancement des travaux du groupe de travail technique sur les processus littoraux, Rapport final - février 2003*. Rapport technique SMC – Région du Québec, Section Hydrologie RT-121, Environnement Canada, Sainte-Foy, 80 pages + 6 cartes.
- Doyon, B., A. Morin, N. Roy, É. Dallaire et J.-P. Côté. 2004. *Assessment of Flood Damage: Impact Functions for the Lower St. Lawrence*. Rapport technique SMC – Région du Québec, Section Hydrologie RT-121, Environnement Canada, Sainte-Foy, 27 p. + annexe.
- Fortin, P., A. Morin, N. Roy et B. Doyon. 2004. *Cueillette de données bathymétriques et actualisation du modèle numérique d'élévation du fleuve Saint-Laurent*. Rapport technique SMC – Région du Québec, Section Hydrologie RT-129, Environnement Canada, Sainte-Foy, 26 pages.
- Morin, A., N. Roy, B. Doyon et É. Dallaire. 2004. *Berges du fleuve Saint-Laurent de Cornwall à Trois-Rivières: profils actuels et reculs historiques des talus*. Rapport technique SMC – Région du Québec, Section Hydrologie RT-131, Environnement Canada, Sainte-Foy, 53 pages.
- Pacific International Engineering. 2004.
- U.S. Army Corps of Engineers. 1999. *Lake Michigan Potential Damages Study*.

C. Exposé contextuel sur les processus littoraux du lac Ontario et du haut Saint-Laurent

Le présent exposé contextuel vise six indicateurs de performance (IP) des processus littoraux du lac Ontario et du haut Saint-Laurent : érosion, ouvrages existants de protection des rives, bilan sédimentaire, inondations, accès aux plages et cordons littoraux et dunes. Un exposé contextuel distinct a été établi pour le bas Saint-Laurent. Il suit le présent exposé.

1. Contexte socio-économique général

Le GTT sur les processus littoraux a élaboré une vaste base de données afin de terminer l'évaluation des impacts pour les six indicateurs de performance (Coastal Data Server). Outre les ensembles de données spatiales, comme des grilles topographiques en 3D, et les informations temporelles, comme les données horaires sur les vagues le long du rivage, une base de données complète sur les parcelles de terrain a été constituée pour des zones de 100 à 200 m le long du rivage, selon les dangers locaux et les conditions du site. Cette base recense plus de 20 500 parcelles. Les ensembles de données, un long travail sur le terrain et l'enquête technique d'une durée de quatre ans ont fourni les données de base servant au présent exposé contextuel. Voici quelques éléments sur le contexte socio-économique général.

a) Valeur de la production de l'intérêt

Plusieurs tronçons littoraux sont exclus de la base de données sur les parcelles de terrain en raison d'un manque de données numériques; il s'agit notamment de la ville de Toronto, du comté de Prince Edward, de la baie de Quinte et d'une bonne partie de la côte canadienne du haut Saint-Laurent. D'après les connaissances générales de ces régions et des 20 570 parcelles recensées dans la base de données, nous estimons que plus de 25 000 propriétés privées sur les rives du lac Ontario et du haut Saint-Laurent sont exposées aux dangers des processus littoraux. La valeur estimée des propriétés est d'environ 5 milliards de dollars. Cette estimation se fonde sur des données réelles ainsi que sur des projections dans le cas des régions pour lesquelles on manque d'information. Elle ne comprend pas les biens des comtés ou des municipalités, tels que des usines de traitement de l'eau, ou les exploitations étatiques ou fédérales, telles que des centrales nucléaires. Si la contribution fiscale de ces biens riverains aux administrations locales, étatiques/provinciales et fédérales était ajoutée à la valeur estimée du terrain et des bâtiments, la valeur de production globale augmenterait probablement de 30 à 50 %, pour une valeur de production totale de 6,5 à 7,5 milliards de dollars.

La valeur de production des loisirs de plage peut être mesurée par les dépenses annuelles. Dans le cas des plages pour lesquelles nous possédons des chiffres (généralement celles des parcs d'État ou de province), les dépenses annuelles associées à leur fréquentation dépassent 100 millions de dollars. Vu que de nombreuses plages sont exclues en raison du manque de statistiques de fréquentation (p. ex. les plages municipales), les dépenses ou la valeur de production réelles des plages du lac Ontario et du haut Saint-Laurent sont probablement de 50 % à 100 % plus élevées.

Les cordons littoraux et les dunes sont des composantes physiques des baies protégées et des vallées fluviales immergées le long des côtes du lac Ontario, lesquelles soutiennent les milieux humides et les estuaires en fournissant un habitat environnemental essentiel. Le résumé de l'indicateur de performance sur les cordons littoraux et les dunes offre des renseignements supplémentaires à ce sujet. Puisqu'on n'attribue pas une valeur de production à l'habitat et aux espèces qui y vivent, il est impossible d'en attribuer une aux cordons littoraux et aux dunes. Il reste qu'ils jouent un rôle inestimable dans le maintien des estuaires et des milieux humides; il faudrait donc tenir compte des impacts des niveaux d'eau sur ces entités physiques.

En résumé, la valeur de production globale des indicateurs de performance des processus littoraux est de 6,7 à 7,7 milliards de dollars, ce qui ne comprend pas les avantages des cordons littoraux pour l'environnement naturel.

b) Nombre de parties prenantes

Plus de 25 000 propriétés riveraines sont touchées par les variations du niveau de l'eau, ce qui veut dire que plus de 50 000 personnes en Ontario et dans l'État de New York sont directement concernées par les impacts de l'érosion et des inondations et les répercussions sur les ouvrages de protection des rives. Puisque les plages étatiques et provinciales appartiennent aux New Yorkais et aux Ontariens, ceux-ci sont tous des parties prenantes. Lorsqu'on tient compte des avantages des cordons littoraux et des dunes pour la santé des écosystèmes et la biodiversité, les parties prenantes englobent toutes les personnes qui habitent dans les limites des bassins hydrographiques qui alimentent le lac Ontario et le haut Saint-Laurent.

c) Caractéristiques organisationnelles

Aucune des caractéristiques organisationnelles de ces parties prenantes n'est pertinente pour le présent exposé contextuel.

d) Valeurs et perceptions des parties prenantes

Il existe des propriétés riveraines sur l'ensemble du périmètre du lac et du fleuve. Il est impossible d'énumérer toutes les valeurs et perceptions des parties prenantes, mais certaines observations très générales peuvent être faites : i) les gens souhaitent que les niveaux d'eau soient faibles ou moyens; ii) les gens ne veulent pas de niveaux élevés, car ces niveaux augmentent les risques d'inondations, accélèrent l'érosion et endommagent les ouvrages de protection des rives en place; iii) il faudrait faire plus pour régulariser le niveau du lac à l'avantage des intérêts riverains. De plus, les propriétaires riverains croient que depuis la régularisation, les niveaux du lac sont plus élevés qu'ils le seraient sans barrage alors qu'en réalité, ils sont plus bas que s'il n'y avait pas d'aménagements régulateurs.

e) Restrictions importantes imposées par les lois, règlements et politiques

Le zonage des terres et la réglementation du rivage influent sur les plans d'aménagement et les taux de croissance de la zone littorale à risque du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent. Si le statu quo est maintenu, la conversion de terres agricoles en parcelles résidentielles se poursuivra, faisant augmenter le nombre de biens menacés par les dangers littoraux. Dans ce cas, il faudra réviser à la hausse l'estimation de 25 000 parcelles riveraines.

La province de l'Ontario a récemment présenté une loi prévoyant une ceinture de verdure pour la partie occidentale du lac Ontario; la loi met un terme à la conversion des terres agricoles en terrains résidentiels dans cette région. Ses effets sur les futurs taux de croissance des propriétés riveraines seront toutefois assez faibles, puisque la plus grande partie des rives de la région a déjà été convertie. En résumé, on s'attend à ce que le futur zonage ne change pas et que le nombre de propriétés riveraines du lac et du fleuve augmente.

Un deuxième aspect à considérer en matière de réglementation est la construction d'ouvrages de protection pour réduire ou éliminer l'érosion et les risques d'inondation le long des rives. Bien que les organismes étatiques, provinciaux et fédéraux n'approuvent pas nécessairement la construction d'ouvrages de génie pour protéger les biens résidentiels, il est possible d'obtenir des permis. Par exemple, sur le littoral encore libre du lac Ontario, environ la moitié des parcelles sont déjà protégées. Si des changements étaient apportés aux politiques régissant la construction d'ouvrages de protection des rives ou l'entretien des ouvrages existants, les impacts pour les propriétaires riverains de la zone d'étude seraient importants.

f) Historique de l'intérêt

Au tournant du 20^e siècle, les propriétés résidentielles sur le bord de l'eau étaient généralement situées dans les centres urbains. Entre les centres, les terres riveraines servaient à l'agriculture ou à des espaces libres naturels, tels des parcs. Au cours des 100 dernières années, la population du bassin des Grands Lacs a augmenté considérablement, tout comme la richesse de l'économie. Ensemble, ces deux forces ont entraîné une conversion soutenue des terres agricoles en résidences riveraines. Au départ, ces terres converties le long de la ligne des eaux servaient à bâtir des chalets ou des résidences saisonnières. Mais, au cours des dernières décennies, bon nombre de ces habitations ont été converties en résidences permanentes. De plus, de vastes parcelles de terres agricoles ont été converties en lots de domaines résidentiels.

Étant donné les politiques actuelles sur l'utilisation des terres au Canada et aux États-Unis, les pressions qui s'exercent pour convertir les terres agricoles ou rurales en terrains résidentiels se poursuivront probablement jusqu'à ce que toutes les rives aient été urbanisées. Cette date du « tout-aménagé » correspond au moment dans l'avenir où toutes les rives auront des propriétés résidentielles, seront converties en terres commerciales ou industrielles ou seront désignées espaces verts. Le sujet est développé à la section 5.

g) Conditions du marché

La demande du marché pour des propriétés résidentielles se maintiendra, comme nous venons de le dire, jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de terres non aménagées le long des rives. Par conséquent, les calculs de l'impact économique effectués au moyen du Système de prévision des crues et de l'érosion (SPCE) et du MVC sous-estimeront les dommages réels à l'avenir. En d'autres mots, la base de données sur l'aménagement des rives est à jour pour 2003-2004. Dans 50 ans, il y aura plus de terrains bâtis, mais la base de données ne tiendra pas compte de cette croissance. La vulnérabilité des futures propriétés aux dommages dépendra largement de l'application (ou non-application) de politiques de gestion des rives.

h) Impacts des dernières conditions de hautes ou de basses eaux

Lors des discussions avec les propriétaires riverains touchant les niveaux d'eau élevés, 1973 est une des années qui ont été le plus souvent mentionnées. Les hautes eaux survenues depuis la régularisation (p. ex. en 1973 et en 1992) ont fait subir des dommages économiques importants à la collectivité riveraine : érosion accélérée des rives, augmentation de la fréquence des inondations et dommages causés par les tempêtes aux ouvrages de protection des rives. Un rapport publié par le ministère des Richesses naturelles (Water Network, 1991) documente les crues historique des rivières et des lacs dans la province de l'Ontario et vient appuyer les conclusions de nos algorithmes : c'est-à-dire que les mois de mars et d'avril sont les mois où se produisent le plus de dommages dus à la crue des lacs. De plus, une bonne corrélation a été constatée entre les témoignages historiques des dommages causés par les inondations signalé pour le lac Ontario (dans des articles de journaux) et les résultats produits par le SPCE.

De nombreux propriétaires riverains présents depuis longtemps se souviennent du temps où les niveaux d'eau étaient bas, au milieu des années 1960. Cette situation est souvent perçue comme la condition utopique, avec de grandes plages face à des falaises qui s'érodaient et des murs de protection, et aucune menace d'inondation. Les plages naturelles étaient vastes et le transport éolien construisait de nouveaux systèmes de dunes sableuses. Ces niveaux d'eau faibles sont désirés par les membres de la collectivité riveraine et, en général, ce sont ceux qui les rendent le plus heureux.

2. Indicateurs de performance

La liste ci-dessous donne les indicateurs de performance du littoral pour le lac Ontario et le haut Saint-Laurent, ainsi que les hypothèses importantes et les limites majeures des données.

- a. Indicateur de performance de l'érosion : Cet IP quantifie les impacts de l'érosion sur les propriétés et l'infrastructure publique (c.-à-d. les bâtiments industriels) situées le long du rivage, dans les baies et en bordure du fleuve. L'algorithme prend pour acquis que le propriétaire construira un ouvrage de protection avant que l'érosion ne menace réellement sa maison. Le coût économique de la construction d'un tel ouvrage est assumé par le propriétaire. La principale hypothèse sous-tendant la méthodologie économique est que les organismes gouvernementaux vont continuer à délivrer des permis de construction pour des ouvrages de protection des rives.
- b. Indicateur de performance des ouvrages de protection des rives : Cet IP quantifie les impacts des niveaux d'eau sur les ouvrages de protection existants. L'algorithme prédit les défaillances des ouvrages dues aux déversements, à l'affouillement et à la dégradation (âge) pendant les périodes où le niveau du lac est élevé et pendant les tempêtes. Les impacts économiques sont mesurés en estimant le coût de renforcer ou remplacer les ouvrages endommagés. Si les organismes cessaient de délivrer des permis pour construire des ouvrages de protection, l'équation économique surestimerait les coûts de remplacement des ouvrages. Les dommages seraient cependant reportés sur les bâtiments sous la forme de destruction par l'érosion (c.-à-d. une maison qui s'écroule sur la berge), et notre algorithme ne quantifie pas ce processus.
- c. Indicateur de performance du bilan sédimentaire : Cet IP a été élaboré à des fins éducatives; aucune équation économique n'a été créée pour quantifier l'impact des niveaux d'eau sur les bilans sédimentaires.
- d. Indicateur de performance des inondations : Cet IP quantifie les impacts des niveaux d'eau et des vagues de tempête sur les niveaux d'inondation et les dommages économiques qui en découlent. On peut exécuter l'algorithme informatique sous deux modes : i) avec mesures d'atténuation, où on suppose que le propriétaire du terrain va chercher à atténuer les risques d'inondation s'ils se présentent à répétition; ii) sans mesure d'atténuation, où on suppose que le propriétaire va endurer les dommages des inondations et continuellement réparer les dégâts et remplacer les biens mobiliers à leur pleine valeur. Le GFEP et le Comité consultatif économique ont jugé, et c'est ce qui a été fait, qu'il fallait exécuter la simulation de 101 années sous forme d'une série de 101 expériences d'une durée d'un an, plutôt que comme une seule expérience d'une durée d'un siècle. Si on avait fait une simulation d'un siècle, une maison qui pourrait être inondée cinq fois dans un siècle serait inondée une seule fois dans la simulation, après quoi les mesures d'atténuation entraîneraient son retrait du groupe de maisons vulnérables, ce qui sous-estimerait considérablement les dommages.
- e. Indicateur de performance de l'accès aux plages : Cet IP quantifie les impacts des niveaux d'eau sur l'état physique des plages récréatives, notamment leur largeur, et les impacts connexes sur le taux de fréquentation des plages dans les parcs provinciaux et étatiques. Les données recueillies sur le terrain indiquaient que la largeur des plages influencerait sur le taux de fréquentation et, en fin de compte, sur les dépenses liées à cette fréquentation. Bien sûr, d'autres facteurs sans lien avec la régularisation des niveaux d'eau, comme la température, affecteront également la fréquentation des plages. L'algorithme ne prend cependant en compte que les impacts des niveaux d'eau puisqu'il s'agit du seul facteur modifié par la régularisation. Cet indicateur n'a pas été retenu pour l'analyse, car on a jugé qu'il n'était pas assez précis pour être comparé avec les autres indicateurs de performance. Un court résumé sur les plages est donné dans la prochaine section.
- f. Indicateur de performance des cordons littoraux et des dunes : L'IP visait surtout à souligner l'importante relation entre les niveaux d'eau et les cycles d'érosion/sédimentation. Par exemple, quand l'eau du lac est haute, les cordons littoraux et les dunes sont susceptibles d'être érodés et de migrer vers l'intérieur des terres. À l'inverse, durant les périodes de bas niveaux, les plages, dunes et cordons littoraux se reconstituent naturellement grâce au transport de sédiments et aux effets éoliens (sable soufflé par le vent). Cet IP n'a pas été incorporé dans un algorithme ni fait l'objet de calculs d'impacts économiques.

Pour les IP de l'érosion, de la protection des rives et des inondations, l'évaluation a été faite à l'échelle de la propriété individuelle, alors que les résultats économiques sont donnés à l'échelle du comté, du pays ou de l'ensemble du système. Comme nous ne disposons pas de données numériques sur les parcelles d'un certain nombre de régions géographiques du lac Ontario et du haut Saint-Laurent, les bénéfices et coûts économiques seront sous-estimés. En conséquence, en comparant les impacts en dollars il faudra considérer que les résultats des IP du littoral sont prudents.

Les algorithmes informatiques créés pour les IP de l'érosion, de la protection des rives et des inondations se basent sur des études en profondeur et des collectes de données détaillées échelonnées sur quatre ans et révisées par des spécialistes tout au long du processus d'élaboration. Elles sont abondamment documentées dans les trois rapports Baird qui figurent dans la bibliographie ci-dessous (2004a à 2004c). Les lecteurs qui désirent se renseigner sur les hypothèses sous-tendant la modélisation sont priés de s'y référer.

3. Catégories d'avantages non pris en compte par les indicateurs de performance retenus, mais potentiellement importants (impacts secondaires)

De nombreux bénéfices et impacts des niveaux d'eau ne sont pas pris en compte par les algorithmes actuels des IP dans le MVC. En voici un résumé.

- a. En ce qui concerne l'IP de l'érosion, en plus d'entraîner des coûts pour la construction d'ouvrages de protection des rives, un plan de régularisation qui accélère l'érosion a pour effet de modifier le contour même d'une parcelle de terrain, et donc la surface de terrain disponible. Cette diminution de la taille des parcelles n'est pas quantifiée dans le calcul des impacts économiques et ne se reflète pas dans l'évaluation de la valeur des propriétés. Elle n'en représente pas moins un impact secondaire touchant les propriétaires riverains.
- b. Dans le cas de l'IP des ouvrages de protection des rives, il faut noter qu'après la défaillance d'un ouvrage, sa réparation ou son remplacement, le nouvel ouvrage est plus grand et plus haut. Non seulement les nouveaux ouvrages coûtent plus cher à construire, mais à certains endroits le sommet toujours plus haut de l'ouvrage pourrait bloquer la vue depuis la propriété. Autrement dit, s'il est impossible de voir le lac depuis le salon, cela ne vaut pas le coup de payer plus pour acquérir un terrain au bord de l'eau.
- c. À la suite d'une inondation, il se produit de nombreux autres impacts secondaires tels que la perte temporaire de domicile, la nécessité de s'absenter du travail pour réparer et restaurer la maison et d'autres effets économiques négatifs. Ces impacts secondaires ne sont pas quantifiés dans le cadre de la méthodologie utilisée.
- d. Tel qu'indiqué plus haut, on n'a pas effectué de calculs d'impacts économiques pour l'IP des plages et dunes des cordons littoraux, mais simplement formulé des recommandations pour de nouveaux critères. Nous ne résumerons pas ici sous forme de tableaux économiques les bénéfices obtenus en augmentant la fréquence et la durée des bas niveaux d'eau du lac; Il y a toutefois des bénéfices importants pour les systèmes plages-dunes et pour l'habitat environnemental qu'ils forment et protègent.

Les plages s'agrandissent lorsque le sable, en suspension dans l'eau en mouvement le long du rivage, se dépose. Le processus de dépôt, très dynamique, met en jeu l'apport en sable, la dérive littorale, l'action du vent et des vagues, ainsi que les niveaux d'eau. Pour le modéliser, il faudrait modéliser la composition du sol en voie d'érosion sur l'ensemble du littoral, son transport le long du littoral et en eau profonde et les moments et lieux de son dépôt – une tâche énorme que nous avons jugée impossible à accomplir pour l'instant.

Le fait que les plans proposés soient assez semblables aggrave la difficulté. Les valeurs inférieures et supérieures possibles pour les plans sont restreintes au départ par certaines considérations touchant les inondations, la navigation et l'alimentation en eau, et donc, elles diffèrent assez peu d'un plan à un autre. En conséquence, il n'y a sans doute que de légères différences dans les effets des plans sur le dépôt de sable sur les plages, différences trop faibles pour être captées par un modèle prévisionnel.

Cela dit, les systèmes de plages et dunes sont importants par le rôle essentiel qu'ils jouent en abritant les baies et les estuaires (embouchures submergées) autour du lac Ontario. Comme la moitié de la partie mise en valeur du littoral a été altérée de façon permanente par la construction d'ouvrages de protection, on peut supposer que la production de nouveau sable et gravier sous l'action de l'érosion naturelle a subi une diminution du même ordre. Cette diminution de l'apport de sédiments va vraisemblablement avoir un effet sur la rive immédiatement adjacente à l'ouvrage de protection, ainsi que sur les plages dont le maintien a toujours été lié à l'apport de sable et de gravier d'érosion par dérive littorale. Dans l'ensemble du lac Ontario et de plusieurs autres littoraux aménagés du bassin des Grands Lacs, de nombreuses sections du littoral connaissent donc un déficit de sédiments. Cette diminution de l'apport de sable pourrait laisser les plages encore plus vulnérables aux changements des niveaux d'eau. Les plages pourraient ne plus pouvoir se régénérer après des périodes de hautes eaux comme elles le faisaient autrefois. En conséquence, les experts pensent que les petites différences existant entre les plans proposés pourraient peut-être tout de même être importantes pour la pérennité des plages. Certains des plans proposés, tels que les plans A+ et B+, prévoient des niveaux plus élevés pour le lac en été et en hiver, niveaux qui peuvent accélérer les taux d'érosion à long terme. Ces plans pourraient amener des changements morphologiques néfastes, y compris le percement de nouvelles baies pendant les tempêtes, l'érosion des systèmes de dunes protecteurs et, peut-être, la dégradation à long terme des éléments particuliers du littoral.

4. Principales conditions de base

En ce qui concerne les propriétés riveraines autour du lac Ontario et le long du Saint-Laurent, il existe deux conditions de base principales, telles que définies par la base de données numériques sur les parcelles de terrain. Premièrement, on continuera à délivrer des permis de développement pour les terrains privés. Autrement dit, les propriétaires terriens continueront de pouvoir aménager les parcelles situées au bord de l'eau, à des fins résidentielles ou commerciales. Cette tendance se maintiendra selon toute probabilité et, donc, étant donné que certaines autorités contrôlent peu ou insuffisamment les aménagements immobiliers, des maisons seront construites trop près du bord de l'eau et se trouveront donc vulnérables. Bref, le nombre de parcelles à risque augmentera.

La seconde grande condition de base concerne notre approche actuelle des risques liés aux niveaux d'eau pour deux des IP des processus littoraux : celui de l'érosion et celui des ouvrages existants de protection des rives. Les méthodes de calculs économiques pour ces deux IP prennent en compte un comportement adaptatif, c'est-à-dire l'adoption de solutions techniques. Autrement dit, pour l'évaluation des plans de régularisation potentiels en temps simulé (temps futur hypothétique utilisé par les modèles informatiques), nos méthodes de calculs économiques supposent que les propriétaires chercheront à réduire les risques en érigeant de nouveaux ouvrages de protection si l'érosion menace leurs habitations en raison des niveaux d'eau élevés prévus. Ils ne laisseront pas leurs investissements (c.-à-d. leurs maisons) tomber dans le lac, ce qui serait autrement plus coûteux que d'ériger une nouvelle protection ou de renforcer l'ouvrage existant. De plus, nous tenons pour acquis que les ouvrages de protection, nouveaux, renforcés ou de remplacement, seront bien conçus, avec une vie utile de 25 années.

Tel qu'indiqué plus haut, il est difficile de se procurer un permis pour construire un ouvrage de protection; la démarche est compliquée, longue et coûteuse. Toutefois, si le propriétaire riverain persévère, souvent aidé d'un ingénieur, il réussit à obtenir un permis.

Si la réglementation change de sorte que les propriétaires riverains ne puissent plus protéger leurs propriétés des risques littoraux au moyen d'ouvrages érigés à cette fin, les pertes économiques entraînées par une élévation du lac augmenteront de façon spectaculaire. Plutôt que de payer entre 20 000 \$ et 40 000 \$ pour construire un remblai et protéger une demeure riveraine, le propriétaire pourrait perdre un immeuble de 200 000 \$, à cause de dommages dus à l'érosion et aux inondations. Dans ce scénario, les méthodes actuelles de calculs économiques, élaborées dans le système SPCE et liées au MVC, sous-estimeraient donc significativement les impacts de hauts niveaux lacustres.

En résumé, en ce qui concerne les IP des processus littoraux, il existe deux conditions de base, ou hypothèses, principales. Premièrement, les propriétaires riverains vivent maintenant dans des zones littorales à risque, et l'aménagement résidentiel ou commercial de nouvelles parcelles augmentera vraisemblablement le nombre de propriétés à risque. Deuxièmement, on continuera de permettre aux propriétaires riverains d'atténuer les risques en érigeant des ouvrages de protection. Autrement dit, il est moins coûteux d'ériger un ouvrage de protection que de perdre sa maison, et ce sera en général la solution privilégiée.

5. Principales tendances

Le GTT sur les processus littoraux a préparé un rapport détaillé sur les tendances actuelles et futures de l'utilisation des sols intitulé : *A Summary of Existing Land Use, Land Use Trends and Land Use Management Policies Along the Lake Ontario – St. Lawrence River Shoreline: Implications for Future Water Level Management*, (Christian J. Stewart Consulting, 2004). Voici un résumé des principales conclusions présentées dans ce rapport :

- a. Environ 60 % du littoral du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent servent à des fins résidentielles. Dans certains des comtés urbanisés, tels que Monroe sur la rive sud-est, le pourcentage de terrains aménagés est largement plus élevé, atteignant presque 90 %.
- b. L'aménagement des rives du lac Ontario de 1990 à 2000 a augmenté d'environ 6 %. Tout indique que ce taux de croissance décennal se maintiendra jusqu'à ce qu'il ne reste plus aucun terrain à aménager.
- c. Sur la rive sud du lac Ontario, les données américaines détaillées sur les parcelles de terrain indiquent que la taille moyenne des nouvelles maisons a presque doublé depuis dix ans, si on la compare à celle de toutes les constructions précédentes. Il n'est pas surprenant que l'évaluation de la valeur des maisons construites pendant le même laps de temps ait également doublé. Bien que nous ne disposions pas de données aussi détaillées pour l'Ontario, la tendance observée est très semblable. C'est la tendance « manoir » : On construit de luxueuses résidences de grande taille parmi les petits chalets existants, ou encore, on démolit de petites maisons pour faire place à des demeures imposantes.
- d. À ce rythme, certains comtés vont réaliser leur potentiel de développement dans les 30 prochaines années (comtés de Niagara, Orleans et Monroe dans l'État de New York). D'autres, tels que Halton, Peel et Toronto en Ontario, l'ont déjà réalisé (ou sont très près de le faire). Autrement dit, il ne reste plus de terrains libres à convertir en lotissements résidentiels. Dans les secteurs les plus ruraux, la croissance peut être facilitée pour les 100 années à venir; ce sont ces secteurs qui connaîtront le développement le plus intensif.
- e. Les densités de population et l'étalement urbain augmentant toujours autour du lac et le long du fleuve, la valeur des espaces verts et des sites récréatifs publics riverains augmentera, et cette urbanisation intensifiera la fréquentation des plages à des fins récréatives. Voilà qui fait ressortir l'importance de l'IP de l'accès aux plages et de l'IP des cordons littoraux et dunes.

En résumé, la tendance des aménagements immobiliers riverains est à la croissance rapide et soutenue et à l'augmentation de la taille et de la valeur des nouvelles maisons. Cette tendance présente le problème suivant pour l'étude sur les niveaux d'eau de la CMI : comme la base de données sur les parcelles est statique, il y aura une sous-estimation des futurs impacts économiques à mesure que les constructions se densifieront et que la valeur des biens immobiliers grimpera. Néanmoins, indépendamment de ces limites, la base de données sur l'immobilier actuel suffira pour déterminer quels plans génèrent les plus grands coûts et bénéfices, d'après les conditions présentes. Lors de la conception de notre étude, le GTT sur les processus littoraux a jugé qu'il était plus important de consigner et de cataloguer avec précision les configurations actuelles d'aménagements que de prévoir la croissance du développement. La croissance escomptée donnera encore plus de valeur aux expériences récréatives associées aux plages.

6. Conséquences attendues des changements dans la régularisation

Les IP de l'érosion, de la protection des rives et des inondations quantifient collectivement les impacts des niveaux d'eau sur l'environnement bâti. Autrement dit, l'état naturel du rivage a été transformé ou fortement modifié par les propriétaires riverains pour leur agrément et souvent pour protéger leurs biens des dangers qui menacent les rives, tels que l'érosion et les inondations. La protection des rives prend le plus souvent

la forme de solutions structurelles, telles des digues et des revêtements de pierre. Dans certains cas, ces ouvrages ont été soigneusement conçus en fonction de la gamme de niveaux d'eau du lac enregistrés depuis l'entrée en vigueur de la régularisation (c.-à-d. de 1960 jusqu'à aujourd'hui). Dans d'autres cas, aucun professionnel n'a été consulté pour concevoir l'ouvrage et celui-ci a été érigé selon l'expérience et les connaissances locales. Que l'ouvrage de protection ait été bien conçu ou non, il l'a été en fonction des forces motrices (c.-à-d. les vagues de tempête) et de la fourchette de niveaux du lac connus depuis la régularisation (dans la plupart des cas).

Si des changements importants sont apportés au domaine des niveaux permis du lac Ontario, si par exemple on augmente la limite supérieure ou la fréquence des niveaux d'eau élevés pendant la saison des tempêtes de printemps, l'infrastructure matérielle existante ne pourra plus assurer le même degré de protection. Autrement dit, un remblai conçu pour protéger une propriété des inondations pendant les tempêtes se produisant dans les limites actuelles de niveau sera moins efficace lorsque le niveau atteindra, par exemple, 76,0 m (249,3 pi).

Bref, les zones littorales à risque du lac Ontario et du haut Saint-Laurent sont déjà très bâties. Beaucoup de propriétaires riverains essaient d'atténuer ou de réduire les risques en érigeant des ouvrages de protection conçus en fonction des tendances des niveaux du lac depuis l'entrée en vigueur de la régularisation. L'augmentation de la fréquence, de la durée ou de l'ampleur des hauts niveaux d'eau qu'amènera un nouveau plan de régularisation amplifiera les nombreuses difficultés qui se présentent déjà aux aménagements immobiliers riverains. À l'inverse, les ouvrages de protection existants seraient plus efficaces si le seuil supérieur des niveaux actuellement en vigueur était abaissé.

En ce qui concerne les plages et les dunes, le plan de régularisation actuel (1958-D) et les écarts adoptés depuis ont réduit la gamme naturelle de fluctuations du lac Ontario. Alors que la diminution des hauts niveaux a réduit les taux d'érosion des rives sablonneuses, cette stabilité a un effet négatif par ailleurs sur les communautés herbacées des dunes, qui ont besoin de perturbations occasionnelles. L'élimination des périodes de bas niveaux lacustres profite à la navigation commerciale et de plaisance; cependant elle prive les rives sablonneuses naturelles de leurs périodes de régénération (périodes d'activité éolienne accrue et de restauration des plages). Voici un aperçu de ce que la modification de la régularisation des niveaux du lac Ontario aurait comme conséquences :

- Augmenter la limite supérieure de la gamme des niveaux pour le lac Ontario accélérera l'érosion des plages et des dunes et menacera la stabilité des cordons littoraux. Il s'agit là de systèmes sableux dynamiques, et les mesures d'atténuation prenant la forme d'ouvrages rigides ne réduiront pas les effets des niveaux élevés.
- Abaisser la limite inférieure de la gamme des niveaux ou augmenter la fréquence des bas niveaux d'eau du lac serait avantageux pour les complexes de plages, dunes et cordons littoraux. Il n'est toutefois pas possible de quantifier ces bénéfices en dollars dans le MVC.
- Se servir du plan de régularisation existant et diminuer davantage la fourchette naturelle de variations du lac Ontario diminuera la capacité des plages de se régénérer naturellement. On pourrait atténuer certains impacts en effectuant une recharge des plages à grande échelle, mais ce genre de projet coûte très cher et n'est pas courant sur le rivage du lac Ontario.

7. Comportements adaptatifs

Voici une description des comportements adaptatifs se rattachant aux six IP des processus littoraux (le cas échéant) :

- a. Indicateur de performance de l'érosion : toute la méthodologie des calculs économiques pour cet IP est fondée sur un comportement adaptatif. En effet, les propriétaires riverains ne laissent pas leur maison tomber à l'eau; ils construisent des ouvrages de protection des rives. La prévalence de tels ouvrages (environ 50 % des parcelles autour du lac sont renforcées) justifie la sélection de cette méthodologie.

- b. Indicateur de performance des ouvrages de protection des rives : Encore une fois, tout l'algorithme se fonde sur un comportement adaptatif. Lorsqu'un ouvrage subit une défaillance ou n'arrive plus à assurer un degré suffisant de protection contre les inondations ou l'érosion, le propriétaire riverain s'adapte à la situation en le renforçant.
- c. Indicateur de performance du bilan sédimentaire : Aucune méthodologie de calculs économiques n'est associée à cet IP et donc, aucun comportement adaptatif.
- d. Indicateur de performance des inondations : Les riverains dont la propriété subit des dommages dus à des inondations ou à l'érosion peuvent s'adapter en surélevant leur immeuble, en remblayant leur terrain et/ou en érigeant un ouvrage de protection des rives. Selon toute probabilité, un propriétaire dont le terrain s'érode érige un ouvrage de protection avant que sa maison ne s'écroule dans l'eau; cependant, s'il ne souffre qu'occasionnellement des inondations ou de l'action des vagues, il endure peut-être des dommages à sa propriété plusieurs fois avant de s'adapter. Aux fins de la présente analyse, on a supposé qu'il n'y avait pas d'adaptation.
- e. Indicateur de performance de l'accès aux plages : Lorsque les niveaux d'eau dégradent les plages, si par exemple elles deviennent trop étroites pour convenir aux activités récréatives, le comportement adaptatif le plus fréquent est la substitution. Autrement dit, les gens se tournent vers d'autres types de loisirs, tels que le camping à l'intérieur des terres.
- f. Indicateur de performance des cordons littoraux et dunes : Les principaux utilisateurs des écosystèmes des cordons littoraux et des dunes sont la flore et la faune. Celles-ci ne s'adaptent pas nécessairement aux conditions physiques qui changent, par exemple une dune qui s'érode ou un marais qui se dégrade; elles réagissent plutôt à l'environnement altéré. Ainsi, le Pluvier siffleur ne niche plus dans les dunes sablonneuses le long des rives du lac Ontario, parce que ce type d'habitat a pratiquement disparu. En réponse à la situation, la taille de la population a diminué et l'espèce a modifié son aire naturelle, qui n'inclut plus le lac Ontario.

8. Évaluation des risques et analyse de sensibilité

Les points énumérés ci-dessous donnent des renseignements quantitatifs sur le nombre de propriétés résidentielles exposées à l'érosion et aux inondations et dont les ouvrages de protection des rives risquent d'être endommagés. Les chiffres se fondent sur une analyse de la base de données sur les parcelles de terrain, qui comprend plus de 20 500 propriétés riveraines. Nous ajoutons quelques commentaires qualitatifs au sujet des impacts des niveaux d'eau sur les plages et les dunes.

- a. Un total de 578 habitations sont situées à moins de 20 m (65,6 pi) du littoral du lac Ontario. De ce total, plus de 200 se trouvent à moins de 10 m (32,8 pi) du littoral et 91 à moins de 5 m (16,4 pi) de la ligne des hautes eaux. Plusieurs de ces habitations courent un risque imminent de pertes dues à l'érosion constante et aux dommages causés par les inondations.
- b. Un total de 7 661 habitations se trouvent à une altitude de 77,2 m (253,3 pi) ou moins, altitude qui a été considérée dans l'étude comme une limite supérieure pour les dommages potentiellement causés par les inondations. De ce total, 790 habitations sont situées à 75,37 m (247,3 pi) ou moins (hauteur à la base de l'immeuble), altitude qui constitue la limite supérieure actuelle du domaine de niveaux pour le lac Ontario. Lorsque les niveaux du lac atteignent ou dépassent cette limite supérieure, comme ils l'ont fait en 1973 et 1993, le risque de dommages économiques à ces propriétés à basse altitude est amplifié.
- c. La base de données sur les parcelles répertorie sur le lac Ontario 5 559 ouvrages de protection des rives, tels que des remblais et des murs de soutènement, protégeant des immeubles. De ce total, seulement 5 % étaient des ouvrages de niveau 1 (bien conçus et bien entretenus et d'une durée utile prévue de plus de 50 années). Beaucoup de ces derniers ouvrages protégeaient des établissements, tels que des usines de traitement des eaux, des centrales énergétiques et des marinas. Très peu d'ouvrages de niveau 1 protègent des terrains et bâtiments de propriété privée. En conséquence, si des changements sont apportés au domaine de niveaux, par exemple une augmentation de l'occurrence de hauts niveaux, la fréquence des réparations de la vaste majorité des ouvrages protégeant les propriétés

littorales (ouvrages de protection de niveaux 2 et 3) s'en trouvera augmentée et la durée des ouvrages s'en trouvera raccourcie. À l'inverse, de bas niveaux d'eau dans le lac prolongeront la durée de vie de ces ouvrages et réduiront plus efficacement les risques, dont les risques d'inondation.

- d. Adopter un nouveau plan de régularisation qui ne tienne pas compte des besoins spécifiques des complexes de plages et de cordons littoraux comporte des risques considérables. Premièrement, cela pourrait compromettre l'interaction des humains avec le bord de l'eau dans l'avenir. Deuxièmement, puisque plusieurs des IP du GTT sur l'environnement dépendent de l'habitat créé par les cordons littoraux, le plan aurait aussi un effet négatif sur ces IP. De plus, les interactions physiques/biologiques en jeu ne sont pas quantifiées dans le MVC. Il est donc impératif de considérer les conclusions résumées dans les exposés narratifs contextuels et les résumés des IP au moment d'évaluer les nouveaux plans de régularisation proposés.

Une bonne partie de la communauté riveraine actuelle du lac Ontario et du haut Saint-Laurent se situe dans la zone exposée aux risques littoraux. Depuis l'entrée en vigueur de la régularisation en 1960, le domaine de niveaux d'eau qui a été défini a entraîné des coûts économiques attribuables à l'érosion, aux inondations, à la construction de nouveaux ouvrages de protection et à l'entretien des ouvrages existants. Comme on prévoit que le développement immobilier va faire augmenter le nombre de propriétés dans la zone à risque du littoral, des niveaux d'eau plus élevés du lac Ontario accroîtront les dommages économiques. Des niveaux plus faibles, comme ceux se rapprochant de la nouvelle limite supérieure des niveaux recommandée pour le lac par le GTT sur les processus littoraux, réduiront les pertes économiques et profiteront aux plages et aux dunes.

9. Bibliographie

- Baird and Associates. 2004a. *Shore Protection Performance Indicator: Methodology and Shared Vision Model Application*. Document établi pour le Groupe de formulation et d'évaluation des plans, Commission mixte internationale, p. 1 à 30.
- Baird and Associates. 2004b. *Erosion Performance Indicator: Methodology and Shared Vision Model Application*. Document établi pour le Groupe de formulation et d'évaluation des plans, Commission mixte internationale, p.1-27.
- Baird and Associates. 2004c. *Flooding Performance Indicator: Methodology and Shared Vision Model Application*. Document établi pour le Groupe de formulation et d'évaluation des plans, Commission mixte internationale, p.1-30.
- Christian J. Stewart Consulting. 2004. *A Summary of Existing Land Use, Land Use Trends and Land Use Management Policies Along the Lake Ontario – St. Lawrence River Shoreline: Implications for Future Water Level Management*. Document établi pour le GTT sur les processus littoraux, Commission mixte internationale.
- Coastal Data Server, actif. Ce serveur de données sur le littoral est géré et alimenté par Baird and Associates aux fins de l'Étude. Il appartient à la Commission mixte internationale.
- The Water Network. 1991. *A Report on Ontario Flood History*. Document établi pour le ministère des Richesses naturelles de l'Ontario.

10. Processus de révision

Auteur : Peter J. Zuzek, MES, P.Geo., Baird and Associates
 Réviseurs : Membres du GTT sur les processus littoraux
 Appui du GTT : Oui

C. Exposé contextuel sur les processus littoraux du bas Saint-Laurent

1. Contexte socio-économique général

a) Valeur de la production de l'intérêt

Les rives du fleuve Saint-Laurent entre Cornwall et le lac Saint-Pierre sont une ressource culturelle, récréative, écologique et résidentielle essentielle. À l'heure actuelle, il y a environ 5 770 maisons unifamiliales dans les limites de la plaine d'inondation centennale du bas Saint-Laurent entre Cornwall et Trois-Rivières. Il y a également environ 620 autres immeubles, qu'ils soient commerciaux, industriels, agricoles ou autres dans la plaine d'inondation (Doyon et coll., 2004). En 2003, les immeubles résidentiels en place avaient une valeur totale d'environ 380 millions de dollars américains (460 millions de dollars canadiens).

Il y a 388 km de rives érodées dans cette section du fleuve Saint-Laurent, dont 27 km sont fortement érodées (la vitesse de recul moyenne est de 1,1 m par année). Il y a plus de 400 km protégés par des ouvrages le long du fleuve Saint-Laurent en aval de Cornwall, ce qui représente un investissement d'infrastructure de plus de 200 millions de dollars américains. L'érosion et les ouvrages de protection des rives sont influencés par l'effet conjugué des vagues, le sillage des navires et les niveaux d'eau. Dans la plupart des secteurs résidentiels, les propriétés situées sur le bord de l'eau sont les propriétés les plus recherchées et donc les plus coûteuses.

b) Nombre de parties prenantes

Il y a environ 42 000 parcelles de terre individuelles et 20 000 résidents habitent le long des rives du fleuve ou dans les limites de la plaine d'inondation centennale du bas Saint-Laurent entre Cornwall et Trois-Rivières. Ces rives constituent une caractéristique naturelle importante pour une douzaine de collectivités, dont notamment des petites villes et des villages, des collectivités de Premières nations et la ville de Montréal (population régionale de 3,3 millions). De plus, les rives du fleuve sont le principal point d'intérêt culturel et historique des origines des collectivités.

c) Caractéristiques organisationnelles

Les utilisations urbaines occupent 3 % du territoire le long des rives et dans les limites de la plaine d'inondation du fleuve Saint-Laurent [Côté et coll., 2003]. Les activités agricoles, les environnements naturels et les milieux humides représentent les utilisations principales des terres dans ce secteur. Certaines régions du tronçon du fleuve entre Cornwall et Trois-Rivières sont fortement urbanisées, l'occupation résidentielle atteint jusqu'à 90 % (Montréal, Longueuil, Trois-Rivières, Repentigny et Sorel). D'autres régions sont modérément urbanisées et les utilisations urbaines représentent environ 50 % de l'utilisation des terres (les berges du fleuve Saint-Laurent entre Montréal et Sorel, le lac Saint-Louis et Bécancour). Enfin, dans les régions moins urbanisées (lac Saint-François, lac Saint-Pierre et les îles de Sorel), un faible pourcentage des terres (généralement moins de 20 %) est caractérisé par des utilisations urbaines. Dans certaines de ces régions, telle que les îles de Sorel, le développement résidentiel saisonnier s'est accru.

En général, la densité démographique et les valeurs immobilières sont plus élevées dans les centres urbains et à proximité, tels que Montréal, Longueuil et Trois-Rivières. Tant la densité démographique que la valeur immobilière diminuent dans les collectivités rurales. La valeur moyenne des résidences est de 213 000 \$ dans les centres fortement urbanisés, alors que la valeur dans les régions modérément et moins urbanisées est de 80 000 \$ et 43 000 \$ respectivement. Dans les régions les plus résidentielles, les propriétés situées sur le bord de l'eau sont les plus recherchées et donc les plus coûteuses.

d) Valeurs et perceptions de l'intérêt

Sur le plan écologique, ces rives sont composées d'un mélange complexe de milieux humides, de régions boisées et de terrains herbacés, composées d'habitat précieux pour un grand nombre d'espèces sauvagines migratrices. Sur le plan culturel, le fleuve est une source de nourriture et de transport et assure un lien important aux origines historiques tant des peuples autochtones que des peuples européens. Les valeurs et perceptions des propriétaires riverains sont aussi vastes et diversifiées que la région sous étude elle-même.

e) Restrictions importantes imposées par les lois, règlements et politiques

Avant environ 1980, il n'existait aucune loi ni règlement contrôlant la construction dans les limites de la plaine d'inondation au Québec. Depuis cette époque, plusieurs lois et règlements ont été progressivement appliqués en vue de gérer la construction dans les limites de la plaine d'inondation. Ces lois concernent l'utilisation des terres, les ouvrages de protection des rives et la protection des plaines d'inondation et de l'environnement. En 1976, la convention entre le Canada et le Québec concernant la cartographie des plaines d'inondation a été adoptée. La politique sur la protection des rives, des littoraux et des plaines d'inondation a été adoptée en 1987 et ses éléments principaux ont été intégrés aux schémas d'aménagement des municipalités régionales de comtés (MRC) du Québec.

Cependant, ces lois et règlements semblent ne pas avoir empêché la construction dans les limites de la plaine d'inondation. Plusieurs auteurs ont prouvé que le développement résidentiel dans la plaine d'inondation s'est poursuivi, et dans certains cas, s'est même accru, depuis le début des années 1980, et l'expansion urbaine ne semble pas touchée par la désignation des plaines d'inondation [Forget et coll., 1999; Bouillon et coll., 1999; Roy et coll., 1997]. Au cours des 30 dernières années, l'occupation de la plaine d'inondation et sa valeur économique conséquente ont généralement augmenté au Québec.

Depuis 1998, le gouvernement du Québec a mis en œuvre des mécanismes d'exception à l'interdiction de construire dans les limites de la plaine d'inondation. Ces mécanismes permettent de construire dans les limites de la plaine d'inondation à certaines conditions (impermeabilisation, immeubles surélevés, etc.). Malgré la mise en œuvre de ces mécanismes de dérogation, les lois et les règlements s'appliquant à la construction dans les limites de la plaine d'inondation sont devenus de plus en plus restrictif au fil des années. Il est donc probable que cette tendance générale à limiter la construction dans la plaine d'inondation se poursuive au cours des années à venir. Cependant, il est difficile d'évaluer l'impact à long terme des règlements globaux, puisque les règlements sont appliqués de différentes manières dans différentes régions et que certaines municipalités sont plus permissives concernant la construction dans les limites de la plaine d'inondation.

Les processus d'érosion (et les ouvrages connexes de protection des rives) sont dictés par les influences conjuguées de la circulation maritime, des vagues dues au vent, des courants du fleuve et des niveaux d'eau. La tendance récente en faveur de navires porte-conteneurs plus grands en aval de Montréal fait augmenter l'érosion des rives. Il en résulte une pression accrue sur le système riverain et une augmentation de la nécessité de gérer avec prudence les effets conjugués des débits du fleuve, des niveaux d'eau et de la circulation maritime.

À titre de voie navigable, le fleuve fournit un lien essentiel à l'un des modes de transport les plus sécuritaire et économique sur le plan énergétique qui soit. Le Port de Montréal et le réseau de la Voie maritime du Saint-Laurent sont eux-mêmes importants sur le plan socio-économique (voir l'exposé contextuel sur la navigation). Les préoccupations au sujet des changements climatiques et des coûts et de la disponibilité du carburant augmentent l'impératif économique à utiliser les navires plutôt que les trains ou les camions pour le transport des biens. Compte tenu de ces préoccupations, les gouvernements canadien et américain étudient la faisabilité d'augmenter les tirants d'eau et la longueur des navires du réseau actuel de la Voie maritime pour permettre la circulation de navires de plus gros tonnage ainsi que de navires porte-conteneurs en amont de Montréal.

Au cours des dix prochaines années, les préoccupations du public concernant la dégradation environnementale des rives du Saint-Laurent en raison des effets conjugués des niveaux d'eau et de la circulation maritime augmenteront, tant à cause des pressions accrues sur le réseau (particulièrement en raison des problèmes de navigation) que de la préoccupation de plus en plus accrue du public à l'égard de l'impact des hommes sur l'environnement naturel (changements climatiques, urbanisation, dégradation environnementale, etc.).

f) Historique de l'intérêt

Depuis plusieurs siècles, les rives du Saint-Laurent sont privilégiées pour l'occupation humaine. Les premières maisons ont surtout été construites à l'extérieur des limites de la plaine d'inondation, le développement résidentiel dans les limites de la plaine d'inondation étant un phénomène assez récent. De 1930 à 1945, le contexte socio-économique (crise économique, guerre) a entraîné la construction de très peu de maisons unifamiliales au Québec et par conséquent, dans les limites de la plaine d'inondation. De 1945 à 1964, dans le contexte d'un boom économique et de règlements plutôt souples, un certain nombre de maisons ont été construites dans les limites de la plaine d'inondation au Québec. De 1964 à 1983, la construction dans les limites de la plaine d'inondation a également été assez importante, tout comme ce fut le cas de 1983 à 1997, malgré la mise en œuvre de mécanismes réglementaires visant à contrôler ce type de développement.

Ce champ d'intérêt a durement souffert lorsque les niveaux d'eau étaient élevés dans les années 1970. De graves inondations se sont produites en 1974 et en 1976, tandis qu'une érosion importante a déclenché un fort tollé public et entraîné la construction de nombreux kilomètres d'ouvrages de protection des rives. Les médias dépeignent souvent les niveaux d'eau élevés et l'érosion en aval comme une conséquence des activités du barrage conçu pour protéger les rives du lac Ontario au détriment de celles situées en aval.

g) Flux commerciaux et conditions actuelles du marché

Le marché des propriétés riveraines est toujours très actif, et encore davantage pour les maisons situées près des grandes villes ou des zones de résidence saisonnière. En même temps, certaines zones situées dans la plaine d'inondation, surtout entre Sorel et Trois-Rivières, sont soumises à des pressions pour le développement.

h) Effet des dernières périodes de hautes ou de basses eaux

Les résidents autour du lac Saint-Louis et des îles de Sorel ont subi de graves dommages causés par des inondations en 1974 et en 1976. L'inondation la plus récente, qui s'est produite en 1998, a forcé l'évacuation de 1 000 résidents dans la région des îles de Sorel. Au contraire, lorsque le niveau du fleuve est bas, les inondations ne constituent pas un problème pour les propriétaires riverains.

De même, les hautes eaux du passé ont accentué l'érosion du littoral et entraîné des coûts plus élevés reliés aux ouvrages de protection des rives, alors que les basses eaux ont réduit l'érosion et diminué l'inquiétude de la population par rapport à la protection des rives. Il n'existe aucun programme établi pour le remboursement aux propriétaires riverains des coûts associés à la construction ou à l'entretien des ouvrages de protection des rives. Toutefois, un précédent a déjà été créé par le gouvernement canadien, qui payait les propriétaires pour qu'ils construisent des ouvrages de protection des rives et entretiennent ceux érigés à 300 m (1 000 pi) ou moins du chenal de navigation, en reconnaissance de l'érosion des rives par le batillage des navires.

2. Indicateurs de performance

- a. Les indicateurs de performance (IP) choisis pour l'analyse sont les suivants (Doyon et coll., 2005) :
- coût (\$) des dommages aux résidences (bâtiment et contenu);
 - nombre de maisons inondées;
 - nombre de propriétés qui pourraient être expropriées (selon les règlements provinciaux;)
 - aire totale (en hectares) des terres inondées, par type d'affectation des terres;
 - longueur totale (en km) des routes inondées, par type de route;
 - aire et la valeur totales des terres perdues par érosion;
 - coût total de la modification et de l'entretien des ouvrages de protection des rives;
 - volume total des sédiments fins dans le fleuve.

Comme nous croyons que les indicateurs de performance économiques ne sont pas suffisants pour décrire pleinement les impacts d'une inondation et de l'érosion sur les collectivités, nous avons établi des IP sociaux comme assise des outils d'évaluation de l'impact socio-économique des inondations et de l'érosion. Certains IP traduisent donc les impacts en dollars alors que d'autres évaluent les aspects sociaux des dommages.

- b. Le coût estimatif des dommages d'inondation possibles est établi à partir de données pleinement comparables provenant d'une enquête auprès des propriétaires riverains de la zone d'étude. L'enquête posait différentes questions relatives au coût et à la nature des dommages causés par la dernière inondation qui a frappé la région des îles de Sorel au printemps de 1998. Les courbes niveaux-dommages applicables aux bâtiments résidentiels de la zone d'étude ont été construites spécifiquement aux fins de l'étude.

Notons aussi que, dans certains cas et pour des raisons différentes, le coût des dommages est pleinement assumé par des propriétaires qui ont été touchés par une inondation, mais qui ne demandent pas automatiquement d'indemnité au gouvernement. En d'autres termes, le coût des dommages dus à une inondation n'est pas totalement assumé par la collectivité.

3. Catégories d'avantages non pris en compte par les indicateurs de performance retenus, mais potentiellement importants (impacts secondaires)

Les indicateurs de performance précités signalent les dommages directs peu importe les paramètres utilisés. L'IP principal est le coût des dommages résidentiels (bâtiment et contenu) puisque 89 % des immeubles situés dans les limites de la plaine d'inondation centennale du bas Saint-Laurent sont résidentiels (Doyon et coll., 2004). Cependant, il faut souligner que les dommages ne sont pas limités au secteur résidentiel. Des dommages importants peuvent également survenir aux entreprises et aux infrastructures publiques, particulièrement lors d'inondations importantes. Les dommages aux infrastructures comprennent des dommages aux téléphones, aux services électriques, aux routes, aux lignes de chemin de fer, aux ouvrages de protection contre les inondations et aux autres services publics.

En même temps, des dommages importants causés par les inondations peuvent se produire en raison de perturbations aux activités physiques et économiques telles que des pertes de ventes, une productivité réduite et le coût d'autres déplacements si les routes et les chemins de fer ont été endommagés. Il s'agit de dommages indirects qui ne sont pas compris dans l'évaluation monétaire des dommages causés par les inondations. Les coûts de déplacement des personnes évacuées, de même que le déploiement de mesures d'intervention d'urgence, sont d'autres exemples de dommages indirects.

Les dommages immatériels représentent une autre catégorie de dommages. Ils se produisent en raison des effets sociaux et environnementaux nuisibles causés par les inondations. Il existe un certain nombre de coûts immatériels que la collectivité doit payer en raison d'une inondation, dont des facteurs tels que

les pertes de vie ou de membres, les plans d'urgence (le coût des annonces de crue, la planification et l'éducation communautaire), les inconvénients, l'isolation/évacuation, le stress et l'anxiété, la perturbation ainsi que d'autres problèmes de santé. Ces dommages immatériels ne sont pas facilement quantifiables et ne font pas partie des IP économiques.

De plus, certains impacts secondaires peuvent s'avérer être très subtiles mais importants. Par exemple, les propriétés dont le risque d'inondation est élevé ont généralement une valeur fiscale réduite. Elles sont donc à l'origine d'un important manque à gagner en matière de taxes municipales et scolaires, pour les autorités locales.

Enfin, nous avons élaboré des IP permettant de classer les plans selon l'évaluation de dommages précis et possibles causés par les inondations (p. ex. les dommages résidentiels). Il faut souligner ici que l'IP principal ne permet pas d'évaluer tous les dommages possibles causés par les inondations, qu'ils soient directs, indirects ou immatériels. Ainsi, le classement des plans sera fondé sur des dommages absolus mais non exhaustifs.

4. Principales conditions de base

Les indicateurs de performance utilisés pour estimer les dommages causés par les inondations reposent sur deux hypothèses de travail : la première tient compte uniquement des résidences existantes dans l'évaluation des dommages possibles causés par les inondations. En d'autres mots, l'occupation résidentielle comprend 5 770 maisons unifamiliales enregistrées dans les limites de la plaine d'inondation, et le modèle estime qu'aucune autre nouvelle construction sera ajoutée au parc résidentiel pendant la simulation. De plus, les valeurs immobilières demeurent toujours constantes, c'est-à-dire qu'elles ne sont pas indexées au coût de la vie et ne suivent pas les fluctuations du marché immobilier. Les dommages économiques ont été évalués en dollars américains de 2003.

La deuxième hypothèse est qu'aucune mesure d'atténuation ne s'applique aux maisons endommagées par les inondations durant la simulation. À la demande du GFEP, le modèle permet qu'une maison ayant subi des dommages (bâtiment ou contenu) puisse en subir d'autres à la prochaine inondation, que le propriétaire ait ou non pris des mesures pour atténuer les risques.

L'analyse suppose que la circulation maritime et les conditions des vagues provoquées par le vent dans le fleuve sont les mêmes que celles observées au cours de la dernière décennie; tout changement à grande échelle à la circulation maritime, tels que l'approfondissement de la Voie maritime et son élargissement, n'ont pas été pris en compte dans la présente analyse. La tendance à l'augmentation de la taille des navires en aval du Port de Montréal n'ont pas été prises en compte dans la présente analyse.

5. Principales tendances

La construction le long des rives du fleuve et dans les limites de la plaine d'inondation sera de plus en plus contrôlée étant donné les efforts accrus des gouvernements et des autorités municipales de limiter ce type de construction. Par exemple, le taux de construction dans les limites de la plaine d'inondation a grandement diminué dans la région du lac Saint-Louis et entre Montréal et Sorel, et cette tendance va probablement continuer. Cependant, les mécanismes réglementaires ont un impact beaucoup plus modéré dans la région des îles de Sorel, où la densité des maisons dans les limites de la plaine d'inondation augmente. Par ailleurs, les nouvelles maisons construites dans les limites de la plaine d'inondation sont mieux protégées contre les dommages causés par les inondations.

Au cours des années à venir, on s'attend à ce que l'aménagement d'habitations se fasse surtout dans les régions, déterminées par les schémas d'aménagement, qui sont connues sous le nom de zones prioritaires d'expansion domiciliaire. Ces zones avoisinent les périmètres urbains existants et sont généralement situées loin des rives du fleuve et de la plaine d'inondation. Cependant, l'expansion éventuelle de certains secteurs de la plaine d'inondation du fleuve Saint-Laurent n'est pas complètement exclue, en raison de l'existence de mécanismes permettant la construction dans les plaines d'inondation à certaines conditions.

Les régions dont la densité urbaine est modérée connaissent une croissance grâce à la construction de nouvelles résidences, et il est probable qu'un petit pourcentage de cette croissance aura lieu dans les plaines d'inondations. De plus, la construction de résidences de villégiature se poursuit sur des terrains vacants dans les régions où il existe de telles résidences, et on s'attend à ce que cette tendance continue, particulièrement dans le tronçon Sorel–Trois-Rivières. Depuis trente ans, il existe également une tendance à convertir les résidences de villégiature en résidences permanentes. Il existe encore de nombreuses résidences de villégiature dans certaines régions et il est probable que cette tendance se maintiendra.

Dans les régions fortement urbanisées, comme Montréal et Longueuil, la plupart des terrains disponibles le long du fleuve ont déjà été aménagés, et les possibilités de développement sont très limitées. Bien qu'on ne puisse pas dire qu'il s'agisse d'une tendance importante, il n'est pas rare qu'un modeste chalet (ou deux ou trois) soit démoli et remplacé par une grande maison valant plusieurs fois la valeur du bâtiment d'origine.

Généralement, les propriétés qui risquent d'être inondées régulièrement ont une valeur fiscale réduite et constituent un important manque à gagner pour les autorités locales (voir la section 3). Bien qu'elle diminue, la valeur marchande de ces propriétés a suivi historiquement les fluctuations globales du marché immobilier, et certaines propriétés ont vu leur valeur quintupler depuis dix ans (Radio-Canada, 2004).

Les régions de l'environnement naturel protégées en vertu de leur statut juridique (sites protégés) ne risquent pas d'être touchées par le développement à l'avenir. Dans certaines régions, il existe une tendance à augmenter la quantité de régions naturelles protégées.

L'augmentation des effets de la circulation maritime en raison de la taille des navires (en aval de Montréal) et les effets de l'approfondissement possible du chenal maritime pourraient avoir des répercussions importantes sur les processus d'érosion et les coûts associés aux ouvrages de protection des rives fluviales. L'intensité et l'importance de l'érosion et les impacts sur les ouvrages de protection des rives sont directement liés à la taille, à la vitesse et au nombre de navires qui utilisent la voie navigable; des changements à la voie navigable et aux navires qui l'utilisent peuvent avoir des impacts directs sur les rives. Les limites de vitesse, comme celles imposées à l'heure actuelle en aval de Montréal, sont un des éléments clés pour réduire l'érosion due à la circulation maritime. Les effets du sillage des navires sur l'érosion sont inexorablement liés aux niveaux d'eau du fleuve : les rives sont généralement plus sensibles à l'érosion en période de niveaux d'eau élevés.

6. Conséquences attendues des changements dans la régularisation

Il est peu probable que les résidences soient déplacées à l'extérieur de la plaine d'inondation. De plus, la construction résidentielle dans les limites de la plaine d'inondation à récurrence de 20 ans sera presque nulle, étant donné les contrôles appliqués par les instances gouvernementales. Dans la plaine d'inondation à récurrence de 100 ans, l'expansion domiciliaire se poursuivra probablement, bien qu'elle demeurera un phénomène assez limité. Néanmoins, nous estimons que 375 nouvelles maisons pourraient être construites dans les limites de la plaine d'inondation à récurrence de 100 ans au cours des 15 prochaines années. Ces maisons seront toutefois mieux protégées contre les dommages causés par les inondations. De plus, les maisons en place seront aussi probablement mieux protégées au cours des années à venir.

Tous ces phénomènes vont évidemment provoquer une augmentation de la valeur économique du parc résidentiel dans les limites de la plaine d'inondation. Le nombre de maisons unifamiliales situées dans les limites de la plaine d'inondation augmentera probablement à plus de 6 000 unités au cours des dix prochaines années.

La combinaison des pressions accrues dues à l'érosion (en raison de l'activité maritime) et les préoccupations accrues du public à l'égard de la dégradation environnementale pourraient entraîner un changement dans la manière dont cette voie navigable est utilisée. La gestion de la navigation devra probablement tenir compte des réponses des rives comme une composante clé de la conception du chenal et du contrôle de la circulation. Les mesures d'atténuation liées à des changements de navigation entraîneront probablement une augmentation de la quantité de rives naturelles protégées et d'habitats de milieux humides. Il faudra peut-être construire des ouvrages de protection des rives pour protéger les régions vulnérables.

7. Comportements adaptatifs

En général, le principal avantage de la construction d'ouvrages de protection des rives est la baisse des coûts des dommages causés par les inondations aux propriétés protégées en raison de cette mesure. Malgré le fait que les mesures d'atténuation diminuent également le traumatisme émotionnel, social et psychologique vécu par les résidents lors d'inondations, la présente étude a permis de démontrer que les propriétaires riverains sur le bas du Saint-Laurent n'appliquaient pas automatiquement les mesures d'atténuation à leur propriété après une inondation, peu importe la sévérité des dommages (Doyon et coll., 2004).

À titre d'exemple, des dommages importants ont été signalés après des inondations beaucoup moins importantes que les deux grosses inondations de 1974 (récurrence à la station hydrométrique de Sorel : une en 18 ans) et de 1976 (une en 300 ans). En ordre d'importance, la liste suivante indique les dates d'autres inondations de faible importance où des dommages ont été signalés (surtout dans la région des îles de Sorel et autour du lac Saint-Pierre) :

- 31 mars 1998 (une en 5,5 ans);
- 23 février 1981 (une en 2,5 ans);
- 10 mai 1983 (une en 1,9 an).

L'exemple qui précède met en évidence que les propriétaires ne prennent pas automatiquement des mesures d'atténuation. Si tous les inondés de 1976 qui avaient subi des dommages importants avaient pris des mesures d'atténuation, les inondations de faible importance qui ont suivi auraient causé peu de dommages, voire aucun. Cependant, nous admettons que certains propriétaires veulent éliminer tout danger après une inondation importante. D'autres propriétaires peuvent considérer l'indemnité payée par les instances gouvernementales comme une police d'assurance, ce qui expliquerait pourquoi les mesures d'atténuation ne sont mises en place que graduellement.

Cela dit, aucun des indicateurs de performance sélectionnés définis ci-dessus ne tient compte du comportement adaptatif de la part des propriétaires riverains. Encore une fois, cela ne veut pas dire que les riverains n'adoptent pas de comportements adaptatifs ou n'appliquent pas de mesures d'atténuation.

Enfin, d'un point de vue computationnel, il faut dire que l'application d'un facteur d'atténuation est simple lorsqu'on utilise, dans les modèles détaillés, une approche s'appliquant à un immeuble à la fois. Cependant, un facteur d'atténuation appliqué progressivement n'est peut-être pas aussi simple à mettre en œuvre lorsqu'il prend la forme d'une équation du MVC exprimant les dommages subis par toute une municipalité.

8. Évaluation des risques et analyse de sensibilité

Certains milieux humides et habitats importants sur le plan environnemental dans le bas Saint-Laurent sont protégés par des petites îles près du chenal maritime (p. ex. la région de Contrecoeur). À présent, ces petites îles s'érodent. Si elles s'érodaient complètement, de vastes régions de milieux humides perdraient leur protection et seraient exposées aux vagues dues au vent, au sillage des navires et aux courants pouvant perturber leur écosystème, et cela entraînerait une perte importante d'habitat (en raison de changements aux matériaux de fond et aux groupements de végétation).

De nombreuses propriétés résidentielles situées le long du fleuve Saint-Laurent n'ont été touchées que très légèrement par les inondations dans le passé. Par exemple, environ 440 résidences de villégiature sont situées dans les îles de Sorel. La plupart d'entre elles ont été construites sur des pieux et sont situées dans la plaine d'inondation du fleuve. Une augmentation des niveaux/débits d'eau maximaux dans ces régions provoquera des dommages importants aux propriétés et entraînera le déplacement des gens.

Dans le même ordre d'idée, de nombreuses propriétés résidentielles le long du fleuve ne sont que légèrement en retrait de la plaine d'inondation de 100 ans. Le nombre de résidences situées sur les limites extérieures de cette plaine a pratiquement explosé : de moins de 6 000 résidences dans la plaine d'inondation, le nombre passe à plus de 60 000 sur le périmètre de la plaine (à environ 0,5 km [0,3 mi] au-delà des limites de la plaine d'inondation). Il est évident que si les niveaux d'eau dépassaient la marque actuelle de 100 ans, les dommages causés aux propriétés seraient très sérieux.

Les courbes niveau-dommages produites pour le bas Saint-Laurent sont calibrées pour le plan de régularisation effectivement en vigueur. Les courbes représentent le risque que les propriétaires sont prêts à accepter en ce moment, étant donné les variations prévues des niveaux d'eau. Si la CMI mettait en oeuvre un autre plan de régularisation qui provoquerait soudainement des changements radicaux des niveaux d'eau, causant à son tour l'inondation de maisons qui n'étaient habituellement pas à risque d'inondation régulière, on s'attendrait donc à ce que les propriétaires réagissent différemment. Dans ces circonstances, il conviendrait peut-être d'adapter la méthode d'évaluation des dommages causés par les inondations en y intégrant l'application d'un facteur d'atténuation.

Enfin, il est important de mentionner que les fonctions de dommages ne peuvent être utilisées pour évaluer les dommages consécutifs aux inondations en raison de la présence d'un embâcle. Les débâcles demeurent néanmoins un facteur important dans les inondations, particulièrement les hivers où les chutes de neige sont abondantes ou qu'il fait très froid. Par exemple, en 1993, quelque 39 450 personnes ont été déplacées, et des biens d'une valeur estimée à 1,5 milliard de dollars (sans compter les pertes municipales, industrielles et pour les producteurs agricoles) ont été endommagés quand une débâcle a touché le fleuve Saint-Laurent et ses affluents (Pêches et Océans Canada, 2005).

9. Bibliographie

- Bouillon, M.-C., F. P. Brissette et C. Marche. 1999. « Le risque d'inondation et son évolution sur la rivière Châteauguay », *Revue canadienne de génie civil*, 26, p. 186-196.
- Côté, J.-P., B. Carrier, B. Doyon, B., N.Roy, A. Morin et É. Dallaire. 2003. Plaine inondable du fleuve Saint-Laurent de Cornwall à Trois-Rivières : atlas du territoire. Rapport technique SMC – Région du Québec, Section hydrologie RT-127, Environnement Canada, Sainte-Foy, 34 pages + 16 fiches descriptives.
- Davies, M.H. et N.J. MacDonald. 2004. *Shoreline Response – Lower St. Lawrence River*. Rapport technique pour l'Étude internationale sur le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent de la Commission mixte internationale, présenté à Environnement Canada (SMC – Région du Québec), 132 p. + annexes.

- Doyon, B., J.-P. Côté, L. Bonnifait, N. Roy, A. Morin et É. Dallaire. 2004. *Crues du fleuve Saint-Laurent : construction de courbes d'endommagement par submersion applicables aux résidences installées dans la plaine inondable*. Rapport technique SMC – Région du Québec, Section hydrologie RT-132, Environnement Canada, Sainte-Foy, 51 pages.
- Doyon, B., É. Dallaire, N. Roy, A. Morin et J.-P. Côté. 2004. *Estimation des dommages résidentiels consécutifs aux crues du fleuve Saint-Laurent*. Rapport technique SMC – Région du Québec, Section hydrologie RT-133, Environnement Canada, Sainte-Foy, 41 pages.
- Doyon, B., S. Martin, A. Morin, N. Roy et É. Dallaire. 2005. *Assessment of Flood Damage: Impact Functions for the Lower St. Lawrence – Revised Version*. Rapport technique SMC – Région du Québec, Section hydrologie RT-128b, Environnement Canada, Sainte-Foy, 29 pages + annexe.
- Environnement Canada. *Rapport du Plan d'action Saint-Laurent Vision 2000*. <http://www.slv2000.qc.ca>
- Forget, S., Robert, B. and Rousselle J. 1999. The Effectiveness of Flood Damage Reduction Measures in the Montréal Region. Report prepared for the Environmental Adaptation Research Group, Institute for Environmental Studies, University of Toronto.
- Pêches et Océans Canada. Garde côtière canadienne. 2005. *Perspectives régionales* [en ligne]. Consulté à l'adresse : <http://www.ccg-gcc.gc.ca/helicopter/regional_f.htm>, le 6 avril 2005.
- Radio-Canada.ca. Nouvelles. 2004. Cap Saint-Ignace : des riverains contestent la hausse de leur compte de taxe, [en ligne]. Consulté à l'adresse : <http://www.radio-canada.ca/regions/Quebec/nouvelles/200404/28/010-cap_st_ignace_speculation.shtml>, le 29 avril 2004.
- Roy, E., J. Rousselle et J. Lacroix. 1997. *Programme de réduction des dommages causés par les inondations au Québec. Cas de la rivière Chaudière*. École polytechnique de Montréal. Rapport établi pour le Groupe de recherche en adaptation environnementale, Institut pour l'étude de l'environnement, Université de Toronto.

10. Processus de révision

Auteurs : Bernard Doyon et Jean-Philippe Côté, Environnement Canada – Région du Québec;
Neil MacDonald et Michael Davies, Pacific International Engineering
Réviseur : Ralph Moulton
Appui du GTT : obtenu le 25 avril 2005
Révision externe : GFEP et Groupe consultatif économique

D. Résumé du Groupe de travail technique sur la navigation commerciale

Le Groupe de travail technique (GTT) sur la navigation commerciale a élaboré des objectifs de planification et des paramètres, des indicateurs de performance et des méthodologies pour évaluer les impacts des différents plans proposés pour la régularisation du lac Ontario sur l'industrie de la navigation commerciale canadienne et américaine. Des changements des débits du lac Ontario modifient les niveaux d'eau et la vitesse des courants dans le système lac Ontario/fleuve Saint-Laurent, ce qui a des impacts sur les navires commerciaux transitant par cette région.

Nous avons délimité trois régions géographiques principales et déterminé pour chacune les impacts sur la navigation commerciale : 1) de Port Weller à Cape Vincent (lac Ontario); 2) de Cape Vincent à l'entrée de la Voie maritime à la hauteur du Port de Montréal (la Voie maritime du Saint-Laurent); 3) de Montréal à Batiscan (chenal maritime du Saint-Laurent). Nous avons estimé les impacts de débits sortants du lac Ontario faibles et élevés, ainsi que les impacts associés à la période où ils se produisent, et ce, pour chacune des trois zones géographiques. Les opérations de gestion des glaces, en particulier dans la zone en aval (de Montréal à Batiscan), ont également un impact sur la navigation commerciale.

Objectifs

Le GTT sur la navigation commerciale a élaboré les objectifs de planification suivants pour leur champ d'intérêt :

- Optimiser les niveaux d'eau et les courants de façon à réduire les dommages au minimum, maximiser les profits et assurer la sécurité de la navigation, sans dépasser les seuils d'inondation.
- Réduire au minimum les extrêmes dans les niveaux d'eau et les vitesses, en termes d'amplitudes et de fréquences des variations, afin d'assurer la stabilité et la prévisibilité, ceci dans le but d'optimiser la planification à long terme des cargaisons pour la navigation commerciale.
- Maintenir des vitesses sécuritaires pour la navigation commerciale.
- Maximiser la stabilité et l'intégrité du couvert de glace en hiver de Montréal à Batiscan afin de prévenir les embâcles et les inondations qui en résultent et d'assurer la sécurité de la navigation.

En ce qui concerne la navigation commerciale, le plan préférable doit optimiser les conditions de navigation sur le lac Ontario et sur le fleuve Saint-Laurent jusqu'à Batiscan et équilibrer les impacts entre les trois tronçons de la voie navigable.

Collecte de données et méthode d'évaluation

Nous avons rassemblé de l'information de base sur les mouvements des navires américains et canadiens dans la zone étudiée. Les données les plus récentes disponibles à ce moment portaient sur la période 1995-1999.

Nous avons axé la collecte de données sur quatre principaux types d'information : des données sur les navires commerciaux, sur les mouvements des navires, sur les marchandises transportées et sur les ports. Cette information a servi à modéliser les impacts économiques des différents plans de régularisation des eaux sur la navigation commerciale.

La base de données finale consistait en 28 390 mouvements de navire individuels effectués entre 1995 et 1999. Les données sur les mouvements des navires ont été obtenues de la Garde côtière canadienne, de la Voie maritime du Saint-Laurent et de l'USACE. Les données sur les déplacements comprenaient les mouvements de tous les navires ayant un tirant d'eau d'au moins 7 m.

Le GTT sur la navigation commerciale a élaboré un modèle d'impact économique pour évaluer les impacts intégrés sur la navigation commerciale canadienne et américaine des différents plans de régularisation du lac Ontario sur tout le système lac Ontario/fleuve Saint-Laurent. Le modèle a utilisé la base de données sur les mouvements des marchandises de 1995 à 1999 comme données représentatives des marchandises et

du tonnage, ainsi que des origines et destinations. Le modèle a été construit par Innovation maritime, en collaboration avec HLB Decision Economics Inc., Lauga and Associates Consulting Ltd., J.D Pace and Associates Inc., et les organisations respectives des membres du GTT sur la navigation commerciale.

Indicateurs de performance

Pour l'indicateur de performance de la navigation commerciale, on a examiné les coûts de transport totaux en dollars américains en fonction du niveau de l'eau, pour les trois zones géographiques et par quart de mois.

Nous avons établi les courbes des coûts totaux du transport pour chaque quart de mois. Les estimations de coûts ont été tirées des données sur le trafic commercial de 1995 à 1999; elles représentent les meilleures données sur les différents navires, marchandises et activités commerciales à notre disposition au moment où les études ont débuté. Pendant les années étudiées (1995-1999), le trafic sur la Voie maritime ne fonctionnait qu'à environ 45 % de sa capacité. Ces conditions ne reflètent pas les mouvements de navires en cours à l'heure actuelle à Montréal, en particulier le trafic de conteneurs, et pourraient donc sous-estimer les impacts sur la navigation commerciale, surtout à Montréal.

Pour chaque plan de régularisation, on a converti les niveaux d'eau au quart de mois en niveaux quotidiens, en effectuant une interpolation linéaire entre les données au quart de mois. Les dates de départ des navires ont servi à déterminer la fourchette de niveaux d'eau qu'ils rencontreraient durant leur voyage. Ces niveaux régissaient la charge maximale que le navire pouvait transporter. Le niveau le plus bas rencontré pendant le trajet déterminait cette charge. Ces niveaux ont été comparés aux paramètres élaborés pour les zones géographiques parcourues par le navire. Ces paramètres déterminaient si le bateau devait ralentir ou arrêter durant le voyage. On a ensuite calculé le temps total de transit pour chaque navire. Ces durées étaient alors converties en coûts en utilisant les coûts d'exploitation quotidiens des divers types de navires. Ces coûts d'exploitation ont été élaborés pour 26 types de navires.

On a créé deux sous-modèles des composantes pour isoler les coûts de navigation commerciale résultant de trois facteurs : les coûts des transits de navires en fonction du tonnage transporté selon les niveaux d'eau, les coûts attribuables aux courants et les coûts associés aux retards dus aux trop grandes pentes d'écoulement. Le sous-modèle A suivait le mouvement d'un navire en enregistrant les éléments entraînant les trois types de coûts potentiels et les heures de déplacement associées à ces trois coûts. Le sous-modèle B convertissait ces heures en dollars. Les courants rencontrés durant le mouvement d'un navire affectaient sa vitesse et donc la durée totale du transit. De même, les pentes d'écoulement trouvées sur le trajet influençaient la durée des déplacements. Si un navire rencontrait des pentes d'écoulement excédant certaines valeurs spécifiques, il s'arrêtait jusqu'à ce que la pente revienne sous ce seuil.

Niveaux économiques de base – Navigation commerciale

La Voie maritime du Saint-Laurent a été inaugurée en avril 1959. En combinaison avec les huit écluses du canal Welland, la Voie maritime permet aux navires de haute mer et aux laquiers mesurant jusqu'à 23,8 m (78 pi) de largeur et 225,4 m (740 pi) de longueur d'avoir accès à tous les Grands Lacs. La section Montréal-lac Ontario de la Voie maritime fait partie intégrante de ce système. Cette section comprend une série de sept écluses permettant aux bateaux de naviguer entre le bas Saint-Laurent et le lac Ontario. Le système dessert la région appelée le « centre du continent », qui constitue le cœur industriel et agricole de l'Amérique du Nord. Cette région englobe huit États autour des Grands Lacs, ainsi que les provinces de l'Ontario et du Québec. Le système dessert aussi les grandes exploitations minières canadiennes du Québec et du Labrador, ainsi que de grandes zones métropolitaines le long du Saint-Laurent dans la province de Québec.

Dans l'ensemble, les importations et exportations à destination ou en provenance de la région, ou circulant à l'intérieur de celle-ci, se chiffrent en moyenne à quelque 146 milliards de tonnes métriques-kilomètres (100 milliards de tonnes-milles) par an. Plus de 27 millions de tonnes métriques (30 millions de tonnes anglaises) par année, représentant quelque 2 950 mouvements de navires, sont expédiées annuellement par la section Montréal-lac Ontario du système. Le Port de Montréal est le plus important port à conteneurs de

l'Est du Canada et un des quinze plus grands en Amérique du Nord, manutentionnant environ le quart du volume de conteneurs traité par le port de New York/New Jersey. Selon le Port de Montréal, le trafic de conteneurs est passé de 7,1 millions de tonnes métriques (7,8 millions de tonnes anglaises) en 1994 à 10,8 millions de tonnes métriques (11,9 millions de tonnes anglaises) en 2004. La taille et le tirant d'eau des navires se sont accrus considérablement au cours des 40 dernières années. Au Port de Montréal, le transport par conteneurs est en voie d'expansion, parallèlement à la forte progression mondiale des échanges par porte-conteneurs.

On trouvera de l'information supplémentaire sur le contexte socio-économique, les avantages potentiellement importants, les principales conditions de base, les tendances principales, etc. de la navigation commerciale dans l'exposé narratif contextuel sur la navigation commerciale (annexe F du rapport final du GTT sur la navigation commerciale).

Les conseillers économiques ont recommandé de prendre comme condition économique de base pour la navigation commerciale les revenus de transport maritime enregistrés dans le cadre de l'application du Plan 1958-DD. Étant donné toutefois qu'on ne disposait d'aucune donnée sur les revenus annuels moyens de la navigation commerciale, les conseillers économiques ont alors suggéré d'utiliser les coûts de transport encourus avec ce même plan. Cette substitution, quoique nécessaire, sous-estime très probablement les revenus. Heureusement, aucun des plans proposés n'entraîne de pertes pour la navigation (ni même des pertes importantes dans aucun des tronçons), et on n'a donc pas besoin d'une condition de base précise en fonction de laquelle on pourrait juger si l'ampleur des pertes est disproportionnée. Le tableau D-1 présente les coûts de transport annuels totaux moyens pour la navigation commerciale dans le cadre du Plan 1958-DD.

Tableau D-1 : Conditions économiques de base pour la navigation commerciale sous le régime du Plan 1958-DD

	(millions \$US)
NAVIGATION COMMERCIALE	194,4 \$
Ontario	29,2 \$
Voie maritime	108,8 \$
En aval de Montréal	56,4 \$

Analyse

La régularisation des débits du lac Ontario a une incidence sur la navigation commerciale sur le lac et sur le fleuve Saint-Laurent jusqu'à Batiscan, au Québec, car elle modifie les niveaux d'eau et les vitesses de courant du lac et du fleuve dans cette portion de la voie navigable Grands Lacs-Saint-Laurent. Ce ne sont pas seulement ces changements hydrologiques qui exercent des impacts sur la navigation commerciale, mais aussi les moments choisis pour les effectuer (à l'échelle saisonnière et hebdomadaire), ainsi que les courants qui en résultent et leur effet sur la formation du couvert de glace. Les niveaux d'eau extrêmes, très élevés et très bas, peuvent tous deux avoir des impacts sur la navigation commerciale; sur le bas Saint-Laurent ceux-ci sont aussi influencés par le débit de la rivière des Outaouais.

Nous avons déterminé quelles caractéristiques hydrauliques ont un impact négatif sur la navigation commerciale dans chacune des trois régions géographiques. Afin de déterminer quand les impacts sur la navigation se produisaient, nous avons créé un total de quarante-deux indicateurs ou paramètres. Nous avons élaboré des indicateurs pour des conditions de débit et niveaux d'eau élevés et faibles, pour divers calendriers de changements hydrauliques et diverses pentes d'écoulement et vitesses de courant, et ce, pour chaque zone. Nous avons aussi défini des paramètres qui favoriseraient la formation d'un couvert de glace stable qui est important pour la navigation hivernale dans le Port de Montréal. Les impacts sur les navires commerciaux revêtent plusieurs formes : une augmentation de la consommation de carburant et de la durée du transit attribuable à de forts courants; une réduction de la vitesse des navires pour réduire le sillage en périodes de niveaux élevés; l'arrêt des navires lorsque les vitesses de débit sont trop importantes pour assurer une navigation sécuritaire; une réduction de la charge embarquée lorsque les niveaux d'eau sont trop bas, etc. Le document intitulé *Planning Objectives and Performance Metrics for Evaluating Impacts of Lake Ontario Outflow Regulation Plans on Commercial Navigation* donne une description complète de ces paramètres (annexe A du rapport final du GTT sur la navigation commerciale).

Le modèle d'évaluation économique comprenait les éléments suivants : données sur l'origine et la destination des mouvements de marchandises; système physique utilisé par les navires (ports, écluses, chenaux); données sur les niveaux d'eau; paramètres de contrôle des glaces; durée des transits (y compris les limites de vitesse, le temps d'attente moyen aux écluses et les durées et retards des transits); caractéristiques opérationnelles et coûts d'opération des navires. Il a fallu cinq bases de données principales pour exécuter le modèle : la base de données sur les mouvements des navires; la base des données hydrauliques pour chaque plan; une base de données des profils des mouvements des navires; une base de données des coûts d'opération des bateaux, incluant les coûts fixes et variables, ainsi que les frais de pilotage et de la Garde côtière canadienne et le péage de la Voie maritime; une base de données des caractéristiques opérationnelles des navires, notamment la longueur du bateau, la capacité de charge au milieu de l'été par type de marchandise, le facteur d'immersion (tonnes par pouce), le type de moteur; etc.

On a enregistré les données opérationnelles des navires pour chaque étape de leurs mouvements. Un navire peut encourir des retards causés par les 42 niveaux hydrologiques et pentes seuils. Le résultat de la simulation documente les durées des transits, y compris les retards, le tonnage transporté, ainsi que la quantité de carburant consommé en fonction des conditions hydrauliques rencontrées par chaque navire durant la période de simulation. Ces données opérationnelles sont alors converties en coûts. Les coûts du transport commercial appartiennent à une des trois catégories principales suivantes : coûts en capitaux (coûts de remplacement du navire); coûts d'opération (équiperage, lubrifiants et réserves, assurances, entretien et réparation, administration) et coûts du voyage (carburant, péage de la Voie maritime, frais de pilotage et frais gouvernementaux). Les coûts des voyages sont calculés pour chaque mouvement de navire pour chaque année de la période de simulation de 101 années. On trouvera une description détaillée du Modèle d'impact économique dans le rapport de Maritime Innovation intitulé *Impact Evaluation Model for Commercial Navigation on the St. Lawrence and Lake Ontario. Final Report* (28 sept. 2004), qui est présenté à l'annexe B du rapport final du GTT sur la navigation commerciale dans un document distinct.

Dans le but de déterminer quel plan convenait le mieux à ce champ d'intérêt, le GTT sur la navigation commerciale a élaboré sa propre méthodologie d'évaluation des plans, en se fondant sur l'indicateur de performance des coûts de transport annuels moyens et sur les 42 paramètres hydrologiques. En général, un dépassement des paramètres entraîne une diminution de la vitesse du navire, une réduction du tirant d'eau ou des arrêts. Bien que ces événements se traduisent par un accroissement des coûts de transport, il est habituellement préférable, par exemple, de réduire les vitesses plutôt que le tirant d'eau. De plus, la prévisibilité et la stabilité ont également été considérées comme des facteurs importants pour déterminer quel plan sert le mieux les intérêts de la navigation commerciale. Les deux éléments qui semblent les plus sensibles aux changements du régime hydraulique sont, d'une part, les coûts entraînés par les retards sur la Voie maritime du Saint-Laurent et, d'autre part, la fiabilité des profondeurs adéquates au Port de Montréal et les moments où elles sont présentes.

Intégration au Modèle de la vision commune

Le modèle de la navigation commerciale a servi à tracer des courbes des coûts du transport qui sont utilisées par le MVC. Ces courbes, qui sont indépendantes des plans de régularisation, servent à estimer les coûts annuels totaux de transport pour une série donnée de niveaux d'eau pour chaque quart de mois. Ceci a permis au Groupe de formulation et d'évaluation des plans (GFEP) d'élaborer un grand nombre de plans de régularisation potentiels et d'évaluer leur impact sur la navigation commerciale sans avoir à exécuter le modèle de la navigation commerciale, très détaillé. Les coûts annuels de transport estimés en utilisant ces courbes de coût étaient très semblables aux coûts annuels calculés par le modèle détaillé. Les niveaux d'eau pour lesquels des courbes ont été tracées ont été obtenus par incréments de 10 cm (4 pouces) au-dessus et en dessous du zéro des cartes pour une station hydrométrique de profondeur donnée, dans chacune des trois zones géographiques : le lac Ontario, le Saint-Laurent et Montréal. On trouvera une description de la manière dont ces courbes ont été générées dans le document *Impact Evaluation Model for Commercial Navigation – Model Improvements for Simulations of up to 100 Years and for Shared Vision Model Inputs* rédigé par Innovation Maritime en collaboration avec Lauga and Associates (annexe C du rapport final du GTT sur la navigation commerciale).

Résumé des principales conclusions

Une des principales conclusions du GTT sur la navigation commerciale était qu'il y a presque toujours suffisamment d'eau dans le lac Ontario pour permettre le passage de navires chargés à pleine capacité; ce n'est donc généralement pas un élément dont il faut tenir compte lors de l'évaluation des plans de régularisation.

Pendant les périodes de sécheresse prolongées, le régime de régularisation ne permet pas de faire grand-chose pour éviter les faibles profondeurs dans la Voie maritime. Par contre, les différents plans n'ont pas tous la même capacité à maintenir des profondeurs minimales acceptables dans le Port de Montréal. Il s'agit là d'une considération majeure étant donné l'augmentation considérable du trafic de conteneurs au Port de Montréal depuis 1994.

Les coûts entraînés par les retards dans le transport sur la portion du système correspondant à la Voie maritime du Saint-Laurent varient selon les différents plans de régularisation et représentent donc un élément majeur dans l'évaluation des différents plans de régularisation.

Participants

Groupe de travail technique sur la navigation commerciale

	Roger Haberly, responsable pour les É.-U.	U.S. Army Corps of Engineers, Buffalo, NY
	Luc Lefebvre, responsable pour le Canada	Corporation de Gestion de la Voie Maritime du Saint-Laurent, Cornwall, ON
	Anjuna Langevin, responsable pour le Canada	La fédération maritime du Canada, Montréal, QC
	Ivan Lantz, responsable pour le Canada	La fédération maritime du Canada, Montréal, QC
	Jean-Luc Bédard	Administration portuaire de Montréal, Montréal, QC
	Pat Vincelli	Corporation de Gestion de la Voie Maritime du Saint-Laurent, Cornwall, ON
	Thomas Lavigne	St. Lawrence Seaway Development Corp., Cornwall, ON
	Jérôme Faivre	Transports Québec, Québec, QC
	Stéphane Dumont	Garde côtière canadienne, Québec, QC
	Dennis Robinson	U.S. Army Corps of Engineers, Fort Belvoir, VA
	Flavio D'Agnolo	Garde côtière canadienne, Ottawa, ON
	Chantal Ouellet	Transport Québec, Québec, QC
	Pierre Rouleau	Garde côtière canadienne, Québec, QC
	Stefan Routhier	Administration portuaire de Montréal, Montréal, QC
	Daniel Beaubien	Administration portuaire de Montréal, Montréal, QC
	Michael Ferland	Administration portuaire de Montréal, Montréal, QC
	Dominique Tapin	La fédération maritime du Canada, Montréal, QC
Agent de liaison du Groupe d'étude	Ed Eryuzlu	Secrétariat canadien, Ottawa, ON
Agents de liaison du GCIP	Ivan Lantz	La fédération maritime du Canada, Montréal, QC
	Marc Hudon	Chicoutimi, QC
	Tom McAuslan	Osweg, NY
	Scott Tripoli	Manlius, NY
	Michel Turgeon	Montréal, QC

Bibliographie

Innovation Maritime / Maritime Innovation. *Details of the Great Lakes Commercial Navigation Economic Impact Model*.

Planning Objectives and Performance Metrics For Evaluating Impacts Of Lake Ontario Outflow Regulation Plans on Commercial Navigation. Rapport établi par le GTT sur la navigation commerciale.

D. Exposé contextuel sur la navigation commerciale

1. Contexte socio-économique général

a) Valeur de la production de l'intérêt

Les Grands Lacs et les voies interlacustres, le fleuve Saint-Laurent et le golfe Saint-Laurent, constituent une voie navigable continue de l'océan Atlantique jusqu'au cœur du continent nord-américain. Grosso modo, on peut décrire le système navigable Grands Lacs/Saint-Laurent de la façon suivante :

- 1) De l'océan Atlantique jusqu'à légèrement en aval de la ville de Québec, le système est une voie navigable en eau profonde. Les installations de transbordement situées sur cette section du fleuve comptent parmi celles ayant les plus fortes profondeurs au monde.
- 2) D'un point légèrement en aval de Québec jusqu'au Port de Montréal, le système est constitué du chenal maritime du Saint-Laurent, avec une voie navigable de 10,7 m (35,1 pi) à 11,3 m (37,1 pi) de profondeur.
- 3) De Montréal jusqu'au lac Supérieur, le système offre une voie navigable de 8,23 m (27,0 pi) de profondeur.
- 4) La section Montréal-lac Ontario du fleuve Saint-Laurent comporte un total de sept écluses, avec une élévation d'environ 70 m (229,7 pi).
- 5) Le lac Ontario est relié au lac Érié par le canal Welland et ses 8 écluses, qui assurent une élévation d'environ 99 m (~325 pi).
- 6) Du lac Érié au lac Michigan-Huron, la voie navigable est constituée des chenaux naturels et dragués de la rivière Detroit, du lac Sainte-Claire et de la rivière Sainte-Claire. Aucune écluse n'est nécessaire dans cette section de la voie navigable.
- 7) Du lac Michigan-Huron au lac Supérieur, la voie navigable s'élève d'environ 6,7 m (22,0 pi) en passant par la rivière St. Marys et cinq écluses, toutes situées à la sortie du lac Supérieur.

En moyenne, les ports des Grands Lacs bénéficient d'une saison de navigation libre de glace de neuf mois et demi. Le Port de Montréal et les autres ports plus en aval dans le fleuve Saint-Laurent restent ouverts toute l'année.

Aux États-Unis, à l'extrémité sud du lac Michigan, le système navigable Grands Lacs/Saint-Laurent se connecte au *Mississippi River Inland Waterway System*, lequel représente environ 3 100 km (1 926 mi) de canaux navigables de faible profondeur et permet le transport par barge jusqu'au Golfe du Mexique. Le système navigable Grands Lacs/Saint-Laurent se relie également au *New York State Barge Canal* près de Buffalo, dans l'État de New York, formant un canal navigable de faible profondeur entre les Grands Lacs et les ports de la côte Est des États-Unis (océan Atlantique) en passant par la rivière Hudson.

Au Canada, les systèmes de canaux Rideau, Trent et Ottawa relient l'arrière-pays aux Grands Lacs et au fleuve Saint-Laurent. En outre, la voie navigable Richelieu-Champlain, de faible profondeur, permet la connexion entre la rivière Hudson (É.-U.) et le fleuve Saint-Laurent juste en aval de Montréal.

