

L'ÉROSION DES BERGES EN EAU DOUCE

Problématique

L'érosion résulte de processus naturels et anthropiques par lesquels les sols des berges d'un cours d'eau sont arrachés, puis transportés sous forme de fines particules par les cou-

rants et déposés plus loin en aval. Ce processus sédimentaire est un élément fondamental de la dynamique fluviale. Le fleuve Saint-Laurent n'échappe pas à cette dynamique, tout comme les principales rivières et fleuves de la planète où des retraits de berges sont observés.



Photo : Germain Brault, Environnement Canada

Suivi de l'érosion des berges du Saint-Laurent

La dynamique des processus sédimentaires résulte de l'action de nombreux phénomènes physiques, chimiques et biologiques. L'érosion des berges de la partie d'eau douce du Saint-Laurent est un phénomène naturel, accentué par l'action humaine, qui se produit lorsque les forces qui attaquent les berges (vagues, alternance gel-dégel, etc.) sont plus fortes que les mécanismes de protection naturelle (cohésion des argiles, grosseur des blocs, présence de végétation, type de pente, etc.). Les études récentes montrent que plusieurs mécanismes agissent simultanément lors du processus d'érosion des berges.



Photo : Louis-Filip Richard, Environnement Canada

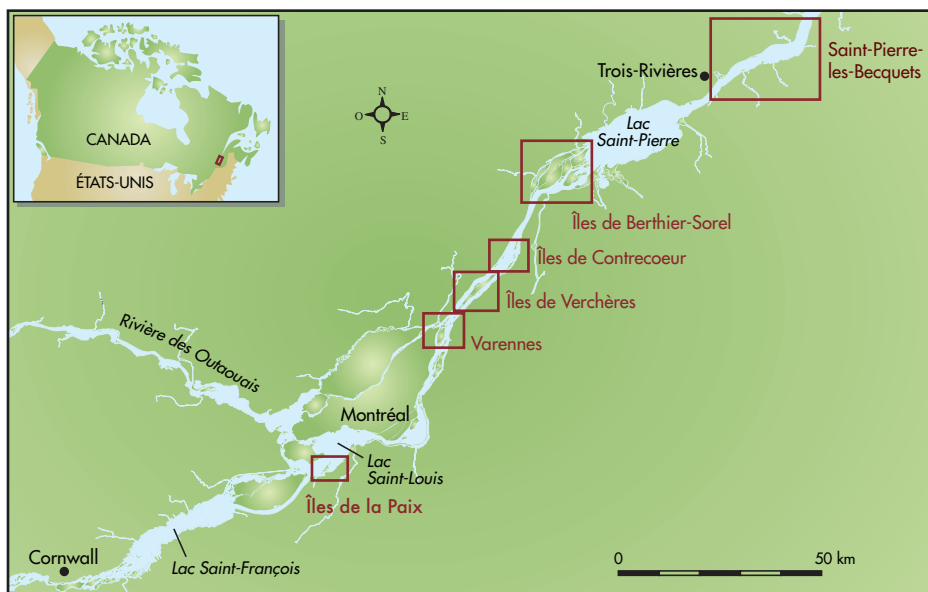
Érosion des berges

On estime à 440 km la longueur des rives du Saint-Laurent en eau douce qui subiraient l'érosion, sur une longueur totale des berges de 1 600 km entre Cornwall et Montmagny. À cela s'ajoutent les 680 km de berges qui ont été modifiées ou artificialisées par des travaux au cours du dernier siècle.

