

Groupe de travail international
de la baie Missisquoi

Rapport final présenté à
la Commission mixte internationale



Le 20 octobre 2004

**Groupe de travail international
de la baie Missisquoi**

**Rapport final présenté à
la Commission mixte internationale**

Membres du Groupe de travail

Gerald C. Potamis (coprésident)
U.S. Environmental Protection Agency
Region 1, Boston (Massachusetts)

Madeleine Papineau (coprésidente)
Environnement Canada
Direction de la conservation de l'environnement, Québec (Québec)

Eric Smeltzer
Vermont Agency of Natural Resources
Water Quality Division, Waterbury (Vermont)

Martin Mimeault
Ministère de l'Environnement du Québec
Direction régionale de l'analyse et de l'expertise de l'Estrie et de la Montérégie
Longueuil (Québec)

Agents de liaison entre la CMI et le Groupe de travail

Rudy Koop, CMI, Section canadienne, Ottawa
James Chandler, CMI, Section américaine, Washington

Sommaire

Le 15 juin 2004, la Commission mixte internationale (CMI) a constitué le Groupe de travail international de la baie Missisquoi. Le Groupe de travail qui est composé de deux membres des États-Unis et de deux membres du Canada, a reçu le mandat d'examiner les répercussions transfrontalières du pont de la baie Missisquoi et de communiquer ses conclusions à la CMI.

Le Groupe de travail a passé en revue l'information disponible. Il a procédé à un examen scientifique et technique de la modélisation hydrodynamique effectuée antérieurement pour le compte de l'État du Vermont. Avec des commissaires de la CMI, il a également participé à des séances publiques d'information au Québec et au Vermont pour connaître les préoccupations de la population. Il a constaté que le projet de construction d'un nouveau pont jouit d'un appui général.

Le Groupe de travail a conclu que le pont-jetée n'agissait pas comme un barrage, mais plutôt comme un obstacle modifiant les débits d'eau et les patrons de circulation dans la zone près de l'ouvrage.

Les concentrations de phosphore sont très élevées dans la baie Missisquoi. Au cours des cinq dernières années (1999-2003), elles se sont établies en moyenne à 0,045 mg/l dans la baie et à 0,018 mg/l dans le bras Nord-Est du lac Champlain. À titre de comparaison, le critère de qualité de l'eau des gouvernements du Québec et des États du Vermont et de New York pour ce qui est des concentrations de phosphore est de 0,025 mg/l dans la baie Missisquoi et de 0,014 mg/l dans le bras Nord-Est. Le Groupe de travail a conclu que la présence du pont-jetée modifiait la répartition du phosphore sur quelques kilomètres, surtout dans la partie américaine de la baie. La modélisation a montré que la présence du pont-jetée entraînait une augmentation de 1 % des concentrations de phosphore et des sédiments du côté de la baie Missisquoi. La destruction du pont-jetée entraînerait une redistribution du phosphore, mais non son élimination du système. Pour ce faire, il faut réduire les apports de phosphore dans la baie. La présence du pont-jetée entraîne une pollution très faible mais définie au Canada et aux États-Unis, mais elle n'est pas la cause principale des graves problèmes de santé et de qualité de l'eau (liés aux cyanobactéries ou algues bleu vert) dans la région.

Le Groupe de travail soumet les recommandations suivantes à l'examen des commissaires de la CMI : 1) se fier aux conclusions scientifiques, 2) appuyer la mise en œuvre de mesures planifiées et en cours visant à réduire les charges de phosphore dans la baie qui proviennent du bassin versant, 3) tenir compte des autres questions d'intérêt public dans l'élaboration de ses recommandations concernant le projet aux gouvernements, 4) promouvoir la recherche dans les domaines où des lacunes ont été constatées – la biologie des tortues, la relation entre la prolifération des cyanobactéries et les concentrations de phosphore et l'impact de l'enlèvement de plusieurs jetées.

Section 1 Contexte

Création du Groupe de travail et mandat initial

La Commission mixte internationale (CMI) est un organisme canado-américain constitué en vertu du Traité des eaux limitrophes de 1909. Elle aide les gouvernements à gérer les eaux limitrophes dans l'intérêt des deux pays, notamment en examinant les questions qui lui sont soumises par les deux instances fédérales.

Le 15 juin 2004, la CMI a constitué le Groupe de travail international de la baie Missisquoi. Le Groupe de travail, qui est composé de deux membres des États-Unis et de deux membres du Canada, a reçu le mandat d'étudier les répercussions transfrontalières du pont-jetée de la baie de Missisquoi et de communiquer ses conclusions à la CMI. Le pont-jetée est entièrement situé au Vermont et traverse les eaux reliant la baie Missisquoi et le lac Champlain.

Dans des lettres datées respectivement du 7 mai 2004 et du 11 mai 2004, les gouvernements fédéraux du Canada et des États-Unis ont demandé à la CMI d'examiner le projet du Vermont de moderniser le pont de la baie Missisquoi qui consiste notamment à enlever en partie la jetée existante, et d'indiquer si ces travaux sont conformes aux dispositions du Traité des eaux limitrophes de 1909 ou s'ils sont susceptibles d'entraîner une pollution qui nuit à la santé humaine ou aux biens au Canada ou aux États-Unis. Les résidents de la région ont exprimé de vives inquiétudes à l'égard de la dégradation de la qualité de l'eau et des effets sur la santé dans les deux pays.

Les gouvernements ont déposé leur demande en vertu de l'article IX du Traité des eaux limitrophes. La CMI et les gouvernements peuvent engager des discussions pour préciser les points à étudier, mais l'examen devrait porter au moins sur ce qui suit :

1. La jetée d'origine aux États-Unis modifie-t-elle les niveaux et débits d'eau au Canada?
2. La jetée d'origine aux États-Unis entraîne-t-elle une pollution qui nuit à la santé ou aux biens au Canada?
3. L'enlèvement de la jetée d'origine aux États-Unis pourrait-il entraîner une pollution qui nuit à la santé ou aux biens aux États-Unis?
4. Les travaux proposés aux États-Unis entraîneront-ils une pollution qui nuit à la santé ou aux biens au Canada?

Les membres du Groupe de travail ont agi à titre personnel et professionnel et non à titre de représentants de leurs pays, organismes, organisations ou autres associations. Les coprésidents ont été responsables de l'organisation et de l'exécution des tâches au sein du Groupe de travail, de même que de la coordination avec la CMI et de la présentation de rapports à cette dernière. Le Groupe de travail a coordonné l'examen des questions présentées par les gouvernements avec les organisations des deux pays afin d'avoir accès à

toute l'information existante. Il a évalué et analysé cette information et a transmis à la CMI tout autre renseignement pertinent.

La CMI et le Groupe de travail ont convenu de l'importance d'informer et de consulter le public. Le Groupe de travail a coordonné ces deux volets avec la CMI, le cas échéant.

La CMI a demandé au Groupe de travail de présenter son rapport au début de l'automne 2004. Le rapport final devait renfermer les observations et les conclusions du Groupe de travail sur les questions soumises par les gouvernements, observations et conclusions qui seraient fondées sur l'information disponible et sur les commentaires de la population. La CMI tiendra des audiences publiques sur ces questions au Québec et au Vermont pour que toutes les parties intéressées aient l'occasion de formuler leurs commentaires au sujet du projet.

Plan de travail

Les membres du Groupe de travail et les commissaires de la CMI se sont réunis les 14 et 15 juin 2004 pour discuter du plan de travail. Ils ont convenu que les travaux scientifiques déjà réalisés fournissaient des informations utiles pour répondre aux quatre questions mentionnées plus haut. Dans une étude en deux étapes menée pour le compte du Vermont en 1997, Applied Science Associates, Inc. (ASA) a utilisé un modèle hydrodynamique et de la qualité de l'eau pour déterminer les conséquences de l'enlèvement du pont-jetée sur la baie Missisquoi. Cette étude fait partie de l'information technique que la Vermont Agency of Natural Resources (VANR) a utilisée pour délivrer les permis relatifs au projet de reconstruction du pont qui limitaient la section de la jetée pouvant être enlevée à un tronçon de 100 mètres (330 pieds). Le Groupe de travail a jugé qu'une partie essentielle de ses travaux viserait à déterminer si ces conclusions étaient valides et confirmées par l'analyse ou si des rectifications et des informations additionnelles étaient nécessaires.

Les membres du Groupe de travail ont par la suite identifié des experts scientifiques et techniques pour réviser les études hydrodynamiques antérieures. Environnement Canada et l'U.S. Environmental Protection Agency (EPA) ont désigné chacun trois experts ou groupes d'experts. On a demandé aux experts d'Environnement Québec de formuler de nouveaux commentaires ou de revoir les avis déjà émis en ce qui concerne les études de modélisation. Étant donné que les études ont été réalisées pour le compte du Vermont et qu'elles avaient été évaluées par la VANR en collaboration avec un comité consultatif de projet, le membre vermontois du Groupe de travail n'a pas participé au choix d'autres experts, pour que l'évaluation ouvre de nouvelles perspectives techniques.

Les questions suivantes ont été soumises aux experts :

1. Les modèles hydrodynamique et de la qualité de l'eau permettent-ils de déterminer les effets de l'enlèvement du pont-jetée sur les débits et les niveaux d'eau (circulation) et sur la qualité de l'eau?
2. Les résultats et les recommandations sont-ils valables?

3. Possède-t-on suffisamment d'information technique pour nous aider à prendre une décision de cette importance? Si non, de quelles informations a-t-on principalement besoin?

La demande était accompagnée de trois rapports clés :

- Applied Science Associates, 1997, *Hydrodynamic modeling of Missisquoi Bay in Lake Champlain*¹.
- Applied Science Associates, 1997, *Missisquoi Bay field study and hydrodynamic model verification*².
- Vermont Agency of Natural Resources, 16 juillet 2003. *Water Quality Effects of the Missisquoi Bay Bridge. A summary of research findings as the basis for the Agency's position on causeway removal and water quality*³.

Le Groupe de travail a convenu de tenir des séances publiques d'information avec la CMI au Québec et au Vermont les 25 et 26 août respectivement. Ces réunions d'information visaient à expliquer à la population les travaux menés par la CMI et le Groupe de travail pour évaluer les effets du pont-jetée de la baie Missisquoi sur la qualité de l'eau transfrontalière et pour connaître les préoccupations de la population.

Description de la baie Missisquoi

Cette baie peu profonde est située à l'extrémité nord-est du lac Champlain, de part et d'autre de la frontière qui sépare l'État du Vermont aux États-Unis et la province du Québec au Canada. La baie couvre environ 77,5 km² (19 150 acres) et sa profondeur maximale est d'environ 4 m (14 pi). Les principaux tributaires drainant le bassin versant de 3 105 km² (767 246 acres) sont les rivières Missisquoi, aux Brochets et de La Roche.

Le bassin versant de la baie Missisquoi se trouve en partie au Québec (42 %) et en partie au Vermont (58 %). Le territoire se répartit comme suit : 62 % forestier, 25 % agricole et 5 % urbain. La description détaillée de l'utilisation des sols du bassin versant est fournie dans l'annexe 1.

La baie Missisquoi est un important centre de villégiature dans la région. La qualité de l'eau revêt une grande importance pour beaucoup de gens; l'approvisionnement en eau potable des municipalités de Bedford et de Saint-Armand (secteur Philipsburg), et les activités économiques reliées aux secteurs agricole, récréatif et touristique en dépendent.

La qualité de l'eau de la baie s'est dégradée au fil du temps. Les habitants de la région ont constaté une détérioration du fond de la baie, des changements dans la répartition des sédiments et une croissance des plantes aquatiques. Le fond de la baie, qui était constitué principalement de sable, de quelques végétaux et de plages sablonneuses, est maintenant recouvert de vase et de matières organiques, et la végétation prolifère dans de nombreux secteurs. Plusieurs zones de galets en eau peu profonde qui servaient d'habitat aux poissons (doré jaune) ont disparu.

L'accroissement des charges de nutriments et de sédiments en provenance des rivières et du ruissellement de surface est une cause possible de cette dégradation. La baie Missisquoi et le bras Nord-Est du lac Champlain figurent tous les deux sur la liste des eaux altérées du Vermont (pour les usages de la baignade, des loisirs et de l'approvisionnement en eau). Les polluants préoccupants dans la baie sont le phosphore et le mercure. Selon les données de suivi de la qualité de l'eau qui ont été recueillies dans le cadre du Programme de mise en valeur du lac Champlain, les concentrations moyennes de phosphore au cours des cinq dernières années (1999-2003) se sont établies à 0,045 mg/l dans la baie Missisquoi et à 0,018 mg/l dans le bras Nord-Est du lac. À titre de comparaison, les critères de qualité de l'eau endossés par les gouvernements du Québec et les États du Vermont et de New York pour les concentrations de phosphore est de 0,025 mg/l dans la baie Missisquoi et de 0,014 mg/l dans le bras Nord-Est.

Il a été constaté que le bassin versant de la baie Missisquoi constitue la principale source de phosphore vers le lac, comparativement aux autres parties du lac. On estime que plus de 90 % de la charge de phosphore de la baie Missisquoi provient de sources diffuses. Environ 25 % du bassin versant est utilisé à des fins agricoles; pourtant, 79 % du phosphore de sources diffuses provient des sols agricoles. L'annexe 1 renferme les estimations des charges de phosphore de sources diffuses, qui ont été faites par Hegman *et al.* (1999) pour chaque catégorie d'utilisation des sols au Québec et au Vermont. Le débit et la charge de phosphore associés des tributaires pour l'année de référence (1991) sont également fournis à l'annexe 1.

Le phosphore qui entre dans la baie Missisquoi par ses tributaires et celui dans les sédiments de fond favorisent la prolifération des cyanobactéries et des plantes vasculaires aquatiques. La situation était suffisamment grave pour que la Régie régionale de la santé et des services sociaux du Québec interdise la baignade sur les plages publiques de la région au cours des étés 2001 à 2004 et recommande d'éviter tout contact direct avec l'eau de la baie. Au cours des dernières années, le Vermont Department of Health a également émis à l'occasion des avis demandant à la population de ne pas se baigner. De plus, les plantes vasculaires aquatiques forment des herbiers denses qui limitent considérablement les activités aquatiques dans la baie (baignade, navigation de plaisance, planche à voile, etc.).

Le pont-jetée de 1937

Le pont de la route 78 entre Swanton et Alburg se trouve à l'extrémité sud de la baie, à 5 km (3 milles) au sud de la frontière canadienne; il enjambe les eaux qui relient le lac Champlain (bras Nord-Est) et la baie Missisquoi. Long de près de 1,5 km (0,93 mi), l'ouvrage est composé de deux jetées qui mesurent respectivement 500 m (1 600 pi) et 650 m (2 100 pi), qui partent de chaque rive, et du pont proprement dit d'une longueur de 170 m (558 pi). Il a été construit en 1937 et, en 1997, 4 170 véhicules le traversaient en moyenne chaque jour.

On ne possède malheureusement que peu de données sur l'état de la baie Missisquoi avant la construction du pont-jetée. Il n'y a donc pas de façon, mise à part la modélisation, de

déterminer les effets indésirables possibles de la construction et de la présence de la jetée sur la baie.

Toutefois depuis longtemps, la population estime que le pont-jetée est une des causes possibles de la dégradation de la baie Missisquoi ainsi que du déclin de l'économie et du tourisme, tant au Québec qu'au Vermont. Beaucoup de résidents pensent que le pont-jetée fait obstacle à la circulation de l'eau à tel point qu'il serait responsable des changements observés (voir la section 2).

Le pont mobile actuel, la chaussée et la jetée se sont détériorés au fil du temps. La travée mobile n'est pas opérationnelle, le tablier du pont est étroit et faible et il n'y a pas d'accotement. Le pont offre uniquement un dégagement de 4,0 m (13 pi) au-dessus du niveau normal des hautes eaux. Selon la Garde côtière américaine, la travée mobile inutilisable met en danger, gêne indûment et rend hasardeuse la libre circulation des bateaux entre la baie Missisquoi et le bras Nord-Est du lac Champlain.

La jetée constitue un habitat rocheux pour les poissons. Elle offre un habitat à la tortue-molle à épines (*Apalone spinifera*), qui figure dans la liste des espèces menacées du Vermont et qui est également protégée par la *Loi sur les espèces menacées ou vulnérables* du Québec. Selon les estimations, il y aurait 124 individus dans la région. La jetée pourrait contribuer aux bonnes conditions environnementales (vitesse du courant, concentration d'oxygène dissous) qui ont créé un gîte d'hibernation pour les tortues. La jetée et la zone environnante servent aussi d'habitat à la tortue géographique, à l'anodonte commune (*Pyganodon grandis*), à la leptodée fragile (*Leptodea fragilis*) et au fend-talon rose (*Potamilus alatus*).

Projet du nouveau pont sur la baie Missisquoi

La Vermont Agency of Transportation (VAOT) construit un nouveau pont à travée fixe sur piliers qui suit un nouveau tracé au-dessus du lac Champlain, sur la route 78, entre Alburg et Swanton au Vermont. Ce pont sera situé directement au sud (17 m ou 55 pi) du pont-jetée actuel. Le projet comprend l'enlèvement de l'ancien pont mobile (tablier et 6 piliers), des deux culées et d'un tronçon de 100 m (330 pi) du pont-jetée à l'extrémité est (Swanton), côté lac. L'enlèvement des piliers actuels et du tronçon de 100 m (330 pi) du pont-jetée devrait contribuer à restaurer environ 5 890 m² (63 406 pi²) d'habitat benthique.

Le nouveau pont aura une longueur de 1 092 m (3 584 pi), une largeur de 14 m (46 pi) et une hauteur de 10,7 m (35 pi). Deux voies d'accès, d'une longueur d'environ 100 m (330 pi) chacune, seront construites sur du remblai compact dans le lac et seront raccordées à la paroi de la jetée actuelle. Le pont sera soutenu par des culées en béton à ses deux extrémités et par 22 piliers. Les piliers et les voies d'accès couvriront une superficie d'environ 7 561 m² (81 386 pi²) au fond du lac.

En 2004, première année des travaux, on devrait mettre en place le fût des 22 piliers et construire une partie des piliers. Des travaux seront également entrepris sur les voies d'accès routières au nouveau pont. La fin des travaux est prévue pour 2005.

Selon les permis délivrés par la VANR, la majeure partie du pont-jetée actuel doit être préservée après la construction du nouveau pont, car il fournit un habitat à la tortue-molle à épines. Pour protéger les tortues menacées, et étant donné que la modélisation hydrodynamique et de la qualité de l'eau révèle que l'enlèvement du pont-jetée n'aurait que des effets positifs négligeables sur la qualité de l'eau, le Vermont autorise la destruction de la jetée sur les deux culées de l'ancien pont et sur un tronçon de 100 m (330 pi) situé à l'extrémité est (Swanton), côté lac. Le Vermont Department of Fish and Wildlife a établi que l'enlèvement d'une partie plus grande du pont-jetée aurait des répercussions inadmissibles sur les espèces protégées.

Une étude d'impact sur la tortue-molle à épines et certains mollusques sera réalisée après la construction du nouveau pont et l'enlèvement d'une partie de la jetée. Le projet comprend la construction d'un habitat permanent d'exposition au soleil pour les tortues (minimum de 54 m² ou de 576 pi²).

La VAOT (D. Scott, 11 octobre 2004) a fourni au Groupe de travail une estimation du coût de l'enlèvement total de la jetée. D'après les soumissions reçues pour l'enlèvement partiel de la jetée dans le cadre de la construction du nouveau pont, la VAOT a estimé que l'enlèvement total de la jetée coûterait 1 305 \$US le mètre, plus 20 % pour les coûts d'installation du chantier, de conception et des éventualités. Selon cette estimation, le coût de l'enlèvement d'un tronçon additionnel de 900 m (2 953 pi), qui ne fait pas partie du projet actuel, s'élèverait à 1 409 400 \$US. La VAOT a également mentionné que certains facteurs pourraient faire grimper la facture au-delà de cette estimation. Les soumissions reçues supposaient que l'enlèvement de la jetée serait intégré au projet global de construction du nouveau pont; l'enlèvement du reste de la jetée après la construction du nouveau pont n'intéresserait peut-être pas autant les entrepreneurs éventuels. En outre, les difficultés inhérentes à l'élimination d'un volume aussi important de matériau de remblai pourraient occasionner des coûts supplémentaires.