Avec 90 ports commerciaux répartis dans son ensemble, le système navigable Grands Lacs/Saint-Laurent est un des systèmes de transport maritime les plus importants sur la planète. Aujourd'hui, ce système de navigation intégré est au service des mineurs, des producteurs agricoles, des travailleurs d'usine et des secteurs commerciaux, depuis les prairies de l'Ouest jusqu'à la côte Est. Le commerce annuel y dépasse 180 millions de tonnes métriques (198 millions de tonnes américaines). Pour chaque tonne de cargaison, on compte des dizaines, et souvent des centaines de personnes qui travaillent dans l'ombre¹. Le commerce maritime sur le système Grands Lacs/Voie maritime génère chaque année plus de 4,3 milliards de dollars en revenus personnels, 3,4 milliards de dollars en revenus d'affaires liés au transport et 1,3 milliard de dollars

¹ Rapport annuel 2002/2003 de la Corporation de Gestion de la Voie Maritime du Saint-Laurent.

en taxes fédérales, provinciales, d'État et locales. En général, 10 000 tonnes métriques (11 000 tonnes anglaises) de marchandises diverses qui transitent par un port des Grands Lacs rapportent plus d'un demi-million de dollars à l'économie locale.

b) Nombre de parties prenantes

La Voie maritime du Saint-Laurent a été inaugurée en avril 1959. En combinaison avec les huit écluses du canal Welland, la Voie maritime permet aux navires de haute mer et aux laquiers d'une largeur maximale de 23,8 m (78 pi) et d'une longueur maximale de 225,4 m (740 pi) d'avoir accès à tous les Grands Lacs. La section Montréal-lac Ontario de la Voie maritime fait partie intégrante de ce système. Cette section comprend une série de sept écluses permettant aux bateaux de naviguer entre le bas Saint-Laurent et le lac Ontario. La portion du système correspondant à la Voie maritime du Saint-Laurent a vu passer plus de 2,1 milliards de tonnes métriques (2,3 milliards de tonnes anglaises) de marchandises en 40 ans, d'une valeur estimée à 258 milliards \$CAN (173 milliards \$US). La Voie maritime assure 75 000 emplois directs et indirects au Canada et 150 000 emplois aux États-Unis.

c) Caractéristiques organisationnelles

L'ampleur et la complexité du marché et la forte intégration de l'économie du corridor formé par les Grands Lacs et la Voie maritime du Saint-Laurent sont tout à fait uniques. Le système dessert la région appelée le « centre du continent », qui constitue le cœur industriel et agricole de l'Amérique du Nord. Cette région englobe huit États autour des Grands Lacs, ainsi que les provinces de l'Ontario et du Québec. Le système dessert aussi les grandes exploitations minières canadiennes du Québec et du Labrador, ainsi que de grandes zones métropolitaines le long du Saint-Laurent dans la province de Québec. La région est peuplée d'environ 100 millions de personnes, soit le tiers des populations combinées des États-Unis et du Canada. Du côté canadien, l'Ontario et le Québec représentent plus de 60 % du produit intérieur brut du pays, alors que les États des Grands Lacs génèrent quelque 26 % de l'assise manufacturière de tous les États-Unis².

Le centre du continent de l'Amérique du Nord constitue une région très productive. Il produit environ 34 % des produits nationaux bruts combinés des États-Unis et du Canada, un tiers de leurs investissements en capital et environ 30 % de leurs revenus personnels combinés. Son économie basée sur l'industrie et l'agriculture compte pour environ 37 % de la valeur ajoutée aux produits manufacturés au Canada et aux États-Unis et pour plus de 42 % des revenus agricoles totaux des deux pays. Le secteur agricole produit principalement des céréales, du bétail, des produits laitiers et de la volaille, la plus grande partie de cette production excédant les besoins de la région. Parallèlement, la région est un importateur net d'une variété de produits de l'industrie légère, ainsi que de produits textiles, de la pêche et du bois.

Le centre du continent dépend fortement du transport, générant environ 42 % du tonnage total du fret ferroviaire des États-Unis et environ 45 % du transport ferroviaire au Canada. Il constitue également la destination de plus de 41 % des cargaisons aux États-Unis et de 38 % de celles du Canada. Le centre du continent occupe en outre un emplacement stratégique pour les deux nations, étant le centre à travers lequel la plus grande partie du reste du trafic inter-régional est-ouest et une bonne partie des voies commerciales nord-sud contiguës doivent passer. La portion américaine de cette région génère plus du tiers des exportations de produits manufacturés de ce pays.

Dans l'ensemble, les importations et exportations à destination ou en provenance de la région ou circulant à l'intérieur se chiffrent en moyenne annuellement à quelque 145 milliards de tonnes métriques-kilomètres (100 milliards de tonnes-milles). Plus de 27 millions de tonnes métriques (30 millions de tonnes anglaises) par année, représentant quelque 2 950 mouvements de navires, sont expédiées annuellement par la section Montréal-lac Ontario du système. Depuis 1959, plus de 175 000 passages ont été enregistrés sur le fleuve Saint-Laurent en amont de Montréal.

² Great Lakes – St. Lawrence Seaway System Directory 2003/04.

Environ 85 % du tonnage total transporté sur la voie navigable se composent de minerai de fer, de charbon, de pierre calcaire et de céréales. Les autres 15 % du trafic comprennent des marchandises générales à destination de pays étrangers, tels que des produits pétroliers, du papier journal, du sel gemme, des produits de fer et d'acier, du ciment, des produits chimiques et beaucoup d'autres marchandises.

Au Canada, une large proportion du commerce des Grands Lacs, en particulier les céréales (se dirigeant vers l'aval) et le minerai de fer (se dirigeant vers l'amont), transitent par la voie navigable du Saint-Laurent à destination et en provenance des ports du bas Saint-Laurent. Les installations du Port de Montréal manutentionnent chaque année plus de 20 millions de tonnes métriques (22 millions de tonnes américaines) de marchandises. Ce port est aussi le plus important terminal portuaire à conteneurs au Canada et un des plus importants en Amérique du Nord.

d) Valeurs et perceptions de l'intérêt

En ce qui concerne les impacts environnementaux, les études ont démontré que la pollution environnementale émise par les navires représente le dixième de celle émise par les camions et la moitié de celle des trains. Les navires de la Voie maritime transportent une tonne métrique de fret sur une distance pouvant atteindre 800 km (497 mi) en consommant 4 litres (1 gallon américain) de carburant³. Le transport maritime produit moins de bruit, moins de déchets et moins d'embouteillages. La fréquence des déversements et la sécurité sont clairement meilleures que celles du transport ferroviaire et routier : un accident maritime pour 13,7 accidents ferroviaires et pour 74,7 accidents de camions; et un déversement maritime pour 10 déversements ferroviaires et pour 37,5 déversements de camions.

e) Restrictions importantes imposées par les lois, règlements et politiques

La signature et l'application de l'Accord de Kyoto pourraient avoir des effets importants sur l'industrie du transport maritime. D'une part, en raison de ses faibles émissions par tonne-km, le secteur maritime se trouve dans une position enviable comme mode de transport de remplacement. En effet, on considère que le transport maritime à courte distance possède un grand potentiel pour réduire l'encombrement des autoroutes et les émissions des véhicules routiers, et constitue un remplacement et un complément viables au transport par chemin de fer et par camion. D'autre part, la décision de fermer des centrales électriques alimentées au charbon en Ontario réduirait ou éliminerait le besoin d'y transporter du charbon. Une étude en cours, l'Étude des Grands Lacs et de la Voie maritime du Saint-Laurent, évaluera les besoins d'entretien et de capitaux pour soutenir et optimiser le système Grands Lacs/Voie maritime du Saint-Laurent et l'infrastructure de transport maritime existante dont ce système dépend. Il faudra suivre de près les résultats de cette étude. Par ailleurs, on constate généralement une demande croissante d'allongement de la saison de navigation.

f) Historique de l'intérêt

La Voie maritime est un mode de transport concurrentiel pour une large variété de produits en vrac (minerai de fer, céréales, charbon) destinés au Canada et aux États-Unis, ainsi que pour les produits de l'acier, l'équipement lourd et les cargaisons liées à un projet en provenance et à destination de l'Europe. Plusieurs ports des Grands Lacs sont situés plus près des marchés européens que les ports de la côte Est ou du Golfe. Les ports des Grands Lacs demandent en général des frais moins élevés que leurs concurrents, les ports de mer, pour la manutention, les droits de quai, les droits de bassin et le chargement et déchargement des céréales, du minerai de fer, de l'acier en bobines et de la machinerie. Le chargement et le déchargement des produits de l'acier coûtent environ 2,20 \$US de moins par tonne métrique dans les ports des Grands Lacs. À l'heure actuelle, la structure des échanges dans la Voie maritime prend les formes suivantes :

³ *Étude comparative des impacts environnementaux des modes de transport de marchandises dans l'axe du Saint-Laurent (Novembre 2000).*

- Mouvement vers l'amont de marchandises générales, y compris de l'acier semi-fini sous la forme de brames, bobines, poutrelles et d'autres produits, en provenance de producteurs d'outre-mer.
- Mouvement vers l'amont du minerai de fer des mines de l'Est du Canada.
- Expédition vers l'aval de céréales destinées à l'exportation, soit dans des vraquiers canadiens vers des points de transbordement sur le bas Saint-Laurent, soit dans des navires de haute mer pour exportation outre-mer directe.
- Approximativement 29 millions de tonnes métriques (32 millions de tonnes anglaises) de fret ont été expédiées via la section Montréal-lac Ontario en 2003, et environ 32 millions de tonnes métriques (35 millions de tonnes américaines) via le canal Welland. La suppression des tarifs douaniers pour l'acier aidera la Voie maritime à retrouver son ancienne structure commerciale.
- On s'attend à ce que le trafic au Port de Montréal dépasse les 23,6 millions de tonnes métriques (26 millions de tonnes américaines) transportées en 2004. Cette croissance devrait surtout toucher le secteur des conteneurs et le trafic des vracs liquides.

g) Flux commerciaux et conditions actuelles du marché

Le Port de Montréal est un port international fonctionnant toute l'année et desservant des lignes de navigation qui font des échanges avec plus de 100 pays du monde. Les marchés principaux du port sont l'Europe du Nord et la Méditerranée, mais il augmente également sa pénétration des marchés du Moyen-Orient et de l'Asie du Sud-Est. Il est aussi relié à l'Afrique du Sud par un service régulier depuis plusieurs années. Les principaux ports d'origine ou de destination sont les suivants : Anvers, en Belgique; Felixstowe, Liverpool et Thamesport, en Angleterre; Rotterdam, aux Pays-Bas; Hambourg et Bremerhaven, en Allemagne; Le Havre et Marseille/Fos, en France; Cadix et Valence, en Espagne; Gênes, Livourne, Naples et Gioia Tauro, en Italie; enfin Lisbonne, au Portugal.

À partir de l'Europe du Nord et de la Méditerranée, Montréal représente le trajet le plus court vers les vastes marchés de l'Amérique du Nord, qui représentent un bassin d'environ 100 millions de consommateurs canadiens et américains. Le Port de Montréal contribue à augmenter la compétitivité des exportateurs du cœur industriel de l'Amérique du Nord et facilite l'approvisionnement en matières premières et tous types de produits pour l'industrie du Canada central, du Midwest et du Nord-Est des États-Unis.

Le Port de Montréal traite tous les types de cargaison pendant toute l'année, crée environ 17 600 emplois directs et indirects et génère près de 2 milliards de dollars d'impacts économiques pour Montréal, le Québec et le Canada. Le chenal de navigation vers l'Atlantique a une profondeur de 11,3 m (37 pi) sous le zéro des cartes, qui correspond au niveau d'eau le plus bas. Il peut recevoir des navires de tous les types et de presque toutes les dimensions, y compris des porte-conteneurs dont la capacité peut aller jusqu'à 4 100 équivalences de conteneurs de 20 pieds.

Les lecteurs électroniques de niveau d'eau permettent aux navires à grand tirant d'eau d'optimiser leur chargement. En 2004, le port a traité plus de 23,6 millions de tonnes (26 millions de tonnes américaines) de cargaisons diverses et de vracs solides et liquides. Plus des trois quarts de tout le trafic du Port est international. La Société du Port de Montréal est un organisme fédéral autonome qui construit et entretient des infrastructures louées à des entreprises privées d'aconage et exploite un terminal céréalier, un terminal de passagers et un réseau ferroviaire, tous des éléments qui lui appartiennent. Le Port a 16 hangars de quai pour les vracs solides et les marchandises diverses non containérisées, quatre rampes de roulage, cinq terminaux de vracs solides et un terminal céréalier, 16 emplacements d'accostage pour les vracs liquides et un terminal de passagers pour les navires de croisière. Chaque année, le Port de Montréal accueille des milliers de croisiéristes à son terminal de passagers Iberville, situé dans le quartier historique du Vieux Port de Montréal.

Montréal est un chef de file dans le marché nord-atlantique des conteneurs. Environ la moitié de son trafic de conteneurs a les États-Unis comme point d'origine ou de destination. Le Port de Montréal a dépassé la marque d'un million de conteneurs pour la toute première fois en 2000. Le Port a traité 10,8 millions de tonnes (11,9 millions de tonnes américaines) de trafic de conteneurs en 2004, dont 95 % venait de l'Europe du Nord et de la Méditerranée. Les quatre terminaux à conteneurs modernes du Port comportent 15 ponts roulants à portique et d'autres appareils de manutention des cargaisons de conteneurs. Les grandes lignes de navigation par conteneurs offrent des services de navires de ligne réguliers à partir du port et la plupart font de Montréal un de leurs ports d'escale en Amérique du Nord. Montréal est une destination où les conteneurs peuvent être complètement chargés et déchargés, ce qui crée des économies considérables de temps et d'argent.

Le Port de Montréal possède l'un des meilleurs systèmes intermodaux de l'Amérique du Nord. Il dispose de son propre réseau ferroviaire, comportant une centaine de kilomètres (60 milles) de voies ferrées. Ce réseau permet à deux sociétés ferroviaires transcontinentales (le Canadien National et le Canadien Pacifique) d'avoir accès à pratiquement n'importe quel mouillage, ce qui élimine les doubles transbordements. Les deux sociétés ferroviaires offrent des services de porte-conteneurs à deux niveaux. Environ 45 trains, d'une longueur de 1,7 km (plus d'un mille) en moyenne, quittent le port chaque semaine à destination de villes telles que Toronto, Detroit et Chicago. Soixante pour cent du trafic de conteneurs du Port est transporté par rail, tandis qu'environ 25 entreprises de camionnage acheminent le 40 % qui reste. Les entreprises de camionnage desservent généralement des marchés situés au Québec, en Ontario, en Nouvelle-Angleterre et dans l'État de New York.

h) Effet des dernières hautes ou basses eaux

La navigation maritime a beaucoup changé au cours des 40 dernières années. Dans les premières années de la Voie maritime, la flotte de navires était composée surtout de petits navires de canal. De plus, le tirant d'eau était limité à 7,6 m (25 pi). Depuis cette époque, la flotte de navires a beaucoup changé. Des navires allant jusqu'à 225 m (740 pi) de longueur et 23,8 m (78 pi) de largeur transitent maintenant régulièrement par le système. Le tirant d'eau des navires a aussi connu une hausse, passant à 80,8 dm (26,5 pi) pour les cargos hors mer et pour certains transocéaniques spécialement équipés. Cela explique pourquoi les basses eaux des années 1960 n'ont pas eu l'impact qu'auraient les mêmes niveaux d'eau aujourd'hui. Les basses eaux des années 1960 entraîneraient des transits plus lents et (ou) une réduction des tirants d'eau. Dans les deux cas, les basses eaux augmentent les coûts d'expédition, ce qui pourrait avoir un impact sur l'économie générale si ces conditions devaient persister. L'industrie du transport par navigation commerciale est très compétitive et une légère augmentation de coût pourra donner l'avantage à un autre mode de transport.

Les profondeurs de chenal offertes à la navigation dépendent des niveaux d'eau des lacs et des voies interlacustres. Tout changement dans le régime de ces niveaux peut avoir un effet sur le coût d'expédition de certaines marchandises dans le système. La régularisation des eaux des Grands Lacs, puisqu'elle peut modifier dans une certaine mesure le régime des eaux du système Grands Lacs/Saint-Laurent, a une influence sur la navigation.

Des niveaux d'eau élevés sont généralement favorables à la navigation, à moins qu'ils ne soient accompagnés de forts courants. Si les courants sont trop rapides, il est possible que les conditions soient dangereuses pour la navigation, auquel cas on obligera les navires à s'arrêter. Cela aurait également un impact économique sur les coûts de transport. Dans certains secteurs, les niveaux d'eau élevés pourront augmenter la probabilité d'inondation de certains quais riverains et (ou) exposer le littoral aux vagues causées par les navires. Traditionnellement, lorsque les niveaux d'eau montent au-delà d'un certain seuil, on oblige les navires à réduire leur vitesse, ce qui augmente encore leur temps de transit et les coûts de transport. Si les niveaux d'eau deviennent extrêmement élevés, l'écluse Iroquois débordera lorsque les niveaux d'eau atteindront 75,61 m (248 pi) (SRIGL 85). À ce niveau, il ne serait plus possible de faire fonctionner les écluses et tous les navires transitant dans le secteur s'arrêteraient jusqu'à ce que les niveaux reviennent à des valeurs acceptables.

2. Indicateurs de performance

L'indicateur de performance choisi par le GTT sur la navigation commerciale est le coût total de transport associé à la navigation commerciale entre Bécancour, au Québec, et Port Weller, en Ontario. Les coûts de transport comprennent les frais d'acquisition et d'exploitation des navires, les frais de carburant, les péages de la Voie maritime, les frais de pilotage et les montants à payer à la Garde côtière canadienne (frais du service de navigation maritime et du service de dragage d'entretien). Les coûts ne comprennent pas les frais de port et les coûts de manutention de la cargaison au port. Le Modèle d'impact économique sur la navigation commerciale fournit des estimations de coûts pour les différents plans sur la base du trafic de navigation commerciale entre 1995 et 1999, qui constitue la meilleure information disponible pour le moment.

Les courbes du coût de transport total ont été obtenues à partir des valeurs au quart de mois pour trois régions géographiques : le lac Ontario (de Port Weller à Cape Vincent), la Voie maritime (de Cape Vincent à Saint-Lambert) et de Montréal à Batiscan (Saint-Lambert à Batiscan). Ces courbes de coûts ont été intégrées au MVC. Notez que les impacts peuvent varier considérablement le long de la Voie maritime pour les endroits en aval et en amont du barrage de Cornwall.

On a converti les niveaux d'eau au quart de mois en niveaux d'eau journaliers par interpolation linéaire entre les données au quart de mois. Le fait d'utiliser des mesures au quart de mois enlève un peu de la précision et de l'acuité des événements de hautes eaux, de basses eaux et de haute vitesse et présente une image qui se rapproche un peu plus d'une moyenne, ce qui conduira à une sous-estimation des impacts économiques. On s'est servi des dates de départ des navires pour établir l'intervalle de valeurs des niveaux d'eau rencontrés par le navire pendant son trajet. Ces niveaux d'eau déterminent la charge maximale que le navire peut transporter. C'est le niveau d'eau le plus bas rencontré durant le transit qui détermine la charge maximale permise pour le navire. On compare le niveau d'eau rencontré avec les paramètres élaborés pour chacun des secteurs géographiques que traverserait le navire au cours de son transit. Ce paramètre détermine alors si le navire peut procéder à vitesse normale, s'il doit ralentir son régime en raison des hautes eaux, réduire son tirant d'eau à cause des basses eaux ou s'immobiliser en raison de pentes et de débits d'écoulement élevés. On a calculé un temps total de transit pour chaque navire. On a alors converti ces temps de transit en coûts en utilisant les frais d'exploitation quotidiens associés aux 26 types de navires.

Les coûts qui doivent être assumés par la navigation commerciale sont causés par trois facteurs : le coût des transits de navires, calculés en fonction des tonnes transportées selon les niveaux d'eau, les coûts associés à la présence de courants et les coûts associés aux retards causés par les fortes pentes d'écoulement. Les coûts de la navigation commerciale sont influencés par les niveaux d'eau en ce sens que les navires sont obligés de ralentir, de voyager à faible charge et (ou) de s'immobiliser, aussi bien en période de hautes eaux que de basses eaux. Les vitesses et courants de hautes eaux, qui sont représentés par les pentes d'écoulement entre les stations hydrométriques, augmentent les temps de transit et (ou) l'utilisation de carburant pour les transits vers l'amont. Si la vitesse de l'eau devient trop élevée, les navires doivent s'arrêter parce que les conditions sont dangereuses pour la navigation. Les courbes de coût ne reflètent que les coûts de transit dus au chargement du navire selon les valeurs de niveau d'eau disponibles ainsi que les temps de déplacement et l'utilisation de combustible selon qu'on se déplace avec ou contre le courant. Le MVC calcule les coûts liés aux ralentissements, aux arrêts ou aux déchargements partiels du navire au moyen d'autres algorithmes. Tous ces coûts sont calculés par le modèle d'impact économique.

On peut utiliser les coûts de transport pour classer les plans. Cependant, il n'est pas si simple qu'il y paraît à première vue d'utiliser les coûts de transport pour évaluer et classer les plans. Puisqu'on compare tous les plans avec le Plan 1958-DD, toute économie sur les coûts de transport est une amélioration par rapport à la situation actuelle. Il existe trois types possibles de plans pour ce qui est des impacts sur les coûts de

transport : ceux qui produisent des économies pour tous les secteurs géographiques (lac Ontario, Voie maritime et Montréal), ceux qui causent des pertes pour tous les secteurs et ceux qui entraînent des gains dans certains secteurs et des pertes dans d'autres. Le système utilisé pour classer les plans pourrait varier pour chacune de ces trois façons de grouper les plans. Par exemple, en fonction des économies nettes de transport indiquées ci-dessous, le plan Cornell IV se classerait au premier rang sur la base des économies totales de transport. Si on classe les plans en réduisant les impacts au minimum dans tous les secteurs géographiques puis en partageant toutes les pertes également, il faut décerner la palme au plan Benefits H.

Plan	Économies de transport			
Plan	L. Ont.	Voie marit.	Montréal	Total
Cornell IV*	28 703 \$	2 221 285 \$	52 194 \$	2 140 388 \$
Natural A*	42 881 \$	2 140 535 \$	83 372 \$	2 014 282 \$
Benefits H*	5 220 \$	858 903 \$	7 132 \$	846 551 \$

Rouge : Pertes **Vert : Économies** * Nom de plan proposé au début de l'étude.

Le GTT sur la navigation commerciale a retenu 42 paramètres qui peuvent être utilisés pour classer divers plans relatifs aux niveaux d'eau. Les paramètres indiquent à quel niveau certains impacts précis se produisent pour les expéditeurs. Le lien principal entre ces impacts et les niveaux d'eau est celui des effets qu'ont différents niveaux d'eau sur la capacité de charge des navires, leur vitesse et leur capacité de transiter à travers le système.

Le tirant maximal permis pour un transit dans la Voie maritime est généralement publié et ne change que rarement. D'ordinaire, on permet aux navires de passer avec un tirant d'eau de 7,9 m (26 pi) pendant les périodes d'ouverture et de fermeture de la Voie maritime et de 8,0 m (26,25 pi) pendant le reste de la saison. L'an passé, en raison de niveaux d'eau favorables, on a permis à certains navires de transiter avec un tirant d'eau de 7,9 m (26 pi). Ces tirants d'eau supposent une valeur précise de profondeur d'eau sous quille. On connaît les niveaux d'eau nécessaires pour ces tirants d'eau à différents points de la Voie maritime.

Une façon de classer les différents plans est de voir les valeurs qu'ils entraîneront pour chacun des 42 paramètres retenus par le GTT sur la navigation commerciale. On peut compter pour combien de quarts de mois, pendant 101 années, on dépasse les seuils critiques de niveaux élevés ou de bas niveaux et les valeurs critiques de vitesse ou de pente d'écoulement. Au bout du compte, il faut choisir un plan en fonction des coûts de transport et de sa performance par rapport aux paramètres. Le GTT sur la navigation commerciale a donc fourni cette information au Groupe d'étude de sorte qu'il puisse l'intégrer au MVC.

3. Catégories d'avantages non pris en compte par les indicateurs de performance retenus, mais potentiellement importants (impacts secondaires)

a) Avantages environnementaux du transport maritime par rapport à d'autres modes de transport

En ce qui concerne les impacts environnementaux, les études ont démontré que les navires émettent un dixième de la pollution environnementale émise par les camions et la moitié de celle des trains. Les navires empruntant la Voie maritime transportent une tonne de fret sur une distance pouvant aller jusqu'à 800 km avec 4 litres de carburant⁴. Le transport maritime produit moins de bruit, moins de déchets et moins d'engorgement routier. La sécurité maritime est de loin supérieure à la sécurité routière et ferroviaire et les

4 Étude comparative des impacts environnementaux des modes de transport de marchandises dans l'axe du Saint-Laurent (Novembre 2000).

déversements enregistrés sont beaucoup moins nombreux dans le transport maritime : un accident maritime pour 13,7 accidents ferroviaires et 74,7 accidents de camions et un déversement maritime pour 10 déversements ferroviaires et 37,5 déversements de camions. En raison de ses faibles émissions par tonne-km, le secteur maritime occupe une position enviable à titre de moyen de transport de remplacement. Le transport maritime à courte distance a un potentiel important de réduction de la congestion routière et des émissions des véhicules, et constitue un moyen de rechange viable comme complément au transport ferroviaire et routier.

b) Avantages pour les économies des États-Unis et du Canada

Le commerce maritime dans le réseau Grands Lacs/Voie maritime génère chaque année plus de 4,3 milliards de dollars de revenus personnels, 3,4 milliards de dollars de revenus commerciaux liés au transport et 1,3 milliards de dollars de taxes et d'impôts fédéraux, d'État, provinciaux et locaux. La Voie maritime soutient 75 000 emplois directs et indirects au Canada et 150 000 emplois aux États-Unis. De plus, en général, les quelque 10 000 tonnes (11 000 tonnes américaines) de marchandises diverses traitées dans un port des Grands Lacs apportent plus d'un demi-million de dollars de retombées économiques locales. Les huit États des Grands Lacs, ainsi que la province de l'Ontario et du Québec, comptent près de 100 millions de personnes, soit le tiers de la population des États-Unis et du Canada réunis. Du côté canadien, l'Ontario et le Québec représentent plus de 60 % du produit intérieur brut du Canada, tandis que les États des Grands Lacs génèrent environ 26 % de toute la production des États-Unis dans le secteur de la fabrication.

c) Autres coûts de transport maritime

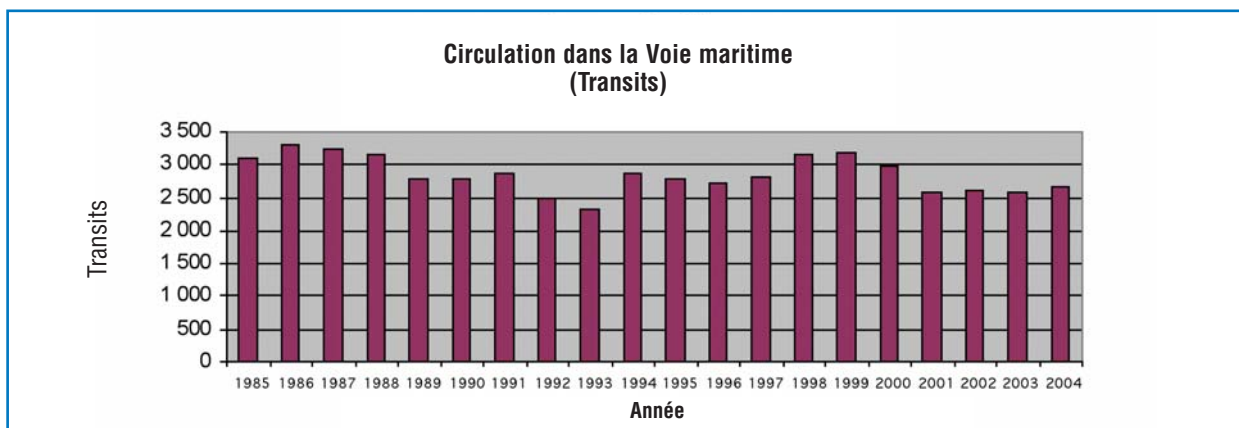
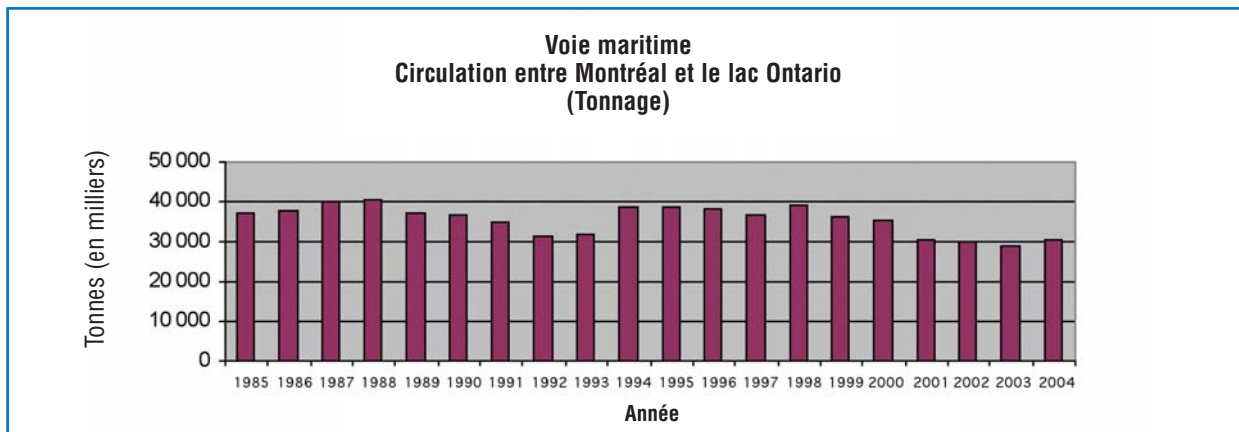
À la suite d'une période de basses eaux, ou lorsque les pentes d'écoulement et les courants forcent les navires à arrêter, le modèle suppose que tous les navires reprennent la navigation simultanément. En termes pratiques, selon la durée de l'événement et le nombre de navires arrêtés, le rythme où la navigation reprend est limité par la capacité des écluses à laisser passer les navires. Les impacts de débits/pentes d'écoulement excessifs ou de niveaux d'eau faibles seront sous-estimés dans n'importe quel plan évalué. Cette constatation est encore plus importante puisque toutes les données sur les niveaux d'eau utilisées sont fondées sur des données au quart de mois. Les données au quart de mois masquent les niveaux d'eau élevés et/ou faibles et les pentes d'écoulement élevées qui pourraient avoir une incidence sur les passages des navires. Les données au quart de mois représentent la moyenne des niveaux d'eau pendant cette période. Elles éliminent les niveaux élevés et faibles et présentent une moyenne.

4. Principales conditions de base

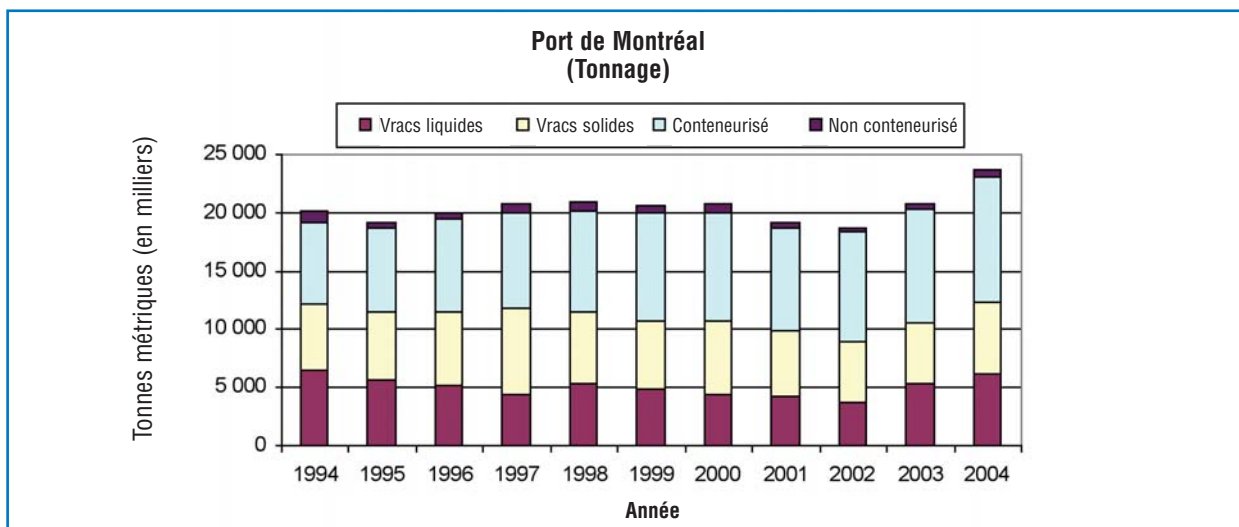
- a. Le modèle des impacts ne tient pas compte d'un élargissement ou d'un approfondissement du canal de navigation, ni des changements apportés à l'infrastructure en place, qu'il s'agisse des écluses, des ponts ou des ouvrages de régularisation.
- b. Le modèle des impacts ne tient pas compte des changements apportés à la composition des flottes qui pourraient se produire si les infrastructures subissaient d'énormes changements.
- c. Le modèle des impacts économiques utilise des données réelles sur le transit des navires dans le tronçon de Bécancour au lac Ontario de 1995 à 1999 (cinq ans). Il utilise le même ensemble de données sur cinq ans pour simuler tous les niveaux d'eau sur 101 années. Il permet de connaître les impacts négatifs des niveaux d'eau élevés et faibles et des vitesses/pentes d'écoulement élevés c.-à-d. les navires qui doivent réduire leur vitesse, arrêter, transporter une charge plus légère ou décharger du fret.

5. Principales tendances

La figure ci-dessous indique les tonnages historiques de la Voie maritime du Saint-Laurent et du Port de Montréal. La Voie maritime présente une tendance cyclique. On s'attend à ce que les niveaux d'achalandage à court terme dans la Voie maritime (les cinq prochaines années) soient au moins égaux aux niveaux de 2003 et de 2004. Les tonnages transportés pendant la saison 2004 sont évalués à 30 494 000 de tonnes (33,6 millions de tonnes américaines).



Les tonnages à Montréal ont connu une croissance modérée, amenée surtout par le trafic de conteneurs. On s'attend à ce que les tonnages à Montréal poursuivent leur croissance. On s'attend à ce que la croissance provienne principalement du secteur des conteneurs et d'une augmentation du trafic de vrac liquides.



Les principales tendances et enjeux pouvant influencer sur le système comprennent :

- une tendance continue vers la conteneurisation;
- le transport maritime à courte distance pour diminuer la congestion sur les routes et faciliter le commerce, l'amélioration de l'utilisation d'installations et la réduction des gaz à effet de serre;
- la demande de services à l'année, un seul arrêt, la gestion de la chaîne d'approvisionnement de porte à porte;
- la Voie maritime fonctionne à environ 50 % de sa capacité;
- l'Étude sur les Grands Lacs et la Voie maritime du Saint-Laurent doit être terminée;
- La décision de l'Ontario d'arrêter la production d'électricité à partir du charbon;
- Une infrastructure vieillissante : Voie maritime, ports des Grands Lacs, navires;
- Moins de navires transocéaniques ont des dimensions qui leur permettent d'entrer dans les écluses de la Voie maritime.

6. Conséquences attendues des changements dans la régularisation

Pour conserver voire augmenter la croissance de ce segment de transport, il faut que les niveaux d'eau dans les limites des paramètres existants (ou améliorés) soient fiables et prévisibles. En raison de la nature compétitive de cette industrie, des niveaux d'eau faibles ou des niveaux ou des débits d'eau élevés inacceptables pourraient avoir un impact négatif sur l'industrie du transport dans sa totalité et peut-être inciter certains expéditeurs à utiliser d'autres modes de transport. Si les avantages pour le transport maritime diminuaient au profit d'autres modes de transport, il serait très difficile de les reconquérir.

7. Comportements adaptatifs

La communauté maritime peut réagir de nombreuses façons aux bas niveaux d'eau, selon leur importance et leur durée. Si le niveau d'eau est bas et que l'on prévoit que la situation sera de courte durée et se limitera à une région très précise du système, les navires peuvent réduire leur vitesse dans cette section et continuer de transporter la même quantité de marchandises. Cette situation entraîne une augmentation de la durée des transits mais pas du nombre de voyages des navires. Cette mesure d'adaptation a également ses limites, puisque les navires doivent, en tout temps, conserver une vitesse suffisante pour ne pas influencer sur la manœuvrabilité et la sécurité.

Si les basses eaux sont importantes et qu'on s'attend à ce qu'elles durent pendant une période prolongée, on pourra réduire le tirant d'eau des navires. Cette situation entraîne une augmentation des coûts puisqu'il faut faire plus de voyages pour transporter le même tonnage, en supposant qu'il y ait suffisamment de navires disponibles pour le faire. De façon générale, la Voie maritime et l'industrie peuvent s'adapter aux conditions de basses eaux quand les apports du bassin sont faibles pendant des périodes prolongées, comme tous les utilisateurs seraient également obligés de le faire, mais des niveaux d'eau faibles causés par un plan ne seraient certainement pas vus d'un bon œil.

Cependant, si la diminution des niveaux d'eau entraînait de grandes réductions du tirant d'eau et devait durer pendant une période prolongée, l'approche durable serait d'approfondir les canaux et les ports. Cette option cause de nombreuses inquiétudes. Une évaluation de la faisabilité du dragage exigerait des évaluations environnementales comprenant une évaluation de la qualité des sédiments, la détermination des aires de dépôt, le confinement possible, l'établissement des coûts et la détermination de qui les assumerait.

Pour le trafic dans le Port de Montréal, le dragage serait hors de question en cas de réduction de la colonne d'eau. Les derniers travaux de dragage du canal (10 M\$) n'ont été effectués qu'après quatre ans de débat avec des groupes et des organismes environnementaux. Si jamais, ce qui est fort peu probable, le Port de Montréal obtenait la permission de draguer encore plus profondément, les coûts seraient significativement plus élevés puisque dans certaines régions, le fond du canal est couvert de roches et que l'approfondissement du canal exigerait que des changements soient apportés aux infrastructures existantes du port (quais).

Certaines activités de dragage effectuées comme mesure proactive d'atténuation ont eu lieu en 1999 pour la profondeur actuelle du canal. C'est le Port qui a financé la totalité des coûts. Le dragage a permis de recevoir des navires de gros tonnage pour traiter des volumes croissants de trafic et pour que leur trajet soit moins vulnérable aux variations de l'eau dans le cadre du Plan 1958-DD. Un plan qui prévoirait moins d'eau que le Plan 1958-DD annulerait les impacts positifs du dragage de 1999.

Une autre mesure d'adaptation aux niveaux d'eau à la baisse serait de changer la composition des flottes. La flotte de navires qui entre régulièrement dans le Port de Montréal a été construite sur mesure et expressément pour ce commerce. La dernière génération de navires a été construite à un coût total d'environ 1 milliard de dollars US. Il est probable qu'on songe déjà à d'autres navires dans un proche avenir. Leur conception devra peut-être changer de façon à permettre de recevoir des volumes toujours plus grands correspondant aux nouvelles limites de tirant d'eau du Port. Les gains économiques liés à la construction d'une nouvelle flotte devront être évalués de très près étant donné que les tarifs-marchandises pour les exportations sont 60 % plus élevés que ce qu'ils étaient en 1994 et que les tarifs sur les importations pendant cette même période n'ont pas suivi l'inflation.

Pour ce qui est des navires des Grands Lacs, le plus récent navire canadien a été construit en 1985 (MV Paterson). Les États-Unis se sont appliqués à modifier leur flotte existante (en ajoutant des capacités de déchargement automatique et en transformant des navires en remorqueurs-chalands). Rien n'indique que l'économie du commerce dans les Grands Lacs pourrait soutenir une modification de la flotte.

8. Évaluation des risques et analyse de sensibilité

Il faut bien tenir compte des points suivants quand on utilise le coût total du transport comme indicateur de performance des coûts.

- a. La base de données sur les navires utilisée pour élaborer cet IP (passages des navires en 1995-1999) ne représente que la flotte, les volumes de trafic et les mouvements des marchandises dans le réseau à cette époque. Or le tonnage des navires qui utilisent le Port de Montréal a déjà amorcé une tendance à la hausse.
- b. Les données sur les niveaux d'eau sont fournies au quart de mois. Cependant, des changements quotidiens ou même horaires des niveaux d'eau peuvent avoir des impacts sur les passages des navires et les chargements. Les données au quart de mois ont tendance à « répartir » ces impacts et entraînent une sous-estimation des coûts du transport.
- c. L'IP peut servir à faire le départage entre une bonne et une mauvaise année de niveaux d'eau. L'usage servant à déterminer le classement des plans est toutefois plus problématique. Deux plans peuvent entraîner les mêmes coûts moyens totaux de transport. Les deux plans pourraient toutefois ne pas être égaux aux fins du classement. Un plan qui offre un ensemble de niveaux d'eau plus uniformes serait préférable à un plan dont les niveaux d'eau connaissent des variations extrêmes. Il faut prévoir les chargements et l'horaire des marchandises transportées par eau de façon à s'assurer que les navires se déplacent dans des profondeurs d'eau suffisantes pour permettre leur passage pendant toute la durée de leur voyage. Un plan offrant un ensemble de niveaux d'eau plus uniformes, pourvu que les niveaux soient suffisants pour conserver les tirants d'eau existants ou plus profonds, serait préférable à un plan qui comporte des fluctuations extrêmes des niveaux d'eau.
- d. Le présent IP est également sensible au cycle saisonnier. Un plan prévoyant plus d'eau que le plan actuel, de juin à décembre environ, serait le premier choix. C'est à ce moment de l'année que les niveaux d'eau baissent habituellement et que les mouvements de tonnage sont les plus importants.
- e. Les facteurs limitant⁵ la navigation actuellement reconnus dans le Modèle d'évaluation des impacts dans l'ensemble de la portion de la Voie maritime du système sont les suivants :

⁵ *Planning Objectives and Performance Metrics For Evaluating Impacts of Lake Ontario Outflow Regulation Plans on Commercial Navigation*

- (1) Les niveaux d'eau minimaux (élévation au-dessus du niveau de la mer dans le SRIGL 1985) permettant la navigation avec un tirant d'eau de 8,0 m (26 pi, 3 po) dans le tronçon Montréal-Lac Ontario jusqu'au tronçon Montréal du système sont les suivants :

Emplacement	Niveau d'eau minimal (mètres, SRIGL85)
Lac Ontario	74,27
Ogdensburg	73,90
Cardinal	73,45
Iroquois	73,35
Morrisburg	72,79
Long Sault	72,50
Summerstown	46,58
Coteau-Landing	46,48
Lac Saint-Louis	20,60

- (2) Les gradients d'écoulement maximaux représentant les vitesses non sécuritaires pour la navigation sont les suivants :

Emplacement	Gradients d'écoulement maximaux (cm)
Ogdensburg-Cardinal	72
Cardinal-Iroquois HW	26
IroquoisTW-Morrisburg	46
Morrisburg-Long Sault	35

- (3) Les niveaux d'eau qui dépassent les niveaux suivants exigent une réduction de la vitesse des navires pour empêcher les dommages aux rives et aux ouvrages de protection des rives :

Emplacement	Niveau d'eau maximal (SRIGL)
Lac Ontario	75,37
Ogdensburg	75,37
Morrisburg	74,00
Summerstown	47,00
Coteau-Landing	46,58

- (4) Un niveau de 75,61 m (248 pi) à l'écluse Iroquois inondera l'écluse et la rendra inutilisable.

Quand les niveaux d'eau se rapprochent de ceux indiqués au tableau du facteur (1) ci-dessus et continuent de baisser, les navires doivent réduire leur vitesse, et quand ils baissent en deçà de ceux indiqués au tableau, les navires doivent jeter l'ancre jusqu'au rétablissement des niveaux. Si les niveaux ne se rétablissent pas, il faut décharger du fret des navires avant qu'ils puissent continuer leur route. Les navires dont le fret n'a pas encore été chargé et qui se dirigent vers la Voie maritime allégeront leur cargaison de façon à composer avec les niveaux d'eau plus bas. Les tirants d'eau dans la Voie maritime sont fixés à 8,0 m (26,25 pi) depuis 1994. Ces derniers temps, les navires peuvent circuler dans le système à 8,08 m (26,5 pi) l'été. Quand les niveaux d'eau sont très bas pendant des périodes prolongées, les ports, les transporteurs et d'autres industries peuvent perdre leur compétitivité, car ils doivent payer plus pour transporter les matières premières nécessaires à leurs activités particulières. L'activité économique de toute une région, d'un État, d'une province ou d'un pays peut donc être touchée par une augmentation éventuelle du chômage et du prix des biens. Par exemple, une réduction du tirant d'eau dans la Voie maritime aura les effets économiques suivants :

Effet par navire				Effet par année (1 300 navires)		
Réduction du tirant d'eau	Réduction du fret, tonnes	Perte de revenus, CGVMSL	Perte de revenus, transport des marchandises	Réduction du fret, tonnes	Perte de revenus, CGVMSL	Perte de revenus, transport des marchandises
1 cm	40	80 \$	800 \$	52 000	104 000 \$	1 040 000 \$
8 cm	320	640 \$	6 400 \$	416 000	832 000 \$	8 320 000 \$

CGVMSL = Corporation de Gestion de la Voie maritime du Saint-Laurent

Les navires qui circulent dans des régions dont les gradients d'écoulement dépassent ceux indiqués au tableau du facteur (2) ci-dessus doivent s'arrêter jusqu'à ce que les gradients soient inférieurs à ceux indiqués. Lorsque les niveaux d'eau dépassent les niveaux indiqués au tableau du facteur (3) ci-dessus, les navires doivent réduire leur vitesse pour éviter des dommages aux rives et aux ouvrages de protection des rives. Si le niveau d'eau à l'écluse Iroquois atteint 75,61 m (248 pi) (ce qui correspond à un niveau de 75,56 m (247,9 pi) à la station hydrométrique amont du barrage Iroquois modélisé dans l'étude), il faut suspendre la navigation parce que l'écluse sera inondée et donc, inutilisable.

- f. À Montréal, les niveaux d'eau influent sur la quantité de fret chargé ou déchargé d'un navire à fort tirant d'eau. Les navires dont le tirant d'eau en charge est de 10 m ou moins ne sont pas considérés comme étant à fort tirant et ne sont généralement pas limités par les variations des niveaux d'eau. L'eau disponible est habituellement suffisante pour permettre le plein chargement de ce type de navire. Cependant, les navires à fort tirant d'eau, qui représentent 30 % du tonnage circulant dans le Port de Montréal, ont besoin de niveaux d'eau de 0,6 m ou plus au-dessus du zéro des cartes pour être viables sur le plan économique. Pendant une période de bas niveaux d'eau, de tels navires ne pourraient pas être en mesure de transporter de pleins chargements ou devoir décharger une partie de leur chargement dans un autre port s'ils ne sont pas prévenus des bas niveaux d'eau. Les deux situations entraînent une augmentation des coûts d'exploitation et une réduction de l'efficacité du service. La compétitivité du Port de Montréal est donc grandement touchée par les variations des niveaux d'eau.

Il y a un lien direct entre les niveaux des lacs et le coût de transport des marchandises en vrac. Ce lien est fondé sur le tirant d'eau admissible du transport. Les cargos des lacs ont tendance à profiter de chaque centimètre de profondeur disponible parce que les profits des expéditeurs proviennent essentiellement des quelques derniers centimètres de chargement. Par exemple, 2,5 cm de tirant d'eau pour un navire de charge ayant une capacité de charge de 23 000 tonnes (25 000 tonnes américaines) représentent 113 tonnes (125 tonnes américaines) de fret. Pour un transporteur de vrac d'une capacité de charge de 59 000 tonnes (65 000 tonnes américaines), 2,5 cm signifie une perte ou un gain de 200 tonnes (220 tonnes américaines) ou environ 0,3 % de la capacité de charge. Dans le même ordre d'idées, une réduction de 30 cm du tirant d'eau disponible signifie qu'il est possible de charger environ 114 conteneurs de 6 m de moins sur un navire type d'une capacité de 1 800 conteneurs.

Bien que les niveaux d'eau sur les Grands Lacs soient en général assez stables, les niveaux d'eau du Port de Montréal sont très sensibles aux changements causés à des fins de régularisation au débit du lac Ontario par l'ouvrage régulateur de Moses-Saunders. Par exemple, une réduction du débit de 570 m³/s (20 130 pi³/s) de Moses-Saunders entraînerait une baisse d'environ 24 cm dans le Port au point d'équilibre, alors qu'il provoquerait une augmentation de seulement 0,25 cm environ par jour sur le lac Ontario. Cela signifie que, à l'automne, quand les niveaux d'eau sont généralement à leur plus bas dans le Port, les conséquences d'une réduction importante des débits sortants du lac Ontario pourraient être désastreuses pour l'industrie du transport de Montréal, alors que les avantages offerts par de telles réductions aux secteurs d'activités de navigation en amont du projet Moses-Saunders seraient négligeables.

9. Bibliographie

Corporation de Gestion de la Voie maritime du Saint-Laurent. *Rapport annuel 2002/2003*.

Great Lakes–St. Lawrence Seaway System Directory 2003/04.

Étude comparative des impacts environnementaux des modes de transport de marchandises dans l'axe Saint-Laurent (Novembre 2000).

Planning Objectives and Performance Metrics For Evaluating Impacts Of Lake Ontario Outflow Regulation Plans on Commercial Navigation. Rapport établi pour le GTT sur la navigation commerciale.

E. Résumé du Groupe de travail technique sur l'énergie hydroélectrique

Objectifs

Le Groupe de travail technique (GTT) sur l'énergie hydroélectrique avait la responsabilité d'évaluer l'impact éventuel de changements à la régularisation des niveaux et des débits d'eau sur la production d'électricité, les retombées économiques de changements dans la production d'électricité et d'autres questions pouvant influencer sur la production ou l'entretien des cinq centrales électriques touchées.

Méthodes de collecte de données et d'évaluation

Cinq centrales électriques peuvent être touchées par la régularisation des niveaux et des débits sur le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent : les centrales électriques de Moses et de Beck sur la rivière Niagara; les centrales électriques de St. Lawrence–Franklin D. Roosevelt (barrage Moses) et de Saunders, sur le fleuve Saint-Laurent près de Cornwall, en Ontario; le complexe de Beauharnois-Les Cèdres, juste en amont du lac Saint-Louis. Les caractéristiques de production de chaque centrale les rendent uniques, et chacune est touchée différemment par les niveaux et les débits d'eau. Par conséquent, les effets de la régularisation des débits sur la production d'électricité ont été évalués séparément pour chaque centrale. Des représentants des trois entreprises qui exploitent les centrales électriques ont siégé sur le GTT sur l'énergie hydroélectrique et ont travaillé avec le Groupe de formulation et d'évaluation des plans (GFEP) pour élaborer des algorithmes quantitatifs permettant d'évaluer comment la production d'électricité pourrait changer selon différents plans de régularisation. Chaque algorithme était fondé sur des modèles existants déjà élaborés par chacune des entreprises. Les nouveaux algorithmes lient les niveaux du lac Ontario et les débits du fleuve Saint-Laurent à la production d'électricité en mégawatts-heures pour chaque centrale électrique.

En vue d'évaluer les retombées économiques de la production d'électricité, on avait besoin de certaines prévisions de prix du marché de l'électricité⁶. Deux ensembles initiaux de prévisions de prix du marché ont été utilisés pendant les premiers exercices d'évaluation des plans. Ces deux ensembles soulignaient l'importance des variations saisonnières des prix de l'électricité—des variations saisonnières importantes pourraient entraîner des différences importantes dans les impacts économiques de différents plans de régularisation. Par conséquent, pour s'assurer que l'évaluation était fondée sur une prévision fiable des prix du marché, le GFEP et le GTT ont conclu un contrat avec l'entreprise Synapse Energy Economics Inc. pour qu'elle effectue une courte étude sur les données du marché. Synapse a analysé les données de prix horaires du marché de l'État de New York et du marché de l'Ontario en combinaison avec des futurs prix de marché pour produire des prévisions à court et à long terme des prix de l'électricité (Synapse Energy Economics, Inc, 2005). La prévision de prix à court terme a été utilisée dans le Modèle de la vision commune (MVC) pour évaluer le plan. Ces prix sont présentés à la figure E-1. En raison de la nature du marché de l'électricité réglementé au Québec, on a utilisé un prix constant de l'électricité pour évaluer les retombées économiques des plans de régularisation sur les centrales électriques Beauharnois-Les Cèdres. Le prix utilisé dans le cas de Beauharnois-Les Cèdres était de 70,47 \$US.

Indicateurs de performance

New York Power Authority (NYPA) et Ontario Power Generation (OPG) exploitent et commercialisent ensemble l'électricité des centrales électriques de Moses-Beck et de Moses-Saunders. Hydro-Québec détient et commercialise l'électricité produite aux centrales électriques Beauharnois-Les Cèdres. Les indicateurs de performance de chaque entreprise étaient semblables mais ont été modélisés séparément. La prévision de prix pour New York indiquée ci-dessus a servi pour NYPA, alors que la prévision de prix pour l'Ontario a servi pour OPG. Pour Hydro-Québec, on a utilisé le prix unique du Québec.

⁶ En vertu des exigences fédérales et d'État, la plus grande partie de l'électricité produite aux projets de la centrale St.Lawrence-FDR et Moses de la Power Authority est vendue en vertu de contrats bilatéraux à des prix inférieurs aux prix du marché. Le prix du marché correspond à la perte ou au surplus d'électricité touché par les propositions de plans de régularisation.

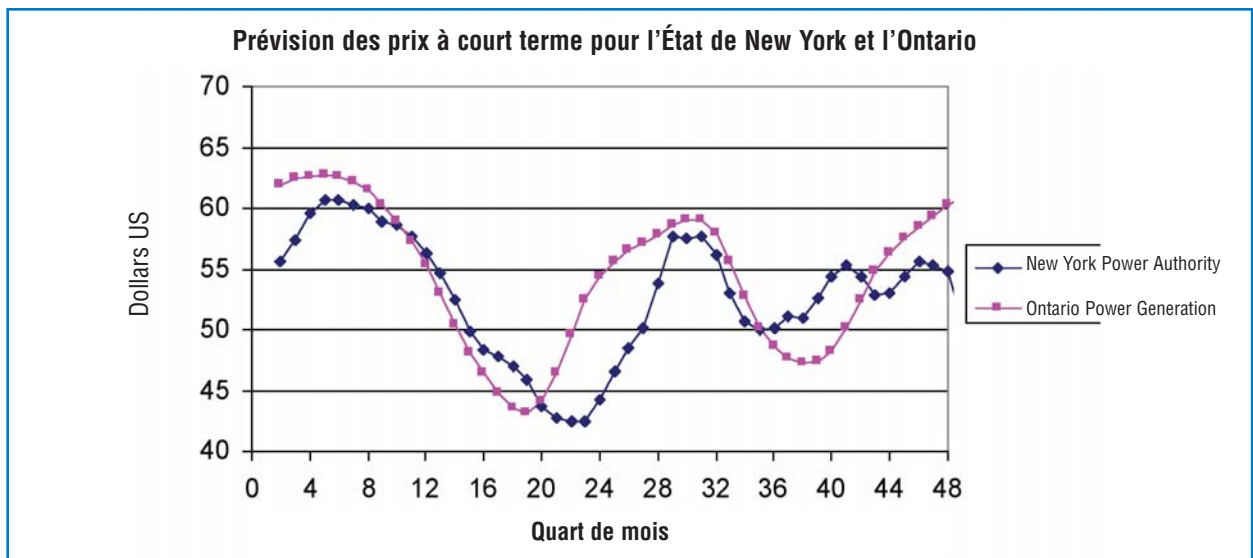


Figure E-1 : Prévisions de prix à court terme de l'électricité

Production d'électricité

La production d'électricité au projet énergétique de Massena-Cornwall est influencée tant par les niveaux du lac Ontario que par ses débits sortants. Dans une certaine mesure, les plus grands débits entraînent une plus grande production d'électricité, mais au-delà du point maximal d'efficacité (environ 8 450 m³/s [298 400 pi³/s]), une croissance des débits diminuera les rendements. De plus, les niveaux plus élevés du lac Ontario entraînent généralement une hauteur de chute plus élevée à Moses-Saunders, ce qui augmente également la production d'électricité. En outre, les niveaux du lac Ontario ont un effet sur l'efficacité avec laquelle un débit donné produit de l'énergie. Il existe donc une relation directe entre les niveaux, les débits et la production d'énergie. Le GTT a élaboré deux algorithmes pour comprendre cette relation : un pour le côté OPG de Moses-Saunders et l'autre pour le côté NYPA. Chaque algorithme utilise le débit et le niveau du lac Ontario au quart de mois pour calculer la quantité d'électricité produite (en MWh) pour ce quart de mois.

Les niveaux du lac Ontario influent également sur la production d'électricité aux centrales électriques de Moses et de Beck. Puisque ces centrales sont situées sur la rivière Niagara au-dessus du lac Ontario, une élévation des niveaux du lac réduit en fait la hauteur de chute de la centrale de Moses-Beck, ce qui entraîne une baisse de production d'énergie. Une baisse des niveaux du lac aura un effet opposé. En vue de tenir compte de cet effet, le GTT a fourni un algorithme qui permet de calculer la production d'électricité d'un quart de mois de Moses-Beck d'après les niveaux du lac Ontario et d'autres intrants.

La production d'électricité au complexe de Beauharnois-Les Cèdres dépend essentiellement des débits sortants du lac Ontario. Des débits plus grands entraînent généralement une plus grande production d'énergie, mais des débits supérieurs à 7 500 m³/s (264 900 pi³/s) produisent de l'électricité de manière moins efficace. Le représentant d'Hydro-Québec dans le GTT a élaboré un algorithme pour calculer la production d'électricité à Beauharnois-Les Cèdres selon les débits sortants du lac Ontario et d'autres intrants. Cet algorithme a été programmé dans le MVC.

La valeur de la production d'électricité

La valeur marchande de l'électricité varie tout au long de l'année en raison des changements saisonniers à la demande d'électricité. L'électricité tend à avoir plus de valeur pendant la saison de chauffage en hiver et la saison de climatisation en été, mais a moins de valeur au printemps et en automne. Les plans de régularisation qui permettent de produire plus d'électricité en été et/ou en hiver auront tendance à produire de plus grands avantages économiques. Les prix de l'électricité au quart de mois produits par Synapse

Energy Economics Inc. ont permis au MVC de déterminer la valeur de l'électricité produite selon différents plans de régularisation. Ces prix ont été appliqués à la production d'électricité de Moses-Beck et de Moses-Saunders.

En plus des variations saisonnières, la valeur marchande de l'électricité varie dans une journée ordinaire, également en raison de changements dans la demande. La demande a tendance à être plus grande le jour, alors les prix du marché ont tendance à être plus élevés le jour. La CMI permet à OPG et à NYPA de varier les débits pendant le jour de façon à que plus d'électricité soit produite quand elle a plus de valeur, produisant un avantage économique. Cependant, les règlements de la CMI ne permettent pas cette variation quotidienne lorsque les débits sont supérieurs à 7 930 m³/s (280 000 pi³/s). Les plans qui ont tendance à permettre des débits plus grands plus souvent permettront moins de variation quotidienne et il y aura une perte de certains des avantages économiques associés. À l'aide des données de prix horaires du marché ontarien, le GFEP a évalué la valeur quotidienne de la variation quotidienne à environ 40 500 dollars américains. Le MVC suit de près le nombre de jours où un plan de régularisation permet une variation quotidienne et, à l'aide de la valeur quotidienne estimée de cette variation, permet de calculer les avantages économiques de la variation quotidienne.

En raison de la régularisation et de la dépendance à l'égard de l'énergie hydroélectrique, le GFEP et le GTT sur l'énergie hydroélectrique ont conclu que la valeur économique de l'électricité au Québec ne variait pas pendant l'année. Par conséquent, ils ont appliqué un prix constant de 70,47 \$US à Beauharnois-Les Cèdres. La production d'électricité au complexe de Beauharnois-Les Cèdres n'est pas modifiée par les variations quotidiennes permettant une production de pointe.

Prévisibilité des débits du lac Ontario

Les entreprises d'hydroélectricité arrêtent périodiquement certaines de leurs turbines pour un entretien systématique régulier. Quand les débits du lac Ontario sont faibles, il est possible d'arrêter le fonctionnement de groupes turbine-alternateur sans perte de production d'électricité parce que toute l'eau peut passer au travers des autres turbines. Donc, afin de réduire au minimum le coût de renonciation lié à l'entretien du groupe, les entreprises essaient de prévoir l'entretien au moment de l'année où elles s'attendent à ce que les débits du lac Ontario soient faibles. Si les débits augmentent inopinément quand les turbines sont en arrêt pour l'entretien, les groupes restants ne pourront peut-être pas traiter ces débits, et une partie de l'eau passera sans qu'elle produise de l'électricité. Il est donc très important de prévoir les débits pour pouvoir planifier de façon efficace et optimale l'entretien des groupes turbine-alternateur.

Les membres du GTT sur l'énergie hydroélectrique ont conclu que, de façon générale, si les débits sont fondés sur les niveaux du lac Ontario, la prévisibilité sera élevée. On mesure donc cet indicateur de performance en calculant la corrélation entre les débits de quart de mois et les niveaux de quart de mois du lac Ontario. Une corrélation plus élevée indique un niveau plus élevé de prévisibilité. Ce paramètre est important pour OPG/NYPA et pour Hydro-Québec.

Stabilité des débits du lac Ontario

La stabilité des débits préoccupe autant que la prévisibilité, mais sur une échelle de temps plus courte. La stabilité fait référence aux changements des débits d'un quart de mois à l'autre. Le rythme de changement des débits peut nuire à la planification de l'entretien et aux taux d'efficacité. À l'aide de données antérieures sur la production, Hydro-Québec a élaboré un algorithme pour calculer les pertes de production d'électricité (en MWh) selon les changements de quart de mois des débits. OPG et NYPA ont conclu que les effets à Moses-Saunders seraient semblables, mais la moitié de ceux de Beauharnois-Les Cèdres. À l'aide de prévisions de prix adéquates, les pertes de MWh sont converties en pertes économiques. L'indicateur de performance sur la stabilité est mesuré comme une perte économique en raison d'une perte de production d'électricité.

Déversement au barrage Long Sault

Quand un plan exige que des débits soient extrêmement élevés et dépassent la capacité du barrage de Moses-Saunders, une partie de l'eau passe par le barrage Long Sault. Les déversements par Long Sault étaient une préoccupation environnementale pendant le processus de renouvellement de permis de la Federal Energy Regulatory Commission pour NYPA. Les déversements par Long Sault d'avril à la mi-juin peuvent avoir un effet négatif sur la fraye des poissons. Cet indicateur de performance est mesuré en déterminant la fréquence à laquelle un plan provoque des déversements à Long Sault pendant la période de la fraye, et, quand ils se produisent, l'importance du débit passant par Long Sault.

Formation du couvert de glace

Pour permettre aux débits prévus par le plan d'être relâchés pendant l'hiver, il est nécessaire d'avoir un couvert de glace stable. Un embâcle empêchera cette régularisation et provoquera une baisse de la hauteur de chute qui pourrait aussi influencer sur les apports d'eau municipale à proximité du barrage Moses-Saunders. L'incapacité à faire passer les débits nécessaires entraînera une augmentation des niveaux du lac Ontario avant la fonte du printemps, ajoutant aux préoccupations quant aux niveaux élevés. De plus, lorsque l'embâcle lâche, il y aura des dommages aux rives et des inondations en aval. Un couvert de glace instable ou un embâcle forcent une réduction de la production d'énergie parce que les débits seront bloqués et que la chute utile sera réduite. Il est donc très important de gérer les débits afin de permettre la formation d'un couvert de glace stable chaque hiver, ce qui est particulièrement important pour les producteurs hydroélectriques.

Le Plan 1958-D (à l'origine formulé sans écarts) suppose simplement que le couvert de glace se forme pendant tout le mois de janvier et prévoit donc une réduction des débits en janvier. En réalité, le moment et la durée de la formation du couvert de glace varient, et les opérations réelles dans le cadre du Plan 1958-DD tiennent compte de la formation du couvert de glace au moment où il se forme. À cause de l'importance de cette question, tous les nouveaux plans de régularisation étudiés comprennent les mêmes règles de gestion des glaces pour réduire les débits au moment où le couvert de glace se forme réellement. En pratique, les opérations de gestion des glaces dans le cadre de tout nouveau plan se dérouleraient de la même façon que dans le cadre du Plan 1958-DD. Tous les nouveaux plans répondent donc aussi bien l'un que l'autre à ce besoin et on n'utilise aucun indicateur de performance pour faire le suivi.

Niveaux économiques de base – Énergie hydroélectrique

Les indicateurs de performance de l'hydroélectricité servent à classer les plans. Ils reflètent la valeur sociétale de différences minimales dans la production d'électricité entre les plans de régularisation proposés. Le Groupe d'étude a demandé aux experts économiques d'élaborer une mesure de l'ampleur de ces changements par rapport à la taille globale de l'activité économique, mesure dont le Groupe d'étude pourrait se servir pour déterminer si une perte de profit dans un des secteurs est disproportionnée. Pour l'hydroélectricité, les experts avancent que l'ampleur de l'activité totale est donnée par la valeur économique nette retirée par la société de toute l'électricité produite à chacune des centrales (c.-à-d. le surplus économique). Utilisant de l'information fournie par les trois compagnies productrices et avec l'aide du Groupe consultatif économique, nous avons calculé un surplus du producteur à partir de la valeur de référence totale de l'électricité produite, selon les taux du marché.

Les chiffres ainsi obtenus ne devraient être considérés que comme des estimations à des fins de planification; ils ne servent que de point de comparaison pour les bénéfices nets donnés dans le texte principal de ce rapport. La valeur réelle de l'électricité produite et le surplus du producteur qui en découle peuvent différer d'une année à l'autre, en fonction des conditions du marché et d'autres facteurs (voir la note de bas de page au début de la présente section).

Dans le Plan 1958-DD, le niveau économique de base pour l'hydroélectricité a été calculé de la façon suivante : le surplus économique mesuré comme les revenus nets d'exploitation, moins le coût économique du capital, avant la déduction des taxes, des transferts de paiement et des prix spéciaux. Les chiffres ainsi obtenus sont semblables à ceux calculés dans d'autres études, par exemple l'analyse effectuée en vue du renouvellement du permis de la centrale St. Lawrence-FDR (Moses) par la Federal Energy Regulatory Commission (FERC). Le tableau E-1 ci-dessous montre les niveaux de référence calculés.

Tableau E-1 : Niveaux économiques de base estimés pour l'hydroélectricité

	(millions \$US)
HYDROÉLECTRICITÉ	350 \$
NYPA-OPG	250 \$
Hydro-Québec	100 \$

Analyse

L'analyse montre que les plans de régularisation les plus profitables à la production d'hydroélectricité sont ceux qui tendent à conserver un niveau d'eau élevé dans le lac Ontario et des débits très stables avec peu d'occurrences de débits extrêmement élevés. À la centrale Moses-Saunders, une hauteur de chute plus importante résulte généralement de niveaux plus élevés dans le lac Ontario; cette centrale produit toutefois plus d'électricité à tous les débits. Des niveaux du lac élevés ont l'effet contraire à Moses-Beck – ils réduisent la hauteur de chute – mais l'effet positif à Moses-Saunders arrive habituellement à surmonter cet effet négatif. De plus, des débits constants augmentent la prévisibilité et réduisent les pertes attribuables à l'instabilité. Enfin, un plan comportant peu de débits extrêmement élevés donne plus d'occasions de procéder à des variations quotidiennes (productions de pointe journalières), entraîne moins de déversements (qui ne produisent pas d'électricité) et cause moins de risque d'impact sur les poissons frayant à Long Sault.

Principales conclusions

- Les éléments profitables à la production d'hydroélectricité sont les suivants : de forts débits à travers les turbines, des déversements réduits au minimum et des hauteurs de chute élevées, mais aussi des débits prévisibles et constants. Plus les variations de débits de mois en mois et de semaine en semaine sont faibles, meilleurs sont les plans en ce qui concerne l'hydroélectricité.
- Les débits qui bénéficient le plus à la production hydroélectrique sont semblables à ceux qui existeraient en l'absence de régularisation (en tenant pour acquis que la régularisation limite la formation d'embâcles en hiver et au début du printemps). Les débits naturels créent en moyenne une hauteur de chute plus forte à la centrale Moses-Saunders, causent moins de déversements et tendent à être plus constants et prévisibles.

Participants

Groupe de travail technique sur l'hydroélectricité		
	John Osinski, responsable pour les États-Unis	New York Power Authority, Massena, NY
	Sylvain Robert, responsable pour le Canada	Hydro-Québec, Montréal, QC
	John Ching	Ontario Power Generation, Toronto, ON
	Cindy Lavean	New York Power Authority, Massena, NY
	Brian Fenlon	NYS Department of Environmental Conservation, NY
Agent de liaison du Groupe d'étude	Ian Crawford	Ministère des Richesses naturelles de l'Ontario, Peterborough, ON
Agents de liaison du GCIP	Paul Finnegan	White Plains, NY
	Marcel Lussier	Brossard, QC
	Scott Tripoli	Manlius, NY

Bibliographie

- Effect of Operation of the International St. Lawrence Power Project on Shoreline Erosion below Moses-Saunders Power Dam.* Executive Summary, NYPA Relicensing Study.
- Effects of Peaking and Ponding within the St. Lawrence Power Project Study Area.* Executive Summary. Rapport présenté au Conseil international de contrôle du fleuve Saint-Laurent.
- Effects of Project Operations on Aquatic and Terrestrial Habitats and Biota Downstream of the St. Lawrence-FDR Power Project.* Executive Summary, NYPA Relicensing Study.
- Effects of Project Operations on Aquatic and Terrestrial Habitats and Biota in Lake St. Lawrence.* Executive Summary, NYPA Relicensing Study.
- Executive Summary, *Assessment of Potential Effects of Peaking/Ponding Operations at the St. Lawrence Power Project on Downstream Muskrat Populations.* Rapport de NYPA et Ontario Hydro, mars 1983.
- Executive Summary, *Assessment of Shoreline Erosion and Marshland Recession Downstream of the St. Lawrence Power Project.* Rapport de NYPA et Ontario Hydro, mars 1983.
- Groupe de travail technique sur l'énergie hydroélectrique. *White Paper – General Information on the Moses-Saunders International Power Project and the Beauharnois-Les Cèdres Complex.* Février 2003.
- NYPA FERC License: <http://ferris.ferc.gov/idmws/search/results.asp> (doc 20031023-3050)
- NYPA FERC FEIS: <http://ferris.ferc.gov/idmws/search/results.asp> (doc 20030923-0054)
- Sale, M.J. et S. W. Hadley. Oak Ridge National Laboratory. *Estimating Hydropower's Contribution to the Control of Greenhouse Gas Emissions.*
- Shoreline Erosion and Sedimentation Assessment Study Downstream of the Moses-Saunders Power Dam.* Executive Summary, NYPA Relicensing Study.
- Shoreline Erosion and Sedimentation Assessment Study.* Executive Summary, NYPA Relicensing Study.
- St. Lawrence Peaking and Ponding.* 1^{er} mars 2002. Présenté au Conseil international de contrôle du fleuve Saint-Laurent.
- Synapse Energy Economics, Inc. 2005. *Electricity Price Forecasts for St Lawrence Hydroelectric Generation.* Rapport établi pour le Groupe de formulation et d'évaluation des plans, février 2005.
- Water Level Variations in the St. Lawrence River from Moses-Saunders Power Dam to Summerstown, Ontario.* Executive Summary, NYPA Relicensing Study.

E. Exposé contextuel sur la génération d'énergie hydroélectrique

1. Contexte socio-économique général

a) Valeur de la production de l'intérêt

NYPA, OPG et Hydro-Québec sont des services publics appartenant respectivement à l'État de New York et aux provinces de l'Ontario et du Québec. Les centrales hydroélectriques qu'ils exploitent sur le fleuve Saint-Laurent produisent en moyenne environ 25 000 000 MWh (13 000 000 MWh à Moses-Saunders et 12 000 000 MWh à Beauharnois-Les Cèdres) par an. Bien que la mission de ces centrales soit de produire de l'énergie bon marché, la valeur marchande de l'énergie produite est d'environ 1,5 milliard de dollars américains aux cours actuels du marché.

b) Nombre de parties prenantes

L'énergie produite par les centrales du Saint-Laurent suffit à la consommation d'environ 2 000 000 de ménages.

c) Caractéristiques organisationnelles

Ces centrales contribuent de façon extrêmement importante au réseau électrique interconnecté qui dessert les consommateurs de toute la partie est de l'Amérique du Nord. La demande d'électricité varie selon les saisons et les jours. La production énergétique à la centrale d'Hydro-Québec est constante pendant toute la journée, alors que celle à Moses-Saunders varie dans une certaine mesure au cours de la journée pour s'ajuster à la demande.

d) Valeurs et perceptions de l'intérêt

L'hydroélectricité joue un rôle important en fournissant à la région une énergie propre, bon marché et renouvelable. L'ampleur des « investissements patrimoniaux dans la génération d'électricité » sur le Saint-Laurent contribue également à maintenir les prix de l'électricité à un bas niveau. Dans l'État de New York, plusieurs grands utilisateurs industriels, tels que ALCOA et GM, dépendent de l'électricité bon marché provenant du barrage Moses.

L'État de New York et l'Ontario se sont tous deux fermement engagés à réduire l'utilisation du charbon dans les centrales électriques et à appuyer l'utilisation de sources d'énergie renouvelables. Les centrales du Saint-Laurent contribuent à fournir un apport de base d'énergie propre et renouvelable. Leur capacité à varier leur production pour s'ajuster aux pics de la demande renforce encore leur importante contribution à la santé et au bien-être de la population de la région. Par ailleurs, la qualité de l'air est une des plus grandes préoccupations environnementales dans le sud de l'Ontario et le nord-est des États-Unis. Les centrales hydroélectriques du Saint-Laurent sont très avantageuses pour la qualité de l'air; en effet, si une quantité d'énergie équivalente à celle produite par ces centrales avait été générée au moyen de combustibles fossiles – comme 50 % de l'électricité en Amérique du Nord – 18 000 000 de tonnes de CO₂ auraient été relâchées dans l'atmosphère annuellement. Les législations fédérales et les lois des États évoluent encore en vue de réduire davantage les problèmes de qualité de l'air associés à la production d'énergie, particulièrement les pluies acides et les émissions de carbone qui causent les changements climatiques. Comme la demande globale d'électricité augmente, alors même que les préoccupations environnementales pourraient forcer la fermeture de quelques usines alimentées au charbon, il deviendra d'autant plus important à l'avenir de choisir un régime de régularisation du lac Ontario qui favorise la production d'hydroélectricité. En effet, il faudrait compenser une réduction de production hydroélectrique par une plus grande production par d'autres types de centrales, avec les émissions et les coûts qui en découleraient. Une bonne partie de cette production de substitution proviendrait de turbines à gaz, et aussi quelque peu de centrales brûlant du charbon, deux types de génération d'électricité qui produisent plus de carbone et d'acides atmosphériques que l'hydroélectricité. La production nucléaire est plus ou moins fixe, quoique l'industrie s'efforce de promouvoir l'augmentation de sa capacité de production.

Dans la région, l'hydroélectricité est en général perçue de façon positive. L'économie du nord de l'État de New York dépend fortement de la quantité d'hydroélectricité de la centrale Moses affectée à l'industrie locale. L'hydroélectricité fournit de l'énergie bon marché à l'usine de recyclage d'aluminium ALCOA et à l'usine de production de motopropulseurs de GM à Massena, dans l'État de New York. L'importance de l'hydroélectricité pour la viabilité de l'État de New York a été reconnue officiellement par le programme « Build Now-NY » mis sur pied par l'État, et ceci demeurera vrai dans un avenir prévisible. Cette énergie à prix modéré fournit environ 2 000 emplois manufacturiers très rémunérateurs à l'économie locale. Selon le site Web d'ALCOA, cette entreprise injecte approximativement 250 millions de dollars par année en salaires, taxes, impôts et achats dans l'économie locale. Ces emplois sont directement liés aux prix avantageux auxquels la compagnie obtient son électricité de NYPA. Cette dernière alimente aussi les municipalités en énergie à faible coût.

e) Restrictions importantes imposées par les lois, règlements et politiques

Dans les dix prochaines années, les restrictions les plus importantes imposées par des lois, des règlements ou des politiques touchant la production hydroélectrique à la centrale de NYPA proviendront des lois sur la qualité de l'air de l'État de New York et du gouvernement des États-Unis. En effet, on s'attend à ce que ces lois réduisent la production énergétique des centrales au charbon et limitent davantage les émissions causées par la génération d'énergie par des usines utilisant des combustibles fossiles, ce qui représente environ 70 % de l'énergie produite par le système de l'État de New York. Ces actions auront une incidence sur le marché de l'électricité, augmentant l'importance de l'hydroélectricité. La FERC vient tout juste de renouveler le permis de NYPA pour la centrale St. Lawrence-FDR; les conditions de ce permis s'appliqueront jusqu'en 2054. L'essentiel de ces conditions est d'ailleurs reflété dans le MVC, dans la mesure où ils influencent les indicateurs de performance de cette étude.

Au Canada, le gouvernement provincial de l'Ontario a annoncé son intention de réduire sa dépendance envers la production électrique par des centrales au charbon et d'accroître sa capacité de production à partir de nouvelles sources d'énergie renouvelable de 1 350 MW d'ici 2007 et de 2 700 MW d'ici 2010. Par ailleurs, le Canada est signataire du Protocole de Kyoto. L'objectif du pays est de réduire ses émissions de 6 % par rapport au niveau de 1990, et ce, d'ici 2012. Le résultat net de ces actions sera d'augmenter l'importance de l'hydroélectricité sur les marchés canadiens.

f) Historique de l'intérêt

La production commerciale d'hydroélectricité a commencé un peu en amont du lac Ontario aux chutes Niagara au début du 20^e siècle. Les premiers investissements effectués il y a plus de 50 ans, combinés aux investissements en cours visant à améliorer les centrales et prolonger leur durée de vie, continuent à fournir une énergie propre et renouvelable à une fraction du coût de celle provenant d'autres sources, plus polluantes. L'investissement dans ces installations hydroélectriques a constitué le moteur économique de la région et continue de maintenir à un niveau modéré les prix de l'énergie dans la région.

Étant donné que la production d'hydroélectricité n'exige pas d'achat de carburants, une fois l'investissement fait pour construire une centrale, ses coûts d'exploitation sont beaucoup plus modestes que ceux des autres formes de génération d'énergie. Par conséquent, une fois que les centrales hydroélectriques sont construites, on réduit rarement leur production lors des diminutions de la demande d'énergie. La valeur de l'énergie ainsi produite est toutefois influencée par les coûts de l'électricité produite par d'autres moyens et par le prix d'autres sources d'énergie, telles que le gaz naturel et le pétrole.

Toutes les techniques de production d'électricité entraînent des coûts environnementaux, mais les enquêtes démontrent que le public desservi par ces trois complexes préfère en général la production hydroélectrique aux autres modes de production, particulièrement le charbon et le nucléaire, qui sont perçus comme plus nuisibles à l'environnement. Les producteurs hydroélectriques, les organismes de contrôle et les utilisateurs d'eau font face au défi de produire de l'énergie tout en satisfaisant à des objectifs environnementaux et

sociaux. Il faut arriver à un équilibre entre, d'une part, les impacts appréhendés du développement hydroélectrique sur les poissons et les autres usagers et, d'autre part, les avantages économiques et sociétaux de l'hydroélectricité. Afin de réduire au minimum les impacts du développement et de l'exploitation des installations hydroélectriques sur l'environnement naturel, la NYPA, Hydro-Québec et OPG continuent d'investir des millions de dollars chaque année dans la recherche scientifique. Des travaux récents visant à réduire la mortalité de l'anguille d'Amérique au cours de ses déplacements dans le fleuve Saint-Laurent en sont un exemple.

Le *St. Lawrence Power Project* (NYPA et OPG) est réglementé par la CMI. La NYPA est réglementée par la Federal Energy Regulatory Commission (FERC), laquelle délivre ses permis d'exploitation. La CMI et la FERC, ainsi que la réglementation provinciale de l'Ontario et du Québec, exigent que les barrages hydroélectriques et tous autres ouvrages qui y sont liés soient exploités en toute sécurité en respectant les limites liées à leur conception, afin d'assurer la stabilité des ouvrages et d'éviter la perte de vies humaines et la destruction de propriétés.

Déversements au barrage Long Sault : Pendant la procédure de renouvellement du permis de la FERC pour le *St. Lawrence Power Project*, plusieurs des parties prenantes se sont déclarées préoccupées par les déversements à Long Sault. Deux problèmes précis ont été soulevés par le New York State Department of Environmental Conservation (NYSDEC) et le Bureau of Indian Affairs (BIA) : le déversement de l'eau plus fraîche de la rivière dans les habitats d'eau peu profonde et plus chaude de la partie supérieure du Chenal sud, causant des inquiétudes quant à la survie et de la propagation des espèces d'eau chaude vivant immédiatement en aval du barrage, et les effets potentiels de l'embolie gazeuse chez le poisson, une maladie causée par une sursaturation en azote.

La FERC a tenu compte de ces préoccupations dans l'article 402 du nouveau permis, qui exige un plan de suivi de la température de l'eau et des gaz dissous dans le Chenal sud; une notification préalable au NYSDEC pour tout déversement prévu au barrage Long Sault; une notification au NYSDEC pour tout déversement non prévu; ainsi qu'un rapport annuel des données de suivi.

Contrôle de la glace : La CMI a donné aux compagnies hydroélectriques la responsabilité de veiller à la formation d'un couvert de glace stable. Il faut souvent de nombreuses modifications du débit pour aider à former et pour protéger le couvert de glace. Comme c'est la nature qui dicte quand le couvert de glace se forme, un plan de régularisation doit être suffisamment flexible pour permettre au couvert de glace de se former et se renforcer.

Des débits élevés peuvent potentiellement créer des conditions propices aux inondations en aval du projet Moses-Saunders. Il est souhaitable que tous les plans de régularisation limitent le plus possible le nombre d'occurrences de débits excessivement élevés de même que leur durée.

g) Flux commerciaux et conditions actuelles du marché

La demande en énergie est forte et continue de croître. Les prix du pétrole et du gaz sont assez élevés par rapport aux valeurs à long terme et la plupart des analystes croient que ces prix reflètent des ajustements permanents. Cela est attribuable à la demande accrue de pétrole dans le monde entier et à des ajustements du marché du gaz naturel (explicables à la fois par les coûts de conformité à la réglementation et par le fait que les bas prix du gaz dans le passé ont accru la consommation de gaz au point que les sources les moins coûteuses sont maintenant entièrement exploitées). En raison de différents facteurs (prix énergétiques plus élevés, avantages environnementaux et économiques de l'hydroélectricité et importance reconnue de cette forme d'énergie pour l'économie régionale), il est presque certain que la valeur globale de la production hydroélectrique du Saint-Laurent augmentera dans les prochaines décennies.

NYP, OPG et Hydro-Québec sont des services publics, appartenant respectivement à l'État de New York et aux provinces de l'Ontario et du Québec. Bien qu'ils coordonnent étroitement leurs opérations par l'intermédiaire du Groupe consultatif d'opérations du Conseil international de contrôle du fleuve Saint-Laurent, chacun évolue dans des environnements de marché très différents et indépendants. Les règles du marché, le potentiel de production, les contraintes du transport, la demande en énergie et les périodes des pointes et des heures creuses sont tous des éléments contribuant à rendre unique chacun de ces systèmes.

New York. Le marché de l'énergie électrique de l'État de New York est soumis à la concurrence et contrôlé par le New York Independent System Operator (NYISO). Le NYISO est un organisme sans but lucratif créé en 1998. Il agit comme médiateur pour faciliter une concurrence juste et ouverte dans le marché de gros de l'énergie et crée une bourse de la production énergétique dans laquelle l'énergie est vendue et achetée par appels d'offres concurrentiels.

Le NYISO administre les marchés à court terme, soit le *Day Ahead Market* (DAM) et le *Hour Ahead Market* (HAM). Le DAM exige que les offres et les tarifs aient été soumis avant 17 h. Lorsque le DAM ferme, à 17 h, on évalue les offres de génération d'énergie et les unités sont allouées en commençant par l'offre la moins chère et en passant à la moins chère de celles qui restent, et ainsi de suite, jusqu'à ce que une quantité suffisante d'énergie ait été attribuée pour satisfaire aux besoins prévus. La dernière unité d'énergie ainsi engagée détermine le prix de chaque mégawatt durant une heure pour une zone donnée. De fait, le prix dans ce système est déterminé par le bloc d'énergie le plus cher attribué pour compléter le volume requis. Dans le HAM, les offres et les tarifs doivent être soumis 90 minutes avant l'heure où le service doit commencer.

Ontario. Le gouvernement de l'Ontario est en voie de restructurer le secteur de l'électricité dans cette province dans le but d'assurer une fourniture adéquate d'électricité et des prix constants. Dans le cadre de la *Loi de 2004 sur la restructuration du secteur de l'électricité*, il a établi une nouvelle structure des prix de gros, incorporant à la fois les prix réglementés et les prix du marché⁷.

Conformément à cette loi, la Société indépendante de gestion du marché de l'électricité a été renommée Société indépendante d'exploitation du réseau d'électricité (SIERE) le 1^{er} janvier 2005. La SIERE gère le réseau électrique de la province, en équilibrant la demande d'électricité et l'offre disponible sur le marché de gros et en dirigeant le flux d'électricité dans le réseau de transport. Les frais imposés par la SIERE et ses permis d'opération sont fixés par la Commission de l'énergie de l'Ontario, organisme sans but lucratif établi par le gouvernement de l'Ontario. L'Office de l'électricité de l'Ontario a quant à lui été créé pour garantir un approvisionnement à long terme suffisant et établir une culture de la conservation en Ontario.

La SIERE prévoit, de façon continue, de combien d'énergie l'ensemble de la province aura besoin et accepte les offres des producteurs et d'autres fournisseurs pour répondre à cette demande. L'organisme produit chaque jour des prévisions de la quantité d'énergie requise pour la journée suivante et pendant tout le mois qui suit. Ces prévisions sont continuellement mises à jour à mesure que de l'information nouvelle arrive, par exemple des changements dans la météo. Les prévisions sur 24 heures de la SIERE sont habituellement très précises, avec moins de 2 % de divergence par rapport à la demande réelle.

Les producteurs et les importateurs d'électricité étudient les prévisions et déterminent combien d'électricité ils peuvent fournir et à quel prix. Le SIERE sélectionne alors les offres des fournisseurs d'électricité de façon à satisfaire la demande prévue, en acceptant d'abord les offres à meilleur marché, puis en y ajoutant graduellement les offres plus chères, jusqu'à ce que le total suffise à satisfaire les besoins des consommateurs. Tous les fournisseurs reçoivent le même prix, c'est-à-dire le prix d'équilibre. Celui-ci se base sur la dernière offre acceptée.

⁷ Les propriétaires de maisons, les petites entreprises et certains établissements du secteur public paient un taux fixe de 4,7 ¢/kWh pour les premiers 750 kWh d'électricité consommés dans un mois et 5,5 ¢ pour chaque kWh additionnel. Les gros consommateurs paient le taux fluctuant du marché.

La SIERE enregistre les demandes et les offres jusqu'à deux heures avant le moment où l'énergie doit être livrée. En fonction des offres acceptées, la SIERE donne ses instructions aux producteurs d'énergie, qui fournissent l'électricité au réseau électrique pour transmission et distribution aux clients. La SIERE gère un marché en temps réel, ce qui signifie que les achats d'électricité se font au fur et à mesure des besoins. En certaines occasions, il arrive que l'énergie à meilleur prix ne soit pas disponible en raison des limitations des lignes de transport. Dans ce cas, l'offre du producteur sert quand même à fixer le prix, mais on peut demander à un autre producteur de fournir l'électricité.

Québec. Hydro-Québec ne fonctionne pas dans un environnement de marché concurrentiel à l'intérieur de la province de Québec. Hydro-Québec a établi une séparation fonctionnelle de ses trois unités d'affaires principales : production d'énergie (Hydro-Québec Production), transport (TransÉnergie) et distribution (Hydro-Québec Distribution).

La mission de TransÉnergie sur le marché est essentiellement de transporter l'électricité au plus bas coût possible et avec le degré attendu de fiabilité, en conformité avec les règlements régissant le North American Electric Reliability Council. Hydro-Québec Distribution est responsable d'assurer une alimentation en électricité fiable à la population du Québec et d'offrir des services conçus pour répondre aux attentes des consommateurs.

Hydro-Québec Production doit fournir jusqu'à 165 TWh d'électricité par année à Hydro-Québec Distribution. Toute production excédant ce volume peut être vendue aux prix du marché. Au Québec, la demande en électricité augmente en moyenne de 1,2 % par année. À ce taux, les besoins de la province dépasseront le volume d'électricité patrimoniale en 2005. Pour répondre à la demande au-delà de ce volume, Hydro-Québec Production devra lancer des appels d'offres aux fournisseurs.

Au Québec, il n'existe pas de système d'appels d'offres à court terme comme c'est le cas dans l'État de New York ou en Ontario. Hydro-Québec Production peut néanmoins, comme les autres producteurs, faire des offres sur les marchés de New York et de l'Ontario ou sur tout autre marché pour acheter ou vendre de l'énergie.

h) Effet des dernières conditions de hautes ou de basses eaux

Les conditions de hautes eaux du passé ont généralement permis d'augmenter la quantité d'énergie produite dans ces installations, tandis que les conditions de basses eaux ont eu l'effet contraire. Historiquement, les débits les plus faibles n'ont pas entraîné de baisse de tension causée par une capacité affaiblie.

2. Indicateurs de performance

a) Les objectifs de la régularisation de l'énergie hydroélectrique sont les suivants :

Production d'énergie optimale : Les groupes turbine-alternateur d'Hydro-Québec, d'OPG et de NYPA ont été conçus pour fonctionner dans un certain intervalle. Dans cet intervalle se trouve un point de rendement maximal. Il est préférable de les faire fonctionner au point de rendement maximal car cela permet de produire une quantité maximale de mégawatts avec l'eau disponible. Les débits élevés qui dépassent le point de rendement maximal entraînent une diminution de la production de mégawatts dans l'ensemble de la centrale. Si les débits sont plus élevés que la capacité de la centrale, l'eau excédentaire doit être déversée.

Valeur optimale de la production d'énergie : Le prix de l'énergie est déterminé par la demande d'énergie et les ressources disponibles pour répondre à cette demande. Pendant la journée, la demande connaît des hauts et des bas. La demande d'énergie est habituellement plus forte pendant les mois de chauffage et de climatisation que pendant les mois de printemps et d'automne. Les plans de régularisation qui permettent des débits plus élevés pendant l'été et l'hiver (avec une souplesse en ce qui concerne la formation du couvert de glace) et des débits plus faibles au printemps et en automne permettent de produire plus d'énergie dans les périodes où la valeur est plus grande. De plus, la souplesse offerte par la variation quotidienne permet une variation de la production au cours d'une même journée pour égaler la variation dans la demande.

Prévisibilité des débits : Normalement, les entreprises d'électricité mettent des groupes turbine-alternateur hors service pour les entretenir pendant la période où les débits sont faibles ou essaient de jumeler une interruption de service avec les débits prévus. Si les groupes ne fonctionnent pas et que les débits augmentent inopinément, l'énergie provenant de ces débits supplémentaires pourrait être perdue. Les groupes hors service pour l'entretien sont habituellement démontés, ce qui empêche de les remettre en service rapidement. Le Plan 1958-DD est prévisible parce que les débits sont essentiellement déterminés par le niveau du lac Ontario, qui monte et descend selon un schéma saisonnier prévisible.

Stabilité des débits : Le paramètre utilisé dans le MVC est une mesure de la fluctuation de quart de mois des débits. Un plan qui permet de minimiser les fluctuations de quart de mois est préférable à un plan dont les fluctuations hebdomadaires sont plus importantes. Cet IP complète l'indicateur de performance sur la prévisibilité des débits car il permet de planifier l'entretien essentiel.

Formation d'un couvert de glace : Un couvert de glace bien formé permet de maximiser les débits pendant l'hiver car la friction causée par les débits et les obstructions sont réduites. Puisque le fait d'avoir un couvert de glace stable est si important pour de nombreux secteurs d'activités, le GFEP croit que tous les nouveaux plans devraient comprendre des règles pour limiter les débits de 5 700 m³/s (201 300 pi³/s) à 6 300 m³/s (222 500 pi³/s) environ pendant la formation du couvert de glace. À tout le moins, il faudrait évaluer les plans pour déterminer combien de fois se produisent des débits hors limites pendant la formation du couvert de glace.

b) Les indicateurs de performance sur l'énergie hydroélectrique se rapportant à la prévisibilité et à la stabilité des débits seront mieux mesurés comme fréquence et durée des événements qui dépassent le Plan 1958-DD. Comme il a été dit plus haut, le Plan 1958-DD est avantageux du point de vue de l'énergie hydroélectrique parce que les débits dépendent des niveaux du lac Ontario, qui sont essentiellement prévisibles et stables.

L'indicateur de performance qui mesure la maximisation de l'énergie (point de rendement maximal) est quantifiable selon les caractéristiques de fonctionnement des groupes turbine-alternateur. Ces caractéristiques ont été intégrées au modèle et peuvent être mesurées objectivement.

L'indicateur de performance cherchant à maximiser la valeur des mégawatts sera déterminé par plusieurs variables. Le coût de l'énergie, tout comme la détermination des périodes où la valeur est la plus grande, seront examinés dans le modèle. Le rapport Synapse et les données historiques sur la demande sont disponibles comme intrants des modèles. Les plans de régularisation qui prévoient des débits saisonniers correspondant aux périodes de demandes sont préférables. De plus, les plans qui prévoient moins souvent des débits supérieurs à 7 930 m³/s (280 000 pi³/s) sont préférables afin de permettre une variation quotidienne. Bien qu'il soit l'indicateur de performance le plus subjectif, il a également la possibilité de nous faire comprendre les impacts si les hypothèses sont incorrectes ou si elles changent à l'avenir.

3. Catégories d'avantages non pris en compte par les indicateurs de performance retenus, mais potentiellement importants (impacts secondaires)

Les centrales hydroélectriques sur le Saint-Laurent offrent des avantages importants en matière de qualité de l'air et d'économie de coûts de l'énergie dont les indicateurs de performance ne tiennent pas directement compte.

La Federal Energy Regulatory Commission a émis un permis pour le projet St. Lawrence-FDR (Moses) de NYPA en octobre 2003. Le Final Environmental Impact Statement (FEIS) préparé dans le but de délivrer ce permis a estimé la quantité de polluants qui seraient produits par une centrale thermique à vapeur de taille équivalente (SOx, NOx, CO, CO₂, et les particules [FEIS à 4-118]).

Tableau E-2 : Émissions atmosphériques annuelles approximatives provenant d'une centrale électrique hypothétique à combustible fossile de 800 MW¹

Quantité de combustible	Charbon (tonnes) 2,8 millions	Pétrole (barils) 11,2 millions	Gaz (en millions de pieds cubes) 69 000
<i>Polluants :</i>	<i>(tonnes)</i>	<i>(tonnes)</i>	<i>(tonnes)</i>
Oxydes de soufre	55 000	3 500	170
Oxydes d'azote	25 000	54 000	500
Monoxyde de carbone	1 300	2 900	40
Dioxyde de carbone	6 400 000	5 900 000	4 100 000
Particules	170 000	700	S/O

¹ Les émissions atmosphériques ont été calculées à l'aide des facteurs d'émissions AP-42 de l'Environmental Protection Agency (EPA) et une production annuelle de 6 650 GWh.