Durant les travaux de dragage du fleuve, des sédiments ont été déposés sur les îles ou sur le fond du fleuve. Des hauts-fonds et des îles ont ainsi été agrandis, parfois même créés de toutes pièces. Ces transformations se sont échelonnées depuis 1847 jusqu'à nos jours. De manière générale, les sédiments argileux, qui composent la majorité des berges du Saint-Laurent, s'érodent plus facilement et plus rapidement lorsqu'ils ont été remaniés ainsi, car les forces de cohésion qui les caractérisaient ont été grandement réduites. Parmi les travaux majeurs, citons par exemple le déplacement du chenal de navigation de la Voie maritime du Saint-Laurent dans l'archipel de Berthier-Sorel. Ce chenal passait entre l'île de Grâce et l'île Saint-Ignace avant d'être déplacé pour passer entre l'île des Barques et l'île à la Pierre, entraînant ainsi la reconfiguration de ce secteur du fleuve.

Il est important de suivre l'érosion des berges du Saint-Laurent pour parvenir à déterminer leur état, et connaître avec exactitude leur recul, les mécanismes régissant l'érosion, les secteurs où elle se produit et les périodes où ces phénomènes sont les plus susceptibles de se manifester. Le suivi de l'érosion permet également de fournir aux décideurs et aux citoyens des informations utiles pour orienter les actions visant à améliorer la pro-

Territoire couvert par le suivi de l'érosion des berges



tection des berges et la conservation de milieux sensibles ou d'importance.

Depuis 1998, le suivi de l'érosion des berges est effectué à l'aide d'un réseau de piquets repères. Ce réseau est constitué de plus de 120 stations qui sont réparties dans la partie amont du Saint-Laurent, entre le lac Saint-Louis et Saint-Pierre-les-Becquets. La majorité des stations sont localisées dans le secteur des îles de Berthier-Sorel, à l'embouchure du lac Saint-Pierre. Dans ce secteur, de nombreux chenaux de navigation de plaisance sont présents. De plus, les îles bordant le chenal de navigation subissent une importante érosion des berges.

Des collectivités riveraines participent activement au suivi en ayant la responsabilité de recueillir une partie des données enregistrées sur le terrain selon un protocole bien défini. Les stations sont visitées trois fois par année : en avril, après la fonte des glaces, en août et en novembre. Cela

permet de distinguer certains phénomènes qui sont plus actifs que d'autres en fonction des niveaux d'eau, du climat, etc.

Portrait de la situation

Les résultats obtenus jusqu'à présent suggèrent que la navigation et les fluctuations du niveau de l'eau sont des facteurs prépondérants quant au taux d'érosion des berges. À l'automne 2000, l'industrie maritime s'est imposée une mesure volontaire de ralentissement dans trois tronçons sensibles du fleuve. Le taux de conformité à cette mesure est supérieur à 85 p. 100. Par contre, le régime hydrique du fleuve est peu contrôlable ou prévisible. De 1998 à 2002, les niveaux moyens du fleuve étaient assez constants; en revanche, pour les trois dernières années du suivi, le régime du fleuve n'a pas été aussi constant, ce qui a permis de mettre en lumière différents mécanismes qui jouent sur l'érosion

des berges. Par exemple, pour les automnes 2006 et 2007, les niveaux étaient bas dans les deux cas, mais la remontée du fleuve ne s'est pas produite de la même manière.