Études hydrodynamiques relatives à la présence du pont-jetée

Diverses études ont été menées pour répondre à l'intérêt public suscité par l'enlèvement possible du pont-jetée actuel dans le cadre du projet de reconstruction du pont de la baie Missisquoi. La Water Quality Division de la VANR a d'abord effectué une modélisation du bilan massique du phosphore dans la baie Missisquoi pour conseiller la VAOT et informer le grand public. Des consultants scientifiques indépendants du gouvernement de l'État ont par la suite élaboré un véritable modèle hydrodynamique qui simulait directement les courants après l'enlèvement du pont-jetée, de même que le taux de sédimentation et les concentrations de phosphore dans la baie. Les paragraphes qui suivent résument les résultats de ces études.

En 1993 et 1994, la VANR a effectué une analyse de la modélisation du bilan massique du phosphore dans la baie Missisquoi pour simuler les effets du mélange accru des eaux associé à la démolition du pont-jetée. Les résultats indiquent que cette dernière entraînerait une baisse de 8 % des concentrations totales moyennes de phosphore dans la baie

Missisquoi (de 0,035 à 0,032 mg/l), et une hausse correspondante des concentrations de phosphore (de 0,014 à 0,015 mg/l) dans le bras Nord-Est du lac, au sud. Étant donné que l'amélioration de la qualité de l'eau dans la baie Missisquoi serait annulée par la dégradation observée dans le bras Nord-Est, sans avantage net pour le lac Champlain dans son ensemble en ce qui a trait à l'élimination du phosphore, et compte tenu du faible rapport coûts-avantages, les auteurs de l'étude ont conclu que la démolition du pont-jetée n'était pas justifiée en considérant uniquement la qualité de l'eau.

La population a fortement demandé qu'une autre étude soit menée par un consultant scientifique indépendant de l'État et qu'il élabore un modèle hydrodynamique pour simuler les courants dans la baie après l'enlèvement du pont-jetée ainsi que le taux de sédimentation et les concentrations de phosphore. Un comité consultatif pour le projet réunissant des scientifiques, des élus locaux et des citoyens intéressés du Vermont et du Québec a été créé pour mieux faire accepter les conclusions de l'étude de modélisation hydrodynamique par la population.

Les résultats de la première phase de la modélisation hydrodynamique par Applied Science Associates Inc. (ASA), en 1997, ont révélé que le pont-jetée ne limite pas l'écoulement de l'eau entre la baie et le bras Nord-Est du lac. L'eau ne s'accumulait pas derrière le pont-jetée comme elle l'aurait fait derrière un barrage. Même si la circulation de l'eau variait de façon très appréciable selon les scénarios (variation de la vitesse et de la direction des vents ainsi que du débit des rivières), les différences entre les scénarios avec et sans pont-jetée étaient très faibles. De plus, l'analyse des variations de vitesse a révélé que les différences entre les scénarios avec et sans pont-jetée étaient limitées à une bande étroite d'une largeur d'environ 200 m (656 pi) au sud et au nord du pont-jetée. En général, les vitesses seraient moindres dans le secteur du pont-jetée s'il était détruit parce que la section transversale serait plus large.

Dans la plupart des cas modélisés, on a constaté une légère amélioration du taux de renouvellement de l'eau et de la sédimentation dans la baie après l'enlèvement du pont-jetée. Les différences, lorsqu'elles survenaient, étaient généralement limitées au secteur situé dans les environs du pont-jetée (de l'île North Hero à la baie Chapman). Les réductions de phosphore et de sédiments dans la baie étaient contrebalancées par des augmentations dans le bras Nord-Est, mais ces dernières étaient plus dispersées. Les différences entre les scénarios avec et sans pont-jetée ont été beaucoup moins grandes que celles dues à la variation de facteurs environnementaux, comme la vitesse et la direction des vents.

Description du modèle

L'étude englobait quatre aspects : modélisation hydrodynamique, taux de renouvellement, transport des sédiments en suspension et concentrations de phosphore. Les simulations ont été effectuées au moyen d'un système tridimensionnel de coordonnées curvilignes généralisées aux limites de modèles hydrodynamiques et d'un modèle de transfert de masse. La modélisation a d'abord permis de simuler les conditions hydrodynamiques (courants) dans la baie et d'analyser les régimes de circulation et les effets, avec ou sans pont-jetée. Les modèles du transport des sédiments et du phosphore ont ensuite été utilisés pour étudier les propriétés du bassin en ce qui concerne le transport, la sédimentation et le renouvellement des eaux dans des conditions similaires, avec ou sans pont-jetée.

Le Comité consultatif a déterminé qu'il fallait amorcer une deuxième phase afin de recueillir des données sur le terrain pour comparer les prédictions du modèle aux mesures réelles du courant et d'exécuter le modèle dans des conditions environnementales variables et réelles tout au long de l'été.

Pour l'exécution du modèle à long terme, on a utilisé des données réelles prises entre avril et octobre 1991 qui variaient dans le temps pour ce qui est de la vitesse et la direction des vents ainsi que pour les débits des tributaires. On a conclu que le modèle simulait bien le volume d'eau sous le pont. Les résultats du modèle ont révélé que l'enlèvement du pont-jetée réduirait d'environ 1 % les concentrations moyennes de phosphore et de sédiments (fractions fines seulement) dans la baie Missisquoi.

Suite à sa participation au processus de sélection des consultants et son examen des rapports sur le projet, le Comité consultatif a déterminé que « malgré certaines limitations, l'étude a été bien planifiée et réalisée, et les données et renseignements qu'elle a générés sont valides et devraient être utiles à la poursuite du projet ». Le Comité a recommandé ce qui suit : « On devrait s'en servir pour évaluer les avantages de l'enlèvement ou du maintien du pont-jetée ou tout autre scénario relatif à la construction du nouveau pont, en tant qu'élément du processus ». Par ailleurs, le Comité était d'avis « que l'importance des effets projetés de l'enlèvement du pont-jetée sur la qualité de l'eau de la baie Missisquoi est un jugement de valeur à l'égard duquel il ne saurait prendre seul une décision sur la base uniquement des résultats de l'étude ».

Programme de mise en valeur du lac Champlain et collaboration entre le Vermont et le Québec

Quelle que soit la décision qui sera prise relativement au pont-jetée, il faudra réduire de façon appréciable les apports de phosphore provenant du bassin versant de la baie Missisquoi pour que la qualité de l'eau redevienne acceptable. Diverses mesures ont été adoptées à cet effet.

En 1988, les gouverneurs des États du Vermont et de New York et le premier ministre du Québec ont signé l'Entente de coopération en matière d'environnement relativement à la gestion du lac Champlain⁴. Le Programme de mise en valeur du lac Champlain est un programme fédéral financé par le gouvernement américain qui est mis en œuvre en partenariat avec les organismes gouvernementaux des États de New York et du Vermont et de la province de Québec, les organisations privées, les collectivités locales et les particuliers et qui a pour objet de coordonner et de financer des projets ayant des effets positifs sur la qualité de l'eau, les pêches, les milieux humides, la faune, les loisirs et les activités culturelles dans le bassin du lac Champlain. Ces projets s'inspirent du plan de gestion progressif *Perspectives d'Action*⁵, dont une des principales priorités est la réduction des concentrations de phosphore.

Critères de la qualité de l'eau et charges cibles de phosphore

En 1993, un groupe de travail sur la gestion du phosphore dans le lac Champlain⁶, mis sur pied par les États de New York et du Vermont et la province de Québec, a recommandé que ces trois gouvernements adoptent un ensemble cohérent de critères relatifs aux concentrations de phosphore dans chaque partie du lac Champlain, qui serviraient d'objectifs de gestion conjointe du lac. L'entente subséquente sur la qualité de l'eau du lac Champlain a été signée par les représentants des trois gouvernements, qui ont adopté comme critères des concentrations de phosphore de 0,025 mg/l (moyenne annuelle) pour la baie Missisquoi et de 0,014 mg/l pour le bras Nord-Est du lac. Ces critères font également partie des normes de qualité de l'eau de l'État du Vermont⁷. Aux termes de cette entente, le Vermont et le Québec visent un but commun en matière de qualité de l'eau dans la baie Missisquoi.

Le plan *Opportunities for Action* de 1996 a établi des charges cibles préliminaires pour le phosphore dans chaque bassin versant important du Vermont, de l'État de New York et du Québec. Ces charges sont tirées d'une étude du bilan et de la modélisation du phosphore ainsi que de la réduction des charges dans le lac Champlain⁸, qui a été menée par les États du Vermont et de New York.

Les gouvernements du Québec et du Vermont ont créé un groupe de travail aux fins de l'élaboration d'une entente sur la réduction du phosphore dans la baie Missisquoi. Ce groupe de travail avait comme objectif de proposer un partage équitable des responsabilités en matière de réduction du phosphore dans la baie Missisquoi. Il a convenu que la charge globale de phosphore dans la baie devait être réduite à 97,2 tm/an (tonnes métriques par an), par rapport à la charge de 167,3 tm/an mesurée en 1991 (année de référence), pour atteindre le critère de 0,025 mg/l établi pour la baie. En se basant sur les résultats d'une étude de l'utilisation des sols et de l'exportation du phosphore⁹, le groupe de travail a déterminé qu'environ 60 % de la charge actuelle de phosphore dans la baie Missisquoi provenait de sources ponctuelles et diffuses au Vermont et 40 % de sources québécoises.

En 2002, les gouvernements du Québec et du Vermont ont signé l'Entente concernant la réduction du phosphore dans la baie Missisquoi¹⁰ à partir des recommandations du groupe de travail^{11,12}. Cette entente entérinait le partage des responsabilités (60 %-40 %) et attribuait une charge cible de 58,3 tm/an au Vermont (60 %) et de 38,9 tm/an au Québec (40 %) pour que la charge admissible totale de 97,2 tm/an puisse être atteinte.

Ces charges cibles ont ensuite été intégrées au document sur la charge quotidienne maximale totale de phosphore (TMDL) dans le lac Champlain¹³, qui a été parachevé par les États du Vermont et de New York en 2002 et approuvé par l'U.S. Environmental Protection Agency (EPA). Le Vermont et le Québec se sont engagés dans l'entente de 2002 à atteindre leurs charges cibles respectives d'ici 2016 pour la baie Missisquoi conformément au plan *Perspectives d'Action*, élaboré dans le cadre du Programme de mise en valeur du lac Champlain et de l'entente entre le Québec, le Vermont et New York sur le lac Champlain.

Le 3 août 2004, le gouverneur James Douglas et le premier ministre Jean Charest ont présenté un rapport d'étape concernant la mise en œuvre de l'accord de coopération signée le 4 décembre 2003 entre les gouvernements de l'État du Vermont et de la province de Québec. À cette occasion, ils ont convenu de devancer à 2009 l'application de toutes les mesures de réduction de la pollution dans la baie Missisquoi de façon à diminuer les apports de phosphore, principaux responsables de la prolifération des cyanobactéries.

Plan d'action du Vermont

Le document sur la charge quotidienne maximale totale de phosphore (TMDL) dans le lac Champlain comprend un plan complet de mise en œuvre pour le Vermont, qui décrit les mesures de réduction du phosphore nécessaires pour parvenir aux réductions de charge prescrites dans la portion vermontoise du lac. Le document évalue le coût de ces mesures à 139 millions de dollars américains sur 14 ans. En 2003, le gouverneur du Vermont a rendu public le plan d'action *Clean and Clear*¹⁴, dont le principal objectif est l'élimination rapide du phosphore dans le lac Champlain. Ce plan accorde une attention particulière à la baie Missisquoi, compte tenu de la gravité des problèmes de phosphore et d'algues et du désir de résoudre ces problèmes en collaboration avec le Québec.

À la demande du gouverneur¹⁵, l'Assemblée générale du Vermont a approuvé l'octroi d'une somme de 1,8 million de dollars américains au cours de l'exercice 2005 pour la mise en œuvre de mesures de réduction du phosphore dans les bassins versants des baies Missisquoi et St. Albans. L'État a également alloué une somme additionnelle de 5,8 millions de dollars américains pour les initiatives visant à réduire les concentrations de phosphore dans l'ensemble du bassin et du Vermont. La majeure partie de cette somme sera consacrée au bassin versant de la baie Missisquoi. Les mesures suivantes sont notamment financées par le plan d'action *Clean and Clear* :

- aide aux agriculteurs pour réduire le ruissellement agricole et améliorer la gestion des zones riveraines;
- mise en œuvre d'une stratégie de stabilité des cours d'eau s'appuyant sur des fondements scientifiques pour lutter contre l'érosion des rives et du lit des cours d'eau en ce qui a trait au phosphore et aux sédiments;
- aide aux municipalités pour améliorer l'entretien des routes de campagne et la protection de la qualité de l'eau locale;
- modernisation des usines d'épuration des eaux usées pour éliminer le phosphore;
- planification de la gestion et de la protection du bassin versant par les citoyens;
- lutte contre l'érosion sur les chantiers de construction;
- restauration et protection des milieux humides.

Le financement accordé dans le cadre du plan d'action *Clean and Clear* devra être maintenu et accru dans les années qui viennent pour atteindre l'objectif du gouverneur de mettre en œuvre les mesures nécessaires de réduction du phosphore d'ici 2009, à temps pour le 400^e anniversaire de la découverte du lac par Samuel de Champlain. D'autres sources de financement, fédérales, privées et de l'État sont aussi activement recherchées.

Plan d'action du Québec

Le 1^{er} septembre 2004, M. Thomas J. Mulcair, ministre de l'Environnement du Québec, a rendu publics les résultats obtenus pour l'année en cours (avril 2004 à mars 2005) dans le cadre du plan d'action 2003-2009. Le ministère de l'Environnement (MENV) a déjà investi 770 000 \$CAN et grâce à la participation de partenaires, l'investissement total s'élèvera à 2,3 millions de dollars canadiens.

Rappelons que le plan d'action 2003-2009¹⁶ a été élaboré en collaboration avec d'autres organismes, notamment le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ) et le ministère des Affaires municipales, du Sport et du Loisir (MAMSL). Le gouvernement du Québec a évalué le coût du plan d'action à environ 10 millions de dollars canadiens.

- **Application du Règlement sur les exploitations agricoles :** En date du 1^{er} septembre 2004, 450 des 550 visites de ferme prévues avaient été faites dans le bassin versant de la baie Missisquoi. Par l'entremise du Cadre stratégique agricole canadien, le MAPAQ compte élaborer au moins 115 plans agro-environnementaux pour aider les agriculteurs à gérer les matières fertilisantes.
- **Gestion des aires naturelles protégées :** En 2004, le MENV a investi près de 485 000 \$CAN pour protéger 227 hectares de milieux humides. Conservation de la Nature-Québec et Canards Illimités ont respectivement reçu 400 964 \$ et 83 765 \$ pour acquérir 190 hectares de tourbière à Clarenceville et 37 hectares de terres en bordure de la rivière du Sud.
- **Conservation des sols et protection des cours d'eau :** Le MAPAQ souhaite réaliser plusieurs projets sur les pratiques de conservation des sols dans le bassin versant de la rivière aux Brochets, grâce au programme Prime-Vert et aux clubs agro-environnementaux. Le Ministère entend également réaliser la plantation de haies brise-vent sur environ 10 kilomètres. Il investira environ 223 500 \$ en 2004-2005. Des rencontres d'information sur la Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables et sur ses modalités d'application ont été menées auprès des municipalités et un suivi est en cours afin de poursuivre les actions entreprises au printemps 2004. Le MENV offre une assistance technique aux municipalités.
- **Assainissement des eaux usées municipales :** Le MENV a demandé aux municipalités riveraines de Saint-Georges-de-Clarenceville, Venise-en-Québec et Saint-Armand de vérifier si les installations résidentielles sont conformes à la réglementation. Les trois municipalités ont accepté de collaborer et le Ministère assurera un suivi auprès des celles-ci. De plus, le MENV a mis en œuvre un programme de vérification des systèmes de traitement des eaux usées des établissements privés, commerciaux et industriels. À ce jour, 29 des 40 inspections prévues ont été réalisées et des correctifs ont été recommandés.

- **Collaboration avec les partenaires locaux :** La Corporation du bassin versant de la baie Missisquoi (CBVBM) a reçu 65 000 \$CAN dans le cadre du Programme de gestion par bassin versant et de la Politique de l'eau pour élaborer un plan directeur de l'eau en collaboration avec les partenaires du milieu et pour tenir des réunions d'information sur la qualité de l'eau et la santé, comme celle qui a eu lieu le 19 juin 2004. Un plan préliminaire est actuellement à l'étude.
- **Projets de recherche et développement :** Dans le cadre du Fonds québécois de la recherche sur la nature et les technologies, un montant d'environ 225 000 \$CAN sera alloué sur une période de trois ans à un projet de recherche auquel participeront l'Université McGill, l'Université de Sherbrooke, l'Université du Vermont, la CBVBM, le MENV, le MAPAQ et l'Institut de recherche et de développement en agro-environnement (IRDA). Ce projet visera à élaborer un système d'aide à la décision pour le bassin versant de la rivière aux Brochets. Il consistera à intégrer des modèles de transport des contaminants (phosphore, nitrates et sédiments) et des données sur la nature et l'utilisation du territoire à un système d'information géographique (SIG) pour faciliter l'identification des zones les plus susceptibles de contribuer aux problèmes environnementaux de la baie Missisquoi.

SECTION 2 – Réunions publiques et commentaires soumis par écrit

La Commission mixte internationale (CMI) et le Groupe de travail international de la baie Missisquoi ont tenu des réunions publiques d'information à Saint-Georges-de-Clarenceville, au Québec, et dans le secteur de Swanton-Highgate, au Vermont, les 25 et 26 août. Tous les membres ont convenu que les commentaires du public seraient particulièrement utiles pendant que le Groupe de travail effectuait ses travaux et qu'ils aideraient à ne pas négliger des questions importantes.

Les réunions publiques ont attiré environ 250 personnes vivant aux alentours de la baie Missisquoi. Les gens se sont montrés cordiaux pour la plupart et ont semblé apprécier l'occasion qui leur était donnée de s'adresser à la CMI et à son Groupe de travail. Une trentaine de personnes se sont exprimées. Elles ont parlé avec passion et sincérité. Beaucoup connaissaient la région depuis longtemps. Certaines ont soumis des documents dans lesquels elles exprimaient leurs préoccupations (voir l'annexe 2).

Les citoyens américains et canadiens vivant près de la baie ont tous parlé de problèmes graves de qualité de l'eau. Ils ont évoqué les inquiétudes que suscite la prolifération des algues bleues pour la santé publique. On s'est prononcé presque unanimement en faveur de l'enlèvement du pont-jetée, le plus rapidement possible. En revanche, les citoyens appuyaient le nouveau pont.

Les raisons invoquées en faveur de l'enlèvement du pont-jetée étaient les suivantes : restaurer les échanges naturels dans la partie nord du lac Champlain (pour permettre la libre circulation de l'eau), améliorer la qualité de l'eau, réduire les concentrations de phosphore dans la baie Missisquoi (ou disperser le phosphore), diminuer la population des algues bleues toxiques qui font sentir leurs effets sur les citoyens canadiens et américains, garantir la sécurité et la santé publiques, amoindrir les effets nocifs sur le milieu aquatique, réduire l'envasement et augmenter l'action des vagues dans la baie Chapman. On a aussi invoqué des raisons esthétiques. Il a été mentionné que l'aménagement d'un pont-jetée ne serait jamais approuvé au Vermont ou au Québec en 2004 et qu'il nous incombe de remettre en état les lieux que nous avons altérés. Ce geste serait un signe visible des efforts d'assainissement.

Des gens ont indiqué que l'enlèvement de la jetée n'entraînerait pas de dommages permanents au reste du lac. Un autre point de vue exprimé a été que de conserver la jetée ne ferait que ralentir, sans l'arrêter, la diffusion de la pollution hors de la baie. Une personne a parlé du besoin de trouver une solution juste et équitable pour tous les intéressés.

Une bonne part des commentaires du public ont porté sur les préoccupations à l'égard de la santé du lac, de la santé humaine et des impacts économiques et sociaux de la présence des algues bleues.