Les émissions atmosphériques totales que permettent d'éviter les trois centrales hydroélectriques sont environ trois fois celles indiquées au tableau E-2 ci-dessus.

Les centrales à cycle combiné alimentées au gaz naturel seraient probablement une importante source d'électricité de remplacement, tout comme les filières d'énergie renouvelable.

L'énergie hydroélectrique est un facteur de stabilisation des prix sur les marchés concurrentiels de l'énergie de l'Ontario et de l'État de New York. Tandis que l'énergie hydroélectrique est offerte à faible coût, toute électricité de remplacement proviendrait de la source la plus coûteuse nécessaire pour répondre à la demande du système.

4. Principales conditions de base

La valeur de l'énergie estimée dans le MVC suppose que le marché de demain sera semblable à celui d'aujourd'hui, avec les mêmes proportions relatives de producteurs d'énergie et la même influence des besoins en matière de navigation dans la Voie maritime du Saint-Laurent. L'attente à court terme est que le marché sera au moins aussi solide et que la capacité de production disponible ne dépassera probablement pas l'expansion du marché.

Approvisionnement énergétique futur : L'énergie hydroélectrique produite par les trois complexes touchés par le plan de régularisation est intégrée à l'alimentation électrique des États et des provinces du Nord-Est. L'énergie hydroélectrique représente environ 15 % de l'approvisionnement énergétique de l'État de New York, 25 % de celui de l'Ontario et 95 % de celui du Québec. Les changements apportés à la production d'énergie hydroélectrique devraient être compensés par des changements apportés à d'autres types de centrales, dont les coûts et les caractéristiques environnementales sont très différents. Le remplacement

pourrait venir des turbines à gaz et un peu des centrales thermiques alimentées au charbon; les deux produisent plus de composés carbonés et d'acides transportés dans l'atmosphère que les centrales hydroélectriques, qui n'émettent pratiquement aucun polluant conventionnel. La production nucléaire est plus ou moins fixe et on s'attend à ce qu'elle baisse au cours des prochaines décennies à mesure que les vieilles centrales fermeront sans qu'on n'en construise de nouvelles.

5. Principales tendances

Qualité de l'air : La qualité de l'air est l'une des préoccupations environnementales les plus sérieuses dans le sud de l'Ontario et dans le nord-est des États-Unis. Les lois des États et des provinces continuent d'évoluer dans le sens d'une réduction encore plus forte des problèmes de qualité de l'air liés à la production d'électricité, particulièrement le problème des pluies acides et celui des émissions de carbone, qui est à l'origine des changements climatiques. Aux États-Unis, plusieurs projets de loi actuellement à l'étude visent à amender la *Federal Clean Air Act* à des degrés divers. Quelles que soient les mesures adoptées, elles comporteront toutes un contrôle plus sévère des émissions pour les centrales à combustible fossile pendant la décennie 2010-2020. Bien que les mesures de contrôle des émissions de carbone demeurent un sujet de controverse au niveau fédéral, les États du Nord-Est s'apprêtent à imposer des programmes réglementaires qui établiraient un plafond régional et un programme régional d'échanges de permis d'émission de dioxyde de carbone d'ici 2008.

Au Canada, le gouvernement provincial de l'Ontario a annoncé son intention de réduire sa dépendance par rapport à la génération d'électricité à partir de combustibles fossiles et d'augmenter la quantité d'énergie renouvelable de 1 350 MW d'ici 2007 et de 2 700 MW d'ici 2010. Le Canada est un des signataires du Traité de Kyoto et est tenu de réduire ses émissions de carbone à compter de 2005.

L'effet net de ces mesures sera une pression environnementale et économique sur un grand nombre d'installations existantes qui contribuent aux marchés actuels de l'énergie au Canada et aux États-Unis. On forcera les producteurs d'électricité « à rabais » à installer des technologies de contrôle des émissions ou à fermer boutique. Les installations de remplacement d'appoint viendront probablement des technologies de combustion du gaz naturel, ce qui continuera d'exercer une pression à la hausse sur le prix du gaz. Toutes les administrations de la région cherchent à développer des sources supplémentaires d'énergie renouvelable (hydroélectricité, éolien et biomasse). La technologie de l'éolien sera probablement l'énergie renouvelable la plus largement disponible à court terme. Ces installations, toutefois, n'ont qu'une production intermittente, qui est loin de répondre aux besoins de capacité de la région au même titre que les centrales hydroélectriques.

Comme la demande globale est en hausse et puisqu'on prévoit que les préoccupations environnementales forceront la fermeture de certaines centrales au charbon, une régularisation du lac Ontario qui favoriserait le développement de l'hydroélectricité assurerait un approvisionnement à long terme d'énergie propre, renouvelable et à prix concurrentiel pour un avenir prévisible, ce qui deviendra de plus en plus important avec le temps.

Demande et prix : Les hautes eaux du passé ont généralement fait augmenter la valeur de l'énergie produite à ces installations tandis que les basses eaux ont eu l'effet contraire.

Synapse Energy Economics Inc. a préparé une estimation des prix de l'électricité produite aux centrales hydroélectriques Moses-Saunders et Beauharnois-Les Cèdres sur le Saint-Laurent (Electricity Price Forecasts for St. Lawrence Hydroelectric Generation [Prévisions des prix de l'hydroélectricité générée sur le Saint-Laurent]) pour aider à la prise de décisions éclairées quant à la régularisation et à l'exploitation de ce cours d'eau partagé :

Les principaux facteurs qui influencent les prix de l'électricité à long terme sont les suivants :

- les prix des combustibles,
- la technologie,
- les facteurs environnementaux,
- la demande d'électricité.

Une grande incertitude entoure le prix des combustibles dans les années à venir. Le coût marginal de l'électricité dans le Nord-Est des États-Unis et l'Est du Canada est fortement influencé par le coût du gaz naturel. Au cours des quelques dernières années, on a assisté à une forte hausse du prix du gaz naturel parallèlement à la croissance de la demande de nouveaux types de génération d'électricité propre. On s'accorde généralement pour dire que le prix du gaz naturel descendra de ses sommets actuels, mais il n'y a pas de consensus quant à l'ampleur ou à la durée de cette baisse. Le marché à terme du gaz naturel porte sur six ans et semble indiquer qu'il y aurait une diminution de 30 % des prix d'ici 2010, mais le niveau des échanges de titres à terme est très faible pour les périodes les plus éloignées et, si on se fie aux résultats du passé, ce marché à terme n'est pas toujours un prédicteur fiable des prix réels. Comme la demande de gaz naturel en Amérique du Nord augmente plus vite que la production, ce sont fort probablement les liquides de gaz naturel importés qui fixeront le prix du marché de l'avenir. La vitesse à laquelle ces nouveaux approvisionnements pourront arriver sur le marché demeure toutefois incertaine.

[...]

Quant aux impacts associés à des changements dans la production hydroélectrique, le combustible dont l'attrait serait le plus susceptible de changer lorsque les prix de l'électricité sont élevés serait le gaz naturel, qui a un faible facteur d'émission de carbone. Lorsque le charbon est le combustible marginal ayant les taux d'émission de carbone les plus élevés, les prix de l'électricité sont généralement plus bas. Dans la mesure où ces facteurs externes sont pleinement pris en compte dans les taxes sur les émissions, la meilleure politique des centrales hydroélectriques est d'augmenter la production lorsque les prix sont élevés et de la réduire lorsqu'ils sont bas.

De grands efforts ont été faits pour tenter de déterminer l'évolution à long terme des prix de l'électricité et la configuration de l'industrie électrique dans le futur. Cela est utile pour démontrer la valeur de l'hydroélectricité et pour donner une indication du coût de remplacement de l'hydroélectricité par des substituts plus coûteux. Toutefois, cela ne donne pas une véritable image des profits ou des pertes afférents à l'hydroélectricité. En effet, la mission d'une entreprise publique diffère de celle d'une société par actions, dont le but est de maximiser les profits. La mission de l'entreprise publique est de fournir de l'électricité fiable et à faible coût, et les centrales hydroélectriques du Saint-Laurent contribueront à la réalisation de cette mission en générant de l'électricité à faible coût.

Comme nous l'avons dit plus tôt, le coût du dernier mégawatt d'électricité choisi pour combler une surcharge en Ontario et dans l'État de New York devient le coût de chaque mégawatt dans une zone particulière pour cette heure-là. Le fait d'utiliser de l'hydroélectricité peu coûteuse réduit le coût de la charge tout entière. Toute hydroélectricité retirée de la puissance de base serait remplacée par une électricité générée à coût plus élevé, qui augmenterait le coût de la charge tout entière.

Opérations de production de pointe : On ne peut pas stocker les mégawatts qui sont produits par des centrales hydroélectriques. La valeur de l'électricité générée est directement liée à la demande. Dans le contexte déréglementé, on produit d'abord l'énergie à plus faible coût (hydroélectricité) et on ajoute ensuite les mégawatts plus coûteux (nucléaire et combustibles fossiles) pour satisfaire à la demande. La valeur de l'électricité en période de pointe est souvent beaucoup plus élevée qu'en période normale. La demande d'énergie varie de façon journalière et saisonnière. Les heures de la nuit sont considérées comme des heures de faible demande; les heures de forte demande sont généralement de 7 h à 22 h. Les saisons de forte demande sont d'ordinaire l'été et l'hiver, alors que les périodes de faible demande se produisent au printemps et à l'automne.

Les exploitants de la centrale Moses-Saunders mènent des opérations de production de pointe afin de mieux faire correspondre la demande d'électricité avec leur production. On peut ainsi utiliser de l'hydroélectricité, propre et bon marché, pour compenser d'autres sources d'énergie. On appelle production de pointe une variation horaire du débit par rapport au débit journalier moyen de sorte que le débit journalier total soit égal à celui qui se serait produit si l'opération n'avait pas eu lieu.

La variation horaire des débits (production de pointe) est effectuée lorsque les débits horaires sont de 7 930 m³/s (280 000 pi³/s) ou moins. La variation horaire maximale permise est de 850 m³/s (30 000 pi³/s) au-dessus ou au-dessous du débit moyen journalier.

Synapse a tenté de déterminer la valeur marginale de la production de pointe. La période évaluée était courte et coïncidait avec l'apparition des marchés concurrentiels de l'énergie dans l'État de New York et en Ontario. L'enquête a permis de calculer un ratio énergie de pointe / énergie normale de 1,17 pour l'État de New York et de 1,26 pour l'Ontario; les ratios de Saunders sont plus élevés que ceux de Moses et comportent une variation saisonnière beaucoup plus grande.

Hydro-Québec apporte très peu d'ajustements en période de pointe au complexe Beauharnois-Les Cèdres.

La variation hebdomadaire des débits est un stockage d'eau (par accumulation) sur le lac St. Lawrence pendant le week-end pour permettre son utilisation pendant la semaine aux moments où la demande est plus forte. Bien que les producteurs d'électricité soient toujours autorisés à créer des variations hebdomadaires par accumulation d'eau, ils l'ont fait de moins en moins souvent avec le temps et ne le font actuellement que rarement. Les producteurs ne sont pas autorisés à réduire les débits plus de 570 m³/s (20 000 pi³/s) en dessous du débit hebdomadaire moyen le samedi et le dimanche pour stocker de l'eau ni à augmenter les débits de plus de 230 m³/s (8 000 pi³/s) pendant la semaine. Si le débit hebdomadaire moyen dépasse 7 700 m³/s (272 000 pi³/s), les allocations diminueraient graduellement jusqu'à atteindre 7 930 m³/s (280,000 pi³/s), point auquel aucune variation hebdomadaire ne serait permise.

6. Conséquences attendues des changements dans la régularisation

On s'attend à ce que la demande et le prix de l'énergie demeurent forts au cours des quelques prochaines décennies de sorte que l'importance et la valeur de l'hydroélectricité du Saint-Laurent devraient presque certainement augmenter. Le MVC pourrait donc très bien sous-estimer la valeur future de l'énergie, mais il ne le surestimera sûrement pas.

7. Comportements adaptatifs

La demande d'énergie est en hausse et l'hydroélectricité demeurera une composante importante de l'approvisionnement en énergie de l'État de New York, de l'Ontario et du Québec.

L'infrastructure hydroélectrique du Saint-Laurent est une composante critique du projet international Voie maritime-production d'énergie et représente un investissement très important. Les centrales hydroélectriques continueront d'utiliser les débits disponibles pour produire leur électricité de la façon la plus efficace possible. Toute réduction de production de ces centrales sera probablement compensée par de l'électricité provenant de plusieurs sources (centrales au gaz à cycle combiné, charbon, renouvelables, etc.), qui proviendrait soit du marché concurrentiel soit de sources choisies par la province ou l'État.

Si les débits sont plus faibles que prévus pendant une longue période, les exploitants de centrales profiteraient de l'occasion pour effectuer des opérations d'entretien et de remise à neuf à long terme de l'équipement de production.

8. Évaluation des risques

Il existe un certain risque que la valeur de l'énergie estimée dans le MVC soit une sous-estimation de la valeur de la production future de ces centrales. Les changements importants de la courbe des apports en eau au 20^e siècle pourraient réduire la capacité garantie de ces centrales et les avantages liés à la capacité ne sont pas directement couverts par le MVC.

9. Bibliographie

Le GTT sur l'énergie hydroélectrique s'est fondé sur les documents suivants, qu'il a préalablement fourni :

- Executive Summary, *Effects of Peaking and Ponding within the St. Lawrence Power Project Study Area* (étude établie pour le Conseil international de contrôle du fleuve Saint-Laurent).
- Executive Summary, *Effects of Project Operations on Aquatic and Terrestrial Habitats and Biota in Lake St. Lawrence* (NYPA relicensing study).
- Executive Summary, *Shoreline Erosion and Sedimentation Assessment Study* (NYPA Relicensing Study).
- Executive Summary, *Water Level Variations in the St. Lawrence River from Moses-Saunders Power Dam to Summerstown, Ontario* (NYPA relicensing study).
- Executive Summary, *Effects of Project Operations on Aquatic and Terrestrial Habitats and Biota Downstream of the St. Lawrence-FDR Power Project* (NYPA relicensing study).
- Executive Summary, *Shoreline Erosion and Sedimentation Assessment Study Downstream of the Moses-Saunders Power Dam* (NYPA relicensing study).
- Executive Summary, *Effect of Operation of the International St. Lawrence Power Project on Shoreline Erosion below Moses-Saunders Power Dam* (NYPA relicensing).
- *Estimating Hydropower's Contribution to the Control of Greenhouse Gas Emissions*, M.J. Sale and S.W. Hadley, Oak Ridge National Laboratory.
- Réponse du GTT sur l'énergie hydroélectrique au questionnaire économique du GFEP.
- *St. Lawrence Peaking and Ponding*. 1^{er} mars 2002. Présenté au Conseil international de contrôle du fleuve Saint-Laurent.
- Executive Summary, *Assessment of Potential Effects of Peaking/Ponding Operations at the St. Lawrence Power Project on Downstream Muskrat Populations* (March 1983 joint NYPA and Ontario Hydro report).
- Executive Summary, *Assessment of Shoreline Erosion and Marshland Recession Downstream of the St. Lawrence Power Project* (March 1983 joint NYPA and Ontario Hydro report).
- *Electricity Price Forecasts for St. Lawrence Hydroelectric Generation* (Final Full Report) David White, Bruce Biewald, Synapse Energy Economics, 22 Pearl Street, Cambridge, MA 02139

On trouvera d'autres renseignements dans les sites Web suivants :

New York Power Authority : www.nypa.gov

Ontario Power Generation : www.opg.com

Hydro-Québec : www.hydroquebec.com

New York Independent System Operator : www.nyiso.com

Ont. Ind. Electricity System Operator (IESO) : www.ieso.ca/imoweb/infoCentre/ic_index.asp

Regional Greenhouse Gas Initiative : www.rggi.org/

NYPA FERC License : <http://ferris.ferc.gov/idmws/search/results.asp> (doc 20031023-3050)

NYPA FERC FEIS : <http://ferris.ferc.gov/idmws/search/results.asp> (doc 20030923-0054)

10. Processus de révision

L'exposé contextuel sur l'hydroélectricité a été rédigé et révisé conjointement par les participants suivant du GTT sur l'hydroélectricité :

Sylvain Robert (Hydro-Québec)
John Ching (OPG)
Robert Yap (OPG)
Cindy Lavean (NYPA)
John Osinski (NYPA)

Le GTT sur l'hydroélectricité appuie la présentation officielle du présent document.

La révision externe a été confiée à Ian Crawford (Groupe d'étude) et Paul King-Fisher (GFEP)

F. Résumé du Groupe de travail technique sur les utilisations domestiques, industrielles et municipales de l'eau

Objectifs

L'objectif principal du Groupe de travail technique sur les utilisations domestiques, industrielles et municipales de l'eau (GTT sur les utilisations de l'eau) était d'évaluer les impacts des fluctuations des niveaux d'eau du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent sur les utilisations domestiques, industrielles et municipales de l'eau. Parmi ces utilisations on trouve les stations de traitement de l'eau potable (STEP) et les stations d'épuration des eaux usées (SEEU). Pour les STEP, les faibles niveaux d'eau peuvent poser un problème, puisqu'elles doivent tirer l'eau pour la potabiliser à l'intention de la population. Dans le cas des SEEU, ce sont les niveaux d'eau élevés qui risquent de causer des difficultés, en limitant le déversement dans le plan d'eau. Tout comme les STEP et les SEEU, les installations industrielles pourraient être touchées par des niveaux d'eau extrêmes qui limiteraient les prélèvements ou les rejets. Les utilisateurs domestiques (principalement résidentiels) qui tirent leur eau directement du lac ou du fleuve pourraient également être touchés par les fluctuations des niveaux d'eau.

Le GTT sur les utilisations de l'eau avait le mandat d'évaluer les impacts éventuels des niveaux d'eau (bas et élevés) sur les services publics situés dans la région d'étude (avoisinant le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent). On a engagé PMCL@CDM pour étudier le lac Ontario et le haut Saint-Laurent (États-Unis et Ontario) et l'École Polytechnique de Montréal (EPM) pour le bas Saint-Laurent (Québec)⁸.

Collecte de données et méthodologie d'évaluation

Les deux groupes de consultants ont effectué des études indépendantes mais ayant des objectifs semblables. Leurs conclusions séparées ont ensuite été fusionnées. Puisque l'accessibilité aux renseignements variait d'une région à l'autre, les principaux sujets ont été traités différemment et certains n'ont été traités que par un des deux groupes de consultants. La profondeur de l'analyse effectuée dépendait également du niveau de détail dans les renseignements recueillis ainsi que de l'importance apparente des installations inventoriées. L'étude menée par PMCL@CDM était fondée sur des sources publiques d'information, des questionnaires envoyés aux services publics et des entrevues utilisées pour dresser le portrait de la situation des 43 stations de traitement de l'eau potable (STEP) et des 79 stations de traitement des eaux usées (SEEU). Puisque aucune base de données publique n'était disponible au Québec, le projet de l'EPM était fondé sur un questionnaire et des visites sur place de 30 STEP et sur une enquête téléphonique auprès des SEEU. L'EPM ne s'est pas penchée sur les stations industrielles puisque l'information n'a été mise à leur disposition qu'après l'exécution de leur mandat. Cependant, le secteur d'activités industrielles a été étudié dans le projet de PMCL@CDM. Cette étude s'est également penchée sur les centrales électriques et les puits riverains situés sur le lac Ontario, groupes d'intérêts n'ayant pas d'homologue dans le bas Saint-Laurent.

L'objectif final des études menées par les deux équipes était de déterminer des critères et des indicateurs de performance afin de soutenir les intérêts des installations municipales et industrielles dans le futur plan de régularisation du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent.

Impacts des niveaux d'eau sur les STEP et les prises d'eau industrielles

Les faibles niveaux d'eau représentent une préoccupation importante pour le GTT sur les utilisations de l'eau. D'abord, des niveaux d'eau extrêmement faibles pourraient limiter la disponibilité de la ressource à des fins de prélèvement; deuxièmement, ils pourraient également avoir des répercussions sur la qualité de l'eau, ce qui augmenterait les besoins de traitement.

⁸ PMCL@CDM a également reçu l'appui de deux sous-traitants : O'Brien and Gere Engineers Inc. de Syracuse, dans l'État de New York et Earth Tech Canada Inc. de St. Catharines, en Ontario.

Afin de se pencher sur ce problème, on a envoyé des questionnaires aux STEP pour rassembler des renseignements liés aux niveaux d'eau critiques et aux problèmes rencontrés dans le passé. Les questionnaires visaient à recueillir des informations sur les sujets suivants :

- Caractéristiques des services publics d'eau (p. ex. capacités de traitement et populations desservies) et caractéristiques physiques des prises d'eau (p. ex. profondeur et longueur des prises);
- Problèmes liés à la source d'eau en ce qui concerne tant la qualité que la quantité;
- Hauteurs « critiques » de l'eau, définies comme des niveaux d'eau préoccupants pour le fonctionnement efficace des systèmes de prises d'eau.

Des visites sur place (Québec, État de New York et une partie de l'Ontario) et des entrevues téléphoniques (Ontario) ont également permis de terminer la collecte de données. L'analyse effectuée par le projet de l'EPM était plus approfondie et a permis de recueillir les renseignements nécessaires pour calculer les niveaux d'eau critiques fondés sur les pertes de hauteur de chute pendant les visites sur place. Deux stations industrielles (centrales électriques) situées sur le lac Ontario ont également fait partie de l'enquête. D'autres problèmes liés aux niveaux d'eau, tels que le frasil, ont également été étudiés par les deux groupes de consultants (et présentés dans les rapports complets).

Dans le contexte des faibles niveaux d'eau, on se préoccupait du fait que la qualité de l'eau pourrait être touchée de façon négative en raison de nombreux phénomènes tels qu'une dilution plus faible ou un plus grand développement d'algues. La question de la qualité de l'eau a été abordée par l'EPM, qui a tenu une réunion d'experts pour déterminer les sources éventuelles de dégradation de l'eau pouvant être liées aux niveaux d'eau. Selon les conclusions tirées de cette réunion, on peut aborder la question de trois façons différentes : d'abord, en déterminant les coûts chimiques accrus en raison de la détérioration de la qualité de l'eau; ensuite, en examinant les concentrations de micro-polluants et enfin, en évaluant les coûts de modernisation des installations pour traiter les problèmes plus graves de goût et d'odeur qui apparaissent lorsque les niveaux d'eau sont faibles. Les problèmes de goût et d'odeur et le problème de la prolifération d'algues apparaissent également dans le rapport du groupe PMCL@CDM, principalement en fonction d'une analyse documentaire.

Impacts des niveaux d'eau sur les SEEU et les exutoires

Pour évaluer de quelle manière la hauteur du lac ou du fleuve est susceptible d'avoir des impacts sur les rejets d'eaux usées, il fallait mener une autre enquête pour recueillir de l'information. Aux États-Unis et en Ontario, l'enquête consistait à élaborer du matériel d'enquête, à recueillir des données de base, à sélectionner un échantillon d'enquête, puis à distribuer le matériel d'enquête et à compiler et à analyser les résultats. Les enquêtes ciblaient les sources ponctuelles importantes de rejets dans le lac et le fleuve, y compris des installations publiques de traitement des eaux usées, les rejets industriels et ceux des services publics d'électricité. Au Québec, on a utilisé une base de données publiques pour situer les exutoires et documenter les caractéristiques des services publics. On a également mené une enquête téléphonique pour obtenir de l'information concernant les problèmes éventuels liés aux niveaux d'eau élevés.

Impacts des niveaux d'eau sur les puits riverains et les conduites de prises d'eau

Les impacts des fluctuations des niveaux des sources d'eau sur les réseaux d'aqueduc résidentiels privés, tels que les puits riverains et les conduites de prises d'eau du lac, ont été étudiés dans le secteur du haut Saint-Laurent et des Mille-Îles par PMCL@CDM. Pour ce faire, PMCL@CDM a recueilli et analysé des renseignements provenant d'une variété de sources, dont le New York State Department of Environmental Conservation (NYSDEC), Environnement Canada, des propriétaires, des associations de propriétaires, des entrepreneurs de puits et des services locaux de santé. De plus, PMCL@CDM a sollicité des renseignements de la part de propriétaires de puits riverains en élaborant des bannières publicitaires et en les plaçant dans des points de vente de la presse écrite dans des régions susceptibles d'être touchées afin que les résidents touchés puissent fournir des renseignements concernant leur expérience touchant les niveaux d'eau du lac ou du fleuve en relation avec leurs puits riverains. Selon une analyse préliminaire de la question effectuée par le coordonnateur canadien du GTT, qui n'a trouvé aucun groupe d'intérêt particulier dans le bas Saint-Laurent, le problème des puits riverains n'a pas été abordé dans cette région.

Indicateurs de performance

Indicateur de performance de l'infrastructure : coûts nécessaires pour adapter les infrastructures des stations de production d'eau potable à des niveaux plus bas que les niveaux critiques déterminés. Cet indicateur de performance est fondé sur les estimations des coûts de construction de nouvelles prises d'eau lorsqu'on atteint le niveau critique. Les coûts présentés surestiment probablement les coûts strictement liés aux problèmes de niveaux d'eau. D'autres solutions permettant de résoudre une partie du problème (diminuer la demande, etc.) seraient probablement proposées avant de construire une nouvelle prise d'eau.

Indicateur de performance du goût et de l'odeur : coûts de modernisation des stations municipales de traitement de l'eau potable pour traiter les composés responsables des problèmes de goût et d'odeur. Le goût et l'odeur ne sont pas réglementés et sont vus comme un problème d'ordre esthétique. Ce problème n'en constitue pas moins une sérieuse nuisance car il a une incidence à la fois sur le confort et la confiance de la population. Cet IP se base également sur une estimation du coût nécessaire pour ajouter une étape de traitement. Pour dépasser la valeur critique de cet IP, on doit avoir une situation de basses eaux pendant trois années consécutives (pendant un quart de mois au moins). Il faudrait toutefois mener d'autres études pour établir clairement à quels niveaux apparaissent les graves problèmes de goût et d'odeur qui nécessitent des investissements de la part des municipalités. Dans le cas de cet IP, les coûts sont probablement sous-estimés car des niveaux plus élevés pourraient également causer des problèmes occasionnels, s'ils sont combinés avec d'autres facteurs.

D'autres éléments municipaux et privés touchés par les niveaux d'eau (p. ex. les puits riverains, la contamination des eaux souterraines (région de Wilson Hill), la surcharge des égouts) ont été évalués mais ne sont pas représentés à titre d'indicateurs de performance dans le MVC. En effet, les impacts subis par ces éléments se sont révélés légers par rapport aux IP que nous avons retenus. Cependant, une discussion complète sur tous les problèmes est présentée dans la section « Analyse » ci-dessous.

Niveaux économiques de base

Un des principes directeurs du Groupe d'étude pour classer un plan est qu'il ne devrait pas entraîner une perte disproportionnée dans un secteur en vue d'obtenir des avantages dans d'autres secteurs. Dans un effort visant à fournir une base objective pour déterminer si une perte est disproportionnée ou non, le Groupe d'étude a demandé de comparer les pertes en fonction de l'échelle économique globale de l'activité touchée. Contrairement aux autres secteurs, aucune estimation n'a été faite de l'influence des divers plans sur les utilisations municipales et industrielles de l'eau parce que ce secteur ne connaît aucune perte significative pour aucun des plans proposés.

Analyse

Divers problèmes liés aux niveaux d'eau ont été abordés dans ces projets. La méthodologie utilisée pour aborder ces problèmes dépend du type d'information, de sa disponibilité et de son niveau de détails. La section suivante présente les types d'utilisation évalués ainsi qu'une brève description de ce qui a été constaté.

Lac Ontario et haut Saint-Laurent

Prises d'eau municipales et industrielles

Les niveaux critiques des sources d'eau sont les niveaux d'eau qui soulèvent des craintes quant aux opérations efficaces des prises d'eau. En général, les niveaux critiques signalés représentent la quantité minimale d'eau ou de « couverture » qu'un exploitant veut voir au-dessus d'une cage de protection de prise d'eau. Dans certains cas, des niveaux réels de lac ou des écarts par rapport à la moyenne à long terme ont été signalés. Il est important de souligner que les niveaux critiques sont des approximations faites par les exploitants des installations et ne sont pas fondés sur des études techniques propres à une installation.

Dans l'État de New York et en Ontario, la présence d'algues est le problème le plus fréquemment signalé par de nombreux exploitants de stations de traitement de l'eau potable, quelle que soit la profondeur de la prise d'eau. Plusieurs installations de traitement de l'eau ont signalé des problèmes de goût et d'odeur associés aux algues. Les impacts en matière de goût et d'odeur varient en intensité chaque année. Cependant, deux événements notables et prolongés se sont produits à la fin des étés 1998 et 1999 alors que les niveaux de goût et d'odeur étaient environ dix fois plus élevés que les niveaux historiques. Bien qu'il soit vrai que 1998 ait connu de faibles niveaux, nous ignorons si les niveaux du lac étaient un facteur causal important. La recherche effectuée par l'Ontario Water Works Research Consortium (OWWRC) laisse penser que le réchauffement climatique printanier pourrait être l'élément critique.

Seules 10 des 30 installations en Ontario et dans l'État de New York ont déterminé un niveau d'eau critique (c.-à-d. un niveau d'eau soulevant des craintes concernant les opérations efficaces des prises d'eau) : sept le long du lac Ontario et trois le long du fleuve Saint-Laurent. Les 20 restantes ne pouvaient fournir de chiffres puisque les niveaux du lac ou du fleuve n'ont jamais été une préoccupation importante. Le long du lac Ontario, les niveaux critiques signalés vont de 71 m (233 pi) à 74,1 m (243 pi). Trois installations le long du fleuve Saint-Laurent en amont du barrage Moses-Saunders (Ogdensburg, Morristown et Ingleside) ont signalé des niveaux critiques de 73,2, 71,6 et 71,2 m (240, 235 et 233,6 pi) respectivement. Lorsqu'on compare ces niveaux au niveau le plus bas enregistré, Albion (État de New York) est la seule installation le long du lac Ontario à avoir signalé un niveau critique au-dessus de ce niveau. En général, la plupart des personnes interrogées conviennent que les fluctuations des moyennes à long terme n'ont pas un impact important sur la capacité des installations de traitement d'eau à fournir de l'eau d'une manière efficace. La seule exception était la station d'eau potable de la Water Authority du comté de Monroe, qui a signalé que les niveaux d'eau élevés avaient eu des impacts et pouvaient provoquer l'inondation du poste de pompage. La perte du poste de pompage entraînerait un arrêt de l'apport en eau à environ 650 000 clients. Bien que la Water Authority n'ait pas quantifié les dommages associés aux situations où les niveaux d'eau sont élevés, les enquêtes préliminaires montrent que la Water Authority les a évités par le passé en érigeant un mur de sacs de sable autour de la station, que les niveaux d'eau nécessitant l'érection d'un tel mur se produiront quelques fois par siècle dans le cadre du plan actuel et que peu importe le plan de régularisation sélectionné par la CMI, les niveaux du lac Ontario seront quelques pieds plus élevés que le niveau nécessitant l'érection d'un mur de sacs de sable pendant les périodes où les précipitations sont les plus extrêmes.

D'autre part, les faibles niveaux d'eau semblent être une préoccupation importante pour les installations industrielles, et particulièrement les installations de production d'énergie, pour deux raisons : 1) ils ont des effets sur les expéditions de matières premières, y compris le charbon 2) les faibles niveaux d'eau peuvent avoir des effets sur les prises d'eau, causant une perte de pression des systèmes vitaux de refroidissement et pourraient exposer les prises d'eau à d'autres conditions, tel que le frasil, pouvant également menacer les systèmes de refroidissement. Trois installations le long du lac Ontario ont signalé un bas niveau d'eau critique au point de ne pas permettre une hauteur adéquate au-dessus des prises d'eau de refroidissement : 1) la centrale thermique alimentée au charbon de Russell dans l'État de New York (74,37 m/244 pi); 2) la centrale nucléaire de Ginna près de Rochester, New York (74,37 m/244 pi); 3) la centrale nucléaire de Darlington en Ontario (72 m/236,22 pi). Tant Ginna que Russell, situées sur la rive sud du lac Ontario, connaîtraient des problèmes même si les niveaux restaient dans les limites historiques et devront faire l'objet d'améliorations si l'on veut qu'elles demeurent entièrement opérationnelles lorsque les niveaux sont élevés ou bas, quel que soit le plan choisi, y compris le plan actuel. Les bas niveaux ne représentent pas un problème à la station de Darlington pour aucun des plans ou des scénarios d'apports évalués, y compris les scénarios faisant intervenir les changements climatiques.

Stations de traitement des eaux usées et exutoires

Des 79 installations qui ont répondu à l'enquête, 32 ont signalé des niveaux d'eau critiques. Les autres installations n'ont pas répondu à la question ou ont dit qu'elles ne savaient pas ou qu'elles n'avaient pas l'information.

Les bas niveaux critiques sur le lac Ontario vont de 74,37 m (244 pi) à 67,12 m (220,22 pi). Seules deux installations ont signalé des niveaux critiques au-dessus du record de bas niveau du lac (73,73 m/241,90 pi) et une seule a indiqué des bas niveaux d'eau au-dessus de la limite inférieure (74,15 m/243,30 pi) aux ordonnances d'approbation de la CMI.

Les niveaux critiques élevés pour les installations situées le long du lac Ontario vont de 80,16 m (263 pi) à 75,59 m (248 pi). Seules trois installations ont signalé des niveaux critiques élevés inférieurs au haut niveau record du lac de 75,80 m (248,69 pi) et aucune n'a indiqué des niveaux inférieurs à la limite supérieure des ordonnances d'approbation de la CMI (c.-à-d. du plan de régularisation), qui est de 75,37 m (247,29 pi).

Comme dans le cas du lac Ontario, les niveaux d'eau élevés critiques dans la plupart des installations le long du fleuve sont sensiblement élevés – de 4,14 m (13,58 pi) à 1,05 m (3,44 pi) au-dessus du zéro des cartes – tandis que les bas niveaux critiques sont de 0,73 m (2,40 pi) à 15,42 m (50,59 pi) sous le zéro des cartes.

Utilisations domestiques

L'élévation des sources d'eau a souvent un impact sur les systèmes d'eau résidentiels privés, y compris les puits riverains et les conduites de prises d'eau; cependant, le nombre de personnes qui utilisent des systèmes d'approvisionnement privés est petit par rapport aux populations desservies par les services publics d'eau potable.

Il est difficile de déterminer un niveau critique pour les mesures de performance du plan des réseaux résidentiels étant donné qu'il existe peu de données documentées. Cependant, selon les renseignements disponibles, une avalanche de plaintes provenant de résidents du secteur des Mille-Îles ont été déposées auprès d'Environnement Canada à l'automne et à l'hiver 1998, et d'autres plaintes ont été enregistrées près de Massena, dans l'État de New York, pendant la même période. Des rapports ont également été envoyés en novembre 2002 par des résidents américains du secteur des Mille-Îles. De plus, la plupart des problèmes signalés dans l'enquête d'août 2003 sur les puits riverains semblent s'être produits depuis 1998. Au moment de la présentation des rapports, le niveau du lac Ontario était à son plus bas en 30 ans – une moyenne mensuelle de 74,40 m (244,03 pi) en novembre 1998. En 2002, quand d'autres rapports ont vu le jour dans la même région géographique, les niveaux du lac étaient légèrement plus élevés qu'en 1997, soit 74,46 m (244,30 pi). Par conséquent, selon les renseignements disponibles, un niveau de lac d'environ 74,37 m (244 pi) pourrait servir de mesure de performance du plan pour les puits riverains le long du lac Ontario. Le long du haut Saint-Laurent, des problèmes importants ont été signalés en ce qui concerne les niveaux d'eau et les conduites de prises d'eau au début d'août 1997 et tout au long de 1998 le long du lac St. Lawrence. Les données historiques à long terme pour le lac St. Lawrence (p. ex. la station hydrométrique de Long Sault) n'étaient pas disponibles au moment où le présent rapport a été écrit, mais les dates précitées pourraient servir de point de référence pour choisir un niveau d'eau critique approprié.

PMCL@CDM a placé des publicités dans des journaux locaux pour demander aux gens s'ils avaient eu des problèmes à tirer de l'eau du fleuve, et les quelques réponses reçues laissent penser que les gens règlent eux-mêmes les problèmes. La collectivité de Wilson Hill, touchée par ce problème, a depuis obtenu une connexion à l'aqueduc municipal. Bien qu'il soit impossible de quantifier l'incidence économique associée à ce phénomène, il a été suivi de près pour savoir de source sûre comment chaque plan produisait des niveaux d'eau supérieurs aux niveaux auxquels de tels problèmes survenaient.

Bas Saint-Laurent

Prises d'eau municipales et industrielles

Selon les résultats de l'enquête, les principaux problèmes vécus par les services publics d'eau sont liés au goût et à l'odeur, au frasil et à la capacité. Les problèmes de goût, d'odeur et de frasil ne sont pas nécessairement liés directement aux faibles niveaux d'eau dans tous les cas mais ont tendance à augmenter dans de telles conditions, selon les services publics. Au total, 42 % des services publics ont des problèmes de goût et d'odeur alors que 50 % connaissent des problèmes de frasil. Trois services publics sur trente ont signalé des problèmes de limites de la capacité quand les niveaux d'eau sont bas.

Les impacts des faibles niveaux d'eau sur les opérations des stations sont caractérisés par des indicateurs de performance de production **rouges** et **jaunes**. L'indicateur de performance de production rouge indique une conséquence grave correspondant au niveau d'eau auquel une station ne sera plus en mesure de fournir la capacité nominale en utilisant les infrastructures disponibles (c.-à-d. les postes de pompage et les prises d'eau). Par ailleurs, l'indicateur de performance jaune indique le niveau d'eau auquel une station devra ouvrir sa prise d'eau d'urgence pour fournir la capacité nominale (c.-à-d. modifier ses conditions normales de marche). Cet indicateur de performance représente donc un signal d'alarme indiquant que la capacité nominale de la station ne peut plus être maintenue par la prise d'eau principale. Il est possible d'établir un indicateur de performance en jaune seulement dans le cas des stations qui possèdent plus d'une prise d'eau.

Les niveaux d'eau critiques (indicateur de performance rouge) de chaque station en aval de Sainte-Anne-de-Bellevue sont résumés à la figure F-1.

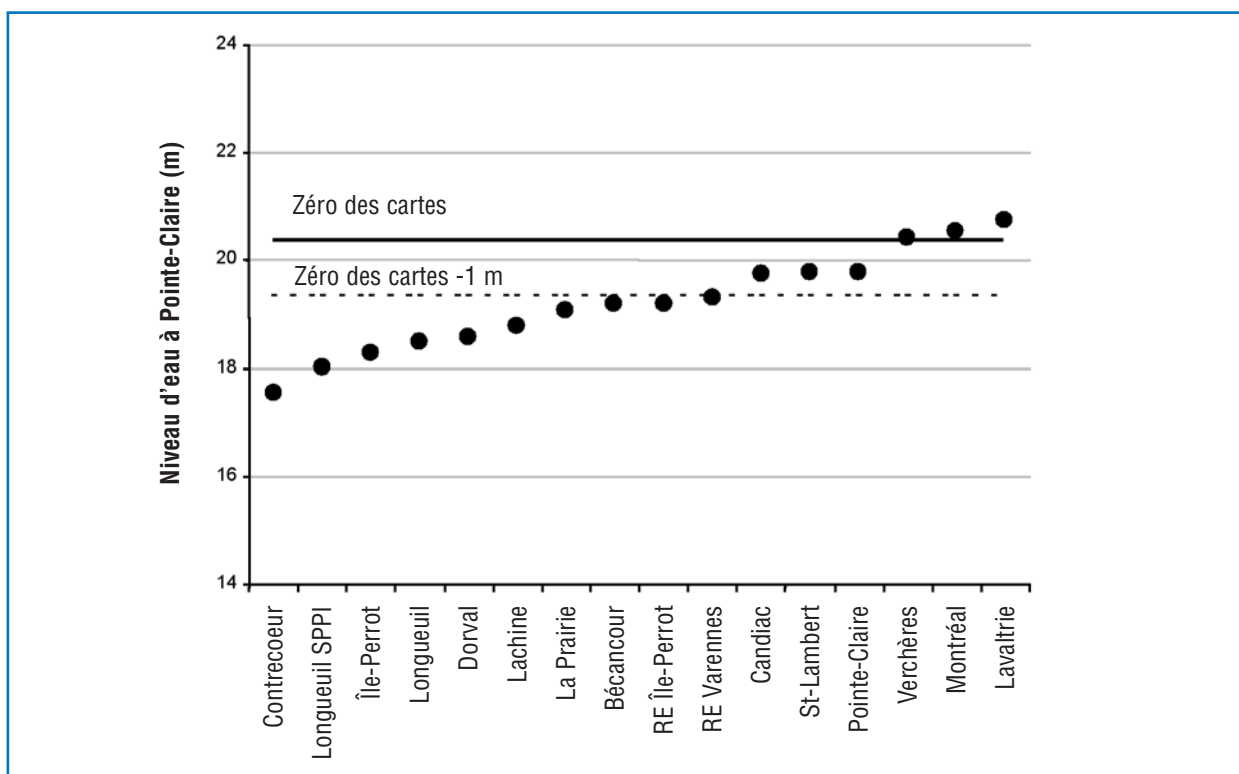


Figure F-1 : Niveaux critiques d'eau (indicateur de performance rouge) mesurés par rapport à Pointe-Claire. Les indicateurs de performance rouges définissent le niveau d'eau minimal requis à Pointe-Claire pour approvisionner la capacité nominale en utilisant toutes les prises d'eau disponibles (IGLD 85)

Si on regarde l'indicateur de performance de production rouge, les stations les plus touchées par les niveaux d'eau sont : Lavaltrie, Montréal (Atwater et DesBaillets), Verchères, Pointe-Claire, Saint-Lambert et Candiac. Ces sept réseaux atteindront un indicateur de performance de production rouge à des niveaux d'eau supérieurs au pire des scénarios étudiés, qui est de 1 mètre (3,3 pi) sous le zéro des cartes à Pointe-Claire (70 cm (28 po) sous le niveau historique minimal). Ces stations représentent 23 % des stations étudiées (7/30) et plus de 74 % de la population de la région d'étude (1 720 000/2 320 000). La STEP de Varennes devrait restreindre ses conditions normales de marche (IP en jaune) dans le cadre du pire des scénarios étudiés sur le niveau d'eau.

Nous avons défini un indicateur de performance spécial noir pour les prises d'eau des STEP d'Atwater et de DesBaillets, à Montréal. Contrairement aux autres villes, la situation ici est unique car la capacité se perd graduellement. L'indicateur de performance rouge signifie que la capacité nominale ne peut plus être fournie mais que 91 % de la production peut encore être distribuée. L'indicateur de performance noir correspond au niveau auquel la station d'Atwater ne fonctionne plus du tout; à ce stade, une grande partie du réseau de distribution ne serait pas pressurisé.

L'impact des niveaux d'eau sur la capacité de la station peut également être exprimé en nombre total de stations ou en population totale touchées. Cette information est présentée à la figure F-2. La représentation fait ressortir l'importance relative de chaque station de traitement de l'eau potable en ce qui concerne la population totale de la zone d'étude.

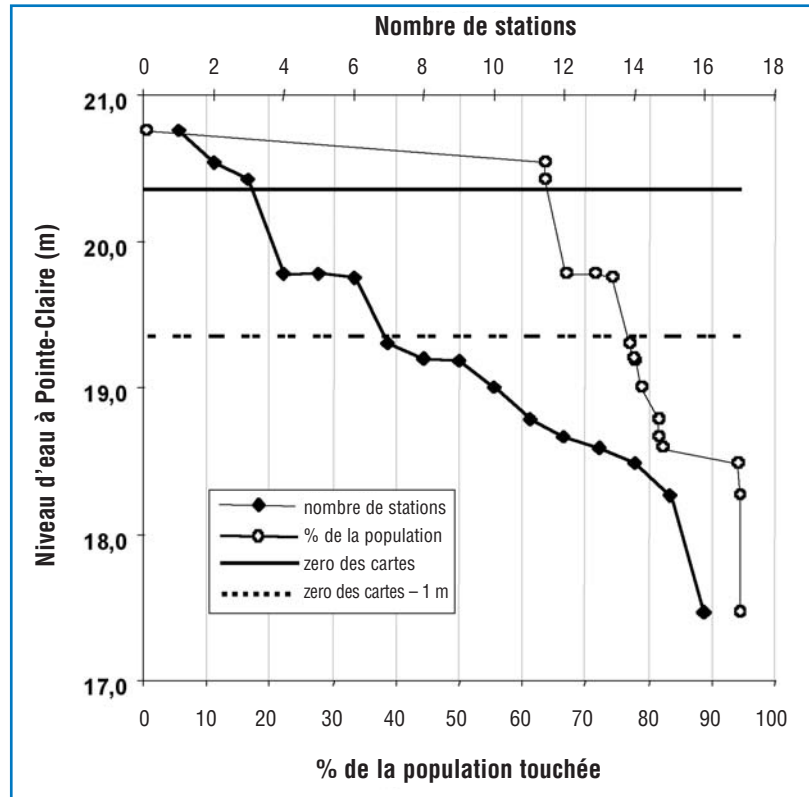


Figure F-2 : Impacts des niveaux d'eau (mesurés par rapport à Pointe-Claire) sur le nombre de stations ayant atteint un IP rouge et pourcentage correspondant à la population totale touchée dans la région d'étude

Les utilisations municipales et industrielles de l'eau n'ont généralement pas été vulnérables aux fluctuations des niveaux d'eau, sauf en 2001, lorsqu'on a atteint temporairement le niveau critique de 20,53 m (67,36 pi), mesuré par rapport à Pointe-Claire, à Montréal; une situation semblable s'est produite en 1999 (20,54 m) (67,39 pi). La conduite de la prise d'eau principale de Montréal, située sous le lac Saint-Louis, est assez peu profonde et située sur une topographie maritime irrégulière, légèrement inclinée. L'accès aux eaux plus profondes est possible à environ 400 à 500 m (1300 à 1640 pi) du site actuel de la prise d'eau, mais il faut surmonter d'importantes contraintes (forts courants, substratum rocheux à dynamiter, large conduite) pour obtenir peu de profondeur de plus. La Ville de Montréal a reconstruit sa prise d'eau d'urgence en 2003 pour soutenir sa prise d'eau principale (Atwater et DesBaillets), permettant ainsi d'augmenter de 21 % la capacité totale d'adduction. Dans les conditions normales prévues, il faudrait continuer les opérations régulières jusqu'à l'atteinte d'un niveau de 20,53 m (67,36 pi), pouvant entraîner une baisse de 9 % de la

capacité nominale. Cependant, au cours des 50 prochaines années, en raison des changements climatiques, les importantes prises d'eau de Montréal (principale et d'urgence) pourraient encore être en danger si on atteint le niveau du zéro des cartes à 20,35 m (66,77 pi) ou plus bas, mesuré par rapport à Pointe-Claire.

Stations d'épuration des eaux usées et exutoires

Contrairement aux stations de traitement de l'eau potable, on soupçonnait que c'était plutôt les niveaux d'eau élevés qui pouvaient avoir un impact sur les stations d'épuration des eaux usées.(SEEU) Toutefois, selon le directeur de la SEEU de Montréal, ces installations ne sont pas vraiment touchées par les niveaux d'eau, sauf dans le cas des inondations (c.-à-d. des niveaux extrêmement élevés). Même dans cette situation, la plupart des exutoires sont protégés contre les refoulements par des clapets de non-retour.

En ce qui concerne les exutoires industriels, on ne connaît pas la situation dans le bas Saint-Laurent. Cependant, ce point a été étudié dans la région lac Ontario/haut Saint-Laurent et la conclusion générale est que les exutoires courent moins de risques que les prises d'eau.

Usages domestiques

Dans le bas Saint-Laurent, on a jugé que l'alimentation en eau par les particuliers eux-mêmes, par exemple par des canalisations de prise d'eau ou des puits riverains, ne posait pas de problème majeur. En effet, aucune région n'y possède de nombreuses résidences tirant de l'eau du fleuve, comme c'est le cas dans la région des Mille-Îles.

Intégration au Modèle de la vision commune

Les résultats de la recherche ont été intégrés au MVC sous les trois formes suivantes :

1. des modèles économiques;
2. des estimations de la probabilité, de la gravité et de la durée des niveaux d'eau causant des impacts négatifs sur les usages municipaux et industriels de l'eau;
3. des rapports offrant des statistiques générales sur les niveaux d'eau qui pourraient servir après l'étude pour répondre à de nouvelles questions soulevées dans le domaine des usages municipaux et industriels de l'eau.

Premièrement, la portion STELLA du MVC comprend des estimations modélisées des impacts économiques liés à la qualité de l'eau et à l'alimentation en eau. Deuxièmement, le modèle STELLA calcule des statistiques décrivant les degrés de gravité de la situation pour les exploitants de stations municipales et industrielles. L'impact des bas niveaux sur l'approvisionnement en eau a été classé en quatre catégories représentées par les couleurs vert, jaune, rouge et noir (la pire).

Troisièmement, le MVC a été utilisé pour produire des statistiques générales sur les niveaux d'eau, qui pourraient alors servir à répondre à des questions soulevées après le dépôt des rapports (p. ex. « Pour chaque plan proposé, quelles sont les probabilités que la station de traitement de l'eau du comté de Monroe doive être protégée par des sacs de sable? »).

Résumé des principales conclusions

- Les usages domestiques, industriels et municipaux de l'eau ne sont en général pas vulnérables aux changements des niveaux d'eau. L'étude a cependant révélé que le système de Montréal pourrait se trouver à risque plus tard au cours du siècle, dans l'éventualité où les changements climatiques produisent le scénario sec et chaud supposé dans cette étude.
- Les autres exceptions sont les centrales de production énergétique Russell et Ginna et la station de pompage et de traitement de l'eau potable du comté de Monroe sur la rive sud du lac Ontario dans l'État de New York. En effet, les niveaux critiques rapportés par les deux centrales pour leurs prises

d'eau de refroidissement correspondent à des niveaux qui ont déjà été enregistrés dans le passé sous le régime hydraulique actuel. Toutefois, le Groupe d'étude a été informé que la centrale Russell allait fermer et que la centrale Ginna prendrait des mesures pour corriger cette erreur de conception de ses installations.

- La station de pompage et de traitement de l'eau potable du comté de Monroe connaît des problèmes d'inondation à des niveaux élevés du lac Ontario semblables à ceux qu'on a déjà connus dans le passé.
- On a évalué la fréquence des niveaux d'eau susceptibles d'induire des problèmes pour les puits riverains, de contaminer l'eau souterraine et de faire déborder les égouts. On n'a cependant pas évalué l'aspect économique de ces problèmes puisque les impacts se sont révélés légers par rapport à ceux des autres catégories ou encore les exploitants des installations étaient incapables d'estimer ces impacts.

Participants

Groupe de travail technique sur les utilisations domestiques, industrielles et municipales

	Skip Shoemaker, responsable pour les É.-U.	NYS Department of Environmental Conservation, NY
	Denis Péloquin, responsable pour le Canada	Communauté métropolitaine de Montréal, Montréal, QC
	Benoit Barbeau	École Polytechnique de Montréal, Montréal, QC
	Annie Carrière	École Polytechnique de Montréal, Montréal, QC
	John Strepelis	NYS Department of Health, NY
	Christian Gagnon	Environnement Canada, Montréal, QC
	Steven Gould	Monroe County Water Authority, NY
	Brian Kaye	Ministère de l'Environnement et de l'Énergie, Kingston, ON
	Eva Opitz	Planning & Management Consultants, Inc., NY
	Stuart Norvell	Planning & Management Consultants, Inc., NY
Agents de liaison du Groupe d'étude	Paul MacLatchy	City of Kingston, ON
	André Carpentier	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Québec, QC
Agents de liaison du GCIP	Tony Eberhardt	Secrétariat américain, Buffalo, NY
	Ed Eryuzlu	Secrétariat canadien, Ottawa, ON
	Michel Gagné	Verdun, QC
	Marcel Lussier	Brossard, QC

Bibliographie

- CDM. *Impacts of Changes in Source Water Elevation on Water Supply Infrastructure: Lake Ontario and the St. Lawrence River*. Avril 2005.
- École Polytechnique de Montréal. *Impacts of Level Fluctuations in the St. Lawrence River on Water Treatment Plant Operation*. Décembre 2003.
- École Polytechnique de Montréal. *Integrated Report of All Findings on the Lake and the St. Lawrence River*. Juin 2004.
- Planning and Management Consultants Ltd. *Impacts of Changes in Source Water Elevation on Municipal Water Supply Infrastructure: Lake Ontario and the St. Lawrence River – Phase I Report*. Mai 2003.
- Planning and Management Consultants Ltd. *Impacts of Changes in Source Water Elevation on Municipal and Industrial Water Supply Infrastructure: Lake Ontario and the St. Lawrence River – Phase II Report*. Juin 2003.
- Planning and Management Consultants Ltd. *Impacts of Changes in Source Water Elevation on Water Supply Infrastructure: Lake Ontario and the Upper St. Lawrence River – Phase III Report, Shorewell Survey Results and Other Findings to Date*. Octobre 2003.

F. Exposé contextuel sur les utilisations domestiques, industrielles et municipales de l'eau

1. Contexte socio-économique général

a) Valeur de la production de l'intérêt

Aucune valeur de production n'est associée à l'utilisation de l'eau pour la production d'eau potable, mais cette utilisation représente un coût social très élevé sur lequel peuvent jouer les niveaux d'eau. La plus grande partie de la demande municipale provient de la population résidentielle ainsi que des installations majeures telles que des hôpitaux, des écoles, des centres commerciaux et des immeubles; les industries dépendent également de l'eau pour leur production et leurs systèmes de refroidissement. Une diminution de la disponibilité de l'eau, qu'elle provienne de stations municipales ou de systèmes privés de prise d'eau, pourrait entraîner des impacts financiers considérables (p. ex. des fermetures d'industries).

b) Nombre de parties prenantes

On compte 2,3 millions de résidents qui dépendent du bas Saint-Laurent et 6,3 millions qui dépendent du lac Ontario et du haut Saint-Laurent (à la fois en Ontario et aux États-Unis).

c) Caractéristiques organisationnelles

Les parties prenantes sont situées partout le long des systèmes, mais on peut distinguer deux groupes différents en fonction des secteurs d'activité et de leur emplacement : 1) les utilisateurs domestiques dans la région de Greece et des Mille-Îles et 2) les stations municipales de traitement des eaux sur le bas Saint-Laurent (région métropolitaine de Montréal).

d) Valeurs et perceptions de l'intérêt

L'alimentation en eau des municipalités est de toute évidence considérée comme un intérêt essentiel. Il n'est cependant pas perçu en général comme critique car il n'est menacé que dans les situations extrêmes. Cela est également vrai pour d'autres utilisations comme les industries et les stations d'épuration des eaux usées. Les plus petits utilisateurs (canalisations de prise d'eau, résidents riverains) peuvent se sentir laissés pour compte, mais il pourrait être plus approprié d'appliquer des mesures d'atténuation pour résoudre leurs problèmes.

e) Restrictions importantes imposées par les lois, règlements et politiques

Dans les dix prochaines années, les restrictions les plus importantes qui pourraient toucher la régularisation de l'eau concerneront plutôt l'écoulement en conditions de faibles niveaux hydriques. Les éléments qui causent le plus d'inquiétude sont : la dispersion des polluants, les impacts des exutoires sur la vie aquatique (*Clean Water Act*) et la dispersion thermique. Toutefois, les niveaux auxquels ces préoccupations devraient être considérées plus sérieusement sont bien en dessous des niveaux actuels obtenus par la régularisation. En général, l'eau du lac Ontario et du fleuve est de très bonne qualité et les plans de régularisation proposés ne devraient pas poser de problème en ce qui concerne la qualité de l'eau destinée à la production d'eau potable.

f) Historique de l'intérêt

Nous avons inclus cet intérêt dans le plan de régularisation surtout dans l'intérêt du tronçon aval où les usines municipales étaient considérées comme vulnérables aux fluctuations des niveaux d'eau.

g) Flux commerciaux et conditions actuelles du marché

L'utilisation d'eau par les municipalités pourrait augmenter lentement à mesure que la population s'accroît.

h) Effet des dernières conditions de hautes ou de basses eaux

Dans le passé, ce sont les faibles niveaux d'eau plutôt que les niveaux élevés qui ont causé des problèmes. Néanmoins, les hauts niveaux connus plus récemment, en combinaison avec une augmentation de la population sur certaines îles, ont fait apparaître de nouvelles sources de préoccupation (contamination des eaux souterraines). On n'a pas rapporté de problèmes liés à de faibles niveaux hydriques, peut-être parce que des prélèvements plus faibles ont permis de tolérer ces niveaux plus faibles.

2. Indicateurs de performance

- **Indicateur de performance de l'infrastructure** : coût de construction de l'infrastructure requise pour adapter les usines de production d'eau potable à des niveaux plus bas que les niveaux critiques déterminés précédemment. Cet IP se base sur des estimations des coûts de construction de nouvelles prises d'eau lorsque le niveau critique est atteint. Ces coûts surestiment probablement les coûts strictement liés aux problèmes de niveau hydrique. En effet, il est probable qu'avant d'en arriver à la construction d'une nouvelle prise d'eau, d'autres solutions seraient appliquées pour pallier une partie du problème (réduire la demande, etc.).
- **Indicateur de performance du goût et de l'odeur** : coûts de modernisation des stations municipales de traitement de l'eau potable pour traiter les composés responsables des problèmes de goût et d'odeur. Ceux-ci ne sont pas réglementés, mais plutôt considérés comme un problème esthétique. Ce problème n'en constitue pas moins une sérieuse nuisance car il a une incidence à la fois sur le confort et la confiance de la population. Cet IP se base également sur une estimation du coût nécessaire pour ajouter une étape de traitement. Pour dépasser la valeur critique de cet IP, on doit avoir une situation de basses eaux pendant trois années consécutives (pendant 1 quart de mois au moins). Il faudrait toutefois mener d'autres études pour établir clairement à quels niveaux apparaissent les graves problèmes de goût et d'odeur qui nécessitent des investissements de la part des municipalités. Dans le cas de cet IP, les coûts sont probablement sous-estimés car des niveaux plus élevés pourraient également causer des problèmes occasionnels, s'ils sont combinés avec d'autres facteurs.

Nous avons aussi évalué d'autres secteurs d'activité municipaux et privés touchés par les fluctuations des niveaux d'eau (p. ex. les puits riverains, la contamination des eaux souterraines (région de Wilson Hill), le refoulement des égouts), mais ils n'ont pas été représentés comme indicateurs de performance dans le MVC. En effet, les impacts subis par ces éléments se sont révélés légers par rapport aux IP que nous avons retenus.

3. Catégories d'avantages non pris en compte par les indicateurs de performance retenus, mais potentiellement importants (impacts secondaires)

Comme le système lac Ontario/fleuve Saint-Laurent demeurera une source abondante d'eau de bonne qualité, nous n'avons pas relevé d'impacts secondaires en ce qui concerne les usages municipaux et industriels.

4. Principales conditions de base

Les valeurs critiques calculées pour le MVC se basent sur la capacité nominale des stations, tenant ainsi compte de la future croissance des populations (en ce qui concerne les stations existantes). La construction de nouvelles stations, quant à elle, ne poserait pas de problème puisque les niveaux plus bas seraient pris en compte lors de leur conception. Par ailleurs, les impacts ont été évalués en fonction de la configuration actuelle de la Voie maritime. Si celle-ci était élargie ou approfondie, la modification des profondeurs dans le bas Saint-Laurent qui en résulterait changerait les conclusions de l'analyse.

5. Principales tendances

On ne s'attend pas à ce que l'utilisation de l'eau à des fins municipales et autres monte en flèche dans un avenir proche. L'eau est disponible dans tout le système, mais les variations de niveaux pourraient limiter sa disponibilité dans les installations existantes. Il faudrait concevoir l'infrastructure de toute nouvelle installation qui dépendrait de l'eau (usines de production d'eau ou autres) en fonction d'une variabilité plus forte des niveaux hydriques.

6. Conséquences attendues des changements dans la régularisation

Il est presque impossible pour les stations bâties le long du système du Saint-Laurent de trouver d'autres sources d'eau. Il faudrait donc envisager des mesures d'atténuation. Les coûts estimés dans le MVC comprennent les coûts de la construction de nouveaux ouvrages de prise d'eau pour les stations municipales vulnérables. Ces solutions cependant prennent du temps avant d'être efficaces et demandent de la planification. Un autre impact des fluctuations de niveaux pour les usines de Montréal est la détérioration de la qualité (emplacement des prises d'eau d'urgence). L'amélioration des traitements prévue dans les prochaines années atténuera cependant cet impact. Le problème de goût et d'odeur est aussi associé aux faibles niveaux d'eau et nous avons estimé les coûts pour traiter ce problème. Dans l'ensemble, des stratégies d'atténuation seraient applicables, mais il faudrait en prendre le coût en considération.

Le perdant potentiel dans l'application d'un nouveau régime de régularisation ou de changements dans le système hydrologique (Voie Maritime) est le bas Saint-Laurent, où les variations sont plus grandes et l'infrastructure plus vulnérable aux changements.

7. Comportements adaptatifs

L'évaluation des possibilités se fonde sur les conditions à venir les plus probables. Ainsi, si un comportement adaptatif était manifestement attendu, il a été inclus dans l'analyse.

8. Évaluation des risques

Dans le contexte des scénarios de régularisation proposés, nous avons évalué comme assez faible la vulnérabilité des différentes utilisations de l'eau aux fluctuations des niveaux hydriques (très faible probabilité d'atteindre un niveau critique). Toutefois, le risque associé aux événements très rares est très élevé, dans la mesure où on ne peut les prévoir (p. ex. des pénuries d'eau à Montréal). L'information recueillie au cours de ce projet a fait ressortir la nécessité d'effectuer une planification et de sensibiliser les personnes responsables aux événements à faible probabilité mais à haut risque.

9. Bibliographie

- Barbeau, B. et A. Carrière. *Impacts of level fluctuations in the St. Lawrence River on water treatment plant operation*. Rapport présenté à la Commission mixte internationale, décembre 2003.
- Carrière, A., B. Barbeau et E. Opitz. *International Lake Ontario–St. Lawrence River Study Water Uses Technical Work Group Integrated Report*. Rapport présenté à la Commission mixte internationale, février 2004.
- Carrière, A. *Influence of Lake St. Lawrence levels on the contamination of private wells in the Wilson Hill Island area. Addendum to the International Lake Ontario–St. Lawrence River Study Water Uses Technical Work Group Integrated Report*. Document présenté à la Commission mixte internationale, juin 2004.

Processus de révision

Auteurs : Annie Carrière et Benoit Barbeau
 Réviseur : aucun
 Appui du GTT : Denis Péloquin
 Révision externe : ne s'applique pas

G. Exposé contextuel sur les peuples autochtones

L'exposé décrit l'incidence sur la vie des gens d'Akwesasne des questions que met en jeu la révision du mode de régularisation des débits du lac Ontario. L'équipe de l'Étude a aussi communiqué avec les Mohawks de Tyendinaga, qui sont environ 2 200 à vivre sur les rives de la baie de Quinte, immédiatement à l'est de Belleville, en Ontario, et avec les Mohawks de Kahnawake, dont la collectivité d'environ 8 000 personnes vit au sud de Montréal sur la rive orientale du lac Saint-Louis. Le Groupe d'étude a abordé les principales préoccupations qu'ont ces collectivités à l'égard de la régularisation dans son travail sur les inondations du lac Ontario (Tyendinaga) et sur les niveaux d'eau faibles et élevés au lac Saint-Louis (Kahnawake). On trouvera dans le rapport final la comparaison des résultats des différents plans au sujet de ces questions.

1. Contexte socio-économique général

a) Nombre de parties prenantes

La collectivité d'Akwesasne compte environ 13 000 personnes, surtout des Iroquois, vivant dans une zone de 104 km² (40 mi²) qui chevauche la frontière entre les États-Unis et le Canada le long du Saint-Laurent à proximité du barrage Moses-Saunders.

b) Caractéristiques organisationnelles

Akwesasne constitue la seule réserve en Amérique du Nord possédant des terres des deux côtés de la frontière Canada/États-Unis, et cette situation géographique unique a fait ressortir des problèmes de souveraineté qui pourraient être moins pressantes pour d'autres bandes n'ayant pas à s'occuper de droits de douane et de contrôles frontaliers (Hoxie). La superposition des gouvernements canadien et américain a produit trois organismes dirigeants. Le Conseil des Mohawks d'Akwesasne administre le territoire d'Akwesasne au nord de la frontière canadienne, c'est-à-dire dans les parties situées au Québec et en Ontario, alors que le Conseil tribal de St. Régis administre la partie située dans l'État de New York. Ces organismes ont été formés avec l'accord du Canada et des États-Unis. Le Conseil de la Nation mohawke, plus ancien, n'est pas reconnu par ces deux pays, mais reçoit l'appui des personnes qui maintiennent leur allégeance envers la Confédération iroquoise. La présente étude fait partie d'une démarche plus large d'interaction et de discussion sur la régularisation du lac Ontario et d'autres sujets, entre la CMI et les peuples autochtones vivant le long de la frontière Canada-États-Unis. Deux postes ont été réservés à des représentants d'Akwesasne au Groupe d'étude afin de s'assurer que les intérêts et les perspectives des Mohawks d'Akwesasne seront pris en compte. Ces sièges sont occupés par James Snyder et Henry Lickers, qui ont agi comme principaux intermédiaires, faisant circuler l'information entre les Mohawks d'Akwesasne et le Groupe d'étude.

c) Valeurs et perceptions de l'intérêt

Maxine Cole du Groupe de travail d'Akwesasne sur l'environnement (GTAE) a rédigé le principal résumé des préoccupations et points de vue d'Akwesasne. Le GTAE a été formé en 1987 pour encourager la promotion et la restauration de l'environnement en se basant sur les « enseignements tribaux traditionnels sur l'obligation d'honorer la toile sacrée de la vie et de la préserver pour les générations à venir. » Selon ces enseignements, le processus de gestion en collaboration des ressources naturelles devrait comprendre les éléments suivants :

- *Skennen*, qui est un état dans lequel tous essaient rationnellement et en faisant preuve d'empathie de parvenir à des décisions justes;
- *Kariwio*, une condition dans laquelle les participants « travaillent dans un état d'esprit aussi pur et désintéressé que possible », se souvenant que la création doit bénéficier à tous, y compris les plantes et les animaux;
- *Kasastensera*, une force de détermination qui se manifeste lorsque les gens agissent en collaboration et de façon désintéressée à la recherche de décisions sages et justes.

Le but est de s'assurer que sept générations puissent profiter des mêmes dons que la génération actuelle.

d) Historique de l'intérêt

La collectivité d'Akwesasne a été établie en 1755 près d'une mission jésuite, mais la Confédération iroquoise existait déjà à l'arrivée des Européens et comprend les cinq nations fondatrices (Mohawks, Sénécas, Oneidas, Onondagas et Cayugas) et les Tuscaroras. La majorité des personnes vivant à Akwesasne sont des Mohawks, ou Kanienkehakas, mais on y trouve aussi des Abénakis, des Onondagas, des Oneidas, des Cayugas et des Hurons. Les quatre grands secteurs d'Akwesasne sont le district du Village de Saint-Régis et le district de Chenail au Québec, le district de l'île Cornwall en Ontario et Hogansburg dans l'État de New York.

e) Effet des dernières conditions de hautes ou de basses eaux

Les gens d'Akwesasne vivent principalement autour du lac Saint-François et ne sont donc pour la plupart qu'indirectement touchés par le plan de régularisation. Dans la partie supérieure du lac, près de Summerstown, les niveaux d'eau ne dépendent que partiellement du débit du lac Ontario et, lorsqu'on les modélise en fonction de toute la fourchette des niveaux enregistrés au cours du 20^e siècle, ils connaissent peu de variation (entre environ 46,4 et 47,1 m [152,2 et 154,5 pi]), et ce, quel que soit le plan. Dans la partie inférieure du lac Saint-François, près de Coteau-Landing, les niveaux ne sont pas influencés par la décharge du lac Ontario, mais sont contrôlés par les installations d'Hydro-Québec.

2. Indicateurs de performance

Le GTAE a souligné à de multiples reprises l'impact de l'aménagement du barrage de régularisation et de la Voie maritime du Saint-Laurent et l'impact de la pollution industrielle sur la collectivité d'Akwesasne. De plus, pendant toute l'étude, les gens d'Akwesasne ont soulevé des questions à propos du mode d'exploitation de la Voie maritime, notamment concernant le sillage des navires et les effets du déglacage et, du côté de la production hydroélectrique, les variations visant à permettre une production de pointe (les ajustements semaine-fin de semaine). Bien que les variations hebdomadaires de la régularisation aient peu d'effets directs sur leur territoire, les gens d'Akwesasne se préoccupent de la qualité environnementale de l'ensemble du système. Le rapport du GTAE dresse une liste des indicateurs environnementaux particulièrement préoccupants, dont la plupart sont inclus dans les indicateurs de performance du GTT sur l'environnement. Étant donné que le rapport du GTAE a été demandé alors que l'étude environnementale était presque terminée, aucune étude directe de l'expansion de l'ail trilobé ou de l'impact de la régularisation sur les plantes médicinales n'a pu être effectuée.

3. Catégories d'avantages non pris en compte par les indicateurs de performance retenus, mais potentiellement importants (impacts secondaires)

Comme les grandes préoccupations de la population d'Akwesasne sont d'ordre environnemental, on peut appliquer ici les mêmes limitations qui s'appliquent à l'analyse des impacts environnementaux secondaires dans la présente étude.

4. Bibliographie

- Groupe de travail d'Akwesasne sur l'environnement / Akwesasne Task Force on the Environment.
An Assessment of the Environment, Shoreline Erosion, and Recreational Boating within the Mohawk Territory of Akwesasne: A Review of Literature Supplemented by Empirical Data from Mohawk Elders, Gatherers, and Key Informants - Volumes I and II, Mohawk Territory of Akwesasne. Mars 2004.
- Hoxie, Frederick E. (editor) *Encyclopedia of North American Indians*, Houghton Mifflin College Division.
 <http://college.hmco.com/history/readerscomp/naind/html/na_000700_akwesasne.htm>
 (consulté le 27 novembre 2005)

H. Résumé du Groupe de travail technique sur la modélisation hydrologique et hydraulique

Les niveaux d'eau et les débits du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent dépendent avant tout de la volonté de la nature. Les précipitations, l'évaporation, le ruissellement printanier et la glace sont tous des éléments du cycle hydrologique. Ce cycle doit être pris en considération par le Conseil international de contrôle du fleuve Saint-Laurent lorsqu'il régularise les débits du système lac Ontario/fleuve Saint-Laurent. La prévision des conditions météorologiques saisonnières, ainsi que les niveaux d'eau réels en amont et en aval du projet hydroélectrique de Cornwall, en Ontario, et de Massena, dans l'État de New York, dictent en bonne partie le mode de régularisation du système.

Étant donné la complexité du système et le nombre de secteurs d'activité touchés par les niveaux et débits hydriques, il faut en modéliser sur ordinateur les composantes hydrauliques et hydrologiques pour pouvoir évaluer avec justesse les critères actuels de régularisation et permettre à l'Étude internationale sur le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent d'élaborer et de recommander un plan de régularisation juste et équitable.

Objectifs

Les principaux objectifs du Groupe de travail technique sur la modélisation hydrologique et hydraulique (GTT sur l'hydrologie et l'hydraulique) étaient les suivants :

- Fournir de l'information provenant de la modélisation hydrologique et hydraulique qui permette aux autres GTT d'élaborer et d'évaluer des plans de régularisation. Cette information comprenait les éléments suivants :
 - des scénarios hydrologiques; l'apport d'eau dans les Grands Lacs, la rivière des Outaouais et des autres affluents importants du fleuve Saint-Laurent;
 - les moyennes enregistrées dans le passé;
 - des variables générées aléatoirement;
 - la variabilité du climat tirée des modèles de circulation générale (MCG);
 - les apports des bassins hydrologiques de chacun des Grands Lacs;
 - les débits de la rivière des Outaouais et des autres affluents importants situés en aval;
 - les effets hydrauliques de la glace et de la végétation;
 - les dérivations des cours d'eau.
- Faire une simulation des niveaux et débits hydriques du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent jusqu'à Trois-Rivières (Québec) dans le cadre de différents plans de régularisation et de scénarios d'apport d'eau.
- Fournir des moyennes hebdomadaires des niveaux et débits, et estimer, pour une semaine donnée, la variabilité potentielle des niveaux et débits (cycles de variation journalière et hebdomadaire).
- Aider les autres GTT, à leur demande, à modéliser de l'information hydraulique détaillée (p. ex. vitesses et niveaux).

Le GTT sur l'hydrologie et l'hydraulique a aussi été chargé de réaliser une modélisation de la température de zones clés du lac Ontario à la demande du GTT sur l'environnement.

Principales études techniques

Génération synthétique des apports d'eau nets du bassin des Grands Lacs et de ceux de la rivière des Outaouais

Pour que le Groupe de formulation et d'évaluation des plans (GFEP) puisse évaluer les plans de régularisation, il est primordial de tester leur robustesse et leur flexibilité et de s'assurer qu'ils se basent sur une bonne représentation du système. On n'évalue pas ces aspects uniquement en testant un plan de régularisation proposé avec des données historiques d'apport d'eau et de débit, mais aussi avec des séries simulées de données d'apport d'eau générées aléatoirement. La nature stochastique du processus de simulation implique que les propriétés statistiques des données d'apport simulées et historiques sont généralement semblables.

Dans le cadre de ce projet, le GTT sur l'hydrologie et l'hydraulique a fourni au GFEP et aux autres GTT une série de données d'apport d'eau de 50 000 ans. Pour qu'elle demeure cohérente avec les séries réelles enregistrées dans le passé, cette série a été divisée en 495 séries de 101 ans. En plus de conserver des propriétés statistiques telles que la moyenne, l'écart-type, la distribution asymétrique, etc., ces 495 séries englobent des séries de débits non encore observées ou encore des séries d'apport en conditions sèches ou humides qu'on n'a pas connues dans le passé. Pour ce processus de simulation, il avait été demandé non seulement de conserver les propriétés temporelles d'année en année, mais aussi les relations spatiales entre les lacs, ainsi qu'entre la rivière des Outaouais et les lacs en aval. Par exemple, la simulation a présenté des données d'apport en conditions humides à la fois dans les deux lacs les plus en aval (lacs Érié et Ontario) et dans la rivière des Outaouais.

Afin de faire correspondre les intervalles de temps du plan de régularisation pour les Grands Lacs à ceux du modèle opérationnel du système de la rivière des Outaouais, on a procédé à la simulation stochastique en quatre étapes distinctes. Lors de la première étape, des séries temporelles annuelles ont été calculées pour le système dans son entier, tout en maintenant la relation spatiale entre les lacs Érié et Ontario et les tronçons sud du système de la rivière des Outaouais. À la seconde étape, les données annuelles d'apport ont été divisées en séries mensuelles, en s'assurant de préserver leur caractère saisonnier. Pour la troisième étape, les séries mensuelles de données d'apport pour les lacs Érié et Ontario ont été divisées en leurs équivalents au quart de mois. À la dernière étape, qui ne s'applique qu'à la rivière des Outaouais et aux affluents plus en aval, les données d'apport d'eau par quart de mois ont été encore plus raffinées en séries journalières de débit.

Aux fins de la simulation, le projet a été réalisé dans trois zones spatiales distinctes, à savoir les Grands Lacs, le système de la rivière des Outaouais et les affluents locaux en aval des ouvrages de contrôle du lac Ontario jusqu'à la limite aval de la zone d'étude. En voici une brève description :

- **Grands Lacs**

L'approvisionnement d'eau des Grands Lacs se caractérise par la taille des bassins et est représenté par quatre zones géographiques. Les nœuds d'approvisionnement sont le lac Supérieur, les lacs Michigan et Huron, le lac Érié et le lac Ontario. Les dimensions spatiales du lac Sainte-Claire exigeaient qu'il fasse partie de la série d'apport d'eau des lacs Michigan et Huron.

Les séries stochastiques finales des Grands Lacs se basent sur des intervalles de temps mensuels pour les lacs les plus en amont, alors que les simulations des lacs Érié et Ontario ont été faites par quart de mois. Ceci a été fait de cette manière pour maintenir la cohérence avec les modèles hydrologiques disponibles pour l'exploitation du système.

- **Rivière des Outaouais**

Étant donné les contraintes imposées par les caractéristiques uniques du bassin versant de la rivière des Outaouais et la structure de ses réservoirs, le système a été modélisé à des échelles plus fines, à la fois dans l'espace et dans le temps. Aux fins du calcul des séries stochastiques, la rivière des Outaouais a été divisée en 48 sous-bassins hydrographiques et la série des données d'apport calculée à des intervalles de temps d'une journée.

Certains de ces sous-bassins hydrographiques ont servi à établir une corrélation spatiale avec les bassins des Grands Lacs. Par exemple, le régime d'apport en eau des sous-bassins du sud de la rivière des Outaouais présente une assez forte corrélation avec celui du lac Ontario et une plus faible corrélation avec celui du lac Érié. De même, les sous-bassins du sud-est de la rivière des Outaouais ont une forte relation avec les affluents locaux en aval de Cornwall.

- **Affluents locaux**

Dans la région située en aval de Cornwall se trouvent plusieurs grosses rivières, sans grande importance individuellement, mais importantes dans leur ensemble, pour le fonctionnement des ouvrages de contrôle et de régularisation du lac Ontario. L'aire de drainage des affluents locaux est marquée par un groupe de quatre rivières majeures qui caractérisent les apports. Ces cours d'eau sont fortement corrélés dans l'espace avec plusieurs sous-bassins de la rivière des Outaouais. La série des données d'apport a donc été établie en effectuant une régression avec les enregistrements historiques de débits.

Élaboration de scénarios de changements climatiques

Dans des études récentes de la CMI et du *U.S. Global Change Research Program*, le *Great Lakes Environmental Research Lab* (GLERL) a complété la modélisation des impacts hydrologiques des changements climatiques dans la région des Grands Lacs. Ils ont utilisé pour ce faire des résultats météorologiques provenant de deux MCG qu'ils ont transformés en impacts hydrologiques avec des modèles de précipitations/ruissellement, d'évaporation du lac, de débits dans les voies interlacustres, de régularisation du lac et de bilans hydriques des lacs. Cependant, ce travail n'incluait pas de projections de changements climatiques pour les bassins de la rivière des Outaouais et du bas Saint-Laurent. Le GLERL a communiqué les résultats des MCG à Hydro-Québec, et ses modélisateurs hydrologiques ont étendu l'estimation des impacts hydrologiques des changements climatiques à ces régions. Le GLERL et Hydro-Québec ont comparé leurs projections de changements climatiques en préparation à une nouvelle évaluation conjointe des impacts des changements climatiques sur l'hydrologie dans l'ensemble du bassin Grands Lacs-fleuve Saint-Laurent faisant appel aux plus récentes simulations des MCG (le MCG canadien et celui du Hadley Centre [R.-U.]).

Le projet était centré sur une fenêtre de 20 ans autour de 2050 (2040-2060). Le GLERL s'est procuré des scénarios de MCG pour les plus récentes versions du modèle canadien et du modèle britannique Hadley. Afin d'évaluer l'impact des changements climatiques, on a choisi des fenêtres de trente ans avec quatre scénarios critiques. Parmi ces derniers, deux scénarios provenaient du MCG Hadley de troisième génération, et les deux autres du MCG canadien de seconde génération. Aux fins de ce projet, les premiers sont désignés HADCM 3A, qui représente un régime climatique chaud et humide, et HADCM 3B, qui correspond à un climat humide, mais moins chaud. En ce qui concerne les MCG canadiens, CGCM 2A désigne un régime chaud et sec et CGCM 2B un régime sec mais moins chaud. Il faut noter que le terme « sec » implique ici moins de précipitations que dans les simulations du *Hadley Centre*, mais pas nécessairement moins de précipitations que dans le régime climatique actuel. Ces modèles sont des versions plus raffinées que celles utilisées dans le *U.S. National Climate Change Assessment*. En particulier, les résultats concernant les effets des aérosols sulfatés atmosphériques obtenus au moyen du paramétrage simplifié qu'utilise habituellement le modèle du *Hadley Centre* se rapprochaient mieux de résultats obtenus par des calculs beaucoup plus longs et précis.

Le GLERL a extrait des MCG les changements entre une période de référence, de 1961 à 1990, et une période de 30 ans dans l'avenir et a remis ces données à Hydro-Québec. Ces changements étaient décrits par plusieurs variables : augmentation des précipitations quotidiennes (sous forme d'un rapport), augmentation quotidienne minimale de la température de l'air à 2 m (°C), augmentation quotidienne moyenne de la température de l'air à 2 m (°C), augmentation quotidienne maximale de la température de l'air à 2 m (°C), augmentation de la vitesse du vent à 2 m (rapport), augmentation de l'humidité spécifique (rapport) et augmentation de la couverture nuageuse (rapport). Le GLERL a ajusté les données météorologiques historiques du bassin des Grands Lacs aux changements climatiques générés par les MCG, et Hydro-Québec et le ministère de l'Environnement du Québec ont fait de même pour le bassin de la rivière des Outaouais. Le GLERL a alors simulé l'hydrologie des Grands Lacs en fonction des divers scénarios, alors qu'Hydro-Québec et le ministère de l'Environnement du Québec ont fait de même pour le bassin de la rivière des Outaouais.

• Principales conclusions

- Généralement, les scénarios du *Hadley Centre* augmentent davantage les précipitations que les scénarios de MCG canadiens. Dans les premiers, tous les lacs connaissent des précipitations plus fortes que dans le cas de référence. Dans le cas des scénarios canadiens, les précipitations sont plus abondantes sur tous les lacs sauf les lacs Michigan, Sainte-Claire et Érié. Dans le scénario HADCM3A, les valeurs les plus fortes se rencontrent sur la baie Georgienne et, pour le scénario HADCM3B, sur le lac Érié.
- L'apport de bassin net est généralement plus faible que celui du cas de référence pour tous les scénarios de changements de climat et pour tous les lacs, à l'exception du scénario HADCM 3B pour les lacs Sainte-Claire, Érié et Ontario. Le CGCM 2A (chaud et sec) donne lieu aux plus fortes réductions, et ce, pour tous les lacs; il est suivi, soit par le scénario CGCM 2B (moins chaud, sec), ou par le HADCM 3A (chaud, humide), selon le lac. Pour tous les lacs, le scénario HADCM3B (moins chaud, humide) produit les réductions d'apport net les plus modestes
- Les températures de l'air plus élevées des scénarios de climats modifiés amènent une plus forte évapotranspiration en milieu terrestre et un plus faible ruissellement vers les lacs, avec des pointes de ruissellement plus hâtives, en raison de la diminution de l'accumulation annuelle de neige et de la forte réduction de la saison d'enneigement. Ceci entraîne de plus une réduction de l'humidité disponible du sol. Les températures de l'eau augmentent et atteignent leur maximum annuel plus tôt; la chaleur dans les lacs profonds augmente pendant toute l'année. Le brassage de la colonne d'eau diminue, alors que la plupart des lacs deviennent principalement monomictiques et que l'évaporation lacustre augmente. La formation du couvert de glace se voit fortement réduite pendant l'hiver sur les Grands Lacs profonds et l'évaporation des lacs augmente; les apports moyens nets chutent le plus là où les augmentations de précipitations sont modestes.

Hydraulique

Modélisation hydrodynamique du fleuve Saint-Laurent

D'autres GTT avaient besoin de données hydrauliques sur le niveau des eaux, le sens d'écoulement et la vitesse pour s'acquitter de leurs propres objectifs. Pour répondre à cette obligation, le GTT sur l'hydrologie et l'hydraulique a élaboré deux modèles hydrauliques traitant des deux tronçons distincts, l'un en amont et l'autre en aval du barrage Moses-Saunders. Nous décrivons brièvement ces modèles ci-après.

Un modèle hydrodynamique bidimensionnel du système du fleuve Saint-Laurent, de l'embouchure du lac Ontario près de Kingston/Cap Vincent jusqu'aux ouvrages de régularisation de Cornwall/Massena, a été mis au point et opérationnalisé. Ce modèle hydraulique bidimensionnel a servi à déterminer en détail les vitesses, les niveaux et les débits du haut Saint-Laurent en appui à l'évaluation des plans de régularisation par les GTT sur la navigation commerciale, la navigation de plaisance et le tourisme, sur l'environnement, sur les zones littorales, sur les utilisations de l'eau et sur l'énergie hydroélectrique.

Les simulations ont été préparées et traitées de façon à faciliter l'accès des GTT de l'Étude aux données hydrodynamiques sur le fleuve Saint-Laurent. Au total, on a effectué 19 simulations afin de couvrir la gamme des conditions hydrologiques prévisibles. Pour chacune de ces simulations, on a créé un fichier Shapefile ArcView pour le niveau des eaux, la profondeur de l'eau et la vitesse bidimensionnelle couvrant toute la zone d'étude du haut Saint-Laurent. Le format Shapefile a été créé afin d'offrir une grande compatibilité avec les autres outils de modélisation et de traitement numériques.

Le GTT sur la navigation commerciale a exprimé le besoin de disposer de données détaillées sur la vitesse moyenne dans les chenaux du fleuve Saint-Laurent, le long du chenal de navigation principal. La vitesse moyenne dans les chenaux du haut Saint-Laurent dépend à la fois du niveau du lac Ontario et du débit du fleuve Saint-Laurent tel qu'il est établi au barrage Moses-Saunders. Pour faciliter l'intégration des données au modèle d'évaluation du GTT sur la navigation commerciale, on a élaboré un ensemble d'équations mettant en relation la vitesse moyenne dans les chenaux, par tronçon de chenal, au niveau du lac Ontario et au débit du fleuve Saint-Laurent, à partir des données des simulations hydrodynamiques.

Le GTT sur la navigation de plaisance a consulté le GTT sur l'hydrologie et l'hydraulique pour avoir de l'aide dans la détermination précise du niveau d'eau aux quais et marinas du haut Saint-Laurent. Le calcul des niveaux d'eau aux points situés entre les sites de production du MVC est compliqué parce que le niveau de l'eau dépend non seulement du niveau du lac Ontario, en amont, mais aussi du débit du fleuve établi à Moses-Saunders. Les données sur les niveaux de l'eau ont servi au GTT sur la navigation de plaisance à établir des courbes niveaux-dommages pour les quais et marinas du fleuve.

Les membres du GTT sur l'environnement ont confirmé leur accès aux simulations par modélisation hydrodynamique et se servent actuellement des données dans leurs travaux en cours sur l'habitat du poisson dans le haut Saint-Laurent. Des extraits de scénarios englobant toutes les conditions hydrologiques prévisibles ont été générés et placés sur le site FTP de l'Étude de la CMI. Les données des scénarios comprennent les niveaux d'eau, les vitesses ponctuelles et la profondeur de l'eau sur tout le réseau modelé du tronçon de Kingston à Cornwall.

Nous avons mis au point un modèle hydrodynamique bidimensionnel afin d'établir les données hydrodynamiques de base pour la région du lac Saint-Louis. Les simulations ont servi à évaluer la profondeur et la vitesse de l'eau en fonction de scénarios de débits définis, ainsi qu'à produire des données de base pour d'autres types de modèles dont d'autres GTT ont besoin, telles les simulations de la sédimentation et de l'érosion, de l'action des vagues et de l'habitat.

Données hydrologiques et intégration des prévisions

La Section américaine du GTT sur l'hydrologie et l'hydraulique a examiné les méthodes existantes de prévision de l'apport net d'eau du bassin et du niveau des lacs dans la région des Grands Lacs laurentiens en amont de Cornwall. Ont été examinées les méthodes suivantes : les méthodes de la moyenne mobile arithmétique, des tendances et des corrélations multiples de l'USACE (district de Detroit); les méthodes heuristiques de détermination des niveaux d'eau dans le lac Ontario et en aval de l'USACE (district de Buffalo); l'analyse de Monte-Carlo canadienne de l'apport net d'eau du bassin; les données coordonnées canado-américaines; enfin, l'Advanced Hydrological Prediction System (AHPS) du GLERL. Une description conceptuelle de chacune a été fournie. On a également examiné les prévisions météorologiques à longue échéance pertinentes pour la prévision des niveaux d'eau dans les Grands Lacs. On a pris en compte les prévisions à longue échéance de la NOAA et d'EC et produit une description conceptuelle de leurs fondements. On a évalué les impacts relatifs (valeur) de la disponibilité des données en temps quasi réel (conditions initiales) et des prévisions météorologiques sur les prévisions hydrologiques en élaborant des prévisions avec et sans leur aide, puis en évaluant leur correspondance avec les observations faites sur les cycles de données récents. On a étudié toutes les méthodes opérationnelles existantes pour la prévision de l'apport net d'eau du bassin et du niveau des Grands Lacs en amont de Cornwall en les comparant entre elles et en comparant leur « qualité de prévision ». La plupart du temps, on s'est servi de comparaisons déterministes parce que toutes les méthodes sauf la méthode canadienne, la méthode coordonnée et celle de l'AHPS sont uniquement déterministes. Dans ces trois derniers cas, on a effectué des analyses probabilistes en plus des analyses déterministes.

Les agences de prévision commencent déjà à incorporer les conditions hydrologiques actuelles et, dans certains cas, des perspectives météorologiques probabilistes à leurs prévisions sur le niveau de l'eau des Grands Lacs. C'est en combinant des analyses de régression, d'autres relations statistiques et leur jugement technique qu'ils considèrent les conditions actuelles avant de faire des prévisions hydrologiques. Cependant, on pourrait améliorer grandement les prévisions s'il était possible d'estimer continuellement les conditions initiales, puis de s'en servir directement dans les prévisions par la mise en application de modèles de processus hydrologiques. Bien sûr, le recours à des modèles de processus suppose la mise à disposition de données météorologiques adéquates en temps quasi réel et l'existence d'un progiciel de réduction des données en temps quasi réel pour les traiter.

Deux recommandations se dégagent de cette analyse :

- envisager, aux fins des prévisions, le recours à des modèles de processus sur la pluviosité et l'écoulement, l'évaporation des lacs et les précipitations;
- améliorer l'acquisition et la réduction des données en temps quasi réel en soutien aux modèles de prévision hydrologique.

Les agences de prévision des Grands Lacs commencent à remarquer les prévisions météorologiques probabilistes à long terme, convenant à la prévision à long terme du niveau des lacs, qui sont offertes par plusieurs agences dans une pluralité de lieux, de périodes temporelles, de décalages et de variables météorologiques. Si l'utilité des perspectives météorologiques probabilistes à long terme est limitée pour le moment, leur potentiel s'accroît et il y aurait lieu d'en planifier l'utilisation dans le développement futur des prévisions hydrologiques. La recommandation suivante s'applique donc :

- incorporer quantitativement des prévisions météorologiques probabilistes à long terme aux prévisions relatives à l'hydrologie et aux niveaux d'eau dans les Grands Lacs.

L'évaluation des méthodologies existantes et éventuelles de prévision à long terme des niveaux d'eau des Grands Lacs révèle la diversité du degré de rendement de ces approches. De plus, ces méthodologies continueront d'évoluer. Il est important que les agences de prévision des Grands Lacs commencent ou poursuivent l'évaluation permanente des méthodologies de prévision candidates de manière à pouvoir déterminer les points forts et les points faibles de chacune et y apporter les correctifs nécessaires le cas échéant. La recommandation suivante s'applique donc :

- évaluer, de manière continue, les différentes méthodologies de prévision à long terme sur l'hydrologie et les niveaux d'eau dans les Grands Lacs.

Enfin, tout en mettant à profit l'utilisation des conditions hydrologiques initiales et des perspectives météorologiques probabilistes, le recours à des approches hydrologiques opérationnelles pour la production de prévisions à long terme sur les Grands Lacs permet aussi de générer des prévisions hydrologiques probabilistes. Il s'agit d'un aspect important, car ces approches constituent la bonne façon d'envisager le large éventail de possibilités qui existent toujours, d'y incorporer la part d'incertitude inhérente aux estimations prévisionnelles et d'aider les décideurs à tenir compte des niveaux de risque. Voici les deux dernières recommandations concernant l'amélioration des prévisions :

- construire des systèmes opérationnels de prévision hydrologique qui estiment et utilisent les conditions hydrologiques initiales, puis se servent de perspectives météorologiques probabilistes pour générer des prévisions probabilistes à long terme sur l'hydrologie et le niveau d'eau des Grands Lacs, qui serviront aux décideurs à évaluer le risque associé à leurs décisions de régularisation;
- incorporer des prévisions hydrologiques probabilistes à la régularisation de sorte que la prise en considération des risques devienne partie intégrante du processus décisionnel.

Voici maintenant des recommandations à l'égard des travaux futurs pour la mise en application de la gestion axée sur les risques dans la régularisation du lac Ontario dans le cadre de la présente étude de la CMI sur le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent :

- repérer et développer des applications et outils techniques pour la prise de décision axée sur le risque qui mettent l'accent sur les liens entre les variables hydrologiques et les paramètres décisionnels ainsi que sur la reformulation des outils actuels (critère k, prévisions sur le niveau des lacs, plan de régularisation optimisé en regard du risque, etc.);
- appliquer les outils à des études de cas rétrospectives afin d'en évaluer l'utilité et établir les niveaux de risque acceptables par les divers groupes d'intérêts;
- élaborer un moyen efficace de communiquer les renseignements axés sur le risque aux décideurs, aux exploitants d'agences et au public;
- mettre en œuvre les outils et mesurer objectivement leur performance.

Modélisation de la température dans des secteurs choisis

Ce projet avait pour objectif de développer et rendre opérationnel un outil ou une suite d'outils capables de calculer le régime de température de l'eau du lac Ontario, de la baie de Quinte et du haut Saint-Laurent. Ces modèles de température de l'eau ont servi à développer plusieurs ensembles de données chronologiques sur la température de l'eau que le GTT sur l'environnement allait combiner à des données sur les niveaux d'eau pour évaluer l'impact de la régularisation sur les espèces de poisson de la région.

Aux fins de l'analyse, nous avons divisé le lac Ontario en trois zones : la zone du lac, la zone du fleuve Saint-Laurent et la zone de la baie de Quinte. Pour la zone du lac, la modélisation a été effectuée au moyen d'un modèle quasi tridimensionnel mis au point à la Ohio State University. L'analyse de la zone du fleuve Saint-Laurent a été effectuée à l'Université Clarkson de Potsdam, au moyen d'une approche axée sur le bilan thermique. Cette zone fournissait aussi un apport thermique aux tronçons du fleuve Saint-Laurent situés en aval. La zone de la baie de Quinte a été analysée par Environnement Canada au moyen d'un modèle hydrodynamique couplé comportant une composante de bilan thermique/calorique.

