

CHANGEMENTS CLIMATIQUES ET TRANSPORT MARITIME SUR LE SAINT-LAURENT : ÉTUDE EXPLORATOIRE D'OPTIONS D'ADAPTATION

AUTEUR: Pierre D'Arcy, Pêches et Océans Canada - Garde côtière, 101 Champlain, Québec. C.é.: pierre.darcy@dfp-mpo.gc.ca
 COLLABORATEURS: Denis Lefavre (MPO-IML), Bernard Doyon (MPO-GCC), Environnement Canada, Claude Rioux (UQAR), Yann Ropars (Consultants Ropars) et Comité de concertation navigation

RÉSUMÉ

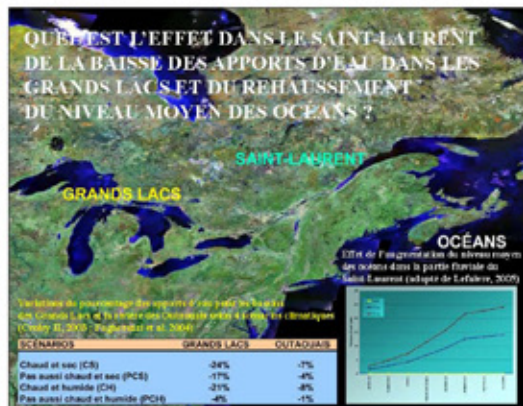
Les épisodes de bas niveaux d'eau dans le Saint-Laurent fluvial ont augmenté au cours des quinze dernières années. Ces baisses ont eu des conséquences pour les usagers du fleuve, notamment les activités de navigation. Dans le but de maintenir cette importante activité économique sur le fleuve, le Comité de concertation navigation a voulu, dans un premier temps, mieux comprendre les impacts de différents scénarios de changements climatiques sur les niveaux d'eau du fleuve et, dans un deuxième temps, explorer différentes options d'adaptation qui atténueraient les conséquences des baisses de niveaux d'eau appréhendées. Les résultats montrent que dans une situation de changements climatiques importants, où le niveau d'eau à Montréal pourrait baisser de 1 m sous le zéro des cartes marines, les options d'adaptation devraient être majeures.

INTRODUCTION

Les plus récentes simulations climatiques menées dans les Grands Lacs montrent que les apports d'eau net dans le bassin pourraient diminuer de 4 à 24 % selon les scénarios (Croley II, 2003). Dans le bassin de la rivière des Outaouais, les apports d'eau seraient réduits de 1 à 8 % (Fagherazzi, 2004). Les impacts de ces diminutions sur le fleuve ont été très peu documentés. Mortsch et al. (2000) ont estimé qu'un doublement du CO2 atmosphérique diminuerait le niveau d'eau moyen au Port de Montréal d'environ 1,25 m. Une telle diminution aurait des conséquences directes sur la capacité de chargement des transporteurs qui ont un fort tirant d'eau. Millerd (2005) a estimé pour les Grands Lacs que les coûts de transport par navire pourraient augmenter entre 15 et 30 % selon les scénarios climatiques. Des études similaires n'ont pas été produites pour le Saint-Laurent mais il est probable que les conséquences soient toutes aussi importantes, particulièrement pour le port de Montréal avec le trafic des marchandises conteneurisées.

Est-ce que les changements climatiques et la baisse des niveaux d'eau appréhendée pourraient affaiblir la compétitivité de Montréal par rapport aux ports de la côte est américaine? Existe-t-il des moyens d'adaptation qui permettraient de maintenir, à tout le moins, le trafic maritime sur le fleuve à son niveau actuel? C'est à ces deux questions que la présente étude veut tenter d'apporter des éléments de réponse.

Quatre scénarios climatiques contrastés seront évalués afin de mieux comprendre les impacts pour le fleuve d'une diminution des apports d'eau des Grands Lacs et d'un relassement du niveau moyen des océans. Selon les résultats obtenus, des options d'adaptation seront analysées en fonction de leur capacité à relever le plan d'eau et de leurs coûts économiques et environnementaux. Trois options seront ici illustrées : le dragage, l'aménagement hydraulique et la réorganisation des activités portuaires.