Analyse par période

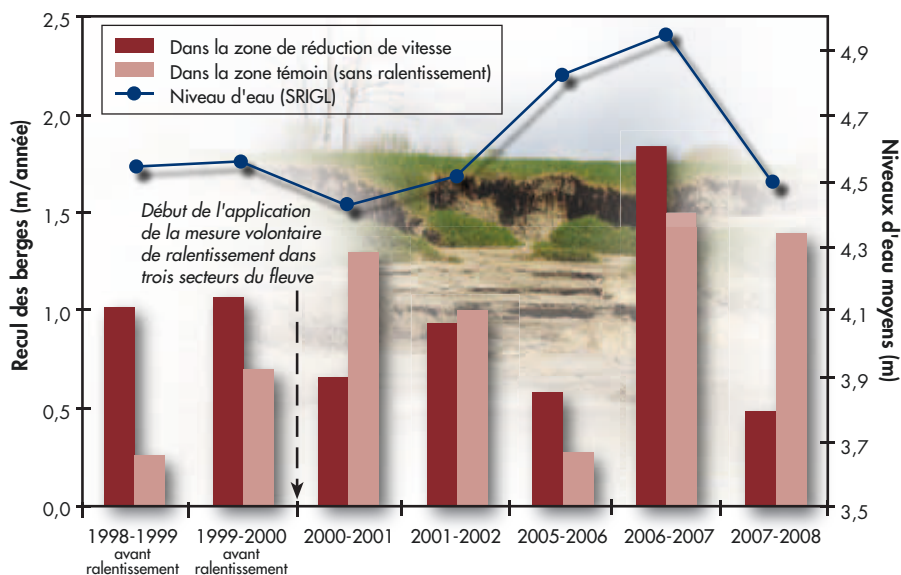
L'érosion des berges n'est pas constante d'une année à l'autre, ni même d'une saison à l'autre. Ainsi, pour la période 2006-2007, le recul annuel moyen a été de 1,85 m et plus de 67 p. 100 de l'érosion s'est produite principalement durant la période hivernale (novembre à avril). En comparaison, le recul moyen des berges en 2005-2006 n'était que de 0,59 m et l'érosion a été constante sur toute la période. Enfin, en 2007-2008, le recul a été encore plus faible, pour une moyenne de 0,49 m (figure 1).

Les niveaux très bas ont une influence majeure sur le recul des berges. D'avril 2007 à novembre 2007, les niveaux du fleuve ont été en

moyenne de 35 cm plus bas que pour les deux années précédentes. Le recul des berges a ainsi été presque nul, l'eau n'atteignant pas les berges. C'est en 2007-2008 que le retrait le plus faible enregistré jusqu'à présent a été observé, pour une valeur de 0,49 m dont 70 p. 100 durant la période hivernale.

Les observations de terrain permettent de constater que, pendant les épisodes de bas niveau d'eau, la végétation terrestre recouvre des parois qui sont normalement dégagées, puisqu'exposées à l'action des vagues, qui dénudent ces portions de rives. Par contre, les bas niveaux de 2006 n'ont pas permis à la végétation de croître et de protéger les berges, car cet épisode ne fut pas assez long et s'est produit à l'automne. Les argiles ont eu le temps de sécher avant la remontée du niveau d'eau en novembre 2006 et devenir ainsi plus friables par les phénomènes d'érosion.

Figure 1 Comparaison du recul des berges en fonction des zones de ralentissement volontaire et des niveaux d'eau moyens



SRIGL : Système de référence international des Grands Lacs.

Analyses pour des secteurs d'intérêt

Parmi tous les secteurs qui subissent des reculs importants de leurs berges, le secteur des îles de Berthier-Sorel est un exemple notable. Les îles, localisées des deux côtés du chenal maritime, sont les plus touchées de tous les segments étudiés.