Les résultats des trois composantes ont été convertis en bases de données Access et fournis aux ichtyologistes aux fins de l'analyse des modèles d'étude du poisson.

Autres projets

Plusieurs autres projets se sont avérés nécessaires à l'atteinte des objectifs du GTT sur l'hydrologie et l'hydraulique, notamment les trois initiatives suivantes :

- un modèle prévisionnel visant à prendre en compte les effets de la glace sur le ralentissement du débit et les rajustements nécessaires aux scénarios de changements climatiques.
- un modèle de prévision hydrologique visant à simuler l'impact du débit des affluents inférieurs et son cheminement dans les tronçons inférieurs;
- l'amélioration des résultats des bassins versants américains quant à leurs apports au débit en aval du barrage Moses-Saunders. On a calibré cinq bassins versants qui se drainent en aval du barrage afin d'améliorer la modélisation et les capacités prévisionnelles.

Participants

Groupe de travail technique sur la modélisation hydrologique et hydraulique

	Tom Croley, responsable pour les États-Unis	Great Lakes Env. Research Lab., Ann Arbor, MI
	Syed Moin, responsable pour le Canada	Environnement Canada, Burlington, ON
	David Fay, responsable pour le Canada	Environnement Canada, Cornwall, ON
	Hung Tao Shen	Université Clarkson, Clarkson, NY
	Paul Yu	U.S. Army Corps of Engineers, Buffalo, NY
	Yin Fan	Environnement Canada, Cornwall, ON
	Jean-François Bellemare	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Québec, QC
	Taoufik Sassi	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Québec, QC
	Laura Fagherazzi	Hydro-Québec, Montréal, QC
	Joan Klaassen	Environnement Canada, Downsview, ON
	Linda Mortsch	Environnement Canada, Waterloo, ON
	Jean Morin	Environnement Canada, Sainte-Foy, QC
	Debbie Lee	U.S. Army Corps of Engineers, Cincinnati, OH
	Jose Salas	Université d'État du Colorado
	Ed Capone	National Weather Service
	Aaron Thompson	Environnement Canada, Burlington, ON
Agents de liaison du Groupe d'étude	André Carpentier	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Québec, QC
	Pete Loucks	Université Cornell, Ithaca, NY
	Frank Quinn	Tecumseh, MI
	Tony Eberhardt	Secrétariat américain, Buffalo, NY
Agents de liaison du GCIP	Paul Finnegan	White Plains, NY
	Elaine Kennedy	Cornwall, ON

Bibliographie

- Aqualinks Technologies Inc. *Three-Dimensional Simulation of Lake Ontario Water Temperature – Interim Report*. Mars 2004.
- Barrow, E. 2002. *Climate Change in the Great Lakes-St. Lawrence Region: A Comparison of Climate Change Scenarios*.
- Barrow, E. 2002. *Obtaining Finer Resolution Scenarios of Climate Change: A review of Downscaling Methodologies*.
- Bellemare, J-F. et L. Fagherazzi. 2002. *Ottawa River Routing Model*. Septembre 2002.
- Caldwell, R. et D. Fay. 2002a. *Lake Ontario Pre-project Outlet Hydraulic Relationship*.
- Caldwell, R. et D. Fay. 2002b. *Lake Ontario Pre-project Outlet Hydraulic Relationship Final Report*.
- Coordinating Committee on Basic Great Lakes Hydraulic and Hydrologic Data (CCBGLHHD). *Coordinated Great Lakes Regulation and Routing Model Draft User's Manual*. Décembre 2004.
- Croley, T. *Climate Change Report*. Présenté au Groupe d'étude international sur le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent. Septembre 2003.
- Fagherazzi, L., R. Guay, D. Sparks, J. Salas et O. Sveinsson. 2005. *Stochastic Modeling and Simulation of the Great Lakes - St. Lawrence River System*. Rapport établi pour l'Étude internationale sur le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent, Commission mixte internationale, Ottawa et Washington.
- Fagherazzi, L., R. Guay, T. Sassi et G. Desroches. 2005. *Climate Change Analysis of the Ottawa River System*. Rapport final.
- Fan, Y. et D. Fay. 2001. *Variation of St Lawrence River hourly water levels about the quarter-monthly mean*. Environnement Canada, Cornwall, Ontario.
- Fan, Y. et D. Fay. 2002a. *Final Report on the Development of Empirical Relationships to Estimate Water Levels of the St. Lawrence River from Montréal to Trois Rivières*. Environnement Canada, Cornwall, Ontario.
- Fan, Y. et D. Fay. 2002b. *Development of Empirical Relationships to Estimate Water Levels of the St. Lawrence River from Montréal to Batiscan, Québec*.
- Fan, Y. et D. Fay. 2002c. *Estimation of Ice Factor on Lac St. Louis*. Environnement Canada, Cornwall, Ontario.
- Fan, Y. et D. Fay. 2003a. *Estimation of Winter Water Levels at St Lawrence River Gauge Sites from Montréal to Batiscan*. Environnement Canada, Cornwall, Ontario.
- Fan, Y. Fan, Y. et D. Fay. 2003b. *Update of Stage-Discharge Relationships at Cornwall and Summerstown*. Environnement Canada, Cornwall, Ontario.
- Fan, Y. Fan, Y. et D. Fay. 2003c. *Estimation of Flows from St. Lawrence River Tributaries Under Climate Change Scenarios*. Environnement Canada, Cornwall, Ontario.
- Fan, Y. Fan, Y. et D. Fay. 2003d. *Simulation Of Water Levels and Outflows from Upper Lakes By CGLRRM With Synthetic Generated Great Lakes Net Basin Supply*. Environnement Canada, Cornwall, Ontario.
- Fan, Y. Fan, Y. et D. Fay. 2003e. *Relationship Between the Lake Ontario Outflow and the Level at the International Tailwater Gauge at the Moses-Saunders Power Plant*. Environnement Canada, Cornwall, Ontario.
- Fan, Y. Fan, Y. et D. Fay. 2004. *Variation of Pointe Claire Hourly Water Levels about the Quarter-monthly Mean*. Environnement Canada, Cornwall, Ontario.

- Fan, Y. Fan, Y. et D. Fay. 2005. *Estimation of the Flow distribution in the Lac des Deux-Montagnes-Lac St. Louis System*. Environnement Canada, Cornwall, Ontario.
- International St. Lawrence River Working Committee. *A Compendium on Critical Water Level Elevations in the Lake Ontario-St. Lawrence River System*. 31 décembre 1994.
- Lyttle, A. 2002. *Review of Methods to Regulate Reservoir Outflows*.
- Martin, S., et al. *Modelling of Water Levels in the St. Lawrence River Floodplain*. Mémoire présenté à la 11^e Conférence internationale annuelle sur l'écosystème du fleuve Saint-Laurent, L'institut des sciences environnementales du fleuve Saint-Laurent, Cornwall, 18-19 mai 2004.
- Morin, J. 2002. *Two-dimensional Hydrodynamic Model for Lac St. Louis*.
- Morin, J., O. Champoux, A. Bouchard et D. Rioux. 2003. *High Resolution 2-D hydrodynamic modelling of Lake Saint-Louis: Definition of scenarios, simulation and validation/ calibration*.
- Morin, J., O. Champoux, S. Martin et K. Turgeon. 2005. *Modélisation intégrée de la réponse de l'écosystème dans le fleuve Saint-Laurent : Rapport final des activités entreprises dans le cadre du Plan d'étude sur la régularisation du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent*.
- Mortsch, L. D., M. Alden et J. Klaassen. 2005. *Development of Climate Change Scenarios for Impact and Adaptation Studies in the Great Lakes - St. Lawrence Basin*. Downsview, Ontario: Groupe de recherche sur les impacts et l'adaptation, Service météorologique du Canada, 22 p.
- Comité de planification de la régularisation du bassin de la rivière des Outaouais. *Rapport final, Comité de planification de la régularisation du bassin de la rivière des Outaouais*. Décembre 1980.
- Sassi, T. 2005. *Modélisation des débits stochastiques sur le bassin de la rivière des Outaouais*.
- Secrétariat Archipel. 1986. *Projet Archipel, Rapport de faisabilité*. Ministère des Affaires municipales du Québec.
- Shen H.T. *Draft St. Lawrence River Water Temperature Simulation*. 30 mars 2004.
- Thompson, A. 2002. *Two-dimensional Hydrodynamic Models for the Upper St. Lawrence River from the Outlet of the Lake near Kingston/Cape Vincent to the Control Structure at Cornwall/Massena*.

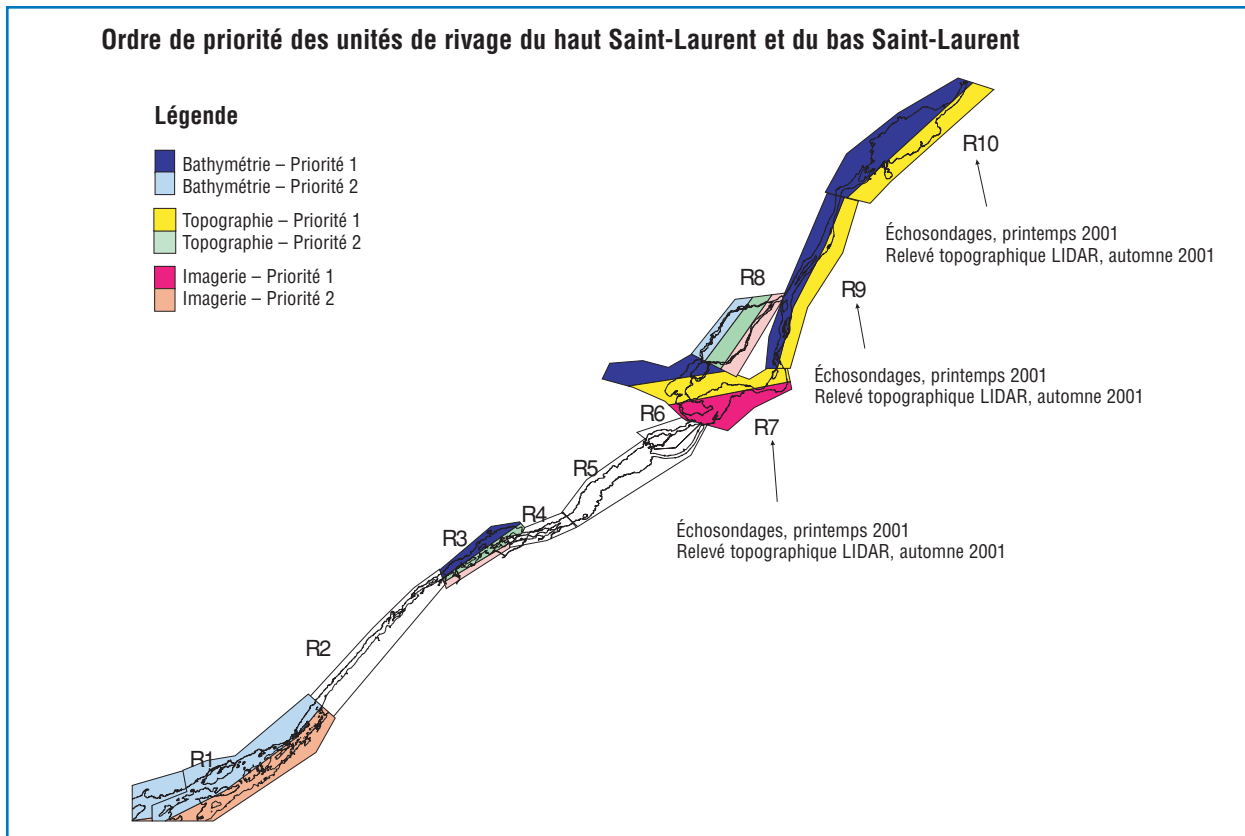


Figure I-2 : Ordre de priorité pour la collecte de données sur le rivage du fleuve Saint-Laurent

Collecte et traitement des données sur l'élévation

La collecte de nouvelles données bathymétriques et topographiques détaillées était essentielle à la prévision de l'évolution géomorphologique des rivages en milieu lacustre comme en milieu fluvial.

Des relevés bathymétriques par LIDAR ont été réalisés sur le rivage du lac Ontario en juillet 2001.

La collecte de données bathymétriques par LIDAR aéroporté comprenait des enregistrements avec une précision de localisation de 4 mètres sur la profondeur de vastes zones littorales, certains milieux humides littoraux étant échantillonnés par enregistrements avec une précision de localisation de 2 mètres pour une meilleure définition. Ces données répondaient en générale aux normes nationales américaines sur la précision des cartes pour les contours à intervalles de 0,5 mètre. C'est là le niveau de détail minimal acceptable aux fins de la modélisation côtière prévisionnelle.

La collecte de données bathymétriques par LIDAR aéroporté grâce au bureau mobile de l'USACE a été fructueuse pour cette modélisation. Toutefois, le monopole exercé par l'USACE sur cette technologie a peut-être obligé l'Étude à payer ces services au prix fort. De plus, dans l'avenir, ce monopole pourrait exercer des contraintes sur le calendrier des activités de collecte de données semblables. Les relevés hydrographiques conventionnels produisent peut-être des produits finaux plus précis, mais ces relevés coûtent beaucoup plus cher, car leur réalisation prend nettement plus de temps et de ressources humaines.

La collecte d'élévations topographiques par des relevés sur LIDAR aéroporté ou par des moyens photogrammétriques s'est avérée très utile et relativement économique. Nous avons aussi pu établir à partir de ces relevés les courbes de niveau à intervalles de 0,5 mètre, assorties de bon nombre de détails cartographiques (p. ex. l'empreinte des bâtiments, le tracé des falaises, les voies de transport et l'hydrologie) situés dans 16 sites de calage des modèles littoraux, par des moyens photogrammétriques.

La fusion des relevés bathymétriques et topographiques s'est avérée problématique; il a fallu porter beaucoup d'attention à assurer la cohésion des données du canevas altimétrique.

La collecte de relevés bathymétriques et topographiques détaillés dans les zones humides à partir d'une embarcation s'est révélée acceptable, bien qu'on n'ait pas réussi à cartographier tous les sites de zones humides avec la densité de sondage souhaitable, en raison de la forte densité de la végétation. Les relevés de ce type coûtent cher et nécessitent beaucoup de main-d'œuvre.

L'utilisation de cartes du Programme de réduction des dommages dus aux inondations en Ontario pour délimiter les détails topographiques en milieu humide s'est révélée inacceptable, ces fonds de carte n'étant pas assez précis pour qu'on puisse en dériver des courbes de niveau de 0,5 mètre d'une précision fiable dans ces milieux.

On a recueilli des données sur la plaine inondable du bas Saint-Laurent par LIDAR aéroporté en novembre et décembre 2001. La collecte de relevés bathymétriques et topographiques conventionnels par LIDAR a été réalisée au Québec au début de mai 2001, à l'intérieur de bornes d'erreur acceptables; ces données se sont révélées d'une très grande utilité pour tout le reste du processus de l'Étude. L'étendue de ces relevés en milieu sec comprenait toutes les zones inondables, compte tenu de tous les scénarios de régularisation possibles. La collecte par LIDAR de relevés topographiques des plaines inondables bordant le bas Saint-Laurent en automne a été très fructueuse, assurant une couverture maximale au moyen de la technologie la plus économique.

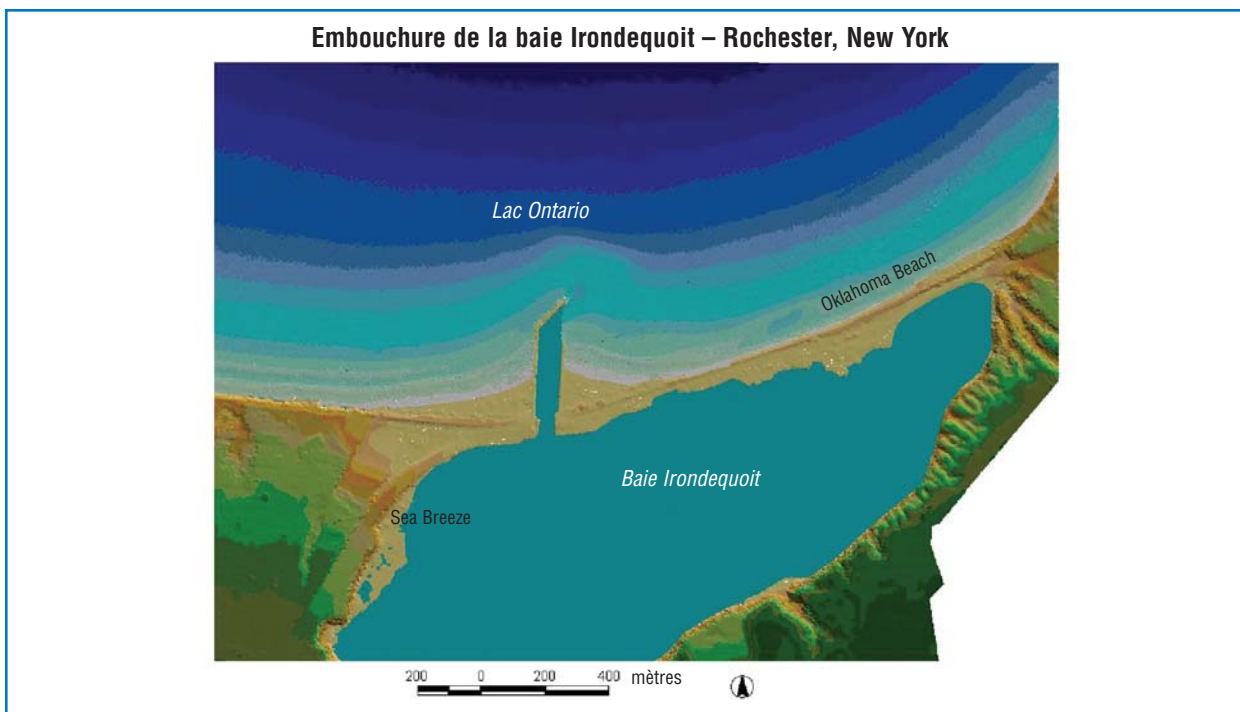


Figure I-3 : Baie Irondequoit et Rochester, New York, modèle d'élévation numérique

Collecte et traitement des données d'imagerie

Des photos aériennes ont été prises au-dessus de bon nombre de zones littorales où d'autres GTT (Processus littoraux, Environnement, Navigation de plaisance, Utilisations de l'eau) devaient mener des recherches intensives. Les photos aériennes ont aussi servi de base aux efforts d'identification photogrammétrique du terrain et de collecte des traits distinctifs. Si les ressources avaient été suffisantes, il aurait été préférable d'employer partout la photographie et l'imagerie à haute résolution (pixels de 0,15 m [0,5 pi]).

L'imagerie satellitaire à haute résolution (pixels de 1 à 5 m, soit 3 à 16 pi) n'a servi que pour la région de l'archipel de Montréal. Ce type de données pourrait s'avérer utile ailleurs, mais il coûte assez cher; de plus, il pourrait être difficile, sur le plan logistique, d'obtenir une couverture sur de longs tronçons au parcours irrégulier.

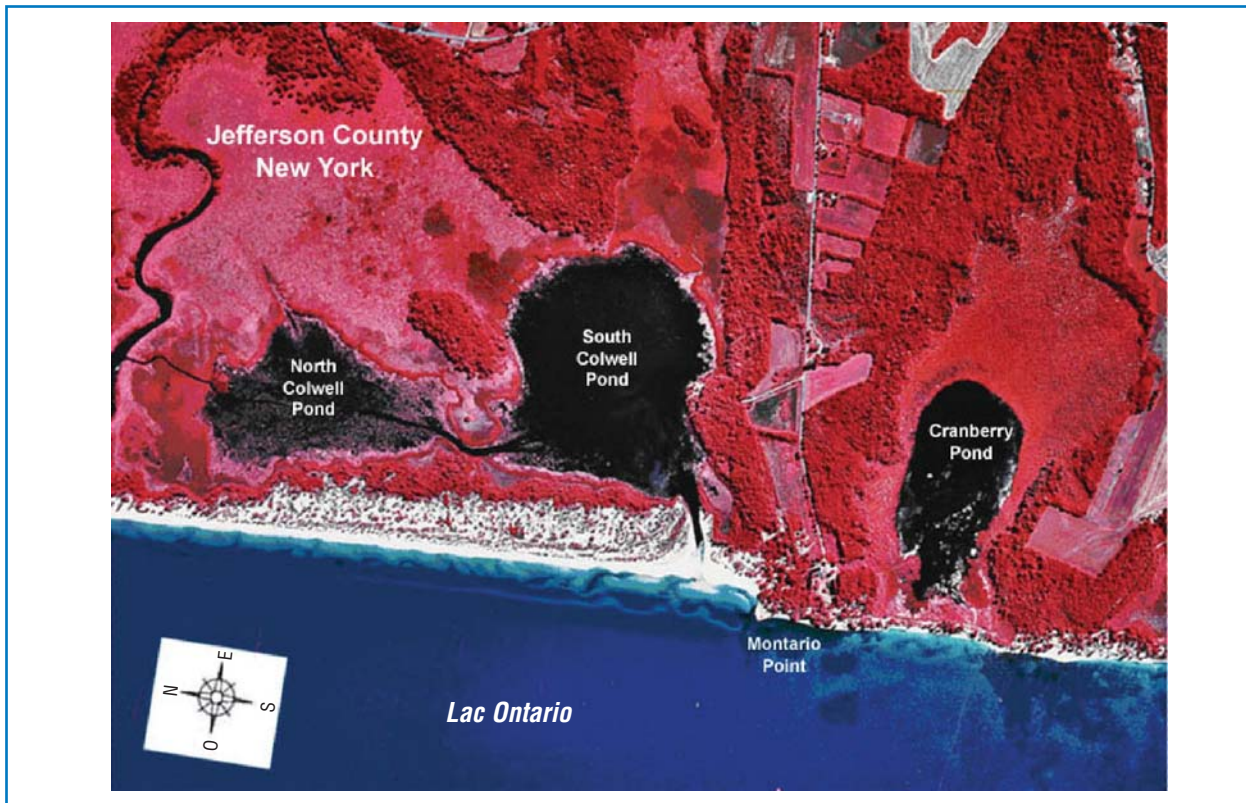


Figure I-4 : Photographie couleur infrarouge de South Colwell Pond (New York)

Développement de normes en matière de SIG

Le Groupe d'étude a établi des normes en matière de système d'information géographique (SIG) au cours de la première année de l'Étude. Des normes initiales ont été élaborées à l'égard des aspects suivants :

- Caractéristiques des fonds de carte

Les couches de fond renferment les données topographiques et planimétriques normalement illustrées sur les cartes. Les données topographiques comprennent les courbes de niveau d'altitude, les cotes altimétriques et les traits de côte. Les données planimétriques comprennent les chemins et ruisseaux ainsi que les limites administratives et territoriales.

- Projection cartographique

La projection cartographique sert à représenter une portion de la Terre sur une surface plane. Ce processus entraîne toujours certaines distorsions de la conformité, de la distance, de la direction, de l'échelle et de la superficie. Le Groupe d'étude a choisi la projection conique conforme de Lambert et ses attributs connexes comme norme d'usage pour tous les ensembles de données géospatiales de l'Étude.

- Plans de référence horizontal et vertical

Les plans de référence géodésique définissent la taille et la forme de la Terre ainsi que l'origine et l'orientation des systèmes de coordonnées qui servent à la cartographie. Les chercheurs de l'Étude ont utilisé comme système de référence planimétrique le Système de référence nord-américain de 1983 et l'ellipsoïde GRS 80. Deux systèmes de référence altimétrique courants en Amérique du Nord ont été utilisés dans le cadre de l'Étude : ce sont le Système de référence altimétrique nord-américain de 1988 (NAVD 88) et le Système de référence international des Grands Lacs de 1985 (SRIGL 85).

- Unités de mesure

Le Canada et les États-Unis utilisant des systèmes de mesure différents, il a été convenu de produire toutes les données en unités métriques.

- Métadonnées

Les métadonnées sont des « données sur les données » qui servent à décrire le contenu, la qualité, l'état et d'autres caractéristiques des données. Il a été fortement recommandé à tous les participants à l'Étude de produire des métadonnées conformes afin de favoriser la découverte et la diffusion des actifs de l'Étude.

- Nomenclature géographique commune

La nomenclature géographique commune avait pour but d'assurer la cohésion de l'Étude quant au nom des entités géospatiales.

Création d'un ensemble de données cadres

L'Étude a participé à un projet binational financé par GéoConnexions, une entité du gouvernement canadien, et le Federal Geographic Data Committee des États-Unis et visant à créer un ensemble de données cadres géospatiales unique à l'usage des deux pays. Les données cadres géospatiales comprennent les limites territoriales, les traits hydrologiques, les réseaux de transport, les données sur l'altitude, l'imagerie et les réseaux de référence planimétriques et altimétriques. Le financement additionnel obtenu dans le cadre de ce projet nous a permis d'améliorer la qualité des ensembles de données utilisés pour la modélisation des processus littoraux et les analyses environnementales.

Il s'est avéré problématique de mettre l'accent sur l'intégration horizontale des données géospatiales d'un territoire à l'autre, en raison de la diversité des échelles de l'information de base. Chaque territoire a ses propres normes en matière de données et ses propres méthodes de traitement, ce qui empêche toute jonction transparente des données numériques communes aux limites territoriales. Il a fallu rajuster une ou plusieurs couches de données pour en assurer la connectivité. L'intégration verticale des données (p. ex. plus l'échelle est petite, plus il y a d'information) s'est avérée particulièrement difficile en raison du manque d'homogénéité entre les méthodes de classement et du caractère incomplet des ensembles de données. Par conséquent, les thèmes des ensembles de données cadres ont fait l'objet de corrections substantielles, qui ont cependant mobilisé beaucoup de main-d'œuvre. Beaucoup de thèmes de données géospatiales autres que les données cadres (p. ex. les caractéristiques relatives à l'environnement, à la navigation de plaisance et aux utilisations municipales) n'avaient pas le même niveau d'intégration planimétrique et altimétrique.

J. Résumé du Groupe de travail technique sur la gestion de l'information

Stratégie de gestion de l'information

Il était important d'élaborer une stratégie de gestion de l'information (SGI) pour l'utilisation à long terme des actifs de données compilés ou créés dans le cadre de l'Étude. La SGI comprend une évaluation complète des ressources d'information disponibles, des ressources supplémentaires éventuelles, de la capacité des partenaires et des autres méthodes de gestion de l'intégration de l'information. La SGI prônait des améliorations en matière de recherche, d'évaluation et d'accès aux données, qui ont toutes été largement apportées dans le cadre de l'Étude.

La SGI promouvait l'élaboration d'une approche répartie de la gestion de l'information, plutôt que des banques de données centrales. Cette approche répartie a nécessité des efforts de collaboration entre le gouvernement de l'Ontario, celui de l'État de New York, Environnement Canada (régions de l'Ontario et du Québec) et la Great Lakes Commission. La SGI mettait l'accent sur le recours à Internet pour la recherche, l'évaluation et l'accès à l'information. Malheureusement, il manque à beaucoup d'intervenants de la région du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent soit une connexion Internet adéquate, soit les connaissances nécessaires à l'emploi de bon nombre d'outils créés par l'Étude. Cette situation n'est cependant pas permanente, car l'utilisation d'Internet s'accroît régulièrement avec le temps. L'architecture sous-jacente de la SGI est illustrée schématiquement à la figure J-1.

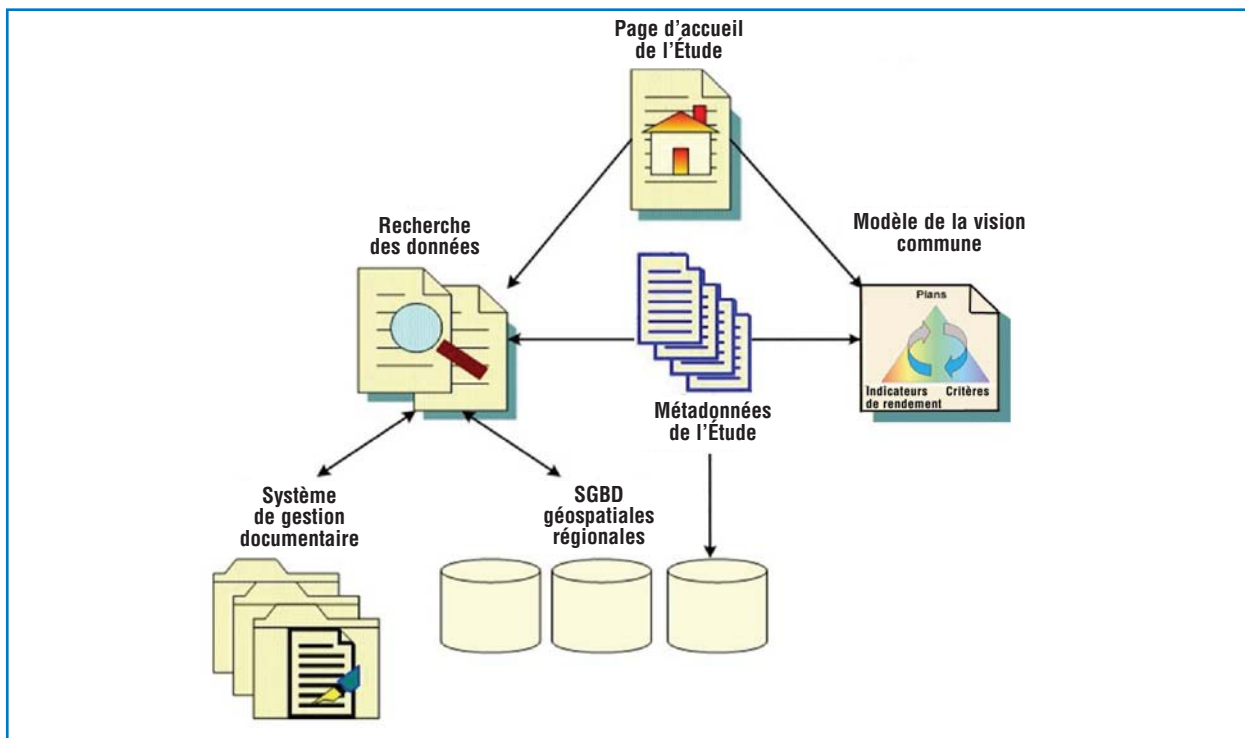


Figure J-1 : Schéma de la Stratégie de gestion de l'information

Les outils de gestion de l'information créés pour l'Étude sont accessibles à l'adresse mds.glc.org/loslrs/index_f.php et seront conservés pendant tout l'avenir prévisible dans le cadre de l'appui coopératif de la CMI au Great Lakes Information Network (GLIN). Le Groupe d'étude a décidé dès le départ qu'il n'avait pas les moyens de produire deux versions (en anglais et en français) de toutes les ressources d'information. Au lieu de cela, le Groupe d'étude a exigé que toutes les métadonnées soient bilingues afin de donner à tous un accès équitable à la découverte de l'information recueillie par l'Étude.

Service FTP

La première composante du SGI à mettre en œuvre était un serveur FTP, exploité et entretenu par Environnement Canada – Région de l'Ontario. Nous avons créé un modèle standard permettant à tous les GTT de télécharger des fichiers numériques vers le site FTP, qui a facilité tout au long de l'Étude l'échange de renseignements entre les GTT et au sein de chacun d'eux.

Le site FTP aurait cependant dû faire l'objet d'une surveillance plus rigoureuse tout au long de l'Étude. Les fonds de renseignements étaient souvent mal documentés, les règles d'affectation des noms n'étaient pas respectées et, dans certains cas, on y trouvait plus d'une version du même fichier. De plus, les caractéristiques de sécurité du site FTP étaient inadéquates (quiconque avait accès au site pouvait supprimer, modifier ou ajouter des fichiers).

Le contenu du site FTP a fait l'objet de copies de sauvegarde aux fins de l'archivage sur une base régulière pendant toute l'Étude, la plupart des données détenues étant transférées au Système de gestion des documents. Le site FTP ne sera plus accessible au terme de l'Étude, car il était destiné uniquement à l'usage interne de l'Étude.

Production de métadonnées

Les métadonnées sont des documents qui décrivent les principales caractéristiques des fichiers de données, ce qui comprend le lignage, l'historique, les dates de production, l'exactitude, la précision, l'adéquation à l'utilisation, les limites de la distribution, etc. Le Groupe d'étude a souligné l'importance de produire cette documentation essentielle, mais rares étaient les membres de GTT assez bien informés pour produire des métadonnées sans disposer d'un modèle adapté au type de renseignements qu'ils avaient produit. La production de métadonnées conformes ne s'est pas réalisée complètement en raison de l'énorme volume de données produites dans le cadre de l'Étude. On a plutôt créé des formulaires de production des métadonnées pour veiller à ce que toutes les données essentielles et les ressources d'information de l'Étude soient documentées dans la mesure nécessaire au soutien des besoins d'information fondamentaux de l'Étude.

Pour certains GTT, la production de métadonnées s'est révélée un fardeau substantiel qui n'avait pas été couvert adéquatement dans le budget du projet. Le GTT sur les zones littorales, en particulier, a produit plusieurs milliers de fichiers géospatiaux à l'appui de sa modélisation prédictive. On a eu recours à des solutions de rechange pratiques pour assembler les fichiers de données en « familles » d'ensembles de données de manière à réduire le nombre de documents de métadonnées (p. ex. on a regroupé les profils de rivage par comtés, de manière à ne produire qu'un seul document de métadonnées par groupe).

On a créé des métadonnées pour tous les documents produits par le Groupe d'étude, le GCIP, le GFEP et les GTT. Tous les ensembles de données géospatiales utilisables dans de futures applications du SIG devraient donner lieu à la production de métadonnées conformes d'ici la fin de l'étude. Les lacunes dans le domaine de la production de métadonnées pourraient avoir un effet sur les fonds de données non géospatiales et plus particulièrement sur les données chronologiques concernant le niveau et le débit, sur les analyses de la production hydroélectrique, ainsi que sur les ensembles de données concernant la navigation commerciale, la navigation de plaisance et les adductions d'eau municipales. Pour l'avenir, il risque d'être impossible de découvrir ces ressources d'information non spatiale sans métadonnées.

Tous les fichiers numériques devraient donner lieu à la production de métadonnées conformes afin de faciliter leur recherche (par les moteurs de recherche) et leur évaluation (sur le plan du type d'information et de la qualité de l'information), ainsi que les moyens de diffuser ces ressources. Grâce aux largesses de participants à l'Étude, on s'attend à ce que les travaux se poursuivent au terme de l'Étude afin de bien documenter tous les fichiers de données géospatiales critiques créés par le GTT sur les zones littorales,

car ces données ont une utilité à long terme pour d'autres applications de gestion des zones littorales dans tout le système lac Ontario/fleuve Saint-Laurent. De plus, ces fonds de données seraient utiles si des pratiques de gestion adaptative étaient mises en place pour les activités de la CMI en matière de contrôle des débits sortants.

Système de gestion de la documentation

Le système de gestion de la documentation élaboré pour l'Étude est un élément d'actif particulièrement précieux. Il comprend toutes les métadonnées sur tous les documents produits par l'Étude et comporte des liens hypertexte menant à ces ressources sur des serveurs sécurisés. Le système de gestion de la documentation a servi à prédéterminer la disposition à long terme des ressources d'information de l'Étude et à prévoir des approches favorisant l'accès permanent à ces ressources au terme de l'Étude.

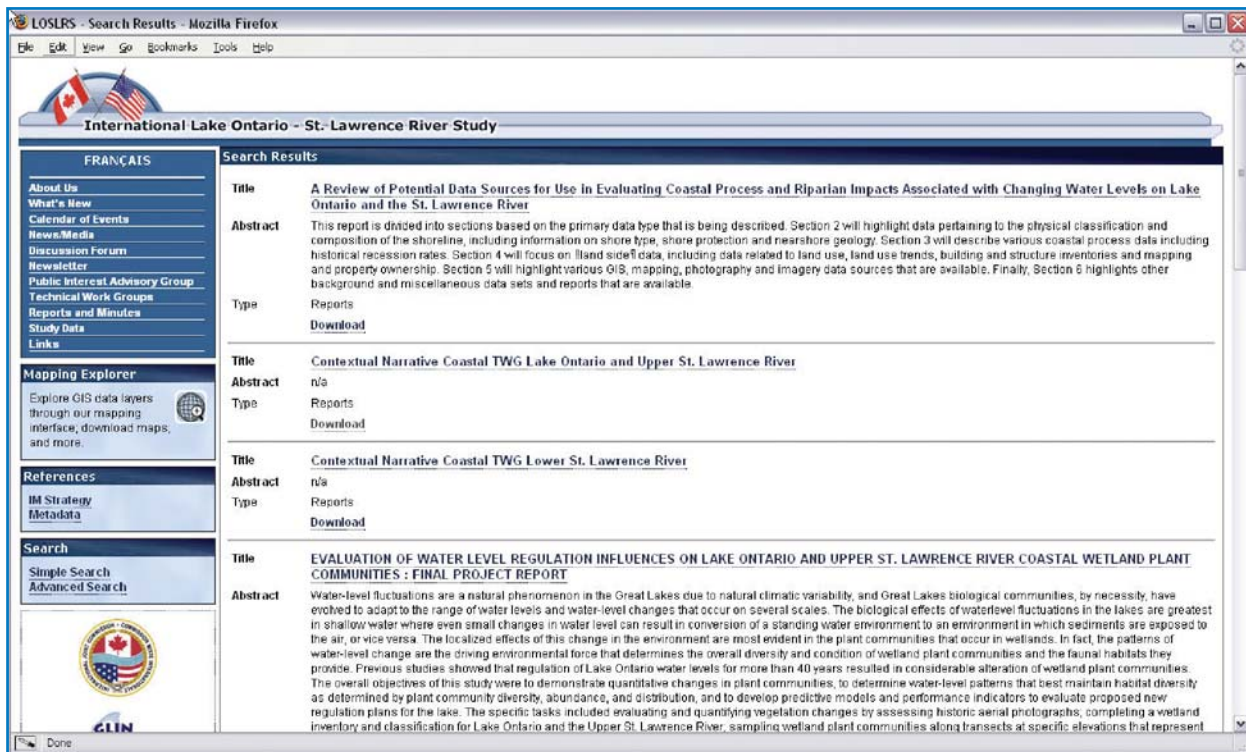


Figure J-2 : Interrogation du Système de gestion de la documentation

Au départ, l'élaboration du système de gestion de la documentation a mis l'accent sur les rapports, les publications, la correspondance et les documents d'orientation. Le système a par la suite pris beaucoup d'expansion, englobant désormais des éléments graphiques tels que des tableaux, des diagrammes, les résultats de questionnaires et des thèmes de données géospatiales. Il permet à l'utilisateur de chercher de l'information documentaire et des données sur la base de mots clés, d'emplacements géographiques et de relations avec les indicateurs de rendement utilisés dans le cadre de l'Étude. Pour l'avenir, il est prévu que ce système soit tenu à jour sous la gouverne du GLIN en tant que dépôt de données pour la gestion de l'information à l'échelle régionale.

Interface Web de cartographie

Quand l'interface Web de cartographie a été développée pour l'Étude, il était trop tard pour en faire un élément important du processus de formulation des plans. Ce retard est attribuable à la livraison tardive des données géospatiales par les GTT au cours du processus de l'Étude et à l'évolution, dans l'intervalle, des technologies des services Web répartis. L'interface Web de cartographie englobe la plupart des données géospatiales des GTT et fournit des liens avec les documents et autres outils connexes inclus au système de gestion de la documentation afin de permettre la récupération de renseignements supplémentaires sur un région géographique, une unité de rivage ou un indicateur de rendement. Au moyen d'un protocole récent de service Web de cartographie, l'application donne un accès dynamique aux données géospatiales hébergées et tenues à jour par Environnement Canada (régions de l'Ontario et du Québec) et par d'autres partenaires fédéraux, étatiques et provinciaux. Ces outils ont été améliorés et enrichis; on s'attend à ce qu'ils servent encore longtemps, si la CMI inclut des approches de gestion adaptative à ses activités de contrôle des débits.

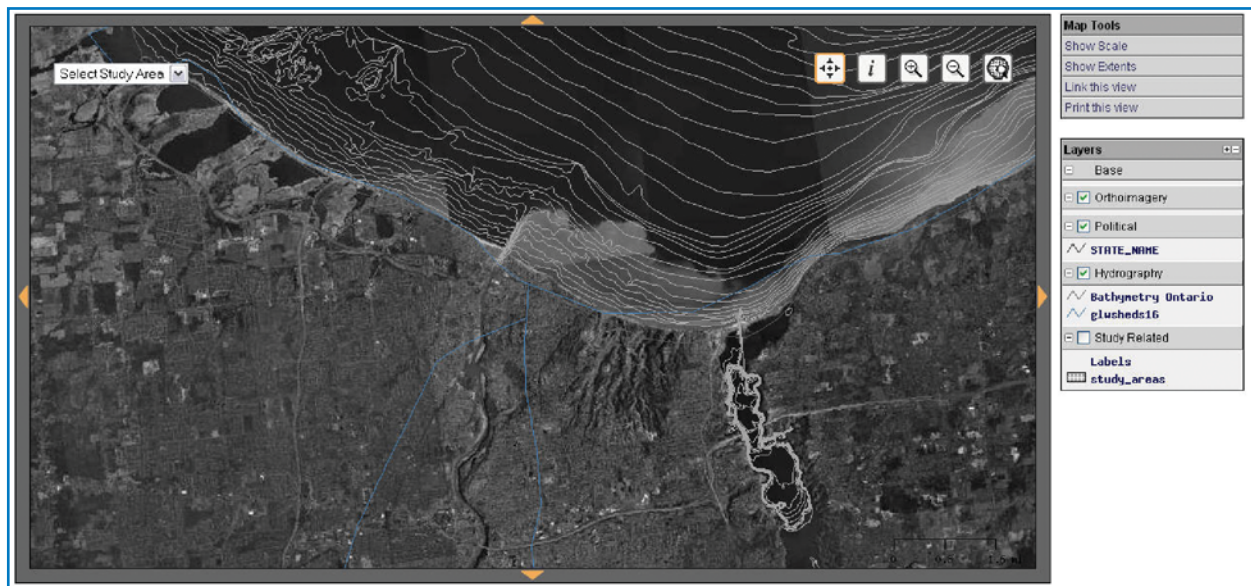


Figure J-3 : Produit représentatif de l'application cartographique sur Web

Soutien au Modèle de la vision commune et à la formulation des plans

Pour l'essentiel, l'intention initiale de mettre en lien les outils de gestion de l'information et le MVC ne s'est pas concrétisée. Cela est attribuable en majeure partie aux retards dans la mise en œuvre sur le terrain des outils de gestion de l'information et aux changements généraux qui ont été apportés au MVC au fil du temps. Ont également posé problème les limitations de licence sur le logiciel utilisé pour produire le MVC et l'incapacité de convertir les résultats du modèle en un format utilisable sur Web. La finalisation de la série d'indicateurs de rendement ne s'est faite qu'à la fin de la quatrième année de l'Étude, ce qui signifie qu'il a fallu modifier toutes les métadonnées produites avant cette date pour les mettre en lien direct avec ces facteurs importants. On n'a consacré que de maigres ressources à la mise en lien adéquate des produits de formulation des plans avec les pages Web sur la gestion de l'information.

Le processus de formulation des plans était fondé sur un chiffrier Excel, intitulé « The Boardroom » et hébergé sur le site FTP. Excel était un outil idéal pour la manipulation des données et il était relativement facile pour les membres du Groupe d'étude de partager les fichiers sur le site FTP, mais il était impossible de convertir tout le contenu de l'application Excel en un format utilisable sur Web. C'est pourquoi on a développé une version épurée de « The Boardroom », qui est accessible sur le site Web de l'Étude.

Participants

Groupe de travail technique sur les besoins communs de données et la gestion de l'information

Roger Gauthier, responsable pour les États-Unis	Great Lakes Commission, Ann Arbor, MI
Connie Hamilton, responsable pour le Canada	Environnement Canada, Burlington, ON
Ian Gillespie, responsable pour le Canada	Environnement Canada, Burlington, ON
Wendy Leger, responsable pour le Canada	Environnement Canada, Burlington, ON
Joan Pope	U.S. Army Corps of Engineers, Vicksburg, MS
Paul Murawski	U.S. Army Corps of Engineers, Buffalo, NY
Jean François Cantin	Environnement Canada, Sainte-Foy, QC
Bernard Doyon	Environnement Canada, Québec, QC
Christian Stewart	Christian J. Stewart Consulting, Victoria, BC
Roger Barlow	U.S. Geological Service, Reston, VA
Mike Robertson	Ministère des Richesses naturelles de l'Ontario, Peterborough, ON
Frank Kenny	Ministère des Richesses naturelles de l'Ontario, Peterborough, ON
André Plante	Environnement Canada, Sainte-Foy, QC
John Hall	Burlington, ON
Agent de liaison du GCIP	

Bibliographie

- Équipe du Projet des données-cadre sur le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent. 2003. *Projet des données-cadre sur le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent*. Établi pour le Federal Geographic Data Committee et GéoConnexions Canada grâce à une subvention de catégorie 4, provenant du Programme d'accords de coopération (PAC) de l'Infrastructure nationale des données spatiales (INDS) 2002. <http://great-lakes.net/loslrs/framework/schedule.htm>
- Gauthier, R., *Lake Ontario–St. Lawrence Information Management Strategy*. Mémoire présenté à la 11^e Conférence internationale annuelle sur l'écosystème du fleuve Saint-Laurent, Institut des sciences environnementales du fleuve Saint-Laurent, Cornwall, 18-19 mai 2004.
- Groupe de travail sur les besoins communs de données. 2002. Short-Term GIS Guidelines (Lignes directrices à court terme relatives à un système d'information géographique [SIG]). Document établi [en anglais seulement] pour l'Étude internationale sur le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent, 21 mars 2002.
- Pangaea Information Technologies, Ltd. 2002. *Information Management Strategy for the International Joint Commission Lake Ontario–St. Lawrence River Study*. Document établi pour le district de l'USACE, Detroit, Detroit DACW35-01-D-0003, D.O. 0005 (Tâche 5), Avril 2002.
- Yam, K., *Distributed Web-Mapping Applications and Document Management; Lake Ontario–St. Lawrence River Study*. Mémoire présenté à la 11^e Conférence internationale annuelle sur l'écosystème du fleuve Saint-Laurent, Institut des sciences environnementales du fleuve Saint-Laurent, Cornwall, 18-19 mai 2004.



Annexe 3

Description des plans et résultats sommaires

Introduction

L'annexe 3 résume tous les plans de régularisation dont il est question dans le rapport final. La partie A présente les contraintes et les hypothèses qui ont guidé la formulation des plans, tandis que la partie B décrit chacun des plans :

- le plan de base 1958-D avec écarts simulés (1958-DD);
- les trois plans proposés,
 - Plan A⁺ : plan économique équilibré
 - Plan B⁺ : plan environnemental équilibré
 - Plan D⁺ : plan à avantages mixtes;
- les plans de référence et les plans axés sur des intérêts spécifiques,
 - Plan E : plan favorisant le débit naturel
 - Plan 1958-D without deviations
 - Plan 1998
 - OntRip3 : plan destiné à minimiser les dommages causés par l'érosion et l'inondation des rives du lac Ontario
 - RecBoat : plan destiné à maximiser les avantages pour la navigation de plaisance.

La partie C récapitule en tableaux les résultats de tous les plans de régularisation décrits selon la série chronologique historique et, lorsqu'elles existent, selon la série stochastique d'apports et la série d'apports en fonction des changements climatiques.

Remarque : Tous les plans présentés dans l'annexe 3 ont été élaborés et mis à l'essai en mesures métriques (mètres et mètres cubes par seconde) précises. Les équivalents anglo-saxons sont des estimations fournies à titre indicatif uniquement.

A. Guide de formulation des plans : résumé des contraintes et des hypothèses

Voici les contraintes et les hypothèses qui ont encadré la formulation des plans. Elles ont été définies pour que tous les plans soient comparables et qu'ils répondent aux exigences de formation et de stabilité du couvert de glace et aux contraintes physiques et structurelles du système.

Débits maximaux

Nous décrivons ici les limites supérieures de débit découlant de contraintes physiques ou structurelles.

Débit maximal en eaux libres, quarts de mois 13 à 47 (saison de la Voie maritime)

Depuis 1960, moment où la régularisation basée sur la moyenne par quart de mois a été introduite, le débit maximal a atteint 10 200 m³/s (360 000 pi³/s), quand le niveau du lac Ontario était d'environ 75,55 m (247,87 pi). L'épisode a correspondu grosso modo à l'équivalent d'un jour à 11 000 m³/s (388 500 pi³/s) et le reste des jours (du quart de mois) à 9 900 m³/s (349,500 pi³/s), pour permettre le passage des navires dans la Voie maritime. Cet épisode est à la source de l'hypothèse que les bateaux arrêtent de circuler dans la Voie maritime lorsque les risques de dommages causés par de fortes pentes d'écoulement sont grands. À des niveaux encore plus élevés, il est possible de concevoir de faire passer des débits plus forts les autres jours. Moyennant une transformation de la fonction dommages du Modèle de la vision commune (MVC) pour tenir compte d'une fermeture de la Voie maritime, il est même possible de poser l'hypothèse que ces débits forts sont libérés de manière constante.

Le débit maximal du lac Saint-François (installations d'Hydro-Québec) avec dommages « limités » aux maisons situées le long du chenal aval de Coteau est d'environ 12 000 m³/s (424 000 pi³/s). Il est suggéré d'allouer environ 500 m³/s (17 700 pi³/s) pour les apports locaux du lac Saint-François. Les données fournies par Hydro-Québec indiquent que la valeur des apports par quart de mois a varié entre 5 m³/s (177 pi³/s) et 1 419 m³/s (50 000 pi³/s) et que le débit correspondant à une récurrence de 5 % est de 520 m³/s (18 400 pi³/s). Il s'agit là d'une hypothèse approximative à des fins de modélisation. Pour être plus précis, les données historiques pourraient être utilisées pour chacun des quarts de mois; c'est d'ailleurs ce qui sera fait en réalité. L'élément à retenir est que, si nous supposons que la Voie maritime est fermée, un débit maximal du lac Ontario de 11 500 m³/s (406 100 pi³/s) semble raisonnable. Si nous gardons la même hypothèse dans l'évaluation des impacts sur la Voie maritime par le MVC, nous devrions utiliser un débit maximal du lac Ontario de 10 700 m³/s (378 000 pi³/s), ce qui signifie que le débit fort (11,500 m³/s) est permis la moitié du temps et qu'on fait passer un débit moindre, de 9 900 m³/s (349 500 pi³/s), l'autre moitié.

Si l'équipe de l'Étude est en mesure d'estimer les dommages causés par les inondations aux maisons situées le long du chenal aval de Coteau, nous pourrions estimer l'impact de débits plus élevés allant jusqu'à 14 000 m³/s (495 000 pi³/s). Il est possible que ces forts débits occasionnent d'autres dommages que nous n'avons pas envisagés, mais ils sont physiquement réalisables. Il est recommandé d'envisager la possibilité d'effectuer une nouvelle cueillette de données et de modifier la modélisation en conséquence.

Débit maximal avec couvert de glace

Formation du couvert de glace

Débit maximal du lac Ontario = 6 230 m³/s (220 000 pi³/s) si l'indicateur de glace du quart de mois en cours ou du quart de mois précédent est égal à 2.

Limite J hivernale

La deuxième partie de la contrainte associée aux glaces est la « limite J », qui restreint la variation du débit d'un quart de mois à l'autre. La limite J empêche que le débit augmente au point d'entraîner la rupture du couvert de glace. Les plans 1998 et 1958-DD plafonnent l'augmentation à 570 m³/s (20 000 pi³/s) si le

niveau du lac Ontario est sous les 75,2 m (246,72 pi) et à 1 420 m³/s (50 000 pi³/s) si le niveau du lac est plus élevé (plafond fixé à partir d'événements réels). La limite J empêche aussi, dans les deux cas, que la diminution du débit excède 570 m³/s (20 000 pi³/s).

Après discussion, l'équipe de formulation des plans a convenu de fixer l'augmentation maximale en hiver (indicateur de glace > 0) à 700 m³/s (25 000 pi³/s) pour les plans en élaboration, plutôt qu'à 570 m³/s (20 000 pi³/s) comme dans les plans 1958-D et 1958-DD. Le code du plan 1958-DD ne sera pas changé en hiver – le plan prévoira donc une limite de 570 m³/s (20 000 pi³/s), ainsi qu'une limite de 1 420 m³/s (50 000 pi³/s) quand le niveau dépasse 75,2 m (246,72 pi), en supposant que les autres limites associées aux glaces sont respectées.

Capacité avec couvert de glace dans les chenaux internationaux

La troisième partie de la contrainte hivernale limite le débit afin d'empêcher une diminution trop importante du niveau à Long Sault. Cette limite est applicable du quart de mois 48 au quart de mois 12 (c.-à-d. pendant la saison habituelle de fermeture de la Voie maritime), qu'il y ait un couvert de glace ou non. Le débit résultant d'un niveau d'eau à Long Sault de 71,8 m (235,56 pi) constitue dans ce cas la limite maximale. Cette limite de débit est calculée à l'aide de l'équation dénivellation-débit pour Kingston-Long Sault et du paramètre de rugosité des glaces à Long Sault (une prévision qualitative). On notera qu'en 1993, le niveau horaire à Long Sault a chuté à environ 71,2 m (233,60 pi), ce qui a eu un grand impact à l'usine de traitement d'eau d'Ingleside. Le niveau de 71,8 m (235,56 pi) a été choisi comme limite par quart de mois en raison des variations des conditions de glace pendant la semaine. Par ailleurs, les responsables envisagent le déplacement de l'installation d'alimentation en eau d'Ingleside. Même si la limite a été fixée afin de prévenir les dommages causés par des niveaux trop bas, elle sert aussi à restreindre la contrainte de cisaillement sur le couvert de glace, et elle est nécessaire au maintien de l'intégrité de ce dernier. Il est justifié de recommander des compléments d'étude à ce sujet.

Capacité avec couvert de glace dans les chenaux d'Hydro-Québec

D'après les débits enregistrés en période de glace (c.-à-d. pendant les quarts de mois où l'indicateur de glace est égal à 2 ou à 1) au canal de Beauharnois et dans les chenaux internationaux depuis 1960, le débit maximal du lac Ontario a été de 9 430 m³/s (333 000 pi³/s). Il est possible que ce débit ait été limité par la capacité à la sortie du lac Saint-François, plutôt que par les conditions dans la section internationale. Même si les circonstances où le débit « avec glaces » à la sortie du lac Saint-François dépasse cette valeur peuvent être nombreuses, il est proposé d'utiliser 9 430 m³/s (333 000 pi³/s) comme débit maximal du lac Ontario lorsqu'il y a un couvert de glace dans le chenal (c.-à-d. pendant les quarts de mois où l'indicateur de glace est égal à 1). (Voir la section suivante, « Débit maximal en eaux libres, quarts de mois 48 à 12 ».) Puisque la capacité de débit des chenaux du lac Saint-François est indépendante du niveau du lac Ontario, cette contrainte peut causer un problème dans le cas des données stochastiques d'apport les plus extrêmes.

Débit maximal en eaux libres, quarts de mois 48 à 12 (en dehors de la saison de la Voie maritime)

Le Modèle de la vision commune pose qu'il n'y a pas de navigation dans la Voie maritime du quart de mois 48 au quart de mois 12, inclusivement. Lorsque l'indicateur de glace est égal à 0, il n'y a pas de couvert de glace en amont de Moses-Saunders. Si la période précède la saison des glaces (c.-à-d. si le 0 précède le premier 2 de l'indicateur de glace), on considère que la capacité des ouvrages d'Hydro-Québec de régulariser le débit provenant du lac Saint-François est telle qu'un débit maximal du lac Ontario de 11 500 m³/s (406 100 pi³/s) est raisonnable (voir plus haut), puisqu'il n'y a pas de navigation et que le canal de Beauharnois est libre de glaces.

* Si la période suit la saison des glaces en amont de Moses-Saunders (c.-à-d. si le 0 suit le dernier 1 de l'indicateur de glace), nous pouvons raisonnablement considérer qu'il se trouve encore des glaces dans les chenaux d'Hydro-Québec situés en aval (glaces qui fondront donc un peu plus tard) et qu'il faut limiter le débit selon la capacité des ouvrages d'Hydro-Québec de régulariser avec couvert de glace les volumes

d'eau provenant du lac Saint-François. Une analyse (des données d'Hydro-Québec recueillies entre 1963 et 2000) indique que pour 95 % des périodes en question, la capacité de débit du canal de Beauharnois était d'environ 6 900 m³/s (243 700 pi³/s) ou plus et que dans les périodes suivantes (deuxième période après le dernier 1 de la saison des glaces), cette capacité était de 7 300 m³/s (257 800 pi³/s) ou plus. Une fois le couvert de glace formé, la plage de capacité maximale indiquée du chenal aval de Coteau est de 2 500 à 3 000 m³/s (de 88 300 à 106 000 pi³/s). Si nous retenons la limite supérieure de la plage, soit 3 000 m³/s (106 000 pi³/s), la capacité totale maximale (Beauharnois + Coteau) de débit provenant du lac Saint-François pendant ces périodes serait de 9 900 m³/s et de 10 300 m³/s (349 500 et 363 800 pi³/s). Les plans peuvent vérifier les deux valeurs précédentes de l'indicateur de glace afin de limiter les débits pendant les périodes visées.

Pour de meilleurs résultats, nous pourrions utiliser des données historiques afin d'estimer la capacité de débit à chacune des périodes dans les plans. Malheureusement, les données d'Hydro-Québec ne fournissent pas la capacité véritable du chenal aval de Coteau pour chacune des périodes. (la méthode a été utilisée dans le plan B+, en posant une capacité hypothétique de 3 000 m³/s [106 000 pi³/s] en période de glace et de 4 000 m³/s [141 300 pi³/s] le reste du temps.) De plus, en pratique, les données sur Beauharnois ne sont pas disponibles en temps quasi réel. Hydro-Québec a fait les calculs après coup pour le modèle d'évaluation de la présente étude. Toutefois, nous pourrions traiter cette méthode comme une limite opérationnelle et ne l'appliquer que si la capacité de débit pour Hydro-Québec est plus faible que le débit spécifié (un peu comme dans les ajustements à mi-semaine pour la formation du couvert de glace et les inondations en aval).

Influence de la capacité du chenal du haut Saint-Laurent sur le débit maximal

Le débit du lac Ontario ne peut dépasser la capacité de débit du chenal du haut Saint-Laurent. Lorsque le niveau du lac dépasse 75,90 m (249,02 pi), nous estimons cette capacité à l'aide de l'équation suivante (Lee et coll., 1994) :

$$Q = 747,2 (\text{niveau du lac Ontario} - 69,10)^{1,47}$$

où le niveau est donné en mètres (SRIGL, 1985) et le débit en m³/s. Pour cette capacité de débit, nous considérons que toutes les portes de l'évacuateur de crues du barrage Long Sault sont ouvertes.

Aucun plan ne dépasse cette limite, mais nous devons la reconnaître.

Niveau maximal à l'écluse d'Iroquois

Le niveau à la station hydrométrique située en amont de l'écluse d'Iroquois ne doit pas dépasser 75,6 m (248,03 pi). Un dépassement provoquera des déversements à l'écluse et invalidera l'hypothèse voulant que le barrage Iroquois puisse servir à régulariser le niveau du lac St. Lawrence.

Prévision

En ce qui concerne les plans finaux, nous posons l'hypothèse qu'il est possible de connaître parfaitement l'état du couvert de glace pour la prochaine période (ce qui correspond aux activités d'exploitation). On considérera qu'aucune prévision sur l'état du couvert de glace pour les périodes suivantes n'est connue.

Si l'indicateur de prévision est égal à 0, nous considérons que le débit local dans le lac Saint-Louis pour la période à venir est connu.

Sinon, nous considérons que les apports, les débits des affluents et la rugosité du chenal ne sont pas parfaitement connus.

Aux fins du calcul des limites maximales de débit pour l'ouvrage de régularisation de Coteau (chenaux d'Hydro-Québec) pendant la saison des glaces, le plan B+ pose l'hypothèse d'une prévision parfaite des apports locaux du lac Saint-François et de la capacité maximale de Beauharnois pour la période à venir.

Résumé

Le tableau suivant présente les contraintes retenues pour la formulation des plans et la façon dont elles ont été traitées dans le plan 1958-DD et dans les trois plans proposés.

Bibliographie

Lee, D.H., F.H. Quinn, D. Sparks et J.C. Rassam. 1994. « Simulation of Maximum Lac Ontario Outflows », *Journal of Great Lakes Research*, 20(3) : 569-582.

Tableau A-1 : Contraintes des divers plans

Contrainte	1958-DD	A+	B+	D+
Formation du couvert de glace à 6 230 m ³ /s (220 000 pi ³ /s)	Oui	Oui	Oui	Oui
Limite J+ hivernale	570 m ³ /s (20 000 pi ³ /s) et si le lac Ontario >75,2m (246,7 pi) 1 420 m ³ /s (50 000 pi ³ /s).	Pendant la gestion des glaces : 700 m ³ /s (25 000 pi ³ /s). En dehors de la gestion des glaces : 700 m ³ /s (25 000 pi ³ /s). Si le lac Ontario > 75,5 m (247,7 pi), 1 400 m ³ /s (49 400 pi ³ /s).	Pendant la gestion des glaces : 700 m ³ /s (25 000 pi ³ /s). En dehors de la gestion des glaces : 700 m ³ /s (25 000 pi ³ /s). Si le lac Ontario > 75,5 m (247,7 pi), 1 420 m ³ /s (50 000 pi ³ /s). Limite J rarement utilisée en dehors de la gestion des glaces, à cause de la stabilité des débits; parfois nécessaire lors de l'abaissement automnal, quand le lac est élevé.	D'habitude 400 m ³ /s (14 000 pi ³ /s), mais 700 m ³ /s (25 000 pi ³ /s) si le niveau du lac Ontario > 0,3 m (1 pi) au-dessus du niveau cible.
Limite hivernale du niveau minimal à Long Sault ou au barrage Saunders	Oui. Par étapes jusqu'à 71,8 m (235,6 pi) à Long Sault.	Oui. Fixe à 71,8 m (235,6 pi).	Oui. Fixe à 71,8 m (235,6 pi) à Long Sault.	Oui. Progressive jusqu'à 71,2 m (233,6 pi).
Pendant les glaces, Q _{max} = 9 340 m ³ /s (330 000 pi ³ /s)	Oui	Oui	Oui. Règle spécifique limitant les débits à l'ouvrage de régularisation de Coteau à 2 500 m ³ /s (88 300 pi ³ /s), selon les apports locaux et la capacité maximale de Beauharnois.	Oui
Quart de mois après les glaces, Q _{max} = 9 900 m ³ /s (349 500 pi ³ /s)	Oui. Fixe à 9 500 m ³ /s (335 500 pi ³ /s).	Oui. Fixe à 9 900 m ³ /s (349 500 pi ³ /s).	Oui. Règle spécifique limitant les débits à l'ouvrage de régularisation de Coteau 2 500 m ³ /s (88 300 pi ³ /s), selon les apports locaux et la capacité maximale de Beauharnois.	Oui. Fixe à 9 500 m ³ /s (335 500 pi ³ /s).
2 ^e quart de mois après les glaces, Q _{max} = 10 300 m ³ /s (363 800 pi ³ /s)	Oui. Fixe à 10 000 m ³ /s (353 000 pi ³ /s).	Oui. Fixe à 10 000 m ³ /s (353 000 pi ³ /s).	Oui. Règle spécifique limitant les débits à l'ouvrage de régularisation de Coteau à 4 000 m ³ /s (141 200 pi ³ /s) selon les apports locaux et la capacité maximale de Beauharnois.	Oui Fixe à 10 000 m ³ /s (353 000 pi ³ /s).
Eaux libres, Voie maritime ouverte, Q _{max} = 10 700 m ³ /s (377 900 pi ³ /s)	Oui, si le niveau du lac Ontario > 75,8 m (248,7 pi).	Oui	Oui, si le niveau du lac Ontario # 75,7 m (248,4 pi), sinon, le moindre de 11 500 m ³ /s (406 100 pi ³ /s) ou de la capacité du chenal.	Oui, si le niveau du lac Ontario > 0,77 m (2,5 pi) au-dessus de la cible; sinon, 9 910 m ³ /s (350 000 pi ³ /s).
Eaux libres, Voie maritime fermée, Q _{max} = 11 500 m ³ /s (406 100 pi ³ /s)	Oui	Oui	Oui	Oui
Q _{max} < capacité hydraulique maximale du chenal	Oui	Oui	Oui	Oui
Barrage Iroquois < 75,6 m (248,0 pi)	Aucune règle, mais cas non relevé dans les données stochastiques.	Aucune règle.	Oui. Une règle spécifique remplace toutes les autres contraintes.	Aucune règle mais cas non relevé dans les données stochastiques.
Prévision parfaite de l'indicateur de glace	Oui	Oui	Oui	Oui
Prévision assez bonne pour le lac Saint Louis	Oui	Oui	Oui	Oui

B. Description des plans de régularisation

Plan 1958-DD : le plan de base (Plan 1958-D avec écarts simulés)

Introduction

Chaque semaine, le Conseil international de contrôle du fleuve Saint-Laurent (CICFSL) fixe les débits du lac Ontario selon un certain nombre de critères établis par les ordonnances d'approbation supplémentaires de 1956 de la Commission mixte internationale (CMI). Plusieurs « plans de régularisation » ont été élaborés à la fin des années 1950 et au début des années 1960 afin d'aider à déterminer la quantité d'eau à faire passer chaque semaine. Ces plans sont des ensembles de règles ou de méthodes qui précisent la quantité d'eau qui peut couler selon les conditions hydrologiques du système. La CMI, en plus d'approuver l'utilisation d'un plan de régularisation, a conféré au CICFSL le pouvoir de s'écarter des débits prescrits par le plan dans un certain nombre de circonstances définies de manière générale. On appelle donc « plan 1958-D avec écarts » la méthode actuellement utilisée pour régulariser les débits du lac Ontario. La présente section explique la méthode et décrit une façon d'estimer les débits du lac Ontario en simulant les débits du plan 1958-D avec écarts. Le simulateur est nécessaire pour estimer les débits dans des séries et des conditions hydrologiques différentes de celles qui ont été observées, mais en tenant compte des écarts décidés récemment par le CICFSL.

Plan 1958-D

(D'après le rapport du CICFSL de 1997) Le plan de régularisation utilisé depuis 1963, le plan 1958-D (CICFSL, 1963), a été conçu afin de régulariser les débits et de satisfaire aux critères de la CMI selon les apports d'eau dans le système lac Ontario/fleuve Saint-Laurent entre 1860 et 1954.

Le plan 1958-D consiste en deux ensembles de courbes de gestion, un indicateur d'apport, des ajustements saisonniers et un certain nombre de limites minimales et maximales de débit. Les débits régularisés sont calculés comme suit. On détermine d'abord l'apport d'eau dans le lac Ontario pour la semaine précédente. L'indicateur d'apport est égal à la différence entre l'apport réel pondéré pour la semaine et l'apport normal pondéré pour la période de l'année. Un ajustement déterminé d'après la variation de l'indicateur pendant les trois derniers mois est ajouté à l'indicateur d'apport pour obtenir un « indicateur d'apport corrigé ». On calcule ensuite le débit régularisé de base à l'aide de l'un des deux ensembles de courbes de gestion, selon la saison, et à partir du niveau du lac à la fin de la période et de l'indicateur d'apport corrigé. Le débit obtenu à l'aide des courbes croît avec l'augmentation du niveau du lac Ontario et avec celle de l'indicateur d'apport corrigé. On l'ajuste en lui ajoutant une correction saisonnière. On compare ensuite le débit saisonnier ainsi obtenu avec un certain nombre de limites maximales et minimales du débit, qui varient pendant l'année : débits saisonniers minimaux pour la production hydroélectrique, débits maximaux pour la formation d'un couvert de glace stable, vitesses et niveaux sécuritaires permettant la navigation dans la section internationale, débits maximaux pendant la deuxième moitié de décembre pour aider la formation du couvert de glace à la sortie du lac Saint-Louis, débits maximaux et minimaux pour que les débits et niveaux en aval ne soient pas plus élevés que lorsqu'il n'y a pas de régularisation et variation maximale du débit d'une semaine à l'autre. Si le débit corrigé selon la saison se situe entre la plus petite limite maximale et la plus grande limite minimale pour la période, il devient le débit du plan. Autrement, c'est la limite de débit applicable qui est retenue.

Écarts

Le débit adopté pour la semaine doit correspondre au débit calculé selon le plan 1958-D, à moins que le CICFSL ou la CMI opte pour un débit différent pour mieux gérer le système. On appelle « écart » tout débit différent du débit spécifié par le plan. Dès le début de l'élaboration du plan de régularisation, dans les années 1950, nous avons reconnu que certaines circonstances exigeraient qu'on s'écarte des débits spécifiés. La CMI a inclus le critère (k) à ses ordonnances afin d'encadrer les écarts lorsque l'apport d'eau déborde les limites observées entre 1860 et 1954 qui ont servi à élaborer le plan de régularisation. Peu après le début de la régularisation des débits, au début des années 1960, la CMI a reconnu qu'il était utile de s'éloigner du plan dans d'autres circonstances plus courantes. Elle a donc donné au CICFSL la latitude d'accepter un écart dans le but de procurer des effets bénéfiques ou d'atténuer des effets négatifs pour un intérêt lorsque l'écart n'a pas d'effet négatif pour les autres intérêts.

Bien que le plan 1958-D réponde à tous les critères de la CMI pour la période 1860-1954 et qu'il permette, en règle générale, de répondre aux critères quand les apports d'eau respectent les limites utilisées pour son élaboration, il s'applique mal lorsque les apports d'eau sont extrêmes. Cela vient surtout des contraintes absolues qu'il impose aux débits. Pendant la période de très faibles apports de 1964-1965, il a fallu consentir à des débits inférieurs aux limites minimales prescrites par le plan afin de maintenir le niveau du lac Ontario. Quand il y a eu beaucoup d'eau, au milieu des années 1970, au milieu des années 1980 et dans les années 1990, les limites maximales se sont révélées trop faibles et on a dû s'écarter pas mal du plan afin de réduire au minimum l'inondation des rives du lac Ontario. Aussi, le plan 1958-D répond mal à la crue printanière relativement rapide de la rivière des Outaouais et des autres affluents situés en aval. Le plan empêche que les débits maximaux du lac Ontario au printemps ne dépassent ceux observés avant la régularisation, selon le critère (d), mais il ne tient pas compte des apports locaux en aval. Par la réduction temporaire du débit sous la valeur prescrite par le plan 1958-D pendant la pointe de la crue printanière de la rivière des Outaouais, on a beaucoup réduit les inondations au lac Saint-Louis et en aval, sans nuire aux intérêts des secteurs d'amont. À d'autres moments, lorsque les débits de la rivière des Outaouais étaient relativement faibles, on a réduit les niveaux de crue du lac Ontario en dépassant le débit maximal observé avant la régularisation et prescrit par le plan 1958-D. Le Conseil international de l'Étude du renvoi sur les niveaux d'eau (1993) a reconnu les avantages de cette approche et recommandé que le critère (d) soit modifié en conséquence.

Dans la pratique, afin de permettre la formation d'un couvert de glace complet, lisse et stable, on réduit les débits du lac Ontario lorsque le couvert de glace commence à se former dans le canal de Beauharnois. On maintient ces débits réduits jusqu'à ce que le couvert de glace progresse vers l'amont pour atteindre le passage situé au-dessus du barrage Iroquois. Ainsi, on prévient les embâcles et les obstructions ou, en d'autres mots, on réduit la perte de charge hydraulique causée par les glaces. Cela permet d'avoir des débits plus élevés pendant le reste de la saison des glaces. Le plan 1958-D pose l'hypothèse que le couvert de glace commence à se former sur le lac Saint-Louis le 15 décembre et que l'englacement progresse vers l'amont jusqu'au 31 janvier. Le plan limite le débit maximal pendant toute cette période. Mais la météo varie tellement, qu'il est rare que la période de formation du couvert de glace coïncide avec ces dates. En réalité, on ne réduit les débits que lorsque l'englacement commence et on les augmente dès que le couvert de glace s'est stabilisé.

Ces écarts et d'autres par rapport au plan font que les niveaux réels et les débits observés dans le système lac Ontario/fleuve Saint-Laurent depuis le début de la régularisation ne correspondent que partiellement au plan 1958-D.

Nécessité d'un simulateur du plan 1958-D avec écarts

Le Groupe d'étude a choisi le plan 1958-D « avec écarts » comme plan de base aux fins de ses comparaisons. Le plan 1958-D avec écarts, établi sous la direction du CICFSL et de la CMI, représente la méthode utilisée actuellement pour régulariser les débits du lac Ontario. Les écarts par rapport aux débits prescrits ont diverses justifications, et le CICFSL peut les imposer en vertu de divers pouvoirs que lui a conférés la CMI. Parmi les justifications possibles, il y a les besoins de la formation du couvert de glace, les besoins de certains intérêts (écarts auxquels le CICFSL consent à sa discrétion s'ils n'ont pas d'effets néfastes pour d'autres intérêts) ou des apports exceptionnels en dehors de ceux prévus dans le plan 1958-D (critère (k)). Il existe un registre de tous les écarts faits depuis le début de la régularisation. Même si les intérêts ont évolué depuis 1960, comme aussi la composition et le point de vue du CICFSL, nous pouvons supposer que, dans les mêmes conditions d'hydrologie et de besoins des utilisateurs, le CICFSL déciderait aujourd'hui de faire les mêmes écarts par rapport au plan 1958-D. Selon cette hypothèse, nous pourrions nous contenter d'intégrer les écarts passés aux débits calculés d'après les données hydrologiques historiques pour produire une série de débits « plan 1958-D avec écarts ». Toutefois, afin de disposer d'un plan de base pour comparer les résultats des autres méthodes de régularisation selon d'autres séries de climat et d'apport d'eau (qu'elles soient stochastiques, basées sur les changements climatiques ou basées sur les conditions antérieures au projet d'aménagement hydroélectrique de 1900 à 1959), il nous faut une méthode pour estimer quels écarts, le cas échéant, seraient faits par rapport aux débits prescrits par le plan 1958-D pour obtenir le plan de base.

Élaboration du plan 1958-DD

Les écarts historiques ont d'abord été examinés par rapport au plan 1958-D et les conditions hydrologiques et autres au moment de ces écarts afin de déterminer s'il y avait des constantes. En se fondant sur les rapports constants entre les conditions hydrologiques observées et les écarts, il a été possible d'élaborer, par essais-erreurs, et d'intégrer, quand cela était possible, plusieurs nouvelles règles logiques du type « si... alors ». On a vérifié la justesse de ces règles empiriques en comparant les niveaux et les débits estimés à ceux observés pour la période 1960-2001, en se concentrant sur la dernière décennie (à partir de 1990 environ), puisqu'elle est la plus récente et qu'on suppose qu'elle est la plus représentative du régime actuel. Le plan 1998 est un plan de régularisation élaboré par le CICFSL pour remplacer le plan 1958-D avec écarts. Le travail de formulation du plan 1998 a été examiné pour élaborer des règles d'estimation des écarts. Ces règles nouvelles ou révisées, qui sont des estimateurs utiles du plan avec écarts, ont été programmées comme extensions du modèle de régularisation du plan 1958-D.

Dans la pratique, il peut arriver qu'on s'écarte du plan plusieurs fois dans la semaine pour répondre à des changements dans les conditions, par exemple lorsque le couvert de glace se forme ou quand le débit de la rivière des Outaouais augmente rapidement. Les règles du simulateur du plan 1958-D avec écarts (plan 1958-DD) ont donc été élaborées en posant l'hypothèse que les conditions hydrologiques et l'état des glaces sont connus au moment où le débit est décidé.

Dans le plan 1958-DD, la détermination d'un débit commence par le calcul du débit selon le plan 1958-D. Puis, le plan 1958-DD vérifie s'il convient de réduire le débit prescrit, parce que le niveau du lac Ontario est faible. Le simulateur compare ensuite ce débit à un certain nombre de limites modifiées qui visent à imiter le débit décidé par le CICFSL. Ainsi, nous suivons les effets des écarts sur le niveau du lac Ontario et simulons à la fois le niveau avec écart et le niveau sans écart. En effet, le débit calculé selon le plan 1958-D est basé sur le niveau d'eau sans écart, alors que les limites révisées du plan 1958-DD sont appliquées à partir du niveau d'eau avec écart.

La liste qui suit résume les ajouts et modifications apportés aux limites du plan 1958-D afin de simuler les débits avec écarts.

- Nous avons ignoré la limite maximale en période de formation du couvert de glace du plan 1958-D pendant la deuxième moitié de décembre. (Cette limite « I » avait été incluse au plan 1958-D en raison d'un projet de centrale hydroélectrique, qui n'a jamais été réalisé, à la sortie du lac Saint-Louis.)
- Nous avons appliqué les limites maximales de débit révisées en hiver en utilisant une méthode semblable à celle du plan 1998. Ces limites se fondent sur les données réelles de formation et de rugosité des glaces plutôt que sur la date fixée dans le plan 1958-D.
- Pendant la saison de navigation, lorsque le niveau du lac Ontario est élevé, nous avons utilisé des limites maximales de débit plus élevées, dérivées des observations et relatives au niveau du lac St. Lawrence.
- Nous avons appliqué au lac Saint-Louis des limites maximales de débit du type de celles utilisées dans le plan 1998 de manière à réduire les inondations.
- Nous avons utilisé des limites minimales de débit modifiées afin de simuler des écarts destinés à maintenir les niveaux nécessaires à la navigation.
- Nous avons ajouté des règles pour réduire le débit dans certaines conditions au printemps et en été afin de hausser le niveau du lac Ontario ou d'emmagasiner l'eau pour un usage ultérieur.
- Nous avons ajouté des règles visant à accumuler les écarts et à les remettre à zéro. (Remise du niveau calculé selon le plan 1958-D au niveau « réel » résultant des écarts.)

Ces ajouts et modifications sont décrits en détail en annexe de la présente section.

Comparaison entre le plan 1958-DD et les débits mesurés du plan 1958-D avec écarts

Comme nous l'indiquons plus haut, nous avons testé la validité du plan 1958-DD en tant que modèle du régime de régularisation actuel en comparant les niveaux et les débits simulés à ceux observés pour la période de 1960 à 2001, en nous concentrant sur la dernière décennie (à partir de 1990 environ). Pour ce faire, nous avons utilisé les séries d'apport total net observé par quart de mois dans le lac Ontario, les indicateurs de glace, les facteurs de rugosité du fleuve et les apports au lac Saint-Louis.

Les figures B-1 et B-2 comparent les niveaux moyens par quart de mois observés dans le lac Ontario à ceux simulés par le plan 1958-DD pour les périodes 1960-2001 et 1990-2001. Ces figures indiquent qu'en général, le simulateur du plan 1958-DD reproduit bien les niveaux moyens du lac Ontario, avec une légère tendance à donner des niveaux plus élevés en hiver.

Les figures B-3 et B-4 comparent les débits moyens par quart de mois observés pour le lac Ontario à ceux simulés par le plan 1958-DD pour les périodes 1960-2001 et 1990-2001. Encore ici, le simulateur reproduit bien les débits moyens du lac. Les débits simulés pour la fin de décembre pendant la période 1990-2001 sont un peu plus élevés que les débits observés, alors que ceux pour le début de janvier sont légèrement plus faibles.

Dans les figures de la présente section, $1 \text{ m}^3/\text{s} = 35,314 \text{ 67 pi}^3/\text{s}$ et $1 \text{ mètre} = 3,280 \text{ 84 pieds}$.

La figure B-5 donne une représentation graphique des séries chronologiques des niveaux observés et simulés (plan 1958-DD) du lac Ontario par quart de mois pour la période 1960-2001. L'erreur-type de la différence des niveaux pour cette période est de $0,075 \text{ m}$ ($0,246 \text{ pi}$), avec une erreur maximale de $0,22 \text{ m}$ ($0,722 \text{ pi}$) et une erreur minimale de $-0,24 \text{ m}$ ($-0,787 \text{ pi}$). L'erreur moyenne est de $0,006 \text{ m}$ ($0,02 \text{ pi}$), ce qui veut dire que le niveau simulé moyen est légèrement plus élevé que le niveau observé. Pour la dernière décennie, soit de 1991 à 2001, l'erreur-type de la différence des niveaux est de $0,057 \text{ m}$ ($0,187 \text{ pi}$), avec une erreur moyenne de $0,018 \text{ m}$ ($0,059 \text{ pi}$), une erreur maximale de $0,14 \text{ m}$ ($0,46 \text{ pi}$) et une erreur minimale de $-0,17 \text{ m}$ ($-0,56 \text{ pi}$).

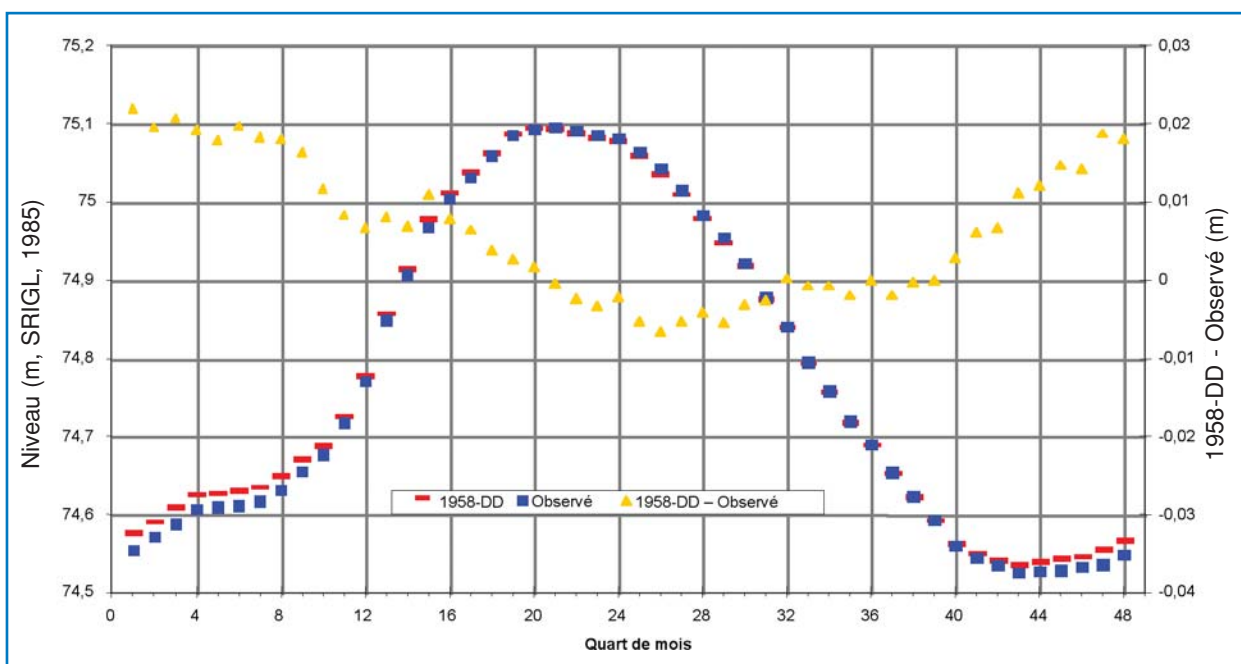


Figure B-1 : Niveau moyen du lac Ontario simulé par le plan 1958-DD et observé, par quart de mois, 1960-2001

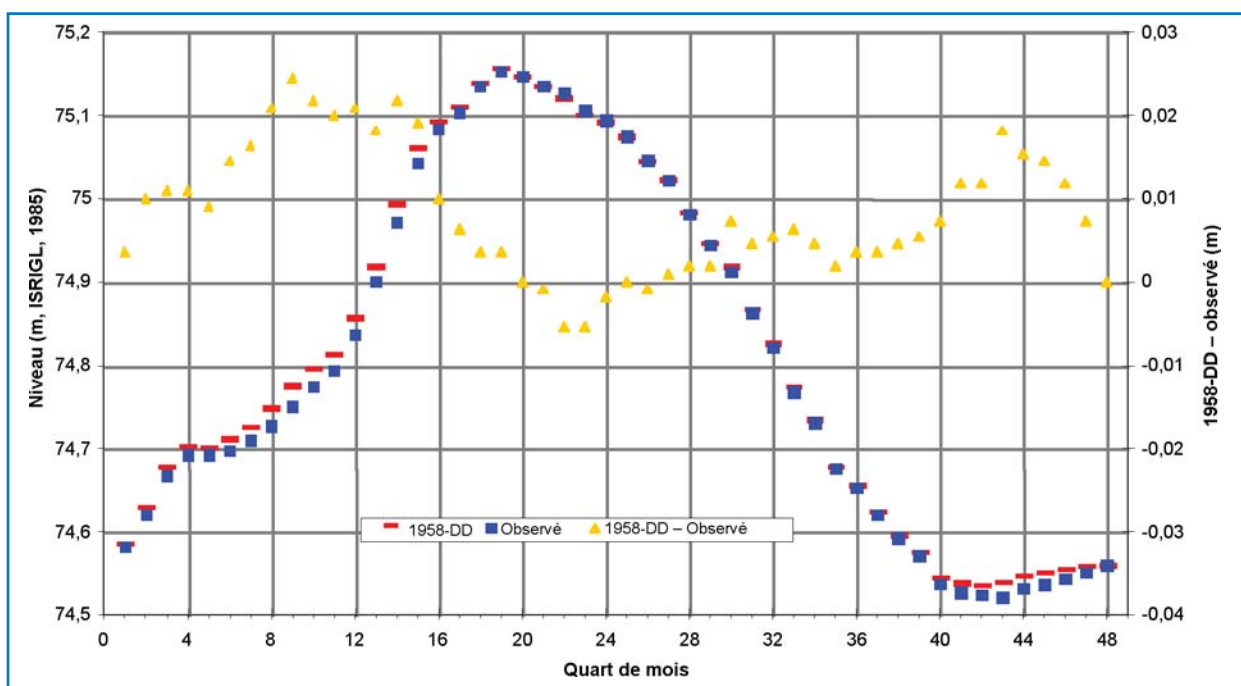


Figure B-2 : Niveau moyen du lac Ontario simulé par le plan 1958-DD et observé, par quart de mois, 1990-2001

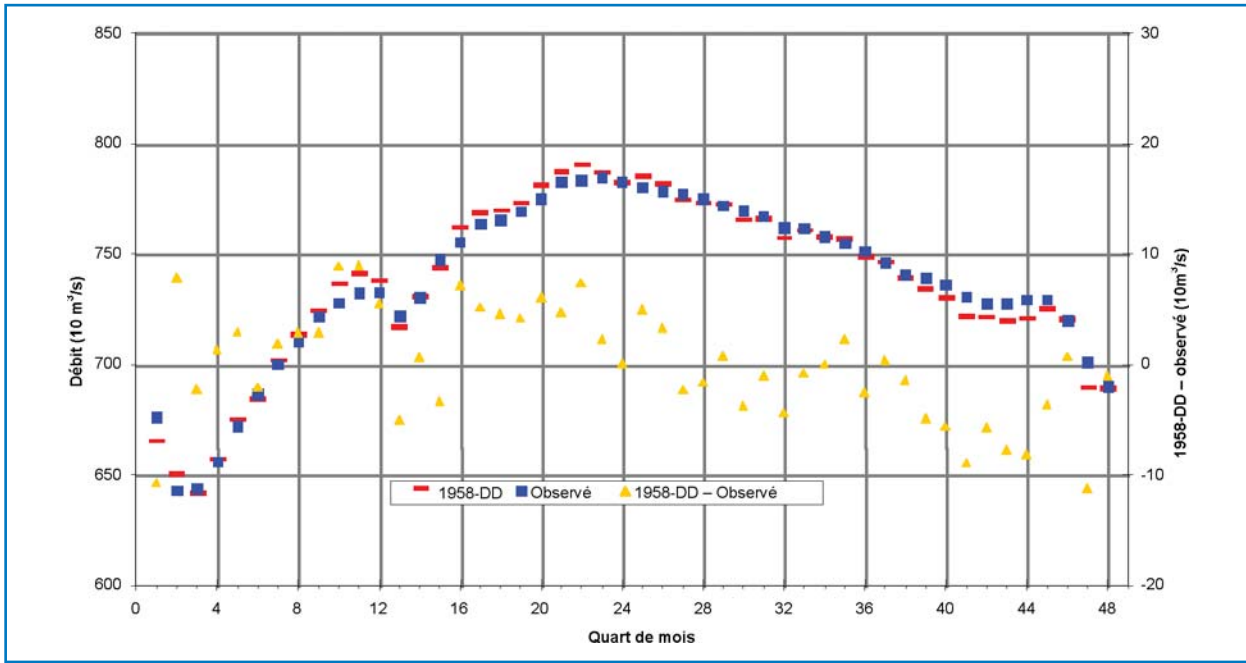


Figure B-3 : Débit moyen du lac Ontario simulé par le plan 1958-DD et observé, par quart de mois, 1960-2001

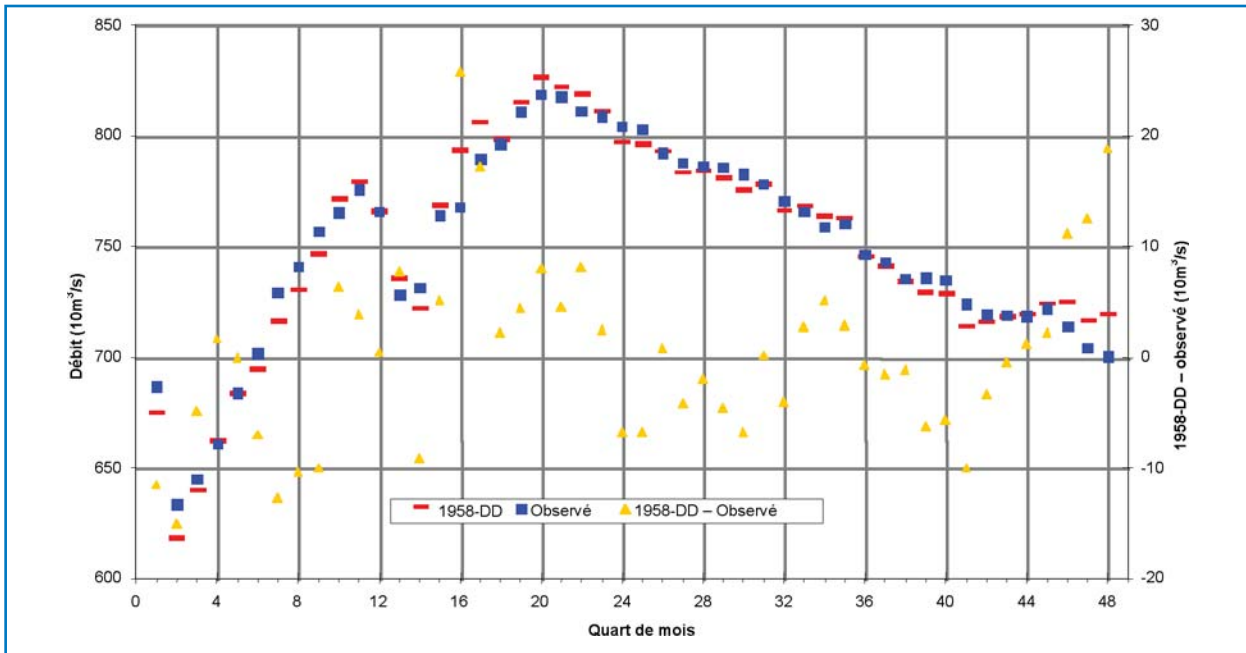


Figure B-4 : Débit moyen du lac Ontario simulé par le plan 1958-DD et observé, par quart de mois, 1990-2001

La figure B-5 indique que, pour trois périodes de la dernière décennie (1990-2001), la différence entre le niveau simulé par le plan 1958-DD et le niveau observé du lac Ontario dépasse 0,1 m (0,33 pi). En 1991, les niveaux observés ont été plus élevés que les niveaux simulés par le plan 1958-DD pour de multiples raisons. Même si, à la fin de décembre 1990, le niveau du lac était relativement élevé et que la glace n'avait pas encore pris, le CICFSL n'a pas augmenté les débits bien au-dessus de l'ancienne et contraignante limite I du plan 1958-D. Pour la fin de décembre 1990, le plan 1958-DD tient compte du haut niveau du lac et de l'absence de glaces et simule des débits plus forts. En juin et juillet 1991, après avoir accumulé des écarts importants pour évacuer de forts débits afin d'empêcher le lac de dépasser le niveau du critère (h), le CICFSL a relâché beaucoup moins d'eau que ne le voulait le plan 1958-D. Il l'a fait pour compenser les écarts précédents, même si le niveau du lac Ontario était encore bien plus élevé que la moyenne. Pour ce cas, le plan 1958-DD a moins réduit le débit par rapport à la valeur prescrite par le plan 1958-D que ne l'a fait en réalité le CICFSL. À l'automne de 1992, le CICFSL a accepté de réduire le débit du lac Ontario sous la valeur prévue au plan 1958-D. La demande lui en avait été faite pour réduire les déversements aux installations hydroélectriques d'Hydro-Québec, où un certain nombre de turbines étaient arrêtées pour entretien. On a donc emmagasiné dans le lac Ontario, à l'automne de 1992, environ 0,1 m (0,33 pi) d'eau de plus que ce qui était prévu au plan 1958-D. Cette décision s'est avérée regrettable, car le lac a reçu beaucoup d'eau cet automne-là, et s'est donc élevé plus qu'il n'était souhaitable. Depuis, le CICFSL n'a pas accepté d'autres demandes du genre dans des conditions analogues en automne. La période de la fin de 1998 à la fin de 1999 constitue la deuxième exception à la concordance plutôt bonne observée pendant les années 1990. Pendant la période assez sèche de la fin de 1998, le CICFSL a décidé de faire passer plus d'eau que prescrit par le plan 1958-D pour empêcher le niveau au port de Montréal de passer sous le zéro des cartes. Cette décision a abaissé le niveau du lac Ontario qui était déjà faible. Le niveau du lac a donc suscité des inquiétudes à la fin de 1998 et au début de 1999, ce qui a obligé le CICFSL, en 1999, à abandonner les débits supérieurs à ceux prévus au plan, même si le niveau au port de Montréal était alors encore plus bas sous le zéro des cartes qu'à la fin de 1998. Après cette expérience, le CICFSL n'a plus tenté de maintenir le niveau du port de Montréal au zéro des cartes en période de faible apport. Il a plutôt augmenté le débit prescrit par le plan 1958-D de façon à maintenir le niveau à Pointe-Claire à au moins 20,6 m (67,59 pi) pendant la saison de navigation dans la Voie maritime (voir la figure B-5A), si le niveau du lac Ontario le permettait. Nous avons programmé cette pratique dans le plan 1958-DD; le niveau du lac Ontario qu'il simule pour la fin de 1998 et pour 1999 est donc plus élevé que le niveau observé.