Commentaires sur la santé

Les citoyens ont fait remarquer qu'au cours des vingt dernières années, la baie s'est gravement surchargée en phosphore. Récemment, cette surcharge a occasionné la prolifération de cyanobactéries potentiellement toxiques qui forment des fleurs d'eau. Ils ont cité des études récentes qui montrent que des populations d'algues bleu à potentiel toxique augmentent de façon exponentielle quand la concentration de phosphore s'élève. Au contraire, une réduction de 10 % du phosphore abaisse de 20 % les concentrations de cyanobactéries et de 25 % la toxicité qui s'y rattache.

Beaucoup considèrent que la croissance des cyanobactéries constitue maintenant la menace la plus grave à la santé publique. On nous a rappelé qu'au Québec, la présence de ces bactéries conduit les autorités à fermer des plages depuis quatre ans (de 2001 à 2004) et à recommander de limiter les activités aquatiques (le contact direct avec l'eau). On a aussi fait mention qu'en août 2004, le Vermont Department of Health a émis des avis de santé publique suite à la présence des cyanobactéries.

Les citoyens de Bedford, Saint-Armand (secteur Philipsburg) et Standbridge Station n'ont pu boire l'eau du robinet pendant de nombreuses semaines au cours des dernières années, et de nouvelles installations de traitement ont été mises en place. Malgré les énormes efforts consentis, les citoyens disent qu'ils n'ont plus confiance en leur eau potable. Il a aussi été question de problèmes d'odeur et de couleur.

Les gens associaient des symptômes tels la fièvre, les maux de tête, les étourdissements, les vomissements et les diarrhées ainsi que les irritations cutanées à la présence des cyanobactéries et de leurs toxines dans l'eau. Ils ont cité des cas où le contact involontaire avec l'eau avait occasionné des effets nuisibles.

Commentaires sur l'économie, les biens, les loisirs et le tourisme dans la région

La baie Missisquoi est un moteur économique dans la région. On a donné de nombreux exemples de pertes d'usage reliées à la condition de la baie. L'achalandage est moindre en raison de la fermeture hâtive des plages. La pêche et la navigation de plaisance, de même que la plongée et la planche à voile ne se pratiquent presque plus. L'eau près des rives a la couleur de la purée de pois. Les gens fréquentent même des plages dans d'autres secteurs plutôt que devant chez eux. Certains campings sont encore ouverts, mais les campeurs se baignent dans les piscines et non dans le lac. Les amis ne viennent plus faire un tour durant l'été.

Beaucoup de gens ont du mal à vendre leurs terrains sur le bord de l'eau, et on considère que la valeur foncière a diminué. Les entreprises locales sont en difficulté. Certaines à Venise-en-Québec ont vu leurs recettes fondre de 40 à 80 %. La pollution de l'eau a compromis un certain mode de vie et la joie de vivre des résidents.

Commentaires sur les études de modélisation

On a fait très peu de commentaires sur la validité des études scientifiques et techniques antérieures. Parmi les questions soulevées à ce chapitre par ceux qui se sont exprimés, il y avait le fait que certains passages de modèle n'étaient pas apparés, que les données de Dead Creek n'avaient pas été prises en considération et que la modélisation n'avait pas tenu compte du ruissellement printanier, des vagues de tempête ou des vents forts du sud. L'opinion selon laquelle le pont-jetée ne faisait pas problème était définitivement celle d'une minorité au cours des réunions. On a demandé à la CMI de regarder les travaux et de relever les faiblesses des modèles s'il y a lieu.

Preuves scientifiques ou pas, certaines personnes étaient convaincues que l'enlèvement du pont-jetée améliorerait beaucoup, voire spectaculairement, la qualité de l'eau. Sans refuser ouvertement les résultats des études, d'autres ont parlé en des termes qui trahissaient leur incrédulité : strangulation, blocage de l'écoulement nord-sud, retour à la circulation d'eau antérieure, meilleur nettoyage naturel de la baie, effets plus bénéfiques des vents dominants du sud-ouest.

Les gens ont martelé que même si les changements à attendre de l'enlèvement du pont-jetée étaient petits, ils les considéraient suffisamment importants :

- *l'enlèvement du pont-jetée améliorerait la situation en attendant les effets des programmes de réduction à la source du phosphore;*
- *même une amélioration de 1 % pourrait suffire à provoquer d'autres changements dans la baie;*
- *même une légère amélioration est la bienvenue;*
- *ce serait une première étape naturelle vers l'assainissement;*
- *nous devrions apporter toutes les corrections possibles;*
- *la moindre intervention a son utilité.*

On a aussi parlé du fait que la dépollution prendra beaucoup de temps.

Autres commentaires

Il n'existe pas de solution simple et unique, mais nous disposons d'un éventail de solutions qui nous permettront de réduire la charge de phosphore dans la baie, chacune contribuant un peu à la résolution globale du problème.

Des efforts considérables (des dizaines de millions de dollars) ont été consentis pour épurer les eaux usées domestiques dans les collectivités riveraines. Bedford a investi 10 millions

de dollars canadiens dans son réseau d'égouts. Des règlements provinciaux ont été pris concernant les pratiques agricoles, et les agriculteurs ont adopté certaines mesures (limitation de l'érosion du sol, meilleur épandage du fumier). Les citoyens ont dépensé des milliers de dollars pour se conformer à la réglementation. Au total, plusieurs millions de dollars ont été investis pour réduire la charge de phosphore dans la baie.

Le coût de l'enlèvement du remblai qui constitue la jetée est considéré comme négligeable pendant que les travaux de construction du pont sont en cours. On croit qu'il coûtera 20 000 \$ par an d'entretien pour empêcher l'érosion des matériaux de remblai de la jetée.

Ceux qui ont pris la parole avaient des opinions fermes et presque unanimes au sujet des tortues. On considère que celles-ci constituent la raison officielle du refus par l'État du Vermont d'enlever le pont-jetée. On a fait valoir que, pour survivre, la tortue-molle à épines a besoin non seulement des zones d'hibernation et des surfaces d'exposition au soleil que lui offre la jetée, mais aussi de plages propres pour faire son nid, d'eau propre et d'une source non polluée d'alimentation. On a souligné que les tortues se déplaceront probablement à un autre endroit pour hiberner pendant la construction du nouveau pont et que les habitants du coin collaboreront à aménager des perchoirs qui conviennent pour que les tortues s'exposent au soleil. « *Les tortues ont plus d'endroits où aller que les humains.* » Un représentant des citoyens québécois a indiqué qu'ils étaient conscients de l'importance de protéger les espèces en péril, pour autant que la priorité soit accordée à la protection de la santé humaine. Cette remarque a débouché sur la suggestion d'enlever graduellement le pont-jetée en 7 ans, en laissant 350 pieds près des rives de chaque côté. Un système de barbotage pourrait aussi être installé aux deux extrémités.

Un Québécois et un Vermontois ont indiqué que l'enlèvement du pont-jetée contreviendrait à la loi de l'État du Vermont qui protège la tortue.

Quelqu'un a demandé si la construction du pont-jetée avait été approuvée par la CMI en 1937. Les commissaires ont répondu qu'ils n'avaient trouvé aucun document dans les archives de la CMI se rapportant à la construction du pont-jetée.

Les suggestions qui suivent ont été faites à la CMI et au Groupe de travail :

- créer un groupe mixte pour surveiller la tortue-molle à épines et aussi étudier les impacts des algues bleues sur le cycle de vie de cette espèce;
- créer un groupe mixte pour surveiller l'hydrologie de la baie et étudier les impacts combinés sur l'hydrologie si les jetées des baies Missisquoi et Carry étaient enlevées;
- créer un groupe mixte pour surveiller les concentrations de phosphore dans la baie jusqu'en 2016;
- veiller à ce que la CMI reconnaisse et encourage l'action dans le bassin versant.

Une pétition demandant l'enlèvement du pont-jetée, signée par quelque 2 500 citoyens du Québec et du Vermont, a été présentée à la CMI et au Groupe de travail. Il est à noter qu'il s'agit de la même pétition qui avait été remise à des responsables gouvernementaux il y a plusieurs années.

SECTION 3 – Révision scientifique et technique des impacts du pont-jetée sur l'écoulement et la qualité de l'eau

Le Groupe de travail a reconnu que les études de modélisation hydrodynamique et de la qualité de l'eau dans la baie Missisquoi achevées en 1997 par Applied Science Associates (ASA) fournissent des renseignements utiles pour répondre aux questions énoncées dans le renvoi à la CMI. Les études d'ASA sont les plus poussées sur le plan scientifique et les plus définitives qui aient été faites sur la question jusqu'ici. Par conséquent, le Groupe de travail a demandé à des experts scientifiques et techniques de se pencher sur les rapports et de lui indiquer si les méthodes de modélisation étaient appropriées et les résultats valables. Les réponses complètes obtenues des huit experts et l'analyse de ces réponses par les auteurs principaux des études d'ASA sont réunies à l'annexe 3.

Le Groupe de travail a posé les trois questions suivantes aux experts :

- Les modèles hydrodynamique et de la qualité de l'eau permettent-ils de déterminer les effets de l'enlèvement du pont-jetée sur le débit et les niveaux d'eau (circulation) et sur la qualité de l'eau?
- Les résultats et recommandations sont-ils valables?
- Possède-t-on suffisamment d'information technique pour nous aider à prendre une décision de cette importance? Si non, de quelles informations a-t-on principalement besoin?

De façon générale, les experts ont jugé que les outils de modélisation étaient appropriés, que les résultats de la modélisation présentés dans les deux rapports d'ASA étaient valables et que les conclusions essentielles quant à l'impact du pont-jetée étaient fondées. Six des experts (Hudon, Geib, Dettmann, Simoneau, Thibault, Cantin) ont répondu oui aux trois questions sans émettre de réserves importantes.

Un expert (Abdelrhman) a jugé que les résultats de la modélisation étaient valables qualitativement, mais ne l'étaient peut-être pas quantitativement, en raison de la faible calibration et validation du modèle. Cela dit, il considérait que la collecte d'autres données ne modifierait vraisemblablement pas l'évaluation finale ou les recommandations. Un autre (Sydor) acceptait de façon générale les résultats de la modélisation hydrodynamique d'ASA, mais a exprimé des doutes au sujet des aspects relatifs à la qualité de l'eau, en raison de l'insuffisance des données chimiques et biologiques, de la période des relevés et du champ d'application, et en raison de l'absence de données sur les conditions internes et aux limites pour mettre au point et calibrer les modèles. Plusieurs des experts (Abdelrhman, Simoneau, Thibault, Cantin) ont indiqué que la réduction des charges de phosphore apportées dans la baie de Missisquoi par son bassin versant est essentielle à l'amélioration de la qualité de l'eau dans la baie.

Si les commentaires d'ordre scientifique reconnaissaient généralement la validité des résultats des modèles d'ASA, certains des experts ont soulevé des points techniques précis. Parmi les plus importants formulés par un ou plusieurs experts, il y avait ceux-ci : 1) la stratification thermique et les seiches (interne et superficielle) ne sont pas suffisamment prises en considération, 2) les conditions aux limites ouvertes sont mal définies dans le modèle, 3) il y a une piètre correspondance entre les prévisions du modèle et les déplacements observés des drogues, 4) le modèle ne tient pas compte des effets des macrophytes aquatiques sur les courants dans la baie, 5) les données sur la qualité de l'eau sont insuffisantes pour calibrer le modèle et 6) il manque de données pour un modèle numérique de bilan massique du phosphore dans la baie. Toutes les réponses des experts ont été envoyées aux deux auteurs des rapports, Craig Swanson (ASA) et Dan Mendelsohn (Applied Technology Management), pour leur permettre de réagir aux commentaires.

ASA a réagi à chacun des points techniques précis formulés. Le texte intégral est fourni à l'annexe 3. La réponse des consultants se résume ainsi :

Les données recueillies au cours de l'étude d'ASA et de relevés antérieurs n'ont pas montré de stratification thermique notable dans la baie Missisquoi. Il n'y avait pas de raison d'inclure la stratification dans le modèle.

ASA a analysé de nouveau les données sur les vents, les niveaux d'eau et les courants à l'ouverture du pont-jetée pour déterminer si les effets de la seiche interne ou de la seiche superficielle (modifications périodiques du niveau ou de l'écoulement de l'eau à la surface) se manifestaient. Les données montraient une oscillation de surface dans la baie occasionnée par la dénivellation due au vent. Les fréquences d'oscillation étaient d'environ 16 cycles par jour autour d'un nœud et de 30 cycles par jour autour de deux nœuds. Ces fréquences correspondaient aux attentes théoriques d'après la géométrie de la baie, et le modèle hydrodynamique employé par ASA a pu prévoir cette seiche superficielle dans la baie Missisquoi et dans le bras Nord-Est. Rien dans les données relevées à l'ouverture du pont-jetée n'indiquait que la seiche superficielle de 4 heures qui se produit dans la partie principale du lac Champlain avait des effets.

ASA a défini le domaine de son modèle pour qu'il englobe tout le bras Nord-Est, afin d'empêcher que les prévisions pour la baie Missisquoi et le secteur du pont-jetée ne soient indûment influencées par les hypothèses concernant les conditions aux limites. On a appliqué dans le modèle une condition de niveau constant aux trois limites ouvertes dans le bras Nord-Est (baie Carry, The Gut et le pont Sand Bar).

Il y a plusieurs raisons pour lesquelles il ne faudrait pas s'attendre à une bonne concordance entre la simulation et les déplacements observés des drogues. Les drogues subissent l'action de forces locales, à petite échelle, qu'il est difficile de modéliser, une légère différence dans leur emplacement initial donnant lieu à une grande différence dans la position finale. Par ailleurs, les données enregistrées par courantomètre (ADCP) à l'ouverture du pont-jetée concordaient très bien avec les prévisions du modèle. Des différences de vent sur la région à l'étude expliquent peut-être les exceptions mineures.

Le ralentissement de l'écoulement de l'eau par les plantes aquatiques serait confiné aux zones littorales et aurait peu d'effets à l'échelle de la baie. Ce genre d'effets a été intégré de façon indirecte dans le modèle par l'application du coefficient de résistance au frottement sur le fond.

Les données sur la qualité de l'eau dont nous disposions étaient suffisantes pour les fins de l'analyse de modélisation. L'étude de diagnostic et de faisabilité du lac Champlain avait livré des données sur deux années complètes concernant les débits entrants, les charges de phosphore et les chlorures traceurs, et nous disposions de données supplémentaires fournies par le programme à long terme de suivi biologique et de la qualité de l'eau du lac Champlain.

Après avoir soigneusement examiné les commentaires des huit experts scientifiques et la réaction d'ASA à ces commentaires, le Groupe de travail a conclu que les études de modélisation effectuées par ASA, si elles ne sont pas parfaites, fournissent une assise solide pour évaluer les impacts du pont-jetée sur l'écoulement et la qualité de l'eau dans la baie Missisquoi. Les études offrent les renseignements scientifiques les plus poussés sur les questions envisagées, et leurs conclusions sont très vraisemblablement valables.

SECTION 4 – Conclusions et recommandations

Question 1 : La jetée d'origine aux États-Unis modifie-t-elle les niveaux et débits d'eau au Canada?

Conclusion 1

D'après les modèles hydrodynamiques les plus poussés et les autres informations scientifiques disponibles ainsi que selon les experts techniques, il n'y a pas d'impacts significatifs sur les niveaux et débits d'eau au Canada. Le pont-jetée ne fait pas fonction de barrage, et il ne restreint pas la circulation de l'eau entre la baie Missisquoi et le reste du lac Champlain. Il constitue simplement un obstacle que l'eau doit contourner.

Les débits et les patrons de circulation sont très légèrement modifiés dans le secteur à proximité du pont-jetée. Ce secteur se trouve surtout du côté américain. La frontière canadienne est à 5 km (3 milles) au nord du pont. Les études d'Applied Science Associates (ASA) indiquent que la présence du pont-jetée ne modifie pas de façon notable le régime des courants si loin au nord.

Question 2 : La jetée d'origine aux États-Unis entraîne-t-elle une pollution qui nuit à la santé ou aux biens au Canada?

Conclusion 2

Le phosphore est surabondant dans la baie Missisquoi. Il y a dépassement des critères de qualité de l'eau adoptés pour la baie par l'État du Vermont et la province de Québec, de sorte que tout ouvrage ou toute intervention qui en augmente la concentration est malavisé et non souhaitable. Trop de phosphore stimule la croissance des plantes aquatiques et des algues, dont les effets peuvent être nuisibles : l'eau devient verte et nauséabonde, ne peut plus servir de source d'eau potable et son oxygène se raréfie sous l'effet de la décomposition de la matière végétale. La désoxygénation risque d'entraîner une mortalité massive des poissons et de faire disparaître les insectes et les organismes microscopiques qui assurent la très importante base de la chaîne alimentaire de la baie. La concentration moyenne de phosphore dans la baie Missisquoi est de 0,045 mg/l, ce qui est déjà bien plus élevé que le critère de qualité de l'eau de 0,025 mg/l, et la situation ne s'améliore pas.

Le pont-jetée n'est pas à l'origine des problèmes de santé et de qualité de l'eau observés dans les parties canadiennes de la baie. Selon les modèles hydrodynamiques les plus développés et les autres informations scientifiques disponibles, la présence du pont-jetée augmente de 1 % la concentration de phosphore (moyenne pour l'ensemble de la baie) et la sédimentation (fractions fines seulement) dans la baie Missisquoi. Les différences que crée

le pont-jetée en matière de phosphore et de sédimentation se font sentir pour l'essentiel dans la zone délimitée par l'île North Hero au sud et la baie Chapman au nord. Ainsi, les effets du pont-jetée sur la qualité de l'eau se confinent principalement à la partie américaine de la baie.

Le pont-jetée entraîne une pollution très faible mais définie au Canada et dans la partie juste au nord du pont-jetée aux États-Unis. Toutefois, aucune amélioration importante de la qualité de l'eau dans la baie Missisquoi n'est à attendre de l'enlèvement du pont-jetée. La gestion de la qualité de l'eau par le Québec et le Vermont devrait viser d'abord et avant tout à réduire les charges de phosphore provenant du bassin versant, surtout des sources diffuses.

Il se peut que la relation entre les concentrations de phosphore et les concentrations d'algues ne soit pas linéaire et qu'une augmentation de 1 % du phosphore entraîne une augmentation supérieure des populations d'algues ou du potentiel de création des fleurs d'eau. Cela dit, même en tenant compte de cette possibilité, le pont-jetée ne constitue pas le principal facteur de la prolifération des cyanobactéries dans la baie. Il ne modifie pas la quantité globale de phosphore dans le lac Champlain; il ne fait que modifier légèrement sa répartition sur quelques kilomètres.

Question 3 : L'enlèvement de la jetée d'origine aux États-Unis pourrait-il entraîner une pollution qui nuit à la santé ou aux biens aux États-Unis?

Conclusion 3

D'après les modèles hydrodynamiques les plus poussés et les autres informations disponibles, l'enlèvement du pont-jetée entraînerait une diminution de 1 % de la concentration de phosphore et la sédimentation (fractions fines seulement) dans la baie Missisquoi à laquelle correspondrait, au sud du pont-jetée, une augmentation dans le bras Nord-Est. Les effets seraient moindres et plus dispersés au sud du pont qu'au nord.

La concentration du phosphore dans le bras Nord-Est a augmenté ces dernières années; maintenant, elle ne satisfait plus aux critères de qualité de l'eau adoptés par l'État du Vermont. Toute augmentation du phosphore dans le bras Nord-Est peut être considérée comme malavisée. Cela dit, tout effet négatif que pourrait entraîner l'enlèvement du pont-jetée serait très faible et incrémentiel dans les eaux américaines au sud du pont.

L'enlèvement du pont-jetée n'apporterait aucune réduction nette de phosphore dans l'ensemble du système. En raison des quantités déjà présentes, tout mouvement du phosphore ne fait qu'ajouter au problème existant au nord ou au sud du pont-jetée. Ceci étant, le problème du phosphore et des algues demeure actuellement beaucoup plus grave dans la baie Missisquoi que dans le bras Nord-Est.

Question 4 : Les travaux proposés aux États-Unis entraîneront-ils une pollution qui nuit à la santé ou aux biens au Canada?