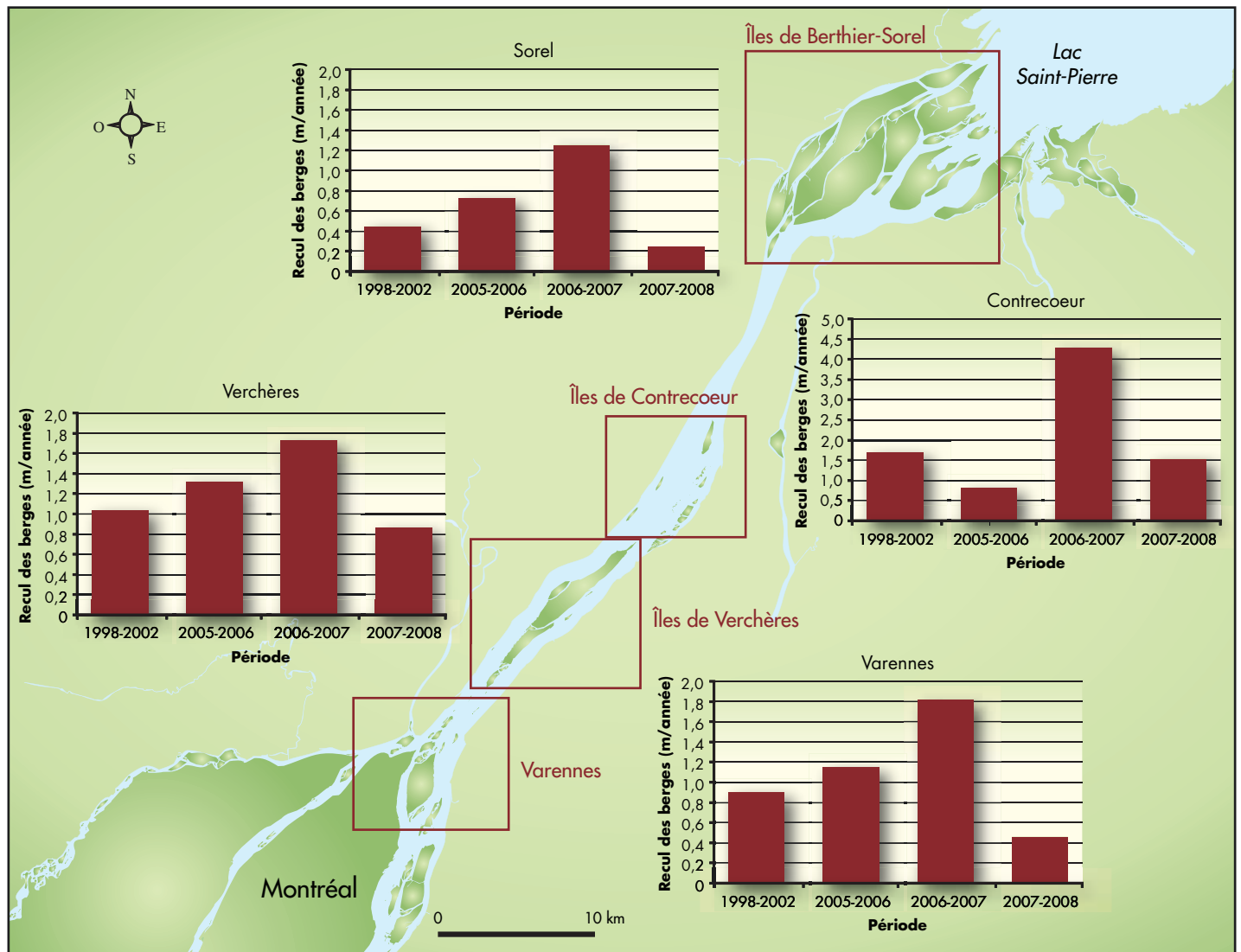
Entre 2005 et 2007, l'érosion dans la partie nord-est de l'île des Barques a été en moyenne de 15 m/année. Ce recul de berge important est en grande partie dû aux vagues produites par les vents qui courent sur le lac Saint-Pierre et qui présentent un fetch¹ plus important à la pointe aval que pour le restant des îles. Une seconde hypothèse pour expliquer l'ampleur de l'érosion dans ce secteur est la proximité du chenal de navigation aux îles. Ce secteur est situé à 280 mètres du chenal de navigation et la configuration du fleuve à cet endroit (faible profondeur entre l'île et le chenal, forme de l'île), font en sorte que les vagues de batillage sont plus puissantes à l'aval de l'île qu'à son centre.