Afin d'éliminer toute erreur que pourrait amener l'équation hauteur-débit-rugosité dans la comparaison entre les niveaux simulés et les niveaux observés du lac Saint-Louis à Pointe-Claire, nous avons soumis les débits simulés et observés du lac Ontario à cette équation afin de générer des niveaux à Pointe-Claire qui soient comparables. La figure B-6 montre les niveaux moyens par quart de mois au lac Saint-Louis simulés par le plan 1958-DD et observés pour la période 1960-2001. Elle montre que, la plupart du temps, le simulateur du plan 1958-DD reproduit bien les niveaux du lac Saint-Louis, avec une légère tendance à produire des niveaux plus élevés au printemps et plus faibles en automne. Les niveaux par quart de mois pour la période 1990-2001 sont donnés à la figure B-5A.

Afin de comparer les distributions des niveaux simulés par le plan 1958-DD à celles des niveaux observés, nous avons produit une série de courbes de fréquences cumulées. Nous avons choisi trois périodes : l'année entière, avril et août. Nous avons inclus les résultats de chacun des mois afin de vérifier si la distribution des niveaux dans les mois clés était adéquate. Nous avons choisi avril parce que nous croyons que les niveaux de ce mois sont importants pour la reproduction des poissons et août parce que les niveaux de ce mois sont importants pour la navigation de plaisance. Les figures B-7, B-8 et B-9 comparent les distributions pour le lac Ontario et les figures B-10, B-11 et B-12 celles pour le lac Saint-Louis.

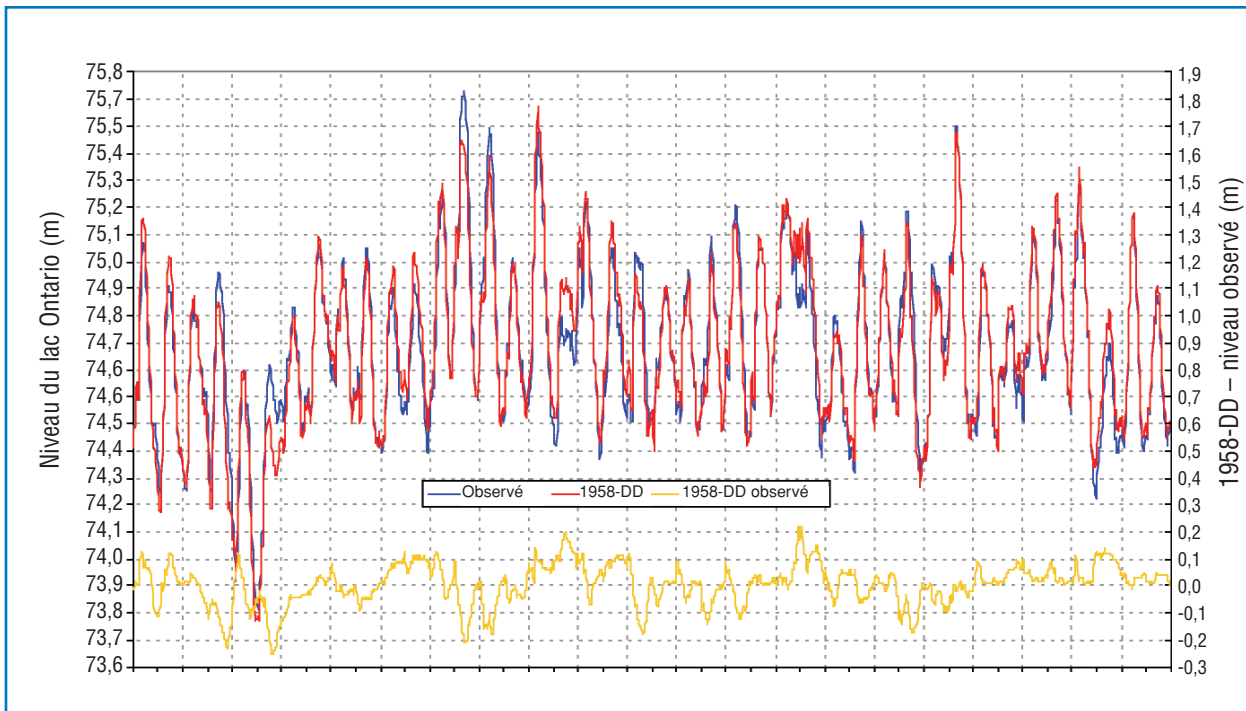


Figure B-5 : Niveau du lac Ontario simulé par le plan 1958-DD et observé, 1960-2001

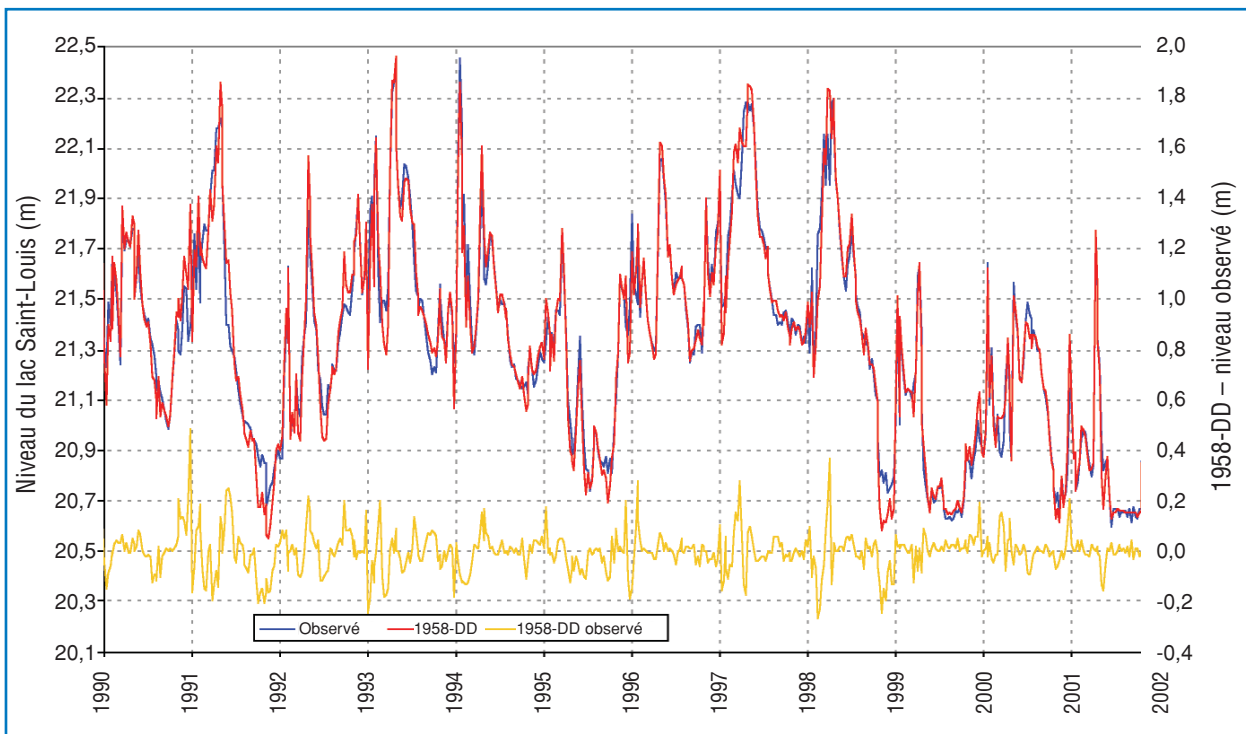


Figure B-5A : Niveau du lac Saint-Louis à Pointe-Claire simulé par le plan 1958-DD et observé, 1990-2001

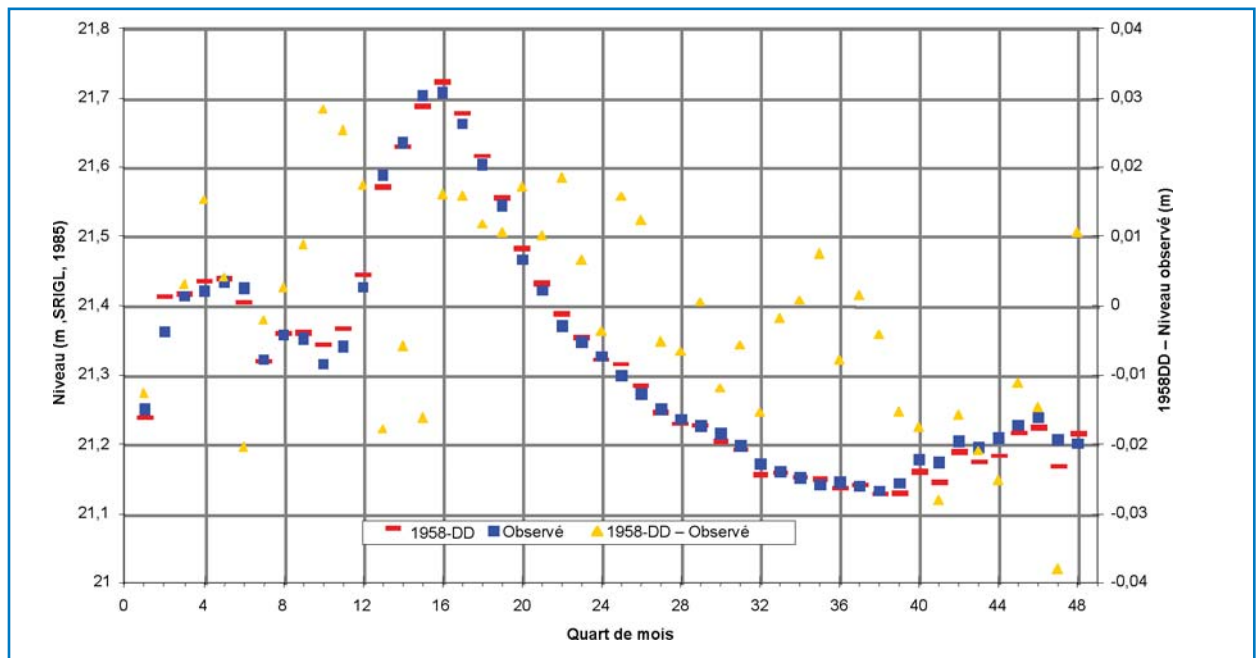


Figure B-6 : Niveau moyen du lac Saint-Louis à Pointe-Claire simulé par le plan 1958-DD et observé, par quart de mois, 1960-2001

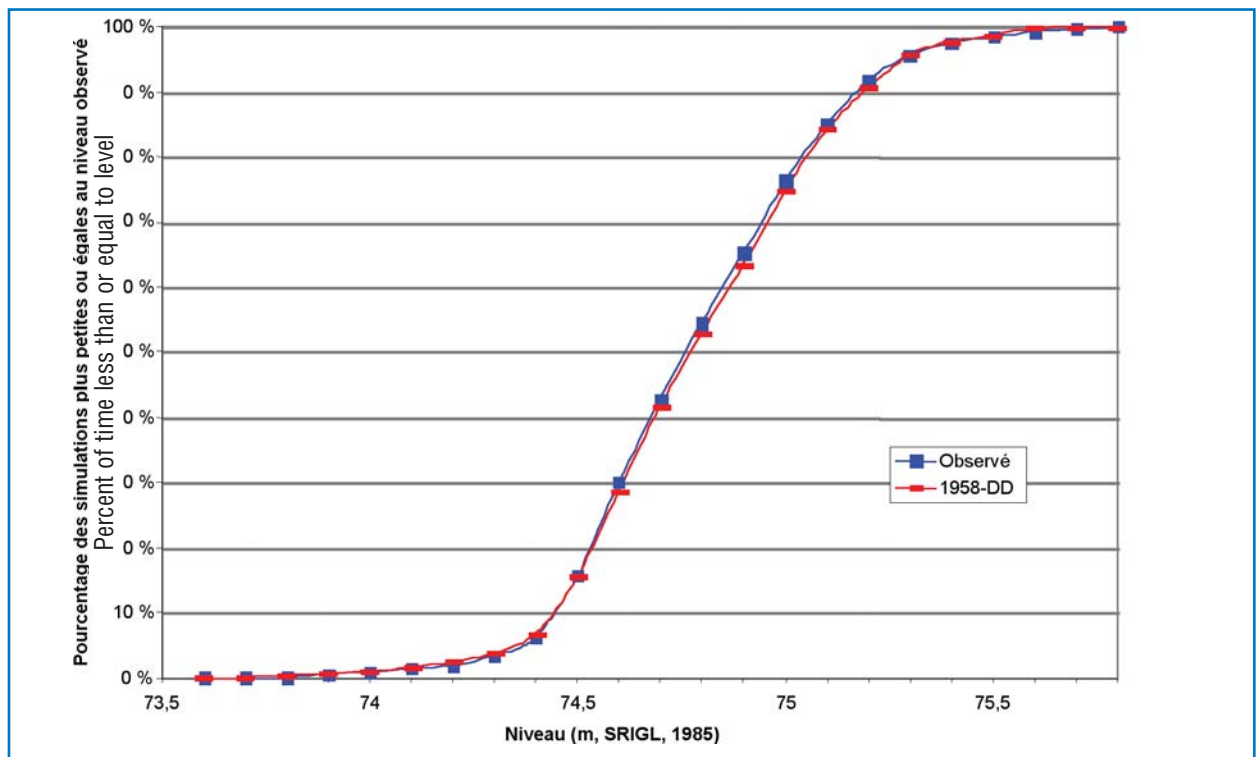


Figure B-7 : Fréquence cumulée des niveaux du lac Ontario simulés par le plan 1968-DD et observés sur toute l'année, 1960-2001

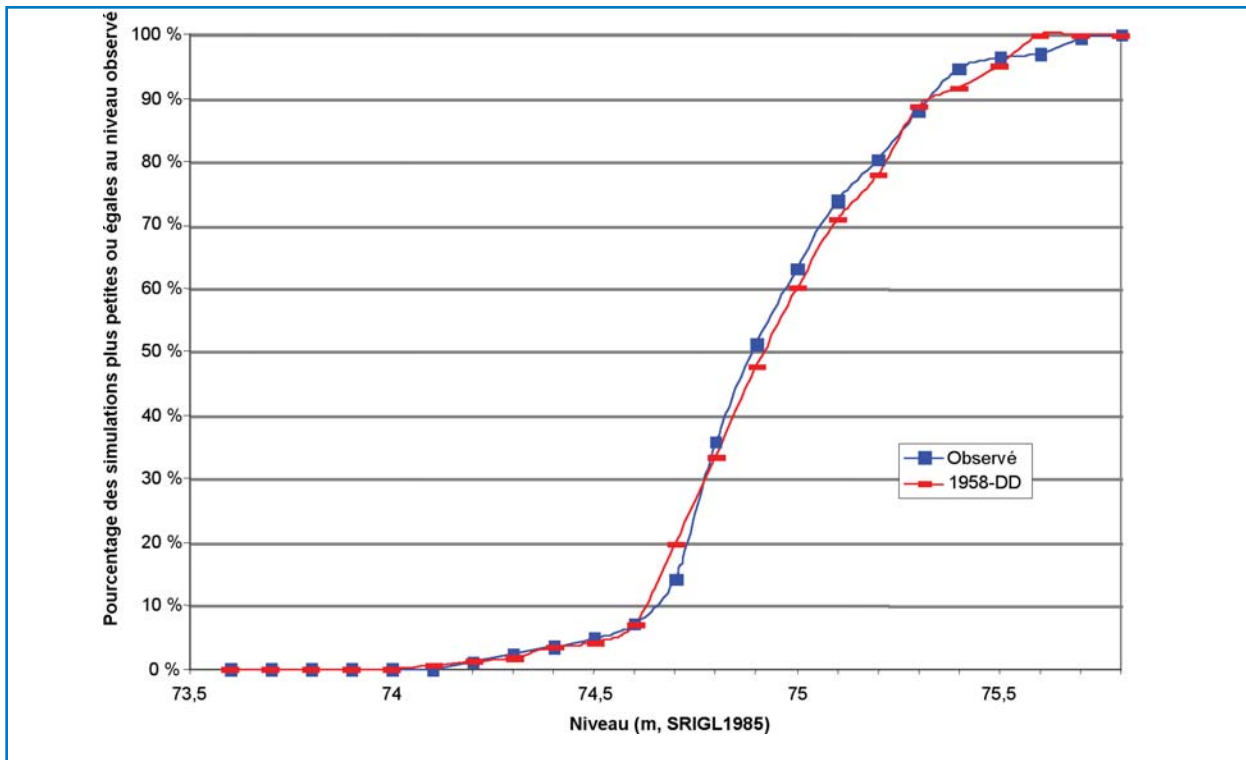


Figure B-8 : Fréquence cumulée des niveaux du lac Ontario simulés par le plan 1958-DD et observés en avril, 1960-2001

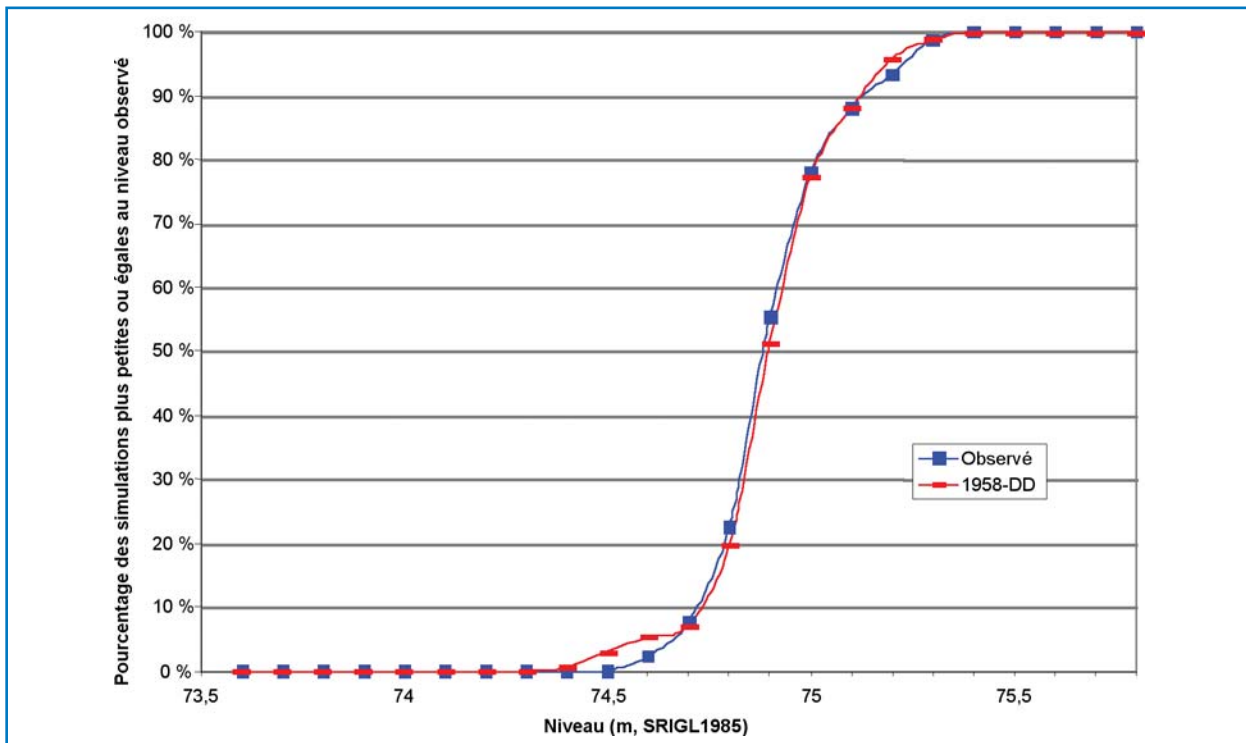


Figure B-9 : Fréquence cumulée des niveaux du lac Ontario simulés par le plan 1958-DD et observés en août, 1960-2001

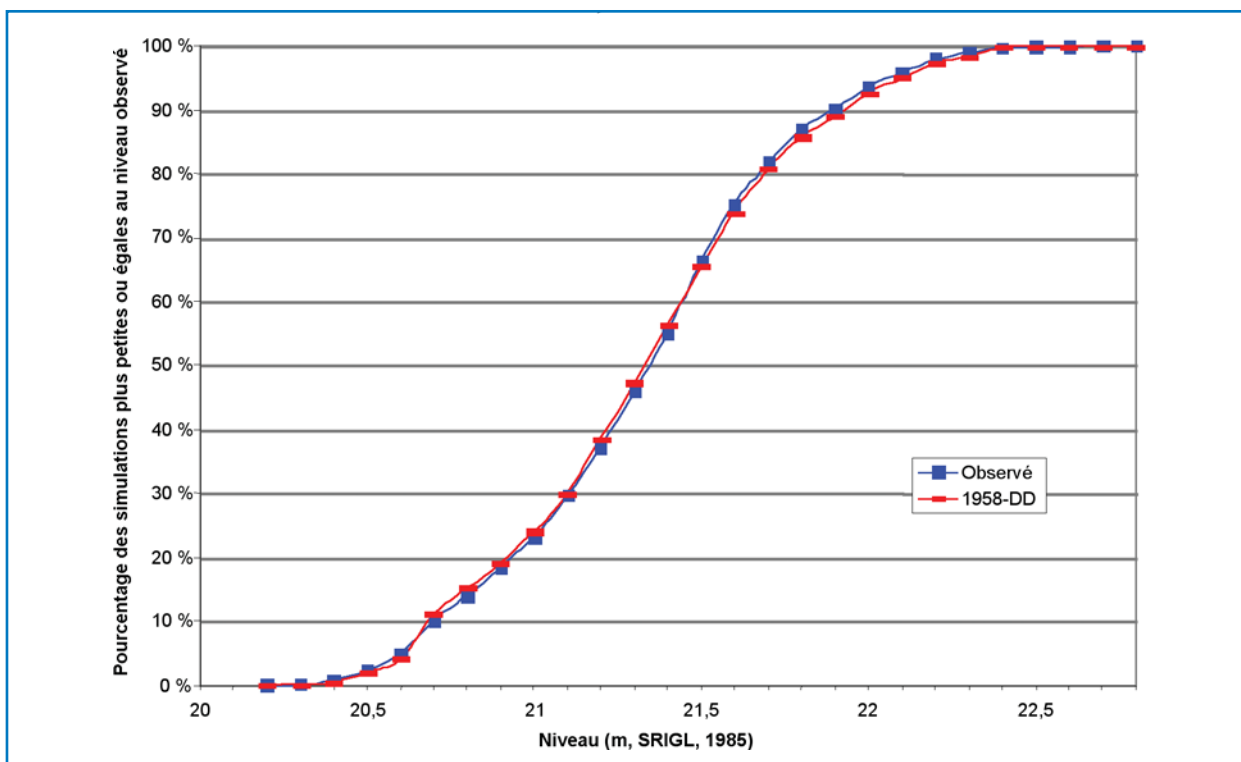


Figure B-10 : Fréquence cumulée des niveaux du lac Saint-Louis simulés par le plan 1958-DD et observés sur toute l'année, 1960-2001

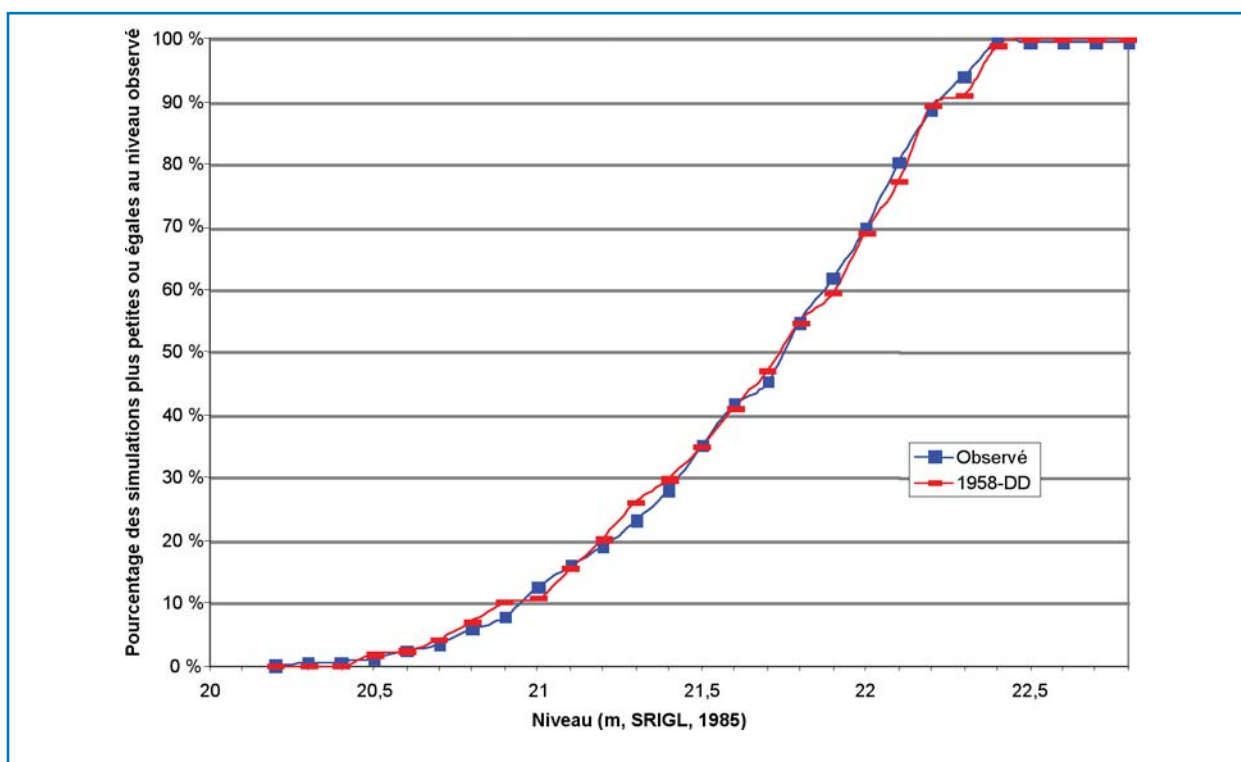


Figure B-11 : Fréquence cumulée des niveaux du lac Saint-Louis simulés par le plan 1958-DD et observés en avril, 1960-2001

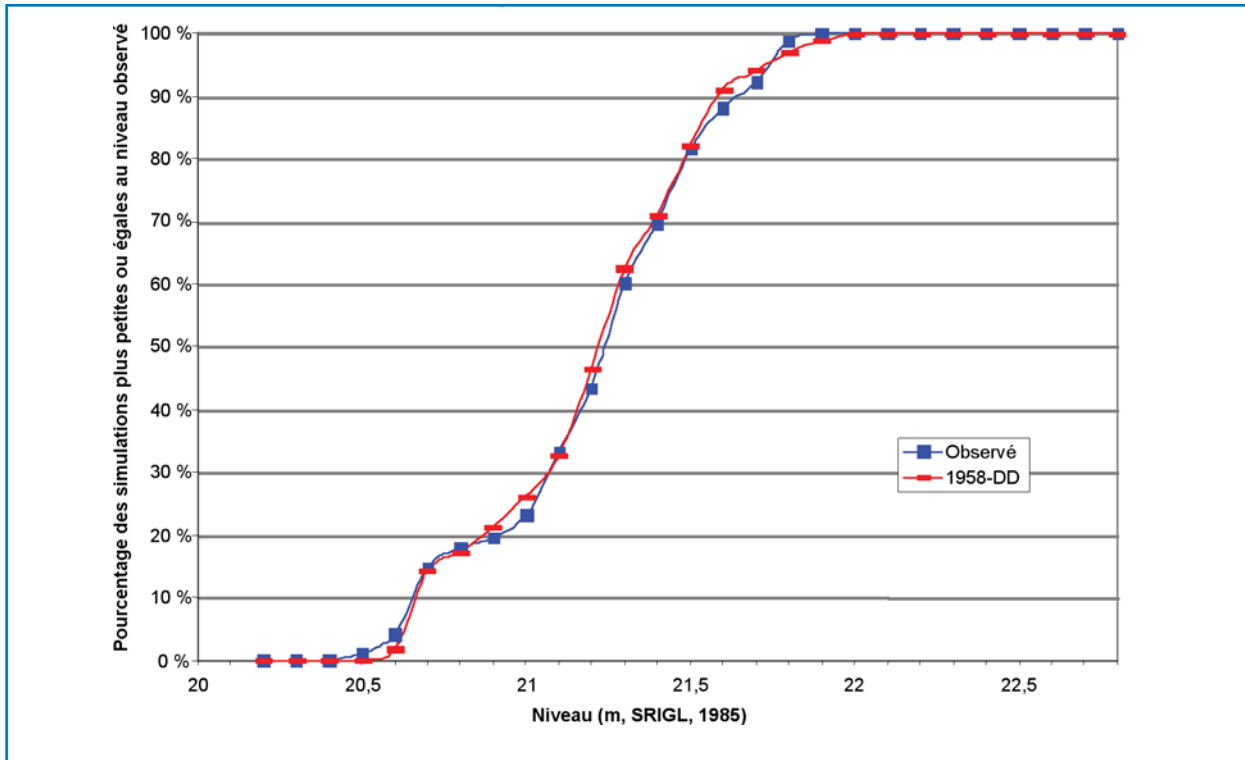


Figure B-12 : Fréquence cumulée des niveaux du lac Saint-Louis simulés par le plan 1958-DD et observés en août, 1960-2001

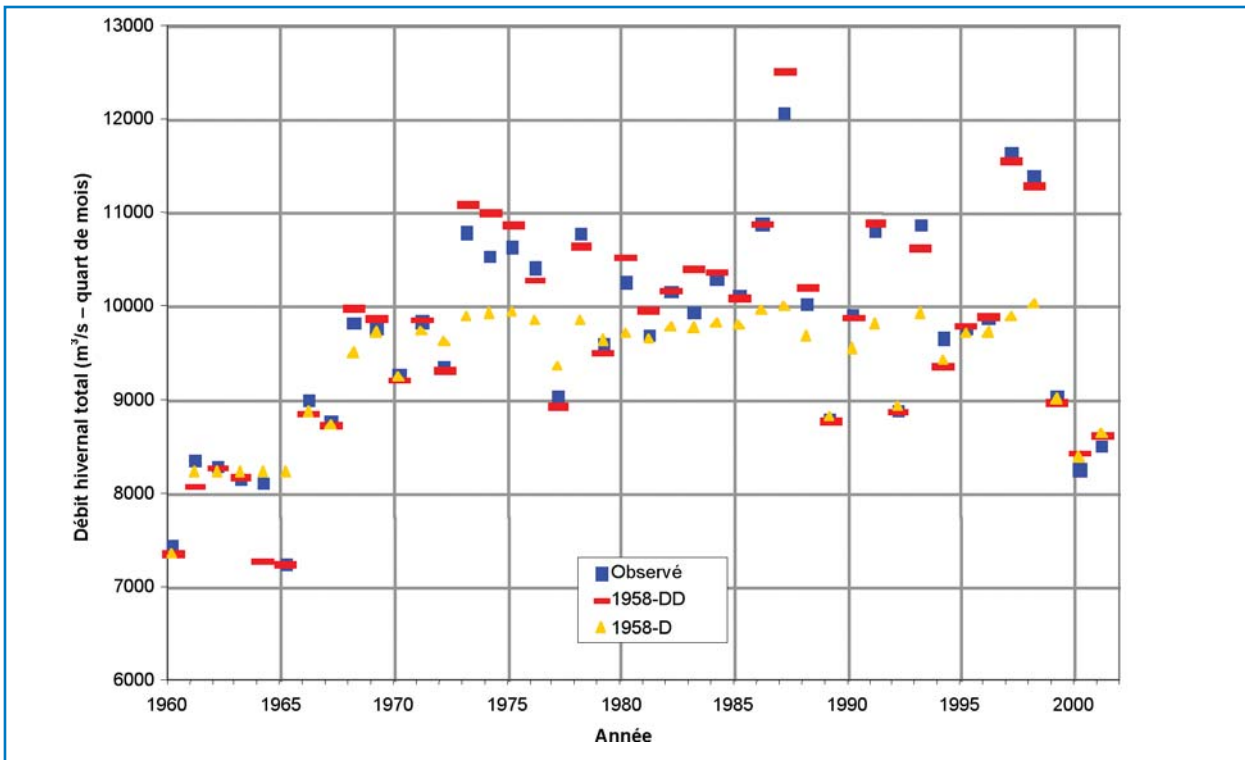


Figure B-13 : Débits hivernaux totaux, simulés par le plan 1958-DD, observés et selon le plan 1958-D, 1960-2001

La comparaison des fréquences données aux figures B-7 à B-12 montre que la distribution générale sur toute l'année des niveaux du lac Ontario simulés à l'aide du plan 1958-DD ressemble à la distribution des niveaux observés. Pour les niveaux très faibles et très élevés, les fréquences simulées et observées sont presque identiques. En août, pour la période 1960-2001, le plan 1958-DD génère un peu plus de niveaux entre 74,4 m et 74,6 m (244,09 pi et 244,75 pi) pour le lac Ontario, et un peu moins de niveaux inférieurs à 20,6 m (67,59 pi) pour le lac Saint-Louis que ce qu'on a observé en réalité. Cela vient peut-être de la simulation de la stratégie récente du CICFSL de garder le niveau du lac Saint-Louis au-dessus de 20,6 m (67,59 pi) pendant la saison de navigation.

Comme nous l'avons indiqué, les limites de débit maximal basées sur des dates fixes du plan 1958-D en hiver sont la cause de nombreux écarts par rapport aux débits prescrits par le plan, parce que les conditions de glace dans le fleuve varient d'une année à l'autre. Les débits hivernaux réels ont été parmi les plus difficiles à simuler à cause du manque de données sur les facteurs régissant le débit lorsqu'il y a un couvert de glace. Pour le plan 1958-DD, nous avons utilisé une méthode semblable à celle du plan 1998 (CICFSL, 1997) afin d'estimer les débits hivernaux maximaux avec écarts. Cette méthode fait appel à un indicateur simple de l'état de formation du couvert de glace dans le canal de Beauharnois et dans la section internationale et à un coefficient permettant d'estimer la rugosité du couvert de glace dans la section internationale, afin d'aider à déterminer les débits hivernaux maximaux. La figure B-13 compare les débits hivernaux totaux simulés par le plan 1958-DD et observés (10 m³/s-quart-de-mois ou 350 pi³/s-quart-de-mois) pour chaque année entre 1960 et 2001. On peut voir que le plan 1958-DD est un assez bon estimateur du débit hivernal, surtout pendant la dernière décennie.

Analyse

Les niveaux et les débits générés par le plan 1958-DD ne peuvent qu'être des approximations des débits et des niveaux réels issus des décisions historiques du CICFSL, vu l'évolution et le caractère souvent subjectif des facteurs en jeu dans la prise de décision. Le CICFSL a changé sa façon de s'écarter du plan 1958-D à mesure qu'évoluaient les besoins des différents intérêts, que se développait sa compréhension de la variabilité de l'hydrologie du lac Ontario et du Saint-Laurent et que le renouvellement de ses membres transformait ses valeurs. On ne peut donc s'attendre à ce qu'un simulateur de décisions sur les débits utilisant uniquement quelques intrants hydrologiques réplique exactement les décisions prises à chaque quart de mois. Compte tenu de ce qui précède, le simulateur du plan 1958-DD fournit une approximation adéquate de la méthode existante de régularisation du débit.

Bibliographie

- Conseil international de contrôle du fleuve Saint-Laurent (CICFSL). Juillet 1963. *Regulation of Lac Ontario: Plan 1958-D*. Rapport présenté à la Commission mixte internationale, Ottawa et Washington.
- Conseil international de contrôle du fleuve Saint-Laurent (CICFSL). Juin 1997. *An Updated Regulation Plan for the Lac Ontario-St. Lawrence River System*. Rapport présenté à la Commission mixte internationale, Ottawa et Washington.
- Conseil international de l'Étude du renvoi sur les niveaux d'eau des Grands Lacs. Mars 1993. *Étude du renvoi sur les niveaux d'eau : bassin du Saint-Laurent et des Grands Lacs*. Rapport principal. Rapport présenté à la Commission mixte internationale, Ottawa et Washington.

Plan 1958-DD – Annexe

Description détaillée des modifications apportées au plan 1958-D dans le plan 1958-DD

La présente section décrit la logique qui sous-tend les changements effectués afin de simuler le Plan 1958-D avec écarts.

Note : qm = quart de mois

Conversion des unités métriques en unités impériales : $1 \text{ m}^3/\text{s} = 35,314 \text{ 67 pi}^3/\text{s}$; $1 \text{ mètre} = 3,280 \text{ 84 pieds}$

Réduction du débit afin d'emmagasiner l'eau dans le lac Ontario au printemps et en été

De la mi-mars (qm 11) à la fin d'août (qm 32).

Si les écarts accumulés sont plus petits que $-1 \text{ 800 m}^3/\text{s-qm}$ (environ 6 cm emmagasinés dans le lac Ontario) ET si le niveau du lac Ontario est plus de 5 cm sous le niveau cible, alors réduire le débit de la courbe de gestion ajustée de $300 \text{ m}^3/\text{s}$.

Le niveau cible, soit le niveau moyen du lac Ontario pour la période 1900-2001, est donné par le tableau B-1 qui suit.

Tableau B-1 : Niveau cible du lac Ontario au début du quart de mois (m, SRIGL, 1985)

qm	niveau (m)	qm	niveau (m)
1	74,54	25	75,03
2	74,55	26	75,02
3	74,56	27	75,00
4	74,57	28	74,98
5	74,58	29	74,96
6	74,58	30	74,92
7	74,58	31	74,90
8	74,59	32	74,86
9	74,61	33	74,82
10	74,63	34	74,79
11	74,65	35	74,76
12	74,70	36	74,72
13	74,75	37	74,69
14	74,83	38	74,66
15	74,87	39	74,63
16	74,92	40	74,61
17	74,96	41	74,58
18	74,98	42	74,56
19	75,00	43	74,55
20	75,03	44	74,54
21	75,04	45	74,54
22	75,04	46	74,54
23	75,04	47	74,54
24	75,04	48	74,54

Utilisation de la limite J du plan 1998

La limite J donne la variation de débit permise d'une période à l'autre.

Si le niveau du lac Ontario > 75,20 m, alors permettre une augmentation J de 1 420 m³/s.
Sinon, l'augmentation J est de 570 m³/s.

Lorsque les débits sont descendants, la diminution J reste à 570 m³/s.

(On se souviendra qu'une autre limite peut avoir préséance sur la limite J. L'« augmentation J » est une limite maximale et la « diminution J » est une limite minimale. Si une limite maximale est plus petite qu'une limite minimale, c'est la limite maximale qui est appliquée, comme, par exemple, pour la réduction du débit à cause de la limite maximale lors de la formation du couvert de glace.)

Limite P du plan 1998 et autres modifications

Modification de la limite de débit du lac Saint-Louis afin de réduire les inondations.

Si le lac Ontario est plus bas que 75,2 m, alors :

Du 1^{er} qm de février au 3^e qm d'avril :

limiter le débit du lac Ontario de manière que ce débit additionné à la différence entre les prévisions (parfaites dans le plan 1958-DD) de débit du lac Saint-Louis et du lac Ontario soit inférieur au débit d'inondation du lac Saint-Louis, soit 11 500 m³/s.

$Q_{ont} = 11\,500 - (Stl - Ont)$

(correspond à un niveau d'alerte de 22,1 m calculé à l'aide de la relation de Pointe-Claire ou la limite originale P du plan 1958-D, en retenant la limite la plus petite).

Pour le reste de l'année :

limiter le débit du lac Ontario de manière que ce débit additionné à la différence entre les prévisions (parfaites dans le plan 1958-DD) de débit du lac Saint-Louis et du lac Ontario soit inférieur au débit d'inondation du lac Saint-Louis, soit 11 500 m³/s.

Si le niveau du lac Ontario est au-dessus de 75,2 m et en dessous de 75,45 m, alors :
utiliser 12 400 m³/s (correspond au niveau d'inondation de 22,33 m).

Si le niveau du lac Ontario est au-dessus de 75,45 m, alors :
retourner à la limite P originale ou à 12 400 m³/s, en retenant le débit le plus élevé.

Limite I modifiée du plan 1998

Remplacement de la limite L hivernale du plan 1958-D par une nouvelle limite I calculée à partir du niveau à Long Sault (saisonnier de façon à tenir compte de la navigation commerciale et des conditions de glace).

1. Si le couvert de glace se forme à Beauharnois ou s'il se formait à Beauharnois pendant la période précédente (nous considérons donc qu'il se forme dans la zone internationale), la limite maximale de débit est de 6 230 m³/s.

2. Si $qm = 48$ OU $qm < 13$, ALORS nous supposons qu'il n'y a pas de navigation dans la Voie maritime et que le débit maximal est basé sur les niveaux limites à Long Sault et les apports (indicateur d'apport ajusté).

```

SELECT CASE indicateur d'apport ajusté
CASE IS < 0
    Niveau cible de Long Sault = 72,2 m
CASE 0 TO 100
    Niveau cible de Long Sault = 72,0 m
CASE ELSE
    Niveau cible de Long Sault = 71,8 m
END SELECT

```

Révision visant à prévenir que le niveau baisse de façon excessive en aval lorsque le lac Ontario est très bas, pour les données stochastiques et reliées aux changements climatiques.

```

IF Niveau du lac Ontario < 73,60 m THEN
    Niveau cible de Long Sault = Niveau cible de Long Sault – 0,2 m

```

Nous calculons le débit afin de produire le niveau cible de Long Sault avec le facteur de rugosité des glaces prévu. L'équation suivante calcule le débit limite, LSq (m^3/s), pour un niveau donné à Kingston, un niveau au barrage Long Sault ($LSlev$) et une rugosité « n ».

$$LSq = 22,9896 (\text{Niveau à Kingston} - 62,4)^{2,2381} ((\text{Niveau à Kingston} - LSlev)/n)^{0,387}$$

3. Nous limitons le débit maximal avec glaces à 9 430 m^3/s , soit le débit maximal atteint en période de glace (en 1987).

4. Chaque hiver, pendant la période suivant les dernières glaces dans la section internationale, nous permettons un débit maximal de 9 500 m^3/s et, pendant la période suivante, un débit maximal de 10 000 m^3/s . Ces limites ont été ajoutées pour tenir compte de la possibilité qu'il reste encore des glaces à Beauharnois et à Coteau après leur disparition de la section internationale.

Modification de la limite L de débit maximal du plan 1958-D pendant la saison de navigation

S'applique pour la saison de navigation supposée, soit du 1^{er} avril au 3^e quart de mois de décembre.

Nous utilisons les limites L du plan 1958-D si le niveau du lac Ontario est inférieur à 75,13 m. Alors, comme dans le plan 1998 :

Si le niveau du lac Ontario est entre 75,13 m et 75,44 m,
alors limite L = 8 780 m^3/s + augmentation linéaire jusqu'à 9 910 m^3/s à 75,44 m.

Dans le plan 1998, si le niveau dépasse 75,44 m,
alors limite L = 9 910 m^3/s .

Mais, il y a des modifications dans les cas extrêmes, Le niveau de 75,7 m est une estimation du seuil au-delà duquel nous observons des conditions extrêmes d'inondation empêchant temporairement la circulation dans la Voie maritime. Il s'agit du débit par qm le plus élevé jamais observé en saison de navigation.

Si nécessaire, nous remplaçons la limite L afin de garder le niveau à Long Sault au-dessus du minimum de la Voie maritime. À Long Sault, on utilise comme limite 72,6 m, puisqu'elle est basée sur le niveau du lac Ontario au début de la période. Pour faire face aux niveaux très faibles, si le lac Ontario est plus bas que le zéro des cartes (74,20 m), nous permettons au niveau de Long Sault de descendre sous la limite de 72,6 m afin de fournir assez d'eau en aval.


```

IF Niveau du lac Ontario > 74,20 m THEN
  IsMintarget = 72,6 m
ELSE
  IsMintarget = 72,6 m – (74,2 m – Niveau du lac Ontario)
END IF

```

maxLS = LSq (Niveau à Kingston, IsN, IsMintarget)

Si le débit maximal nécessaire pour garder Long Sault au dessus de 72,6 m < limite L normale, alors la limite L devient égale à ce débit.

Limite P* modifiée

Si le niveau du lac Ontario dépasse 74,30 m, nous utilisons une limite P* révisée afin de garder le débit du lac Saint-Louis au dessus de 6 800 m³/s (ce qui correspond à un niveau du lac Saint-Louis d'environ 20,64 m). Si le niveau du lac Ontario dépasse 74,20 m tout en étant inférieur à 74,30 m, nous gardons le débit du lac Saint-Louis à plus de 6 400 m³/s (20,5 m). Si le niveau du lac Ontario dépasse 73,80 m tout en étant inférieur à 74,20 m, nous gardons le débit du lac Saint-Louis à plus de 6 100 m³/s (20,4 m). Si le niveau du lac Ontario est plus petit que 73,80 m, nous gardons le débit du lac Saint-Louis à plus de 5 770 m³/s (20,3 m). De plus, si le niveau du lac Ontario est inférieur au niveau cible de plus de 35 cm (voir le tableau B-1 plus haut), nous réduisons ces cibles de débit du lac Saint-Louis de 200 m³/s.

Si le niveau du lac Ontario est sous les 74,20 m, nous fixons la limite M à la limite P*.

Ces règles s'appliquent pendant toute l'année.

Dans l'algorithme suivant, stlont est égal au débit du lac Saint-Louis moins celui du lac Ontario :

```

SELECT CASE Niveau du lac Ontario
CASE IS > 74,30
  MINPSTAR = 6800 - stlont
  IF devlev <= -0,35 THEN
    MINPSTAR = MINPSTAR - 200
  END IF
CASE 74,20 TO 74,30
  MINPSTAR = 6400 - stlont
  IF devlev <= -0,35 THEN
    MINPSTAR = MINPSTAR - 200
  END IF
CASE 73,80 TO 74,20
  MINPSTAR = 6100 – stlont
  MINM = MINPSTAR force la limite M à être égale à P* si le lac Ontario est plus bas que 74,2 m
CASE 73,60 TO 73,80
  MINPSTAR = 5770 - stlont
  MINM = MINPSTAR force la limite M à être égale à P* si le lac Ontario est plus bas que 74,2 m
CASE IS < 73,60
  MINPSTAR = 5200 – stlont
  MINM = MINPSTAR force la limite M à être égale à P* si le lac Ontario est plus bas que 74,2 m
END SELECT

```

Si le niveau du lac Ontario dépasse 74,40 m, nous ne permettons pas à la limite P* d'être plus petite que la limite P* du plan 1958-D pendant la période allant du qm 12 au qm 47.

```
IF qm > 11 AND qm < 48 THEN
  IF Niveau du lac Ontario > 74.40 THEN
    MINPSTAR = Max(MINPSTAR, pstar58d)
  END IF
END IF
```

Choix d'une limite de débit

Comme limite maximale, nous choisissons la moindre des différentes limites maximales disponibles (L, I, P, J+). La limite minimale choisie est la plus grande des limites minimales disponibles (P*, M, J-). Comme dans 1958-D, si une limite maximale est plus petite qu'une limite minimale, c'est la limite maximale qui s'applique.

Accumulation et mise à zéro des écarts simulés

Dans le plan 1958-DD, nous notons et accumulons la différence entre les débits simulés par le plan 1958-DD et ceux prescrits par le plan 1958-D. Ces écarts accumulés équivalent à une différence pour les niveaux du lac Ontario résultant des débits simulés par le plan 1958-DD et ceux résultant des débits prescrits par le plan 1958-D. Les règles du plan 1958-DD utilisent le niveau du lac Ontario simulé par le plan 1958-DD, alors que celles du plan 1958-D utilisent les niveaux calculés comme s'il n'y avait pas eu d'écarts. Comme dans la réalité, si les écarts deviennent trop importants (c.-à-d. si la différence entre le niveau réel du lac Ontario et celui calculé dans le cadre du plan 1958-D devient si importante que les débits calculés à l'aide du plan-1958-D ne sont plus réalistes pour les conditions qui prévalent), nous remettons les écarts accumulés à zéro. Ceci équivaut à remettre le niveau du lac Ontario calculé à l'aide du plan 1958-D au niveau réel. Cette remise à zéro a été faite à huit reprises depuis 1963.

Dans le plan 1958-DD, les écarts accumulés sont remis à zéro :

- si les écarts accumulés dépassent +10 000 m³/s-qm en juillet ou en août, **then the accumulated deviations are reset to zero.**
- si les écarts accumulés sont inférieurs à -7 000 m³/s-qm à la fin de mars, **then the accumulated deviations are reset to zero.**

```
SELECT CASE accdev
CASE IS > 10000
  IF Mois >= 7 AND Mois < 9 THEN
    accdev = 0
    clev = Niveau du lac Ontario
  END IF
CASE IS < -7000
  IF mois = 3 AND qm = 4 THEN
    accdev = 0
    clev = Niveau du lac Ontario
  END IF
END SELECT
```

où « clev » est le niveau calculé selon le plan 1958-D.

Précision du niveau du lac Ontario

Le simulateur du plan 1958-DD possède le même degré de précision que les activités réelles, puisque le niveau du lac Ontario y est déterminé au centimètre près avant d'être utilisé dans les calculs. Toutefois, afin de suivre le niveau du lac Ontario de façon plus précise et d'éviter les problèmes reliés au manque de précision des logiciels avec seulement deux décimales, le niveau est mesuré en mètres avec une précision de 6 décimales. Pour plus de cohérence avec les activités réelles, ce nombre à 6 décimales est, à chaque pas de temps, arrondi à 2 décimales avant d'être utilisé dans les algorithmes du plan.

Description des plans de régularisation proposés

Plan A⁺

Plan B⁺

Plan D⁺

Plan A⁺ : plan économique équilibré

L'élaboration du plan A⁺ s'est faite en deux temps. Nous avons tout d'abord utilisé un modèle d'optimisation afin de générer une famille de courbes servant à déterminer le débit du lac Ontario à partir de son niveau. L'application exclusive de ces courbes ayant produit des résultats indésirables, le plan a été modifié en y ajoutant des ajustements et des limites basés sur des prévisions et sur d'autres conditions du système.

Phase I : optimisation

Le modèle d'optimisation minimise les écarts escomptés par rapport aux niveaux cibles pour le lac Ontario, le lac Saint-Louis, le port de Montréal et la région de Sorel, par rapport à des débits cibles. Toutes ces cibles varient pendant l'année et sont dérivées des indicateurs de performance pertinents ou de sources d'information similaires. On trouvera, à la fin de la présente section, un graphique pour chaque ensemble de cibles.

L'optimisation minimise l'écart probable de ces cibles, étant donné que les apports sont incertains. Pour tenir compte de l'incertitude de ces apports futurs, le modèle utilise une approche probabiliste. Les apports historiques du lac Ontario (apport total net [ATN] de 1900 à 2000) ont été divisés également en cinq catégories (de très sec à très humide), selon les apports annuels totaux. Nous avons posé l'hypothèse que ces apports sont fortement corrélés aux précipitations annuelles et qu'ils fournissent donc une bonne indication des années sèches ou humides.

Pour chacune des classes de débits, nous avons choisi, comme année représentative, celle pour laquelle les apports totaux sont les plus près des apports annuels totaux moyens pour cette catégorie. Tous les apports et les facteurs de glace associés à cette classe de débits sont ceux de l'année représentative : très sec – 1933, sec – 1937, modéré – 1903, humide – 1954, très humide – 1993.

Nous avons construit une matrice de transition permettant de définir, étant donné la classe de débit de l'année précédente, la probabilité que l'année à venir fasse partie d'une des classes de débits. Nous avons déterminé ces probabilités de transition à l'aide des données historiques sur les apports pendant une période de 101 ans (tableau B-2 ci-dessous).

Tableau B-2 : Matrice de transition de la probabilité des conditions météo

Année précédente/ année suivante	TRÈS SEC	SEC	MODÉRÉ	HUMIDE	TRÈS HUMIDE
TRÈS SEC	0,57	0,33	0,10	0	0
SEC	0,32	0,33	0,25	0,10	0
MODÉRÉ	0,05	0,22	0,11	0,41	0,21
HUMIDE	0,06	0,12	0,38	0,28	0,16
TRÈS HUMIDE	0	0	0,16	0,21	0,63

Ces probabilités représentent les probabilités qu'une année soit marquée par un type spécifique de météo (très sec, sec, modéré, etc.) après une année caractérisée par le même type de météo ou par un autre. Ainsi, si 2004 est une année très humide, il est très probable (à 63 %) que l'année 2005 sera elle aussi très humide, mais la probabilité que 2005 soit une année modérée n'est que de 21 %.

Nous déterminons la catégorie d'apport (sec, humide, etc.) de l'année précédente à l'aide du niveau actuel du lac Ontario. La raison en est que, même si les niveaux du lac Ontario sont fortement régularisés, une série d'années humides peut produire des niveaux plus élevés que la moyenne et une sécheresse prolongée, des niveaux plus faibles que la moyenne. Les niveaux du lac Ontario et les conditions météorologiques correspondantes sont données dans le tableau B-3 qui suit.

Tableau B-3 : Niveaux du lac Ontario et météo correspondante de l'année précédente

Niveau du lac Ontario	Météo de l'année précédente
Moins de 74 m	Très sec
Entre 74 m et 74,5 m	Sec
Entre 74,5 m et 75 m	Modéré
Entre 75 m et 75,5 m	Humide
Plus de 75,5 m	Très humide

Note : 1 mètre = 3,280 84 pieds

Si, au début d'une période donnée, le lac Ontario est à 75,3 m (247,05 pi), l'année précédente (les 48 quarts de mois précédents) est considérée humide. Nous pouvons alors utiliser la matrice de transition pour déterminer la probabilité que l'année suivante soit très sèche, sèche, etc.

Nous exécutons le modèle pendant 48 périodes (chaque quart de mois de l'année) et pour chacune des cinq classes de niveaux du lac afin de produire 48 courbes d'écoulement, soit une par quart de mois. On trouvera, à la fin de la présente section, une matrice et un graphique de toutes les courbes.

Phase II : ajustements et limites

Pour améliorer la performance du plan A+, nous avons appliqué différentes limites et ajustements à la courbe d'écoulement de chaque quart de mois.

Étape 1 – Ajustements selon l'apport total net (ATN) : Nous pouvons effectuer de nombreux ajustements à partir de l'ATN au lac Ontario. On suit une moyenne mobile de l'ATN sur 10 quarts de mois et on l'utilise comme indicateur de conditions humides ou sèches. Nous utilisons aussi une prévision annuelle de l'ATN pour identifier les conditions humides. Le tableau B-4 montre les ajustements faits à partir de la moyenne mobile de l'ATN.

Tableau B-4 : Ajustements à partir de la moyenne mobile de l'ATN

Condition	Ajustement
Moyenne mobile de l'ATN sur 10 qm > 9 750 m ³ /s (344 300 pi ³ /s) ET Niveau actuel du lac Ontario > 75,4 m (247,38 pi)	Augmentation de 25 % de l'écoulement prévu par la courbe
Moyenne mobile de l'ATN sur 10 qm < 7 500 m ³ /s (264 900 pi ³ /s)	Diminution de 5 % de l'écoulement prévu par la courbe
Moyenne mobile de l'ATN sur 10 qm < 5 750 m ³ /s (203 000 pi ³ /s)	Diminution de 20 % de l'écoulement prévu par la courbe

Si aucune de ces conditions de la moyenne mobile de l'ATN ne s'applique, nous faisons l'ajustement suivant basé sur la prévision annuelle de l'ATN, comme le montre le tableau B-5.

Tableau B-5 : Ajustement basé sur la prévision annuelle de l'ATN

Condition	Ajustement
Prévision annuelle de l'ATN > 7 700 m ³ /s (271 900 pi ³ /s)	Augmentation de 10 % de l'écoulement prévu par la courbe

Les trois ajustements basés sur la moyenne mobile de l'ATN sont prioritaires; si nous commençons à utiliser un de ces ajustements, nous n'appliquons pas celui qui est basé sur la prévision annuelle de l'ATN.

Étape 2 – Lissage du débit : Puisque chaque quart de mois a sa propre courbe, le plan A+ peut produire des débits variant de façon plutôt irrégulière d'un quart de mois à l'autre. Pour empêcher cela, nous appliquons un simple algorithme de lissage qui ralentit le rythme auquel le plan A+ peut faire varier les débits. Cet algorithme fait la moyenne entre les deux derniers débits et celui produit à l'étape 1, en donnant un double poids au débit de l'étape 1.

$$\text{Nouveaux débits} = [2 \times (\text{Débit de l'étape 1}) + (\text{Débit @ } t - 1) + (\text{Débit @ } t - 2)]/4$$

où : Débit de l'étape 1 = le débit ajusté selon la moyenne mobile et la prévision annuelle de l'ATN,
 Débit @ $t - 1$ = le débit final du quart de mois précédent,
 Débit @ $t - 2$ = le débit final d'il y a deux quarts de mois.

Cet algorithme n'est utilisé que si le niveau actuel du lac Ontario est $\leq 75,55$ m (247,87 pi). Si le niveau du lac dépasse 75,55 m (247,87 pi), alors nous n'appliquons pas l'algorithme de lissage de manière à pouvoir augmenter les débits assez rapidement pour éviter les inondations.

Étape 3 – Limite J : Nous appliquons aussi une limite J afin de limiter les changements de débit d'un quart de mois à l'autre en se basant sur le niveau actuel du lac Ontario.

Tableau B-6 : Limite J basée sur le niveau du lac Ontario

Niveau du lac Ontario	Limite J du plan A+ J
> 75,5 m (247,7 pi)	2 100 m ³ /s (74 200 pi ³ /s)
$\leq 75,5$ m (247,7 pi)	700 m ³ /s (24 700 pi ³ /s)

On notera que, parce que les algorithmes sont appliqués après la limite J, deux autres facteurs peuvent entraîner une violation de cette limite, soit 1) les réductions de débit à cause de la présence de glace et 2) les réductions de débit afin d'éviter les inondations en aval.

Étape 4 – Prévention des inondations en aval : Nous ajustons le débit afin de prévenir les inondations en aval. Aux fins de la simulation, on effectue ces ajustements en se servant de l'indicateur de prévision parfaite de la crue élaboré par David Fay. Nous limitons le débit afin d'empêcher le lac Saint-Louis de monter au-dessus d'un certain niveau, déterminé selon le niveau du lac Ontario, comme l'indique le tableau B-7.

Tableau B-7 : Ajustement pour prévenir les inondations en aval

Niveau du lac Ontario	Limite du lac Saint-Louis
< 75,4 mètres (247,38 pi)	22,3 mètres (73,16 pi)
$\geq 75,4$ m (247,38 pi) et < 75,5 mètres (247,7 pi)	22,4 mètres (73,49 pi)
$\geq 75,5$ m (247,7 pi) et < 75,6 mètres (248,03 pi)	22,6 mètres (74,15 pi)
$\geq 75,6$ m (248,03 pi) et < 75,7 mètres (248,36 pi)	22,7 mètres (74,48 pi)
$\geq 75,7$ mètres (248,36 pi)	22,8 mètres (74,80 pi)

Étape 5 – Limites de glaces : Le plan A+ utilise exactement les mêmes limites de glaces que le plan 1998. Pendant la saison sans navigation, le débit maximal autorisé est le débit qui gardera le niveau à Long Sault à 71,8 m (235,56 pi) ou plus. De plus, pendant la période de formation du couvert de glace, le débit maximal autorisé est de 6 250 m³/s (220 700 pi³/s). Nous appliquons la moindre de ces deux limites.

Étape 6 – Débit minimal autorisé : Nous appliquons une limite minimale absolue de 4 000 m³/s (141 300 pi³/s).

Niveaux et débits cibles pour le modèle d'optimisation

Niveaux et débits cibles

Les niveaux cibles indiqués dans les figures B-14 à B-17 proviennent du fichier PowerPoint PIAG_Yr4_Draft_17, qui présente tous les critères actuels suggérés. Pour une période donnée, le niveau cible maximal est le plus petit des différents niveaux maximaux et le niveau cible minimal est le plus grand des différents niveaux minimaux (1 mètre = 3,280 84 pi et 1 m³/s = 35,31467 pi³/s).

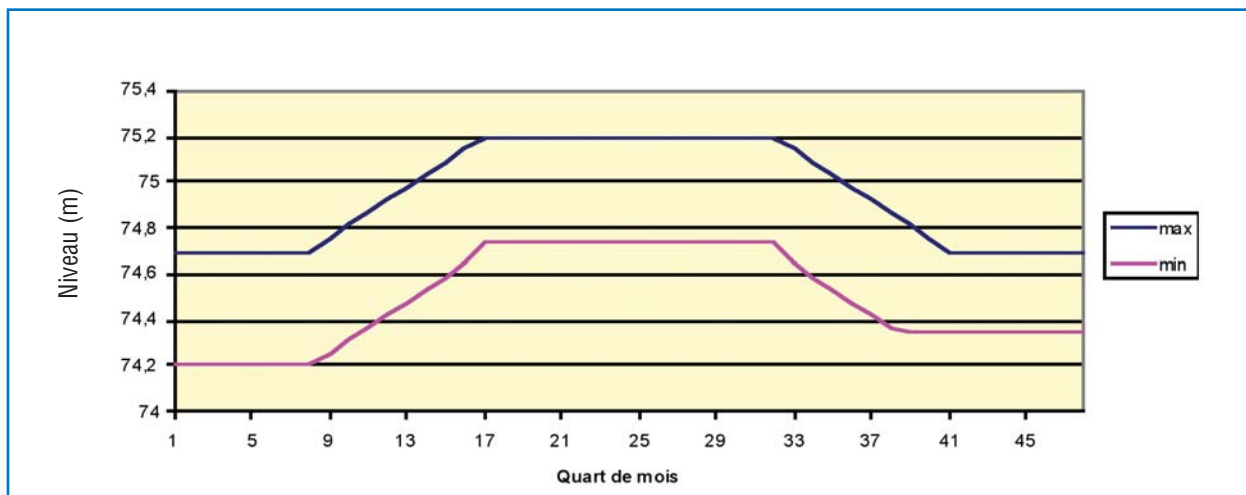


Figure B-14 : Niveaux cibles du lac Ontario

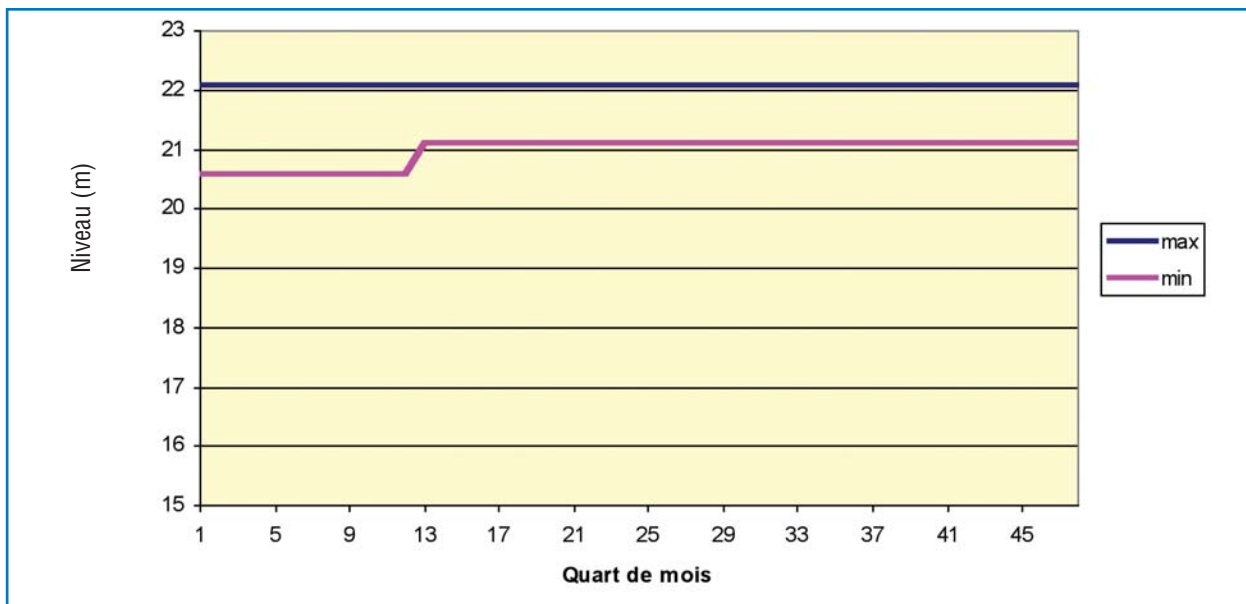


Figure B-15 : Niveaux cibles du lac Saint-Louis à Pointe-Claire

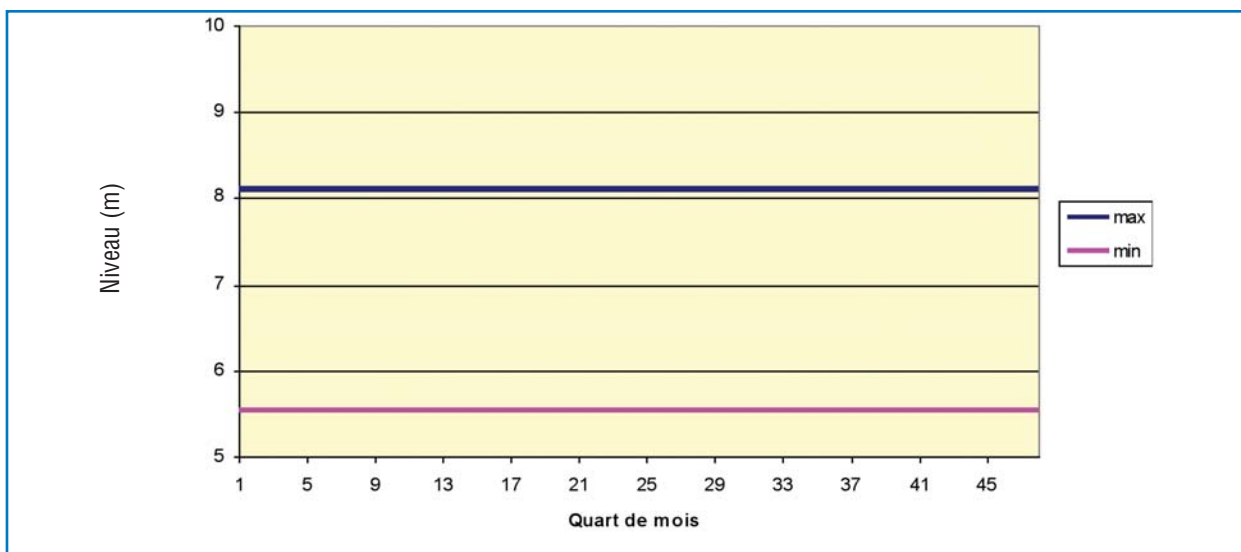


Figure B-16 : Niveaux cibles du port de Montréal.

Les débits cibles maximal et minimal ont été ajustés de manière à maximiser l'efficacité de la production hydroélectrique estivale (prix élevé de l'électricité) :

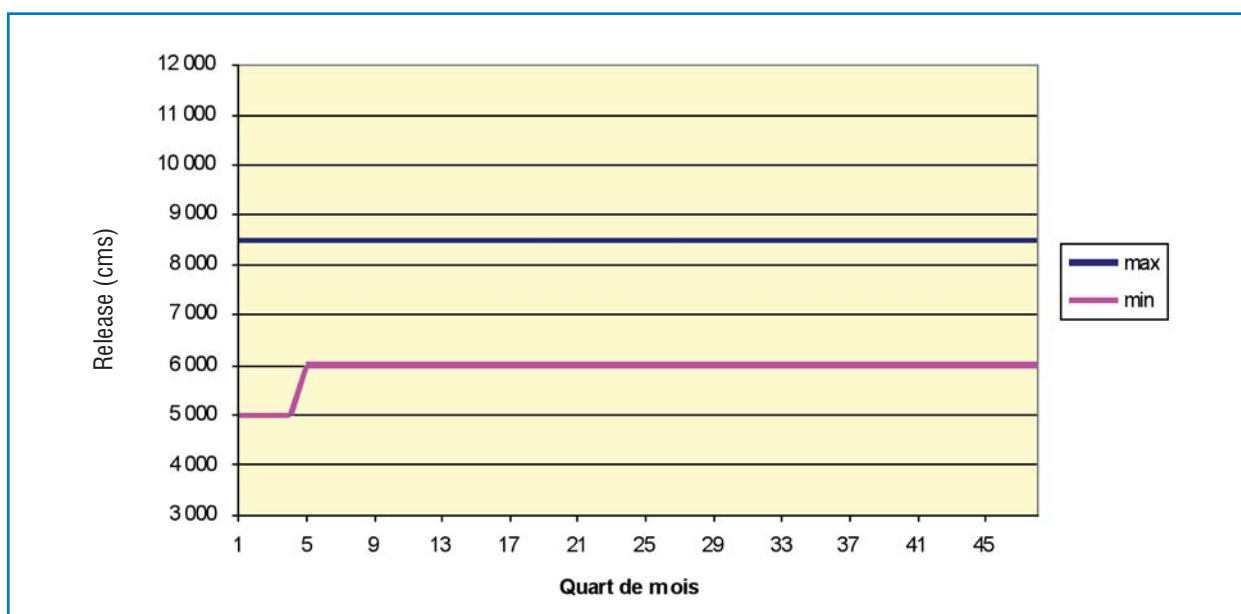


Figure B-17 : Débits cibles de l'hydroélectricité

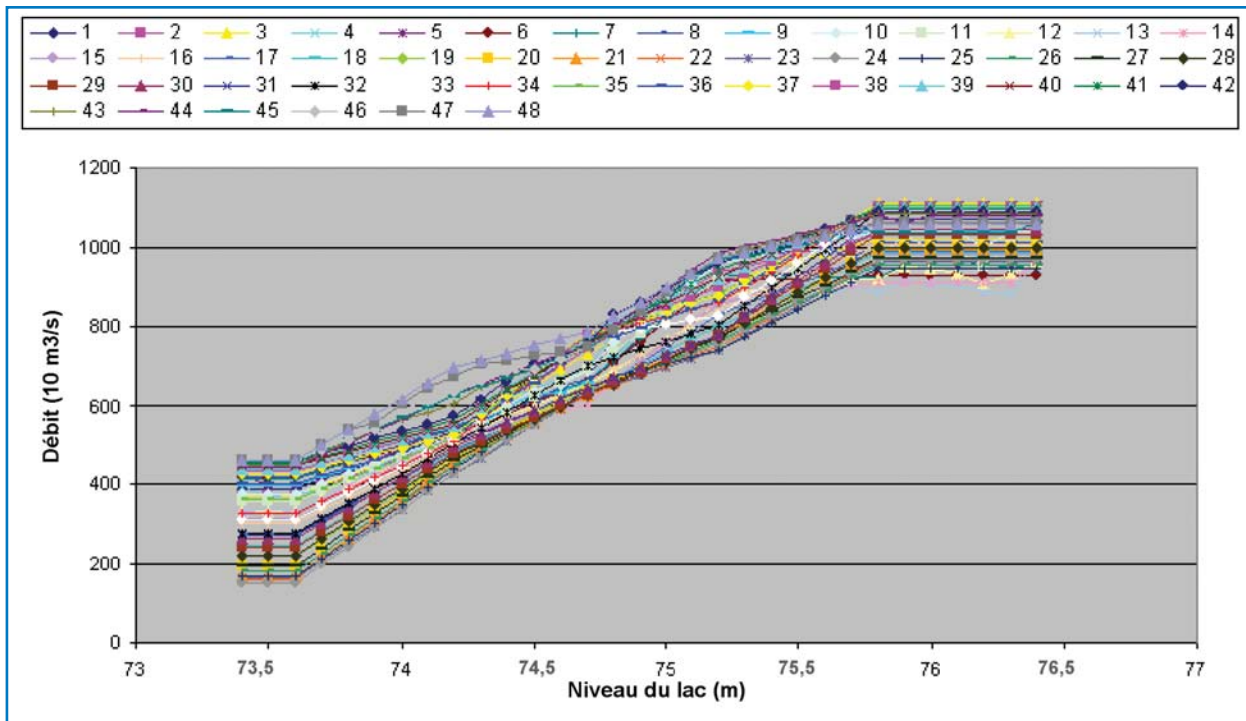


Figure B-18 : Courbes du plan A+ par quart de mois

Plan B+ : plan environnemental équilibré

Objectifs

Le plan B+ tente de ramener le système lac Ontario/fleuve Saint-Laurent à un régime hydrologique plus naturel, près de la situation qui existait avant la régularisation du lac, tout en limitant les effets négatifs sur les autres groupes d'intérêt. Ce plan vise les buts suivants :

- maintenir des niveaux et des débits saisonniers plus naturels dans le lac et le fleuve;
- stabiliser les débits du lac;
- obtenir les niveaux (hauts et bas) interannuels nécessaires à la santé des habitats végétaux;
- améliorer la diversité, la productivité et la durabilité des espèces sensibles aux fluctuations du niveau d'eau;
- réduire au minimum les inondations et l'érosion autour du lac et le long du fleuve;
- réduire au minimum les effets sur la navigation de plaisance.

Le plan détermine les débits du lac à l'aide de prévisions à court et à long termes de l'apport d'eau et de la relation hauteur-débit d'« avant-projet » (avant la réalisation du projet d'aménagement hydroélectrique). On applique des limites de débit afin d'assurer un débit minimal du fleuve, la formation d'un couvert de glace stable dans le Saint-Laurent, des conditions de navigation acceptables, la sécurité des ouvrages de régularisation et le contrôle des variations de débit d'une semaine à l'autre. On inclut aussi deux algorithmes visant à réduire les risques d'inondation autour du lac et le long du fleuve. Le plan propose également au CICFSL un cadre pour une politique sur les écarts.

Méthode

Courbes des règles de gestion

Les débits du lac sont en grande partie régis par une courbe variable basée sur la relation hauteur-débit d'avant-projet et s'ajustant à la situation à long terme des apports. Essentiellement, le débit augmente lorsque les prévisions d'apport d'eau tendent vers des valeurs supérieures à la normale et diminue lorsque les prévisions tendent vers des valeurs inférieures à la normale.

Pour un apport d'eau supérieur à la normale, le débit est déterminé comme suit :

$$\text{Débit}_t = \text{Débit d'avant - projet} + \left[\frac{F_ATN - A_ATN_{moy}}{A_ATN_{max} - A_ATN_{moy}} \right]^{P_1} x(C_1)$$

Pour un apport d'eau inférieur à la normale, on détermine le débit comme suit :

$$\text{Débit}_t = \text{Débit d'avant - projet} - \left[\frac{A_ATN_{moy} - F_ATN}{A_ATN_{moy} - A_ATN_{min}} \right]^{P_2} x(C_2)$$

où F_ATN est la prévision d'apport total net et A_ATN le maximum, le minimum et la moyenne de la prévision d'apport total net annuel. Les constantes C_1 et C_2 déterminent le taux d'ajustement du débit d'avant-projet. Les exposants P_1 et P_2 servent à accélérer ou ralentir le rythme d'ajustement du débit. Les valeurs calibrées de C_1 et de C_2 sont respectivement égales à 2 200 m³/s (77 700 pi³/s) et 400 m³/s (14 100 pi³/s). Les valeurs de P_1 et de P_2 sont respectivement égales à 0,9 et 1,0.

Pour lisser la variabilité des débits d'un quart de mois à l'autre, on calcule de la façon suivante la moyenne des prévisions de débits à court terme pour les t quarts de mois à venir :

$$\text{Débit} = \frac{\sum_{t=1}^{t=n\text{prévisions}} \text{Débit}_t}{n\text{prévisions}}$$

Ce calcul de la moyenne a aussi pour effet d'accélérer les débits pendant les périodes de crue (printemps) et de les ralentir pendant les périodes de décrue (automne). L'analyse de sensibilité et l'évaluation de la validité des prévisions indiquent que les prévisions des quatre prochains quarts de mois sont optimales.

La relation d'avant-projet est celle élaborée par Caldwell et Fay (2002). Nous avons fixé l'élément représentant le mouvement différentiel de la croûte terrestre afin de simuler les conditions en 2010.

Limites de débit

On utilise les limites de débit du plan 1998, avec quelques modifications :

- Limite M – débit minimal pour la production hydroélectrique et la navigation en aval. Si le lac baisse à moins de 74,2 m (243,44 pi), on ne tient pas compte des limites reliées à la production hydroélectrique et le débit minimal dépend des besoins du fleuve en aval.
- Limite L – débit maximal pour le maintien d'un niveau et d'un débit permettant la navigation dans la section internationale du fleuve. Si le niveau du lac dépasse 75,7 m (248,36 pi), nous ne tenons pas compte de la limite L et limitons le débit maximal à 11 500 m³/s (406 200 pi³/s).
- Limite I – débit maximal pour la formation et la stabilité du couvert de glace ou débit maximal permettant de produire un niveau de 71,8 m (235,56 pi) au barrage Long Sault.
- Limite J – variation maximale du débit d'une période à l'autre, à moins qu'une autre limite soit prioritaire. La variation permise est de 700 m³/s (24 700 pi³/s). Si le niveau du lac dépasse 75,2 m (246,72 pi) et qu'il n'y a pas formation du couvert de glace, la variation de débit peut atteindre 1 420 m³/s (50 100 pi³/s).

Autres algorithmes

Le plan B⁺ fait appel à deux algorithmes supplémentaires afin de réduire les risques d'inondation en amont et en aval. Le premier vise à réduire le niveau du lac Ontario à 74,8 m (245,41 pi) avant le 1^{er} janvier lorsque le niveau du lac dépasse 75 m (246,06 pi) au début de septembre. Cet algorithme réduit les risques d'inondation du lac Ontario et du Saint-Laurent le printemps et l'été suivants en libérant de l'espace pour emmagasiner de l'eau et réduire le débit lors de la crue de la rivière des Outaouais. Il profite aussi (plus que le plan E) aux rats musqués du bas Saint-Laurent en réduisant les risques d'inondation de leurs repaires en hiver. Afin de répondre aux attentes des plaisanciers lors de la fin de semaine de la fête du travail, cet algorithme prévoit que le débit de la première semaine de septembre ne dépassera pas celui de la dernière semaine d'août. Le deuxième algorithme se base sur le niveau prévu à Pointe-Claire pour déterminer le débit du lac Ontario et limiter les risques d'inondation à Montréal. Il s'agit d'un algorithme à trois volets qui tente d'équilibrer les dommages causés en amont et en aval par les inondations. Si le niveau du lac Ontario est inférieur à 75 m (246,06 pi), on limite le débit de manière à ce que le niveau à Pointe-Claire soit inférieur au niveau d'alerte de 22,1 m (72,51 pi). Si le niveau du lac Ontario est égal ou supérieur à 75 m (246,06 pi), mais inférieur à 75,2 m (246,72 pi), on limite le débit de manière à ce que le niveau à Pointe-Claire soit inférieur au niveau d'inondation de 22,33 m (73,26 pi). Au-delà de 75,2 m (246,72 pi), on limite le débit du lac de manière à ce que le niveau à Pointe-Claire soit inférieur à 22,5 m (73,82 pi). Cet algorithme utilise une prévision d'un quart de mois des débits provenant de la rivière des Outaouais et des affluents locaux.

Le plan B⁺ contient aussi deux algorithmes visant à assurer l'intégrité des ouvrages de régularisation. Le premier limite le débit aux installations d'Hydro-Québec à Coteau de manière à en assurer une exploitation sécuritaire. Selon une prévision parfaite des apports locaux du lac Saint-François et la capacité maximale de Beauharnois, le débit du lac Ontario est réduit de manière à limiter le débit passant par l'ouvrage à 2 500 m³/s (88 300 pi³/s) lorsqu'il y a un couvert de glace et à 4 000 m³/s (141 300 pi³/s) le reste du temps. Le deuxième algorithme fait en sorte que les débits maintiennent un niveau de 75,6 m (248,03 pi) ou moins au barrage Iroquois afin d'y empêcher des déversements et une perte de contrôle du niveau du lac St. Lawrence. Cet algorithme a pour prémisse une connaissance parfaite des conditions de débit au moment où on l'applique; il remplace toutes les autres contraintes.

Application du plan B⁺

Hypothèses

Le plan B⁺ utilise des prévisions imparfaites des débits provenant du lac Érié, de l'apport net du bassin du lac Ontario, de l'apport total net annuel et des débits de la rivière des Outaouais et des affluents locaux. Il pose l'hypothèse d'une connaissance parfaite de la formation du couvert de glace. Les prévisions d'apport d'eau sont basées sur l'analyse des séries chronologiques des données historiques contenues dans le fichier « DataWarehouse.xls » disponible sur le site FTP « ijcstudy/pfeg/ ». De façon générale, l'erreur associée aux prévisions statistiques est semblable à celle des prévisions utilisées en temps réel. Nous n'avons pas pu utiliser de prévisions réelles parce que les méthodes d'exploitation reposent sur des données hydrométéorologiques non disponibles pour les séries chronologiques historiques ou stochastiques.

Pour tenir compte partiellement de la connaissance a priori intégrée dans le plan de comparaison, 1958-DD, nous utilisons, pour le scénario historique, l'indicateur de prévision « parfait » ou « naïf » de la crue de la rivière des Outaouais. Lorsque cela est indiqué, nous utilisons, au lieu de prévisions statistiques, des prévisions parfaites des débits de la rivière des Outaouais et des affluents locaux. Les prévisions statistiques n'ont été utilisées que pour les simulations avec des séries stochastiques.

Étapes du plan

1. Pour chacun des quatre quarts de mois à venir, prévoir l'apport total net annuel pour le lac Ontario, le débit provenant du lac Érié, l'apport net d'eau du bassin du lac Ontario, les débits de la rivière des Outaouais et des affluents locaux du lac Saint-Louis et la rugosité des glaces.
2. Pour chacun des quatre quarts de mois à venir, tenir compte séquentiellement des apports et prévoir les débits du lac à l'aide de la courbe de gestion.
3. Calculer la moyenne des quatre débits prévus afin de déterminer le débit du lac.
4. Si la période actuelle est entre les quarts de mois 33 et 48 et que le niveau du lac Ontario atteignait ou dépassait 75 m (246,06 pi) le 1^{er} septembre (fin du quart de mois 32), ajouter au débit prescrit par la courbe de gestion ce qu'il faut pour atteindre 74,8 m (245,41 pi) le 1^{er} janvier (fin du quart de mois 48), en veillant à ce que le débit du quart de mois 33 ne dépasse pas celui du quart de mois 32.
5. Appliquer les limites M, L, I et J. Si le débit prescrit par le plan dépasse le maximum des limites minimales et le minimum des limites maximales, la limite appropriée devient le débit prescrit par le plan.
6. Vérifier s'il y a lieu de réduire le débit afin de limiter le débit à l'ouvrage régulateur d'Hydro-Québec à Coteau pour en assurer une exploitation sécuritaire.
7. Si la prévision pour le prochain quart de mois à Pointe-Claire indique que le niveau à la station hydrométrique est susceptible de dépasser le niveau cible d'inondation correspondant au niveau du lac Ontario au début de la période, réduire le débit de façon à empêcher l'inondation.
8. Vérifier que le niveau au barrage Iroquois ne dépasse pas 75,6 m (248,03 pi). Ajuster le débit de manière à maintenir un niveau de 75,6 m (248,03 pi).

Mise en œuvre du plan B⁺

Mise en place

Pour mettre en œuvre le plan B⁺, il faut modifier le logiciel du plan afin de faire passer le pas de temps d'un quart de mois à une semaine. Nous devons établir et mettre en place un processus de prévision des débits provenant du lac Érié, de l'apport net d'eau du bassin du lac Ontario et des débits de la rivière des Outaouais et des affluents locaux. Parce que le plan est calibré selon une prévision statistique d'apport total net annuel et qu'il repose sur les apports des 48 derniers mois, ce processus de prévision peut être utilisé dans le plan opérationnel. Ce dernier devra être mis à l'essai et coordonné entre les représentants canadiens et américains de la régularisation. La mise en place du nouveau plan devrait être précédée d'une période de transition.

Idéalement, on mettra en place un plan de suivi à long terme afin de mesurer l'amélioration en matière d'environnement. Dans le cadre de ce plan, on fera de l'observation et on communiquera au CICFSL les dates du début et de la fin des périodes de reproduction des espèces de manière à éviter les effets négatifs, comme l'inondation ou l'exondation des nids.

Politique des écarts

Parce que ce plan dépend de prévisions et qu'il contient des limites de débit, on devra élaborer, afin de guider les actions du CICFSL, une série de critères et de politiques des écarts. Des politiques et critères devront être élaborées pour les cas suivants :

- conditions à l'intérieur d'une semaine
 - besoins de la navigation dans le port de Montréal
 - réponse à des situations d'urgence
 - entretien des installations hydroélectriques
- conditions à court terme
 - développement et gestion du couvert de glace sur le fleuve
 - gestion des débits du lac pendant la crue de la rivière des Outaouais

- phénomènes météorologiques graves de courte durée (tempête de verglas, tempête tropicale, etc.)
- prise en compte du début et de la fin de la période de reproduction des espèces
- atteinte du niveau cible de 74,8 m (245,41 pi) le 1^{er} janvier dans le lac Ontario
- conditions à long terme
 - sécheresse trop longue pour répondre aux besoins des habitats végétaux
 - apports élevés pendant une longue période, lorsque les débits recommandés dépassent les limites fixes de débit de façon significative

L'élaboration d'une politique des écarts rendra le plan plus souple et plus sensible tout en maintenant son objectif à long terme de viabilité environnementale.

Bibliographie

Caldwell, R., et D. Fay. 2002. *Lac Ontario Pre-project Outlet Hydraulic Relationship Final Report*. GTT sur la modélisation hydrologique et hydraulique, Étude internationale sur le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent, Commission mixte internationale.

Plan D⁺ : plan à avantages mixtes

Objectifs

Le plan D⁺, par un processus itératif, équilibre les avantages en utilisant une prévision à court terme des apports d'eau. Il a pour objectif d'accroître, plus que le plan 1958-DD, les avantages économiques et environnementaux nets de la régularisation, et ce sans perte disproportionnée pour tous les groupes d'intérêt du lac Ontario, du haut Saint-Laurent ou du bas Saint-Laurent. L'accent est mis sur la prévention, dans tout secteur, de toute perte économique ou environnementale supplémentaire à celles du plan 1958-D avec écarts, et sur la recherche d'avantages économiques et environnementaux.

Méthode

L'équilibre des avantages tient compte des principaux intérêts du système allant du lac Ontario au lac Saint-Pierre, soit :

- l'approvisionnement en eau à usage municipal, industriel et domestique;
- l'écosystème;
- les propriétés riveraines;
- la navigation de plaisance;
- la navigation dans la Voie maritime (lac Ontario, fleuve Saint-Laurent d'Ogdensburg au lac Saint-Louis);
- l'Ontario Power Generation et la New York Power Authority;
- Hydro-Québec;
- la navigation dans le port de Montréal.

Afin de déterminer les débits du lac Ontario à chaque quart de mois (ou semaine), nous utilisons, à chaque saison, dans un processus de quasi-optimisation, des relations mathématiques entre les préférences d'un ou plusieurs groupes d'intérêt et les niveaux et débits d'eau ainsi qu'une relation de fluctuation du débit. Ces relations sont illustrées aux figures B-19A à B-28. Les débits sont limités par des facteurs reliés à la formation du couvert de glace et à la rugosité des glaces et par des limites minimales et maximales de débit variant selon les conditions d'apport hydrologique.

Les paramètres, les niveaux cibles et les facteurs d'ajustement des relations propres aux intérêts non environnementaux ont été ajustés de façon itérative afin qu'ils conviennent mieux à ces intérêts. De plus, nous avons ajouté au plan D⁺ des éléments afin de réduire, jusqu'à un maximum de deux années consécutives, le niveau cible du lac Ontario pendant la période de végétation si le niveau maximal d'été du lac Ontario n'a pas été inférieur à 74,7 m (245,08 pi) pendant deux années consécutives au cours des 20 dernières années et si les débits du lac Érié ont été assez faibles pour qu'un niveau inférieur à 74,7 m (245,08 pi) soit possible. Cet ajout permet d'aider l'écosystème en faisant varier périodiquement le niveau du lac Ontario en période de végétation. (Cet élément sera décrit de façon plus détaillée après la présentation des courbes de cotation des avantages relatifs au niveau du lac Ontario.)

Les prévisions à court terme (soit celles pour le prochain quart de mois ou la semaine suivante) de l'apport net d'eau du bassin du lac Ontario, du débit du lac Érié, des débits de la rivière des Outaouais et des affluents locaux du lac Saint-Louis, de la présence d'un couvert de glace et de la rugosité des glaces sont utilisées dans une quasi-optimisation visant à déterminer les niveaux d'eau du système pour une gamme de débits. Les prévisions sont basées sur des modèles de séries chronologiques, sauf celles touchant la présence d'un couvert de glace et la rugosité des glaces, qui utilisent soit une prévision « naïve » (postulant que les valeurs du quart de mois précédent s'appliquent au quart de mois à venir), soit l'hypothèse d'une connaissance à priori d'un quart de mois afin de refléter les ajustements opérationnels pendant la semaine.

La version du plan D⁺ datant de septembre 2005 comprend des hypothèses sur les débits maximaux pendant la période des glaces qui sont plus conservatrices et plus conformes à celles des plans 1958-DD et 1998 que celles des précédents plans économiques.

Le plan D⁺ utilise des prévisions à court terme pour les séries chronologiques des apports nets du bassin du lac Ontario et du débit du lac Érié et des prévisions pour les séries chronologiques des débits de la rivière des Outaouais et des affluents locaux au lac Saint-Louis. Afin de permettre une juste comparaison avec les résultats des simulations du plan 1958-DD, ce plan pose l'hypothèse d'une connaissance préalable d'un quart de mois (prévision « parfaite ») des débits du lac Saint-Louis, comme le fait le plan 1958-DD pour les périodes pendant lesquelles il produit des niveaux élevés dans le lac Saint-Louis. Dans l'exploitation réelle, les ajustements faits pendant la semaine doivent être faits pendant ces périodes de niveau élevé, comme cela s'est fait dans le passé avec le plan 1958-DD.

Contrairement aux versions antérieures, le plan D⁺ comprend une légère augmentation de la moyenne estivale du niveau cible du lac Ontario de manière à accroître les avantages pour la production hydroélectrique, la navigation de plaisance et la navigation commerciale, sans nuire aux intérêts riverains. Les niveaux cibles en automne, en hiver et au printemps ont été soit réduits, soit gardés stables par rapport à ceux des versions antérieures des plans économiques. Les paramètres de la relation utilisant ces niveaux cibles ont également été ajustés. Les relations de la cote relative aux inondations dans le bas Saint-Laurent ont été révisées sur la base des indicateurs de performance élaborés préalablement dans l'Étude.

Étapes du plan

Les étapes suivantes servent à déterminer le débit du lac Ontario pour le quart de mois (ou la semaine) à venir :

1. Pour le quart de mois (ou la semaine) à venir, prévoir les apports d'eau pour le lac Ontario, les débits de la rivière des Outaouais et des affluents locaux du lac Saint-Louis, la présence d'un couvert de glace et la rugosité des glaces.
2. Calculer le plus petit débit d'essai du lac Ontario (d'habitude égal au débit actuel moins 400 m³/s [14 100 pi³/s]) ou la limite minimale de débit (celle-ci peut être plus petite pour avantager la formation du couvert de glace ou lors de conditions extrêmes de niveau). (Voir les exemples.)
3. À l'aide du débit d'essai, des prévisions hydrologiques et du niveau initial du lac Ontario, calculer les niveaux correspondants du lac Ontario et du fleuve en utilisant les relations connues hauteur-emmagasinement et hauteur-débit.
4. Pour ce débit d'essai, calculer la cote d'avantage de chacun des intérêts.
5. Faire la somme des cotes d'avantage afin de calculer la cote totale de ce débit d'essai.
6. Si le débit d'essai est inférieur au débit maximal (normalement égal au débit actuel plus 400 m³/s [14 100 pi³/s]) ou à la limite minimale de débit (celle-ci peut être supérieure dans des conditions extrêmes de niveau), augmenter le débit d'essai de 10 m³/s (350 pi³/s) pour obtenir le prochain débit d'essai et répéter les étapes 2 à 6.
7. Parmi l'ensemble des débits d'essai et de leurs cotes d'avantage, choisir le débit possédant la cote totale la plus élevée.

Courbes de cotes d'avantage

Les graphiques suivants présentent les courbes de cotes d'avantage utilisées par le plan D⁺ afin de déterminer le débit pour la période à venir. Ces courbes ont d'abord été élaborées afin de représenter les relations entre les niveaux ou les débits et les avantages (degré de satisfaction) pour différents usages du système, mais certaines ont été ensuite modifiées par tâtonnement afin de produire de meilleurs résultats généraux pour les indicateurs de performance plus rigoureux utilisés dans le processus d'évaluation de l'étude. Puisque les niveaux d'avantage pour différentes utilisations se recoupent souvent, il n'existe pas de courbe distincte pour chaque utilisation, chaque intérêt ou chaque emplacement.

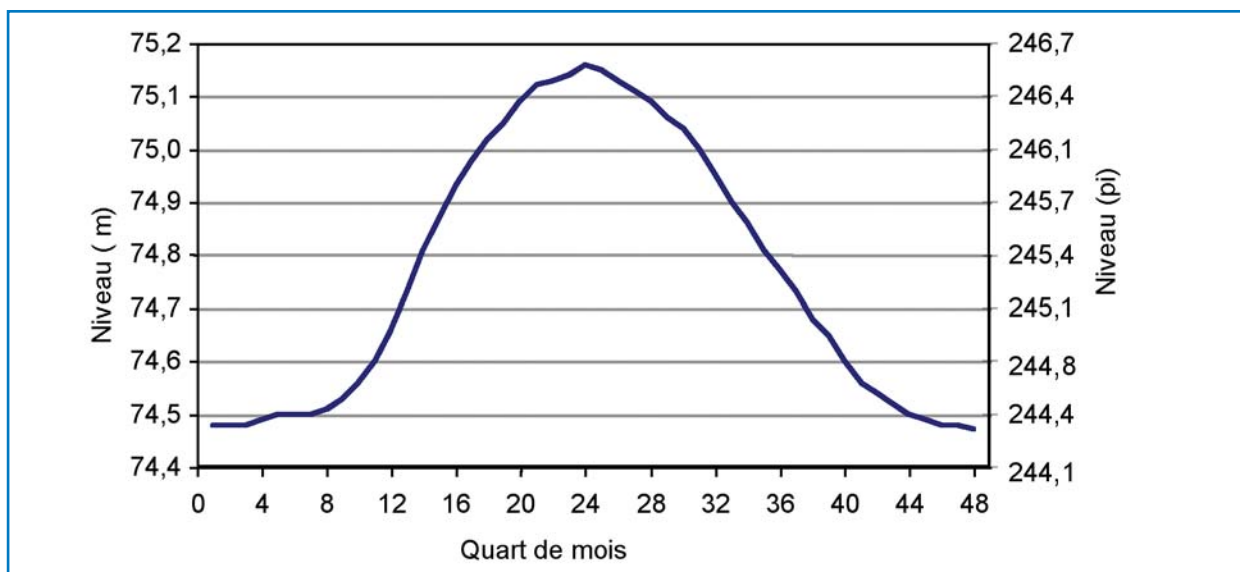


Figure B-19A : Niveau cible normal du lac Ontario

Nous estimons le niveau du lac Ontario dans la période à venir à l'aide de l'équation du bilan de l'eau (Niveau actuel + [Apport prévu – Débit d'essai]). Ce niveau prévu varie selon le débit d'essai. Selon les figures B-19A et 19B, si le niveau prévu du lac Ontario pour la période à venir est égal au niveau cible de la figure B-19A – ou, s'il s'agit d'une année pendant laquelle s'applique l'ajustement environnemental, si le niveau est égal au niveau cible de la figure B-19A moins l'ajustement –, la cote du niveau du lac Ontario est égale à 35. La figure B-19B montre que, si le niveau prévu du lac Ontario s'écarte du niveau cible, la cote diminue.