Pour cette étude, le Groupe de travail a défini le projet comme le maintien du pont-jetée et l'enlèvement de 100 m (330 pi) de remblai. Nous considérons donc que cette question est pratiquement la même que la question 2.

Recommandations du Groupe de travail

Le Groupe de travail international de la baie Missisquoi soumet les recommandations qui suivent à l'attention des commissaires de la CMI :

1. La CMI peut se fier aux conclusions essentielles des études d'Applied Science Associates que nous considérons justes sur le plan scientifique, même si elles vont à l'encontre de l'intuition de certains. La présence de la jetée cause une augmentation de 1 % de la concentration de phosphore (moyenne pour l'ensemble de la baie) et du taux de sédimentation (fractions fines seulement) dans la baie Missisquoi.
2. Le phosphore est surabondant dans la baie Missisquoi. Il y a dépassement des critères de qualité de l'eau adoptés pour la baie par l'État du Vermont et la province de Québec. Réduire les charges de phosphore provenant du bassin versant, selon les ententes et les plans en vigueur au Québec et au Vermont, devrait être le grand axe de l'action gouvernementale en vue d'améliorer la qualité de l'eau dans la baie.
3. D'autres éléments d'intérêt public (la législation sur les espèces menacées, les valeurs esthétiques, le principe de la remise en état des lieux qu'on a altérés, le rapport coûts-avantages, l'importance des approches progressives et une opinion publique forte) sont des facteurs légitimes de la décision à prendre au sujet de l'enlèvement du pont-jetée, mais ils débordent le cadre de l'étude du Groupe de travail.
4. Les séances publiques d'information ont fait ressortir certaines lacunes dans les connaissances, et le Groupe de travail convient que l'État du Vermont et la province de Québec doivent promouvoir la recherche scientifique pour acquérir des informations :
 - sur la biologie des tortues (impact des cyanobactéries sur leur santé, aires d'hivernation de remplacement, etc.);
 - sur le rapport entre la prolifération des algues bleues et les concentrations de phosphore;
 - sur l'impact de l'enlèvement de plusieurs jetées (baie Carry, The Gut) sur la qualité de l'eau dans la partie nord du lac Champlain.

Documents de référence

- ¹ Mendelsohn, D *et al.* 1997. *Hydrodynamic Modeling of the Missisquoi Bay in Lake Champlain*, Applied Science Associates. Project 95-136, 106 p. and 5 appendices.
- ² Mendelsohn, D *et al.* 1997. *Missisquoi Bay Field Study and Hydrodynamic Model Verification*, Applied Science Associates. Project 96-73, 91 p. and 1 appendix.
- ³ Vermont Agency of Natural Resources. 2003. *Water Quality Effects of the Missisquoi Bay Bridge: A Summary of Research Findings as the Basis for the Agency's Position on Causeway Removal and Water Quality*, July 16 2003. 5 p.
- ⁴ New York, Québec et Vermont. 1998. *Entente sur la coopération en matière d'environnement relativement à la gestion du lac Champlain*. Mise à jour et renouvelée en 2003.
- ⁵ Comité mixte sur la gestion du lac Champlain. 2003. *Perspectives d'action – Un plan progressif pour l'avenir du bassin du lac Champlain*. Programme de mise en valeur du lac Champlain. Grand Isle, VT. <http://www.menv.gouv.qc.ca/eau/bassinversant/bassins/missisquoi/champlain.pdf>
- ⁶ Lake Champlain Phosphorus Management Task Force. 1993. *Report to the Lake Champlain Steering Committee*.
- ⁷ Vermont Water Resources Board. *Vermont Water Quality Standards, effective July 2, 2000*. Montpelier, VT. <http://www.state.vt.us/wtrboard/july2000wqs.htm>
- ⁸ Vermont Department of Environmental Conservation and New York State Department of Environmental Conservation. 1997. *A phosphorus budget, model, and load reduction strategy for Lake Champlain. Lake Champlain Diagnostic-Feasibility Study final report*. Waterbury, VT and Albany, NY.
- ⁹ Hegman, W., D. Wang, and C. Borer. 1999. *Estimation of Lake Champlain basinwide nonpoint source phosphorus export*. Lake Champlain Basin Program Tech. Rep. No. 31. Grand Isle, VT.
- ¹⁰ *Entente entre le Gouvernement du Québec et le Gouvernement de l'État du Vermont concernant la réduction du phosphore dans la baie Missisquoi*. Signée le 26 août 2002. <http://www.menv.gouv.qc.ca/eau/bassinversant/bassins/missisquoi/entente-phosphore.pdf>
- ¹¹ Groupe de travail Vermont-Québec sur la réduction du phosphore dans la baie Missisquoi. 2000. *Partage des responsabilités entre le Québec et le Vermont pour la réduction des charges de phosphore dans la baie Missisquoi*. Rapport au Comité mixte du lac Champlain. http://www.lcbp.org/PDFs/missbay_finalFR.pdf
- ¹² Groupe de travail Vermont-Québec sur la réduction du phosphore dans la baie Missisquoi. 5 octobre 2001 *Addendum sur la charge cible et le nouveau partage des charges dans la baie Missisquoi*. http://www.lcbp.org/PDFs/missbay_addendFR.pdf
- ¹³ Vermont Department of Environmental Conservation and New York State Department of Environmental Conservation. 2002. *Lake Champlain Phosphorus Total Maximum Daily Load*. Waterbury, VT and Albany, NY. http://www.vtwaterquality.org/lakes/html/lp_phosphorus.htm
- ¹⁴ Governor James H. Douglas. *September 30, 2004 remarks. Clean and Clear Action Plan*. <http://www.vermont.gov/governor/speeches/clean-and-clear-water.html>

¹⁵ Governor James H. Douglas. January 20, 2004. *Clean and Clear Action Plan. Summary of actions presented in the FY05 budget address.* <http://www.vermont.gov/governor/priorities/Clean-and-Clear-Plan.pdf>

¹⁶ Comité interministériel de concertation sur la baie Missisquoi – Région de la Montérégie 2004. *Plan d'action 2003-2009 sur la réduction du phosphore dans la baie Missisquoi* (octobre 2003, version du 9 septembre 2004), 21 pages

Autres documents consultés par le Groupe de travail

Vermont Agency of Natural Resources. 1993. *Vermont Route 78 Swanton-Alburg Bridge Project Water Quality Assessment: The effects of a wider bridge opening on water quality in Missisquoi Bay and the Northeast Arm of Lake Champlain*, Waterbury, VT (March 31, 1993), 16 pages

Vermont Agency of Natural Resources. 1994. *Vermont route 78 Swanton-Alburg Bridge project Water Quality Assessment – Update July 1994* – 6 pages

Vermont Agency of Transportation. 1999. *Alburg-Swanton BRF 036-1 (1), Missisquoi Bay Bridge VT Route 78 Environmental Assessment*, 54 pages + appendices. Montpelier, VT

Vermont Department of Environmental Conservation. 2002. *Water Quality Certification (33 U.S.C. # 1341) Application for Bridge over Lake Champlain Missisquoi Bay Bridge Alburg-Swanton BRF 036-1 (1)*. Waterbury, VT

Vermont Department of Fish and Wildlife. 2002. *Endangered and Threatened Species Taking Permit – Missisquoi Bay Bridge*. Waterbury, Vermont

Sites Internet

www.lcbp.org/phospsum.htm

www.aot.state.vt.us/progdev/sections/structures/MBB/Index.htm

www.ijc.org (2 rapports d'ASA – Fiche d'information)

<http://www.tahoma.com>

Annexe 1 – Utilisation des sols et sources de phosphore dans le bassin versant de la baie Missisquoi

Tableau 1. Répartition de l'utilisation des sols dans le bassin versant de la baie Missisquoi (vers 1993)

	Répartition des superficies selon l'utilisation								Superficie totale (km ²)
	Vermont				Québec				
	Superficie (km ²)	For (%)	Agr (%)	Urb (%)	Superficie (km ²)	For (%)	Agr (%)	Urb (%)	
Riv. Missisquoi	1 594	66,0	19,3	4,7	646	80,5	10,5	4,1	2 240
Riv. de la Roche	92	37,4	39,2	5,4	55	44,4	45,0	5,4	147
Riv. aux Brochets	102	47,2	30,9	4,6	565	42,3	48,0	4,6	667
Drainage direct	2	46,2	16,2	19,7	49	20,3	58,0	12,4	51
Total	1 790	63,0	21,0	4,7	1 315	60,3	29,8	4,7	3 105

Utilisation des sols : For = forestier, Agr = agricole, Urb = urbain
Données tirées de Hegman *et al.*, 1999⁹.

Tableau 2. Répartition des charges de phosphore de sources diffuses entre les principales utilisations des terres dans le bassin versant de la baie Missisquoi

	Charges de phosphore (tonnes métriques/an)								Total
	Vermont				Québec				
	For	Agr	Urb	Total	For	Agr	Urb	Total	
Riv. Missisquoi	2,9	53,9	12,4	69,2 (75,9 %)	1,5	1,2	4,9	7,7 (13,7 %)	76,9 (52,1 %)
Riv. de la Roche	0,1	9,3	0,8	10,1 (11,1 %)	0,1	6,5	0,5	7,1 (12,6 %)	17,2 (11,7 %)
Riv. aux Brochets	0,1	10,8	0,8	11,8 (12,9 %)	0,7	33,9	4,4	39,0 (69,2 %)	50,8 (34,4 %)
Drainage direct	0,0	0,0	0,1	0,1 (< 0,1 %)	0,0	1,5	1,0	2,5 (4,4 %)	2,6 (1,8 %)
Total	3,1 (3,4 %)	74,1 (81,2 %)	14,1 (15,5 %)	91,2 (100 %)	2,3 (4,1 %)	43,2 (76,7 %)	10,7 (19 %)	56,3 (100 %)	147,5 (VT = 62 %) (QC = 38 %)

Utilisation des sols (vers 1993) : For = forestier, Agr = agricole, Urb = urbain (selon Hegman *et al.*, 1999)⁹.

Tableau 3. Débit des tributaires et charges totales de phosphore dans la baie Missisquoi en 1991

Tributaire	Débit moyen (10 ⁶ m ³ /an)	Concentration de phosphore de sources diffuses (mg/l)	Charge moyenne de phosphore (mt/an)
Riv. Missisquoi	1 307	0,057	84,5
Riv. aux Brochets	296	0,150	50,3
Riv. de la Roche	69	0,419	28,9
Secteurs non gaugés	36	0,096	3,5
Total			167,2

DEC du Vermont et DEC de l'État de New York (1997). « A phosphorus budget, model, and load reduction strategy for Lake Champlain », *Lake Champlain Diagnostic-Feasibility Study*, rapport final, tableau 28.

Annexe 2 – Information publique

Réunions publiques d'information

Date	25 août 2004	26 août 2004
Lieu	Saint-Georges-de-Clarenceville (Québec)	Swanton-Highgate (Vermont)
Président	Commissaire Gourd Commissaire Olsen	Commissaire Schornack Commissaire Gourd
Agents de communication	Frank Bevacqua et Nick Heisler	Frank Bevacqua et Nick Heisler
Nombre de participants	Environ 150	Environ 100
Durée	De 19 h à 20 h 30	De 18 h à 20 h 15

Liste des documents reçus aux réunions publiques des 25 et 26 août 2004 ou soumis à la CMI au 1^{er} octobre 2004

N ^o	Titre ou sujet	Présenté par
1.	Exposé de Conservation Baie Missisquoi inc. à la CMI (en français et en anglais)	Pierre Leduc
2.	Corporation du bassin versant de la baie Missisquoi – Brief presented to the public hearings VTRANS route 78 Bridge Alburg to Swanton Project (Missisquoi Bay Bridge) (en anglais) / Mémoire présenté aux audiences publiques (en français)	Chantal D'Auteil
3	Conservation Baie Missisquoi inc. (en anglais)	Louis Hak
4.	Carte du lac Champlain (en anglais)	Kenneth Miller
5.	Conservation Baie Missisquoi inc., Audiences publiques de la CMI (en anglais)	Nathalie Fortin
6.	Photos d'algues bleu vert	Lise Berry
7.	Lettre de Joël Bonin à Kenneth Miller (en anglais)	Kenneth Miller
8.	Pétition de 2 500 noms	Kenneth Miller et autres
9.	Conservation Baie Missisquoi inc., 26 août 2004 (en anglais)	Louis Hak
10.	Lac Champlain, mer intérieure, pont-jetée, troisième ébauche (en anglais)	David Borthwick-Leslie
11.	Tortue-molle à épines et le pont-jetée (en anglais)	Ron Haskel

Annexe 3 – Révision scientifique et technique

Experts scientifiques et techniques

Mohamed A. Abdelrhman,
Spécialiste des sciences physiques
U.S. Environmental Protection Agency, Narragansett, R.I.

Jean-François Cantin
Hydrologue régional
Environnement Canada, Québec, Qc

Edward Dettmann
Chercheur en environnement
U.S. Environmental Protection Agency, Narragansett, R.I.

Mark Geib
Chef d'équipe, Section de la gestion de l'eau
US Army Corps of Engineers Office
New England District Office, Concord, Ma

Christiane Hudon
Chercheur scientifique
Environnement Canada, Centre Saint-Laurent, Montréal, Qc

Marc Simoneau
Analyste des milieux aquatiques
Ministère de l'Environnement du Québec, Québec, Qc

Maurice Sydor
Chef, Analyse, modélisation et intégration des données
Environnement Canada, Gatineau, Qc

André Thibault
Chargé de projets
Ministère de l'Environnement du Québec, Québec, Qc

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY
NATIONAL HEALTH AND ENVIRONMENTAL EFFECTS
RESEARCH LABORATORY
ATLANTIC ECOLOGY DIVISION
27 TARZWELL DRIVE, NARRAGANSETT, R.I. 02882
Le 15 juillet 2004

NOTE DE SERVICE

OBJET : Examen des modèles hydrodynamiques pour la baie Missisquoi, lac Champlain, Vermont

DE : Mohamed A. Abdelrhman
Spécialiste des sciences physiques
Habitat Effects Branch

À : Erik Beck
US EPA, Bureau régional de la Nouvelle-Angleterre

CC : Timothy Gleason
Chef
Habitat Effects Branch

La Région 1 a demandé une aide technique pour évaluer les modèles de circulation qui ont été faits pour la baie Missisquoi et le pont-jetée controversé reliant Swanton, au Vermont, à Alburg, au Vermont. La structure existante obstrue partiellement l'ouverture de la baie Missisquoi, une étendue d'eau partagée par les États-Unis et le Canada, vers le reste du lac Champlain et empêche peut-être l'évacuation naturelle des matières nutritives vers le reste du lac. Un modèle précédent de la circulation de l'eau, du P et des sédiments a estimé l'impact potentiel de l'enlèvement du pont-jetée. Ce modèle a fait par la suite l'objet de vérifications grâce à des travaux effectués par Applied Science Associates. La Région 1 veut qu'on l'aide à évaluer ces modèles en répondant aux questions suivantes :

1. Les modèles de la circulation et de la qualité de l'eau permettent-ils de déterminer les effets de l'enlèvement du pont-jetée sur le débit et les niveaux d'eau (circulation) et sur la qualité de l'eau?
2. Les résultats et recommandations sont-ils valables?
3. Possède-t-on suffisamment d'information technique pour nous aider à prendre une décision de cette importance? Si ce n'est pas le cas, de quelles informations a-t-on principalement besoin?

Afin de fournir une réponse dans les délais demandés, j'ai passé rapidement en revue les trois rapports hydrodynamiques, puis je me suis concentré sur le dernier rapport établi par

Applied Science Associates (ASA's 1997 Hydrodynamic Field Study and Model Verification, Phase 2). Voici mon évaluation :

A) Préoccupations au sujet du modèle hydrodynamique :

1. Forçage :

- Les effets de la stratification et des seiches n'ont pas été inclus. Les études précédentes indiquent une oscillation de 4 heures.
- On n'a pas défini le forçage aux trois limites ouvertes.

2. Données de terrain :

- Il faudrait analyser la vitesse mesurée des courants au moyen d'une analyse spectrale afin de déterminer les oscillations périodiques, le cas échéant.
- Il ne faudrait pas calculer les moyennes avant de faire une analyse des données de terrain.
- Les limnomètres devraient se rapporter à une surface de référence.

3. Calibration :

- Les comparaisons qualitatives présentées entre les vitesses simulées et les vitesses observées étaient médiocres, tant au niveau de l'ampleur que de la direction, ce qui peut faire que le mélange et le transport du plan d'eau ne sont pas bien représentés.
- Il y a un décalibration entre les résultats du modèle et les observations.
- La valeur r^2 (0,36) est faible entre le modèle et les observations.
- Le modèle ne reproduit pas les déplacements de la drogue.
- Il n'y a pas de comparaison pour le niveau des eaux.

B) Effets sur la modélisation de la qualité de l'eau

La vitesse des courants influe sur le mélange et le transport des paramètres de la qualité de l'eau. Un champ de vitesse incorrect génère des données incorrectes sur le transport et le mélange de la baie. Même si les flux d'eau prévus sous le pont s'approchent des flux observés, le flux des constituants de la qualité de l'eau charriés par cette eau dépend d'un bon mélange dans la masse d'eau de la baie, ce qui n'a pas été démontré par les résultats.

C) Analyse concernant le pont-jetée :

L'analyse concernant le pont-jetée peut être envisagée de deux points de vue : qualitativement, sans calibration du modèle, telle qu'elle a été présentée par ASA dans son étude intitulée *1997 Hydrodynamic Model* (phase 1); 2) quantitativement, avec calibration et validation du modèle, telle qu'elle a été présentée par ASA dans son étude intitulée *1997 Hydrodynamic Field Study and Model Verification* (phase 2). Il n'en reste pas moins que les deux approches peuvent être valables pour évaluer qualitativement les effets de l'enlèvement du pont-jetée. Cependant, il se peut que les valeurs quantitatives ne soient pas exactes si la calibration du modèle n'est pas satisfaisante, ce qui s'avère dans le cas présent.

D) La pire éventualité et la solution définitive :

Si l'on part de l'hypothèse que la baie Missisquoi est complètement bloquée au niveau du pont-jetée et que, par conséquent, elle est comme un lac, les recommandations faites par la Vermont Agency of Natural Resources visant à assurer à long terme la qualité de l'eau représenteraient la solution définitive : l'amélioration des installations de traitement des eaux usées, la mise en œuvre de meilleures pratiques de gestion agricole, l'amélioration de la stabilité des rives et des lits, l'amélioration dans l'émissions de permis pour les eaux de pluie, la lutte contre l'érosion sur les chantiers de construction et l'amélioration de l'entretien des routes de campagne. Tôt ou tard, ces recommandations devraient être valables pour tout plan d'eau.

E) Réponses aux questions :

Q1: Les modèles de la circulation et de la qualité de l'eau permettent-ils de déterminer les effets de l'enlèvement du pont-jetée sur le débit et les niveaux d'eau (circulation) et sur la qualité de l'eau?

Réponse : Le modèle hydrodynamique est valable, mais la calibration (la vérification) est médiocre.

Q2: Les résultats et recommandations sont-ils valables?

Réponse : Les résultats et recommandations sont valables qualitativement, mais non quantitativement.

Q3: Possède-t-on suffisamment d'information technique pour nous aider à prendre une décision de cette importance? Si ce n'est pas le cas, de quelles informations a-t-on principalement besoin?

Réponse : Après quatre années de recherche sur le sujet et la présentation de six rapports et d'une évaluation par un comité consultatif, je dirais que l'on possède beaucoup d'information, mais qu'un certain degré d'incertitude est lié à cette information. Une meilleure calibration du modèle produirait des résultats plus exacts; cependant, il se pourrait que l'impact sur l'évaluation et les recommandations finales ne soit pas significatif.

Traduction de la lettre originale en anglais
--



Note de service Memorandum

À/TO:

Madeleine Papineau
Environnement Canada

PRÉPARÉ PAR/
PREPARED BY:

SÉCURITÉ/
SECURITY:

DE/
FROM:

Jean-François Cantin
chef, section hydrologie
Service météorologique du Canada

DOSSIER/FILE:

DATE: 2004-08-24

OBJET/
SUBJECT:

Avis sur le modèle hydrodynamique appliqué sur la Baie Missisquoi par ASA Consultants

Madeleine;

J'ai révisé les études de la firme ASA portant sur l'hydrodynamique et le transport de polluants publiées en mars 1997 (ASA Project 95-136) et octobre 1997 (ASA Project 96-73). J'ai aussi révisé plusieurs notes d'information produites depuis 1996 au sujet des conclusions des études et de leur qualité, et voici mon avis concernant les trois questions énoncées dans votre lettre datée du 18 juin 2004.