MÉTHODOLOGIE

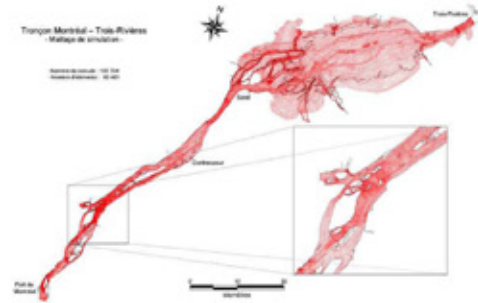
Les projections des apports d'eau dans les années 2050 pour le bassin des Grands Lacs et la rivière des Outaouais proviennent des travaux de Croley II (2003) et Fagherazzi et al. (2004). Celles du niveau moyen des océans sont tirées du GIEC (2001). Quatre conditions atmosphériques représentant les points extrêmes des projections climatiques sont utilisées pour les calculs: chaud et sec, pas aussi chaud et sec, chaud et humide, et pas aussi chaud et humide. Ces conditions sont produites en modifiant les valeurs de deux variables principales, la température et les précipitations.

Les projections des apports d'eau sont intégrées à un modèle hydraulique unidimensionnel Morse (1990). Une période témoin (1960-1990) est premièrement reproduite et les projections du climat futur sont ensuite faites sur un nombre d'années similaires (2040-2060). Les résultats des projections futures sont finalement soustraits de ceux de la période témoin (Lefavre, 2005). L'année 1969 a été utilisée comme année de référence du fait que les débits de cette année se rapprochent le plus de la moyenne 1960-1990.

Un second modèle est utilisé pour la simulation des ouvrages hydrauliques. C'est un modèle bidimensionnel conçu à l'INRS-Bau qui met à profit le modèle numérique de terrain du fleuve élaboré par Environnement Canada (Fortin et al., 2004). La figure 1 donne un aperçu du maillage de ce modèle.

Par rapport à une année hydrologique moyenne (figure 2), les niveaux d'eau diminueraient à Montréal pour chacun des scénarios climatiques mais ils resteraient cependant au-delà du zéro des cartes.

Figure 1 - Maillage de simulation couvrant le territoire d'étude (tiré de Doyon et al., 2005)



Afin de reproduire la baisse du niveau d'eau du scénario chaud et sec à Montréal, un débit de 5 000 m³/s à Sorel a été utilisé dans le modèle bidimensionnel.

RÉSULTATS

Impacts des scénarios climatiques sur les niveaux d'eau

Les figures 2 et 3 présentent les résultats des variations du niveau d'eau mensuel moyen à la Jetée #1 à Montréal relativement à une année hydrologique moyenne (figure 2) et une année de faible niveau (figure 3).

Figure 2 - Niveau d'eau mensuel prévisible à Montréal (Jetée #1) par rapport à une année hydrologique moyenne (1969) et selon les 4 scénarios climatiques (source: Lefavre, 2005. Adaptation: D'Arcy, 2005)

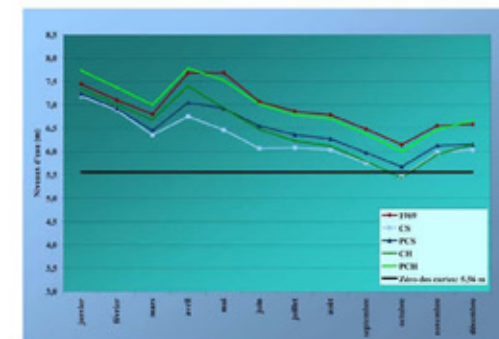
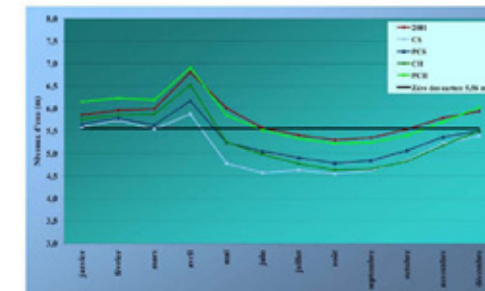


Figure 3 - Niveau d'eau mensuel prévisible à Montréal (Jetée #1) par rapport à une année hydrologique faible (2001) et selon les 4 scénarios climatiques (source: Lefavre, 2005. Adaptation: D'Arcy, 2005)



Comparé à une année où l'hydraulicité serait faible (figure 3), la situation des niveaux d'eau serait beaucoup plus critique. Une fois la crue printanière passée, les niveaux baisseraient abruptement sous le zéro des cartes et cette situation se prolongerait sur plusieurs mois consécutifs. Un tel scénario affecterait le chargement des navires et pourrait compromettre la rentabilité des transits si cette situation devait perdurer plusieurs années. La baisse de niveaux d'eau serait moins importante en allant vers l'aval, environ 30 cm sous le zéro des cartes à Trois-Rivières, et deviendrait imperceptible dans la région de Bécancour.