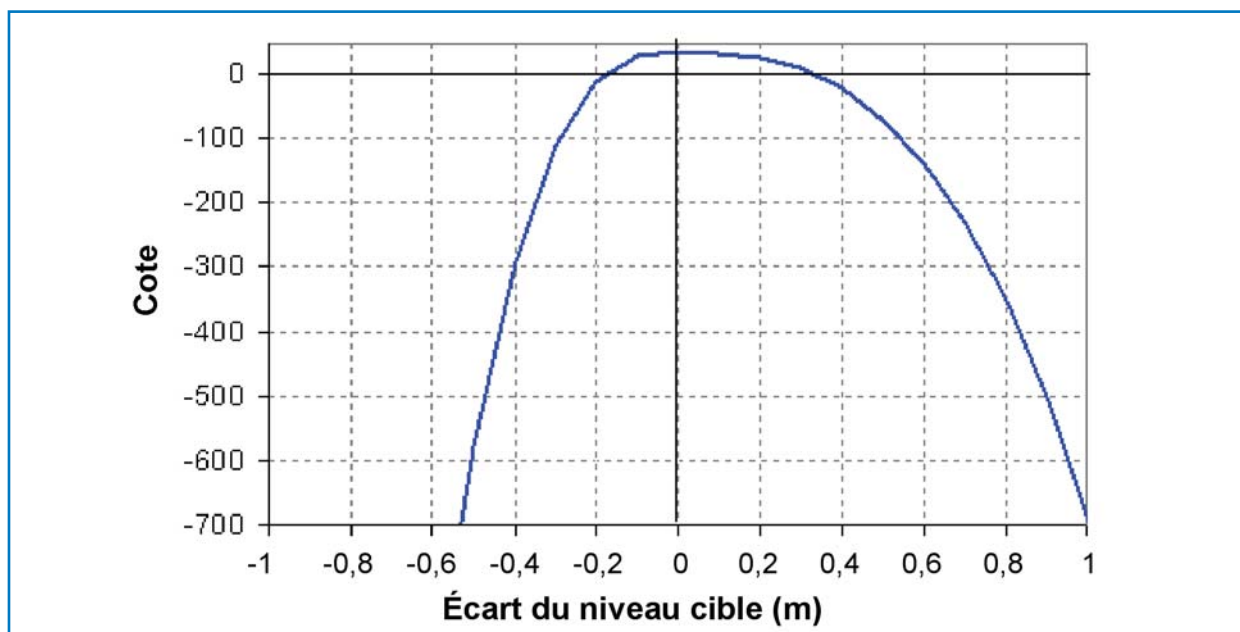


Figure B-19B : Cote du lac Ontario lorsque le niveau s'écarte du niveau cible

Plus nous nous éloignons du niveau cible, plus la cote diminue. La cote attribuée aux niveaux inférieurs au niveau cible diminue plus rapidement que celle attribuée aux niveaux qui lui sont supérieurs. Par exemple, si le niveau prévu est de 0,20 m inférieur au niveau cible, la cote du lac Ontario est d'environ -12,0. Par contre, si le niveau prévu est de 0,20 m (0,66 pi) supérieur au niveau cible, la cote du lac Ontario est d'environ 27,0. Comme on peut le constater à la figure B-19B, la cote diminue exponentiellement à mesure que le niveau prévu s'écarte du niveau cible.

Lors de l'élaboration du plan D⁺, nous avons ajusté plusieurs fois les courbes du niveau cible normal et de la cote selon l'écart du niveau cible afin de tenir compte des nombreux intérêts du lac et du fleuve, y compris l'écosystème, pour finalement obtenir cet ensemble de courbes.

De manière à abaisser périodiquement le niveau du lac Ontario pendant la période de végétation, le plan D⁺ vérifie combien d'années se sont écoulées depuis que le niveau de pointe annuel du lac a été inférieur à 74,70 m (245,08 pi), soit, selon le GTT sur l'environnement, le niveau de pointe en période de végétation nécessaire périodiquement au maintien de la diversité des habitats en zones humides. Si plus de 20 ans se sont écoulés depuis que le niveau de pointe annuel du lac Ontario a été inférieur à 74,70 m (245,08 pi), le plan vérifie, à la fin de février, si les débits du lac Érié (nous utilisons une moyenne des deux derniers mois afin d'éliminer les fluctuations hebdomadaires dues au vent et à la glace) sont susceptibles de produire un niveau de pointe inférieur à 74,70 m (245,08 pi) pendant le printemps et l'été à venir. Si les débits du lac Érié sont trop importants, il est peu probable que nous puissions maintenir le niveau du lac Ontario sous les 74,70 m (245,08 pi) pendant la période de végétation, et il n'est pas logique d'essayer de réduire le niveau à cause des effets que cela aurait sur les autres objectifs du plan. Si les débits du lac Érié sont trop faibles, il est probable que le niveau de pointe du lac Ontario sera inférieur à 74,70 m (245,08 pi) de toute façon et il serait contre-productif d'essayer de le faire baisser encore plus. Si plus de 20 ans se sont écoulés depuis que le niveau de pointe annuel du lac Ontario a été inférieur à 74,70 m (245,08 pi) et que les débits du lac Érié sont dans la bonne gamme à la fin de février, le plan abaisse les niveaux cibles du lac Ontario de 0,35 m (1,15 pi) de mars à la fin de juillet, après quoi le niveau cible est ramené graduellement à sa valeur habituelle sur une période de quatre mois. Nous procédons à un retour graduel plutôt qu'à un retour rapide de manière à éviter qu'une forte réduction de l'écoulement entraîne une chute soudaine des niveaux en aval et une élévation du lac St. Lawrence. L'ajustement ne se fait pas sur toute l'année parce que ceci aggraverait la situation des faibles niveaux du lac et du bas Saint-Laurent tard dans l'année, sans aucun avantage pour l'environnement. À la fin de l'année, le plan vérifie si le niveau de pointe du lac Ontario pendant la période de végétation a bien été inférieur à 74,70 m (245,08 pi); dans l'affirmative, il vérifie, à la fin de février, si les débits du lac Érié sont dans la bonne gamme. Si ces deux conditions sont réunies, il applique la réduction pour une deuxième année et les niveaux cibles du lac Ontario sont cette fois abaissés de 0,20 m (0,66 pi) pendant la même période allant de mars à juillet, puis ramenés aux valeurs habituelles sur une période de quatre mois. Cette deuxième année de réduction du niveau de pointe plus bas en période de végétation permet de mieux satisfaire aux besoins de diversité des habitats en zones humides. Que nous ayons appliqué l'ajustement ou non, une fois que le niveau de pointe annuel du lac Ontario a été inférieur à 74,70 m (245,08 pi) pendant deux années consécutives, le compteur d'années est remis à zéro et nous devons attendre 20 ans et les débits adéquats du lac Érié avant d'en faire un autre.

Afin que les niveaux du lac Ontario soient plus favorables à la navigation de plaisance, nous appliquons, pendant la période allant du deuxième quart de mois d'avril à la mi-octobre, les cotes de la figure B-20. En dehors de cette période, nous additionnons une cote égale à 6/35 de la cote selon l'écart du niveau cible du lac calculé à l'aide des figures B-19A et B-19B.

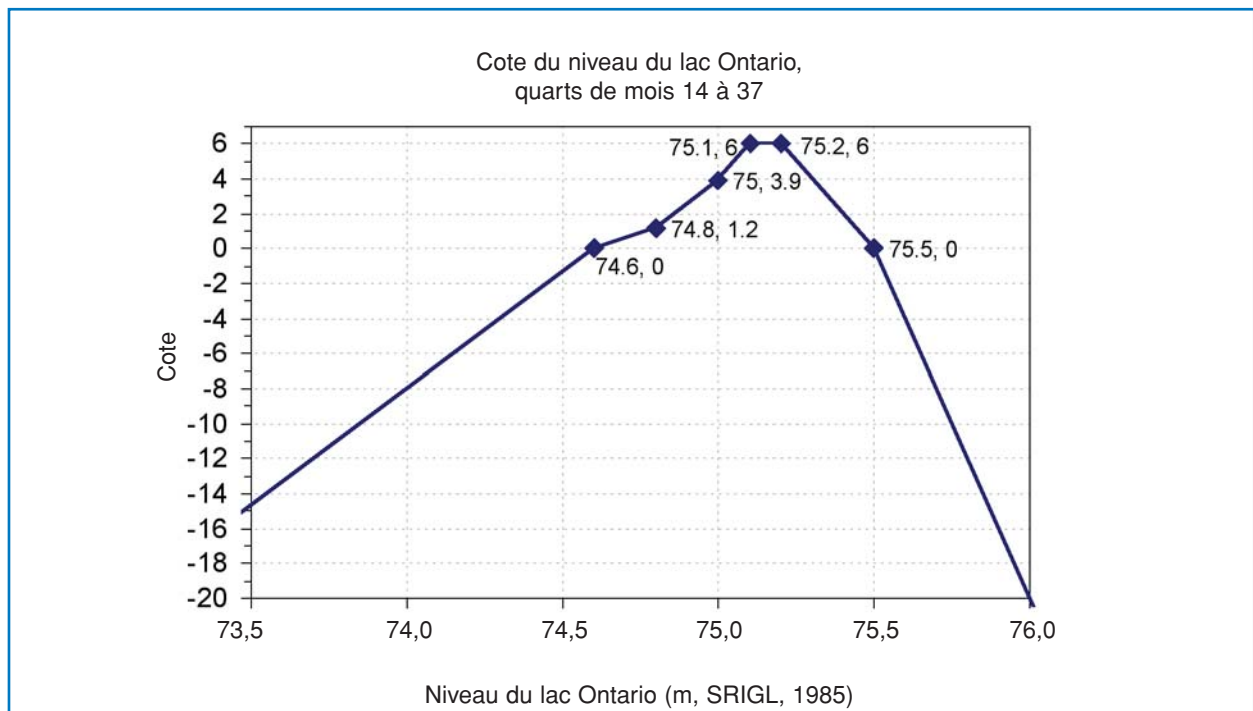


Figure B-20 : Cote ajustée pendant la saison de navigation de plaisance (du 2^e quart de mois d'avril à la mi-octobre) (1 mètre = 3,280 84 pi)

La cote d'avantage de la Voie maritime est égale à la plus petite des cotes calculées à partir d'un certain nombre de relations pour différents endroits le long de la Voie maritime entre le lac Ontario et le lac Saint-Louis. Ces cotes reflètent les préférences des navires qui empruntent la Voie maritime. La cote d'avantage tente de maintenir, pendant les périodes de niveau faible à différents endroits du système, un équilibre entre toutes les utilisations. Cet ensemble comprend également des relations de pointage basées sur le gradient entre certains points clés du haut Saint-Laurent. Le gradient est une mesure du courant du fleuve; nous réduisons la cote quand des gradients trop importants nuisent à la sécurité de la navigation. L'optimisation n'utilise que la plus petite des cotes des figures B-21A à B-21K. On notera qu'il se peut que la courbe ayant la plus petite cote change à mesure que le plan franchit les différents débits d'essai. Les cotes de ces relations sont utilisées pendant la saison d'ouverture de la Voie maritime, soit, habituellement, du début du quart de mois 13 à la fin du quart de mois 48. En dehors de cette période, nous additionnons une cote égale à 3/35 de la cote selon l'écart du niveau cible du lac calculé à l'aide des figures B-19A et 19B. (Dans les figures qui suivent, 1 mètre = 3,280 84 pi et 1 m³/s = 35,314 67 pi³/s).

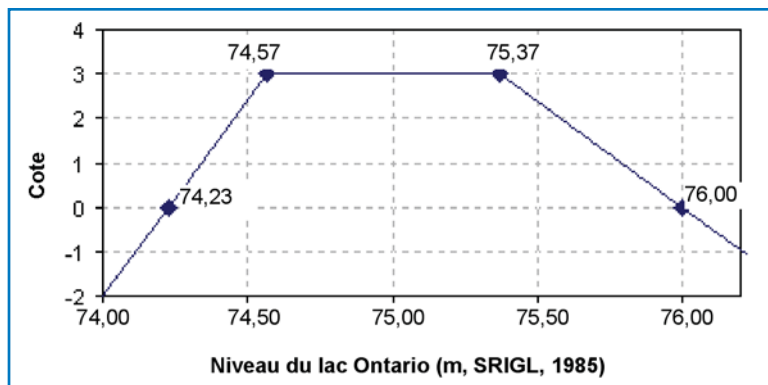


Figure B-21A : Cote de la navigation dans la Voie maritime selon le niveau du lac Ontario

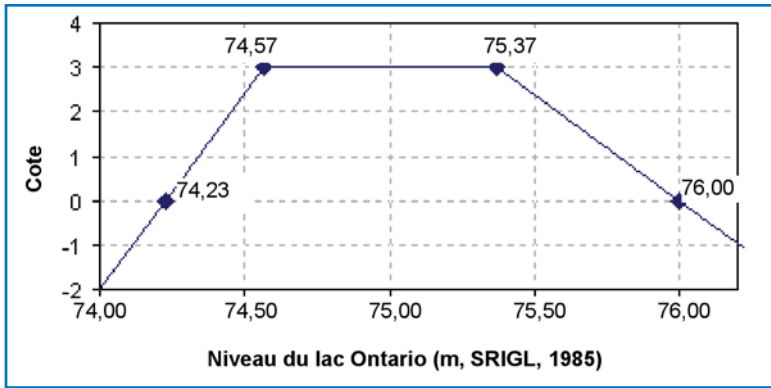


Figure B-21B : Cote de la navigation dans la Voie maritime selon le niveau à Ogdensburg

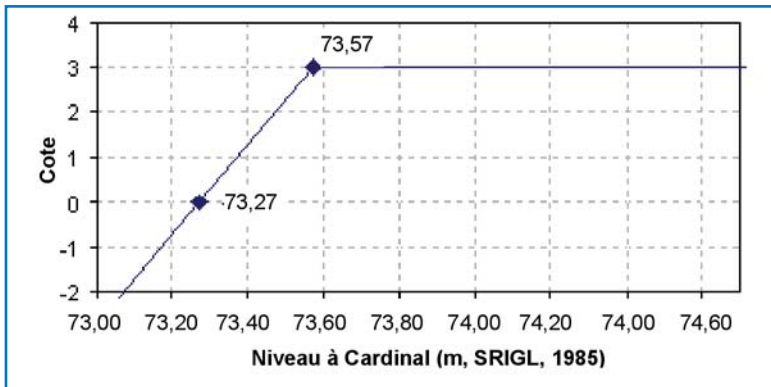


Figure B-21C : Cote de la navigation dans la Voie maritime selon le niveau en amont de Cardinal

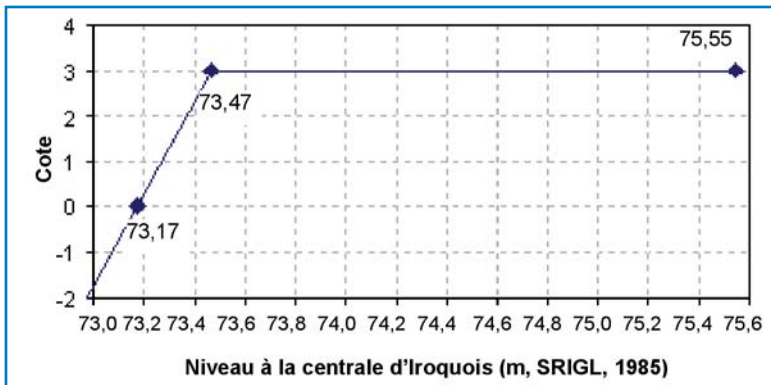


Figure B-21D : Cote de la navigation dans la Voie maritime selon le niveau en amont de la centrale d'Iroquois

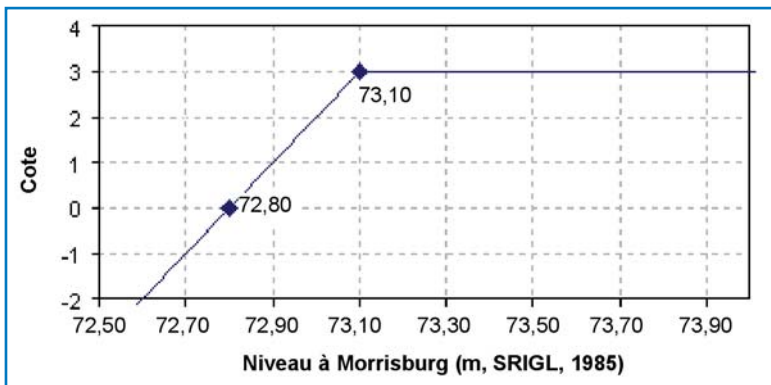


Figure B-21E : Cote de la navigation dans la Voie maritime selon le niveau à Morrisburg

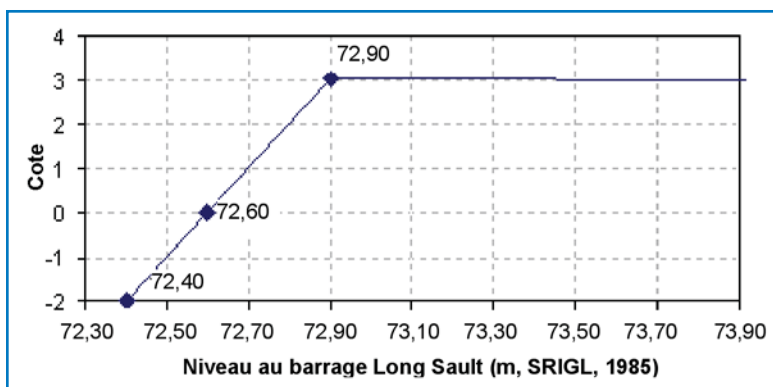


Figure B-21F : Cote de la navigation dans la Voie maritime selon le niveau au barrage Long Sault

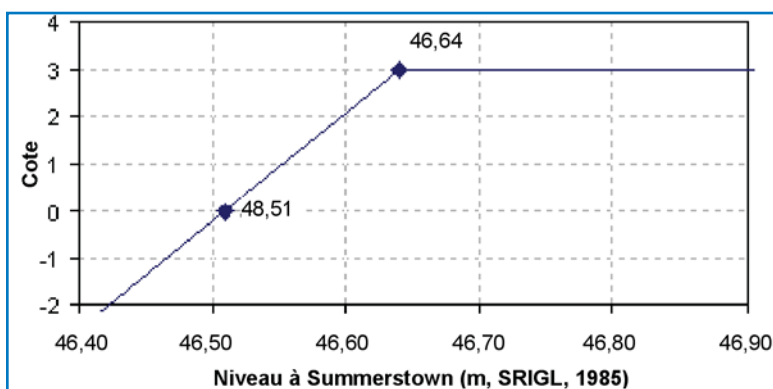


Figure B-21G : Cote de la navigation dans la Voie maritime selon le niveau à Summerstown

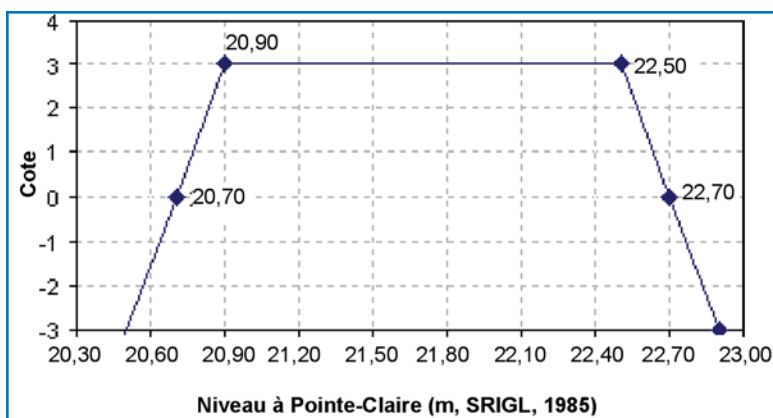


Figure B-21H : Cote de la navigation dans la Voie maritime selon le niveau à Pointe-Claire

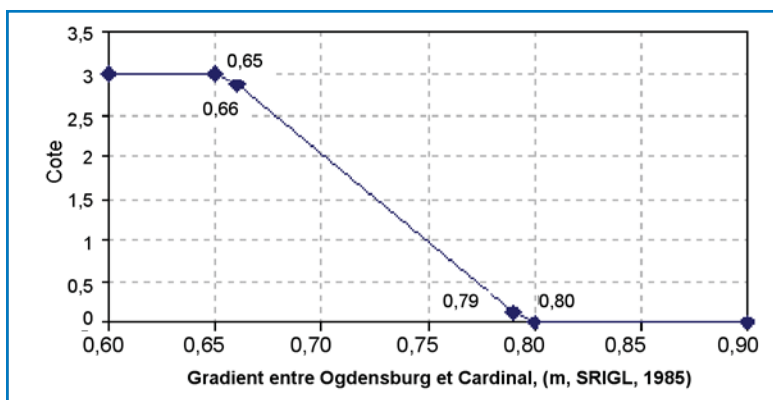


Figure B-21I : Cote de la navigation dans la Voie maritime selon le gradient entre Ogdensburg et Cardinal

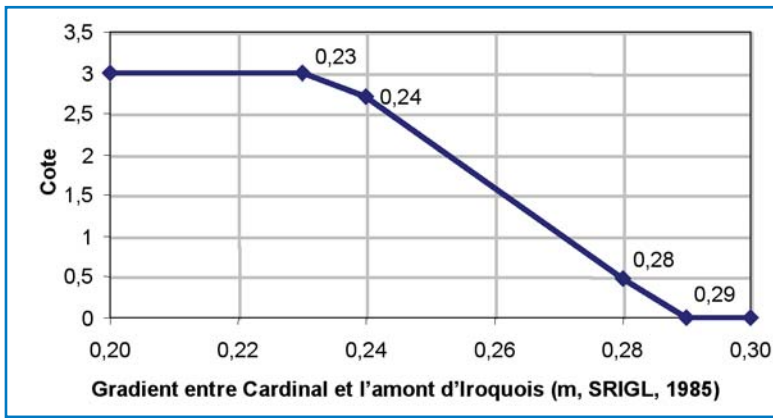


Figure B-21J : Cote de la navigation dans la Voie maritime selon le gradient entre Cardinal et l'amont d'Iroquois

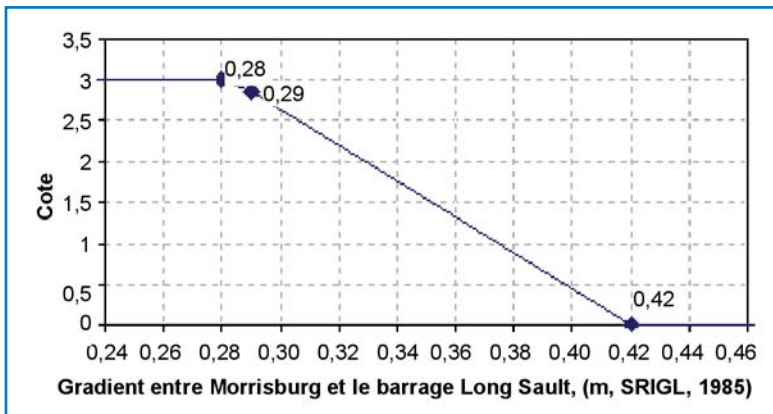


Figure B-21K : Cote de la navigation dans la Voie maritime selon le gradient entre Morrisburg et le barrage Long Sault

La figure B-22 donne la courbe de la cote d'avantage utilisée pour limiter la gravité et la fréquence des très faibles niveaux dans le lac St. Lawrence. Elle utilise le niveau prévu au barrage Long Sault comme représentation du niveau du lac St. Lawrence. Cette cote montre une grande variation à cause de la sensibilité des niveaux du lac St. Lawrence aux débits du lac Ontario et aux restrictions quant aux glaces dans le fleuve et à cause de l'effet des prises d'eau municipales dans le bas Saint-Laurent. La cote de cette courbe est utilisée pendant toute l'année.

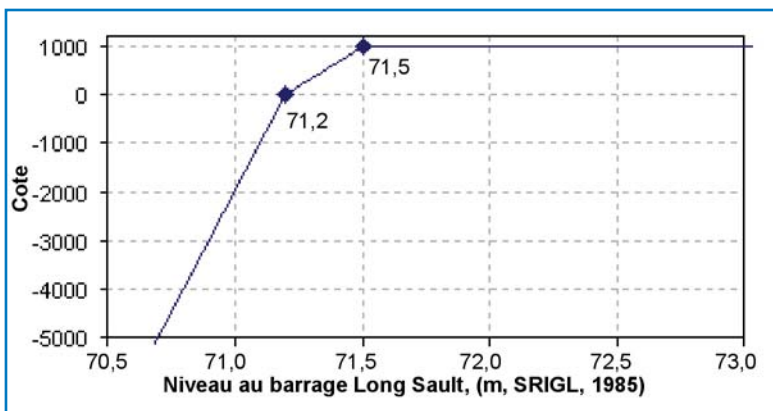


Figure B-22 : Cote selon le niveau au barrage Long Sault

La figure B-23 montre trois courbes de cotes de débit selon les conditions de glaces en amont du barrage Moses-Saunders. S'il n'y a pas de glaces (eaux libres) en amont du barrage Moses-Saunders, nous utilisons la cote donnée par la courbe verte. Si le couvert de glace est en formation dans la section internationale du fleuve située en amont du barrage, c'est la cote donnée par la courbe bleu pâle qui s'applique; de cette façon, nous limitons le débit à moins de 6 230 m³/s (220 000 pi³/s) de manière à permettre la formation d'un couvert de glace lisse et stable et nous prévenons la formation d'embâcles sur le fleuve. Une fois le couvert de glace formé dans le haut Saint-Laurent, nous limitons les débits à l'aide de la courbe bleu foncé.

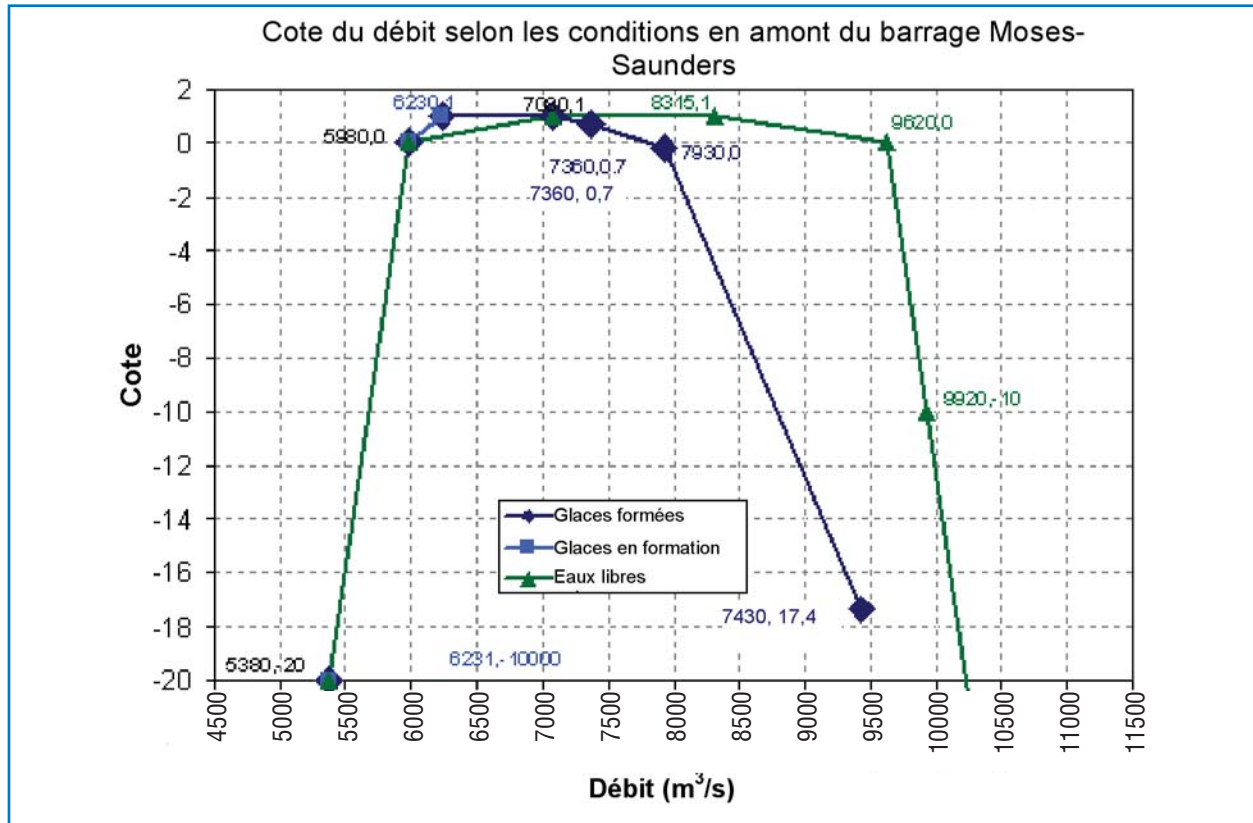


Figure B-23 : Cote du débit du lac Ontario selon les conditions dans le Saint-Laurent en amont du barrage Moses-Saunders

Les figures B-24A et 24B donnent les courbes de cote utilisées selon les conditions de glace dans le canal de Beauharnois. Les cotes s'appliquent au débit du lac Ontario tel que prescrit par le plan. Si le couvert de glace est en formation dans le canal, nous utilisons la cote donnée par la figure B-24A; cette pratique tend à limiter la fréquence des débits supérieurs à 6 100 m³/s (215 400 pi³/s) de manière à permettre la formation d'un couvert de glace lisse et stable et à prévenir la formation d'embâcles dans le canal de Beauharnois et le chenal aval de Coteau. Une fois le couvert de glace formé, ou lorsqu'il n'y a pas de glace (eaux libres), nous utilisons les courbes de la figure B-24B. Pendant la période de rupture des glaces dans le bas Saint-Laurent, soit, normalement, pendant les deux quarts de mois après les dernières glaces en amont du barrage Moses-Saunders, nous limitons les débits du lac Ontario à 9 500 m³/s (335 500 pi³/s) pour le premier quart de mois après la disparition des glaces dans le haut Saint-Laurent et à 10 000 m³/s (353 100 pi³/s) pour le deuxième quart de mois.

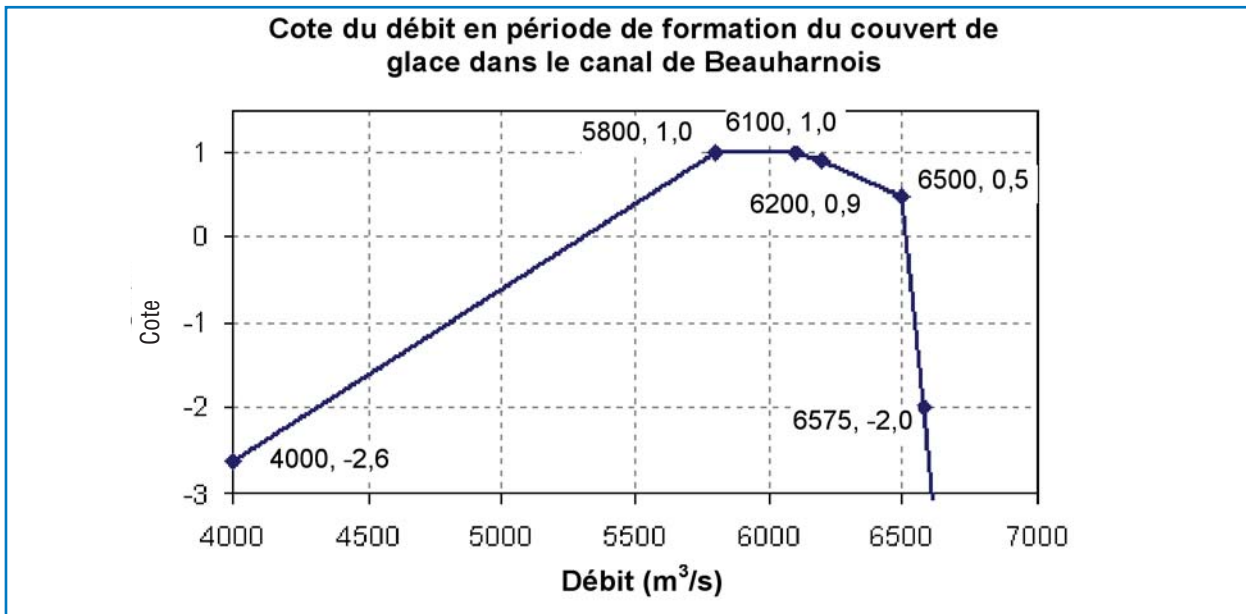


Figure B-24A : Cote du débit du lac Ontario en période de formation du couvert de glace dans le canal de Beauharnois

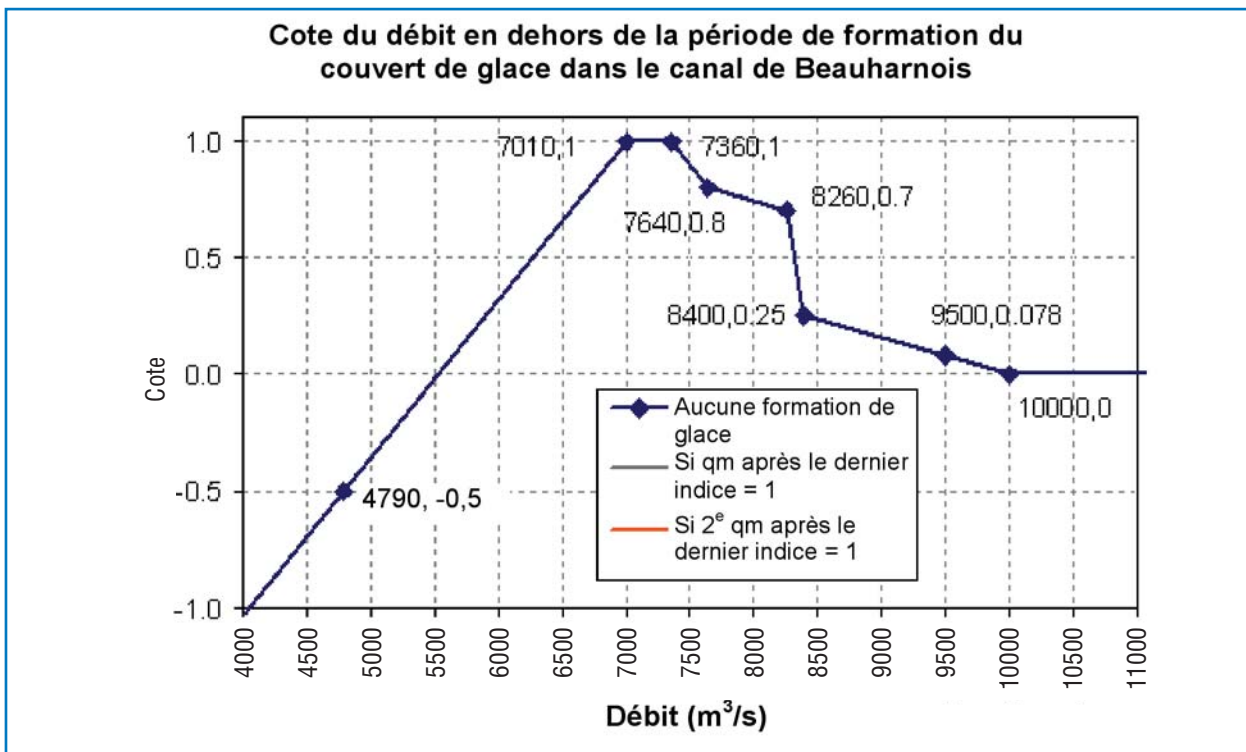


Figure B-24B : Cote du débit du lac Ontario en dehors de la période de formation du couvert de glace dans le canal de Beauharnois

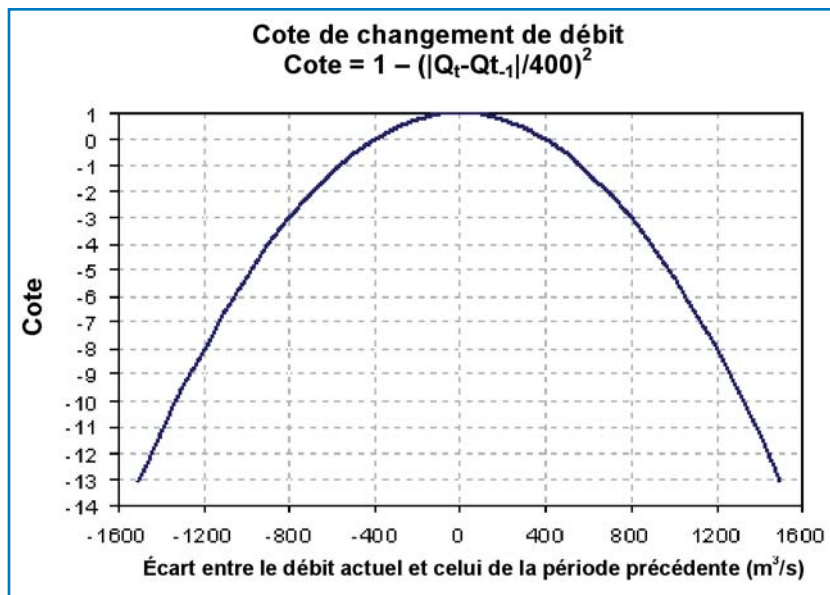


Figure B-25 : Cote basée sur le changement de débit d'une période à l'autre

La figure B-25 donne la cote que nous appliquons au changement de débit d'une période à l'autre. Si le débit d'essai est identique au débit de la période précédente, la cote est égale à 1. Plus la valeur absolue de la différence entre les débits augmente, plus la cote diminue, selon la relation illustrée dans la figure. Ceci a pour effet de réduire les changements de débit d'une période à l'autre. La cote est utilisée toute l'année, sauf s'il s'agit d'une période de formation du couvert de glace, si le niveau à Pointe-Claire est supérieur à 21,9 m (71,85 pi) ou si le niveau prévu du lac Ontario est supérieur au niveau cible de plus de 0,25 m (0,82 pi).

Le plan contient également quatre courbes de cotes d'avantage basées sur le niveau à Pointe-Claire prévu pour la période à venir, selon le débit d'essai. Tel qu'indiqué à la figure B-26, nous appliquons la cote donnée par une de ces trois courbes selon la période de l'année. Ces courbes représentent différents avantages saisonniers associés au niveau du lac Saint-Louis. Entre la mi-avril et la mi-octobre, nous appliquons aussi la cote donnée à la figure B-27.

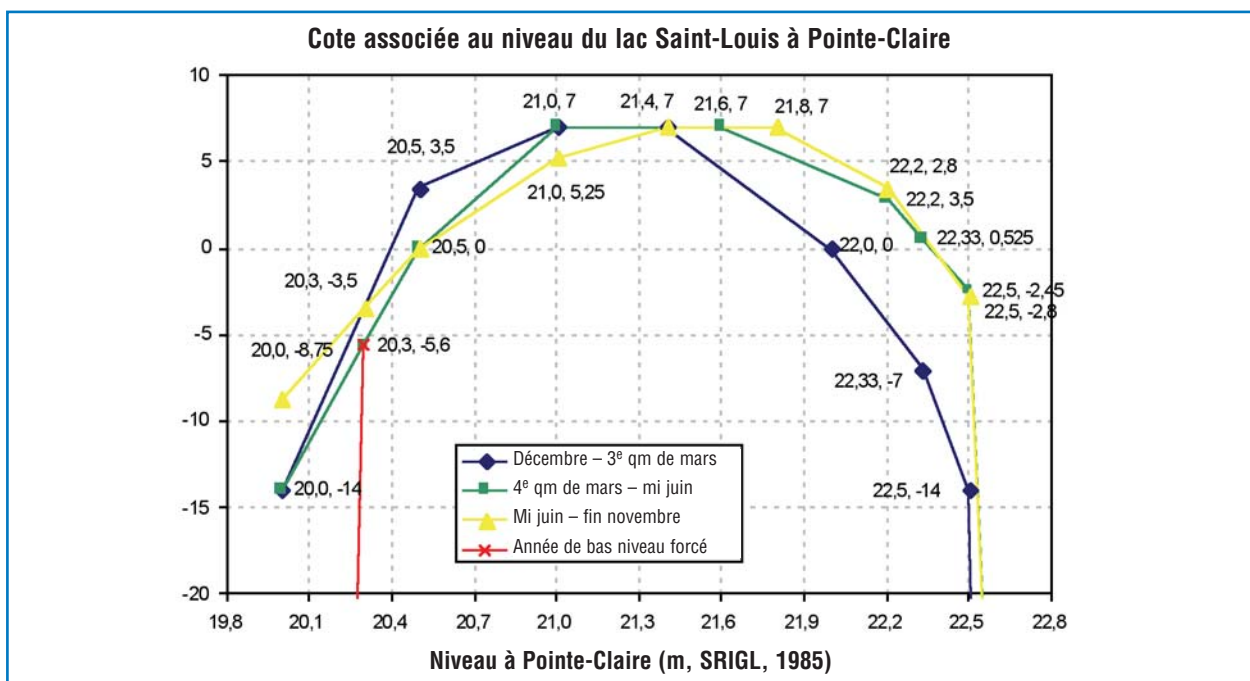


Figure B-26 : Cote associée au niveau du lac Saint-Louis à Pointe-Claire

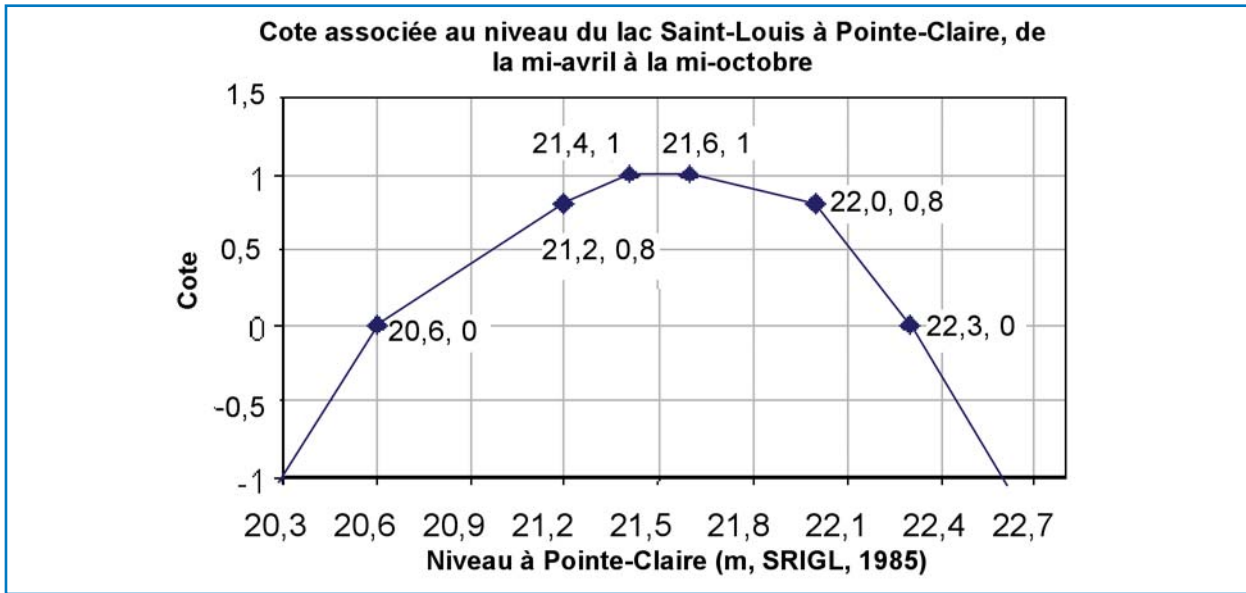


Figure B-27 : Cote associée au niveau du lac Saint-Louis à Pointe-Claire

Nous incluons aussi une cote basée sur le niveau prévu du fleuve Saint-Laurent à Montréal et correspondant à la courbe donnée à la figure B-28. Cette courbe s'applique toute l'année et tend à limiter la fréquence des niveaux supérieurs à 8,7 m (28,54 pi) ou inférieurs à 5,56 m (18,24 pi) à Montréal (station hydrométrique de la jetée 1).

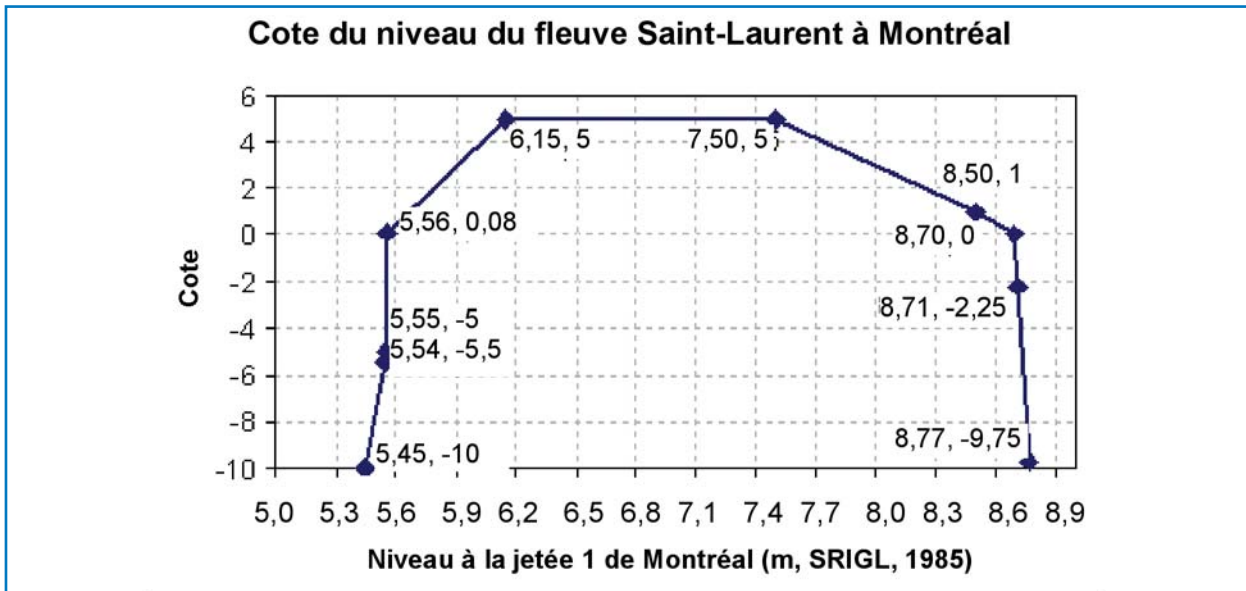


Figure B-28 : Cote associée au niveau du fleuve Saint-Laurent à Montréal

Contraintes de débit

Un certain nombre de contraintes de débit viennent amplifier la tendance des courbes présentées plus haut (surtout celles des figures B-23 à B-25) à limiter les débits du lac Ontario.

Le débit maximal ne peut dépasser 9 910 m³/s (350 000 pi³/s) si le niveau du lac Ontario est à moins de 0,78 m (2,56 pi) au-dessus du niveau cible. Si le niveau du lac Ontario est à plus de 0,78 m (2,56 pi) au-dessus du niveau cible, le débit maximal moyen pour la période peut atteindre 10 700 m³/s (377 900 pi³/s) du quart de mois 13 à la fin du quart de mois 47 et 11 500 m³/s (406 100 pi³/s) le reste de l'année. Ces limites de débit reposent sur l'expérience des années 1990, avec des débits importants pendant les activités de navigation dans la Voie maritime. Le débit maximal avec lequel la Voie maritime a continué ses activités est de 9 910 m³/s (350 000 pi³/s). Dans le passé, lorsque le niveau lac Ontario était très élevé, la Voie maritime est restée ouverte un jour sur deux, avec une réduction du débit à 9 910 m³/s (350 000 pi³/s) et un débit plus fort le lendemain. Le débit de 10 700 m³/s (377 900 pi³/s) utilisé représente un débit de 9 910 m³/s (350 000 pi³/s) pour une moitié de la semaine et un débit de 11 500 m³/s (406 100 pi³/s) pour l'autre. Nous considérons qu'il est pratiquement impossible de dépasser un débit de 11 500 m³/s (406 100 pi³/s) lorsque les ouvrages de régularisation situés à la sortie du lac Saint-François fonctionnent à plein régime.

La figure B-29 illustre les limites minimales de débit du plan D⁺ lorsque le lac Ontario est à moins de 0,48 m (1,57 pi) sous le niveau cible. Toutefois, si le niveau du lac Ontario est à plus de 0,48 m (1,57 pi) sous le niveau cible, nous réduisons la limite minimale (en m³/s) de :

$$1\,300 \times (\text{Écart} - 0,48) / 0,18$$

où l'écart est égal à la valeur, en mètres, sous le niveau cible. Par exemple, si le lac Ontario est à 0,57 m (1,87 pi) sous le niveau cible de la période, le débit minimal pour cette période sera inférieur de 650 m³/s (23 000 pi³/s) à celui de la figure B-29.

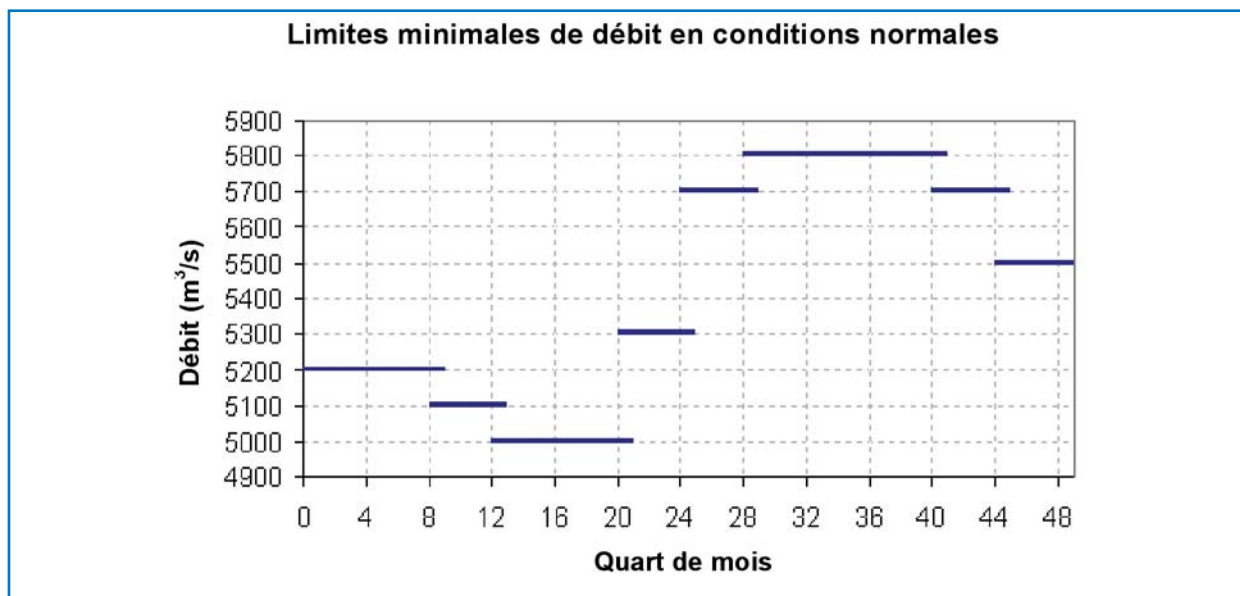


Figure B-29 : Limites minimales de débit du lac Ontario en conditions normales

Exemples

Exemple 1 : Calcul du débit pour le deuxième quart de mois de 1947.

Le débit du lac Ontario pour le premier quart de mois de 1947 est de 6 480 m³/s (228 800 pi³/s) et le niveau à la fin du premier quart de mois est de 74,39 m (244,06 pi). L'apport total net (ATN) prévu pour le deuxième quart de mois est égal à 6 824 m³/s (241 000 pi³/s) et nous considérons que le couvert de glace est formé dans le canal de Beauharnois et en amont du barrage Moses-Saunders. Le niveau cible du lac Ontario pour le deuxième quart de mois est de 74,48 m (244,36 pi).

Pour le deuxième quart de mois, le plus petit débit d'essai est de $6\,480 - 400 = 6\,080$ m³/s (214 700 pi³/s). Étant donné ce débit d'essai de 6 080 m³/s (214 700 pi³/s), le niveau du lac Ontario à 74,39 m (244,06 pi) au début du quart de mois et l'ATN prévu de 6 824 m³/s (241 000 pi³/s), le logiciel calcule le niveau d'essai du lac Ontario à la fin du qm 2 ($74,39 + [(6\,824 - 6\,080) / 29\,700] = 74,42$ m) (244,16 pi), les niveaux en aval à l'aide des prévisions de débits des affluents locaux et de rugosité et les cotes d'avantage. Pour le premier débit d'essai de 6 080 m³/s (214 700 pi³/s), les cotes sont les suivantes :

Cote du lac Ontario pour l'écart du niveau cible :	32,98
Cote du lac Ontario ajoutée en saison de navigation de plaisance :	5,65
Cote de navigation de la Voie maritime :	2,83
Cote de débit du fleuve en amont du barrage Moses-Saunders :	0,40
Cote de changement de débit :	0,00
Cote du niveau du lac Saint-Louis à Pointe-Claire :	6,22
Cote du niveau du lac St. Lawrence :	1 000,00
Cote de débit du lac Ontario pour les conditions au canal de Beauharnois :	0,37
Cote du fleuve Saint-Laurent à Montréal :	0,90
Ajout à la cote du niveau du lac Saint-Louis à Pointe-Claire en saison de navigation de plaisance :	0,00

La cote totale pour ce débit d'essai de 6 080 m³/s (214 700 pi³/s) est égale à la somme des cotes individuelles, soit 1 049,35.

Le plan D⁺ vérifie ensuite si le débit d'essai est plus élevé que la limite maximale de la gamme de débits d'essai, soit, en l'occurrence, $6\,480 + 400 = 6\,880$ m³/s (243 000 pi³/s). Dans la négative, le débit est augmenté de 10 m³/s (350 pi³/s), ce qui donne un nouveau débit d'essai de $6\,080 + 10 = 6\,090$ m³/s (215 050 pi³/s). Le logiciel refait les calculs et nous obtenons les cotes correspondant à ce débit d'essai de 6 090 m³/s (215 050 pi³/s) pour le 2^e qm de 1947 :

Cote du lac Ontario pour l'écart du niveau cible :	32,95
Cote du lac Ontario ajoutée en saison de navigation de plaisance :	5,65
Cote de navigation de la Voie maritime :	2,82
Cote de débit du fleuve en amont du barrage Moses-Saunders :	0,44
Cote de changement de débit :	0,00
Cote du niveau du lac Saint-Louis à Pointe-Claire :	6,24
Cote du niveau du lac St. Lawrence :	1 000,00
Cote de débit du lac Ontario pour les conditions au canal de Beauharnois :	0,38
Cote du fleuve Saint-Laurent à Montréal :	0,94
Ajout à la cote du niveau du lac Saint-Louis à Pointe-Claire en saison de navigation de plaisance :	0,00

La cote totale pour ce débit d'essai de 6 090 m³/s (215 050 pi³/s) est égale à 1 049,42.

Cette procédure est répétée jusqu'à ce que le débit d'essai soit égal à $6\,480 + 400 = 6\,880$ m³/s (243 000 pi³/s). Le plan détermine ensuite quel débit d'essai (de 6 080 à 6 880 m³/s ou, en gros, de 214 700 à 243 000 pi³/s) possède la cote totale la plus élevée. Le débit d'essai possédant la cote totale la plus élevée est 6 410 m³/s (226 400 pi³/s), avec une cote totale de 1 050,83. Dans ce cas, le niveau prévu du lac Ontario est de 74,40 m (244,09 pi). Les cotes individuelles pour un débit de 6 410 m³/s (226 400 pi³/s) sont :

Cote du lac Ontario pour l'écart du niveau cible :	31,86
Cote du lac Ontario ajoutée en saison de navigation de plaisance :	5,46
Cote de navigation de la Voie maritime :	2,73
Cote de débit du fleuve en amont du barrage Moses-Saunders :	1,00
Cote de changement de débit :	0,00
Cote du niveau du lac Saint-Louis à Pointe-Claire :	7,00
Cote du niveau du lac St. Lawrence :	1 000,00
Cote de débit du lac Ontario pour les conditions au canal de Beauharnois :	0,59
Cote du fleuve Saint-Laurent à Montréal :	2,19
Ajout à la cote du niveau du lac Saint-Louis à Pointe-Claire en saison de navigation de plaisance :	0,00

Le débit du lac Ontario pour le deuxième quart de mois de 1947 est donc de 6 410 m³/s (226 400 pi³/s).

Dans certaines conditions, nous permettons au débit d'essai minimal de baisser jusqu'à 6 000 m³/s (212 000 pi³/s) (au lieu des 400 m³/s [14 100 pi³/s] habituels sous le débit du quart de mois précédent), par exemple pendant l'englacement afin de favoriser la formation du couvert de glace. Si les niveaux du bas Saint-Laurent sont élevés (plus de 22,0 m [72,18 pi] à Pointe-Claire), le débit d'essai maximal peut être jusqu'à 1 500 m³/s (53 000 pi³/s) plus fort que le débit du quart de mois précédent (au lieu des 400 m³/s [14 100 pi³/s] habituels) afin de permettre au débit d'augmenter à nouveau après avoir été réduit à cause de la crue de la rivière des Outaouais. L'exemple suivant illustre la situation.

Exemple 2 : Calcul du débit pour le quart de mois 19 de 1947.

Le débit du lac Ontario pour le quart de mois 18 de 1947 est de 7 080 m³/s (250 000 pi³/s) et le niveau à la fin du quart de mois 18, de 75,27 m (246,95 pi). L'ATN prévu pour le qm 19 est de 8 533 m³/s (301 300 pi³/s) et le canal de Beauharnois et l'amont du barrage Moses-Saunders sont en eaux libres. Le niveau du lac Saint-Louis pour le qm 18 est de 22,06 m (72,38 pi). Le niveau cible du lac Ontario pour le qm 19 est de 75,05 m (246,23 pi).

Puisque le niveau précédent du lac Saint-Louis dépassait 22 mètres (72,18 pi), le plan prescrit, pour le qm 19, un débit d'essai initial de 5 000 m³/s (176 600 pi³/s). Ce débit est établi en comparant le débit précédent moins 3 500 m³/s ($7\,080 - 3\,500 = 3\,580$ m³/s [126 400 pi³/s]) et la limite minimale de débit pour le qm 19 (figure B-29), soit 5 000 m³/s (176 600 pi³/s) et en choisissant le plus grand des deux. La limite supérieure de la gamme des débits d'essai est égale à $7\,080 + 1\,500 = 8\,580$ m³/s (303 000 pi³/s).

Nous déterminons ensuite les cotes des débits d'essai entre 5 000 m³/s et 8 580 m³/s (176 600 et 303 000 pi³/s) par incréments de 10 m³/s (350 pi³/s). La cote totale la plus élevée est obtenue par le débit d'essai de 7 660 m³/s (270 500 pi³/s). Elle est égale à 1 033,32 et ses composantes sont les suivantes :

Cote du lac Ontario pour l'écart du niveau cible :	20,30
Cote du lac Ontario ajoutée en saison de navigation de plaisance :	4,01
Cote de navigation de la Voie maritime :	3,00
Cote de débit du fleuve en amont du barrage Moses-Saunders :	1,03
Cote de changement de débit :	0,00
Cote du niveau du lac Saint-Louis à Pointe-Claire :	2,80
Cote du niveau du lac St. Lawrence :	1 000,00
Cote de débit du lac Ontario pour les conditions au canal de Beauharnois :	0,80
Cote du fleuve Saint-Laurent à Montréal :	1,11
Ajout à la cote du niveau du lac Saint-Louis à Pointe-Claire en saison de navigation de plaisance :	0,27

Mise en œuvre du Plan D⁺

Mise en place

Nous pouvons facilement transformer le logiciel du plan D⁺ pour passer d'un pas de temps opérationnel de quart de mois à un pas de temps hebdomadaire. Il faudra établir et mettre en place un processus opérationnel de prévision de l'apport net d'eau du bassin du lac Ontario, du débit du lac Érié et des débits de la rivière des Outaouais et des affluents locaux. Parce que le plan est calibré pour la prévision statistique d'apport total net annuel et qu'il repose sur les apports des 48 derniers mois, ce processus de prévision peut être utilisé dans le plan opérationnel. Les représentants canadiens et américains de la régularisation devront tester et coordonner le plan opérationnel. La mise en place du nouveau plan devrait être précédée d'une période de transition.

Ajustements du débit à l'intérieur de la semaine

Comme les autres plans proposés, celui-ci repose sur des prévisions et des limites minimales et maximales de débit. Le groupe d'étude a reconnu que, dans certaines circonstances, des ajustements devront être faits à l'intérieur d'une semaine parce qu'il est difficile de prévoir avec précision les conditions de glaces et les débits de la rivière des Outaouais et des affluents locaux. Ces ajustements devront respecter les intentions du plan. Pour le plan D⁺, nous pourrions guider ces ajustements à l'intérieur de la semaine en élaborant des relations explicites à partir des résultats de la simulation stochastique sur 50 000 ans.

Description des plans de référence et des plans axés sur des intérêts spécifiques

Plan E : plan favorisant un débit naturel
Plan 1958-D
Plan 1998
OntRip3
RecBoat

Plan E : plan favorisant un débit naturel

Contexte

Le plan E tente de reproduire aussi précisément que possible les conditions du débit naturel ou conditions de débit qui prévalaient avant la régularisation. Il repose sur les débits d'avant-projet. Avant la régularisation, les débits du lac Ontario étaient limités par la capacité hydraulique du chenal du fleuve Saint-Laurent. Les seuils rocheux à la tête des rapides Galop (près des îles Galop et Adam) représentaient une contrainte naturelle. À l'origine, ces deux îles divisaient les rapides en trois chenaux : la partie canadienne des rapides Galop, le Gut et la partie américaine des rapides Galop. À la fin du 19^e siècle et au début du 20^e, on a modifié cette section en draguant la partie canadienne des rapides et en construisant un seuil déversant (barrage Gut) afin de faciliter la navigation. Ce déversoir a été retiré en janvier 1953. Dans ses ordonnances d'approbation pour la régularisation du lac Ontario, la CMI définit les conditions d'avant-projet comme celles qui existaient entre 1953 et 1955, après le retrait du barrage Gut, mais avant le début des aménagements hydroélectriques du Saint-Laurent. Ces conditions sont hydrauliquement semblables à celles qui prévalaient dans le chenal avant 1900 (ILOBOE, 1958).

Dans son état naturel, le fleuve descendait, aux rapides Galop, d'environ 1,5 m sur 1,6 km (5 pi sur 1 mi) (CCGLBHHD, 1958). Du lac Ontario à la tête des rapides Galop, la chute était de 0,6 m (2 pi) sur une distance de 112 km (70 mi). En aval des rapides, le fleuve descendait de 4 m (13 pi) sur 16 km (10 mi), jusqu'à la tête du rapide Plat (situé autrefois à côté de l'île Ogden). L'étranglement du chenal aux rapides Galop était suffisant pour créer un effet de remous et le débit atteignait à cet endroit des vitesses supérieures à la « vitesse critique » (telle que définie en hydraulique). En d'autres mots, les niveaux en amont des rapides étaient indépendants des niveaux et débits en aval. On pouvait donc définir une relation hauteur-débit à cet endroit qui ne dépendait que des conditions de niveau en amont.

Cette relation a été développée dans les années 1950 pour le CICFSL afin d'estimer les débits d'avant-projet. Elle a été revue en 2002 par Caldwell et Fay. Pour déterminer les débits d'avant-projet en hiver, il faut tenir compte du ralentissement du débit causé par les glaces. Les glaces ralentissent (réduisent) le débit du Saint-Laurent et entraînent, en général, une augmentation temporaire du niveau de l'eau en amont du couvert de glace. La relation hauteur-débit comprend des termes qui tiennent compte de l'effet ralentissant des glaces en amont des rapides Galop. Parce que le sol et le fond du chenal à Galop montaient lentement par rapport au sol et au fond du lac Ontario, le niveau du lac, en conditions naturelles, s'élevait graduellement avec le temps (toutes choses étant égales par ailleurs). Nous avons donc inclus, dans l'équation hauteur-débit d'avant-projet, un terme qui tient compte de cette élévation graduelle à Galop par rapport au niveau du lac Ontario.

Puisque les débits d'avant-projet peuvent être estimés à l'aide d'une relation hauteur-débit, il est possible de déterminer les effets sur les niveaux du lac Ontario et de les utiliser afin de calculer les niveaux d'avant-projet. Il est possible, à l'aide de l'équation hauteur-débit d'avant-projet, de simuler le débit du lac et le régime de niveaux correspondants en l'absence de régularisation.

Plan E

Dans le plan E, les débits sont déterminés à l'aide de la relation hauteur-débit d'avant-projet élaborée par Caldwell et Fay (2002). Nous avons modifié le terme représentant le mouvement différentiel de la croûte terrestre afin de simuler les conditions prévues pour 2010. Le calcul du débit d'avant-projet tient compte des effets de ralentissement des glaces.

Comme tous les plans de régularisation, le plan E peut fonctionner avec le chenal et les ouvrages en place dans la section internationale du fleuve. Pendant la période de formation du couvert de glace, le plan appelle des règles limitant le débit maximal hivernal afin de faciliter la formation et le maintien d'un couvert de glace stable et de prévenir la formation d'embâcles. Ces limites relatives aux glaces sont les mêmes que celles du plan 1998, mentionnées dans les lignes directrices pour la formulation des plans (Fay, 2005) et utilisés dans les plans proposés. Tel que prescrit, les limites relatives aux glaces sont flexibles et réagissent à l'état des glaces dans le fleuve. Les limites relatives aux glaces s'appliquent soit lorsque le couvert de glace se forme, soit lorsque la glace est prise dans le canal de Beauharnois ou dans la section internationale du fleuve. Nous déterminons si ces limites s'appliquent à l'aide d'un indicateur de l'état des glaces. Lorsque le couvert de glace se forme pendant la période dans le canal de Beauharnois ou la section internationale du fleuve (ou les deux), le débit maximal prévu est de 6 230 m³/s (220 000 pi³/s). Une fois le couvert de glace formé, le débit maximal est égal au débit que nous estimons nécessaire pour que le niveau au barrage Long Sault soit de 71,8 mètres (235,57 pi). De plus, afin d'empêcher que d'importants changements de débit soient la cause d'une rupture du couvert de glace et possiblement d'un embâcle, nous imposons une limite des fluctuations d'une semaine à l'autre en période de glace. Le plan E utilise aussi en tout temps une limite maximale de débit de 11 500 m³/s (406 000 pi³/s) afin de protéger l'intégrité des ouvrages régulateurs de Beauharnois et de Coteau.

Le plan considère qu'il est possible de prédire parfaitement les apports d'eau dans le lac Ontario pour le quart de mois à venir, mais il n'utilise pas de prédiction des apports dans le lac Saint-Louis.

Bibliographie

- Caldwell, R., et D. Fay. 2002. *Lac Ontario Pre-project Outlet Hydraulic Relationship Final Report*. GTT sur la modélisation hydrologique et hydraulique, Étude internationale sur le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent, Commission mixte internationale.
- Coordinating Committee on Great Lakes Basic Hydraulic and Hydrologic Data (CCGLBHD). Décembre 1958. *Lac Ontario Outflows 1860-1954*.
- International Lac Ontario Board of Engineers (ILOBE) (Conseil international des ingénieurs du lac Ontario). Octobre 1958. *Effects on Lac Ontario Water Levels of the Gut Dam and Channel Changes in the Galop Rapids Reach of the St. Lawrence River*.

Plan 1958-D

La régularisation des débits du lac Ontario a débuté en avril 1960. Le premier plan de régularisation fut le plan 1958-A (CICFSL, 1958). La difficulté qu'avait le plan 1958-A à répondre aux exigences de la navigation en aval lors des faibles débits de 1960 a mené à l'élaboration du plan 1958-C (CICFSL, 1961), appliqué à partir de janvier 1962. Des recherches supplémentaires effectuées en 1962 et 1963 ont mené à la révision de ce plan dans le but d'améliorer les niveaux d'eau dans le port de Montréal sans réduire les débits hivernaux minimaux du plan 1958-C. L'aboutissement de ce travail est le plan 1958-D, décrit en détail dans le rapport *Regulation of Lac Ontario : Plan 1958-D* (CICFSL, 1963) du Conseil international de contrôle du fleuve Saint-Laurent. Le plan 1958-D est entré en vigueur en octobre 1963.

Le plan 1958-D permet de calculer le débit du lac Ontario à chaque quart de mois ou semaine. Ses règles déterminent d'abord le débit à partir du niveau du lac Ontario, de l'apport récent en eau dans le lac, de l'apport en eau dans le fleuve entre le barrage de régularisation et le lac Saint-Louis et la période de l'année, puis réduit ou augmente celui-ci s'il viole une des multiples limites de débit conçues pour éviter les effets les plus néfastes. À chaque quart de mois, nous appliquons les règles dans l'ordre suivant :

- calculer l'apport total au lac Ontario pour la période précédente;
- calculer l'apport pondéré pour la période précédente;
- calculer l'indicateur d'apport pour la période précédente en soustrayant l'apport normal pondéré de l'apport pondéré pour la période;
- selon la saison, utiliser un des deux ensembles de courbes, l'indicateur d'apport et le niveau actuel du lac afin d'obtenir le débit de base;
- ajouter l'ajustement saisonnier, calculé à partir de l'écart entre le niveau du lac et le niveau cible, au débit de base afin d'obtenir le débit ajusté selon la saison;
- appliquer les limites de débit suivantes :
 - limites M – débits minimaux pour la production hydroélectrique et la navigation en aval;
 - limites L – débits maximaux pour maintenir des vitesses et niveaux adéquats pour la navigation dans la section internationale du fleuve;
 - limites I – débits maximaux des deux derniers quarts de décembre, pour la formation du couvert de glace et la conservation d'un niveau adéquat dans la section internationale du fleuve;
 - limites P – débits maximaux pour minimiser les inondations en aval;
 - limites P* – débits minimaux en aval pour la navigation;
 - limite J – variation maximale du débit d'une période à l'autre quand aucune autre limite n'a la préséance.

Plusieurs de ces limites varient selon le moment de l'année et certaines, selon les conditions hydrologiques du système. L'interaction entre les différents éléments du plan est importante, et on ne saurait en isoler un hors de son contexte général.

De façon générale, nous appliquons la plus petite des limites maximales et la plus grande des limites minimales. Parfois, la plus grande limite minimale est plus élevée que la plus petite limite maximale, ce qui nécessite l'introduction d'une règle supplémentaire. Par exemple, la limite M d'une période peut être égale à 5 950 m³/s (210 000 pi³/s) et la limite L à 5 800 m³/s (205 000 pi³/s). À cause de ces deux limites, il faudrait trouver un débit supérieur ou égal à 5 950 m³/s (210 000 pi³/s) et inférieur ou égal à 5 800 m³/s (205 000 pi³/s). Dans un cas comme celui-ci, c'est la limite minimale qui prévaut.

Bibliographie

Conseil international de contrôle du fleuve Saint-Laurent (CICFSL). 1958. *Regulation of Lac Ontario, Plan 1958-A*. Rapport présenté à la Commission mixte internationale, 14 mai 1958.

Conseil international de contrôle du fleuve Saint-Laurent (CICFSL). 1961. *Regulation of Lac Ontario, Plan 1958-C*. Rapport présenté à la Commission mixte internationale, 5 octobre 1961.

Conseil international de contrôle du fleuve Saint-Laurent (CICFSL). 1963. *Regulation of Lac Ontario, Plan 1958-D*. Rapport présenté à la Commission mixte internationale, juillet 1963.

Plan 1998

Le plan 1998 est une version révisée du plan 1958-D. En 1998, le CICFSL a recommandé qu'il remplace le plan 1958-D, mais cette recommandation a été rejetée par la CMI parce que l'évaluation du plan ne s'était pas penchée sur les besoins du milieu naturel et des plaisanciers. Le plan 1998 est aussi une modification du plan 35P, élaboré dans le cadre de l'Étude concernant les fluctuations du niveau des eaux.

Le plan 1998 a été conçu afin d'améliorer la régularisation en respectant les ordonnances d'approbation de la CMI pour la régularisation du lac Ontario et en tenant compte des attentes des différents intérêts touchés par la régularisation des débits du lac. Les révisions du plan 1958-D se sont fondées sur les informations recueillies sur une période de plus de 30 ans de régularisation des débits du lac Ontario, donc pour toute une gamme de conditions d'apport, sur les résultats d'études précédentes et sur les préférences des différents intérêts du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent jusqu'au lac Saint-Pierre.

Différences entre le plan 1958-D et le plan 1998

1. Le plan 1998 repose sur une gamme plus large de conditions d'apport en eau. Le plan 1958-D et ses prédécesseurs ont tous été conçus pour satisfaire aux critères énoncés dans les ordonnances d'approbation de la CMI de 1956 pour les apports en eau historiques au lac Ontario entre 1860 et 1954. C'est également cette période qui a servi à la conception des aménagements hydroélectriques et de la Voie maritime et à l'élaboration des critères de la CMI. Après 1954, on a pu observer des conditions d'apport en eau plus extrêmes que celles de la période 1860-1954 et les conditions ont donc dépassé certains des critères des ordonnances d'approbation. Le plan 1998 a été conçu à partir des données de la période allant de 1900 à 1989. Ceci a entraîné des changements aux limites P et P* et dans la façon de calculer l'apport pondéré et l'indicateur d'apport et de faire l'ajustement saisonnier.
2. La limite M du plan 1998 est le résultat d'une modification de celle du plan 1958-D en conjonction avec la limite P* basée sur l'examen des débits réels pendant les périodes de faible apport survenues depuis le début de la régularisation.
3. Les limites L du plan 1958-D représentent l'ensemble des débits maximaux conçus au moment de l'excavation du chenal dans la section internationale du fleuve afin de « fournir les profondeurs et les vitesses stipulées pour la navigation et les vitesses maximales pour la formation du couvert de glace » (CICFSL, 1963). Dans le plan 1998, les limites maximales de débit pour la navigation ont été séparées des limites pour la formation du couvert de glace. Les limites L du plan 1998 ne concernent que les débits maximaux permettant la navigation dans le secteur international de la Voie maritime pendant la saison de navigation. Les limites L pour la navigation du plan 1998 sont identiques à celles du plan 1958-D lorsque le niveau du lac Ontario est égal ou inférieur à 75,13 m (246,50 pi). Les opérations réelles pendant les périodes où le niveau du lac Ontario dépassait 75,13 m (246,50 pi) ont montré que la navigation dans la Voie maritime peut continuer à des débits plus élevés que la limite L maximale de 8 780 m³/s (310 000 pi³/s) prescrite par le plan 1958-D. En se basant sur cette constatation, les limites L du plan 1998 s'étendent linéairement de 8 780 m³/s (310 000 pi³/s) pour un niveau du lac Ontario de 75,13 m (246,50 pi) à 9 910 m³/s (350 000 pi³/s) pour un niveau de 75,44 m (247,50 pi). Lorsque le niveau du lac Ontario dépasse 75,44 m (247,50 pi), la limite L du plan 1998 prescrit un débit maximal de 9 910 m³/s (350 000 pi³/s). Nous estimons que ce débit élevé est le débit maximal auquel la navigation peut se faire en sécurité dans la section internationale. Ce débit n'est employé que lorsque le lac Ontario est très élevé, ce qui est conforme au critère (k), qui veut que le système soit exploité au bénéfice des riverains en période d'apport extrême.

4. Les limites I, ou limites pendant les glaces, fixent les débits maximaux du plan 1998 pour les conditions de glaces. Nous pouvons nous en servir aussi afin de limiter le débit en eaux libres en dehors de la saison de navigation de la Voie maritime. Elles remplacent les limites I du plan 1958-D et ses limites L hivernales. Dans le plan 1958-D, les limites I et L hivernales reposent sur l'hypothèse que la formation du couvert de glace dans le fleuve en aval de Cornwall/Massena se fait toujours pendant la première moitié de décembre et que le couvert de glace se forme pendant tout le mois de janvier dans la section internationale. Le plan 1958-D impose aussi des limites L reposant sur l'hypothèse que le couvert de glace existe toujours en février et en mars. Ces hypothèses reposent sur des prévisions des conditions typiques. En réalité, le moment de l'englacement et la durée du couvert de glace peuvent varier considérablement. Les limites I du plan 1998 sont flexibles et répondent à l'état des glaces dans le fleuve. Les limites I du plan 1998 s'appliquent lorsque le couvert de glace se forme ou lorsqu'il est établi dans le canal de Beauharnois et/ou dans la section internationale du fleuve. Elles s'appliquent aussi en eaux libres avant le début ou après la fin de la saison de navigation dans la Voie maritime. Pour déterminer si les limites I s'appliquent à une période, le plan 1998 utilise un indicateur des glaces et un indicateur de la navigation. Le débit maximal prescrit par la limite I du plan 1998 est égal à $6\,250\text{ m}^3/\text{s}$ ($220\,700\text{ pi}^3/\text{s}$) lorsque le couvert de glace se forme pendant la période dans le canal de Beauharnois et/ou la section internationale du fleuve. S'il n'y a pas englacement (c.-à-d. si le couvert de glace est déjà formé ou si les eaux sont libres), le débit maximal prescrit par la limite I est égal au débit que nous estimons capable de produire un niveau de 71,8 m (235,56 pi) au barrage Long Sault.

Bibliographie

Conseil international de contrôle du fleuve Saint-Laurent (CICFSL). 1963. *Regulation of Lac Ontario, Plan 1958-D*. Rapport présenté à la Commission mixte internationale, juillet 1963.

OntRip3 : plan pour les propriétaires riverains

Objectifs

Le plan OntRip3 a été élaboré spécifiquement afin de minimiser les dommages causés par les inondations et l'érosion aux propriétés riveraines, tout en tenant compte des autres intérêts du système lac Ontario/fleuve Saint-Laurent. Le but est donc d'avoir un plan centré sur les riverains, mais comportant des avantages pour tous. (Même si le plan OntRip3 entraîne une réduction plus importante des dommages aux rives que le plan 1958-DD, il ne le fait pas sans augmentation des pertes générales.)

Approche

Le plan OntRip3 repose sur la même approche d'équilibre entre les avantages que le plan D⁺. Il tient compte des mêmes intérêts que le plan D⁺ (décrit ailleurs dans le présent document) dans le système allant du lac Ontario jusqu'au lac Saint-Pierre. Nous renvoyons à cette description le lecteur voulant mieux comprendre la méthodologie utilisée pour l'élaboration d'OntRip3. OntRip3 utilise aussi les mêmes procédures de prévision et les mêmes contraintes de débit que le plan D⁺. OntRip3 utilise les mêmes cotes d'avantage que le plan D⁺, mais modifie de façon importante les niveaux cibles du lac Ontario et les cotes pour l'écart entre le niveau réel et le niveau cible. De plus, contrairement au plan D⁺, OntRip3 ne permet pas de changer à l'occasion le niveau cible du lac Ontario de manière à forcer, d'une année à l'autre, des fluctuations du niveau en période de végétation.

Courbes de cotes d'avantage

Le plan OntRip3 utilise les mêmes cotes ou courbes d'avantage que le plan D⁺, à l'exception du niveau cible du lac Ontario. Ne seront mentionnées ici que les relations qui diffèrent du plan D⁺. Les autres relations sont décrites dans la section portant sur le plan D⁺. La figure B-30 donne le niveau cible utilisé par OntRip3 et le niveau cible normal du plan D⁺. Le niveau cible de l'OntRip3 est moins élevé que celui du Plan D⁺ et ses variations saisonnières sont quelque peu différentes.

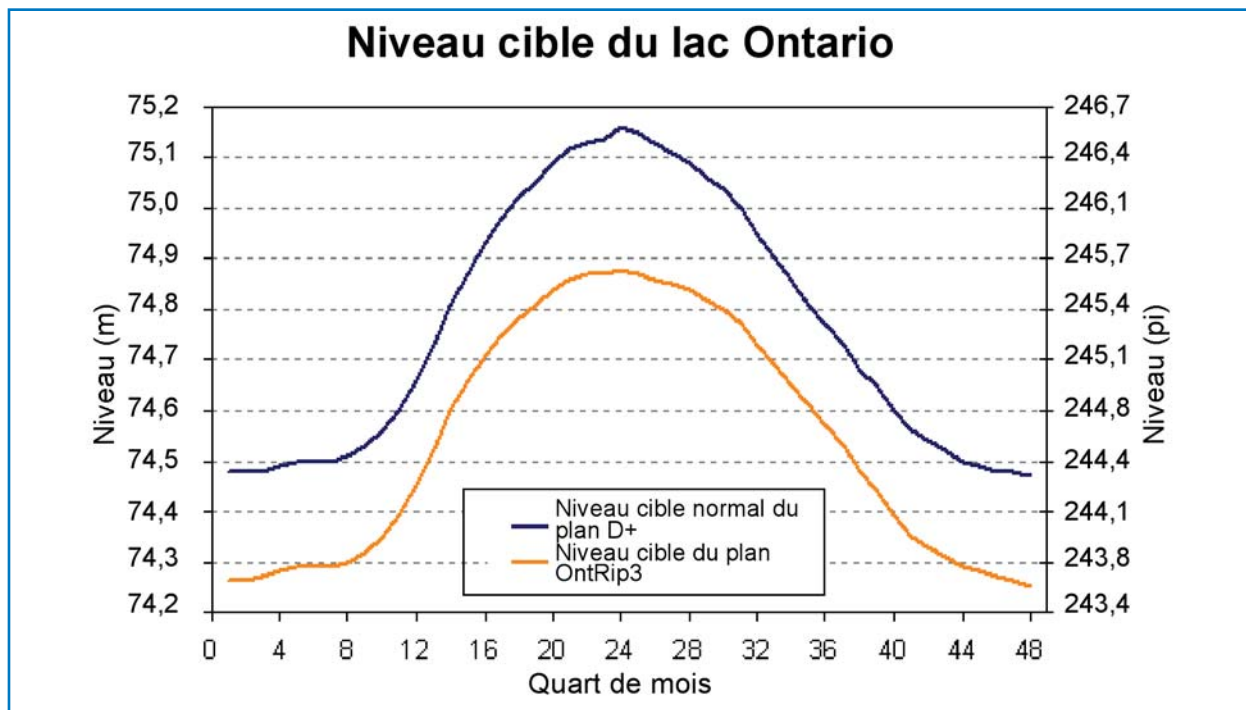


Figure B-30 : Niveau cible du plan OntRip3 et niveau cible normal du plan D⁺ pour le lac Ontario

La figure B-31 compare les cotes utilisées par les deux plans, selon les écarts des niveaux cibles du lac Ontario. La figure indique que la cote baisse plus rapidement pour les niveaux inférieurs au niveau cible dans le plan OntRip3 que dans le plan D+ et moins rapidement pour des niveaux supérieurs au niveau cible. Cette caractéristique, en combinaison avec les niveaux cibles plus bas du plan OntRip3 de la figure B-30, tend à maintenir des niveaux plus faibles, mais pas trop, dans le lac Ontario et permet au plan OntRip3 de réduire les fluctuations de niveau d'une année à l'autre mieux que les autres plans de régularisation.

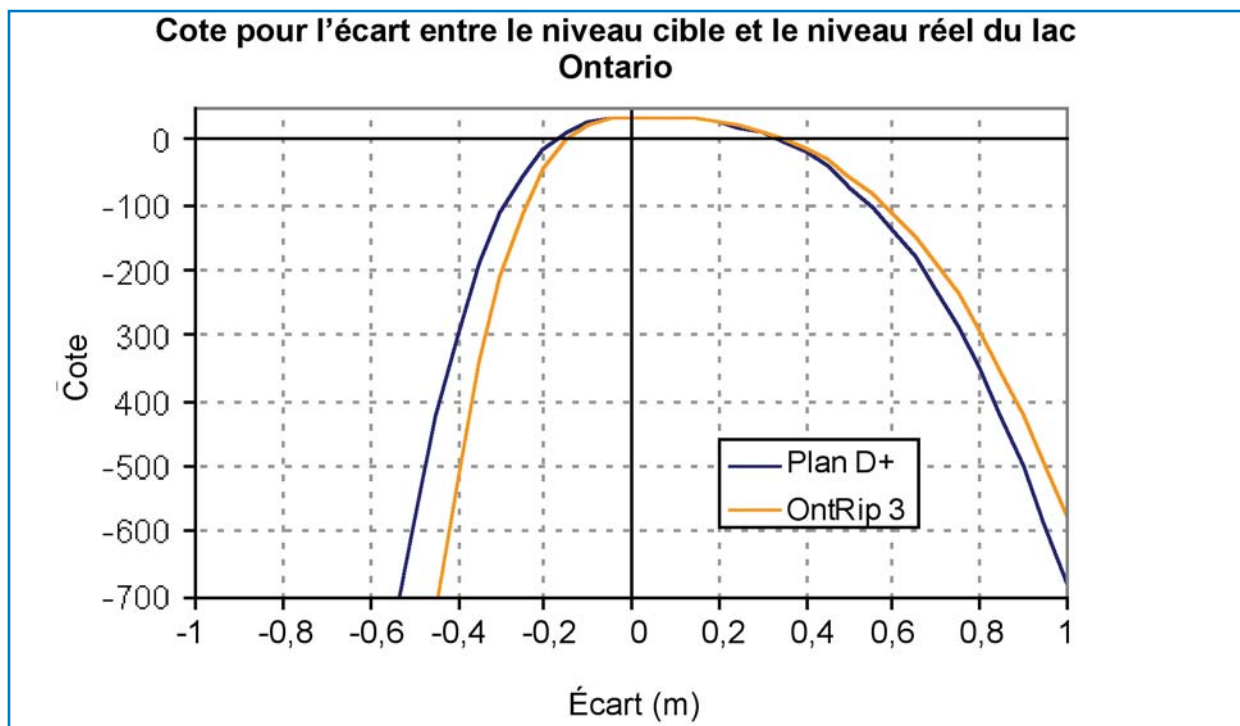


Figure B-31 : Cote pour l'écart entre le niveau cible et le niveau réel du lac Ontario

RecBoat: plan pour les plaisanciers

Le plan RecBoat a été conçu afin d'évaluer à quel point un nouveau plan de régularisation était en mesure d'améliorer la navigation de plaisance. RecBoat n'est pas un plan équilibré; il n'a été élaboré que pour maximiser les avantages pour la navigation de plaisance et non pour éviter des pertes disproportionnées. Sa conception repose sur l'idée d'emmagasiner l'eau dans le lac Ontario afin de pouvoir en disposer pour la navigation de plaisance, là et sur le fleuve, pendant les longues périodes de sécheresse.

Le conflit apparent entre la navigation de plaisance sur le lac et sur le fleuve – il faut évacuer de l'eau du lac Ontario pour hausser le niveau du fleuve – cause rarement problème. En fait, sauf en cas de sécheresse, le débit nécessaire à la navigation de plaisance sur le fleuve n'abaisse pas assez le niveau du lac Ontario pour y rendre la navigation de plaisance difficile. Si on s'assure que le fleuve ne reçoit que l'eau nécessaire à une bonne navigation de plaisance, on peut emmagasiner assez d'eau dans le lac pour parer aux sécheresses.

Les expériences faites avec différentes combinaisons ont montré que, à long terme, la meilleure stratégie pour un plan favorisant les plaisanciers de tout le système est de maintenir juste assez d'eau pour éviter les impacts dans le lac Saint-Louis pendant la saison de navigation, mais de diminuer ce niveau cible lorsque l'eau se fait rare ou en dehors de la saison. Quand l'eau est abondante, le fait de laisser monter le niveau du lac Ontario permet d'emmagasiner de l'eau pour les sécheresses à venir, mais ce niveau élevé crée aussi des problèmes pour les plaisanciers. Les expériences démontrent que même lorsque le seul souci est de favoriser la navigation de plaisance, il n'est pas raisonnable de trop laisser monter le niveau du lac Ontario; même un mètre de plus serait dissipé par une longue sécheresse, et cette eau supplémentaire causerait des dommages le temps qu'elle demeurerait en place.

Les graphiques de la figure B-32, qui comparent le débit et le niveau du lac Ontario, indiquent que le plan RecBoat fait varier moins les niveaux du lac et davantage les débits que le plan 1958-DD (1 m = 3,280 84 pi et 1 m³/s = 35,314 67 pi³/s).

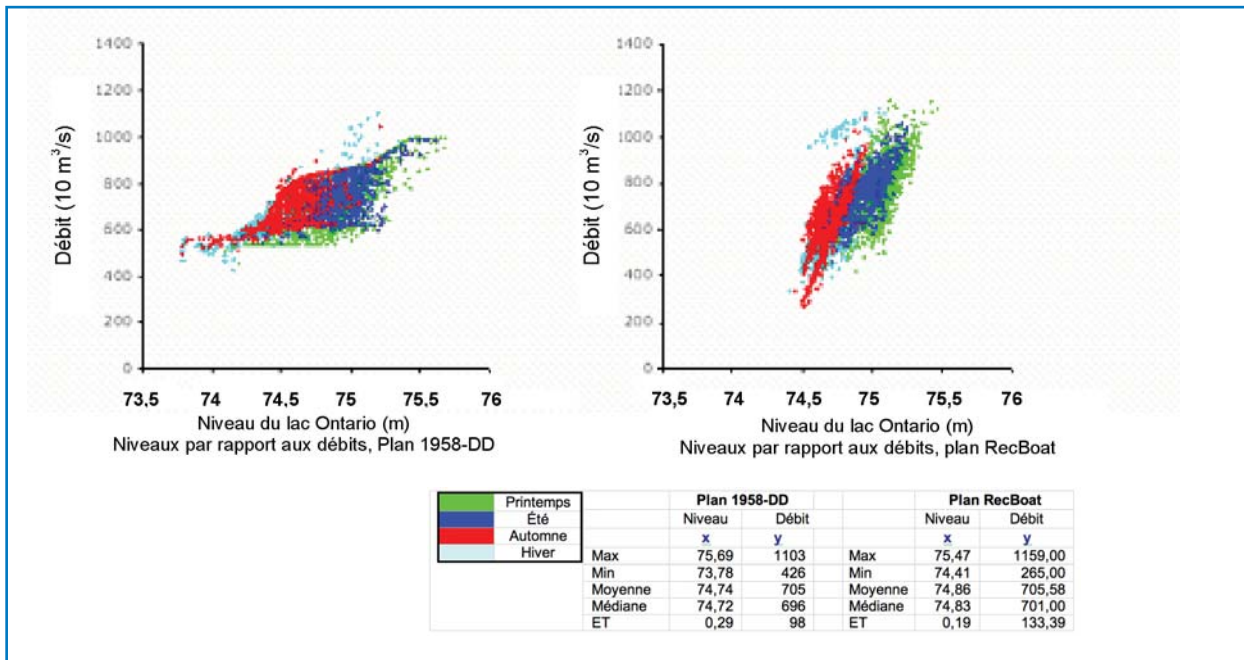


Figure B-32 : Débits selon les plans 1958-DD et RecBoat par rapport aux niveaux d'eau du lac Ontario

Variations expérimentales

Dans des problèmes peu complexes, une simple optimisation peut permettre de trouver les variables indépendantes en maximisant la variable dépendante. S'il y a ici plusieurs variables dépendantes possibles, la plus évidente est l'avantage total net pour la navigation de plaisance. Dans ce cas, « total » signifie que nous tenons compte des avantages pour toutes les régions et « net », que nous mesurons le changement par rapport aux avantages du plan 1958-DD. Les variables indépendantes sont les niveaux d'eau aux huit stations hydrométriques. Celles-ci sont des fonctions de toutes les variables suivantes ou d'une partie d'entre elles : l'apport total net au lac Ontario, le débit du lac Ontario, les marées, la rugosité du chenal et le débit des affluents. Pour maximiser les avantages, il faut être en mesure de prévoir parfaitement plusieurs de ces variables; l'optimisation doit tenir compte de la distribution des débits pour les cinq à dix années à venir, soit, approximativement, le temps qu'il faut pour observer des écarts substantiels et à long terme de l'apport d'eau normal (longues sécheresses ou longues périodes humides).

On peut, par expérimentation et réflexion, obtenir une approximation raisonnable de l'optimisation. Ici, l'expérimentation s'est faite selon la démarche suivante :

- À chaque quart de mois, nous avons utilisé une série de prévisions afin de déterminer quel débit serait en mesure de produire un niveau de 21,32 m (environ 70 pi) au lac Saint-Louis, soit le plus faible niveau sans problème pour les plaisanciers. C'est ce débit qui a été choisi. Cette expérience a fait baisser considérablement le niveau du lac Ontario pendant les longues périodes de sécheresse, marquées par un apport réduit et une demande en eau plus importante, afin de compléter l'apport des affluents du bas Saint-Laurent.
- Nous avons réduit le niveau cible du lac Saint-Louis et mis en place des cibles flexibles. Ceci a amélioré la situation en période de sécheresse, mais entraîné de nombreux dommages pour la navigation de plaisance à cause du niveau parfois très élevé du lac Ontario.
- Nous avons défini des limites inférieure et supérieure pour le niveau du lac Ontario et fait en sorte que le débit permette d'atteindre le niveau cible du lac Saint-Louis tout en gardant le niveau du lac entre ces limites. Ceci a eu tendance à éliminer l'eau qui aurait pu être utilisée pendant les sécheresses.
- La limite supérieure a été associée à une prévision, de sorte que nous permettions une violation de la limite supérieure du lac si nous prévoyions du temps sec. Nous avons permis l'utilisation des limites M (débit minimal) et J (variation du débit d'une semaine à l'autre) du plan 1998. Nous avons défini une cible hors-saison pour le lac Saint-Louis.

Les noms des itérations des plans expérimentaux correspondent aux paramètres utilisés, comme le montre la figure B-33.