Question 1 :

A mon avis OUI, les modèles hydrodynamique et de qualité de l'eau utilisés sont appropriés au problème à analyser. Les données de base utilisées pour l'implantation du modèle de terrain semblent de bonne qualité et, selon la cartographie des plantes aquatiques fournie par le ministère de l'Environnement du Québec, l'impact de ces dernières sur l'écoulement de la baie doit se faire sentir surtout le long des berges, mais demeurer faible dans l'ensemble. Des données de calibration et de validation furent obtenues avec des méthodes et des instruments qui correspondent aux règles de l'art. Concernant la faible performance du modèle à reproduire la trajectoire des drogues et les mesures de vitesse, je suis d'accord avec l'analyse des auteurs du rapport, à savoir que les zones simulées de concentrations fortes ou faibles en phosphore peuvent être légèrement différentes de la réalité localement, que les changements de l'écoulement s'opérant rapidement dans le temps peuvent ne pas être bien reproduits par le modèle, mais qu'à l'échelle de la Baie Missisquoi et sur des périodes plus longues, l'écoulement dans le secteur du pont, qui contrôle le temps de résidence des eaux dans la baie et les concentrations en phosphore, est correctement reproduit. De plus, les comparaisons entre les différents scénarios avec « causeway »/ « sans causeway » sont réalisées en utilisant les résultats de modèles entre eux.

Question 2 :

Je suis d'accord avec les conclusions émises par les auteurs des études, à savoir que la présence du « causeway » génère une résistance à l'écoulement augmentant le temps de

résidence des eaux dans la Baie Missisquoi jusqu'à un maximum de 10%, et que son enlèvement complet entraîneraient une diminution des concentrations en phosphore d'environ 1%, pour un écoulement net inchangé en raison de l'établissement d'un nouvel équilibre entre l'énergie hydraulique disponible et les différentes sollicitations (vent, frottements). Les différentes sollicitations comme la vitesse et la direction des vents, ainsi que les débits entrant dans le système ont substantiellement plus d'impact sur les résultats des modèles que la présence ou l'absence du « causeway ». Je ne crois pas qu'il soit réaliste de s'attendre à une amélioration majeure de la qualité de l'eau en intervenant sur la géométrie du « causeway ».

Question 3 :

Je crois que les conclusions des auteurs des études quant au faible impact du « causeway » sont valables et que cet aspect a été analysé avec diligence et professionnalisme de la part de la firme ASA, qui ont utilisé des données valables dans la construction, l'exploitation et la calibration de leurs modèles. Je crois que la problématique de la Baie Missisquoi devrait être examinée dans son entier, en incluant les apports en nutriments provenant de l'usage qui est fait du bassin versant de la baie. L'utilisation historique du territoire à des fins agricoles, résidentielles et/ou autres, les plans de développement prévus pour le futur, les pratiques agricoles en vigueur, les plans d'amélioration de ces dernières, augmentation des cheptels, réglementation, etc. sont des aspects qui contribuent à la problématique de la Baie Missisquoi et dont l'impact pourrait être quantifié.

Jean-François Cantin, ing., M.Sc.

Chef, Section Hydrologie
Service météorologique du Canada
1141 route de l'Église, C.P. 10100
Sainte-Foy, Québec, G1V 4H5
tel.: (418) 649-6565
fax.: (418) 648-7166
courriel: jean-francois.cantin@ec.gc.ca

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY
NATIONAL HEALTH AND ENVIRONMENTAL EFFECTS
RESEARCH LABORATORY
ATLANTIC ECOLOGY DIVISION
27 TARZWELL DRIVE, NARRAGANSETT, R.I. 02882
Le 18 juillet 2004

NOTE DE SERVICE

- OBJET :** Examen de l'analyse de la qualité de l'eau dans la baie Missisquoi, lac Champlain, à partir d'une modélisation hydrodynamique effectuée par Applied Science Associates
- DE :** Edward H. Dettmann, chercheur en environnement
Watershed Diagnostics Branch
- À :** Erik Beck
US EPA, Bureau régional de la Nouvelle-Angleterre
- CC :** Marilyn Ten Brink, chef
Watershed Diagnostics Branch

L'examen qui suit est fondé sur une évaluation du rapport intitulé *Missisquoi Bay Field Study and Hydrodynamic Model Verification*, présenté à Vermont Geological Survey/Vermont Agency of Natural Resources par Daniel Mendelsohn, Henry Rines et Tatsusaburo de la firme Applied Sciences Associates, Inc., Narragansett, Rhode Island, en octobre 1997, ainsi que sur une évaluation (en date du 16 juillet 2004) faite par Mohamed A. Abdelrhman de la Atlantic Ecology Division, U.S. Environmental Protection Agency, des modèles hydrodynamiques décrits dans le rapport susmentionné d'Applied Sciences Associates. Pour ce qui est des trois questions que vous me posez dans votre courriel du 15 juillet 2004, je m'attarde sur les aspects concernant la qualité de l'eau. Vous trouverez ci-dessous chacune des trois questions, avec mes commentaires.

Question 1. *Les modèles de la circulation et de la qualité de l'eau permettent-ils de déterminer les effets de l'enlèvement du pont-jetée sur le débit et les niveaux d'eau (circulation) et sur la qualité de l'eau?*

Pour ce qui est du modèle hydrodynamique, je m'en remets à l'analyse faite par M. Abdelrhman. Il a noté certaines lacunes dans les travaux de modélisation, notamment que les effets de la stratification et des seiches n'avaient pas été inclus et que le forçage aux trois limites ouvertes n'avait pas été défini. Il a également souligné que quelques aspects de la calibration du modèle (en particulier le décalage temporel entre les résultats du modèle et les observations, la faible valeur r^2 entre le modèle et les observations, et la difficulté qu'a

le modèle pour reproduire les déplacements de la drogue) n'étaient pas satisfaisants sur certains plans.

Mon évaluation des conséquences de ces lacunes pour la modélisation de la qualité de l'eau est la suivante :

Pour la période couvrant les études sur le terrain, en octobre 1996, la distribution uniforme de la surface au fond des données obtenues par l'ADCP (profileur de courant à effet Doppler) montrent qu'il y a eu peu de stratification, voire aucune stratification, dans la région de déploiement, si bien que cela ne constitue probablement pas un problème pour la période de référence. La profondeur maximale de la baie (4 m) correspond probablement à moins de la moitié de la profondeur de la thermocline estivale dans la partie principale du lac, si bien que tout effet de stratification dans la baie Missisquoi est probablement transitoire et non susceptible d'avoir une incidence importante sur les processus de mélange dans la baie. Il est possible qu'il n'y ait jamais une forte stratification à l'endroit où a été déployé l'ADCP, soit au centre de l'ouverture du pont, car l'eau y est relativement peu profonde et les courants y sont forts, deux facteurs qui perturberaient probablement toute stratification qui pourrait exister. Néanmoins, le fait que le forçage aux limites du modèle n'ait pas été défini suppose que le modèle ne tient pas compte de certains effets (comme les courants produits par la seiche interne de 4 jours dans le bassin principal du lac Champlain) qui pourraient avoir une certaine influence atténuée sur la baie Missisquoi.

Le fait de ne pas tenir compte de la seiche de surface de 4 heures pourrait fausser dans une certaine mesure les résultats du modèle, bien que la faible amplitude de cette seiche laisse croire que les erreurs ne seraient pas importantes.

Les décalages temporels entre les résultats du modèle et les observations qui ont été signalés par M. Abdelrhman sont réels et montrent que le modèle n'enregistre pas certains aspects de la réaction de la baie. Toutefois, ces décalages temporels n'affectent pas de façon significative la modélisation globale du transport des contaminants ni n'empêchent l'utilisation des résultats du modèle hydrodynamique pour le calcul du transport des contaminants.

En résumé, le modèle qui a été utilisé est adéquat, mais certains aspects de l'application du modèle nuisent à l'exactitude des résultats du calcul du transport du phosphore. On peut se poser des questions sur l'exactitude des écarts modélisés entre les scénarios avec ou sans le pont-jetée. Cependant, selon mon jugement professionnel, aucune des questions soulevées ne met en lumière des failles fatales dans les travaux de modélisation. Les

conclusions qui ont été tirées sont susceptibles d'être qualitativement correctes.

Question 2. *Les résultats et recommandations sont-ils valables?*

Étant donné certaines des omissions dans l'application du modèle et les écarts entre les résultats du modèle et les observations signalées par M. Abdelrhman, une certaine incertitude existe quant à la validité quantitative des résultats obtenus. Cependant, sur le plan qualitatif, les résultats semblent valables et cadrent avec les recommandations.

Question 3. *Possède-t-on suffisamment d'information technique pour nous aider à prendre une décision de cette importance? Si ce n'est pas le cas, de quelles informations a-t-on principalement besoin?*

Selon moi, il y a suffisamment d'information technique pour aider les décideurs à prendre une décision de cette importance. Seul un programme de modélisation et de recherche sur le terrain plus complet et probablement davantage financé que celui que nous évaluons présentement pourrait permettre d'obtenir plus d'information. Un tel programme réduirait certainement l'incertitude scientifique, mais l'impact sur l'ensemble des résultats et des recommandations ne serait probablement pas significatif.

Traduction de la lettre originale en anglais
--

Note : M. Mark Geib a examiné l'information que la Commission mixte internationale (CMI) lui a fournie sur la modélisation hydrodynamique de la baie Missisquoi, au Vermont. M. Geib est chef d'équipe de la section sur la gestion de l'eau, bureau de district de la Nouvelle-Angleterre, Service du génie du Corps d'armée des États-Unis. C'est la CMI qui a demandé au Service de génie de lui fournir une aide technique pour examiner les documents reçus par la CMI. Voir l'examen fait par M. Geib. L'examen ci-joint fait par M. Geib ne représente pas nécessairement l'opinion du Service du génie sur cette question et n'est fourni qu'à titre d'aide technique à la CMI.

Examen de rapports sur la baie Missisquoi pour le compte de la CMI

Le 30 juin 2004

Conformément à ce qui lui a été demandé, la section de la gestion de l'eau a examiné brièvement deux rapports présentant les résultats de la modélisation hydrodynamique de la baie Missisquoi, sur le lac Champlain. C'est la CMI qui a demandé que l'on examine les rapports et que l'on tente plus particulièrement de déterminer si les modèles utilisés étaient des outils appropriés pour évaluer les impacts sur la circulation et la qualité de l'eau, si les résultats et les recommandations sont valables et si l'information technique est suffisante pour aider les décideurs.

Les modèles et les rapports ont été préparés par Applied Science Associates, Inc. (ASA), une firme de Narragansett, du Rhode Island. Les études avaient pour objectif de déterminer les conséquences de l'enlèvement éventuel du pont-jetée de la route 78 qui enjambe l'extrémité sud de la baie. Il y a des craintes que le pont-jetée ne perturbe l'écoulement et la qualité de l'eau dans la baie.

Le premier rapport, daté du 27 mars 1997, présente les résultats de la modélisation dérivée du système de gestion et d'analyse de la qualité de l'eau (WQMAP – Water Quality Management and Analysis Package). Le WQMAP est un modèle fonctionnant sur PC qui intègre des données géographiques (utilisation des terres, caractéristiques du bassin hydrologique, sources ponctuelles de pollution), des données environnementales (paramètres de la qualité de l'eau, débit d'eau des ruisseaux, bathymétrie) et des modèles de processus (hydrodynamique, transport des polluants, transport des sédiments, vagues). Dans le cas du projet de la baie Missisquoi, il s'agit d'un modèle tridimensionnel de circulation assujéti à des conditions aux limites et couplé à un modèle tridimensionnel de transfert de masse à constituante unique qui est configuré pour simuler l'évacuation d'une substance rémanente, le transport des sédiments et une réaction simplifiée mettant en cause le phosphore. La grille utilisée couvrait tout le bras Nord-Est du lac Champlain, avec une maille plus fine pour la zone du pont-jetée et la baie Missisquoi. Les conditions aux limites visaient les trois connections menant à la partie centrale du lac Champlain. Les données d'entrée comprenaient des enregistrements du vent et du débit d'eau des rivières ainsi que des données sur les sédiments en suspension. La firme ASA a analysé 35 cas, avec ou sans pont-jetée, selon différentes vitesses et directions du vent, différents débits d'eau des rivières ainsi que différentes hypothèses liées à l'enlèvement total ou partiel du pont-jetée. Elle a conclu que le pont-jetée ne restreignait pas la circulation de l'eau entre la baie Missisquoi et le bras Nord-Est du lac et qu'il n'entraînait que des effets locaux de peu d'importance. Si l'on examine la superficie de la baie Missisquoi ainsi que l'approche et la

sortie relativement étroites de la zone du pont-jetée de même que les vecteurs de courant, avec et sans pont-jetée, il semble que la conclusion à laquelle est arrivée la firme ASA est raisonnable. Les recommandations ont mis en évidence une lacune dans le modèle original, soit l'absence de vérifications sur le terrain et de simulations de variables temporelles à long terme, avec des données réelles sur les vents et les débits d'eau des rivières.

Suite à la recommandation ci-dessus, la firme ASA a fait une étude intitulée *Missisquoi Bay Field Study and Hydrodynamic Model Verification* et présenté son rapport en octobre 1997. ASA a recueilli pendant un mois des données dans la zone du pont-jetée (les niveaux d'eau en amont et en aval du pont ainsi que dans la partie nord de la baie), installé une station météorologique (vitesse et direction du vent), enregistré des données sur le débit des rivières, prélevé des échantillons d'eau (teneur en phosphore et total des solides en suspension) (analyses faites par le personnel de l'Agence des Ressources naturelles du Vermont) et fait des études avec une drogue dans les eaux libres de la baie pendant deux jours. Les données ont servi à calibrer le modèle et à faire des simulations additionnelles.

Conclusions : ASA est une firme très connue, qui jouit d'une bonne réputation et qui a fait de nombreuses études de ce genre. Nous connaissons les travaux qu'elle a faits dans la baie de Naragansett, sur la rivière Providence, ainsi que d'autres études portant sur la côte du Rhode Island. Les spécialistes du Service de génie à Waterways Experiment Station ont embauché la firme dans le passé pour faire des études. Les études concernant la baie Missisquoi semblent très approfondies, et les outils et l'approche de modélisation utilisés semblent convenir à l'objectif de l'étude. Étant donné le caractère exhaustif et fouillé des études, il semblerait, sur la base du présent examen, que l'information technique produite est suffisante pour permettre aux décideurs de prendre des décisions éclairées concernant le pont-jetée.

Mark Geib
Section de la gestion de l'eau
Service du génie, bureau de district de Nouvelle-Angleterre, Armée des États-Unis

Traduction de la lettre originale en anglais
--

Le 5 juillet 2004

À : Madeleine Papineau, Marc Berthelet, Alex Vincent

De : Christiane Hudon

Objet : Demande de la CMI au sujet de la baie Missisquoi

Je suis entièrement d'accord avec le résumé de la situation présenté dans le sommaire des résultats de la recherche (Summary of Research Findings) établi par l'Agency of Natural Resources du Vermont (document du 16 juillet 2003).

Je donne ci-dessous un aperçu du rôle précis joué par EC-Québec dans la première partie du processus.

Le comité consultatif du projet (Project Advisory Committee – PAC) s'est réuni entre les mois de mars 1996 et mai 1997 afin de suivre le déroulement de l'étude hydrodynamique de la baie Missisquoi. Les membres du comité comprenaient des représentants de la Vermont Agency of Transportation, de la Vermont Agency of Natural Resources, de la Northwest Regional Planning Commission et des maires des municipalités du Québec. J'ai participé aux réunions du PAC en tant que conseillère technique (représentante d'Environnement Canada) sur les questions touchant la qualité de l'eau et j'ai reçu l'aide de Jean-François Cantin (SMC) pour ce qui est des questions touchant la modélisation hydrodynamique.

Au printemps 1996, un modèle hydrodynamique a été présenté; il mettait en évidence le débit sortant de la baie sous différentes conditions environnementales. Les commentaires faits par Environnement Canada (voir les documents ci-joints de Jean-François Cantin et de Christiane Hudon, des 25 et 29 juillet 1996) faisaient ressortir la nécessité de faire une validation de l'étude sur le terrain ainsi que diverses questions techniques. Le représentant de la Vermont Agency of Natural Resources a tenu compte de ces commentaires lorsqu'ils ont pris des mesures sur le terrain à la fin de l'été et à l'automne de 1996 (voir la note de Eric Smeltzer du 28 août 1996).

Les résultats de la validation sur le terrain du modèle hydrodynamique de la baie Missisquoi ont été présentés par la firme ASA Inc. au printemps de 1997. Le personnel d'Environnement Canada (voir la note du 23 avril et la lettre adressée à Larry Becker du 6 mai 1997) a examiné le rapport final, conclu que les données étaient suffisantes et endossé les conclusions voulant que le pont-jetée n'entrave que peu (à peu près 10 %) le débit de l'eau entre la baie Missisquoi et le bras Nord-Est du lac Champlain.

En l'absence de toute nouvelle information sur le sujet de la modélisation hydrodynamique de la baie Missisquoi, il semblerait que la réponse est NON aux quatre questions posées par M. Bill Graham à M. Herb Gray, à savoir :

1. Est-ce que la jetée située aux États-Unis a une incidence sur le niveau et le débit de l'eau au Canada?
2. Est-ce que la jetée située aux États-Unis est une source de pollution et porte atteinte à la santé des citoyens ou à l'état des biens au Canada?
3. Est-ce que l'enlèvement de la jetée située aux États-Unis pourrait être une source de pollution et porter atteinte à la santé des citoyens ou à l'état des biens aux États-Unis?
4. Est-ce que la réalisation aux États-Unis du projet proposé entraînerait une source de pollution et pourrait porter atteinte à la santé des citoyens ou à l'état des biens au Canada?

En conclusion, j'aimerais reprendre la conclusion figurant dans ma lettre à M. Larry Becker (en date du 6 mai 1997) où je dis qu'une des priorités du comité de direction du pont-jetée de la baie Missisquoi devrait être de modifier la perception générale de cette question en donnant de l'information au public.

Chistiane Hudon
Centre Saint-Laurent
Direction de la conservation de l'environnement
Environnement Canada

Traduction de la lettre originale en anglais
--

Environnement Québec
Direction du suivi de l'état de l'environnement

Le 29 juillet 2004

Madame Madeleine Papineau
Environnement Canada
1141, route de l'Église
Québec (Québec) G1V 3W5

Objet : Modernisation du pont de la route reliant Alburg et Swanton et enlèvement partiel ou total de ses deux jetées.

Madame,

Nous désirons par la présente, vous faire part dans un premier temps de nos commentaires concernant les deux rapports suivants portant sur l'hydrodynamique de la Baie Missisquoi en présence des deux jetées et sur leur enlèvement partiel ou total. Ces deux rapports sont :

1. Mendelsohn, D. *et al.*, 1997. Hydrodynamic Modeling of Missisquoi Bay in Lake Champlain, Applied Science Associates. Project 95-136, 106 p. et 5 annexes.
2. Mendelsohn, D. *et al.*, 1997. Missisquoi Bay Field Study and Hydrodynamic Model Verification, Applied Science Associates. Project 96-73, 91 p. et 1 annexe.

Des commentaires seront ensuite émis concernant le document suivant :

3. Vermont Agency of Natural Resources, 2003. Water Quality Effects of the Missisquoi Bay Bridge: A Summary of Research Findings as the Basis for the Agency's Position on Causeway Removal and Water Quality, 5 p.

Édifice Marie-Guyart, 7^e étage
675, boulevard René-Lévesque Est, boîte 22
Québec (Québec) G1R 5V7
Téléphone : (418) 521-3820, poste 4754
Télécopieur : (418) 646-8483
Internet : <http://www.menv.gouv.qc.ca>
Courriel : andré.thibault@menv.gouv.qc.ca
Ce papier contient 20 % de fibres recyclées de postconsommation

Nous entendons enfin répondre aux trois questions apparaissant dans la note datée du 21 juin 2004 et qui est jointe à la présente.