Par rapport à une année hydrologique moyenne (figure 2), les niveaux d'eau diminueraient à Montréal pour chacun des scénarios climatiques mais ils resteraient cependant au-delà du zéro des cartes.

OPTIONS D'ADAPTATION

Dragage

Les profondeurs de deux scénarios climatiques, CS et PCS, ont été utilisées pour estimer les volumes de sédiments à draguer aux endroits où les profondeurs n'atteindraient plus 11,3 m. L'effort de dragage varierait en intensité de l'amont vers l'aval, étant plus important dans le secteur de Montréal. Le tableau 1 indique les volumes et aires de sédiments à draguer.

Tableau 1 - Estimation des volumes et superficies à draguer dans la voie navigable selon les scénarios climatiques CS et PCS en référence à l'année 2001. Les coûts sont approximatifs (source: Pêches et Océans Canada, Garde côtière, Gestion des voies navigables, 2005)

Secteurs	SCÉNARIOS					
	Volume CS (m³)	Aire CS (m²)	Coûts CS (M\$)	Volume PCS (m³)	Aire PCS (m²)	Coûts PCS (M\$)
Montréal-Sorel	1 250	2 500	55	660	1 500	30
Lac Saint-Pierre	295	885	10	230	700	8
Trois-Rivières - Bécancour	66	230	5	43	70	4
Total	1 611	3 615	70	930	2 270	42

Un peu plus de 1,5 M de mètres cubes de sédiments devraient être dragués dans le cas du scénario chaud et sec (CS) et moins de 1 M dans le cas du pas aussi chaud et sec (PCS).

Ces valeurs peuvent paraître considérables à première vue mais elles doivent être mises en perspective pour bien les apprécier. Comparé à d'autres voies navigables importantes, l'effort de dragage dans le Saint-Laurent est relativement faible. En moyenne, on y drague 125 000 m³ de sédiments par année pour l'entretien du chenal de navigation alors que celui de la rivière Fraser a nécessité, entre 1997-2002, un dragage annuel de 1,5 M de mètres cubes de sédiments (FREM, 2002). Pour ce qui est des superficies, les secteurs à draguer dans le scénario CS représenteraient environ 10 % de la voie navigable entre Montréal et Bécancour ou 0,5 % de l'ensemble de ce tronçon fluvial.

Ainsi, tout en étant significatif pour le Saint-Laurent, l'effort de dragage nécessaire pour s'adapter à une situation sévère de changements climatiques ne serait pas exceptionnel. Il faut souligner toutefois que l'option du dragage, même si elle apparaît comme une avenue potentielle pour la navigation fluviale en situation de changements climatiques, ne permet pas cependant de relever le plan d'eau.

Ouvrages hydrauliques

Quelques simulations ont été réalisées sur des ouvrages hydrauliques afin de vérifier leur capacité à relever le plan d'eau. La figure 4 montre l'emplacement des ouvrages. Les digues longitudinales sont situées dans le secteur de Verchères et ont 7 km de longueur. Des digues transversales sont couplées à ces digues longitudinales pour augmenter l'effet d'obstruction à l'écoulement. La position du barrage avec écluse est en amont du pont Lavolette à Trois-Rivières. La figure 5 illustre les résultats des modélisations.