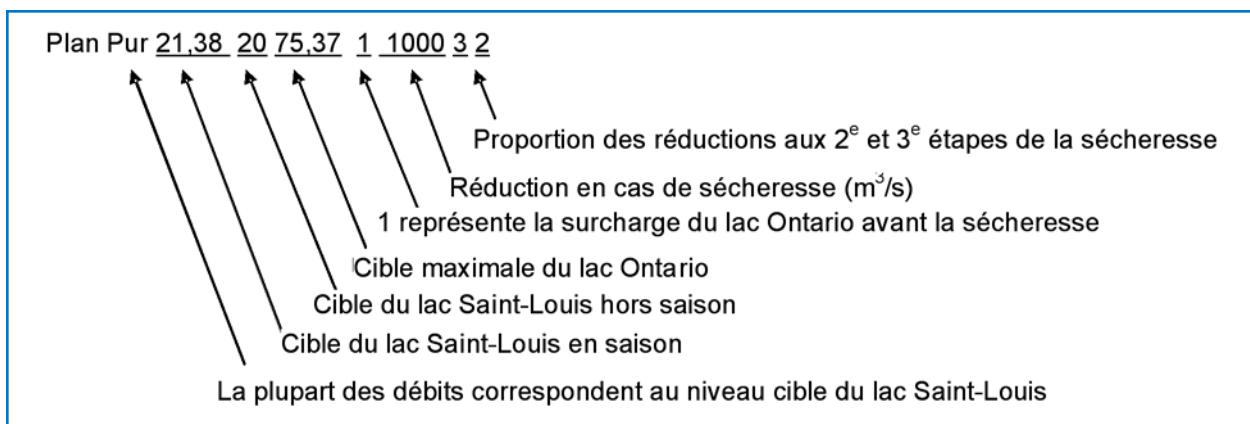


Figure B-33 : Convention d'appellation des itérations des plans expérimentaux

Nous avons représenté graphiquement les effets pour chaque emplacement et pour chaque année et les avons comparés à ceux du plan 1958-DD. Ces comparaisons des graphiques et des résultats pour l'ensemble de la zone à l'étude et pour divers segments révèlent si la modification de paramètres d'intrant améliore la situation et pourquoi.

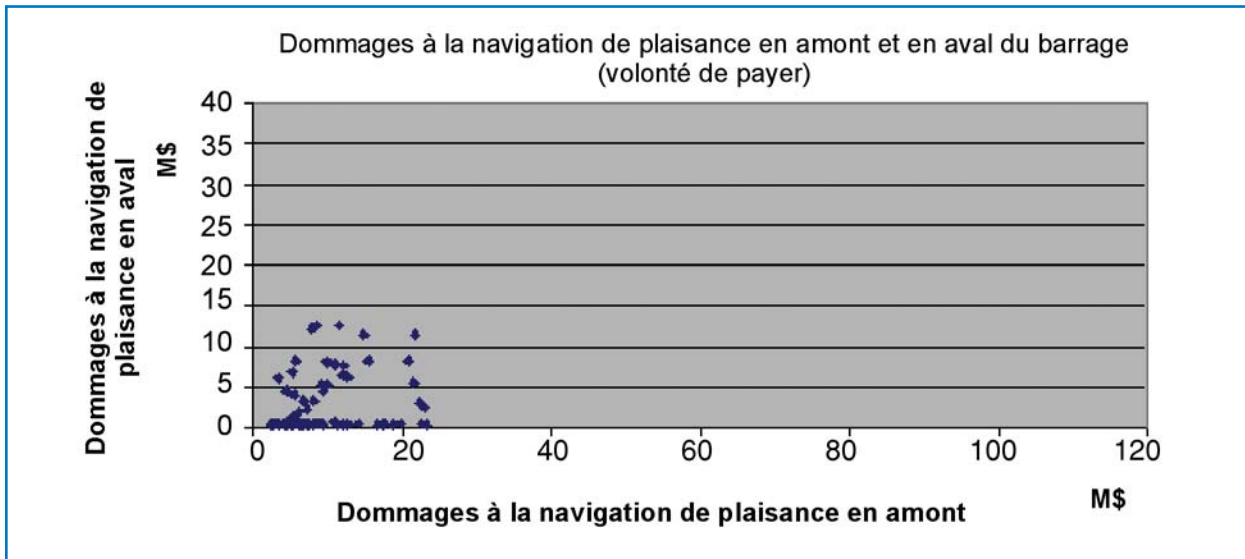


Figure B-34 : Volonté de payer les dommages à la navigation de plaisance en amont et en aval du barrage

La figure B-34 compare les dommages pour la navigation de plaisance en amont du barrage à ceux subis en aval du barrage selon le plan pur 21,38 20 75,37 1 1000 3 2. Chaque point représente la moyenne d'un an. Pour ce plan, la moyenne annuelle des dommages en amont du barrage est de 8,6 M\$ et celle des dommages en aval est de 2,24 M\$ (ET = 3,28 M\$).

Plusieurs versions de RecBoat permettent de réaliser des économies moyennes de plusieurs millions de dollars par rapport au plan 1958-DD, mais toujours avec des pertes beaucoup plus grandes pour la production hydroélectrique, surtout pour Hydro-Québec. L'analyse historique montre qu'Hydro-Québec encourt des pertes pour 90 % des années, surtout parce que nous évitons d'élever le lac Saint-Louis à plus de 21 m (68,9 pi) et que les débits sont réduits substantiellement en hiver, lorsque la production hydroélectrique est très utile pour le chauffage.

C. Tableaux récapitulatifs des résultats des plans

Les tableaux sommaires qui suivent présentent les résultats de tous les plans de régularisation décrits dans le rapport principal. Les tableaux couvrent les résultats de tous les plans proposés, des plans axés sur des intérêts spécifiques et des plans de référence pour les séries chronologiques historiques. Ils incluent les résultats économiques des plans proposés pour la série stochastique de 50 000 ans. Les résultats environnementaux ne sont pas disponibles pour toute la série stochastique parce qu'il a été impossible d'adapter le Modèle intégré de réponse écologique du Modèle de la vision commune à toute la série de 50 000 ans. Sont inclus aussi les résultats économiques et environnementaux des plans proposés pour quatre séries extrêmes de 101 ans choisis à l'intérieur de la série stochastique de 50 000 ans (S1 à S4) et les résultats économiques des plans proposés pour quatre séries de 101 ans dans un contexte de changements climatiques et reposant sur différentes séries d'apport (C1 à C4).

Nous avons passé le plan 1958-DD à travers toutes les séries chronologiques afin d'obtenir une base de comparaison pour tous les autres plans. Pour permettre cette comparaison, nous avons assigné une valeur de zéro à tous les dommages économiques reliés à 1958-DD; de cette manière, toute augmentation des dommages est un avantage négatif et toute diminution des dommages, un avantage positif. Sauf dans le cas du tableau C-1, tous les résultats économiques sont donnés par rapport au plan 1958-DD.

Plan 1958-DD – Dommages absolus

Si nous avons assigné une valeur de zéro aux dommages afin de pouvoir les comparer, cela ne veut pas dire que le plan 1958-DD ne produit pas de dommages. Par exemple, l'érosion côtière cause des dommages continuellement quel que soit le plan de régularisation. Le tableau ci-dessous donne les valeurs absolues des indicateurs de performance mesurés lorsque nous avons évalué le plan 1958-DD quant à la série chronologique historique et à la série chronologique stochastique. Ce tableau a pour objectif de montrer comment et pourquoi les valeurs diffèrent entre les évaluations historiques et stochastiques; les nombres donnés peuvent avoir une signification ou non. Par exemple, si la différence entre l'indicateur de rendement pour la production hydroélectrique de deux plans représente la valeur de la différence marginale de production électrique pour la société, le nombre absolu pour l'énergie hydroélectrique du plan 1958-DD ne représentant rien en soi. Par contre, la valeur absolue des indicateurs de rendement pour les dommages côtiers représente notre meilleure évaluation des coûts que devront encourir les intéressés à cause des impacts prévus selon le plan 1958-DD.

Tableau C-1 : Dommages annuels moyens¹ pour le plan 1958-DD selon les séries historique² sur 100 ans et stochastique³ sur 50 000 ans

Indicateur de performance	1958-DD Historique 100 ans ²	1958-DD Stochastique 50 000 ans ³
PROCESSUS LITTORAUX	21,74 \$	26,07 \$
<i>Lac Ontario</i>	13,28 \$	18,15 \$
Entretien des ouvrages de protection des rives ⁴	12,22 \$	15,48 \$
Érosion (parcelles aménagées non protégées) ⁴	1,06 \$	2,50 \$
Inondations	0,00 \$	0,17 \$
<i>Haut Saint-Laurent</i>	0,00 \$	0,01 \$
Inondations	0,00 \$	0,01 \$
<i>Saint-Laurent</i>	8,46 \$	7,91 \$
Inondations	1,41 \$	0,98 \$
Entretien des ouvrages de protection des rives ⁵	7,05 \$	6,935 \$
NAVIGATION COMMERCIALE	194,37 \$	193,31 \$
Lac Ontario	29,22 \$	29,22 \$
Voie maritime	108,80 \$	107,93 \$
En aval de Montréal	56,35 \$	56,17 \$
HYDROÉLECTRICITÉ¹	348,90 \$	345,04 \$
NYPA-OPG	249,81 \$	246,89 \$
Hydro-Québec	99,09 \$	98,15 \$
NAVIGATION DE PLAISANCE	16,75 \$	15,83 \$
<i>En amont du barrage</i>	8,61 \$	8,00 \$
Lac Ontario	4,69 \$	4,33 \$
Alex Bay	3,83 \$	3,60 \$
Ogdensburg	0,02 \$	0,02 \$
Lac St. Lawrence	0,07 \$	0,05 \$
<i>En aval du barrage</i>	8,14 \$	7,83 \$
Lac Saint-Louis	3,29 \$	3,24 \$
Montréal	3,76 \$	3,56 \$
Lac Saint-Pierre	1,09 \$	1,02 \$
UTILISATIONS MUNICIPALES ET INDUSTRIELLES DE L'EAU	0,50 \$	0,00 \$
Coûts ponctuels des infrastructures, Saint-Laurent	0,31 \$	0,00 \$
Investissements pour la qualité de l'eau, bas Saint-Laurent	0,20 \$	0,00 \$

Notes du tableau C-1 :

1. Les résultats sont des valeurs absolues moyennes annuelles (en M\$US) qui représentent des coûts (dommages), sauf pour l'hydroélectricité, où les résultats mesurent la valeur de l'électricité produite pour la société (c.-à-d. le surplus économique de l'électricité produite aux centrales du Saint-Laurent et de la rivière Niagara qui sont affectées par le niveau et le débit du lac Ontario).
2. La série historique porte sur les apports de 1900 à 2000.
3. La série stochastique sur 50 000 ans est générée statistiquement à partir des apports historiques (elle ne couvre en fait que 49 995 ans).
4. Les coûts de l'érosion côtière et de l'entretien des ouvrages de protection des rives du lac Ontario sont des dommages actualisés pour toutes les séries stochastiques d'apport et des dommages normaux (non actualisés) pour toutes les autres séries d'apport.
5. Le coût de l'entretien des ouvrages de protection des rives du bas Saint-Laurent est basé sur la moyenne de quatre simulations stochastiques sur 101 ans et sur la série historique d'apport puisque le modèle du Saint-Laurent faisant partie du Modèle de la vision commune n'a pu être adapté pour toute la série stochastique de 50 000 ans.

Série chronologique historique (1900-2000)

Résultats économiques des plans proposés (et du plan E)

Tableau C-2 : Résultats économiques des plans proposés, selon l'intérêt et la région, pour la série chronologique historique d'apport

Avantages annuels nets moyens (M\$)	Plan A ⁺	Plan B ⁺	Plan D ⁺	Plan E ³
Total	7,52 \$	6,48 \$	6,52 \$	-12,30 \$
PROCESSUS LITTORAUX	-0,62 \$	-1,11 \$	0,32 \$	-25,96 \$
<i>Lac Ontario</i>	<i>-0,36 \$</i>	<i>-0,60 \$</i>	<i>0,25 \$</i>	<i>-23,12 \$</i>
Entretien des ouvrages de protection des rives	-0,23 \$	-0,49 \$	0,27 \$	-12,98 \$
Érosion (parcelles aménagées non protégées)	-0,13 \$	-0,10 \$	-0,02 \$	-0,29 \$
Inondations	-0,01 \$	-0,01 \$	-0,01 \$	-9,85 \$
<i>Haut Saint-Laurent</i>	<i>0,00 \$</i>	<i>0,00 \$</i>	<i>0,00 \$</i>	<i>-1,56 \$</i>
Inondations	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$	-1,56 \$
<i>Saint-Laurent</i>	<i>-0,25 \$</i>	<i>-0,51 \$</i>	<i>0,07 \$</i>	<i>-1,27 \$</i>
Inondations	-0,22 \$	-0,47 \$	-0,02 \$	-1,21 \$
Entretien des ouvrages de protection des rives	-0,03 \$	-0,04 \$	0,09 \$	-0,07 \$
NAVIGATION COMMERCIALE	0,41 \$	2,20 \$	2,31 \$	4,13 \$
Lac Ontario	-0,04 \$	-0,02 \$	-0,01 \$	-0,01 \$
Voie maritime	0,53 \$	2,28 \$	2,35 \$	4,15 \$
En aval de Montréal	-0,08 \$	-0,06 \$	-0,03 \$	0,00 \$
HYDROÉLECTRICITÉ	3,50 \$	5,97 \$	1,82 \$	14,16 \$
NYPA-OPG	3,51 \$	4,16 \$	1,04 \$	10,23 \$
Hydro-Québec	-0,01 \$	1,81 \$	0,78 \$	3,93 \$
NAVIGATION DE PLAISANCE	4,23 \$	-0,58 \$	2,04 \$	-4,64 \$
<i>En amont du barrage</i>	<i>2,21 \$</i>	<i>-0,62 \$</i>	<i>0,52 \$</i>	<i>-5,91 \$</i>
Lac Ontario	1,29 \$	-0,64 \$	0,13 \$	-5,03 \$
Alex Bay	0,89 \$	-0,05 \$	0,32 \$	-0,86 \$
Ogdensburg	0,01 \$	0,00 \$	0,01 \$	-0,09 \$
Lac St. Lawrence	0,02 \$	0,06 \$	0,06 \$	0,07 \$
<i>En aval du barrage</i>	<i>2,02 \$</i>	<i>0,04 \$</i>	<i>1,53 \$</i>	<i>1,27 \$</i>
Lac Saint-Louis	1,13 \$	0,17 \$	0,77 \$	0,78 \$
Montréal	0,70 \$	-0,02 \$	0,58 \$	0,41 \$
Lac Saint-Pierre	0,19 \$	-0,10 \$	0,17 \$	0,08 \$
UTILISATIONS MUNICIPALES ET INDUSTRIELLES DE L'EAU	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$
Coût ponctuel des infrastructures, Saint-Laurent	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$
Investissements pour la qualité de l'eau, bas Saint-Laurent	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$

Notes du tableau C-2 :

1. Les résultats représentent l'impact annuel moyen par rapport au plan 1958-DD, en millions de dollars US. Les résultats nets positifs sont en **bleu** et les résultats nets négatifs, en **rouge**.
2. Ces résultats économiques sont basés sur la série chronologique historique d'apport (pour la période 1900-2000). Nous n'appliquons aucune actualisation.
3. Les résultats du plan E ne sont fournis qu'à des fins de comparaison et représentent les conditions naturelles de débit. Le plan E n'est pas un des plans proposés.

Résultats économiques (historiques) des plans spécifiques et de référence

Tableau C-3 : Résultats économiques, selon l'intérêt et la région, des plans spécifiques et de référence, pour la série chronologique historique d'apport

	RecBoat	OntRip3	1998	1958-D
Total	-20,55 \$	-8,07 \$	-0,03 \$	-40,91 \$
PROCESSUS LITTORAUX	-1,77 \$	0,94 \$	-0,80 \$	-46,66 \$
<i>Lac Ontario</i>	<i>0,74 \$</i>	<i>0,95 \$</i>	<i>-0,98 \$</i>	<i>-43,07 \$</i>
Entretien des ouvrages de protection des rives	0,90 \$	0,77 \$	-0,97 \$	-20,04 \$
Érosion (parcelles aménagées non protégées)	-0,16 \$	0,18 \$	0,00 \$	-0,12 \$
Inondations	0,00 \$	0,00 \$	-0,02 \$	-22,91 \$
<i>Haut Saint-Laurent</i>	<i>0,00 \$</i>	<i>0,00 \$</i>	<i>0,00 \$</i>	<i>-2,73 \$</i>
Inondations	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$	-2,73 \$
<i>Saint-Laurent</i>	<i>-2,51 \$</i>	<i>-0,01 \$</i>	<i>0,18 \$</i>	<i>-0,85 \$</i>
Inondations	-2,46 \$	-0,08 \$	0,09 \$	-0,82 \$
Entretien des ouvrages de protection des rives	-0,05 \$	0,07 \$	0,09 \$	-0,04 \$
NAVIGATION COMMERCIALE	-3,91 \$	0,48 \$	-0,03 \$	2,97 \$
<i>Lac Ontario</i>	<i>-0,22 \$</i>	<i>-0,05 \$</i>	<i>-0,01 \$</i>	<i>-0,01 \$</i>
Voie maritime	-3,04 \$	0,54 \$	0,01 \$	3,01 \$
En aval de Montréal	-0,65 \$	0,00 \$	-0,03 \$	-0,03 \$
HYDROÉLECTRICITÉ	-18,72 \$	-3,90 \$	-0,45 \$	5,09 \$
<i>NYPA-OPG</i>	<i>-3,78 \$</i>	<i>-5,24 \$</i>	<i>0,02 \$</i>	<i>3,54 \$</i>
<i>Hydro-Québec</i>	<i>-14,94 \$</i>	<i>1,34 \$</i>	<i>-0,47 \$</i>	<i>1,55 \$</i>
NAVIGATION DE PLAISANCE	3,90 \$	-5,59 \$	1,05 \$	-2,51 \$
<i>En amont du barrage</i>	<i>2,46 \$</i>	<i>-6,66 \$</i>	<i>1,02 \$</i>	<i>-2,82 \$</i>
Lac Ontario	2,14 \$	-4,57 \$	0,69 \$	-2,15 \$
Alex Bay	0,35 \$	-2,07 \$	0,30 \$	-0,67 \$
Ogdensburg	0,02 \$	-0,02 \$	0,01 \$	-0,06 \$
Lac St. Lawrence	-0,04 \$	0,01 \$	0,03 \$	0,06 \$
<i>En aval du barrage</i>	<i>1,44 \$</i>	<i>1,08 \$</i>	<i>0,04 \$</i>	<i>0,32 \$</i>
Lac Saint-Louis	0,80 \$	0,60 \$	0,10 \$	0,17 \$
Montréal	0,61 \$	0,39 \$	-0,03 \$	0,15 \$
Lac Saint-Pierre	0,03 \$	0,09 \$	-0,04 \$	0,00 \$
UTILISATIONS MUNICIPALES ET INDUSTRIELLES DE L'EAU	-0,05 \$	0,00 \$	0,20 \$	0,20 \$
Coût ponctuel des infrastructures, Saint-Laurent	-0,05 \$	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$
Investissements pour la qualité de l'eau, bas Saint-Laurent	0,00 \$	0,00 \$	0,20 \$	0,20 \$

Notes du tableau C-3 :

1. Les résultats représentent l'impact annuel moyen par rapport au plan 1958-DD, en millions de dollars US. Les résultats nets positifs sont en **bleu** et les résultats nets négatifs, en **rouge**.
2. Ces résultats économiques sont basés sur la série chronologique historique d'apport (pour la période 1900-2000). Nous n'appliquons aucune actualisation.

Résultats environnementaux (historiques) des plans proposés (et du plan E)

Tableau C-4 : Résultats (ratios) des indicateurs de performance environnementale des plans proposés d'après les apports historiques

Indicateur de performance environnementale	Plan A ⁺	Plan B ⁺	Plan D ⁺	Plan E
Lac Ontario				
Communauté des marais et des prairies humides	1,02	1,44	1,17	1,56
Végétation basse, 18 °C – disponibilité des habitats de fraye	0,89	0,95	0,94	0,88
Végétation haute, 24 °C – disponibilité des habitats de fraye	1,05	1,00	1,01	1,08
Végétation basse, 24 °C – disponibilité des habitats de fraye	1,00	1,02	1,00	1,11
Grand brochet – recrutement des jeunes de l'année	1,02	1,00	1,05	1,03
Achigan à grande bouche – recrutement des jeunes de l'année	0,94	0,98	0,97	0,96
Petit Blongios (IXEX) – indice de reproduction	0,88	1,04	0,95	1,13
Râle de Virginie (RALI) – indice de reproduction	0,96	1,11	0,99	1,15
Guifette noire (CHNI) – indice de reproduction	1,03	1,12	1,01	1,16
Râle jaune (CONO) – habitat propice à la reproduction	0,96	1,01	0,98	1,01
Râle élégant (RAEL) – habitat propice à la reproduction	1,05	1,10	1,03	1,27
Haut Saint-Laurent				
Végétation basse, 18 °C – disponibilité des habitats de fraye	1,01	1,01	1,01	1,04
Végétation haute, 24 °C – disponibilité des habitats de fraye	1,03	1,01	1,02	1,02
Végétation basse, 24 °C – disponibilité des habitats de fraye	1,01	1,01	1,01	1,04
Grand brochet – recrutement des jeunes de l'année	1,05	1,03	1,01	1,06
Achigan à grande bouche – recrutement des jeunes de l'année	0,99	1,00	1,00	1,00
Grand brochet – productivité nette des jeunes de l'année	4,02	2,08	1,17	4,08
Râle de Virginie (RALI) – indice de reproduction	1,16	1,27	1,31	1,33
Rat musqué (ONZI) – densité des huttes dans les zones humides des embouchures submergées	1,42	4,39	1,73	37,25
Bas Saint-Laurent				
Chatte de l'Est – superficie de l'habitat propice à l'alimentation	1,00	1,00	1,00	1,03
Poissons des milieux humides – indice d'abondance	0,87	0,90	0,84	0,97
Sauvagine migratrice – superficie de l'habitat	1,03	1,03	0,97	1,00
Petit Blongios (IXEX) – indice de reproduction	1,03	1,06	1,00	1,06
Râle de Virginie (RALI) – indice de reproduction	0,94	0,97	1,06	1,00
Sauvagine migratrice – productivité	1,06	1,00	1,00	1,03
Guifette noire (CHNI) – indice de reproduction	0,84	0,77	1,00	0,77
Grand brochet (ESLU) – aire de reproduction	0,97	0,94	0,94	0,94
Espèces de grenouilles – superficie de l'habitat de reproduction	0,87	0,87	1,03	0,94
Dard de sable (AMPE) – aire de reproduction	1,10	1,03	1,13	1,06
Tortue-molle à épines (APSP) – superficie de l'habitat de reproduction	1,03	1,06	1,03	1,03
Méné d'herbe (NOBI) – superficie de l'habitat de reproduction	1,00	0,97	1,00	1,03
Rat musqué (ONZI) – huttes restantes	1,04	0,88	0,96	0,80
Pourcentage de « bons » résultats pour chaque plan	9 %	22 %	16 %	34 %
Indice environnemental global	1,06	1,35	1,10	4,04
Notes du tableau C-4 :				
1. Les résultats représentent l'impact annuel moyen par rapport au plan 1958-DD, exprimé sous la forme d'un ratio, où 1 équivaut à une absence de changement, >1,00 à une amélioration et <1,00 à une détérioration par rapport au plan 1958-DD.				
2. Résultats basés sur la série chronologique historique d'apport (1900-2000).				
3. Le fond bleu identifie les espèces en péril.				
4. Le fond jaune indique qu'il n'y a essentiellement pas de changement par rapport au 1958-DD (à l'intérieur d'un intervalle de 10 %). En haut de 1,10, les valeurs sont indiquées en bleu. En bas de 0,90, les valeurs sont indiquées en rouge.				

Résultats environnementaux (historiques) des plans spécifiques et de référence

Tableau C-5 : Résultats (ratios) des indicateurs de performance environnementale des plans spécifiques et de référence d'après les apports historiques

Indicateur de performance environnementale	RecBoat	OntRip3	1998	1958-D
Lac Ontario				
Communauté des marais et des prairies humides	0,41	1,02	1,09	1,24
Végétation basse, 18 °C – disponibilité des habitats de fraye	1,03	1,05	1,00	0,96
Végétation haute, 24 °C – disponibilité des habitats de fraye	1,08	1,00	1,00	1,03
Végétation basse, 24 °C – disponibilité des habitats de fraye	0,93	0,95	1,00	1,01
Grand brochet – recrutement des jeunes de l'année	1,01	1,02	1,02	1,00
Achigan à grande bouche – recrutement des jeunes de l'année	0,99	1,07	0,99	0,98
Petit Blongios (IXEX) – indice de reproduction	0,21	0,68	1,03	1,01
Râle de Virginie (RALI) – indice de reproduction	0,44	0,75	1,03	1,04
Guifette noire (CHNI) – indice de reproduction	0,48	0,80	1,03	1,04
Râle jaune (CONO) – habitat propice à la reproduction	0,92	1,04	1,00	1,00
Râle élégant (RAEL) – habitat propice à la reproduction	0,82	0,92	1,02	1,09
Haut Saint-Laurent				
Végétation basse, 18 °C – disponibilité des habitats de fraye	1,00	0,96	1,01	1,00
Végétation haute, 24 °C – disponibilité des habitats de fraye	1,00	1,00	1,01	1,00
Végétation basse, 24 °C – disponibilité des habitats de fraye	0,99	1,01	1,00	1,00
Grand brochet – recrutement des jeunes de l'année	1,07	1,00	1,00	1,01
Achigan à grande bouche – recrutement des jeunes de l'année	1,04	1,04	1,00	0,99
Grand brochet – productivité nette des jeunes de l'année	5,28	0,58	1,21	1,93
Râle de Virginie (RALI) – indice de reproduction	0,99	0,92	1,12	1,33
Rat musqué (ONZI) – densité des huttes dans les zones humides des embouchures submergées	0,00	0,23	1,01	17,83
Bas Saint-Laurent				
Chatte de l'Est – superficie de l'habitat propice à l'alimentation	1,00	1,06	0,94	0,81
Poissons des milieux humides – indice d'abondance	1,10	0,94	0,94	0,97
Sauvagine migratrice – superficie de l'habitat	1,10	0,97	1,00	1,00
Petit Blongios – indice de reproduction	1,03	1,03	0,97	1,03
Râle de Virginie (RALI) – indice de reproduction	1,03	1,03	1,00	1,06
Sauvagine migratrice – productivité	1,10	1,00	1,00	1,03
Guifette noire (CHNI) – indice de reproduction	0,74	1,00	0,90	1,03
Grand brochet (ESLU) – aire de reproduction	0,87	0,94	1,00	0,94
Espèces de grenouilles – superficie de l'habitat de reproduction	0,77	1,00	0,94	1,06
Dard de sable (AMPE) – aire de reproduction	0,94	1,10	1,03	1,13
Tortue-molle à épines (APSP) – superficie de l'habitat de reproduction	0,94	1,03	1,00	1,10
Méné d'herbe (NOBI) – superficie de l'habitat de reproduction	0,90	0,97	0,97	1,13
Rat musqué (ONZI) – huttes restantes	0,20	1,00	1,00	1,20
Pourcentage de « bons » résultats pour chaque plan	9 %	6 %	9 %	22 %
Indice environnemental global	0,70	0,90	1,02	2,44
Notes du tableau C-5 :				
1. Les résultats représentent l'impact annuel moyen par rapport au plan 1958-DD, exprimé sous la forme d'un ratio, où 1 équivaut à une absence de changement, >1,00 à une amélioration et <1,00 à une détérioration par rapport au plan 1958-DD.				
2. Résultats basés sur la série chronologique historique d'apport (1900-2000).				
3. Le fond bleu identifie les espèces en péril.				
4. Le fond jaune indique qu'il n'y a essentiellement pas de changement par rapport au 1958-DD (à l'intérieur d'un intervalle de 10 %). En haut de 1,10, les valeurs sont indiquées en bleu. En bas de 0,90, les valeurs sont indiquées en rouge.				

Série stochastique d'apport

Résultats économiques des plans proposés (série stochastique sur 50 000 ans)

Tableau C-6 : Résultats économiques des plans proposés, selon l'intérêt et la région, pour la série stochastique d'apport sur 50 000 ans

Avantages annuels nets moyens actualisés (en M\$US)	Plan A ⁺	Plan B ⁺	Plan D ⁺	Plan E
Total	6,44 \$	4,63 \$	4,48 \$	-16,36 \$
PROCESSUS LITTORAUX	-0,10 \$	-2,84 \$	-0,10 \$	-28,50 \$
<i>Lac Ontario</i>	<i>0,46 \$</i>	<i>-2,52 \$</i>	<i>-0,23 \$</i>	<i>-27,16 \$</i>
Entretien des ouvrages de protection des rives ²	0,57 \$	-2,16 \$	-0,17 \$	-19,85 \$
Érosion (parcelles aménagées non protégées) ²	-0,23 \$	-0,17 \$	0,02 \$	-0,58 \$
Inondations	0,12 \$	-0,20 \$	-0,08 \$	-6,72 \$
<i>Haut Saint-Laurent</i>	<i>0,01 \$</i>	<i>-0,01 \$</i>	<i>-0,01 \$</i>	<i>-0,75 \$</i>
Inondations	0,01 \$	-0,01 \$	-0,01 \$	-0,75 \$
<i>Saint-Laurent</i>	<i>-0,57 \$</i>	<i>-0,31 \$</i>	<i>0,14 \$</i>	<i>-0,59 \$</i>
Inondations	-0,51 \$	-0,22 \$	0,09 \$	-0,49 \$
Entretien des ouvrages de protection des rives ³	-0,06 \$	-0,09 \$	0,05 \$	-0,10 \$
NAVIGATION COMMERCIALE	0,47 \$	2,13 \$	1,53 \$	3,21 \$
<i>Lac Ontario</i>	<i>-0,03 \$</i>	<i>-0,01 \$</i>	<i>-0,01 \$</i>	<i>-0,02 \$</i>
Voie maritime	0,57 \$	2,16 \$	1,56 \$	3,21 \$
En aval de Montréal	-0,07 \$	-0,02 \$	-0,02 \$	0,02 \$
HYDROÉLECTRICITÉ	2,26 \$	6,09 \$	1,64 \$	12,39 \$
NYPA-OPG (Energy + Peaking)	2,18 \$	3,87 \$	0,48 \$	8,57 \$
Hydro-Québec (Energy)	0,08 \$	2,22 \$	1,16 \$	3,82 \$
NAVIGATION DE PLAISANCE	3,81 \$	-0,74 \$	1,42 \$	-3,46 \$
<i>En amont du barrage</i>	<i>1,20 \$</i>	<i>-1,42 \$</i>	<i>-0,36 \$</i>	<i>-5,31 \$</i>
Lac Ontario	0,70 \$	-1,18 \$	-0,44 \$	-4,93 \$
Alex Bay	0,47 \$	-0,29 \$	0,03 \$	-0,36 \$
Ogdensburg	0,01 \$	0,00 \$	0,01 \$	-0,07 \$
Lac St. Lawrence	0,01 \$	0,05 \$	0,05 \$	0,05 \$
<i>En aval du barrage</i>	<i>2,61 \$</i>	<i>0,68 \$</i>	<i>1,78 \$</i>	<i>1,85 \$</i>
Lac Saint-Louis	1,39 \$	0,49 \$	0,89 \$	1,03 \$
Montréal	0,93 \$	0,19 \$	0,68 \$	0,64 \$
Lac Saint-Pierre	0,29 \$	0,00 \$	0,21 \$	0,18 \$
UTILISATIONS MUNICIPALES ET INDUSTRIELLES DE L'EAU	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$
Coût ponctuel des infrastructures, Saint-Laurent	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$
Investissements pour la qualité de l'eau, bas Saint-Laurent	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$

Notes du tableau C-6 :

- Les résultats représentent l'impact annuel moyen actualisé par rapport au plan 1958-DD, en millions de dollars US. Les résultats nets positifs sont en **bleu** et les résultats nets négatifs, en **rouge**.
- Ces résultats sont des résultats économiques calculés à partir de la série stochastique sur 50 000 ans, avec, pour l'érosion des rives et l'entretien des ouvrages de protection des rives, un taux d'actualisation de 4 % sur 30 ans.
- Afin d'utiliser les mêmes protocoles de programmation que pour les modèles basés sur la série historique d'apport de 101 ans, nous avons raccourci la série sur 50 000 ans à 49 995 ans, soit 495 séries de 101 ans.
- Le modèle du fleuve Saint-Laurent du Modèle de la vision commune n'a pu être adapté de manière à utiliser toute la série stochastique sur 50 000 ans. Les résultats sont la moyenne de la série historique et de quatre segments de 101 ans extraits de la série stochastique (séries S1, S2, S3 et S4).
- Les tests stochastiques complets n'ont porté que sur les plans proposés et sur le plan E. Les résultats du plan E ne sont fournis qu'à des fins de comparaison et représentent les conditions naturelles de débit. Le plan E n'est pas un des plans proposés.

Quatre séries stochastiques extrêmes (S1-S4)

Tableau C-7 : Résultats économiques des plans proposés, selon l'intérêt et la région, pour la série stochastique d'apport extrême S1 – siècle avec le moins d'apport d'eau au lac Ontario

S1 – Sécheresse extrême (résultats économiques – moyenne annuelle en M\$)				
Avantages annuels nets moyens (M\$)	Plan A⁺	Plan B⁺	Plan D⁺	Plan E
Total	17,53 \$	2,62 \$	10,84 \$	-21,41 \$
PROCESSUS LITTORAUX	0,46 \$	-1,26 \$	0,35 \$	-21,52 \$
<i>Lac Ontario</i>	<i>0,76 \$</i>	<i>-0,98 \$</i>	<i>0,30 \$</i>	<i>-19,65 \$</i>
Entretien des ouvrages de protection des rives	0,86 \$	-0,54 \$	0,27 \$	-10,06 \$
Érosion (parcelles aménagées non protégées)	-0,12 \$	-0,05 \$	0,01 \$	-0,21 \$
Inondations	0,02 \$	-0,38 \$	0,02 \$	-9,38 \$
<i>Haut Saint-Laurent</i>	<i>0,00 \$</i>	<i>0,00 \$</i>	<i>0,00 \$</i>	<i>-1,41 \$</i>
Inondations	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$	-1,41 \$
<i>Saint-Laurent</i>	<i>-0,31 \$</i>	<i>-0,28 \$</i>	<i>0,05 \$</i>	<i>-0,46 \$</i>
Inondations	-0,21 \$	-0,15 \$	0,02 \$	-0,25 \$
Entretien des ouvrages de protection des rives	-0,10 \$	-0,13 \$	0,03 \$	-0,21 \$
NAVIGATION COMMERCIALE	0,59 \$	1,79 \$	1,60 \$	3,06 \$
Lac Ontario	0,02 \$	-0,01 \$	0,07 \$	-0,09 \$
Voie maritime	0,75 \$	1,99 \$	1,57 \$	3,25 \$
En aval de Montréal	-0,18 \$	-0,18 \$	-0,04 \$	-0,11 \$
HYDROÉLECTRICITÉ	3,14 \$	4,12 \$	1,33 \$	7,86 \$
NYPA-OPG	3,22 \$	2,33 \$	0,96 \$	4,98 \$
Hydro-Québec	-0,08 \$	1,78 \$	0,37 \$	2,88 \$
NAVIGATION DE PLAISANCE	13,34 \$	-2,03 \$	7,56 \$	-10,81 \$
<i>En amont du barrage</i>	<i>11,04 \$</i>	<i>-1,84 \$</i>	<i>6,47 \$</i>	<i>-11,81 \$</i>
Lac Ontario	8,89 \$	-1,50 \$	5,23 \$	-9,40 \$
Alex Bay	1,90 \$	-0,46 \$	0,99 \$	-2,28 \$
Ogdensburg	0,21 \$	0,04 \$	0,18 \$	-0,20 \$
Lac St. Lawrence	0,04 \$	0,08 \$	0,07 \$	0,08 \$
<i>En aval du barrage</i>	<i>2,30 \$</i>	<i>-0,19 \$</i>	<i>1,09 \$</i>	<i>1,00 \$</i>
Lac Saint-Louis	1,04 \$	-0,10 \$	0,40 \$	0,48 \$
Montréal	1,01 \$	0,05 \$	0,53 \$	0,46 \$
Lac Saint-Pierre	0,25 \$	-0,14 \$	0,16 \$	0,06 \$
UTILISATIONS MUNICIPALES ET INDUSTRIELLES DE L'EAU	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$
Coût ponctuel des infrastructures, Saint-Laurent	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$
Investissements pour la qualité de l'eau, bas Saint-Laurent	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$

Notes du tableau C-7 :

- Les résultats représentent l'impact annuel moyen par rapport au plan 1958-DD, en millions de dollars US. Les résultats nets positifs sont en **bleu** et les résultats nets négatifs, en **rouge**.
- Les séries S1 à S4 représentent quatre siècles extrêmes de 101 ans choisis à l'intérieur de la série stochastique sur 50 000 ans, où S1 est extrêmement sec, S2 est extrêmement humide avec la plus grande amplitude, S3 ressemble à la série historique et S4 possède la période de sécheresse la plus longue.
- Les résultats du plan E ne sont fournis qu'à des fins de comparaison et représentent les conditions naturelles de débit. Le plan E n'est pas un des plans proposés.

Tableau C-8 : Résultats économiques des plans proposés, selon l'intérêt et la région, pour la série stochastique d'apport extrême S2 – siècle avec le plus d'apport d'eau au lac Ontario et la plus grande amplitude entre les apports les plus faibles et les plus importants

S2 – Extrêmement humide avec la plus grande amplitude (résultats économiques – moyenne annuelle en M\$)				
Avantages annuels nets moyens (M\$)	Plan A⁺	Plan B⁺	Plan D⁺	Plan E
Total	9,76 \$	3,97 \$	5,42 \$	-33,96 \$
PROCESSUS LITTORAUX	4,31 \$	-1,05 \$	0,06 \$	-43,32 \$
<i>Lac Ontario</i>	4,40 \$	-0,77 \$	0,02 \$	-39,41 \$
Entretien des ouvrages de protection des rives	3,20 \$	0,84 \$	0,58 \$	-11,85 \$
Érosion (parcelles aménagées non protégées)	-0,10 \$	-0,10 \$	-0,02 \$	-0,27 \$
Inondations	1,30 \$	-1,52 \$	-0,53 \$	-27,29 \$
<i>Haut Saint-Laurent</i>	0,17 \$	-0,07 \$	-0,22 \$	-3,56 \$
Inondations	0,17 \$	-0,07 \$	-0,22 \$	-3,56 \$
<i>Saint-Laurent</i>	-0,26 \$	-0,21 \$	0,25 \$	-0,34 \$
Inondations	-0,34 \$	-0,13 \$	0,09 \$	-0,40 \$
Entretien des ouvrages de protection des rives	0,09 \$	-0,08 \$	0,16 \$	0,06 \$
NAVIGATION COMMERCIALE	-0,61 \$	0,73 \$	1,41 \$	5,08 \$
Lac Ontario	-0,04 \$	-0,01 \$	-0,01 \$	-0,02 \$
Voie maritime	-0,49 \$	0,80 \$	1,44 \$	5,11 \$
En aval de Montréal	-0,09 \$	-0,06 \$	-0,02 \$	0,00 \$
HYDROÉLECTRICITÉ	0,40 \$	4,39 \$	0,99 \$	12,22 \$
NYPA-OPG	1,01 \$	2,64 \$	0,28 \$	9,24 \$
Hydro-Québec	-0,61 \$	1,75 \$	0,71 \$	2,99 \$
NAVIGATION DE PLAISANCE	5,46 \$	-0,10 \$	2,76 \$	-7,95 \$
<i>En amont du barrage</i>	3,17 \$	-0,88 \$	0,95 \$	-9,64 \$
Lac Ontario	2,26 \$	-0,78 \$	0,53 \$	-7,48 \$
Alex Bay	0,88 \$	-0,15 \$	0,36 \$	-2,06 \$
Ogdensburg	0,06 \$	0,01 \$	0,04 \$	-0,15 \$
Lac St. Lawrence	-0,03 \$	0,05 \$	0,03 \$	0,05 \$
<i>En aval du barrage</i>	2,29 \$	0,78 \$	1,81 \$	1,69 \$
Lac Saint-Louis	1,17 \$	0,50 \$	0,85 \$	0,91 \$
Montréal	0,88 \$	0,27 \$	0,73 \$	0,63 \$
Lac Saint-Pierre	0,24 \$	0,01 \$	0,22 \$	0,16 \$
UTILISATIONS MUNICIPALES ET INDUSTRIELLES DE L'EAU	0,20 \$	0,00 \$	0,20 \$	0,00 \$
Coût ponctuel des infrastructures, Saint-Laurent	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$
Investissements pour la qualité de l'eau, bas Saint-Laurent	0,20 \$	0,00 \$	0,20 \$	0,00 \$

Notes du tableau C-8 :

1. Les résultats représentent l'impact annuel moyen par rapport au plan 1958-DD, en millions de dollars US. Les résultats nets positifs sont en **bleu** et les résultats nets négatifs, en **rouge**.
2. Les séries S1 à S4 représentent quatre siècles extrêmes de 101 ans choisis à l'intérieur de la série stochastique sur 50 000 ans, où S1 est extrêmement sec, S2 est extrêmement humide avec la plus grande amplitude, S3 ressemble à la série historique et S4 possède la période de sécheresse la plus longue.
3. Les résultats du plan E ne sont fournis qu'à des fins de comparaison et représentent les conditions naturelles de débit. Le plan E n'est pas un des plans proposés.

Tableau C-9 : Résultats économiques des plans proposés, selon l'intérêt et la région, pour la série stochastique d'apport extrême S3 – siècle possédant une amplitude d'apport et un apport moyen semblables au siècle de la série historique

S3 – Semblable à la série historique (résultats économiques – moyenne annuelle en M\$)				
Avantages annuels nets moyens (M\$)	Plan A⁺	Plan B⁺	Plan D⁺	Plan E
Total	7,28 \$	5,69 \$	5,02 \$	-7,69 \$
PROCESSUS LITTORAUX	0,33 \$	-3,19 \$	0,59 \$	-22,27 \$
<i>Lac Ontario</i>	<i>1,00 \$</i>	<i>-2,87 \$</i>	<i>0,47 \$</i>	<i>-20,49 \$</i>
Entretien des ouvrages de protection des rives	1,09 \$	-2,66 \$	0,47 \$	-10,65 \$
Érosion (parcelles aménagées non protégées)	-0,09 \$	-0,08 \$	0,00 \$	-0,28 \$
Inondations	0,00 \$	-0,12 \$	0,00 \$	-9,57 \$
<i>Haut Saint-Laurent</i>	<i>0,00 \$</i>	<i>0,00 \$</i>	<i>0,00 \$</i>	<i>-1,16 \$</i>
Inondations	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$	-1,16 \$
<i>Saint-Laurent</i>	<i>-0,67 \$</i>	<i>-0,32 \$</i>	<i>0,11 \$</i>	<i>-0,62 \$</i>
Inondations	-0,54 \$	-0,24 \$	0,08 \$	-0,48 \$
Entretien des ouvrages de protection des rives	-0,13 \$	-0,08 \$	0,03 \$	-0,13 \$
NAVIGATION COMMERCIALE	0,40 \$	3,00 \$	1,69 \$	4,22 \$
Lac Ontario	-0,03 \$	-0,01 \$	-0,01 \$	-0,01 \$
Voie maritime	0,49 \$	3,01 \$	1,72 \$	4,18 \$
En aval de Montréal	-0,06 \$	0,00 \$	-0,02 \$	0,04 \$
HYDROÉLECTRICITÉ	3,23 \$	6,32 \$	2,05 \$	14,62 \$
NYPA-OPG	2,95 \$	4,02 \$	0,91 \$	10,42 \$
Hydro-Québec	0,28 \$	2,29 \$	1,14 \$	4,20 \$
NAVIGATION DE PLAISANCE	3,33 \$	-0,44 \$	0,69 \$	-4,26 \$
<i>En amont du barrage</i>	<i>1,25 \$</i>	<i>-0,76 \$</i>	<i>-0,81 \$</i>	<i>-5,76 \$</i>
Lac Ontario	0,53 \$	-0,69 \$	-0,90 \$	-4,85 \$
Alex Bay	0,68 \$	-0,14 \$	0,04 \$	-0,89 \$
Ogdensburg	0,01 \$	0,00 \$	0,00 \$	-0,08 \$
Lac St. Lawrence	0,03 \$	0,07 \$	0,06 \$	0,07 \$
<i>En aval du barrage</i>	<i>2,08 \$</i>	<i>0,32 \$</i>	<i>1,49 \$</i>	<i>1,50 \$</i>
Lac Saint-Louis	1,13 \$	0,35 \$	0,74 \$	0,88 \$
Montréal	0,72 \$	0,01 \$	0,60 \$	0,49 \$
Lac Saint-Pierre	0,22 \$	-0,04 \$	0,15 \$	0,13 \$
UTILISATIONS MUNICIPALES ET INDUSTRIELLES DE L'EAU	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$
Coût ponctuel des infrastructures, Saint-Laurent	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$
Investissements pour la qualité de l'eau, bas Saint-Laurent	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$

Notes du tableau C-9 :

1. Les résultats représentent l'impact annuel moyen par rapport au plan 1958-DD, en millions de dollars US. Les résultats nets positifs sont en **bleu** et les résultats nets négatifs, en **rouge**.
2. Les séries S1 à S4 représentent quatre siècles extrêmes de 101 ans choisis à l'intérieur de la série stochastique sur 50 000 ans, où S1 est extrêmement sec, S2 est extrêmement humide avec la plus grande amplitude, S3 ressemble à la série historique et S4 possède la période de sécheresse la plus longue.
3. Les résultats du plan E ne sont fournis qu'à des fins de comparaison et représentent les conditions naturelles de débit. Le plan E n'est pas un des plans proposés.

Tableau C-10 : Résultats économiques des plans proposés, selon l'intérêt et la région, pour la série stochastique d'apport extrême S4 – siècle avec la période de sécheresse du lac Ontario la plus longue

S4 – Sécheresse la plus longue du lac Ontario (résultats économiques – moyenne annuelle en M\$)				
Avantages annuels nets moyens (M\$)	Plan A⁺	Plan B⁺	Plan D⁺	Plan E
Total	16,07 \$	-6,81 \$	8,74 \$	-19,42 \$
PROCESSUS LITTORAUX	-1,77 \$	-0,96 \$	-0,45 \$	-3,63 \$
<i>Lac Ontario</i>	<i>-1,29 \$</i>	<i>-0,54 \$</i>	<i>-0,34 \$</i>	<i>-3,19 \$</i>
Entretien des ouvrages de protection des rives	-1,18 \$	-0,61 \$	-0,41 \$	-2,77 \$
Érosion (parcelles aménagées non protégées)	-0,11 \$	0,07 \$	0,07 \$	0,04 \$
Inondations	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$	-0,47 \$
<i>Haut Saint-Laurent</i>	<i>0,00 \$</i>	<i>0,00 \$</i>	<i>0,00 \$</i>	<i>0,00 \$</i>
Inondations	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$
<i>Saint-Laurent</i>	<i>-0,48 \$</i>	<i>-0,41 \$</i>	<i>-0,11 \$</i>	<i>-0,44 \$</i>
Inondations	-0,38 \$	-0,29 \$	-0,06 \$	-0,31 \$
Entretien des ouvrages de protection des rives	-0,10 \$	-0,13 \$	-0,05 \$	-0,13 \$
NAVIGATION COMMERCIALE	-0,33 \$	-0,17 \$	0,26 \$	-0,39 \$
Lac Ontario	-0,02 \$	-0,06 \$	0,05 \$	-0,16 \$
Voie maritime	-0,02 \$	0,21 \$	0,35 \$	0,00 \$
En aval de Montréal	-0,29 \$	-0,32 \$	-0,13 \$	-0,23 \$
HYDROÉLECTRICITÉ	2,96 \$	1,52 \$	0,84 \$	0,90 \$
NYPA-OPG	2,47 \$	0,17 \$	0,29 \$	-1,37 \$
Hydro-Québec	0,49 \$	1,35 \$	0,55 \$	2,27 \$
NAVIGATION DE PLAISANCE	15,21 \$	-7,20 \$	8,09 \$	-16,30 \$
<i>En amont du barrage</i>	<i>11,61 \$</i>	<i>-7,23 \$</i>	<i>6,72 \$</i>	<i>-17,65 \$</i>
Lac Ontario	9,67 \$	-5,66 \$	5,64 \$	-14,15 \$
Alex Bay	1,68 \$	-1,64 \$	0,84 \$	-3,32 \$
Ogdensburg	0,21 \$	0,01 \$	0,18 \$	-0,24 \$
Lac St. Lawrence	0,05 \$	0,05 \$	0,05 \$	0,05 \$
<i>En aval du barrage</i>	<i>3,60 \$</i>	<i>0,03 \$</i>	<i>1,37 \$</i>	<i>1,35 \$</i>
Lac Saint-Louis	1,63 \$	-0,05 \$	0,45 \$	0,58 \$
Montreal	1,64 \$	0,29 \$	0,76 \$	0,76 \$
Lac Saint-Pierre	0,33 \$	-0,21 \$	0,16 \$	0,01 \$
UTILISATIONS MUNICIPALES ET INDUSTRIELLES DE L'EAU	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$
Coût ponctuel des infrastructures, Saint-Laurent	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$
Investissements pour la qualité de l'eau, bas Saint-Laurent	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$

Notes du tableau C-10 :

1. Les résultats représentent l'impact annuel moyen par rapport au plan 1958-DD, en millions de dollars US. Les résultats nets positifs sont en **bleu** et les résultats nets négatifs, en **rouge**.
2. Les séries S1 à S4 représentent quatre siècles extrêmes de 101 ans choisis à l'intérieur de la série stochastique sur 50 000 ans, où S1 est extrêmement sec, S2 est extrêmement humide avec la plus grande amplitude, S3 ressemble à la série historique et S4 possède la période de sécheresse la plus longue.
3. Les résultats du plan E ne sont fournis qu'à des fins de comparaison et représentent les conditions naturelles de débit. Le plan E n'est pas un des plans proposés.

Tableau C-11 : Résultats (ratios) des indicateurs de performance environnementale des plans proposés, pour la série stochastique d'apport extrême S1 – siècle avec le moins d'apport d'eau au lac Ontario

S1 – Sécheresse extrême (résultats environnementaux – ratios)				
Indicateur de performance environnementale	Plan A⁺	Plan B⁺	Plan D⁺	Plan E
Lac Ontario				
Communauté des marais et des prairies humides	0,88	1,22	1,01	1,44
Végétation basse, 18 °C – disponibilité des habitats de fraye	0,95	1,01	0,99	0,98
Végétation haute, 24 °C – disponibilité des habitats de fraye	1,15	1,02	1,12	1,01
Végétation basse, 24 °C – disponibilité des habitats de fraye	0,97	1,00	0,98	1,04
Grand brochet – recrutement des jeunes de l'année	1,04	1,02	1,06	1,00
Achigan à grande bouche – recrutement des jeunes de l'année	1,02	0,99	1,07	0,98
Petit Blongios (IXEX) – indice de reproduction	0,80	1,05	0,84	1,12
Râle de Virginie (RALI) – indice de reproduction	0,77	1,07	0,83	1,11
Guifette noire (CHNI) – indice de reproduction	0,77	1,07	0,84	1,11
Râle jaune (CONO) – habitat propice à la reproduction	0,85	0,99	0,87	1,06
Râle élégant (RAEL) – habitat propice à la reproduction	0,75	0,96	0,76	1,17
Haut Saint-Laurent				
Végétation basse, 18 °C – disponibilité des habitats de fraye	0,97	1,00	0,97	1,04
Végétation haute, 24 °C – disponibilité des habitats de fraye	1,01	1,01	1,01	1,01
Végétation basse, 24 °C – disponibilité des habitats de fraye	0,96	1,00	0,97	1,02
Grand brochet – recrutement des jeunes de l'année	1,00	1,01	1,00	1,04
Achigan à grande bouche – recrutement des jeunes de l'année	0,98	1,00	1,00	1,01
Grand brochet – productivité nette des jeunes de l'année	8,62	2,33	1,49	6,39
Râle de Virginie (RALI) – indice de reproduction	1,19	1,17	1,25	0,99
Rat musqué (ONZI) – densité des huttes dans les zones humides des embouchures submergées	0,51	4,13	0,43	15,81
Bas Saint-Laurent				
Chatte de l'Est – superficie de l'habitat propice à l'alimentation	1,03	1,08	0,95	1,09
Poissons des milieux humides – indice d'abondance	1,00	1,10	0,95	1,08
Sauvagine migratrice – superficie de l'habitat	1,13	1,13	0,95	1,13
Petit Blongios – indice de reproduction	1,15	1,10	0,99	1,14
Râle de Virginie (RALI) – indice de reproduction	0,96	0,96	1,16	0,96
Sauvagine migratrice – productivité	1,07	1,05	0,97	1,08
Guifette noire (CHNI) – indice de reproduction	1,03	1,04	1,15	1,05
Grand brochet (ESLU) – aire de reproduction	1,01	1,00	0,92	1,05
Espèces de grenouilles – superficie de l'habitat de reproduction	0,75	0,79	1,08	0,81
Dard de sable (AMPE) – aire de reproduction	1,01	1,01	1,03	1,01
Tortue-molle à épines (APSP) – superficie de l'habitat de reproduction	1,04	1,03	1,07	1,01
Méné d'herbe (NOBI) – superficie de l'habitat de reproduction	1,00	1,00	0,96	0,97
Rat musqué (ONZI) – huttes restantes	0,96	0,94	1,07	0,97
Pourcentage de « bons » résultats pour chaque plan	16 %	19 %	22 %	28 %
Indice environnemental global	0,99	1,31	0,97	2,33
Notes du tableau C-11 :				
1. Les résultats représentent l'impact annuel moyen actualisé par rapport au plan 1958-DD, exprimé sous la forme d'un ratio, où 1 équivaut à une absence de changement, >1,00 à une amélioration et <1,00 à une détérioration par rapport au plan 1958-DD.				
2. Les séries S1 à S4 représentent quatre siècles extrêmes de 101 ans choisis à l'intérieur de la série stochastique sur 50 000 ans, où S1 est extrêmement sec, S2 est extrêmement humide avec la plus grande amplitude, S3 ressemble à la série historique et S4 possède la période de sécheresse la plus longue.				
3. Le fond bleu identifie les espèces en péril.				
4. Le fond jaune indique qu'il n'y a essentiellement pas de changement par rapport au 1958-DD (à l'intérieur d'un intervalle de 10 %). En haut de 1,10, les valeurs sont indiquées en bleu. En bas de 0,90, les valeurs sont indiquées en rouge.				

Tableau C-12 : Résultats (ratios) des indicateurs de performance environnementale des plans proposés, pour la série stochastique d'apport extrême S2 – siècle avec le plus d'apport d'eau au lac Ontario et la plus grande amplitude entre les apports les plus

S2 – Extrêmement humide avec la plus grande amplitude (résultats environnementaux – ratios)				
Indicateur de performance environnementale	Plan A+	Plan B+	Plan D+	Plan E
Lac Ontario				
Communauté des marais et des prairies humides	0,93	1,23	1,17	2,21
Végétation basse, 18 °C – disponibilité des habitats de fraye	0,93	0,97	0,96	0,97
Végétation haute, 24 °C – disponibilité des habitats de fraye	1,09	1,01	1,08	1,08
Végétation basse, 24 °C – disponibilité des habitats de fraye	0,98	1,02	1,00	1,13
Grand brochet – recrutement des jeunes de l'année	1,02	1,02	1,04	1,09
Achigan à grande bouche – recrutement des jeunes de l'année	0,97	0,98	0,99	0,97
Petit Blongios (IXEX) – indice de reproduction	1,12	1,11	1,13	1,17
Râle de Virginie (RALI) – indice de reproduction	1,11	1,13	1,08	1,19
Guifette noire (CHNI) – indice de reproduction	1,11	1,12	1,08	1,19
Râle jaune (CONO) – habitat propice à la reproduction	0,89	1,00	0,91	1,02
Râle élégant (RAEL) – habitat propice à la reproduction	0,83	1,02	0,84	1,20
Haut Saint-Laurent				
Végétation basse, 18 °C – disponibilité des habitats de fraye	1,00	1,01	1,01	1,04
Végétation haute, 24 °C – disponibilité des habitats de fraye	1,02	1,01	1,02	0,98
Végétation basse, 24 °C – disponibilité des habitats de fraye	0,98	1,01	0,99	1,01
Grand brochet – recrutement des jeunes de l'année	1,04	1,02	1,01	1,06
Achigan à grande bouche – recrutement des jeunes de l'année	0,99	1,00	1,01	1,01
Grand brochet – productivité nette des jeunes de l'année	5,39	2,44	1,03	4,24
Râle de Virginie (RALI) – indice de reproduction	1,08	1,15	1,25	1,29
Rat musqué (ONZI) – densité des huttes dans les zones humides des embouchures submergées	0,66	2,01	0,62	8,62
Bas Saint-Laurent				
Chatte de l'Est – superficie de l'habitat propice à l'alimentation	1,01	1,03	0,97	1,04
Poissons des milieux humides – indice d'abondance	1,01	1,11	0,97	1,08
Sauvagine migratrice – superficie de l'habitat	1,05	1,11	0,93	1,09
Petit Blongios – indice de reproduction	1,07	1,08	1,03	1,12
Râle de Virginie (RALI) – indice de reproduction	0,93	0,95	1,12	0,97
Sauvagine migratrice – productivité	1,11	1,08	1,03	1,12
Guifette noire (CHNI) – indice de reproduction	1,03	1,05	1,14	1,04
Grand brochet (ESLU) – aire de reproduction	1,03	1,03	0,93	1,00
Espèces de grenouilles – superficie de l'habitat de reproduction	0,96	0,99	1,08	1,00
Dard de sable (AMPE) – aire de reproduction	1,08	1,05	1,03	1,07
Tortue-molle à épines (APSP) – superficie de l'habitat de reproduction	1,01	1,04	1,04	1,04
Méné d'herbe (NOBI) – superficie de l'habitat de reproduction	1,09	1,09	1,05	1,08
Rat musqué (ONZI) – huttes restantes	1,13	1,00	1,15	1,00
Pourcentage de « bons » résultats pour chaque plan	22 %	28 %	22 %	44 %
Indice environnemental global	1,04	1,17	1,04	1,91
Notes du tableau C-12 :				
1. Les résultats représentent l'impact annuel moyen actualisé par rapport au plan 1958-DD, exprimé sous la forme d'un ratio, où 1 équivaut à une absence de changement, >1,00 à une amélioration et <1,00 à une détérioration par rapport au plan 1958-DD.				
2. Les séries S1 à S4 représentent quatre siècles extrêmes de 101 ans choisis à l'intérieur de la série stochastique sur 50 000 ans, où S1 est extrêmement sec, S2 est extrêmement humide avec la plus grande amplitude, S3 ressemble à la série historique et S4 possède la période de sécheresse la plus longue.				
3. Le fond bleu identifie les espèces en péril.				
4. Le fond jaune indique qu'il n'y a essentiellement pas de changement par rapport au 1958-DD (à l'intérieur d'un intervalle de 10 %). En haut de 1,10, les valeurs sont indiquées en bleu. En bas de 0,90, les valeurs sont indiquées en rouge.				

Tableau C-13 : Résultats (ratios) des indicateurs de performance environnementale des plans proposés, pour la série stochastique d'apport extrême S3 – siècle possédant une amplitude d'apport et un apport moyen semblable au siècle de la série historique

S3 – Semblable à la série historique (résultats environnementaux – ratios)				
Indicateur de performance environnementale	Plan A⁺	Plan B⁺	Plan D⁺	Plan E
Lac Ontario				
Communauté des marais et des prairies humides	0,93	1,51	0,90	1,57
Végétation basse, 18 °C – disponibilité des habitats de fraye	0,92	0,99	0,96	0,93
Végétation haute, 24 °C – disponibilité des habitats de fraye	1,03	1,01	0,99	1,08
Végétation basse, 24 °C – disponibilité des habitats de fraye	1,01	1,02	1,03	1,13
Grand brochet – recrutement des jeunes de l'année	1,04	1,03	1,08	1,12
Achigan à grande bouche – recrutement des jeunes de l'année	0,96	1,00	0,98	0,97
Petit Blongios (IXEX) – indice de reproduction	1,15	1,13	1,25	1,20
Râle de Virginie (RALI) – indice de reproduction	1,16	1,13	1,25	1,19
Guifette noire (CHNI) – indice de reproduction	1,16	1,15	1,25	1,19
Râle jaune (CONO) – habitat propice à la reproduction	0,97	1,01	1,01	0,99
Râle élégant (RAEL) – habitat propice à la reproduction	1,05	1,10	1,09	1,22
Haut Saint-Laurent				
Végétation basse, 18 °C – disponibilité des habitats de fraye	1,02	1,00	1,03	1,04
Végétation haute, 24 °C – disponibilité des habitats de fraye	1,02	1,00	1,02	1,00
Végétation basse, 24 °C – disponibilité des habitats de fraye	1,01	1,00	1,02	1,02
Grand brochet – recrutement des jeunes de l'année	1,07	1,03	1,03	1,09
Achigan à grande bouche – recrutement des jeunes de l'année	0,99	1,00	1,00	1,00
Grand brochet – productivité nette des jeunes de l'année	4,20	1,74	1,02	3,90
Virginia Rail (RALI) – reproductivité index	1,13	1,20	1,31	1,33
Rat musqué (ONZI) – densité des huttes dans les zones humides des embouchures submergées	0,22	2,74	0,39	45,17
Bas Saint-Laurent				
Chatte de l'Est – superficie de l'habitat propice à l'alimentation	1,05	1,03	0,96	1,11
Poissons des milieux humides – indice d'abondance	0,99	1,06	0,93	1,08
Sauvagine migratrice – superficie de l'habitat	1,11	1,05	0,86	1,08
Petit Blongios – indice de reproduction	1,18	1,08	1,03	1,15
Râle de Virginie (RALI) – indice de reproduction	0,93	0,96	1,07	0,97
Sauvagine migratrice – productivité	1,09	1,07	1,01	1,11
Guifette noire (CHNI) – indice de reproduction	0,96	1,07	1,09	1,08
Grand brochet (ESLU) – aire de reproduction	1,04	0,96	0,92	0,95
Espèces de grenouilles – superficie de l'habitat de reproduction	0,92	0,89	1,11	0,95
Dard de sable (AMPE) – aire de reproduction	1,07	1,01	1,05	1,04
Tortue-molle à épines (APSP) – superficie de l'habitat de reproduction	1,00	1,05	1,08	1,03
Méné d'herbe (NOBI) – superficie de l'habitat de reproduction	1,08	1,07	1,05	1,07
Rat musqué (ONZI) – huttes restantes	1,00	0,94	1,03	1,00
Pourcentage de « bons » résultats pour chaque plan	25 %	25 %	19 %	47 %
Indice environnemental global	0,99	1,26	0,99	4,72
Notes du tableau C-13 :				
1. Les résultats représentent l'impact annuel moyen actualisé par rapport au plan 1958-DD, exprimé sous la forme d'un ratio, où 1 équivaut à une absence de changement, >1,00 à une amélioration et <1,00 à une détérioration par rapport au plan 1958-DD.				
2. Les séries S1 à S4 représentent quatre siècles extrêmes de 101 ans choisis à l'intérieur de la série stochastique sur 50 000 ans, où S1 est extrêmement sec, S2 est extrêmement humide avec la plus grande amplitude, S3 ressemble à la série historique et S4 possède la période de sécheresse la plus longue.				
3. Le fond bleu identifie les espèces en péril.				
4. Le fond jaune indique qu'il n'y a essentiellement pas de changement par rapport au 1958-DD (à l'intérieur d'un intervalle de 10 %). En haut de 1,10, les valeurs sont indiquées en bleu. En bas de 0,90, les valeurs sont indiquées en rouge.				

Tableau C-14 : Résultats (ratios) des indicateurs de performance environnementale des plans proposés, pour la série stochastique d'apport extrême S4 – siècle avec la période de sécheresse du lac Ontario la plus longue

S4 – Sécheresse la plus longue du lac Ontario (résultats environnementaux – ratios)				
Indicateur de performance environnementale	Plan A⁺	Plan B⁺	Plan D⁺	Plan E
Lac Ontario				
Communauté des marais et des prairies humides	1,16	1,42	1,18	1,76
Végétation basse, 18 °C – disponibilité des habitats de fraye	1,00	1,02	1,03	0,99
Végétation haute, 24 °C – disponibilité des habitats de fraye	1,16	1,03	1,13	0,95
Végétation basse, 24 °C – disponibilité des habitats de fraye	0,97	0,99	0,98	0,99
Grand brochet – recrutement des jeunes de l'année	0,97	0,97	1,00	0,93
Achigan à grande bouche – recrutement des jeunes de l'année	1,03	1,03	1,08	1,01
Petit Blongios (IXEX) – indice de reproduction	0,56	0,99	0,44	1,08
Râle de Virginie (RALI) – indice de reproduction	0,60	0,95	0,44	1,09
Guifette noire (CHNI) – indice de reproduction	0,59	0,95	0,44	1,09
Râle jaune (CONO) – habitat propice à la reproduction	0,87	1,00	0,90	1,11
Râle élégant (RAEL) – habitat propice à la reproduction	0,73	0,93	0,74	1,16
Haut Saint-Laurent				
Végétation basse, 18 °C – disponibilité des habitats de fraye	0,94	1,00	0,95	1,04
Végétation haute, 24 °C – disponibilité des habitats de fraye	1,00	1,02	0,99	1,03
Végétation basse, 24 °C – disponibilité des habitats de fraye	0,95	1,01	0,95	1,05
Grand brochet – recrutement des jeunes de l'année	0,97	1,00	0,99	1,02
Achigan à grande bouche – recrutement des jeunes de l'année	0,97	1,01	1,00	1,03
Grand brochet – productivité nette des jeunes de l'année	6,79	2,24	0,90	2,83
Virginia Rail (RALI) – reproductif index	1,28	0,99	1,23	0,59
Rat musqué (ONZI) – densité des huttes dans les zones humides des embouchures submergées	0,00	5,39	0,00	23,68
Bas Saint-Laurent				
Chatte de l'Est – superficie de l'habitat propice à l'alimentation	0,80	1,03	0,87	0,99
Poissons des milieux humides – indice d'abondance	1,04	1,10	0,86	1,08
Sauvagine migratrice – superficie de l'habitat	1,16	1,18	0,97	1,19
Petit Blongios – indice de reproduction	1,16	1,08	0,97	1,11
Râle de Virginie (RALI) – indice de reproduction	0,88	0,91	1,08	0,88
Sauvagine migratrice – productivité	1,05	1,01	0,96	1,07
Guifette noire (CHNI) – indice de reproduction	0,84	0,86	0,93	0,89
Grand brochet (ESLU) – aire de reproduction	1,10	1,01	0,88	1,01
Espèces de grenouilles – superficie de l'habitat de reproduction	0,65	0,70	0,95	0,76
Dard de sable (AMPE) – aire de reproduction	0,67	0,82	0,97	0,75
Tortue-molle à épines (APSP) – superficie de l'habitat de reproduction	0,87	0,97	1,05	0,92
Méné d'herbe (NOBI) – superficie de l'habitat de reproduction	1,00	1,04	0,97	1,03
Rat musqué (ONZI) – huttes restantes	1,03	1,00	1,11	1,08
Pourcentage de « bons » résultats pour chaque plan	19 %	13 %	16 %	25 %
Indice environnemental global	0,93	1,41	0,88	2,95
Notes du tableau C-14 :				
1. Les résultats représentent l'impact annuel moyen actualisé par rapport au plan 1958-DD, exprimé sous la forme d'un ratio, où 1 équivaut à une absence de changement, >1,00 à une amélioration et <1,00 à une détérioration par rapport au plan 1958-DD.				
2. Les séries S1 à S4 représentent quatre siècles extrêmes de 101 ans choisis à l'intérieur de la série stochastique sur 50 000 ans, où S1 est extrêmement sec, S2 est extrêmement humide avec la plus grande amplitude, S3 ressemble à la série historique et S4 possède la période de sécheresse la plus longue.				
3. Le fond bleu identifie les espèces en péril.				
4. Le fond jaune indique qu'il n'y a essentiellement pas de changement par rapport au 1958-DD (à l'intérieur d'un intervalle de 10 %). En haut de 1,10, les valeurs sont indiquées en bleu. En bas de 0,90, les valeurs sont indiquées en rouge.				

Quatre séries dans un contexte de changement climatique (C1-C4)

Tableau C-15 : Résultats économiques des plans proposés, selon l'intérêt et la région, pour la série de changement climatique C1 – chaud et sec

C1 – Chaud et sec (résultats économiques – moyenne annuelle en M\$)				
Avantages annuels nets moyens (M\$)	Plan A⁺	Plan B⁺	Plan D⁺	Plan E
Total	34,89 \$	-1,42 \$	20,09 \$	-4,91 \$
PROCESSUS LITTORAUX	-0,20 \$	0,07 \$	-0,06 \$	0,14 \$
<i>Lac Ontario</i>	<i>-0,46 \$</i>	<i>0,00 \$</i>	<i>-0,26 \$</i>	<i>0,06 \$</i>
Entretien des ouvrages de protection des rives	-0,30 \$	-0,05 \$	-0,27 \$	0,01 \$
Érosion (parcelles aménagées non protégées)	-0,15 \$	0,05 \$	0,01 \$	0,05 \$
Inondations	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$
<i>Haut Saint-Laurent</i>	<i>0,00 \$</i>	<i>0,00 \$</i>	<i>0,00 \$</i>	<i>0,00 \$</i>
Inondations	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$
<i>Saint-Laurent</i>	<i>0,25 \$</i>	<i>0,07 \$</i>	<i>0,20 \$</i>	<i>0,08 \$</i>
Inondations	0,04 \$	0,00 \$	0,05 \$	0,00 \$
Entretien des ouvrages de protection des rives	0,21 \$	0,07 \$	0,15 \$	0,08 \$
NAVIGATION COMMERCIALE	0,70 \$	0,63 \$	0,68 \$	0,23 \$
Lac Ontario	0,25 \$	0,18 \$	0,22 \$	0,07 \$
Voie maritime	0,69 \$	0,63 \$	0,71 \$	0,30 \$
En aval de Montréal	-0,24 \$	-0,18 \$	-0,25 \$	-0,15 \$
HYDROÉLECTRICITÉ	6,57 \$	3,01 \$	1,98 \$	2,57 \$
NYPA-OPG	5,00 \$	-0,06 \$	2,21 \$	-0,78 \$
Hydro-Québec	1,57 \$	3,07 \$	-0,23 \$	3,35 \$
NAVIGATION DE PLAISANCE	27,86 \$	-5,09 \$	17,49 \$	-7,79 \$
<i>En amont du barrage</i>	<i>25,55 \$</i>	<i>-7,71 \$</i>	<i>16,94 \$</i>	<i>-10,99 \$</i>
Lac Ontario	20,81 \$	-6,33 \$	13,36 \$	-9,03 \$
Alex Bay	3,77 \$	-1,79 \$	2,72 \$	-2,17 \$
Ogdensburg	0,72 \$	0,15 \$	0,60 \$	0,00 \$
Lac St. Lawrence	0,26 \$	0,26 \$	0,26 \$	0,21 \$
<i>En aval du barrage</i>	<i>2,31 \$</i>	<i>2,62 \$</i>	<i>0,55 \$</i>	<i>3,19 \$</i>
Lac Saint-Louis	1,34 \$	1,49 \$	0,30 \$	1,79 \$
Montréal	0,95 \$	1,01 \$	0,29 \$	1,20 \$
Lac Saint-Pierre	0,02 \$	0,12 \$	-0,05 \$	0,21 \$
UTILISATIONS MUNICIPALES ET INDUSTRIELLES DE L'EAU	-0,03 \$	-0,05 \$	0,00 \$	-0,05 \$
Coût ponctuel des infrastructures, Saint-Laurent	-0,03 \$	-0,05 \$	0,00 \$	-0,05 \$
Investissements pour la qualité de l'eau, bas Saint-Laurent	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$

Notes du tableau C-15 :

- Les résultats représentent l'impact annuel moyen par rapport au plan 1958-DD, en millions de dollars US. Les résultats nets positifs sont en **bleu** et les résultats nets négatifs, en **rouge**.
- Les séries C1 à C4 représentent quatre séries chronologiques de 101 ans avec changement de climat, où C1 est chaud et sec, C2 est moins chaud et sec, C3 est chaud et humide et C4 est moins chaud et humide.
- Les résultats du plan E ne sont fournis qu'à des fins de comparaison et représentent les conditions naturelles de débit. Le plan E n'est pas un des plans proposés.

Tableau C-16 : Résultats économiques des plans proposés, selon l'intérêt et la région, pour la série de changement climatique C2 – moins chaud et sec

C2 – Moins chaud et sec (résultats économiques – moyenne annuelle en M\$)				
Avantages annuels nets moyens (M\$)	Plan A+	Plan B+	Plan D+	Plan E
Total	22,33 \$	11,17 \$	14,14 \$	8,04 \$
PROCESSUS LITTORAUX	-0,02 \$	0,11 \$	0,07 \$	0,14 \$
<i>Lac Ontario</i>	<i>-0,28 \$</i>	<i>-0,03 \$</i>	<i>-0,16 \$</i>	<i>0,12 \$</i>
Entretien des ouvrages de protection des rives	-0,19 \$	0,10 \$	-0,16 \$	0,25 \$
Érosion (parcelles aménagées non protégées)	-0,09 \$	-0,13 \$	0,01 \$	-0,13 \$
Inondations	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$
<i>Haut Saint-Laurent</i>	<i>0,00 \$</i>	<i>0,00 \$</i>	<i>0,00 \$</i>	<i>0,00 \$</i>
Inondations	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$
<i>Saint-Laurent</i>	<i>0,26 \$</i>	<i>0,14 \$</i>	<i>0,22 \$</i>	<i>0,02 \$</i>
Inondations	0,05 \$	0,06 \$	0,19 \$	-0,01 \$
Entretien des ouvrages de protection des rives	0,21 \$	0,08 \$	0,04 \$	0,03 \$
NAVIGATION COMMERCIALE	0,21 \$	0,38 \$	0,27 \$	0,26 \$
Lac Ontario	0,03 \$	0,03 \$	0,03 \$	-0,02 \$
Voie maritime	0,27 \$	0,41 \$	0,33 \$	0,30 \$
En aval de Montréal	-0,09 \$	-0,06 \$	-0,09 \$	-0,02 \$
HYDROÉLECTRICITÉ	6,46 \$	8,12 \$	2,31 \$	8,12 \$
NYPA-OPG	3,20 \$	3,43 \$	0,98 \$	3,00 \$
Hydro-Québec	3,26 \$	4,69 \$	1,33 \$	5,12 \$
NAVIGATION DE PLAISANCE	15,48 \$	2,56 \$	11,30 \$	-0,48 \$
<i>En amont du barrage</i>	<i>11,49 \$</i>	<i>-1,26 \$</i>	<i>8,22 \$</i>	<i>-4,81 \$</i>
Lac Ontario	9,44 \$	-1,06 \$	6,48 \$	-3,81 \$
Alex Bay	1,80 \$	-0,27 \$	1,52 \$	-0,96 \$
Ogdensburg	0,21 \$	0,03 \$	0,18 \$	-0,08 \$
Lac St. Lawrence	0,04 \$	0,04 \$	0,04 \$	0,04 \$
<i>En aval du barrage</i>	<i>3,99 \$</i>	<i>3,82 \$</i>	<i>3,08 \$</i>	<i>4,33 \$</i>
Lac Saint-Louis	2,02 \$	2,00 \$	1,49 \$	2,28 \$
Montréal	1,52 \$	1,34 \$	1,17 \$	1,52 \$
Lac Saint-Pierre	0,44 \$	0,48 \$	0,42 \$	0,53 \$
UTILISATIONS MUNICIPALES ET INDUSTRIELLES DE L'EAU	0,20 \$	0,00 \$	0,20 \$	0,00 \$
Coût ponctuel des infrastructures, Saint-Laurent	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$
Investissements pour la qualité de l'eau, bas Saint-Laurent	0,20 \$	0,00 \$	0,20 \$	0,00 \$

Notes du tableau C-16 :

1. Les résultats représentent l'impact annuel moyen par rapport au plan 1958-DD, en millions de dollars US. Les résultats nets positifs sont en **bleu** et les résultats nets négatifs, en **rouge**.
2. Les séries C1 à C4 représentent quatre séries chronologiques de 101 ans avec changement de climat, où C1 est chaud et sec, C2 est moins chaud et sec, C3 est chaud et humide et C4 est moins chaud et humide.
3. Les résultats du plan E ne sont fournis qu'à des fins de comparaison et représentent les conditions naturelles de débit. Le plan E n'est pas un des plans proposés.

Tableau C-17 : Résultats économiques des plans proposés, selon l'intérêt et la région, pour la série de changement climatique C3 – chaud et humide

C3 – Chaud et humide (résultats économiques – moyenne annuelle en M\$)				
Avantages annuels nets moyens (M\$)	Plan A⁺	Plan B⁺	Plan D⁺	Plan E
Total	21,61 \$	2,61 \$	17,77 \$	-2,46 \$
PROCESSUS LITTORAUX	-1,36 \$	0,10 \$	-0,26 \$	-0,96 \$
<i>Lac Ontario</i>	<i>-0,39 \$</i>	<i>0,13 \$</i>	<i>-0,31 \$</i>	<i>0,23 \$</i>
Entretien des ouvrages de protection des rives	-0,32 \$	0,13 \$	-0,35 \$	0,23 \$
Érosion (parcelles aménagées non protégées)	-0,08 \$	0,00 \$	0,04 \$	0,00 \$
Inondations	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$
<i>Haut Saint-Laurent</i>	<i>0,00 \$</i>	<i>0,00 \$</i>	<i>0,00 \$</i>	<i>0,00 \$</i>
Inondations	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$
<i>Saint-Laurent</i>	<i>-0,97 \$</i>	<i>-0,02 \$</i>	<i>0,06 \$</i>	<i>-1,18 \$</i>
Inondations	-0,77 \$	0,04 \$	0,23 \$	-0,86 \$
Entretien des ouvrages de protection des rives	-0,20 \$	-0,06 \$	-0,17 \$	-0,32 \$
NAVIGATION COMMERCIALE	-0,06 \$	-0,01 \$	0,33 \$	-0,24 \$
Lac Ontario	0,08 \$	0,05 \$	0,12 \$	-0,03 \$
Voie maritime	0,13 \$	0,14 \$	0,38 \$	-0,06 \$
En aval de Montréal	-0,26 \$	-0,20 \$	-0,17 \$	-0,14 \$
HYDROÉLECTRICITÉ	4,95 \$	4,17 \$	4,11 \$	3,67 \$
NYPA-OPG	3,93 \$	1,49 \$	1,94 \$	0,71 \$
Hydro-Québec	1,02 \$	2,67 \$	2,17 \$	2,95 \$
NAVIGATION DE PLAISANCE	18,11 \$	-1,62 \$	13,58 \$	-4,88 \$
<i>En amont du barrage</i>	<i>14,90 \$</i>	<i>-4,07 \$</i>	<i>11,61 \$</i>	<i>-8,16 \$</i>
Lac Ontario	12,13 \$	-3,22 \$	9,17 \$	-6,43 \$
Alex Bay	2,26 \$	-1,03 \$	1,96 \$	-1,75 \$
Ogdensburg	0,38 \$	0,04 \$	0,35 \$	-0,10 \$
Lac St. Lawrence	0,13 \$	0,13 \$	0,13 \$	0,12 \$
<i>En aval du barrage</i>	<i>3,21 \$</i>	<i>2,46 \$</i>	<i>1,97 \$</i>	<i>3,28 \$</i>
Lac Saint-Louis	1,55 \$	1,20 \$	0,84 \$	1,65 \$
Montréal	1,34 \$	1,02 \$	0,89 \$	1,28 \$
Lac Saint-Pierre	0,31 \$	0,23 \$	0,24 \$	0,35 \$
UTILISATIONS MUNICIPALES ET INDUSTRIELLES DE L'EAU	-0,03 \$	-0,05 \$	0,00 \$	-0,05 \$
Coût ponctuel des infrastructures, Saint-Laurent	-0,03 \$	-0,05 \$	0,00 \$	-0,05 \$
Investissements pour la qualité de l'eau, bas Saint-Laurent	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$

Notes du tableau C-17 :

1. Les résultats représentent l'impact annuel moyen par rapport au plan 1958-DD, en millions de dollars US. Les résultats nets positifs sont en **bleu** et les résultats nets négatifs, en **rouge**.
2. Les séries C1 à C4 représentent quatre séries chronologiques de 101 ans avec changement de climat, où C1 est chaud et sec, C2 est moins chaud et sec, C3 est chaud et humide et C4 est moins chaud et humide.

Tableau C-18 : Résultats économiques des plans proposés, selon l'intérêt et la région, pour la série de changement climatique C4 – moins chaud et humide

C4 – Moins chaud et humide (résultats économiques – moyenne annuelle en M\$)				
Avantages annuels nets moyens (M\$)	Plan A⁺	Plan B⁺	Plan D⁺	Plan E
Total	8,33 \$	11,78 \$	9,65 \$	-21,38 \$
PROCESSUS LITTORAUX	-3,42 \$	-2,67 \$	-0,90 \$	-38,13 \$
<i>Lac Ontario</i>	<i>-1,63 \$</i>	<i>-2,26 \$</i>	<i>-0,68 \$</i>	<i>-34,10 \$</i>
Entretien des ouvrages de protection des rives	-1,46 \$	-2,04 \$	-0,60 \$	-12,26 \$
Érosion (parcelles aménagées non protégées)	-0,16 \$	-0,20 \$	-0,08 \$	-0,40 \$
Inondations	-0,01 \$	-0,03 \$	0,00 \$	-21,45 \$
<i>Haut Saint-Laurent</i>	<i>0,00 \$</i>	<i>0,00 \$</i>	<i>0,00 \$</i>	<i>-1,84 \$</i>
Inondations	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$	-1,84 \$
<i>Saint-Laurent</i>	<i>-1,80 \$</i>	<i>-0,41 \$</i>	<i>-0,22 \$</i>	<i>-2,19 \$</i>
Inondations	-1,62 \$	-0,43 \$	-0,10 \$	-1,95 \$
Entretien des ouvrages de protection des rives	-0,18 \$	0,02 \$	-0,12 \$	-0,24 \$
NAVIGATION COMMERCIALE	-0,61 \$	2,74 \$	3,06 \$	5,21 \$
Lac Ontario	-0,04 \$	-0,01 \$	-0,01 \$	-0,01 \$
Voie maritime	-0,56 \$	2,73 \$	3,00 \$	5,17 \$
En aval de Montréal	-0,01 \$	0,02 \$	0,07 \$	0,06 \$
HYDROÉLECTRICITÉ	7,29 \$	8,89 \$	4,01 \$	17,95 \$
NYPA-OPG	5,73 \$	7,50 \$	3,62 \$	15,26 \$
Hydro-Québec	1,56 \$	1,39 \$	0,39 \$	2,69 \$
NAVIGATION DE PLAISANCE	5,07 \$	2,83 \$	3,48 \$	-6,40 \$
<i>En amont du barrage</i>	<i>3,28 \$</i>	<i>1,73 \$</i>	<i>2,62 \$</i>	<i>-8,06 \$</i>
Lac Ontario	1,93 \$	0,68 \$	1,36 \$	-7,06 \$
Alex Bay	1,33 \$	0,94 \$	1,14 \$	-0,96 \$
Ogdensburg	0,01 \$	0,01 \$	0,01 \$	-0,15 \$
Lac St. Lawrence	0,00 \$	0,10 \$	0,11 \$	0,11 \$
<i>En aval du barrage</i>	<i>1,79 \$</i>	<i>1,10 \$</i>	<i>0,86 \$</i>	<i>1,66 \$</i>
Lac Saint-Louis	1,03 \$	0,68 \$	0,50 \$	0,95 \$
Montreal	0,64 \$	0,40 \$	0,32 \$	0,60 \$
Lac Saint-Pierre	0,12 \$	0,02 \$	0,04 \$	0,11 \$
UTILISATIONS MUNICIPALES ET INDUSTRIELLES DE L'EAU	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$
Coût ponctuel des infrastructures, Saint-Laurent	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$
Investissements pour la qualité de l'eau, bas Saint-Laurent	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$

Notes du tableau C-18 :

1. Les résultats représentent l'impact annuel moyen par rapport au plan 1958-DD, en millions de dollars US. Les résultats nets positifs sont en **bleu** et les résultats nets négatifs, en **rouge**.
2. Les séries C1 à C4 représentent quatre séries chronologiques de 101 ans avec changement de climat, où C1 est chaud et sec, C2 est moins chaud et sec, C3 est chaud et humide et C4 est moins chaud et humide.
3. Les résultats du plan E ne sont fournis qu'à des fins de comparaison et représentent les conditions naturelles de débit. Le plan E n'est pas un des plans proposés.

Membres

Équipe de formulation des plans

Mark Lorie (Plan A ⁺)	U.S. Army Corps of Engineers, Ft. Belvoir, VA
Debbie Lee (Plan B ⁺)	U.S. Army Corps of Engineers, Cincinnati, OH
David Fay (Plan D ⁺)	Environnement Canada, Cornwall, ON
John Ching	Ontario Power Generation, Toronto, ON
Bill Werick	Culpepper, VA
Yin Fan	Environnement Canada, Cornwall, ON
Mike Shantz	Environnement Canada, Burlington, ON
Wendy Leger	Environnement Canada, Burlington, ON
Paul Yu	U.S. Army Corps of Engineers, Buffalo, NY
Tony Eberhardt	Secrétariat américain, Buffalo, NY



Annexe 4

Plans d'action en matière d'atténuation et de gestion adaptative

Introduction

La présente annexe propose des prototypes de plans d'atténuation et de gestion adaptative. La Commission mixte internationale (CMI), si elle devait mettre en œuvre des mesures, s'en remettrait aux organismes du Canada et des États-Unis. L'élaboration de plans concrets ne pourrait donc se faire qu'après négociation. Pour le moment, il est impossible au Groupe d'étude de définir rigoureusement les plans d'action.

Le Groupe d'étude a expliqué dans son quatrième principe directeur comment il conçoit l'atténuation, y compris l'idée que des mesures seront nécessaires pour ceux et celles qui subiront des pertes disproportionnées à cause de la modification des plans de régularisation. La plupart des membres du Groupe d'étude sont d'avis qu'aucun des plans proposés ne cause de perte disproportionnée ni ne nécessite de mesures d'atténuation, mais les membres qui croient que des mesures seront nécessaires ont identifié des problèmes pour les riverains. Le plan d'atténuation exposé dans la présente annexe appelle à l'allègement du processus réglementaire (et non à la diminution de la protection de l'environnement) de la part des autorités étatiques, provinciales et fédérales à l'intention des personnes qui vivent le long du rivage, ainsi qu'à un élargissement du Programme de mesures anticipées de protection contre les crues de l'United States Army Corps of Engineers (USACE); le Groupe d'étude considère que ces initiatives pourraient être mises en œuvre même en l'absence d'un constat de perte disproportionnée.

Le prototype de plan d'action en matière de gestion adaptative présenté dans cette annexe est celui élaboré par le Groupe de formulation et d'évaluation des plans (GFEP). L'ensemble du Groupe d'étude n'ayant ni examiné ni analysé le prototype, il n'a pu lui donner son aval.

Plan d'action en matière d'atténuation

Résumé

- Comme la CMI n'a pas le pouvoir de mettre en œuvre des mesures d'atténuation, elle ne peut que suggérer certaines révisions des mesures de gestion et d'atténuation existantes pour réduire les risques d'inondation. D'autres autorités fédérales, provinciales, étatiques et locales, selon le cas, les appliqueront.
- Le principal rôle de la Commission pour encourager l'atténuation lui vient de son pouvoir de réunir les entités responsables visées et les convaincre de mettre en œuvre les mesures suggérées en guise de complément souhaitable au plan de régularisation choisi.
- La plupart des besoins éventuels d'atténuation sont liés à une légère augmentation des inondations et de l'érosion des rivages, principalement du côté américain. Or, l'érosion est inexorable, et aucun des plans de régularisation ne permettra le maintien à long terme des ouvrages existants de protection des rives.
- Les mesures d'atténuation éventuelles doivent être compatibles avec les pratiques de gestion des zones littorales en vigueur et se fonder sur ces pratiques.
- Il est proposé d'envisager deux grandes mesures dans le cadre du Plan d'atténuation de la CMI :
 1. Intégrer et réviser les procédures actuelles relatives aux permis de protection du rivage de l'État de New York (Department of Environmental Conservation et Coastal Management Program) et de l'USACE dans le contexte de la création d'un nouveau permis général applicable aux ouvrages existants de protection des rives. Cette mesure permettra de prendre en compte les nouveaux critères de conception rendus nécessaires par les modifications qu'apportera le plan de régularisation choisi aux niveaux moyens et aux niveaux à récurrence de 100 ans du lac Ontario.
 2. Élargir le Programme de mesures anticipées de protection contre les crues de l'USACE, en vue de l'adapter aux conditions particulières aux Grands Lacs, dans le cas de crues extrêmes dont la période de retour dépasse 100 ans.

Contexte

Il est rare qu'on adopte une mesure d'atténuation isolément – le plus souvent, on adopte un train de mesures complémentaires qui s'appuie sur un arsenal de règlements et de mécanismes déjà en vigueur pour régler des problèmes du genre. Rarement met-on en œuvre une mesure d'atténuation qui soit nouvelle ou unique au problème à régler. Ainsi, la plupart des mesures consistent à prolonger, améliorer ou raffiner des pratiques qui ne sont pas tout à fait bien coordonnées ou adaptées à la situation.

La justification et la logique de l'atténuation reposent sur trois conditions généralement acceptées :

- Il doit y avoir soit une perte importante, soit un préjudice disproportionné, par rapport à un état de base ou à une condition existante.
- Les dommages (ou pertes) doivent avoir pour cause un geste posé par une entité identifiable.
- La mesure d'atténuation doit être proportionnée à la perte, compatible avec les pratiques actuelles et complémentaire à celles-ci.

La plus grande partie des mesures qui peuvent être prises pour réduire les dommages causés par les inondations et protéger le rivage contre l'érosion sont disponibles et accessibles; elles s'inscrivent dans l'ensemble des règlements et des pratiques de gestion du littoral et d'utilisation du sol en usage dans la plupart des champs de compétence et s'appliquent tant aux nouveaux aménagements qu'aux infrastructures privées déjà en place. Ces mesures visent à fournir aux propriétaires une gamme de recours en cas d'inondation pour réduire l'érosion et protéger les rivages, étant entendu qu'il s'agit de mesures de réduction du risque qui sont des composantes d'une stratégie globale et qu'elles ne peuvent ni individuellement ni collectivement prévenir entièrement les inondations ou l'érosion en toutes circonstances.

Voici un résumé des pertes associées à chacun des plans proposés, comparativement à l'état de base actuel, soit le Plan 1958-DD :

- **Le plan A⁺** cause de légères inondations dans le haut et le bas Saint-Laurent et une réduction du nombre de Petit Blongios, espèce menacée.
- **Le plan B⁺** cause des pertes légères au chapitre de l'érosion et de l'entretien des ouvrages de protection des rives du lac Ontario, et des pertes au chapitre des inondations et de l'entretien le long du haut et du bas Saint-Laurent. On constate aussi une légère perte pour la navigation de plaisance dans le lac Ontario et le haut Saint-Laurent. Le plan B⁺ est associé à une réduction de la population de quelques espèces, dont aucune n'est menacée ou en voie de disparition.
- **Le plan D⁺** occasionne des dommages mineurs aux ouvrages de protection des rives et une certaine érosion dans le lac Ontario, ainsi que des dommages aux plaisanciers en amont du barrage. La seule perte environnementale est une baisse de l'indice d'abondance des poissons dans les zones humides du bas Saint-Laurent, plutôt qu'une diminution de la population d'une espèce donnée, et cette baisse suit la même tendance pour tous les plans, y compris le plan favorisant un débit naturel.

Fondamentalement, les plans A⁺ et B⁺ élèvent un peu les niveaux d'eau du lac Ontario, tandis que le plan D⁺ les abaisse légèrement (plan A⁺ : +8 cm; plan B⁺ : +5 cm; plan D⁺ : -1 cm), avec quelques écarts saisonniers d'un plan à un autre (voir le Rapport final, figure 29). Les plans proposés modifient aussi la fréquence des hauts et bas niveaux extrêmes du lac, mais la variation est relativement faible. Le plan A⁺ réduit un peu la fréquence des niveaux extrêmes du lac, mais il élargit la fourchette des niveaux du bas Saint-Laurent. Le plan B⁺ accroît légèrement la fréquence des niveaux à l'extrémité supérieure, mais il réduit un peu la fréquence des niveaux très bas du lac Ontario. Comme le plan A⁺, le plan B⁺ produit un certain élargissement de la fourchette de niveaux dans le bas Saint-Laurent. C'est le plan D⁺ qui influe le moins sur la fréquence des niveaux extrêmes. Le plan B⁺ augmente un peu les niveaux de pointe absolus, et ceux-ci ont une période de retour qui dépasse les 100 ans. Cependant, la pointe à récurrence de 100 ans du lac, déterminée statistiquement, ne change sensiblement avec aucun des plans (plan A⁺ : -6 cm; plan B⁺ : +11 cm; plan D⁺ : +1 cm). Les variations des niveaux de pointe sur 100 ans du fleuve Saint-Laurent dans la région de Montréal sont un peu plus importantes avec le plan A⁺, mais elles restent relativement faibles avec les autres plans (plan A⁺ : +33 cm; plan B⁺ : +10 cm; plan D⁺ : 6 cm). Du point de vue des crues et de l'érosion, ces modifications mineures de la variabilité hydrologique peuvent avoir des effets physiques significatifs aux extrêmes, et il existe des programmes précisément pour faire face à ces cas particuliers; on pense notamment au Programme de mesures anticipées de l'USACE. Ce programme subventionne la modernisation rapide de l'infrastructure de protection avant le régime de crue extrême prévu. La situation dans les Grands Lacs et plus particulièrement dans le système lac Ontario/fleuve Saint-Laurent se prête à des prévisions à long terme (de 3 à 6 mois) des apports d'eau, ce qui donne aux intéressés le temps de réagir et de procéder à des ajustements.