Modélisation de l'hydrodynamique et de la qualité de l'eau de la Baie Missisquoi

L'analyse du rapport n° 1 suscite les commentaires suivants :

À moins que ce ne soit spécifié correctement, partout dans ce document où on utilise les termes « wind direction », on fait alors référence à la provenance du vent; parfois, dans le texte on parle effectivement de la provenance du vent alors que dans les figures, tableaux et annexes auxquels on réfère, on utilise les termes « wind direction ». Cette situation est source de confusion et rend plus ardue l'analyse et la compréhension du contenu de ce document;

Page 16 et suivantes. On décrit le modèle numérique tridimensionnel utilisé pour réaliser les différentes modélisations (WQMAP); c'est un modèle hydrodynamique couplé à la qualité de l'eau. Le module hydrodynamique du modèle résout les équations de la conservation de la masse (eau et constituants) et de la conservation de la quantité de mouvement à partir de la méthode des différences finies; on peut présumer que ce sont les équations de Saint-Venant. Cette méthode est la plus couramment utilisée pour la discrétisation sur les plans horizontal et vertical d'une zone d'étude. Cette discrétisation peut aussi être réalisée en termes d'éléments finis ou de volumes finis; cependant, quelle que soit la méthode utilisée, on résout normalement ces mêmes équations et les résultats devraient être sensiblement les mêmes. Le module transport a été configuré pour évaluer le temps de renouvellement d'une substance conservative, le transport de sédiments et une simplification de la dispersion du phosphore;

Page 25, point 4.4. On mentionne qu'on a utilisé la valeur moyenne de 35µg/l de phosphore total dans la Baie Missisquoi; cette valeur est légèrement inférieure à la valeur médiane de 42 µg/l pour la période s'étendant de mai 1992 à octobre 2003.

Les résultats des différentes modélisations (**point 6.1**) au niveau hydrodynamique (vitesse et direction des courants) fournissent des informations plausibles et rationnelles; c'est le cas aussi pour la modélisation du temps de renouvellement (**point 6.2**). Concernant le modèle de transport des sédiments (**point 6.3; page 79**) pour les cas B1 et B2, je pense qu'il aurait été préférable d'écrire « expected » au lieu de « not unexpected ». En fait, ce que le modèle prédit, c'est ce qui était prévisible.

L'analyse du rapport n° 2 suscite les commentaires suivants :

Dans ce document, on constate que l'auteur est plus soucieux de préciser si l'on parle de la provenance ou vers quelle direction le vent se dirige. Évidemment, cela facilite la compréhension et l'analyse de son contenu. Par contre, à de nombreuses occasions, le doute persiste toujours et le lecteur doit corriger les imprécisions ou les erreurs commises;

Page 29 « drogue study ». Je constate que les vitesses sont faibles et que les directions sont différentes de celles obtenues par le modèle (figure 6.3a). La question est de savoir si la présence de macrophytes pourrait en partie expliquer cette différence. L'auteur ne documente en aucun temps la présence de macrophytes dans la baie Missisquoi, ce qui est regrettable. De plus, il ne mentionne pas si le modèle hydrodynamique tient compte de la résistance à l'écoulement que représentent les macrophytes;

Page 55, point 6, calibration du modèle hydrodynamique. On comprend que le modèle est conservateur dans l'évaluation des vitesses du courant. J'assume que le modèle a été calibré à partir des données courantométriques par flotteurs (drogue) qui, comme je l'ai mentionné antérieurement, m'apparaissent très faibles. Je précise que ces mesures courantométriques sont des mesures ponctuelles et qu'elles intègrent des composantes de l'écoulement dont le modèle ne tient probablement pas compte. Ceci pourrait expliquer l'écart entre les études courantométriques par flotteurs et les prédictions du modèle;

Page 66, troisième paragraphe. Contrairement à l'auteur, je ne crois pas qu'une réduction du débit se traduise par une possibilité accrue d'une stratification de la baie; le brassage occasionné par le vent et la profondeur moyenne réduite de la baie suggèrent plutôt le contraire;

- Si l'on fait un bilan de la campagne de relevés réalisée en octobre 1996, on arrive aux constats suivants :
 - Les mesures de courant (vitesse et direction) effectuées à l'aide du courantomètre (ADCP) ont été limitées à la zone comprise entre les deux jetées du pont; on ne peut que regretter que cet appareil n'ait pas été utilisé pour réaliser plusieurs sections transversales à l'intérieur de la Baie. Ces données auraient pu être utilisées pour calibrer le modèle;
 - Le courantomètre S4 qui devait effectuer des mesures eulériennes de courant n'a pas fonctionné;
 - Les mesures lagrangiennes de courant (vitesse et direction) réalisées à l'aide de flotteurs (drogue) fournissent des résultats différents des attentes et de celles obtenues par la modélisation. À mon avis, la présence de macrophytes pourrait expliquer cette différence;
 - Les résultats des deux campagnes d'échantillonnage du phosphore peuvent difficilement être utilisées pour calibrer le modèle compte tenu que l'échantillon inclut le phosphore total qui provient des sédiments et qui est remis en solution par le brassage de l'eau occasionné par le vent, un élément que le modèle ne considère pas;

–Finalement, peu de données en provenance de ces deux campagnes de relevés pourront être utilisées pour calibrer le modèle, ce qui est décevant à posteriori.

Effets sur la qualité de l'eau de la Baie Missisquoi résultant de l'enlèvement total ou partiel des deux jetées

L'analyse du rapport n° 3 suscite les commentaires suivants :

Nous sommes tout à fait en accord avec les conclusions des études qui évaluent les effets du pont d'Alburg-Swanton sur la qualité de l'eau de la baie Missisquoi et du bras Nord-Est. Nous sommes d'avis que l'enlèvement de la jetée ne réduira en rien les apports de sédiments et de phosphore que reçoit la baie Missisquoi. Tant et aussi longtemps que les rivières Missisquoi, aux Brochets et de la Roche déverseront des quantités importantes de sédiments et d'éléments nutritifs dans la baie, la qualité des eaux sera déficiente et les problèmes de plantes aquatiques et de cyanobactéries persisteront. Il semble d'ailleurs qu'une partie importante des rejets déversés dans la baie sédimentent dans la baie et ne soient pas exportés vers le bras Nord-Est. Ils contribuent donc à enrichir les sédiments de la baie.

Monsieur Nicolas Gidas, spécialiste en hydrodynamique de la Direction des écosystèmes aquatiques du ministère de l'Environnement, avait déjà émis un avis semblable en mai 1996. M. Gidas évaluait alors que la réduction réelle de phosphore dans la baie se situerait davantage entre 1 et 8 % plutôt que les 8 % qui avaient été estimés.

Par ailleurs, nous appuyons la demande formulée par le ministère de l'Environnement du Québec à l'endroit du Vermont Agency of Transportation, suggérant d'effectuer un suivi de la qualité de l'eau durant et après les travaux et d'inclure parmi les paramètres de ce suivi la mesure du phosphore total et de la chlorophylle *a*. La présence depuis 1992 d'une station de mesure de la qualité de l'eau dans la baie Missisquoi permet de suivre l'évolution temporelle des concentrations de phosphore. Il n'y a cependant pas de stations de mesure installées de part et d'autre du pont Alburg-Swanton qui puissent nous permettre de mesurer l'état actuel de la qualité de l'eau et les changements que l'enlèvement partiel de la jetée pourrait causer. Les résultats qui pourraient découler d'un tel suivi serviraient à démontrer l'effet actuel de la jetée et l'impact de son démantèlement partiel.

Réponses aux questions apparaissant dans la pièce jointe n° 1

Question n° 1

Je pense que le modèle utilisé par la Firme Applied Science Associates, à savoir, le modèle WQMAP, est tout à fait approprié pour déterminer les effets de l'enlèvement total ou partiel des deux jetées sur les niveaux d'eau, les débits (vitesse et direction des courants) et la qualité de l'eau. Le module hydrodynamique résout les équations de longueurs d'ondes

par la méthode des différences finies alors que les autres modules effectuent la modélisation avec un niveau de réalisme acceptable.

Ce modèle peut par lui-même générer des résultats de modélisations en autant que les facteurs externes affectant le système, comme le vent, le niveau d'eau et les apports des tributaires (débits, qualité), soient bien rendus. Il est regrettable que la campagne de relevés d'octobre 1996 qui devait servir à calibrer le modèle, n'ait pas permis d'atteindre cet objectif.

Question n° 2

Je crois que les résultats et conclusions des deux documents sont valables. Par contre, le modèle ne tient pas compte du phosphore contenu dans les sédiments et qui peut potentiellement être remis en solution par l'action du brassage de la colonne d'eau occasionné par le vent, En conséquence, la zone de dispersion peut s'étendre au-delà d'une bande de 200 mètres au sud des deux jetées. C'est la même chose pour les sédiments en suspension.

Question n° 3

Je pense que le comité mixte international dispose maintenant de suffisamment d'informations techniques pour prendre une décision éclairée quant à l'enlèvement total ou partiel des deux (2) jetées.

Marc Simoneau, M. Sc.
Analyste des milieux aquatiques

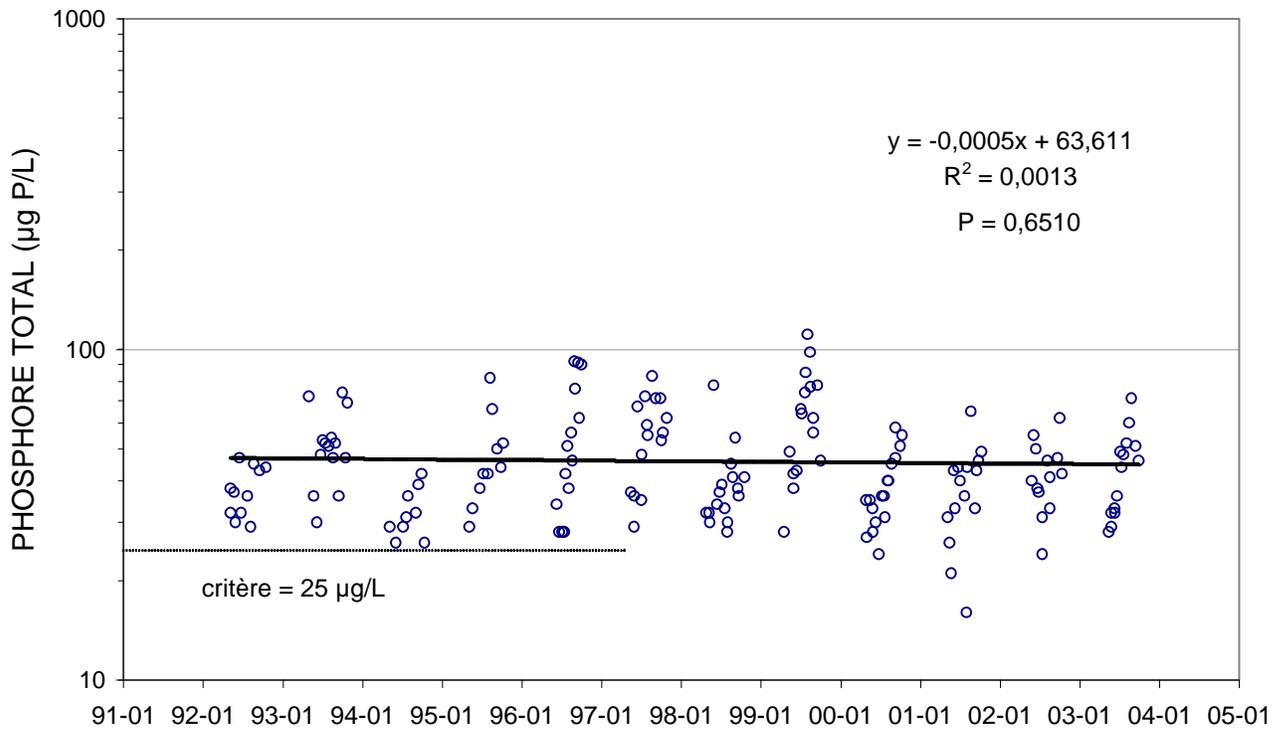
André Thibault,
Chargé de projets

MS/AT/mv

p. j. (2)

c. c. M. Yves Grimard, SAVEX
M. Jacques Dupont, SIMAQ
M. Pierre Aubé, CEHQ
M. Simon Dubé, CEHQ
M. Marcel Laganière, CEHQ
M. Martin Mimeault, DR de la Montérégie

Baie Missisquoi
Données 1992-2003, VDEC



Le 25 août 2004

À : Madeleine Papineau et Terence McRae

Bonjour! Madeleine,

Depuis que j'ai examiné brièvement la documentation que vous m'avez envoyée précédemment, soit « A Division of Responsibility Between Quebec and Vermont for the Reduction of Phosphorus Loads to Missisquoi Bay », et il me semble évident d'après les conclusions qu'il y a un problème important de qualité de l'eau dans la région. Voici en résumé les recommandations du groupe de travail : 1) le Vermont et le Québec devraient surveiller régulièrement les usines de traitement des eaux usées pour ce qui est de leur débit et de leurs charges de phosphore; 2) on devrait améliorer la base de données sur les sources de pollution diffuses et l'utiliser pour rendre des comptes; 3) on devrait améliorer et poursuivre la surveillance du débit des rivières et du phosphore aux stations de surveillance existantes.

Dans le rapport, il est également mentionné qu'on n'a pas fait de modèle du bilan des constituants de la qualité de l'eau pour la baie et qu'il reste encore à déterminer le recyclage des matières nutritives dans cette région afin de bien comprendre le système.

Suite à cette brève introduction, j'aimerais répondre aux trois questions de la manière suivante :

1. Il existe des modèles qui peuvent tenir compte de la composante hydrodynamique du pont de façon très précise. Il est plus difficile de prendre en compte toute la région car cela demande davantage de données, lesquelles sont actuellement rares ou non existantes. Et il est beaucoup plus difficile de répondre à la question de la qualité de l'eau. Il faudrait avoir des données sur la qualité de l'eau entrant dans le système et en ressortant, en plus de bien connaître la région afin de déterminer quels constituants sont plus mobiles que d'autres. Par exemple, on peut inclure des substances rémanentes comme des sels (NaCl, etc.) dans un modèle et faire facilement une simulation lorsqu'on connaît toutes les conditions aux limites. Il est également possible de simuler ces paramètres en fonction du temps et même en présence d'une couche de glace lorsque les substances sont concentrées et mobiles.

Par ailleurs, il est plus difficile de suivre les constituants qui sont assimilés ou absorbés par le biote. Il faut comprendre tout le cycle de l'élément suffisamment bien si l'on veut bien exploiter le modèle. Il faut suivre les matières nutritives pendant tout leur cycle d'utilisation et de réutilisation et comprendre l'impact de leur rétention et de leur stockage dans les sédiments. Ici encore, il est possible de modéliser cela, mais il faut des données pour des sites précis répartis dans toute la région à l'étude et pour une période d'au moins une ou deux années si l'on veut établir des tendances.

Le rapport d'ASA mentionne qu'on n'a pas fait ou demandé des simulations continues dans le cadre de ces études existantes. Selon mes contacts avec ASA, je crois que cela est possible, mais il faudrait des données sur le débit et la qualité des tributaires. On peut utiliser des données sur les sources ponctuelles pour déterminer les valeurs liées aux sources diffuses. La calibration du modèle pour certaines sections de rivière peut améliorer notre compréhension à cet égard, si bien que la surveillance peut s'effectuer de la façon la plus rentable possible.

Il est facile de déterminer l'impact hydraulique du pont-jetée à une échelle locale. Il est beaucoup plus difficile et presque impossible d'en mesurer l'impact sur la qualité de l'eau à

moins d'obtenir beaucoup plus d'information en amont et en aval de la structure d'une manière coordonnée et continue. Les modèles de la qualité de l'eau peuvent seulement traiter les paramètres qui font l'objet d'une surveillance, mais ils peuvent fournir des réponses théoriques à partir d'information déterminée par des moyens indirects. Par exemple, on peut obtenir la température de l'eau à partir de la température de l'air à la surface de l'eau et celle aux prises d'eau qui sont mesurées régulièrement par les responsables de ces structures.

2. On peut se fier beaucoup plus aux résultats et recommandations concernant la circulation, car les résultats peuvent être surveillés et vérifiés. Les simulations des champs de vent et la vérification avec une drogue sont des procédures courantes. Il est nécessaire pour simuler l'impact de la croissance des plantes aquatiques sur les modes de circulation d'inclure l'impact des plantes aquatiques, la période de l'année, etc. On considère généralement qu'il s'agit de simulations continues, directement affectées par la durée et la fréquence des vents, par exemple. La persistance des vents et des tempêtes peut modifier grandement la configuration de la circulation de l'eau dans tout système lacustre peu profond.

Les résultats et les conclusions ne sont valables que si on peut les vérifier numériquement et sur le terrain et que si les tests de sensibilité montrent que les résultats ne s'écartent pas trop des données obtenues durant le processus de validation.

3. Le rapport de la firme ASA montre clairement les impacts du pont-jetée sur la circulation ou le débit d'eau en fonction de courants de surface précis générés par le vent. Il n'a pas été déterminé ce que seraient les impacts à plus long terme à partir d'une simulation continue qui inclurait des paramètres changeants du système, comme la croissance des plantes aquatiques par exemple. De toute évidence, des données sur la circulation uniquement ne suffisent pas à éclaircir la question des impacts des charges en suspension par rapport à des changes partiellement déposées à l'embouchure des tributaires.

Pour ce qui est de la qualité de l'eau, il faut de toute évidence en avoir une meilleure compréhension, mais les données sur la circulation ne sont peut-être pas toujours bien coordonnées avec les données sur la qualité de l'eau. Il faut bien coordonner les deux types de données si l'on veut obtenir la cohérence maximale au sein du système et aux points considérés comme étant les limites de la région à l'étude.

Il serait encore trop présomptueux de ma part de déterminer quels sont les principaux besoins en données. Je ne sais pas encore quelles données et quelles méthodes pourraient être utilisées pour résoudre ces questions avec satisfaction, mais je sais, à la lecture des rapports, que nous sommes loin d'avoir trop de données pour ce projet particulier.

J'espère que mon bref examen des rapports vous a fourni quelques éclaircissements. Si vous avez des questions ou des commentaires, n'hésitez pas à me les faire parvenir directement.

Salutations.

Maurice Sydor, ing., M.Sc.
Chef, Analyse, modélisation et intégration des données
Direction de la gestion des bassins hydrographiques et de la gouvernance
Service de la conservation de l'environnement
Environnement Canada

Traduction de la lettre originale en anglais
--



Au : Groupe de travail international de la baie Missisquoi,
Commission mixte internationale

De : Craig Swanson, ASA
Dan Mendelsohn, ATM

Date : le 12 octobre 2004

Objet : Réponse aux commentaires sur les études de la baie Missisquoi
réalisées par ASA

Introduction

Nous réagissons par la présente à une série de commentaires formulés par les experts au sujet des études publiées par ASA sur la baie Missisquoi du lac Champlain. Comme l'explique la lettre d'accompagnement de Potamis, Papineau, Mimeault et Smeltzer à Swanson et Mendelsohn, datée du 2 septembre 2004, les experts ont soulevé des points techniques précis :

[...] la stratification thermique et les seiches (interne et superficielle) ne sont pas suffisamment prises en considération, les conditions aux limites ouvertes sont mal définies dans le modèle, il y a une piètre correspondance entre les prévisions du modèle et les déplacements observés des drogues, le modèle ne tient pas compte des effets des macrophytes sur les courants dans la baie, les données de qualité de l'eau sont insuffisantes pour calibrer le modèle et il manque de données pour un modèle numérique du bilan massique du phosphore dans la baie. [*traduction*]

Ces commentaires méritent une réponse, mais il ne faut pas oublier que les experts ont conclu que, quelles que soient les précisions apportées par les auteurs, aucun des points techniques n'influerait sensiblement sur les conclusions. Nous répondons aussi à un commentaire ultérieur de David Borthwick-Leslie.