Figure 4 - Localisation des ouvrages hydrauliques

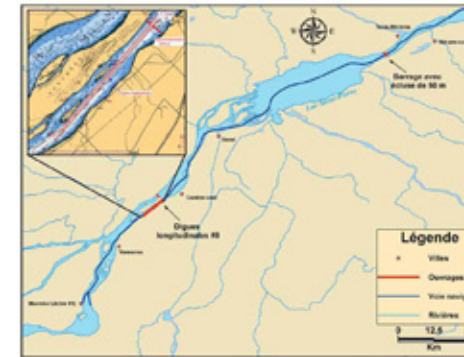
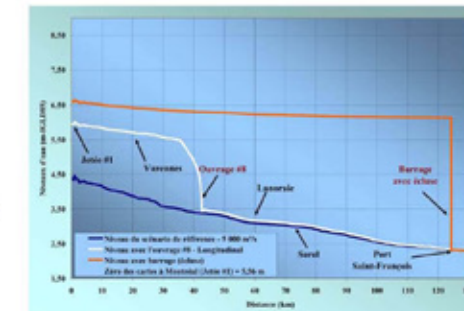
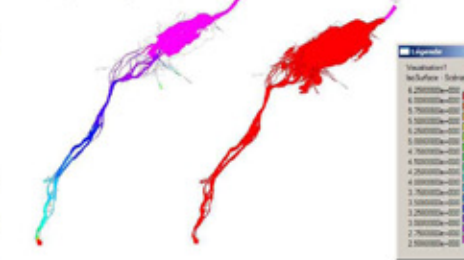


Figure 5 - Niveaux d'eau obtenus entre Montréal et Trois-Rivières avec les digues longitudinales (08) et le barrage avec écluse. Débit de référence, 5 000 m³/s à Sorel (source: Doyon et al., 2005. Adapt: D'Arcy, 2005)



L'efficacité des ouvrages à relever le plan d'eau est notable. Le gain avec les digues longitudinales est de 1,60 m à Montréal, alors qu'il est de 2,25 m avec le barrage. La localisation des digues devrait toutefois être revue pour prendre en compte le lac Saint-Pierre. Le barrage permet de reprendre le domaine aquatique perdu avec le scénario CS (figure 6) et releve le niveau d'eau à Montréal à sa moyenne de 1960-2002.

Figure 6 - Comparaison des niveaux d'eau obtenus selon le scénario de référence 5 000 m³/s à Sorel (à gauche), et le barrage avec écluse au même débit (tiré de Doyon et al., 2005)



Si l'efficacité des ouvrages hydrauliques est intéressante, les impacts environnementaux qui y sont associés sont également considérables. D'autres études doivent être menées pour vérifier si les gains en hauteur d'eau obtenus avec les ouvrages sont supérieurs, égaux ou inférieurs aux impacts générés.

Réorganisation des activités portuaires

La réorganisation portuaire a été étudiée au regard de la possibilité d'arrêter les navires à fort tirant d'eau qui se rendent actuellement à Montréal à un port qui dispose de profondeurs naturelles suffisantes, même en situation de changements climatiques. Le tableau 2 résume les coûts pour un transfert partiel des opérations de Montréal vers soit Québec ou Trois-Rivières.

Tableau 2 - Synthèse des estimations des coûts directs (M\$) pour un transfert partiel du trafic de Montréal vers un autre port du Saint-Laurent fluvial - scénario impliquant 400 000 EVP (équivalent vingt pieds) (tiré de Rioux et al., 2005)

Éléments des coûts	SCÉNARIOS			
	Québec	Trois-Rivières	Combinaison des deux ports Québec Conteneurs	Combinaison Trois-Rivières (vrais) et Bécancour (conteneurs)
Construction d'un quai rectangulaire de 400 m (sans dragage)*	79	52,8	79	52,8
Coût de terrain (10 x 100 m)	5	16*	---	---
Aménagement pour conteneurs	99	99	99	99
Autres aménagements (éclairage, électrique, etc.)†	20	20	20	20
Voies ferrées dans la zone portuaire	50	50	50	50
Énergie‡	7	7	---	7
TOTAL	260	244,8	248	255

* La différence de coût entre Québec et Trois-Rivières s'explique par la profondeur de eau plus élevée à Québec (secteur fluvial).
 † Nécessaire pour les usages d'exploitation.
 ‡ Données provenant du projet de Terminal 1000.

Les coûts directs pour un transfert partiel seraient autour de 250 M\$. Il faudrait ajouter à ces estimations les coûts indirects, voies ferrées et routières, reliés aux infrastructures intermodales. Ces coûts seraient à peu près équivalents aux coûts directs. En outre, en conservant le même ratio qu'à Montréal pour l'acheminement final des marchandises, 60% par train et 40% par camion, c'est 500 camions supplémentaires qui circuleraient quotidiennement dans la ville du nouveau port d'accueil. Un transfert total des conteneurs triplerait ce nombre et les coûts oscilleraient autour du milliard de dollars. De toute évidence, plusieurs conséquences sociales et environnementales seraient reliées à cette option. En outre, il est loin d'être assuré qu'elle susciterait l'adhésion des transporteurs maritimes. Tout en étant préliminaire, cette analyse sur la réorganisation portuaire a montré qu'il sera difficile de reproduire les conditions avantageuses qui prévalent à Montréal pour les transporteurs.