Plan d'action

En règle générale, le Canada est mieux adapté aux conditions hydrologiques du lac et du fleuve pour ce qui est de ses critères réglementaires et de ses pratiques de gestion de l'utilisation du sol. En conséquence, les dommages par l'érosion associés à chaque plan sont nettement plus bénins du côté canadien de la frontière. L'inondation ne semble pas être un problème majeur pour aucun des plans proposés, bien que les plans A⁺ et B⁺ occasionnent une légère augmentation des inondations dans le bas Saint-Laurent. Si les mesures d'atténuation suggérées concernent surtout le côté américain, où les dommages prévisibles sont les plus intenses, les principes généraux sont applicables au Canada. Le plan d'atténuation a deux volets : d'une part, s'adapter à l'intervalle de 100 ans « normal » modifié; de l'autre, parer aux événements extrêmes dont la période de retour dépasse 100 ans. Il faut toutefois comprendre que l'érosion du rivage et des falaises est un processus inexorable, quel que soit le plan adopté, et que sur les rivages sablonneux, elle grugera entre 10 et 15 m (30 et 50 pi) d'ici 30 ans. À la limite, l'entretien des ouvrages existants de protection des rives ne sera durable en aucune circonstance, à cause de l'érosion et du sapement de ces ouvrages. Les propriétaires devront donc reculer graduellement leurs ouvrages de protection.

Intervalle de 100 ans

La mesure d'atténuation la plus significative et la plus pratique, qui répond directement aux problèmes d'inondation, de dommages par l'érosion et d'entretien des ouvrages de protection, consiste à *modifier les procédures de délivrance de permis* à l'égard des *ouvrages existants de protection des rives*. Cette mesure est nécessaire pour que les propriétaires puissent s'adapter en temps voulu au nouveau régime hydrologique imposé par le plan de régularisation choisi. Les règles, règlements et procédures en vigueur ont évolué avec les conditions et les fourchettes de débit et de niveau, et les règlements locaux sur l'utilisation du sol, la gestion des zones littorales et l'environnement se sont multipliés, tant à l'égard de la construction de nouveaux ouvrages que de l'entretien des ouvrages existants. Ce genre de règles et de procédures a connu une telle prolifération qu'il vaudrait la peine, quelles que soient les circonstances, d'en faire un examen complet et de les rationaliser. Le Groupe d'étude recommande que le processus d'examen, d'intégration et de rationalisation des procédures de délivrance des permis soit entrepris conjointement par l'État de New York et par l'USACE, sous la rubrique *Permis général*, qui porterait spécifiquement sur les ouvrages existants qui seront touchés par le nouveau plan de régularisation du lac Ontario.

Régime de crue extrême

La loi publique 84-99 (*Flood and Coastal Storm Emergencies Act*, PL 84-99) encadre le pouvoir qu'a l'USACE de participer à l'intervention civile en cas de désastre. Les mesures anticipées constituent une des six activités d'intervention prévues par la PL 84-99; elles couvrent les travaux temporaires de prévention exécutés, avant une crue inhabituelle prévue, afin de prévenir les pertes humaines et les dommages matériels. Le Programme de mesures anticipées est appliqué fréquemment dans les régions où on peut prévoir les crues assez tôt pour mettre en œuvre des mesures préventives. C'est particulièrement le cas des Grands Lacs, où on peut prévoir de façon assez fiable les niveaux jusqu'à six mois avant l'afflux des eaux.

Compte tenu des nouveaux règlements et critères établis pour les plans de régularisation et de la nécessité d'obtenir des prévisions probabilistes des apports d'eau dans le lac Ontario, la situation se prête bien au Programme de mesures anticipées de l'USACE, car elle répond à tous les préalables établis pour ce programme. Par conséquent, l'USACE a recommandé l'approbation par voie législative d'un autre programme de mesures anticipées qui porterait exclusivement sur les conditions et problèmes particuliers aux Grands Lacs. On trouvera plus loin une ébauche du texte législatif. La CMI aurait pour rôle d'aider l'USACE à défendre cette mesure législative dans le contexte de l'atténuation exigée par l'adoption de l'un des plans proposés.

Programme de gestion anticipée des urgences pour les Grands Lacs

Proposition législative (projet)

1. BUT DE LA MESURE LÉGISLATIVE PROPOSÉE : Planification et préparation anticipées des mesures de protection d'urgence et d'atténuation des dangers pour les collectivités et propriétaires vulnérables du littoral des Grands Lacs.

2. LOI MODIFIÉE : P.L. 84-99.

3. OBJECTIF : La proposition vise à aplanir les obstacles considérables et tenaces qui empêchent de fournir rapidement, économiquement et efficacement aux collectivités riveraines vulnérables des mesures de protection d'urgence et d'atténuation des dangers en cas de fortes tempêtes à un moment où le niveau des lacs est au plus haut ou s'en approche. La programmation des plans d'urgence et des préparatifs des projets d'atténuation hors des périodes d'urgence aiderait à atteindre l'objectif. La réalisation des dispositifs de protection et l'emploi d'autres mesures d'atténuation seraient différés jusqu'au prochain épisode de hauts niveaux.

4. TEXTES EXISTANTS ENVISAGÉS PUIS REJETÉS : Ni la P.L. 84-99 et ses modifications, ni d'autres textes comme ceux prévoyant la planification de l'aide aux États ou les services de gestion des plaines inondables ne donnent le pouvoir d'élaborer des plans d'urgence avant que la situation d'urgence soit imminente, compte tenu en particulier de la grande ampleur des aménagements vulnérables sur le littoral des Grands Lacs.

5. AUTRES ÉLÉMENTS ET ANALYSE : En 1997-1998, les Grands Lacs ont atteint des niveaux proches des records. Les niveaux avaient aussi été très élevés en 1973-1974 et en 1985-1986, atteignant des records en 1986. Au cours de chacun de ces épisodes, les dommages matériels ont été énormes, même si beaucoup de collectivités avaient bénéficié de certaines mesures de protection d'urgence dans le cadre du Programme de mesures anticipées administré par l'USACE en vertu de la PL 84-99. Le Programme de mesures anticipées est appliqué à répétition aux mêmes endroits des Grands Lacs quand le niveau d'eau devient haut. Les sites retenus en 1997-1998 étaient souvent munis d'ouvrages de protection « semi-permanents » érigés au cours des périodes antérieures. Tous les ouvrages de protection antérieurs exigeaient des travaux de reconstruction, de renforcement, d'agrandissement ou de rehaussement. Certains projets ont subi des retards si insurmontables qu'ils n'ont pu être achevés avant la décrue des lacs, à la fin de 1998. Les retards avaient pour cause les conditions météorologiques défavorables, les problèmes d'acquisition, les actions en justice, les relations avec les entrepreneurs et les difficultés associées aux ententes de coopération. On aurait pu les éviter en établissant à l'avance des plans d'urgence et des préparatifs en coordination avec les bailleurs de fonds autres que le gouvernement fédéral, les entrepreneurs et les organismes ressources.

L'exercice répété des pouvoirs d'urgence depuis 30 ans n'a pas permis d'établir des mesures adéquates de protection et d'atténuation des dangers pour les Grands Lacs. Les procédures traditionnelles sans urgence n'auraient pas donné de meilleurs résultats. La principale raison en est que, même si un ouvrage vraiment permanent est évalué en fonction de l'éventualité de certaines crues, il demeure qu'il sera inutile la plupart des années. Le risque qu'une crue menaçante se produise une année donnée étant faible, le coût des dommages probables ou escomptés que l'ouvrage vise à éviter est souvent inférieur au coût de l'ouvrage. Quand une crue menace des habitations qui n'ont pu être protégées d'avance, on prend souvent des mesures pour parer aux dangers les plus immédiats. Comme ce sont des mesures d'urgence, il y a des chances qu'elles soient mal planifiées, qu'on en ait mal mesuré les répercussions, que l'importance en ait été décidée de façon peu perspicace ou qu'on ait du mal à obtenir des soumissions concurrentielles des entrepreneurs. De plus, contrairement aux crues des rivières, l'élévation du niveau d'un lac tend à persister quelques années et peut même

empirer après un an ou deux, ce qui nécessite encore des travaux d'urgence. En bout de ligne, on aura dépensé plus d'argent qu'il n'en aurait fallu pour réaliser un projet bien planifié offrant une meilleure protection et moins d'impacts négatifs. Ce désolant dilemme tient à l'analyse prédictive et à la nature « concrète » des ouvrages nécessaires pour résister aux forces des vagues induites par une tempête.

Pour résoudre le dilemme, il faut tailler un programme complet à la mesure de la situation unique et complexe des Grands Lacs. L'élaboration planifiée d'avance et réalisée par phases est la clé de l'adaptation aux multiples niveaux de probabilité et à leurs ramifications économiques. La préparation des sites s'effectuerait en dehors des situations d'urgence et les mesures d'urgence seraient planifiées, alors que les ouvrages de protection seraient exécutés par phases ou différés jusqu'à ce que la situation menace.

La phase sans urgence serait consacrée à l'acquisition de terrains, de servitudes et de droits de passage pour l'ouvrage éventuellement achevé, à une certaine préparation des lieux (p. ex. le déplacement des services publics et autres obstacles) et, dans la mesure du possible, au déplacement d'aménagements existants, de sorte que la phase ultérieure de construction puisse se faire sans entraves dans des conditions d'urgence. La planification des mesures d'urgence livrerait les plans et caractéristiques pour la phase d'urgence, y compris des options pour construire les ouvrages de protection uniquement en fonction des niveaux prévus.

Cette approche par phases rendrait l'analyse économique beaucoup moins tributaire de l'incertitude des probabilités relatives au niveau des lacs. Ainsi, les gros investissements seraient reportés jusqu'à peu de temps avant qu'on en tire les avantages, ce qui en améliorerait de beaucoup le bien-fondé économique. L'analyse économique pourrait s'effectuer d'avance, même si on ignore dans une grande mesure les niveaux probables des lacs à long terme. De plus, les travaux de la première phase et la planification des mesures d'urgence atténueraient beaucoup le fardeau qu'imposent à l'USACE les situations d'urgence ayant les proportions d'un désastre.

Pour permettre une telle approche, on élaborerait un plan général applicable à toutes les collectivités vulnérables des Grands Lacs, compte tenu des priorités fondées sur le degré de risque et de la volonté des entités non fédérales de participer. Le plan général comprendrait des évaluations environnementales et économiques de base, de manière à accélérer la planification de chaque projet. À l'adoption d'un plan général, on mènerait des études de faisabilité pour des régions précises qui risquent d'être inondées, y compris les plans d'urgence pour l'achèvement des ouvrages en période d'urgence. Le plan général et les plans de projet feraient l'objet d'une réévaluation périodique visant à tenir à jour les plans et les exigences de financement. À ce stade, la première phase des projets pourrait être mise en œuvre. Les plans d'urgence seraient alors appliqués si certaines conditions seuils le justifient – un certain niveau d'eau, par exemple.

6. IMPACT BUDGÉTAIRE (coût, recettes ou économies) : Le coût du programme est estimé à 750 000 \$ pour l'élaboration du plan général et à 50 000 \$ par plan de projet. L'objectif visé est d'élaborer des plans de projet pour les 50 collectivités les plus vulnérables, ce qui se solderait par un coût total du programme de 3 250 000 \$, financé par le compte de la protection contre les crues et des mesures d'urgence en régions côtières (*Flood Control and Coastal Emergencies – FCCE*) au cours des cinq prochains exercices. Dans les années à venir, on pourrait s'attendre à ce que les économies découlant de l'élimination de la reconstruction périodique d'ouvrages moins permanents soient de l'ordre de 500 000 \$ à 1 500 000 \$ par projet. Fournir en temps utile des mesures de protection et d'atténuation adéquates procurerait des avantages substantiels.

7. PROJET DE LIBELLÉ : « ARTICLE XXX. Programme de gestion anticipée des urgences pour les Grands Lacs

« a) Programme. Le secrétaire à l'Armée de terre est autorisé à réaliser un programme de gestion anticipée des urgences afin de réduire le risque de dommages causés par les tempêtes et les inondations aux collectivités riveraines des Grands Lacs et à assurer d'autres mesures d'atténuation en conformité avec un plan général à élaborer par lui.

« b) Plan général. (1) Le secrétaire dresse un plan général pour le programme autorisé au paragraphe a); ce plan prévoit un programme, justifiable du point de vue économique et respectueux de l'environnement, qui vise à atténuer les risques et à assurer la protection des collectivités vulnérables riveraines des Grands Lacs. (2) Le plan général précise les collectivités qui courent un risque élevé de subir des dommages extraordinaires résultant de tempêtes et de niveaux d'eau équivalant au maximum enregistré, et il énonce les lignes directrices et critères applicables à l'élaboration de plans de projet selon le paragraphe c) du présent article. (3) Le plan général comprend le calendrier établi par le secrétaire pour le démarrage et l'achèvement des plans de projet et pour la mise en œuvre des préparatifs anticipés de projet selon le paragraphe d) du présent article. (4) Au plus tard 18 mois à compter de la date d'entrée en vigueur du présent article, le secrétaire présente le plan général au Congrès.

« c) Plans de projet. (1) Le secrétaire est autorisé à établir des plans de projet, pourvu que les travaux visés par ces plans ne débutent pas avant le dépôt du plan général au Congrès. (2) Chaque plan de projet : i) décrit les préparatifs anticipés du projet selon le paragraphe d) du présent article; ii) comprend des plans d'urgence pour l'achèvement du projet en phase d'urgence au moment où le seuil de risque est atteint.

« d) Préparatifs anticipés. Le secrétaire est autorisé à entreprendre, en dehors des périodes d'urgence, des préparatifs anticipés aux sites de projet. Ces préparatifs peuvent comprendre la mise en dépôt des matériaux de construction, les arrangements préalables avec les entrepreneurs et la mise en œuvre d'ententes avec des organismes subventionnaires autres que le gouvernement fédéral pour l'acquisition de terrains, de servitudes et de droits de passage, une certaine préparation des lieux, notamment par le déplacement de services publics et d'autres obstacles, ainsi que le déplacement d'aménagements existants, et tous autres préparatifs que l'ingénieur-chef juge utiles.

« e) Seuils de risque. Le secrétaire fixe les niveaux qui constituent les seuils de risque pour le démarrage de la phase d'urgence de projets spécifiques. Les seuils ne devraient pas être inférieurs au niveau stable de l'eau au moment où on peut raisonnablement prévoir un niveau à 0,3 m (1,0 pi) ou moins du niveau maximal historique ou d'un niveau plus élevé.

« f) Réalisation de la phase d'urgence. Dès que les seuils de risque fixés conformément au paragraphe e) sont atteints, le secrétaire est autorisé à compléter les projets ayant fait l'objet de préparatifs anticipés.

« g) Rapport annuel au Congrès. Le secrétaire présente au moins une fois l'an un rapport sur la situation, les progrès et les effets des travaux accomplis conformément au présent article.

« h) Crédits. Par la présente, l'autorisation est donnée d'allouer, pour l'exécution des dispositions du présent article, des crédits d'au plus 1 000 000 \$ par an pour les quatre premiers exercices suivant l'entrée en vigueur du présent article.

8. MODÈLE DE RAPPORT

« L'article XXX établit un mécanisme par lequel l'USACE peut assurer des mesures adéquates de protection contre les tempêtes et d'atténuation des dangers aux collectivités des Grands Lacs que des mesures d'urgence répétées n'ont pas réussi à protéger de façon fiable et en temps utile et où la remise en état et l'agrandissement des ouvrages de protection ont entraîné des coûts excessifs au cours de périodes où le niveau d'eau des lacs a atteint des sommets historiques. »

« Cet article autorise le secrétaire à l'Armée de terre à élaborer et à mettre sur pied un programme de gestion anticipée des urgences, reposant sur un plan général pour l'ensemble des Grands Lacs. Le plan général établira des priorités selon le niveau de risque et la volonté de participer des instances autres que le gouvernement fédéral, et il comprendra des évaluations environnementales et économiques de base, afin d'accélérer la planification de chaque projet. Une fois adopté le plan général, des études de projet serviront à élaborer des plans de préparatifs anticipés et des plans d'urgence visant à l'achèvement des projets au cours des périodes d'urgence. La phase des préparatifs anticipés des projets sera mise en œuvre en dehors des périodes d'urgence. Les plans d'urgence seront appliqués à partir du moment où certaines conditions seuils créeront un risque imminent de pertes substantielles.

« L'approche par phases rendra l'analyse économique beaucoup moins tributaire de l'incertitude des probabilités relatives au niveau des lacs. Ainsi, les gros investissements seront reportés jusqu'à peu de temps avant qu'on en tire les avantages, ce qui en améliorera de beaucoup le bien-fondé économique. Les travaux de la phase des préparatifs anticipés et la planification des mesures d'urgence atténueront beaucoup le fardeau qu'imposent à l'USACE les situations d'urgence ayant les proportions d'un désastre. Les économies s'accumuleront au fil des ans grâce à l'élimination de la reconstruction périodique d'ouvrages de protection moins permanents qui se faisait dans un contexte d'urgence, sans préparatifs anticipés. »

Plan d'action en matière de gestion adaptative (PAGA)

Le Groupe de formulation et d'évaluation des plans a produit un schéma du plan d'action pour la gestion adaptative (PAGA) de la régularisation du lac Ontario. Ce schéma est présenté dans le texte qui suit. L'un des principes directeurs de la Commission était de proposer des solutions adaptables à l'évolution des conditions et des connaissances. Ce PAGA vise à réduire l'incertitude associée aux données et aux modèles qui ont servi à produire les prévisions des avantages et des coûts par la vérification de la concordance entre les résultats réels du système et les projections. Le PAGA peut fonder la révision des règles de régularisation à mesure que les données s'améliorent, plutôt qu'il faille attendre une nouvelle étude exhaustive. Le PAGA traite de quatre questions qui, de l'avis du Groupe d'étude, devront faire l'objet d'une vérification et d'une mise à jour dans un avenir prévisible : les zones humides du lac Ontario, les dommages occasionnés aux riverains du lac Ontario, la navigation de plaisance en amont du barrage et la prévision des apports d'eau au lac Ontario. Le schéma se veut une proposition tangible que le Groupe d'étude et la Commission mixte internationale (CMI) pourront débattre et améliorer. Une fois qu'ils se seront entendus sur une version révisée, on pourra démarrer les travaux d'élaboration d'un plan de travail concret comprenant un budget, un calendrier et des affectations de personnel.

La gestion est adaptative si elle évolue en même temps que le système géré ou la connaissance qu'on en a. L'adaptation peut être structurée ou ponctuelle. Les écarts par rapport au Plan 1958-D constituent une forme de gestion adaptative; si la CMI ne s'était pas écartée du Plan 1958-D, bon nombre d'habitations situées sur les rives du lac Ontario auraient été détruites.

Il n'est pas nécessaire d'instaurer une stratégie de gestion adaptative pour chaque aspect du plan de régularisation, car la stratégie de régularisation du lac Ontario a été éprouvée depuis plusieurs décennies et elle sert efficacement plusieurs fins (à quelques exceptions évidentes près, comme on le verra plus loin). En général, cette stratégie consiste à garder assez d'eau dans le lac pour parer à l'éventualité d'une longue sécheresse, mais pas trop, pour éviter d'inonder les rives. Le débit est limité par les conditions qui prévalent dans le lac St. Lawrence et le fleuve Saint-Laurent. Les utilisateurs dans le bas Saint-Laurent, qui ont besoin d'une eau assez profonde pour la navigation commerciale ou de plaisance et pour l'eau potable, bénéficient de cette stratégie générale, tout comme bon nombre d'intérêts du lac Ontario. Cela signifie que l'avenir pourrait être porteur de changements profonds dans les exigences imposées au système hydrographique sans rien enlever à la sagesse de cette stratégie de régularisation de base. Par exemple, si on fermait la Voie maritime, il faudrait quand même apporter de l'eau dans le chenal de la Voie maritime, pour la navigation de plaisance, les prises d'eau municipales et la navigation commerciale dans le port de Montréal.

Domaines de la gestion adaptative

L'équipe de l'Étude reconnaît quatre circonstances où l'évolution du système lac Ontario/fleuve Saint-Laurent ou des connaissances sur le système pourrait justifier la modification de n'importe quel des plans proposés :

- si l'effet du niveau de l'eau sur l'érosion et l'inondation du rivage du lac Ontario diffère des prévisions des modèles;
- si la réponse des zones humides du lac Ontario diffère des prévisions des modèles;
- si le niveau de vulnérabilité aux faibles niveaux d'eau des adeptes de la navigation de plaisance et des groupes connexes évolue ou si la modélisation des impacts est erronée;
- s'il est possible de produire de meilleures prévisions de l'apport total net en eau du lac Ontario, de chaque automne à la fin du printemps suivant.

Le Conseil de contrôle serait responsable du programme de gestion adaptative. Un conseiller technique de l'USACE et un conseiller d'Environnement Canada pourraient administrer ensemble le programme, notamment les arrangements financiers, le calendrier des travaux, l'interprétation des nouvelles données, la rédaction des rapports, la reformulation et la réévaluation des plans et les avis au Conseil de contrôle.

Tout le financement de la gestion adaptative serait fourni par les programmes existants des organismes des deux pays. Il est peu probable que les organismes redéfinissent leurs budgets et leurs programmes afin de fournir les services de suivi nécessaires à moins que la CMI milite activement pour une stratégie d'investissement et de gestion mieux intégrée et axée sur les résultats pour les programmes gouvernementaux et non gouvernementaux relatifs aux Grands Lacs.

Le PAGA comporte trois éléments principaux :

1. les modèles mathématiques qui évaluent l'influence des niveaux d'eau sur les impacts;
2. un programme de suivi;
3. un protocole visant à déterminer si et en quoi la découverte de nouvelles données mènerait à modifier le modèle ou le plan de régularisation.

1. Modèles mathématiques

Les compromis entre l'érosion, les zones humides et la navigation de plaisance en amont du barrage ont dominé la dernière année de délibérations du Groupe d'étude. Après examen, le Groupe d'étude a relevé certaines incertitudes concernant les modèles de l'érosion, des zones humides et de la navigation de plaisance. La gestion adaptative peut aider à résoudre les doutes qui persistent et mener à une révision du plan de régularisation qui réduira les dommages et accroîtra les avantages globaux.

Les modèles reposent sur les concepts suivants :

- Le niveau élevé du lac Ontario, en particulier au printemps, à l'automne et en hiver, accroît le risque d'inondation, accélère la perte de biens riverains et fait grimper les coûts annuels d'entretien et de remplacement des ouvrages de protection des rives. Un niveau bas peut aussi accroître l'érosion et faire augmenter le coût des ouvrages de protection, car l'action des vagues affouille la rive, ce qui nécessite la mise en place d'ouvrages de protection qui coûtent plus cher parce qu'il faut les ancrer plus profondément.
- Une variabilité plus naturelle du niveau du lac Ontario, et particulièrement le prolongement plus naturel des périodes de bas niveaux, accroîtra la diversité des communautés végétales des zones humides, ce qui favorisera diverses espèces animales selon la période. Cela accroîtra d'autant les chances d'avoir des populations viables d'un grand nombre d'espèces différentes, y compris des espèces d'oiseaux actuellement en péril. Une diversité accrue des espèces devrait rendre l'écosystème du lac Ontario plus robuste et donc plus apte à résister aux menaces des espèces envahissantes et de la pollution.
- Les problèmes de faible niveau d'eau que vivent les plaisanciers débutent à des niveaux qui sont assez courants. Cela vient en partie du fait que la popularité de la navigation de plaisance a amené les gens à installer des quais, des rampes de mise à l'eau et des marinas dans des endroits marginaux où, souvent, il n'y a pas assez d'eau pour les bateaux qui fréquentent ces installations.

Il y a certains conflits entre ces trois concepts : garder les niveaux près de la moyenne pour éviter l'érosion; garder les niveaux plus bas pendant les longues sécheresses pour aider l'environnement; garder les niveaux plus hauts pour éviter les problèmes de navigation. Ces conflits sont arbitrés de façon légèrement différente dans les trois plans proposés; ainsi, le Plan 1958-DD est très bon pour les propriétés riveraines, mais moins favorable à l'environnement que le plan B⁺, lequel est à son tour moins propice que le Plan 1958-DD pour les propriétés riveraines ou les plaisanciers du lac Ontario jusqu'à Alexandria Bay.

Les évaluations du Groupe d'étude ont mis en lumière certains problèmes particuliers des modèles mathématiques qui, à la fois, comportent des incertitudes et influent sur l'élaboration du plan de régularisation. Les variables clés les plus susceptibles de modifier le plan de régularisation, si le suivi futur indique que les algorithmes du modèle étaient trompeurs, sont :

- **Le rythme de l'érosion et le remplacement des ouvrages de protection des rives.** Les trois plans proposés adoptent des approches légèrement différentes quant à la réduction des dommages littoraux, et chacun cause des impacts négatifs dans un autre secteur d'intérêt. Les estimations des dommages ne sont peut-être pas assez précises pour guider les compromis. Par exemple, le niveau d'eau de conception utilisé dans le modèle du Système de prévisions des crues et de l'érosion (SPCE) est un nombre unique pour chaque comté riverain du lac Ontario. Ce nombre représente la hauteur supplémentaire à prévoir pour les ouvrages de protection des rives, compte tenu des vagues et des ondes de tempête. Le nombre utilisé respecte les normes techniques acceptées qui sont fondées sur les tendances historiques des vagues et des ondes de tempête. Les propriétaires devraient en avoir tenu compte lorsqu'ils ont construit leurs ouvrages de protection, mais aucune étude de terrain n'a été menée pour confirmer qu'ils l'ont fait. D'après ce qu'on sait, les propriétaires riverains du lac Ontario sont rares à « surconstruire » les ouvrages, et des variations relativement faibles de ce seul paramètre peuvent faire toute une différence dans les évaluations. Si, par exemple, les ouvrages de protection construits étaient environ 25 cm (9 po) plus hauts que ne le prévoient les normes de conception sur le rivage américain, les coûts d'entretien des ouvrages de protection prévus au plan B⁺ seraient environ les mêmes que pour les autres plans.
- **Les populations d'oiseaux de milieu humide jugées en péril.** Les données recueillies pour cette étude montrent une forte corrélation entre l'historique des inondations et les mélanges d'espèces végétales dans les zones humides littorales. Ces données indiquent également des corrélations entre la présence des oiseaux, certaines communautés végétales et l'inondation de l'habitat. On est moins certain du degré de la réponse des oiseaux de milieu humide à l'évolution future de la disponibilité des habitats, en particulier dans le cas des espèces jugées en péril. Cette incertitude vient du fait que les modèles aviaires supposent que la disponibilité de l'habitat, qui subit l'influence de la régularisation des niveaux d'eau, est la principale limitation à la répartition et à l'abondance des populations d'oiseaux des milieux humides du lac Ontario. Les modèles n'ont pas saisi tous les facteurs qui peuvent influencer sur la population, par exemple les effets de la pollution, de la prédation et de la concurrence pour l'habitat.
- **La population de rats musqués dans le haut Saint-Laurent.** Le rat musqué est important parce qu'il aide à contrôler les quenouilles, parce qu'il s'agit d'une espèce indicatrice et parce que le piégeage du rat musqué est une activité traditionnelle à Akwesasne. Les modèles prédisent que les divers plans auront des effets très différents, mais les modèles reposent sur peu de données.
- **L'activité des plaisanciers en automne.** Les modèles estiment les avantages pour les plaisanciers d'après le nombre de jours de navigation en 2002, en plus de l'estimation faite par les plaisanciers du nombre de jours où ils auraient navigué si le niveau d'eau avait été suffisant. L'International Water Levels Coalition soutient que l'activité des plaisanciers diminue en automne, en partie parce que ceux-ci craignent de ne pas avoir assez d'eau pour utiliser leur embarcation ou pour la sortir de l'eau afin de la remiser pour l'hiver. Cette hypothèse n'a pas été vérifiée, et le modèle ne contient pas de « boucle de rétroaction » permettant d'ajuster les avantages pour les plaisanciers en conséquence. Si l'hypothèse s'avère, les impacts négatifs du plan B⁺ s'en trouveraient réduits.

- **Les impacts sur la navigation de plaisance dans les aires marginales.** Les impacts sur la navigation de plaisance associés à une profondeur insuffisante se produisent lorsque le niveau du lac Ontario se situe autour de sa moyenne à long terme. Des chercheurs de l'Université Cornell ont obtenu une mesure de la profondeur de tous les quais de chacune des marinas des États-Unis, et les résultats de ce relevé indiquent que de 1 à 3 % des quais des marinas du lac Ontario auront des problèmes de profondeur aux niveaux moyens entre le 1^{er} mai et le 30 septembre. D'autres problèmes peuvent survenir dans les chenaux d'entrée, aux rampes de mise à l'eau et aux quais privés. Voilà qui embêtera deux cents plaisanciers et plus la plupart des saisons. Au cours de l'Étude, on a discuté de comment les plaisanciers et les marinas de ce groupe pourraient régler individuellement leurs problèmes de manque de profondeur, mais aucune mesure supplémentaire n'a été prise.

2. Programme de suivi

Les variables clés décrites ci-dessus devraient faire l'objet d'un suivi après l'entrée en vigueur d'un nouveau plan de régularisation. Si le suivi indique que le système lac Ontario/fleuve Saint-Laurent a changé ou que les algorithmes étaient erronés, le protocole exposé à la section qui suit servira à déterminer quelles modifications la CMI devrait envisager d'apporter aux modèles et au plan de régularisation.

Le plan de suivi consiste en des études de terrain sur les milieux humides, les populations d'oiseaux en péril de ces milieux, le grand brochet et le rat musqué, des études par photographie aérienne et satellitaire des rivages, la collecte des données sur les demandes de permis pour de nouveaux ouvrages de protection des rives et les renseignements recueillis volontairement par les associations de plaisanciers et les marinas.

Suivi environnemental

But : Le suivi environnemental aiderait à déterminer si l'impact de la régularisation sur les milieux humides, les espèces d'oiseaux en péril et le rat musqué est conforme aux prédictions des modèles.

Résultat : Le suivi continu des populations animales et de l'état des zones humides pourrait justifier l'ajustement du plan de régularisation selon que celui-ci est clairement efficace ou clairement inefficace.

L'évaluation des programmes existants indique que le suivi environnemental devrait reposer principalement sur de nouveaux efforts consentis expressément pour la CMI, les programmes de suivi existants servant uniquement à des fins de comparaison et de validation. Un sous-ensemble des 32 zones humides de l'Étude ferait l'objet d'un suivi, par des méthodes similaires, visant à inventorier les espèces végétales. On commanderait aussi des études sur les populations d'espèces d'oiseaux en péril du lac Ontario et sur les rats musqués du haut Saint-Laurent. Le suivi débiterait dès que possible à l'égard des oiseaux et du rat musqué. En ce qui concerne les zones humides, le suivi pourrait s'effectuer lorsque l'eau atteint des niveaux inhabituels. Le suivi pourrait être coordonné à la CMI et les travaux de terrain exécutés par des sous-traitants qui travailleraient probablement pour le New York State Department of Environmental Conservation (NYSDEC) et Environnement Canada.

Financement : Aucune source sûre de financement des travaux envisagés n'a été identifiée. Le Fish and Wildlife Service des États-Unis pourrait accorder une subvention au NYSDEC pour la réalisation du plan de gestion des espèces sauvages de l'État. Ce plan – la Comprehensive Wildlife Conservation Strategy – a été présenté récemment, et les parties qui concernent le littoral du lac Ontario soulignent la nécessité d'assurer le suivi des populations de Petit Blongios et de Guifette noire dans les marais littoraux.

Options en l'absence de financement : À défaut de nouvelles sources de financement, on pourrait identifier les programmes en cours susceptibles d'offrir de petites composantes des travaux nécessaires. À notre connaissance, aucun effort n'est engagé dans l'échantillonnage de la couverture des divers types de plantes des milieux humides sur une base régulière (la partie fondamentale de la modélisation de l'étude), ni aucun pour le rat musqué. Le programme de surveillance de la région de Durham, d'Environnement

Canada, et le programme de surveillance des marais d'Études d'Oiseaux Canada donneraient des renseignements valables sur les oiseaux des milieux humides, mais ces efforts ne sont pas conçus pour distinguer les effets du niveau de l'eau des autres facteurs ayant un impact sur la population.

Du côté américain, la Comprehensive Wildlife Conservation Strategy (CWCS) de l'État de New York appelle à une surveillance des zones humides littorales, particulièrement en ce qui concerne les « espèces nécessitant le plus de mesures de conservation » comme la Guifette noire et le Petit Blongios. L'organisme Nature Conservancy est disposé à collaborer avec des partenaires à titre de catalyseur pour la surveillance des zones humides littorales, et de chercher des appuis pour la mise en œuvre des recommandations de la CWCS. Pour recevoir des fonds du gouvernement fédéral dans le contexte de la CWCS, les projets de « planification » (ce qui comprend le suivi) doivent obtenir de sources non fédérales 25 % du financement.

Autres questions de financement : Une fondation pourrait générer des revenus d'intérêts susceptibles de payer les activités de surveillance. Si on pouvait trouver le moyen de recueillir 1 M\$, l'État de New York dispose déjà d'un mécanisme, dans le contexte du Great Lakes Protection Fund, pour doter et gérer une fondation et en distribuer les produits à des fins précises. Le NYSDEC formule des recommandations à l'intention des représentants citoyens du Great Lakes Basin Advisory Council concernant l'octroi de subventions de sa fondation actuelle du Protection Fund. Un programme de suivi recevant ce genre d'appui financier risquerait moins d'être interrompu à cause des éventuelles difficultés politiques qui jouent sur les budgets étatiques et provinciaux.

Suivi du littoral

But : Le suivi de l'érosion et de la protection du rivage servirait à vérifier les dommages modélisés, afin de pouvoir modifier la régularisation si les dommages réels diffèrent nettement des prévisions ayant servi à étayer le choix du plan.

Résultat : Si les dommages sont nettement moins importants que la modélisation ne l'indiquait, la CMI pourrait envisager de modifier le plan de régularisation afin de produire des niveaux d'eau procurant des avantages accrus aux autres utilisateurs. Si les dommages réels sont plus importants que prévu, la CMI envisagera de modifier le plan de manière à abaisser le niveau du lac.

Sur le littoral du lac Ontario, environ 5 500 habitations sont déjà dotées d'ouvrages de protection des rives, et seulement 1 000 autres ouvrages environ seront construits d'ici un siècle. Par conséquent, le premier coût en importance (estimé à environ 15 M\$ par an) pour les riverains concerne l'entretien et le remplacement des ouvrages de protection existants. Le deuxième (estimé à environ 2,5 M\$ par an) concerne la construction de nouveaux ouvrages de protection afin de prévenir les dommages aux bâtiments menacés par l'érosion. Les inondations occasionnent des coûts à peu près dix fois moindres, soit environ 170 000 \$ par an en moyenne. Les évaluations du SPCE indiquent des écarts réels totalisant plusieurs millions de dollars par an entre les plans quant au coût de la protection du rivage. La stratégie de suivi du littoral consisterait à recueillir des données sur le recul et sur les constructions et remplacements d'ouvrages de protection afin de déterminer si le modèle prévoit bien l'étendue de ces dommages et si la réponse réelle aux niveaux d'eau faibles, moyens et élevés correspond aux prévisions.

Le modèle du SPCE calcule le recul du sommet de la rive au fil du temps et précise le moment et le type de la défaillance de chaque ouvrage de protection du rivage. On pourrait exécuter le modèle du SPCE chaque année en y incorporant les données réelles sur l'eau et les vagues, puis comparer les prévisions relatives au recul et aux événements de protection du rivage aux événements réels. L'imagerie satellitaire est la façon la moins chère et la plus efficace d'observer la position du sommet des rives. La construction ou le remplacement des ouvrages de protection nécessite l'obtention d'un permis dans les deux pays, et les données sur les permis pourraient servir, avec la permission de leurs propriétaires, à assurer le suivi des défaillances des ouvrages de protection. L'examen des permis concernant de nouveaux ouvrages de protection pourrait aussi permettre de recueillir des données sur la position du sommet de la rive.

Financement : Il n'existe aucune source connue de financement consacrée particulièrement à ce type de suivi, dont on n'a d'ailleurs pas estimé les coûts. L'observation par satellite nécessiterait certainement une nouvelle autorisation de financement.

Navigation de plaisance

But : Le suivi de la navigation de plaisance servirait principalement à surveiller et à soutenir activement les efforts des intéressés visant à réduire leur vulnérabilité aux faibles niveaux d'eau. L'activité des intéressés pourrait aussi faire l'objet d'un suivi afin de déterminer si la hausse du niveau d'eau en automne accroît la navigation après la fête du Travail.

Résultat : L'amélioration des communications entre les groupes de plaisanciers et les marinas aidera à vérifier, à obtenir et à mettre à jour les données qui ont alimenté la formulation des plans. Les activités de sensibilisation de la CMI par l'entremise des gouvernements et des groupes de plaisanciers de l'État de New York, de l'Ontario et du Québec pourraient dissuader les intéressés d'aménager d'autres installations portuaires dans les zones marginales; à tout le moins, elles donneront aux plaisanciers et aux entreprises les plus vulnérables un surcroît d'information qui les aidera à s'adapter individuellement. Si l'activité des plaisanciers en automne s'accroît avec la hausse du niveau de l'eau, la CMI serait d'autant plus justifiée de persister dans cette stratégie.

Les impacts sur la navigation de plaisance découlent généralement de niveaux d'eau bas. Les recherches menées sur le littoral américain ont eu davantage de succès en raison de la disponibilité des données sur la navigation de plaisance aux États-Unis; elles ont permis de recueillir des données sur la profondeur de tous les quais de chaque marina. Beaucoup de quais ont un emplacement marginal et ne sont utilisables que si le niveau d'eau du lac Ontario est passablement élevé. L'impact négatif sur la navigation est la principale raison de s'opposer aux niveaux naturellement bas du lac pendant les longues sécheresses, même si ces bas niveaux procurent des avantages environnementaux significatifs d'après les évaluations.

Le suivi serait un effort bénévole organisé par un comité consultatif semi-officiel sur la navigation de plaisance représentant les organismes de plaisanciers, notamment l'Ontario Marine Operators Association et les Escadrilles canadiennes de plaisance. Le Conseil de contrôle pourrait réviser sa stratégie de communication afin d'officialiser les communications bilatérales avec ce comité consultatif. Le Conseil pourrait fournir aux plaisanciers de l'information concernant les niveaux extrêmes prévus au moyen d'un « système d'alerte précoce ». Le comité consultatif aiderait alors à transmettre les alertes aux plaisanciers. Le Conseil pourrait élaborer un guide pratique à l'intention des propriétaires de marina afin de permettre aux marinas de prendre en compte les niveaux d'eau dans la planification de leurs activités.

Le comité consultatif pourrait signaler au Conseil les problèmes associés aux niveaux d'eau. Ces rapports pourraient être centrés sur les zones les plus sensibles (p. ex. secteur de Gananoque, lac Saint-Louis, Alexandria Bay, North Sandy Pond) et fournir des réponses à une courte liste de questions types.

Adaptation du plan en fonction de l'amélioration des prévisions

Le lac Ontario tend à atteindre sa hauteur maximale à la fin du printemps, lorsque l'eau du ruissellement printanier en provenance des Grands Lacs d'amont finit par l'atteindre. Le Plan 1958-DD force généralement le lac à baisser sous son niveau maximal plus rapidement qu'il le ferait naturellement; l'automne venu, cette stratégie ménage un volume de stockage dans le lac qui permet de retenir l'eau au cas où l'hiver et le printemps qui suivront seraient très humides. Le plan B⁺ abaisse le niveau du lac Ontario à un rythme plus naturel, ce qui donne un niveau plus élevé du lac à l'automne et accroît les risques d'inondation l'année suivante.

Tableau sommaire du Programme de gestion adaptative

PI/Algorithme de l'étude	Zone d'étude	Suivi Données recueillies	Liens possibles avec des programmes existants*
Superficie des communautés de prairie humide	Certaines des 32 zones humides à l'étude	Densité végétale selon le type de plantes et le niveau d'eau	1. Comprehensive Wildlife Conservation Strategy (CWCS) de l'État de New York. Exige un apport de sources non fédérales à hauteur de 25 %. 2. Subvention du Fish and Wildlife Service des États-Unis au NYSDEC pour la mise en œuvre du plan de gestion des espèces sauvages de l'État. 3. Programme de surveillance de la région de Durham d'Environnement Canada. 4. Programme de surveillance des marais d'Études d'Oiseaux Canada.
Indice de reproduction du Petit Blongios et de la Guifette noire Couverture de l'habitat de choix du Râle jaune et du Râle élégant	Lac Ontario	Populations des espèces d'oiseaux nichant exclusivement dans les marais; accent mis sur les espèces en péril	
Densité des habitations de rat musqué dans les estuaires, région des Mille-Îles	Haut Saint-Laurent	Populations	Nouveau programme nécessaire.
Érosion	Lac Ontario	Recul des rives	1. Nouveau programme de saisie par imagerie satellitaire et d'analyse. 2. Programmes de permis étatiques et provinciaux.
Protection du rivage	Lac Ontario	Ouvrages nouveaux et de remplacement	Programmes de permis étatiques et provinciaux.
Avantages pour les plaisanciers	Secteur de Gananoque, lac Saint-Louis, Alexandria Bay, North Sandy Pond	Incidents d'eau peu profonde	Utilisation possible d'un nouveau réseau réunissant des groupes de plaisanciers existants.
<p>* Aucun n'assurera le suivi nécessaire, mais ces programmes offrent une compétence et des économies de coût qu'il vaut la peine de bien analyser.</p> <p>En outre, la CMI encouragerait ou financerait la recherche pour améliorer les prévisions sur six à douze mois de l'apport d'eau total net du lac Ontario.</p>			

Les études révèlent que les prévisions en temps réel de l'apport d'eau total net au cours de l'année à venir ne sont pas meilleures que les prévisions fondées sur les statistiques. Si on disposait de prévisions exactes de l'apport d'eau total net du lac Ontario, ne fût-ce que pour les six à huit mois à venir, on pourrait ajuster plus précisément n'importe quel des plans proposés de manière à n'abaisser le niveau automnal que si l'année suivante s'annonce anormalement humide. Ainsi, on conserverait (par exemple) les avantages environnementaux du plan B⁺, mais on réduirait les dommages au littoral sans nuire aux avantages pour la navigation de plaisance, voire en augmentant ceux-ci.

La question de l'amélioration des prévisions lie les trois résultats conflictuels; elle devrait donc elle aussi faire partie du programme de gestion adaptative. On pourrait améliorer légèrement les prévisions par une analyse statistique plus adroite, mais il faudra probablement une percée importante dans le domaine des prévisions pour améliorer sensiblement les avantages. Une telle percée peut venir des recherches associées aux études à long terme sur la température des océans. Dans le numéro d'avril 2004 de la revue *Science*, Siegfried Schubert, du Centre des vols spatiaux Goddard de la NASA, constate qu'il est possible de « prévoir » la sécheresse qui a sévi au cours des années 1930 dans le Dust Bowl en examinant à la fois les températures à la surface de l'océan Pacifique et les températures de l'Atlantique tropical. La CMI devrait au moins rendre publique la nécessité de mener des recherches sur le sujet et encourager les organismes qui l'appuient à les financer ou à les réaliser.

3. Protocole de modification du plan de régularisation

Le Conseil de contrôle aura la responsabilité générale d'administrer le programme de gestion adaptative. Le Conseil publiera tous les cinq ans un rapport sur le rendement du nouveau plan. Ce rapport comprendra une comparaison des impacts modélisés et mesurés, les conclusions du Conseil sur l'atteinte des résultats escomptés, ainsi que des recommandations sur la modification du modèle ou du plan, s'il y a lieu. Le Conseil formulera et évaluera les modifications du plan et diffusera son rapport dans le cadre de son programme d'information du public. La CMI sera libre d'accepter, de modifier ou de refuser les propositions. Le Conseil dirigera aussi la recherche sur les prévisions hydrologiques.

Le défi du financement de la gestion adaptative

Le suivi des effets de la réglementation gouvernementale sur les ressources publiques est par essence une obligation du gouvernement, mais il n'existe aucune source de financement gouvernemental à portée de la main pour ces travaux, et ce serait un accomplissement extraordinaire si la CMI était capable d'obtenir le financement, si modeste soit-il. Selon l'estimation préliminaire, le plan de gestion adaptative pour les trois buts fixés et la recherche sur les prévisions hydrologiques coûteraient 500 000 \$ par an.

Plusieurs initiatives visent à réunir les organismes des États-Unis et du Canada afin d'assurer une gestion mieux intégrée des Grands Lacs. Néanmoins, il n'existe aucun ensemble unifié d'objectifs de gestion quantifiables et priorisés, et personne ne tente, officiellement ou non, de mesurer les progrès accomplis vers les objectifs de gestion ou de lier les progrès à des investissements globaux ou particuliers. C'est dire que les organismes investissent les fonds qu'ils reçoivent en fonction de leurs propres objectifs.

Une intégration véritable exigerait un changement important dans la culture des organismes, mais les organismes appuient en principe le concept. Le meilleur espoir d'assurer des fonds au volet du suivi de la gestion adaptative de la régularisation du lac Ontario est de collaborer avec les organismes des deux pays ainsi qu'avec les gouvernements de l'Ontario et de l'État de New York à intégrer les programmes de manière à répondre aux besoins particuliers qui découlent des attributions de la CMI à l'égard des eaux limitrophes. Cette intégration ne se ferait pas à sens unique. Par exemple, les travaux du Groupe d'étude se sont concentrés sur l'effet des niveaux d'eau sur les zones humides, tandis que la plupart des travaux en cours ciblent les impacts de la pollution et du développement. Un programme intégré examinerait toutes les fonctions des milieux humides du lac et tous les agents de stress, et chercherait à faire porter l'attention sur les moyens d'accroître le plus possible les services rendus par les zones humides.

Seuls les commissaires de la CMI ont la stature nécessaire pour pressentir les organismes à ce sujet avec le moindre espoir de réussite. D'ici la fin de l'année, le Groupe d'étude, appuyé par le personnel permanent des organismes qui est affecté au soutien de l'Étude et à l'application du plan de régularisation, pourra rédiger les arguments et faire une partie des démarches nécessaires à l'appui des commissaires.

Le PAGA aidera le Conseil de contrôle à régler les insatisfactions à l'égard du plan de régularisation choisi en fournissant des données objectives portant sur ce qu'on a établi comme étant les trois principaux domaines de conflit. Le GFEP suggère que ce soit le Conseil de contrôle qui dirige le programme, mais il faudrait modifier la structure actuelle du Conseil pour qu'il puisse assumer cette responsabilité. La modification pourrait comprendre le recours au personnel de la CMI basé à Ottawa et à Washington pour gérer les travaux à titre d'agents de liaison du Conseil.



Glossaire

ABIOTIQUE – Se dit d'un élément non vivant de l'environnement (air, eau, lumière solaire, minéraux, etc.)

ACCRÉTION – Accroissement de la superficie d'une plage ou d'une zone humide par accumulation naturelle ou dépôt de matériaux.

AFFOUILLEMENT – Érosion permanente ou temporaire au pied d'un ouvrage de protection des rives ou d'autres ouvrages littoraux.

ALGUES – Végétaux aquatiques microscopiques qui ne possèdent ni racines, ni fleurs, ni graines mais qui sont capables de produire de la matière organique par photosynthèse. Ce sont les producteurs primaires de nos lacs. Les algues d'eau douce ou marine existent sous plusieurs formes et constituent donc un groupe diversifié de végétaux photosynthétiques dont la taille, la forme et la couleur varient beaucoup. Elles peuvent prendre des formes diverses : substance à la surface des roches, mousse à la surface de l'eau et algues sur les berges.

APPLICABILITÉ – Possibilité de mettre en œuvre une mesure en tenant compte de facteurs techniques, économiques, environnementaux, sociaux, politiques et institutionnels.

APPORT D'EAU – Volume d'eau qui pénètre dans les Grands Lacs par les précipitations, moins la quantité d'eau qui s'évapore des terres et de la surface des lacs.

APPORT NET DU BASSIN – Volume net d'eau qui entre dans un des Grands Lacs; correspond à la somme des précipitations qui tombent sur le lac, du volume des eaux souterraines et du ruissellement, moins la quantité d'eau qui s'évapore du lac. Ne comprend pas le volume d'eau provenant d'un des autres Grands Lacs.

APPORTS STOCHASTIQUES – Séries simulées d'apports d'eau qui reflètent la variabilité du climat.

APPROCHE SYSTÉMIQUE – Démarche qui complète la méthode analytique classique et qui met l'accent sur l'ensemble des systèmes et sur les propriétés irréductibles qui résultent des interactions de leurs différentes composantes.

AQUIFÈRE – Formation géologique qui renferme de l'eau souterraine en assez grande quantité que l'on peut facilement capter.

ARCHIPEL – Grande surface d'eau parsemée de nombreuses îles ou comportant un groupe d'îles.

ATTRIBUTS HYDROLOGIQUES – Données statistiques sur les niveaux et les débits d'eau.

AUCUNE PERTE NETTE; PERTE NETTE NULLE – Principe en vertu duquel un ministère ou un organisme s'efforce de compenser les pertes inévitables d'habitat associées à un projet en créant d'autres habitats, de manière à prévenir toute réduction des ressources halieutiques au Canada ou des ressources palustres aux États-Unis qui résulterait de la destruction ou de l'altération de l'habitat.

- AUTORITÉ** – Droit de faire appliquer les lois et les règlements ou d'établir des politiques.
- AUTORITÉ DE MISE EN ŒUVRE** – Agence gouvernementale habilitée à autoriser et à faire appliquer une mesure particulière.
- AVANTAGE LIÉ À L'EMPLACEMENT** – Effet positif de l'emplacement du rivage et des niveaux d'eau sur un intérêt.
- BAS SAINT-LAURENT** – Voir COURS INFÉRIEUR DU SAINT-LAURENT.
- BASE DE DONNÉES DE MÉTADONNÉES** – Base de données utilisée pour stocker de l'information sur des données (métadonnées).
- BASSIN** – Dépression arrondie du lit d'un lac.
- BASSIN (DU LAC ONTARIO ET DU FLEUVE SAINT-LAURENT)** – Territoire dont les eaux de ruissellement se déversent dans le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent en aval jusqu'à Trois-Rivières, au Québec.
- BASSIN HYDROGRAPHIQUE**. Voir BASSIN VERSANT.
- BASSIN VERSANT; BASSIN HYDROGRAPHIQUE** – Territoire drainé par des eaux souterraines ou de surface qui se déversent dans un cours d'eau ou une masse d'eau.
- BATHYMÉTRIE** – Mesure de la profondeur d'une grande étendue d'eau et de la configuration des fonds marins.
- BENTHOS** – Ensemble des végétaux et des animaux vivant sur le fond de l'eau (océan, fleuve, rivière, lac, étang), qu'ils soient fixés ou non au substrat (sédiment, roche, plante).
- BILAN SÉDIMENTAIRE** – Système qui sert à comptabiliser le sable et le gravier à l'intérieur d'une zone d'étude (étendue spatiale).
- BIOTE** – Ensemble des végétaux et des animaux d'une région donnée.
- BOUCLE DE RÉTROACTION** – Relation circulaire de cause à effet dominant certaines interactions d'une série donnée de variables clés. En général, les boucles de rétroaction sont soit négatives (maintiennent la valeur d'une variable en particulier à peu près à un niveau donné), soit positives (font en sorte que la valeur d'une variable en particulier augmente ou diminue d'une façon auto-amplificatrice et, habituellement, à un taux géométrique).
- BRISE-LAMES** – Ouvrage construit à l'entrée d'un port ou d'une plage pour amortir la force des vagues.
- CADRE D'ÉVALUATION** – Prise en compte systématique des critères considérés et de la méthodologie utilisée pour déterminer l'impact des mesures sur le niveau des lacs, les parties prenantes et les intérêts des parties prenantes.
- CADRE SPATIAL DE L'ÉVALUATION** – Classification et délimitation des milieux terrestres, palustres et aquatiques à l'intérieur d'unités spatiales servant à évaluer la fluctuation des niveaux et les mesures.
- CAPACITÉS PLANIMÉTRIQUES** – Capacité d'un système de mesurer les surfaces.
- CAREX ÉPI-DE-BLÉ (*Carex atherodes*)** – Espèce en voie de disparition dans l'État de New York.
- CELLULE LITTORALE** – Zone soumise continuellement à l'influence de courants littoraux spécifiques.
- CELLULES LITTORALES** – Parcelles sédimentaires fermées qui définissent les limites de tous les mouvements du sable le long des rives et entre la côte et le large.
- CHAMP DE COMPÉTENCE** – Champ ou territoire sur lequel l'autorité peut s'exercer légalement.

CICFSL – Voir CONSEIL INTERNATIONAL DE CONTRÔLE DU FLEUVE SAINT-LAURENT

CLIMAT – Ensemble des conditions météorologiques dominantes (p. ex. température, précipitations, vitesse du vent, pression atmosphérique) observées dans une région donnée au cours de l'année, ou en moyenne pendant plusieurs années.

CLUB NAUTIQUE – Installations portuaires réservées aux plaisanciers qui en sont membres et leur offrant de nombreux services, parmi lesquels l'amarrage des bateaux.

CMI – Voir COMMISSION MIXTE INTERNATIONALE.

COMMISSION MIXTE INTERNATIONALE (CMI) – Organisme binational créé en 1909 par les gouvernements du Canada et des États-Unis en vertu du Traité des eaux limitrophes afin de résoudre et de prévenir les différends concernant toutes les eaux partagées par les deux pays et de formuler des recommandations sur des questions liées à leur gestion, comme la qualité de l'eau et les niveaux d'eau.

COMMUNICATIONS PUBLIQUES – Activités conçues pour établir un dialogue pendant une période donnée entre le personnel de l'Étude et le public.

COMPOSITION DU SUBSTRAT – Matériaux dont est constitué le lit des lacs et du fleuve, allant du limon au substratum rocheux.

CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES – État de l'atmosphère défini par les six principaux éléments climatiques suivants : température, pression barométrique, vitesse du vent, humidité, nébulosité et précipitations.

CONSEIL INTERNATIONAL DE CONTRÔLE DU FLEUVE SAINT-LAURENT (CICFSL) – Conseil créé par la Commission mixte internationale dans son Ordonnance d'approbation de 1952. Sa fonction principale est de veiller à ce que les débits du lac Ontario soient conformes à ceux fixés dans l'ordonnance de la Commission. En outre, le Conseil élabore des plans de régularisation et mène des études spéciales à la demande de la Commission.

CONSERVATION – Gestion planifiée des ressources naturelles qui a pour but de les utiliser de façon rationnelle et de les protéger contre l'exploitation, la destruction ou la négligence.

CONSOMMATION D'EAU – Volume d'eau prélevé des Grands Lacs et présumé perdu du fait de l'évaporation durant l'utilisation, des fuites, de l'incorporation dans des produits manufacturés ou de la consommation dans divers procédés.

CONVERSION IMPÉRIALE DES PIEDS EN MÈTRES – 1 pied = 0,305 mètre.

CONVERSION IMPÉRIALE DES POUCES EN CENTIMÈTRES – 1 pouce = 2,54 centimètres.

CONVERSION MÉTRIQUE DES CENTIMÈTRES EN POUCES – 1 centimètre = 0,4 pouce.

CONVERSION MÉTRIQUE DES MÈTRES EN PIEDS – 1 mètre = 3,28 pieds.

CORDON LITTORAL – Crête marine de matériaux non consolidés (p. ex. sable, galets) parallèle au rivage; elle est formée en partie sous l'action des marées hautes et agit comme une barrière naturelle.

CÔTE – Terre ou zone adjacente à une vaste étendue d'eau.

COURANT – Écoulement de l'eau dans les lacs dû à la rotation de la Terre, aux apports d'eau, aux débits et au vent.

COURS INFÉRIEUR DU SAINT-LAURENT; BAS SAINT-LAURENT – Aux fins de l'Étude, portion du fleuve Saint-Laurent en aval du barrage Moses-Saunders. Comprend le lac Saint-François, le lac Saint-Louis, le port de Montréal, le lac Saint-Pierre et les tronçons du fleuve reliant ces lacs jusqu'à Trois-Rivières.

COURS SUPÉRIEUR DU SAINT-LAURENT; HAUT SAINT-LAURENT – Aux fins de l'Étude, portion du fleuve Saint-Laurent en amont du barrage Moses-Saunders. Comprend le tronçon du fleuve allant de Kingston/Cap Vincent au barrage hydroélectrique et aux écluses de Cornwall-Massena, y compris le lac St. Lawrence.

COÛT LIÉ À L'EMPLACEMENT – Effet négatif de l'emplacement du rivage et des niveaux d'eau sur un intérêt.

CRÊTE (D'UNE VAGUE) – Sommet d'une vague.

CRITÈRE – Principe ou norme en fonction desquels on peut porter un jugement ou prendre une décision. Les critères sont conceptuels, mais ils doivent comporter des éléments opérationnels (mesurables en principe). On peut utiliser n'importe quel critère pour comparer le bien-fondé des mesures ou des politiques aux dimensions comprises par le critère. On utilise des critères pour évaluer des mesures et pour évaluer le processus de prise de décision (p. ex. accès du groupe aux organes de décision).

CRITÈRES DE BASE – Principes généraux qui permettent de déterminer la valeur globale d'une mesure par rapport à d'autres mesures. Comprennent la durabilité économique, l'intégrité écologique, la désirabilité sociale, l'incertitude et le risque, l'acceptabilité politique.

CRITÈRES OPÉRATIONNELS – Critères constituant des sous-ensembles des critères de base. Ils sont quantifiés sur la base de l'application de règles spécifiques, élaborées par divers groupes, aux données ou aux estimations des répercussions de la mesure. Les évaluations des répercussions utilisées pour coter les sous-critères servent à comparer les profils des mesures.

CRUE – Élévation soudaine du niveau d'un cours d'eau à la suite de fortes pluies ou de la fonte des neiges.

CYCLE DE L'EAU – Voir CYCLE HYDROLOGIQUE.

CYCLE HYDROLOGIQUE; CYCLE DE L'EAU – Cycle naturel au cours duquel l'eau s'évapore à la surface des océans dans l'atmosphère, se condense et forme des nuages puis retombe sous forme de pluie ou de neige, s'écoule et s'accumule dans les cours d'eau, les lacs et les océans. Comprend aussi l'absorption de l'eau par les plantes et son rejet par transpiration.

DÉBIT – Volume d'eau qui s'écoule par unité de temps.

DÉBIT SORTANT – Quantité d'eau qui sort d'un lac ou d'un réservoir, mesurée en un point donné par unité de temps.

DÉRIVATION; DÉTOURNEMENT – Transfert d'eau dans le bassin des Grands Lacs à partir d'un bassin adjacent, ou vice versa, ou transfert d'eau entre deux des Grands Lacs.

DÉRIVE LITTORALE – Mouvement du gravier, du sable et d'autres matériaux le long de la côte sous l'action des vagues et des courants.

DÉSIRABILITÉ SOCIALE – Maintien de la santé et du bien-être des individus et de leurs organisations, entreprises et collectivités afin qu'ils puissent combler leurs besoins (individuels et collectifs) matériels, récréatifs, esthétiques, culturels et autres et assurer ainsi leur qualité de vie. L'atteinte de cet objectif repose sur la prise en compte des droits individuels, des responsabilités et besoins de la collectivité, des impacts distributifs de la satisfaction de ces besoins et de la façon de satisfaire ces besoins compte tenu des autres besoins concurrents de la société.

DÉTOURNEMENT – Voir DÉRIVATION.

DIGUE – Mur ou remblai de terre érigé à la périphérie d'une terre basse pour en prévenir l'inondation.

DIRECTION DES VAGUES – Direction par laquelle une vague s'approche.

DUNE – Monticule ou crête de sable édifié par le vent ou les vagues.

DYNAMIQUE DU SYSTÈME – Méthode d'élaboration de modèles de simulation mise au point par le Massachusetts Institute of Technology pour étudier le comportement de systèmes complexes. Est fondée sur l'identification et l'interaction des variables clés du système et sur l'étude des effets de ces interactions au fil du temps.

EAU DE SURFACE – Eau en contact avec l'atmosphère; comprend les lacs, les étangs, les rivières, les sources, les milieux humides, les canaux artificiels et d'autres collecteurs soumis à l'influence directe des eaux de surface.

EAU SOUTERRAINE – Eau contenue dans le sol et les roches perméables.

ÉCHOSONDAGE – Technique de mesure des profondeurs d'eau par réflexion des ondes acoustiques.

ÉCOLOGIE – Science dont l'objet est l'étude des interrelations des êtres vivants avec leur environnement.

ÉCOSYSTÈME – Ensemble formé par une communauté biologique et le milieu naturel, dont l'interaction constante donne lieu à des échanges de matière et d'énergie.

EFFET DE SERRE – Réchauffement de l'atmosphère terrestre dû à l'augmentation des concentrations de dioxyde de carbone et d'autres gaz à l'état de traces dans l'atmosphère et qui devrait avoir des répercussions à long terme sur le changement climatique.

EFFETS BÉNÉFIQUES – Répercussions positives de la fluctuation des niveaux d'eau sur la société, l'économie, l'environnement ou les intérêts politiques.

EFFETS NÉFASTES – Répercussions négatives de la fluctuation des niveaux d'eau sur la société, l'économie, l'environnement ou les intérêts politiques.

EMBÂCLE – Accumulation de glace de rivière qui empêche l'écoulement normal de l'eau.

EMBOUCHURE SUBMERGÉE; ESTUAIRE – Endroit où l'eau des lacs et du fleuve se mélangent. Offre un habitat de choix aux poissons géniteurs, aux oiseaux nicheurs et aux oiseaux migrateurs, ainsi qu'à de nombreuses plantes rares ou spécialisées. Ces milieux humides sont habituellement caractérisés par des sols organiques profonds qui se sont accumulés par dépôt de limon provenant des bassins versants et sous l'effet de la protection contre les processus littoraux (p. ex. vagues, courants, seiche).

ÉNERGIE HYDROÉLECTRIQUE – Énergie électrique produite par l'eau en mouvement.

ENTENTE; ACCORD – Énoncé conjoint de deux ou plusieurs unités gouvernementales sur i) des buts et des objectifs qui devraient orienter la prise de décisions dans le bassin, ii) des processus décisionnels et iii) des pouvoirs d'intervention des gouvernements. Les ententes visent à régler un problème commun et servent à définir les limites et les contraintes relatives au choix des mesures.

ENVIRONNEMENT – Air, terre ou eau, végétaux et animaux, y compris l'être humain, et conditions sociales, économiques, culturelles, physiques, biologiques et autres qui peuvent agir sur un organisme ou une communauté et influencer son développement ou son existence.

ÉQUITABILITÉ – Évaluation de l'équité d'une mesure en regard de la distribution des effets positifs et négatifs sur les intérêts économiques, environnementaux, sociaux et politiques.

ÉROSION – Action exercée par les agents atmosphériques (pluie, ruissellement, vent, vagues, courant) et souvent amplifiée par les activités humaines, comme le déboisement à des fins agricoles, l'exploitation forestière, la construction de routes.

ÉROSION LITTORALE – Dégradation des côtes sous l'action conjuguée du vent, des vagues et du courant.

ÉROSION VERTICALE DU LIT LACUSTRE – Érosion progressive ou augmentation de la profondeur d'eau devant une propriété riveraine.

ESPÈCE EN VOIE DE DISPARITION – Espèce menacée d'extinction

ESPÈCE ÉTRANGÈRE. Voir ESPÈCE EXOTIQUE.

ESPÈCE EXOTIQUE; ESPÈCE ÉTRANGÈRE – Espèce non indigène présente dans une région donnée et qui résulte directement ou indirectement de l'activité humaine.

ESPÈCE PRIORITAIRE À DES FINS DE CONSERVATION – Espèce protégée par une loi fédérale, provinciale ou d'État.

ESPÈCES D'OISEAUX INFÉODÉES AUX MILIEUX HUMIDES – Oiseaux tributaires des milieux humides pour se reproduire (nidification et/ou alimentation).

ESTUAIRE – Voir EMBOUCHURE SUBMERGÉE.

ÉTAT STATIONNAIRE – Aucun changement dans le temps.

ÉTUDE DES IMPACTS PHYSIQUES – Étude visant à caractériser les effets de la fluctuation des niveaux d'eau sur l'utilisation des infrastructures et sur les contraintes exercées sur ces dernières.

ÉTUDE INTERNATIONALE SUR LE LAC ONTARIO ET LE FLEUVE SAINT-LAURENT – Étude parrainée par la CMI visant à examiner l'impact des fluctuations des niveaux et débits d'eau sur tous les utilisateurs et groupes d'intérêt et à déterminer s'il est possible de mieux régulariser les débits du lac Ontario.

ÉTUDE SOCIO-ÉCONOMIQUE – Enquête menée pour mesurer les caractéristiques de base d'une communauté donnée et permettant d'établir des statistiques.

EUTROPHE – Se dit d'un milieu aquatique caractérisé par une forte teneur en éléments nutritifs et par une productivité élevée résultant de phénomènes naturels ou attribuable à des sources agricoles, municipales ou industrielles; s'accompagne souvent de changements indésirables dans la composition des espèces.

ÉVALUATION – Application de données et de procédures analytiques assorties de critères pour porter un jugement sur le bien-fondé d'une mesure, d'une politique ou d'une institution. L'évaluation peut être faite dans le cadre d'études formelles ou par des intérêts distincts, bien que des données, procédures et critères différents puissent être utilisés dans l'évaluation par différents intérêts.

ÉVAPOTRANSPIRATION – Évaporation de l'eau contenue dans le sol et les masses d'eau et transpiration des plantes.

EXUTOIRE – Point de déversement d'une canalisation, d'un égout ou d'un cours d'eau dans un plan d'eau de surface.

FALAISE – Escarpement abrupt de hauteur variable, formé de dépôts morainiques et lacustres d'argile, de limon, de gravier et de blocs.

FIABILITÉ – Dans l'évaluation des plans, pourcentage du temps où un critère est satisfait (4848 quarts de mois sur 4848 = 100 %).

FLUCTUATION – Période d'élévation du niveau de l'eau suivie par une période d'abaissement. Les fluctuations sont saisonnières : les niveaux sont plus élevés de la fin du printemps jusqu'au milieu de l'été, et ils sont plus bas durant l'hiver. Elles se produisent au fil des ans et résultent de l'apport en eau et de la variabilité du climat. Elles peuvent également être brèves et résulter d'événements périodiques comme des orages, des ondes de tempête, des embâcles.

FLUVIAL – Relatif aux fleuves, aux rivières.

FLUVIATILE – Se dit d'un organisme qui vit et se reproduit dans un cours d'eau.

FONGIBILITÉ – Caractère d'un élément qui peut être échangé ou substitué. Dans la présente Étude, degré auquel les indicateurs de performance sont mesurés dans les mêmes unités et sont comparables.

FRASIL – Glace des cours d'eau ayant la consistance d'une bouillie et formée lorsque de petits cristaux de glace sont créés dans une eau très refroidie après une chute des températures de l'air sous le point de congélation. Ces cristaux de glace s'agglutinent et s'accumulent.

GABION – Module de treillis métallique rempli de blocs de pierre qui sert à consolider les berges et à les protéger contre l'érosion.

GAMME ÉTABLIE – Gamme de facteurs (dont les niveaux d'eau prévus) pris en considération au moment de prendre une décision en matière d'investissement.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE – Étude descriptive de la Terre et des phénomènes naturels qui la caractérisent (climat, surface, etc.)

GÉOMORPHOLOGIE – Étude de l'origine et de la distribution des formes du relief terrestre, en particulier de la nature des processus d'érosion.

GPS – Voir SYSTÈME DE POSITIONNEMENT GLOBAL.

GRUPE CONSULTATIF SUR L'INTÉRÊT PUBLIC (GCIP) – Groupe de bénévoles américains et canadiens dont le mandat est de garantir une communication efficace entre le public et le Groupe d'étude international sur le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent.

GRUPE DE FORMULATION ET D'ÉVALUATION DES PLANS (GFEP) – Dans le cadre de l'Étude, groupe chargé d'élaborer de nouveaux plans de régularisation des niveaux d'eau, d'établir des indicateurs de performance connexes et d'évaluer de nouveaux critères et plans opérationnels.

GRUPE DE TRAVAIL TECHNIQUE (GTT) – Équipe d'experts scientifiques et techniques mise sur pied par le Groupe d'étude international sur le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent dans le but d'étudier chacun des aspects suivants : les processus littoraux, la navigation commerciale, les besoins communs de données, l'environnement et les milieux humides, la modélisation hydrologique et hydraulique, les utilisations de l'eau, la production d'énergie hydroélectrique ainsi que la navigation de plaisance et le tourisme.

GRUPE DE TRAVAIL TECHNIQUE SUR L'ÉNERGIE HYDROÉLECTRIQUE – Groupe d'experts techniques mis sur pied par le Groupe d'étude pour évaluer les répercussions de différents plans de régularisation des eaux sur la production d'énergie électrique.

GRUPE DE TRAVAIL TECHNIQUE SUR L'ENVIRONNEMENT – Voir GROUPE DE TRAVAIL TECHNIQUE SUR L'ENVIRONNEMENT ET LES MILIEUX HUMIDES.

GRUPE DE TRAVAIL TECHNIQUE SUR L'ENVIRONNEMENT ET LES MILIEUX HUMIDES; GROUPE DE TRAVAIL TECHNIQUE SUR L'ENVIRONNEMENT – Groupe d'experts scientifiques et techniques mis sur pied par le Groupe d'étude pour étudier les effets de la fluctuation des niveaux d'eau sur les poissons, les oiseaux, les plantes et toute autre espèce sauvage du système du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent, en particulier les répercussions écologiques sur les milieux humides.

GRUPE DE TRAVAIL TECHNIQUE SUR LA GESTION DE L'INFORMATION – Groupe d'experts scientifiques et techniques mis sur pied par le Groupe d'étude pour recueillir et mettre à jour des données bathymétriques et altimétriques dans des secteurs critiques du système du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent et de partager cette information avec d'autres groupes de travail.

GROUPE DE TRAVAIL TECHNIQUE SUR LA MODÉLISATION HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE – Groupe d'experts scientifiques et techniques mis sur pied par le Groupe d'étude pour élaborer des modèles de prévision des niveaux d'eau et des débits dans le système du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent pour différents plans de régularisation et scénarios climatiques.

GROUPE DE TRAVAIL TECHNIQUE SUR LA NAVIGATION COMMERCIALE – Groupe d'experts scientifiques et techniques mis sur pied par le Groupe d'étude international sur le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent pour étudier les effets des niveaux d'eau sur le transport des marchandises, notamment sur l'utilisation de remorqueurs et de barges.

GROUPE DE TRAVAIL TECHNIQUE SUR LA NAVIGATION DE PLAISANCE ET LE TOURISME – Groupe d'experts techniques mis sur pied par le Groupe d'étude pour étudier l'incidence des niveaux d'eau sur les plaisanciers, les marinas et le tourisme de plaisance.

GROUPE DE TRAVAIL TECHNIQUE SUR LES PROCESSUS LITTORAUX – Groupe d'experts scientifiques et techniques mis sur pied par le Groupe d'étude international sur le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent pour étudier les effets des variations du niveau d'eau sur les propriétés riveraines, en particulier les phénomènes d'érosion et d'inondation.

GROUPE DE TRAVAIL TECHNIQUE SUR LES UTILISATIONS DE L'EAU – Groupe d'experts scientifiques et techniques mis sur pied par le Groupe d'étude pour étudier les effets des variations des niveaux d'eau sur les prises d'eau industrielles, municipales et privées et sur les installations de traitement.

GTT – Voir GROUPE DE TRAVAIL TECHNIQUE.

GUILDE D'OISEAUX – 1. Groupe d'oiseaux affichant des comportements de reproduction similaires.
2. Groupe d'oiseaux d'une seule espèce ou non qui dépendent des mêmes ressources environnementales.

GUILDE DE POISSONS – 1. Groupe de poissons ayant des comportements de reproduction similaires.
2. Groupe de poissons d'une seule espèce ou non qui dépendent des mêmes ressources environnementales.

HABITAT – Milieu dans lequel vit et se développe une espèce animale ou végétale.

HAUT SAINT-LAURENT – Voir COURS SUPÉRIEUR DU SAINT-LAURENT.

HÉTÉROGÉNÉITÉ DE L'HABITAT – Diversité des caractéristiques de l'environnement qui définissent une région abritant des formes de vie particulières nécessaires aux fonctions vitales.

HYDRAULIQUE – Étude des propriétés mécaniques des liquides, y compris la transmission de l'énergie et les effets de l'écoulement de l'eau.

HYDROLOGIE – Science qui étudie les propriétés de l'eau, sa distribution et sa circulation à la surface et sous la surface terrestre et dans l'atmosphère.

HYDROPÉRIODE – Période (et saisonnalité) au cours de laquelle le milieu humide est couvert d'eau.

IMAGERIE – Représentation d'objets par des procédés électroniques ou optiques qui permettent d'obtenir des images.

INCERTITUDE ET RISQUE – Évaluation d'une mesure proposée en fonction de l'imprévisibilité et de l'ampleur des conséquences éventuelles, de la détectabilité des conséquences prévues et imprévues, et de la capacité à annuler, adapter ou réorienter une mesure, tout dépendant des effets.

INDICATEUR DE PERFORMANCE – Mesure de la santé économique, sociale et environnementale. Aux fins de l'Étude, les indicateurs de performance servent à évaluer l'impact de différents niveaux d'eau dans le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent.

INDICE DE QUALITÉ DE L'HABITAT (IQH) – Poids relatif (habituellement entre 0 et 1) attribué à une caractéristique particulière de l'environnement ou à une combinaison de caractéristiques en fonction des exigences d'un biote donné.

INFILTRATION – Pénétration de l'eau dans le sol.

INFORMATION PUBLIQUE – Activités visant à renseigner le public. Exemples : communiqués et articles dans *Eaux courantes* (bulletin de l'Étude).

INONDATION – Submersion de terres basses par les eaux.

INSTITUTION – Organisation d'unités gouvernementales habilitées à prendre des décisions et/ou à faciliter la prise de décision touchant les niveaux d'eau.

INTÉGRITÉ DE L'ÉCOSYSTÈME – État d'un écosystème non altéré dans lequel les éléments constitutifs interagissent de façon intégrée, équilibrée et auto-organisatrice, sans élément ou groupe d'éléments qui vient briser cette interdépendance pour ainsi dominer cet ensemble.

INTÉGRITÉ ÉCOLOGIQUE – Maintien des processus biophysiques importants qui soutiennent les formes de vie végétale ou animale et qui doivent être préservés sans changement significatif. L'objectif est de préserver les systèmes essentiels à la vie, dont l'air, l'eau et le sol, en assurant la résilience, la diversité et la pureté des communautés naturelles (écosystèmes) dans l'environnement.

INTÉRÊT; GROUPE D'INTÉRÊT – Tout groupe identifiable, y compris des organismes gouvernementaux spécialisés, qui 1) estime que le bien-être de ses membres est influencée par la fluctuation des niveaux lacustres ou par les politiques et mesures mises en œuvre pour régir la fluctuation des niveaux d'eau et qui 2) est prêt à intervenir dans le processus décisionnel pour protéger le bien-être de ses membres.

INVESTISSEMENT – Dépenses faites en vue de faire des profits. La décision d'investir est fonction de l'information disponible et de la compréhension du système, des responsabilités gouvernementales et des risques.

IQH – Voir INDICE DE QUALITÉ DE L'HABITAT.

LIDAR – Système de télédétection semblable au radar dans lequel des impulsions lumineuses remplacent les micro-ondes.

LITTORAL – Qui se rapporte au rivage ou longe le rivage; qualifie tout particulièrement les courants, les dépôts et la dérive.

LIXIVIAT – Liquide contaminé résultant de la percolation de l'eau à travers les roches perméables et les couches de sol dans un site d'enfouissement.

MACROPHYTES SUBMERGÉS – Plantes qui poussent sous l'eau durant toute leur vie (ne comprennent pas les algues).

MARAI – Zone humide basse caractérisée par des eaux stagnantes peu profondes et une végétation dominée par les plantes herbacées et les quenouilles.

MARINA – Installation publique ou privée comportant un port de plaisance où peuvent accoster et s'amarrer des embarcations de plaisance. Les marinas offrent de nombreux services aux plaisanciers de passage.

- MESURE** – Intervention d'un ou plusieurs ordres de gouvernement pour régler le problème de la fluctuation des niveaux d'eau, y compris la décision de ne rien faire.
- MESURE NON STRUCTURELLE** – Mesure qui ne requiert pas la construction d'un ouvrage.
- MESURE STRUCTURELLE** – Mesure qui nécessite des travaux de construction. Comprend habituellement des ouvrages régulateurs et des ouvrages de protection des rives.
- MÉTADONNÉE** – Donnée (information) sur les caractéristiques d'une donnée, telles que sa propriété, son contenu, sa qualité (conditions, précision, etc.), la date de saisie, les restrictions d'accès aux utilisateurs.
- MÉTÉOROLOGIQUE** – Qui se rapporte à l'atmosphère ou aux phénomènes atmosphériques, au temps qu'il fait ou au climat.
- MÉTHODE DE FORMULATION DES PLANS** – Méthode d'évaluation multipartite et multi-objectifs utilisée pour évaluer les facteurs qui n'ont pas déjà été pris en compte afin de déterminer si un nouveau plan opérationnel donnerait de meilleurs résultats que le plan actuel.
- MGC** – Voir MODÈLE DE CIRCULATION GÉNÉRALE.
- MICROORGANISME** – Organisme de taille minuscule visible uniquement au microscope.
- MILIEU HUMIDE; ZONE HUMIDE** – 1) Terre (marais, marécage, tourbière) où la nappe phréatique se trouve près ou au-dessus de la surface du sol ou qui est saturée d'eau assez longtemps chaque année pour favoriser la formation de sols hydriques et la croissance d'hydrophytes aussi longtemps que les autres variables environnementales sont favorables. 2) Région caractérisée par un sol détrempé et une forte productivité biologique et qui fournit un important habitat à la sauvagine, aux amphibiens, aux reptiles et aux mammifères.
- MIRE** – Voir MODÈLE INTÉGRÉ DE LA RÉPONSE ÉCOLOGIQUE.
- MOBILISATION DU PUBLIC** – Activités visant à susciter la mobilisation du public et d'autres ressources spécialisées en faveur de l'Étude.
- MODÈLE** – Conceptualisation mentale, objet ou ensemble structuré d'énoncés mathématiques, statistiques et/ou empiriques.
- MODÈLE ALTIMÉTRIQUE NUMÉRIQUE (MAN)** – Image numérique des accidents géographiques qui se présente sous la forme d'une grille où chaque cellule de couleur représente une altitude moyenne, généralement mesurée à partir du niveau de la mer.
- MODÈLE COSMOS** – Nom d'un modèle numérique de prévision de l'érosion utilisé dans le cadre de l'Étude pour le lac Ontario et le cours supérieur du fleuve Saint-Laurent.
- MODÈLE DE CIRCULATION GÉNÉRALE (MCG)** – Représentation numérique tridimensionnelle de l'atmosphère et de ses constituants permettant de simuler le climat.
- MODÈLE DE LA VISION COMMUNE** – Outil décisionnel servant à élaborer une représentation collective (image ou vision) de l'avenir auquel un groupe aspire.
- MODÈLE DE VISUALISATION** – Présentation graphique reliée à un ou des systèmes d'information géographique ou d'information automatisés qui fait le lien entre les problèmes causés par la fluctuation des niveaux d'eau et les parties prenantes et leurs intérêts qui sont touchés par ces problèmes, et qui met l'accent sur les interactions ou les chevauchements.
- MODÈLE HYDRAULIQUE** – Reproduction à petite échelle du prototype utilisé dans des études de déversoirs, d'ouvrages régulateurs, de surfaces d'eau stables, de cours d'eau, etc.

- MODÈLE INFORMATIQUE** – Série d'équations et de termes mathématiques basés sur des lois physiques et des théories statistiques qui simulent des processus naturels.
- MODÈLE INTÉGRÉ DE LA RÉPONSE ÉCOLOGIQUE (MIRE)** – Établit le cadre pour l'évaluation, la comparaison et l'intégration des réponses pour les indicateurs de performance environnementale.
- MODÉLISATION HYDRAULIQUE** – Élaboration par des méthodes physiques ou mathématiques de modèles de simulation d'hydrosystèmes (niveaux d'eau, débits et vitesses d'écoulement).
- MODÉLISATION HYDROLOGIQUE** – Élaboration par des méthodes physiques ou mathématiques de modèles de simulation du cycle de l'eau et de ses effets sur un bassin versant.
- MODÉLISATION INFORMATIQUE** – Utilisation d'ordinateurs pour élaborer des modèles mathématiques de systèmes ou de processus complexes.
- NÉGOCIATION** – Processus par lequel deux ou plusieurs intérêts ou parties ayant des points de vue divergents cherchent à parvenir à un compromis ou à une entente au sujet de mesures ou de politiques, et ce, par une approche « volontaire » ou « non juridique ». Est souvent considérée comme faisant partie du processus de résolution extrajudiciaire des différends.
- NIVEAU D'EAU** - Hauteur de la surface de l'eau d'un lac ou à un endroit précis du fleuve. La hauteur est mesurée par rapport au niveau moyen de la mer. Plusieurs types de niveaux d'eau sont utilisés dans l'Étude. Dans le cas du lac Ontario, le niveau d'eau est présumé être le niveau de l'eau par temps calme, en l'absence de vent ou de vagues. Dans l'analyse de l'érosion et des crues, on tient compte de l'effet du vent. Le niveau d'eau moyen par quart de mois (une semaine environ) a été utilisé dans de nombreuses analyses faites dans le cadre de l'Étude.
- NIVEAU D'EAU MOYEN MENSUEL** – Voir NIVEAU D'EAU MOYEN.
- NIVEAU D'EAU MOYEN PAR QUART DE MOIS** – Niveau d'eau moyen enregistré pendant un quart de mois. Il y a sept ou huit jours dans un quart de mois, tout dépendant du nombre de jours dans le mois.
- NIVEAU D'EAU MOYEN; NIVEAU D'EAU MOYEN MENSUEL** – Moyenne arithmétique de toutes les observations passées (des niveaux ou débits d'eau) au cours d'une période donnée (par exemple un mois). Aux fins de l'Étude, la période d'enregistrement débute en janvier 1900.
- NIVEAU DE RÉFÉRENCE DES BASSES EAUX** – Niveau moyen des basses eaux dont il faut tenir compte lorsqu'on drague un port.
- OISEAUX COLONIAUX** – Oiseaux qui nichent en colonies, en groupes.
- ORTHOIMAGERIE NUMÉRIQUE** – Technique de cartographie assistée par ordinateur qui permet d'obtenir des représentations de détails topographiques élaborées à partir de clichés aériens et dans lesquelles les inexactitudes dues à l'inclinaison de l'axe de prise de vue et au relief et terrain ont été corrigées.
- ORTHOPHOTOGRAPHIE NUMÉRIQUE** – Image numérique reproduisant des détails topographiques, élaborée à partir de clichés aériens et dans laquelle les inexactitudes dues à l'inclinaison de l'axe de prise de vue et au relief du terrain ont été corrigées. Cette reproduction présente à la fois l'aspect d'une photographie et la qualité métrique d'une carte.
- OUVRAGES DE RÉGULARISATION.** Voir OUVRAGES RÉGULATEURS.
- OUVRAGES RÉGULATEURS; OUVRAGES DE RÉGULARISATION** – Ouvrages hydrauliques (amélioration du chenal, écluses, barrages, centrales) construits pour régulariser les débits et les niveaux d'un lac ou d'un système lacustre.
- OXIQUE** – Qui est exposé à l'oxygène.

- OZONATION** – Ajout d’ozone pour éliminer les problèmes de goût et d’odeur dans l’eau de certaines municipalités qui s’approvisionnement dans le cours inférieur du Saint-Laurent.
- PARTICIPATION DU PUBLIC** – Activités visant à offrir au public l’occasion de participer à une activité organisée dans le cadre de l’Étude pendant une période déterminée.
- PARTIE PRENANTE** – Particulier, groupe ou institution ayant un intérêt ou une préoccupation d’ordre économique, social ou environnemental, qui est touché par la fluctuation des niveaux d’eau ou par les mesures proposées à cet égard dans le bassin du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent.
- PÉRIODE DES VAGUES** – Laps de temps entre le passage de deux crêtes de vagues successives en un point fixe.
- PERTE ANTHROPIQUE D’HABITAT** – Perte d’habitat due aux activités humaines.
- PERTE NETTE NULLE** – Voir AUCUNE PERTE NULLE.
- PHOTOSYNTÈSE** – Chez les plantes vertes et certains microorganismes, processus au cours duquel les cellules convertissent l’énergie solaire en énergie chimique (glucose) qui peut être emmagasinée et utilisée.
- PLAGE** – Zone de matériau non consolidé comprise entre l’endroit de la berge correspondant au niveau moyen des basses eaux et, soit l’endroit où il y a des changements physiques, soit l’endroit où se situe la ligne de la végétation ou le niveau moyen des hautes eaux.
- PLAINE D’INONDATION** – Basses terres en bordure d’un cours d’eau (fleuve ou rivière) ou d’un plan d’eau (lac) qui sont sujettes aux inondations.
- PLAN 1958-D** – Plan utilisé par le Conseil international de contrôle du fleuve Saint-Laurent depuis avril 1963 pour fixer les débits du lac Ontario en fonction des critères établis par la CMI et liés aux intérêts particuliers touchant le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent.
- PLAN OPÉRATIONNEL** – Ensemble des procédures à suivre pour modifier les niveaux ou débits d’eau à une fin précise ou pour atteindre certains objectifs. L’exploitation des installations régulatrices des Grands Lacs incombe à leurs propriétaires et exploitants, sous la supervision de la CMI, et doit être conforme au Plan 1977 (lac Supérieur) et au Plan 1958 D (lac Ontario).
- PLANTES ÉMERGENTES** – Plantes aquatiques enracinées qui émergent partiellement de l’eau.
- POLITIQUE** – Position adoptée par un gouvernement sur une question qui devrait structurer et orienter la prise de décision.
- POSITION DES GROUPES D’INTÉRÊT** – Perceptions, opinions et préférences des groupes d’intérêt à l’égard de la fluctuation des niveaux d’eau, des répercussions de ces niveaux d’eau et de l’acceptabilité d’une mesure ou d’une politique. La position des groupes d’intérêt peut être exprimée directement ou être déduite à partir de leur appui ou opposition pendant le processus de prise de décision.
- RAMPE DE MISE À L’EAU** – Ouvrage en pente permettant de mettre à l’eau des petits bateaux de plaisance montés sur des remorques.
- RAPIDES** – Section d’un cours d’eau où le courant est rapide, très agité et tourbillonnant.
- RAVIN** – Tranchée profonde en forme de V façonnée par un nouveau cours d’eau ou par les eaux souterraines au cours des stades avancés de l’érosion du sol.
- RECU; RÉGRESSION** – Déplacement de la ligne de rivage vers l’intérieur des terres sous l’action de l’érosion.

RÈGLEMENTATION – Restriction de l'utilisation des terres et des ressources hydriques, conformément aux règles établies.

RÉGRESSION – Voir RECUL.

RÉGULARISATION; RÉGULATION – Modifications artificielles des niveaux ou débits des lacs à des fins précises ou pour atteindre certains objectifs.

RÉGULATION – Voir RÉGULARISATION.

RELÈVEMENT ISOSTATIQUE – Soulèvement ou remontée de la croûte terrestre dans des zones continentales où la croûte s'est enfoncée sous le poids des glaciers durant la dernière glaciation.

RÉSERVOIR – Endroit où l'eau est stockée en vue d'une utilisation future, par exemple pour alimenter une fontaine, un canal ou une ville au moyen d'aqueducs ou pour activer une roue de moulin, etc.

RÉSILIENCE – 1) Capacité de récupérer après un événement imprévu parce que les coûts n'ont pas été grandement affectés par la fluctuation des niveaux d'eau, qu'une autre source de revenu a permis d'absorber les coûts ou que le groupe d'intérêt a fait des efforts. 2) Dans l'évaluation des plans, temps moyen nécessaire pour se conformer de nouveau à une règle. Correspond au rapport entre le nombre total de quarts de mois de non-conformité et le nombre de cas de non-conformité.

RÉSOLUTION EXTRAJUDICIAIRE DES DIFFÉRENDS (RED) – Processus visant à parvenir à une entente consensuelle afin de régler ou d'atténuer un différend entre divers groupes d'intérêt et qui peut influencer l'issue des décisions ou des mesures concernant les niveaux d'eau. Il est caractérisé comme suit : 1) participation des groupes d'intérêt à l'établissement et à l'évaluation de méthodes substitutives et des compromis entre celles-ci et 2) choix des enjeux en fonction du bien-fondé et non de l'accès des groupes d'intérêt au processus décisionnel. Le dialogue et la négociation sont des types de résolution extrajudiciaire des différends.

REVÊTEMENT – Couverture naturelle (p. ex. gazon, plantes aquatiques) ou artificielle (p. ex. béton, pierre, asphalte, terre, sac de sable) utilisée pour protéger une digue (ouvrage surélevé fait de terre, de roche ou d'un autre matériau) ou toute autre structure (p. ex. une falaise) contre l'érosion.

RIVAGE – Zone terrestre qui borde une étendue d'eau.

RIVERAIN – 1) Se dit de tout ce qui se trouve le long d'un cours d'eau ou d'une étendue d'eau.
2) Personne qui habite le long d'un cours d'eau ou d'une étendue d'eau.

RUISSELLEMENT – Quantité de précipitation tombée sur la terre ferme qui s'écoule dans les cours d'eau et les lacs.

SAUVAGINE – Oiseaux qui dépendent des milieux humides pour se nourrir, s'abriter et se reproduire.

SEUIL – Obstacle sous l'eau placé pour réduire l'écoulement dans un chenal.

SHOALS (*SCANNING HYDROGRAPHIC OPERATIONAL AIRBORNE LIDAR SYSTEM*) – Système LIDAR utilisant un laser vert pour détecter les fonds marins et un laser à infrarouge pour détecter la surface de l'eau et permettant d'obtenir ainsi des données bathymétriques et topographiques.

SIG – Voir SYSTÈME D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE.

SPCE – Voir SYSTÈME DE PRÉVISION DES CRUES ET DE L'ÉROSION.

SPP – Voir SUPERFICIE PROPICE PONDÉRÉE.

- STATION HYDROLOGIQUE NORMALISÉE (SHN)** – Station limnimétrique exploitée par un organisme gouvernemental où la profondeur d'eau mesurée à des emplacements précis est comparée aux données du Système de référence international des Grands Lacs de 1985.
- STRATÉGIE** – Cadre conceptuel général qui oriente la prise de mesures en fonction d'un but déterminé et de moyens précis d'atteindre l'objectif visé.
- SUPERFICIE PROPICE PONDÉRÉE (SPP)** – Superficie totale des zones d'une région qui ont été pondérées en fonction de la qualité de l'habitat
- SYSTÈME D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE (SIG)** – Système d'information permettant de stocker et de manipuler (trier, sélectionner, extraire, calculer, analyser, modéliser) des données géospatiales.
- SYSTÈME DE GOUVERNANCE** – Mosaique complexe et dynamique des entités gouvernementales et non gouvernementales qui sont habilitées à gérer les ressources du bassin ou à influencer leur gestion.
- SYSTÈME DE POSITIONNEMENT GLOBAL (GPS)** – Système de navigation basé sur la transmission de signaux à partir de satellites; il permet aux utilisateurs de connaître leur position exacte en tout temps, quel que soit l'endroit où ils se trouvent.
- SYSTÈME DE PRÉVISION DES CRUES ET DE L'ÉROSION (SPCE)** – Ensemble de modèles numériques, dont COSMOS, qui compilent et évaluent les données sur le littoral pour déterminer les dommages causés par les crues et l'érosion.
- TERRAIN À RISQUE** – Terrain vulnérable aux inondations, à l'érosion ou à l'action des vagues.
- TOPOGRAPHIE** – Représentation cartographique des formes de relief d'une région avec indication de leur emplacement et leur altitude.
- TRAITÉ DES EAUX LIMITOPHES DE 1909** – Accord ratifié en 1909 par le Canada et les États-Unis qui définit les principes et les mécanismes nécessaires à la prévention et la résolution des différends concernant les eaux limitrophes et en vertu duquel la Commission mixte internationale a été créée.
- TRONÇON** – Section du rivage caractérisée par des formes de relief uniformes et soumise à la même dynamique des vagues.
- TRONÇON INTERNATIONAL** – Portion du fleuve Saint-Laurent entre le lac Ontario et le barrage Moses-Saunders.
- TROPHIQUE** – Qui concerne la nutrition.
- URBANISATION** – Conversion de la vocation rurale ou agricole d'une terre en vocation urbaine sous l'effet du développement.
- VAGUE** – Mouvement oscillatoire de l'eau pendant lequel la masse d'eau se soulève et s'abaisse.
- VARIATION HEBDOMADAIRE (« PONDING »)** – Augmentation et diminution du débit quotidien par rapport au débit moyen hebdomadaire (par exemple, le débit moyen est plus élevé les jours de semaine et moins élevé la fin de semaine), en raison surtout des opérations régulatrices associées à la production d'hydroélectricité.
- VARIATION QUOTIDIENNE (« PEAKING »)** – Augmentation et diminution du débit d'eau horaire par rapport au débit moyen quotidien (par exemple, le débit est plus élevé le jour que le soir ou la nuit), en raison surtout des opérations de régularisation au cours desquelles de l'eau est stockée durant les périodes de faible demande afin d'accroître la production d'énergie hydroélectrique durant les périodes de pointe.

VOIE INTERLACUSTRE – Voie d'eau naturelle ou artificielle assez vaste, qui contient de l'eau en permanence ou de façon périodique, ou qui relie deux étendues d'eau. La rivière Détroit, le lac Sainte-Claire et la rivière Sainte-Claire relient les lacs Huron et Érié, alors que la rivière St. Marys relie les lacs Supérieur et Huron.

VOLONTÉ DE PAYER – Somme d'argent maximale que les consommateurs sont prêts à payer pour acheter des biens ou des services.

VULNÉRABILITÉ – Valeur moyenne du dépassement d'un critère en vertu d'un plan. Si, au cours de deux quarts de mois, le dépassement est de 10 cm (3,9 po) et 20 cm (7,89 po), la vulnérabilité est de 15 cm (5,9 po).

VUSILIENCE – Produit de la vulnérabilité et de la résilience.

ZÉRO DES CARTES – Niveau d'eau utilisé pour calculer les hauteurs et profondeurs d'eau portées sur les cartes marines et servant de niveau de référence pour le dragage des ports et des canaux.

ZONE D'INTÉRÊT NATUREL ET SCIENTIFIQUE (ZINS) – Étendue de terre et d'eau qui, en raison des paysages ou des éléments naturels qu'elle renferme, est considérée importante sur les plans biologique ou géoscientifique et doit faire l'objet de mesures de protection, d'études scientifiques ou d'activités de sensibilisation.

ZONE HUMIDE – Voir MILIEU HUMIDE.

ZONE LITTORALE – Zone comprise entre la limite extérieure soumise à l'action des vagues déferlantes et l'endroit où les matériaux ou le relief changent brusquement, ou bien l'endroit où se situe la ligne de végétation permanente (habituellement la limite des vagues de tempête) ou la limite supérieure des vagues ou encore le niveau moyen des hautes eaux.

ZONE TAMPON – Bande de terre minimale requise entre une structure et un rivage soumis à l'érosion avant que des mesures de protection des rives ne soient prises.