Voici notre réponse à chacun des commentaires.

Commentaires : La stratification thermique n'est pas suffisamment prise en considération

Réponse :

Une stratification thermique se crée durant les mois d'été dans plusieurs parties du lac Champlain, notamment dans la partie principale et, à l'occasion, dans le bras Nord-Est. Il a été montré, par des observations et des modélisations, que la stratification et une thermocline bien définie peuvent produire une seiche interne (Myer et Gruending, 1979; Mendelsohn *et al.*, 1992; Manley *et al.*, 1999; Hunkins *et al.*, 1999). En outre, une thermocline très marquée peut à toutes fins pratiques dissocier les courants de surface des

70 Dean Knauss Drive
Narragansett
Rhode Island
02882-1143
USA

Telephone
01 789-6224
Fax
01-789-1932

Email
swanson@appsci.com

courants profonds; les configurations d'écoulement sont donc très différentes selon que le plan d'eau est stratifié ou non.

Dans la baie Missisquoi, toutefois, il semble qu'il y ait rarement de stratification thermique en raison de la faible profondeur de la baie et des vents locaux plutôt forts (Myer et Gruendling, 1979). Myer et Gruendling précisent que la structure thermique observée dans la baie est fortement influencée par les affluents et les courants apparemment provoqués par les vents. Comme l'objet de l'étude dont nous parlons était de modéliser la circulation et le transport dans la baie Missisquoi et par l'ouverture du pont-jetée, la stratification thermique n'était pas un aspect dont il fallait tenir compte, jugions-nous. Comme il est indiqué dans Mendelsohn *et al.* (1997), les données obtenues par profileur de courant à effet Doppler (ADCP) ont montré que la colonne d'eau était presque homogène et sans effet apparent de stratification. Les particularités de la circulation dans le bras Nord-Est ont été jugées secondaires et seraient plutôt le prolongement d'une condition aux limites.

Commentaire : Les seiches ne sont pas suffisamment prises en considération

Réponse :

Nous avons évalué les observations-terrain du programme dans la baie Missisquoi pour déterminer la réponse du système au forçage et quelles sont les fonctions importantes du forçage. Nous l'avons fait pour nous aider à répondre aux questions des experts concernant les effets de seiche dans la baie Missisquoi. Notre évaluation a porté sur les niveaux d'eau dans la baie et les courants mesurés par ADCP à l'ouverture du pont-jetée de la route 78. La variabilité des valeurs de ces deux paramètres offre la meilleure indication de ce qui commande la réponse physique du système de la baie Missisquoi et du bras Nord-Est.

Le graphique qui suit (figure 1) compare la différence de niveau d'eau entre l'extrémité nord de la baie et le pont-jetée en fonction de la vitesse et de la direction des vents locaux. Il est à remarquer que pour les vents soufflant du sud, la différence est positive, ce qui montre que le niveau d'eau à l'extrémité nord est plus élevé qu'au sud. À l'inverse, pour les vents soufflant du nord, le niveau d'eau est plus élevé au pont-jetée. En outre, il semble qu'il y ait un seuil de ± 2 m/s environ sous lequel aucune tendance claire ne se dessine.

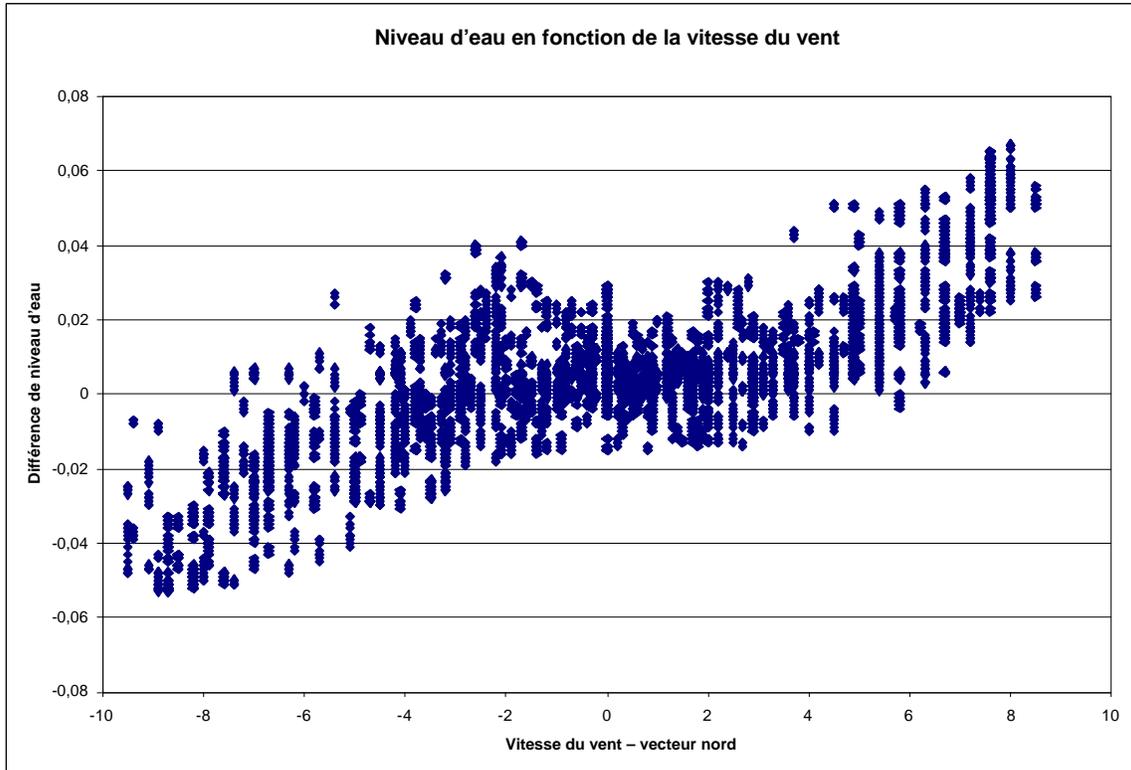


Figure 1 Différence de niveau d'eau entre l'extrémité nord de la baie Missisquoi et le pont de la route 78 en fonction de la composante nord du vent.

Nous avons analysé la densité spectrale de puissance de la différence de niveau d'eau entre les deux emplacements de la baie, d'après les données montrées dans la figure plus haut. Les résultats sont présentés à la figure 2. On peut voir à la figure 2 qu'il y a une augmentation nette de la réponse du bassin centrée autour de 16 cycles/jour (1,5 heure) et une autre augmentation centrée autour de 30 cycles/jour (0,8 heure).

Nous retrouvons une réponse analogue dans la densité spectrale des courants mesurés par ADCP, que montre aussi la figure 2. Elle indique clairement une augmentation d'énergie dans un intervalle de fréquence autour de 16 cycles/jour, mais une moindre réponse autour de 30 cycles/jour.

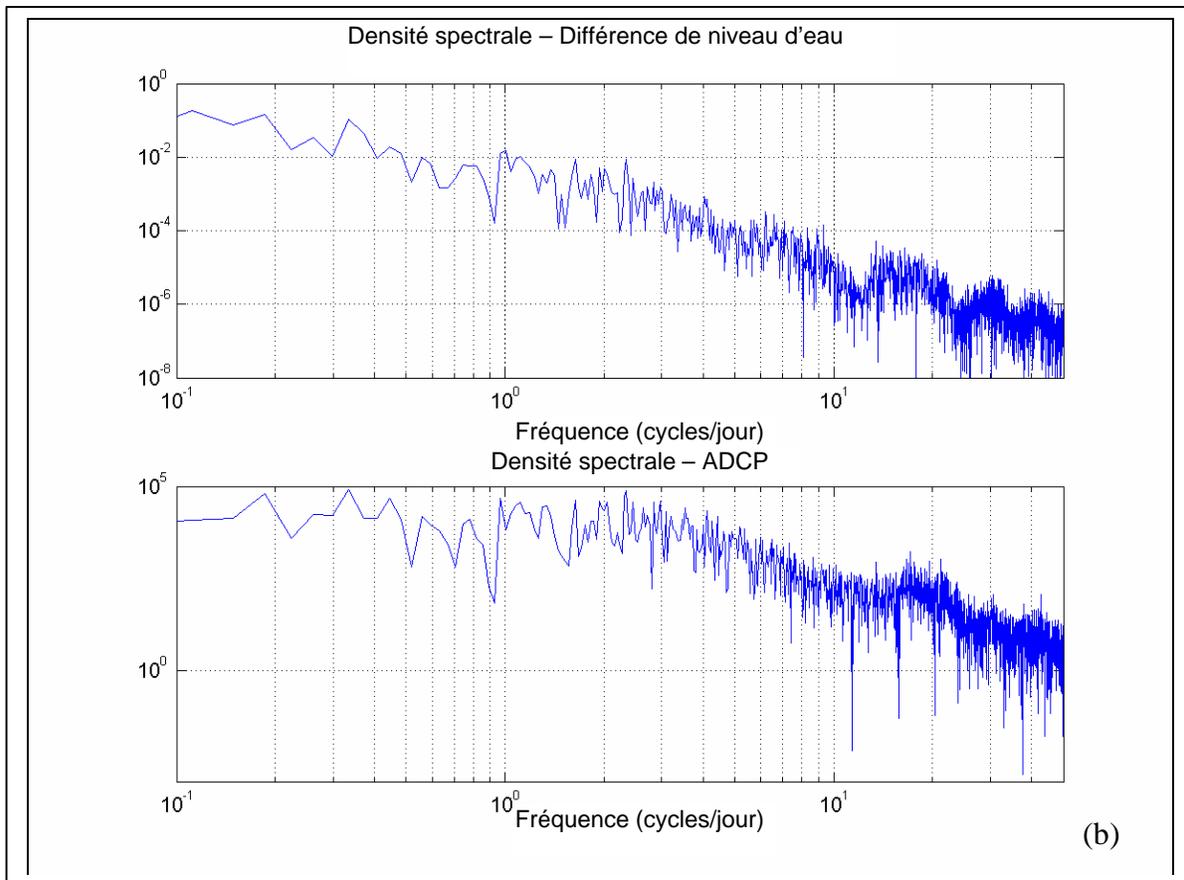


Figure 2 Densité spectrale de puissance a) de la différence de niveau d'eau entre le pont-jetée de la route 78 et l'extrémité nord de la baie Missisquoi et b) des courants mesurés par ADCP à l'ouverture du pont-jetée de la route 78.

Enfin, nous avons estimé la densité spectrale du vent à la hauteur du pont-jetée comme le montre la figure 3, ainsi que la densité spectrale donnée par les mesures ADCP à titre de référence. Contrairement au niveau d'eau et aux courants mesurés par ADCP, le vent ne semble pas donner une réponse notable à l'une ou l'autre des fréquences constatées. Bien que nous puissions déduire d'après la figure 1 que le forçage du vent est à l'origine de la réponse des niveaux d'eau et des courants, il ne semble pas que cela ait un lien avec la fréquence du vent. Il est plus probable que le vent mette la surface de l'eau en mouvement et que le système réagisse en vibrant sur ses fréquences propres. Nous analysons brièvement ci-après l'oscillation libre dans la baie Missisquoi.

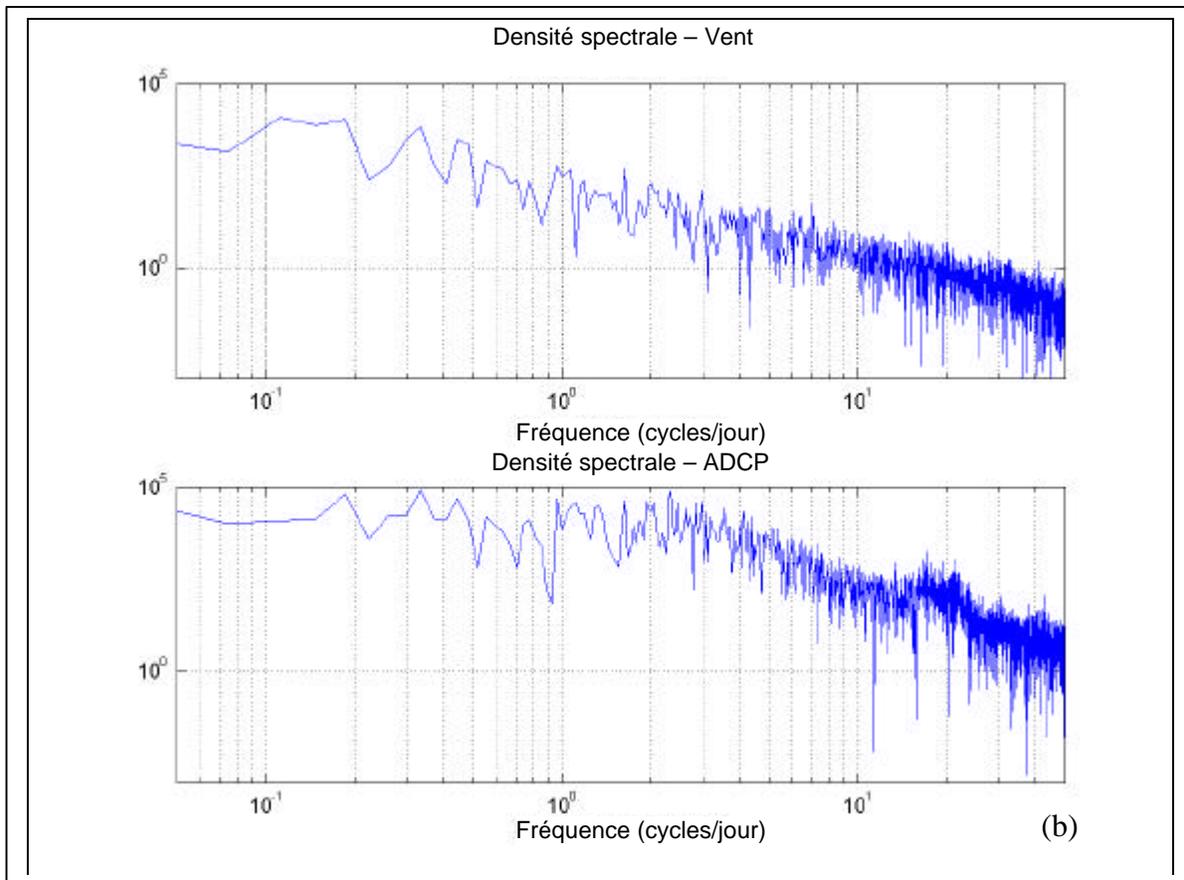


Figure 3 Densité spectrale de puissance a) de la composante nord du vent à la hauteur du pont-jetée de la route 78 et b) des courants mesurés par ADCP à l'ouverture du pont-jetée de la route 78.

Pour approfondir l'évaluation des réponses observées des niveaux et des courants, nous avons effectué une étude analytique afin d'estimer la période de l'oscillation libre en surface dans la baie Missisquoi, le bras Nord-Est et le bassin principal. Selon Ippen (1966), l'oscillation libre dans un bassin fermé est :

$$T = \frac{2a}{n\sqrt{gh}}$$

- où
- a = la dimension longitudinale du bassin (m)
 - n = le nombre de nœuds
 - g = la gravité (m/s²)
 - h = la profondeur moyenne du bassin (m)

Nous avons tiré les profondeurs moyennes du rapport provisoire de l'étude de diagnostic et de faisabilité du lac Champlain (VTDEC/NYSDEC, 1992). Nous avons estimé les

longueurs des bassins à l'aide d'un outil de mesure de la distance SIG. Nous présentons au tableau 1 une estimation de la période et de la fréquence pour chacun des bassins, pour fins de comparaison avec les graphiques de densité spectrale de puissance. Nous avons calculé la réponse du premier et du deuxième mode, c'est-à-dire avec un ou deux nœuds d'oscillation en surface.

Tableau 1 Estimations de l'oscillation libre à la surface d'un bassin fermé pour trois plans d'eau du lac Champlain

Calculs pour n = 1	a	h	T (sec)	T (min)	T (heures)	f (1/jour)
Baie Missisquoi	13 000	2,28	5 498	91,6	1,53	15,7
Bras Nord-Est	36 000	13,6	6 233	103,9	1,73	13,9
Bassin principal	120 000	40	12 116	201,9	3,37	7,1
Calculs pour n = 2						
Baie Missisquoi	13 000	2,28	2 749	45,8	0,76	31,4
Bras Nord-Est	36 000	13,6	3 117	51,9	0,87	27,7
Bassin principal	120 000	40	6 058	101,0	1,68	14,3

La comparaison entre les prévisions de fréquence de la baie Missisquoi et les densités spectrales des niveaux et des courants mesurés par ADCP indique que les principales fréquences de l'eau dans la baie et de l'eau qui s'écoule par l'ouverture du pont-jetée sont attribuables au ballonnement libre en surface dans la baie Missisquoi, dans le premier et le second mode. Il ne semble pas y avoir de réponse notable de la densité spectrale à la période d'environ 4 heures du bassin principal. À moins de 10 cycles par jour environ, le signal paraît aperiodique, sans indication de réponse à une fréquence particulière.

D'autres réponses dans les intervalles de fréquence indiquées plus haut peuvent aussi être attribuables au mouvement libre de surface dans le bras Nord-Est, comme l'indiquent les résultats du tableau 1. L'intégration du bras Nord-Est dans la grille du modèle a permis à celui-ci de prévoir la seiche superficielle de la baie Missisquoi et du bras Nord-Est.

Commentaire : Les conditions aux limites ouvertes sont mal définies dans le modèle

Réponse :

Les limites ouvertes des modèles sont cruciales pour obtenir de bonnes prévisions. Dans bien des cas, par exemple les limites de rivière ou celles de marée dans les applications côtières, les limites ouvertes sont utilisées pour commander la réponse du modèle par une variation du débit ou du niveau d'eau. Dans l'application de la baie Missisquoi, il y a cinq limites fluviales, trois pour la rivière Missisquoi, une pour la rivière aux Brochets et une autre pour la rivière de la Roche. Pour chaque limite fluviale, nous avons appliqué une série chronologique des débits volumétriques, d'après les données obtenues de l'USGS et du ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec. Sans plus d'informations, nous avons supposé que les trois bras de la rivière Missisquoi se répartissaient le débit total de la rivière à raison d'un tiers chacun. Ces limites fournissent un débit déterminé pour les calculs, sans permettre au modèle de prévoir le niveau d'eau d'après la conservation de la masse d'eau et du mouvement dans toute l'étendue quadrillée.

Pour que les prévisions du modèle dans la baie Missisquoi et dans le secteur du pont-jetée ne soient pas indûment influencées par les limites ouvertes, nous avons décidé d'inclure tout le bras Nord-Est dans le quadrillage. Nous l'avons fait pour plusieurs raisons, la première étant d'enlever les limites ouvertes de la zone à l'étude. Par exemple, il est envisageable de placer la limite ouverte au sud le long d'un transect traversant le passage d'Alburg à la pointe nord de l'île North Hero et le long de l'île Hog. Cela aurait été possible, mais il aurait été difficile de préciser l'écoulement à la limite, le niveau d'eau et les concentrations de phosphore et de sédiments, et les résultats auraient presque certainement joué sur le débit et les concentrations à la hauteur du pont-jetée.

Outre qu'elle enlevait les limites ouvertes de la zone d'étude, l'inclusion du bras Nord-Est a permis au modèle de prévoir la seiche superficielle qui a été observée dans le bras en résultat des vents (Myer et Gruending, 1979). De cette façon, le modèle peut bien prévoir l'influence du bras Nord-Est sur l'écoulement par l'ouverture du pont-jetée en plus des influences de la baie Missisquoi.

Ensuite, nous avons choisi de placer les conditions aux limites ouvertes aux trois connexions entre les plans d'eau qui forment les restrictions naturelles ou artificielles à l'interaction des écoulements entre le bras Nord-Est et le bassin principal. Nous avons situé les limites à l'ouverture du pont-jetée de la pointe Pelots dans la baie Carry, à l'ouverture du pont-jetée à la pointe Sandy à The Gut et à l'ouverture de la jetée du pont Sand Bar entre le bras Nord-Est et la baie Malletts, à l'extrémité sud du bras Nord-Est. Les ouvertures sont entre deux et quatre fois plus étroites que celles du pont-jetée de la baie Missisquoi.