CONCLUSION

La mise en œuvre d'une navigation durable sur le Saint-Laurent implique de réduire les impacts environnementaux reliés à cette activité et de trouver des solutions lorsque les opérations maritimes sont compromises. Le Comité de concertation navigation a identifié les changements climatiques comme un enjeu qui pourrait nuire au déroulement normal des activités maritimes sur le fleuve. Même si les impacts appréhendés apparaissent loin dans le temps, la recherche de solutions d'adaptation doit s'amorcer d'ores et déjà compte tenu de l'importance de ces impacts. Le défi à relever pour le Saint-Laurent est de trouver des solutions qui respectent les exigences du développement durable et les préoccupations des citoyens.

La présente étude exploratoire est un premier jalon en ce sens. Elle a permis de mieux estimer les impacts éventuels d'une baisse importante des niveaux d'eau, ainsi que la pertinence de certaines options d'adaptation. D'autres recherches sont présentement en cours pour améliorer notamment les connaissances sur les impacts économiques et environnementaux des options d'adaptation physiques et de réorganisation portuaire. Elles serviront à alimenter un champ de connaissance, les adaptations aux changements climatiques, qui semble encore déficient.

RÉFÉRENCES

- Croley II, T.E. 2003. Great Lakes Climate Change Hydrologic Impacts Assessment. U.S.C. Lake Ontario-St. Lawrence River Regulation Study. NOAA Technical Memorandum GLERL - 126. 77 p.
- Doyon, B., D. Rioux et O. Champagne. 2005. Adaptation de transport maritime aux changements climatiques: simulations numériques de scénarios exploratoires d'impacts environnementaux sur le fleuve Saint-Laurent. Rapport technique IMC-Hydrologie, ICP-38, Environnement Canada, 62 p. Préparé pour le Comité navigation.
- Fagherazzi, L., B. Gony et T. Sani. 2004. Analysis of Climate Change Impacts on the Ottawa River System. Rapport pré-4 à l'U.S.C. Lake Ontario-St. Lawrence River Regulation Study. Manuscript en révision, juillet 2004.
- Fortin, P., A. Morin, N. Roy et B. Doyon. 2004. Cartes des données bathymétriques et actualisation du modèle numérique d'élévation de fleuve Saint-Laurent. Rapport technique IMC-Hydrologie ICP-129, Environnement Canada, 26 p.
- France River Estuary Management Program (FREM), 2002. Sediment Budget and Dredging Activities. Annual Report for the Fiscal Year 2002. Prepared by FREMP's Dredge Management Advisory Committee.
- Groupe de travail intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). 2001. Bilan 2001 des changements climatiques: les éléments scientifiques. 59 p.
- Lefavre D. (Pêches et Océans Canada). 2005. Effets des changements climatiques sur les niveaux d'eau de fleuve Saint-Laurent entre Montréal et Québec. Projections pour les années 2050. 34 p. Préparé pour le Comité navigation.
- Millerd E. 2005. The Economic Impacts of Climate Change on Canadian Commercial Navigation on the Great Lakes. Canadian Water Resources Journal, 30 (4), pp. 269-280.
- Morse B. 1990. St. Lawrence Water Levels Study: Application of the One-D Hydrodynamic Model. Report to Transport Canada, Waterways Development Division, Canadian Coast Guard.
- Mortsch, L., H. Bergmeier, M. Linter, B. Löffler, F. Quinn, M. Shrivastava and L. Wenger. 2000. Climate Change Impacts on the Hydrology of the Great Lakes-St. Lawrence System. Canadian Water Resources Journal, vol. 25, no. 2, pp.153-177.
- Rioux, C., J.C. Michaud, E. Goy et M. Charbonneau. 2005. Étude sur les perspectives de réorganisation portuaire de ports du Saint-Laurent relativement aux changements climatiques. 105 p. Préparé pour le Comité navigation.