Nous avons appliqué aux trois limites ouvertes un niveau d'eau constant. C'est-à-dire que le modèle permet la circulation de l'eau dans et hors du domaine, mais que le niveau demeure fixe, en l'occurrence zéro. Ce niveau constant de zéro aux limites est fonction des données sur le niveau moyen du lac pour la période de simulation. Le niveau d'eau dans le domaine du modèle et aux limites fluviales pouvait monter ou descendre. Nous avons jugé que le niveau fixe aux limites se justifiait, car la plus grande partie de l'écoulement se fait du bras Nord-Est vers le bassin principal en raison des eaux fluviales en excès et parce que le mouvement inverse, lorsqu'il se produit, ne dure que quelques heures (Myer, 1977). En outre, Myer indique :

Le volume maximal d'eau que nous avons observé s'écouler par ses ouvertures dans le bras Nord-Est était d'environ un million de mètres cubes. Comme cette eau qui s'écoule du bassin principal doit d'abord passer soit par la baie Carry soit par The Gut avant d'entrer dans la partie principale du bras Nord-Est, il y aurait peu de mélange de l'eau de la partie nord-ouest du lac dans le bras Nord-Est. À l'extrémité sud du bras Nord-Est, les approches de la baie Malletts semblent avoir la même fonction d'isoler le bras Nord-Est du reste du lac. [*traduction*]

Enfin, en ce qui a trait aux analyses du spectre de puissance dont il est question plus haut, il semble que les fréquences auxquelles on observe des variations de signal dans les données ADCP ne correspondent pas au forçage en provenance du bassin principal.

Commentaire : Il y a une piètre correspondance entre les prévisions du modèle et les déplacements observés des drogues

Réponse :

Nous avons fait deux types d'études des courants et du transport pour les comparer avec les prévisions du modèle. La première a été faite à l'aide d'un courantomètre ADCP qui a été fixé à l'ouverture du pont-jetée de la route 78 et qui a fourni une mesure eulérienne (écoulement à un point déterminé de l'espace). La seconde a été faite au moyen de drogues qui ont été placées dans la baie et dont on a surveillé la progression dans l'espace, pour obtenir une mesure lagrangienne (points qui se déplacent dans une grille fixe).

En général, les comparaisons lagrangiennes sont beaucoup plus difficiles et moins fiables que les comparaisons eulériennes. La raison en est que les drogues sont soumises à des forces locales beaucoup plus nombreuses que le courantomètre fixe, par exemple à des éléments de circulation qui ont une échelle inférieure à la maille et qui seraient mal définis dans les prévisions du modèle. En théorie non linéaire, la moindre déviation dans la position initiale d'une particule en mouvement peut considérablement modifier la position finale. Les effets sont cumulatifs. Ce n'est pas le cas dans les comparaisons eulériennes du courantomètre, où de petites différences dans la circulation locale ne seraient pas cumulatives et seraient dominées par les mouvements de l'eau à grande échelle.

Dans le rapport sur les études de terrain et la modélisation (ASA, 1997), la comparaison entre la simulation et les valeurs mesurées par drogue et par ADCP est traitée en détail. Pour commenter la comparaison avec les données des drogues, il faut réexaminer plusieurs points. En général, la simulation restitue bien les courants mesurés par ADCP pour ce qui est des modes et des tendances de circulation à grande échelle, mais s'en éloigne à des échelles de temps plus petites. Nous pouvons attribuer ce résultat à plusieurs sources, notamment : le vent utilisé pour le forçage simulé a été enregistré sous forme de moyenne semi-horaire au pont de la route 78, mais les données ADCP ont été enregistrées sur une période moyenne de 5 minutes; et le maillage, s'il était assez fin pour rendre compte du transport et du mélange entre bassins, ne l'était pas suffisamment pour les éléments de circulation à petite échelle.

Les comparaisons détaillées des courants simulés et des courants mesurés par ADCP des 10 et 29 octobre, soit les deux jours de l'étude des drogues, montrent une très bonne concordance, sauf pour un court moment en fin de matinée (voir les figures 6.2 et 6.3 reprises plus loin pour plus de clarté). Le moment en question a malheureusement coïncidé avec celui de la mise en place des drogues, ce qui a clairement et indûment influencé la simulation des déplacements des drogues. On peut voir que le vent est l'élément moteur principal du système (plus que l'écoulement fluvial constant), mais que les mesures par ADCP ne concordent parfois pas avec le vent enregistré. Ce résultat s'explique peut-être du fait que le vent dans le bras Nord-Est (ou dans la baie Missisquoi même) est différent du vent mesuré au pont, ce qui décalerait la simulation par rapport aux valeurs mesurées.

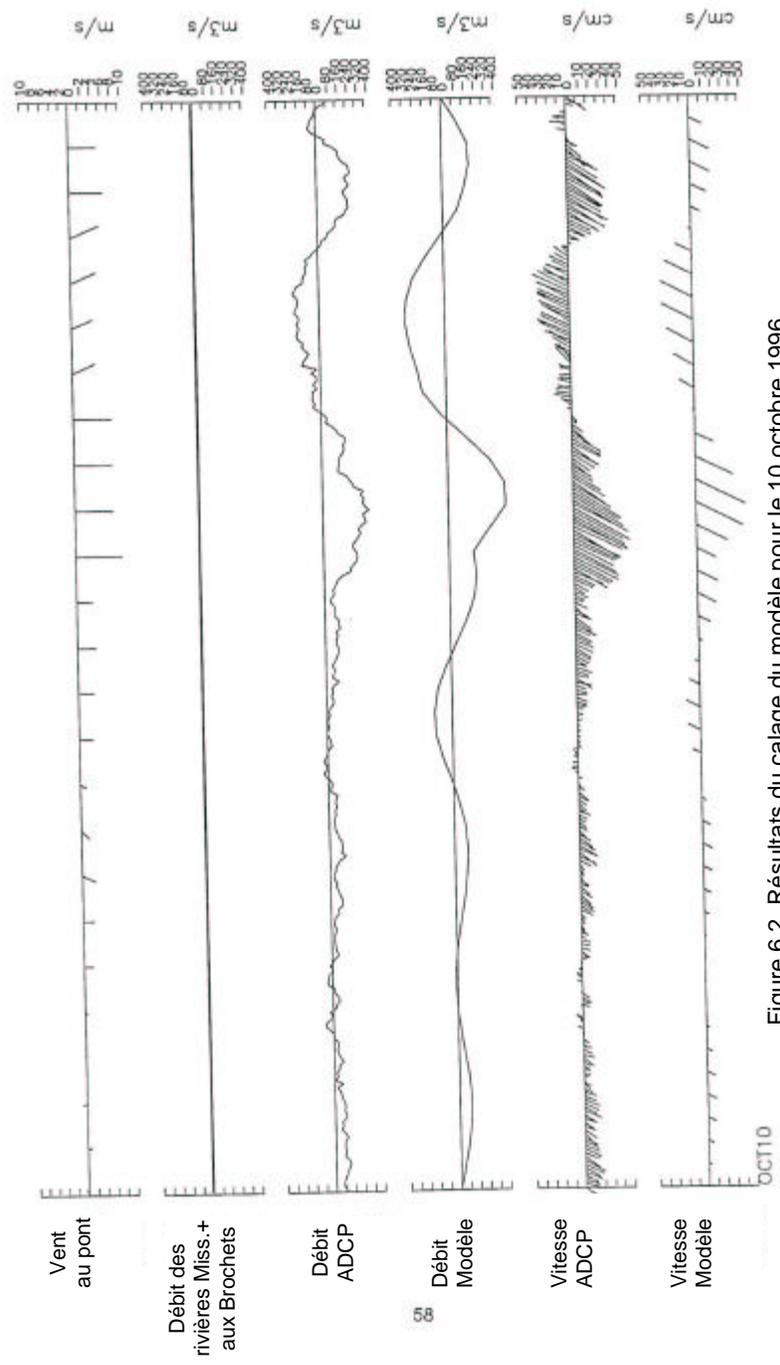


Figure 6.2 Résultats du calage du modèle pour le 10 octobre 1996

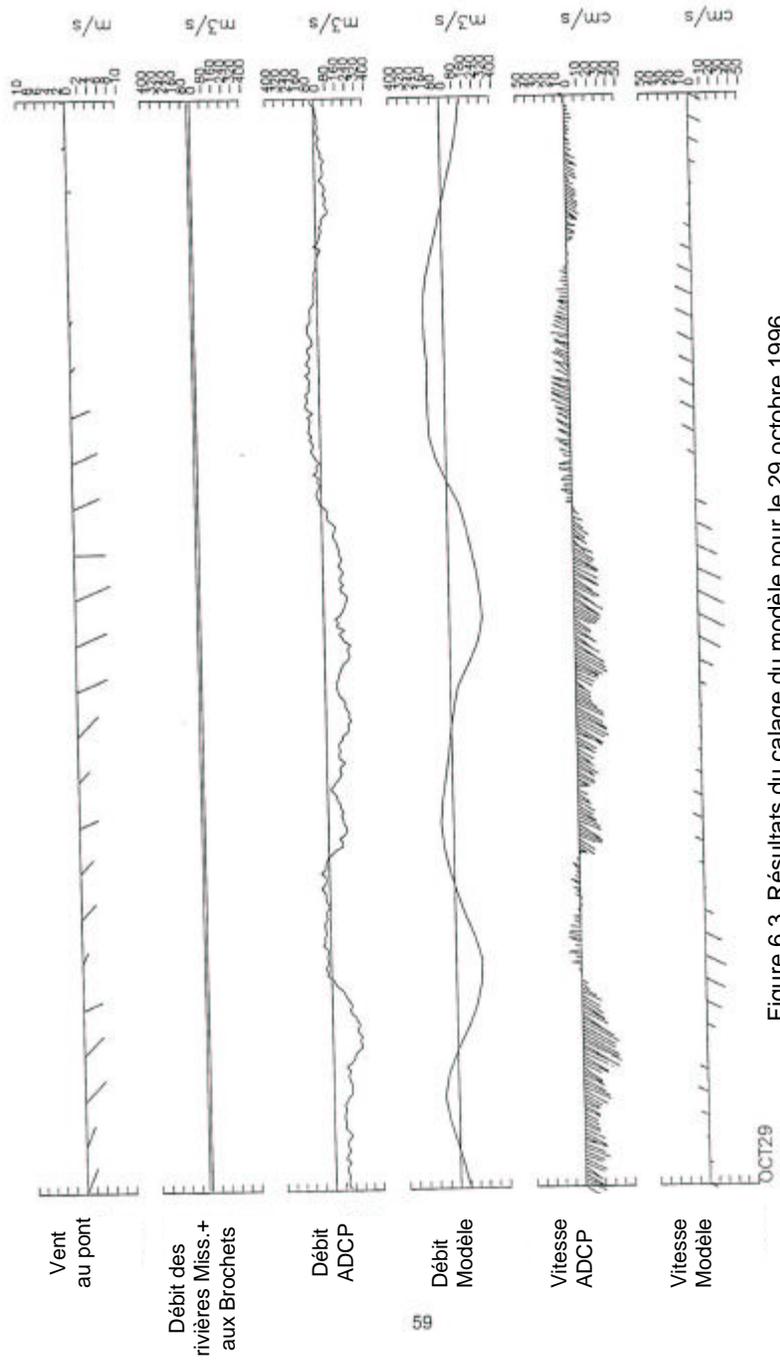


Figure 6.3 Résultats du calage du modèle pour le 29 octobre 1996

Commentaire : Le modèle ne tient pas compte des effets des macrophytes aquatiques sur les courants dans la baie

Réponse :

Il est vrai que l'application du modèle de la baie Missisquoi n'inclut pas explicitement les effets des macrophytes sur les calculs de circulation et de transport, mais nous avons jugé que ces plantes étaient assez peu présentes à l'entrée de la baie au nord et au sud de la jetée. L'étude portait principalement sur l'écoulement par l'entrée de la baie. En outre, dans son examen de l'étude de modélisation, Jean-François Cantin indique : « [...] selon la cartographie des plantes aquatiques fournie par le ministère de l'Environnement du Québec, l'impact de ces dernières sur l'écoulement de la baie doit se faire sentir surtout le long des berges, mais demeurer faible dans l'ensemble ».

En général, l'effet des macrophytes serait de ralentir les courants locaux. Pour calibrer le modèle, nous avons ajusté le frottement sur le fond pour mieux faire concorder les prévisions aux observations. Cet ajustement pour augmenter la résistance au frottement aurait le même effet que d'inclure explicitement la résistance opposée par les macrophytes aux courants de fond. L'intervalle indiqué pour le coefficient de frottement était de 0,003 à 0,005, mais la valeur 0,003 choisie est le double de la valeur trouvée dans la littérature pour les fonds sableux, soit 0,0015.

Commentaire : Les données de qualité de l'eau sont insuffisantes pour calibrer le modèle

Réponse :

Selon nous, il y avait suffisamment de données de qualité de l'eau, tirées pour l'essentiel de travaux effectués à l'égard du lac Champlain par le VTDEC et le NYSDEC, soit le projet à long terme de surveillance biologique et de surveillance de la qualité de l'eau et l'étude de diagnostic et de faisabilité (1992). Dans le cadre de ces travaux, on a recueilli et analysé des données et créé des modèles pour deux années complètes, touchant les écoulements, les chlorures (composés conservatifs) et le phosphore dans tous les affluents (et dans l'effluent du Richelieu), les concentrations sur place et aux installations de traitement des eaux usées, de façon à produire un bilan massique de l'ensemble du lac pour chaque année. Au cours des deux années visées, les concentrations de phosphore dans la baie Missisquoi ont été parmi les plus élevées dans le lac, dépassées à l'occasion dans le secteur sud du lac uniquement. Avec les informations supplémentaires sur le volume des apports et les concentrations et donc la charge, il était possible de très bien comprendre la dynamique du phosphore.

L'étude de modélisation du phosphore ne se voulait pas une étude complète et approfondie de la qualité de l'eau, mais devait plutôt servir à évaluer les effets de l'hydraulique du système sur la concentration de phosphore dans la baie, afin de vérifier si le phosphore était retenu dans la baie par le pont-jetée. De ce point de vue, les données de qualité de l'eau utilisées étaient suffisantes. Dans l'étude de modélisation qui nous occupe, les auteurs se sont servis des débits volumétriques réels enregistrés pour les trois affluents de la baie, associés à la concentration moyenne de phosphore établie dans l'étude de diagnostic et de faisabilité, afin de prévoir la charge réelle en octobre 1996. Durant la période visée, plusieurs observations ont été faites sur place dans la baie, puis comparées aux prévisions

du modèle, avec de bons résultats. Il faudrait sans doute plus de données pour faire une étude complète de modélisation de la qualité de l'eau en fonction des substances nutritives.

Commentaire : Il manque de données pour un modèle du bilan massique du phosphore

Réponse :

La première partie de la réponse à ce commentaire est donnée dans la réponse qui précède et répétée ici pour plus de clarté. L'étude de modélisation du phosphore ne se voulait pas une étude complète et approfondie de la qualité de l'eau, mais devait plutôt servir à évaluer les effets de l'hydraulique du système sur la concentration de phosphore dans la baie, afin de vérifier si le phosphore était retenu dans la baie par le pont-jetée. De ce point de vue, les données de qualité de l'eau utilisées étaient suffisantes.

Pour l'instant, on ne connaît pas entièrement le cycle du phosphore dans la baie. Nous n'avons pas de mesures de tous les éléments du cycle, par exemple le flux des substances nutritives provenant des sédiments. Aux fins de l'étude, nous avons abordé le problème comme suit : nous avons choisi d'effectuer une étude de l'évacuation naturelle pour obtenir une approximation de la charge du phosphore remis en suspension et une étude de transport du phosphore charrié par les rivières dans la baie. Dans le cas de l'évacuation naturelle, le modèle a supposé un épisode important de remise en suspension ayant produit une concentration uniforme de phosphore dans la baie, puis a contrôlé le temps qu'il faudrait pour évacuer le phosphore produit avec et sans le pont-jetée. Dans le cas du phosphore transporté par les eaux courantes, une simulation à long terme a été effectuée pour contrôler la concentration dans la baie et déterminer la concentration finale résultante avec et sans le pont-jetée.

Enfin, comme nous l'avons noté plus haut, les travaux du VTDEC et du NYSDEC concernant le lac Champlain (projet à long terme de surveillance biologique et de surveillance de la qualité de l'eau et étude de diagnostic et de faisabilité de 1992) ont livré suffisamment de données pour nous permettre de calculer le bilan massique du phosphore. Dans le cadre de ces travaux, on a recueilli et analysé des données et créé des modèles pour deux années complètes, touchant les écoulements, les chlorures (composés conservatifs) et le phosphore dans tous les affluents (et dans l'effluent du Richelieu), les concentrations sur place et aux installations de traitement des eaux usées, de façon à produire un bilan massique de l'ensemble du lac pour chaque année.

Commentaire : de David Borthwick-Leslie

Réponse :

M. Borthwick-Leslie a effectué une analyse de l'écoulement et des concentrations résultantes possibles en considérant les échanges entre le bassin principal, le bras Nord-Est et la baie Missisquoi. Il précise que des études historiques indiquent que la plus grande partie des eaux qui s'écoulent du bras Nord-Est atteignent le bassin principal par le passage d'Alburg. L'argument est que, en période de fort débit, l'ouverture laissée par la jetée entre la baie Carry et le bassin principal n'est pas suffisante et que l'eau en excès provenant de la baie Missisquoi (et les concentrations qui lui sont associées) pénètre dans le bras Nord-Est

et y demeure temporairement, jusqu'à ce que l'écoulement puisse se faire par le passage de la baie Carry.

En outre, M. Borthwick-Leslie a fait des calculs pour estimer l'amélioration de la circulation et de la qualité de l'eau dans le bras Nord-Est qui résulterait de l'enlèvement du pont-jetée de la baie Carry ainsi que de celui de la route 78. D'après ces calculs, parce que l'ouverture à la baie Carry est beaucoup plus petite que celle sur la baie Missisquoi, la jetée de la baie Carry est la principale entrave à l'eau qui sort de la baie Missisquoi et du bras Nord-Est. Ces conclusions s'accordent avec celles d'études antérieures, selon lesquelles le bassin principal et le bras Nord-Est sont suffisamment séparés pour être considérés comme des plans d'eau distincts (Myer et Gruending, 1979).

Résumé des auteurs

En conclusion, nous croyons avoir répondu aux commentaires soumis par les experts et par M. Borthwick-Leslie et considérons que les études d'ASA sur la baie Missisquoi ont rempli leurs objectifs. Nous rappelons que les experts récapitulent en indiquant qu'aucun des points techniques soulevés ne changerait notablement les conclusions.

Bibliographie

Hunkins, K.L., T.O. Manley, P. Manley and J. Saylor, 1998. « Numerical Studies of the Four-Day Oscillation in Lake Champlain », *J.Geophys.Res.* 103, C9, 18425-18436.

Manley, T.O., K.L. Hunkins, J.H.Saylor, G.S. Miller and P.L.Manley, 1999. « Aspects of summertime and wintertime hydrodynamics of Lake Champlain », in Manley. T and P. Manley (eds.) *Lake Champlain in Transition: From Restoration Toward Restoration*, AGU Water Science and Application, Volume I, pages 67-115, American Geophysical Union.

Mendelsohn, D.L., H.Rines and T.Isaji, 1997. *Missisquoi Bay Field Study and Hydrodynamic Model Verification*, rapport final établi pour la Vermont Geological Survey, Vermont Agency of Natural Resources, 103 South Main St., Center Building, Waterbury, Vt. 05671.

Mendelsohn, D.L., T.Isaji and H.Rines, 1992. *Hydrodynamic and Water Quality Modeling of Lake Champlain*, rapport final établi pour la Lake Champlain Management Conference, c/o Water Management Division, U.S. EPA, Region I, JFK Building, Boston, Mass. 02203.

Myer, G.E., 1977. « Currents of Northern Lake Champlain », in J.C. Dawson (ed.) *Proc. Lake Champlain Basin Environmental Conference*. Aug 9-10 1977. Chazy, NY.

Myer, G.E. and G.K. Gruending, 1979. « Limnology of Lake Champlain », *Lake Champlain Basin Study* No. 30, 407 pp. New England River Basins Commission, Burlington, Vt.