En 2006-2007, alors que toutes les stations montraient une augmentation du recul des berges à cause de la hausse du niveau du fleuve, la station aval de l'île des Barques enregistrait une légère diminution (de 16,4 m/année à 13,5 m/année). Cela montre que pour ce secteur, les vents du lac Saint-Pierre sont plus déterminants que les fluctuations du niveau de l'eau. En 2007-2008, l'érosion n'a été que de 3,84 m. Cette différence marquée est la conséquence directe des très bas niveaux d'eau.

1. Le **fetch** est la distance parcourue par un vent donné sans rencontrer d'obstacle (une côte) au-dessus de la mer ou d'un plan d'eau, à partir de l'endroit où il naît sur l'eau ou de la côte d'où il vient.

Photo : Louis-Filip Richard, Environnement Canada

Figure 2 Retrait des berges par secteur



Cette diminution du retrait des berges est encore plus importante sur les autres stations de l'île des Barques où l'érosion est passée de plus de 6,0 m/année à moins de 0,7 m/année.

Facteurs agissant sur l'érosion

Plusieurs causes naturelles et anthropiques sont à l'origine de l'érosion (tableau 1).

La principale cause de l'érosion des berges est la fluctuation des niveaux

d'eau. Ceux-ci déterminent la vitesse des courants et les phénomènes de dessiccation (assèchement des argiles), et ils influencent les cycles de gel-dégel des argiles.

Fluctuations des niveaux d'eau et effet sur la qualité de l'eau

Pendant les longues périodes de bas niveau d'eau, les argiles marines exposées à l'air se dessèchent complètement en surface. Lors de la remontée du niveau de l'eau, il y a dispersion

(défloculation) des argiles, ce qui entraîne une augmentation notable de la turbidité et de la concentration des matières en suspensions (MES) dans l'eau.

Ainsi à la station de Bécancour, on a mesuré une très forte augmentation des MES à l'automne 2006, durant une remontée du niveau du fleuve qui avait été précédée d'une longue période de bas niveau. La concentration en MES a atteint un maximum de 275 mg/l,

Tableau 1 Principaux facteurs à l'origine de l'érosion des berges dans le secteur fluvial

FACTEURS D'ORIGINE NATURELLE		
Les variations naturelles des niveaux d'eau		
Les courants		
Les hautes vagues produites lors des tempêtes		
Le ruissellement de l'eau dû aux fortes pluies ou à la fonte des neiges		
La nature du sol et la pente de la rive		
La dessiccation et la défloculation des argiles		
Les mouvements des glaces au printemps		
Le gel et le dégel		
FACTEURS LIÉS AUX ACTIVITÉS HUMAINES		
Les variations des niveaux d'eau causées par les ouvrages de régularisation des eaux (barrages, digues, canaux, etc.)		
Le déboisement des rives		
L'effet des vagues produites par le passage des navires et des embarcations de plaisance		
L'agriculture, le pâturage et le labourage à proximité des berges		

Photo : Louis-Filip Richard, Environnement Canada

mesuré alors que le niveau d'eau avait atteint la cote 5,5 m (SRIGL). Dans les semaines qui ont suivi, le niveau d'eau a connu d'autres hausses, mais les concentrations en MES n'ont pas augmenté dans les mêmes proportions que la première fois. Cette première augmentation des MES était issue du double effet de la défloculation des argiles d'une part et de l'élévation de la vitesse des courants à proximité des berges d'autre part. Les autres augmentations des MES qui ont suivi n'ont reflété que l'augmentation de la vitesse des courants, la défloculation massive n'ayant pas eu lieu à nouveau; c'est vraisemblablement pour cette raison que les concentrations en MES augmentent dans une moindre mesure lors des augmentations subséquentes des niveaux d'eau.

Durant la crue du printemps 2007, le niveau d'eau a atteint la cote 6,25 m à son maximum et les concentrations en

MES mesurées à ce moment-là étaient de 175 mg/l. Pourtant, peu avant le maximum de la crue, alors que le niveau du fleuve atteignait un premier pic à la cote 5,5 m, les concentrations en MES étaient de 200 mg/l.

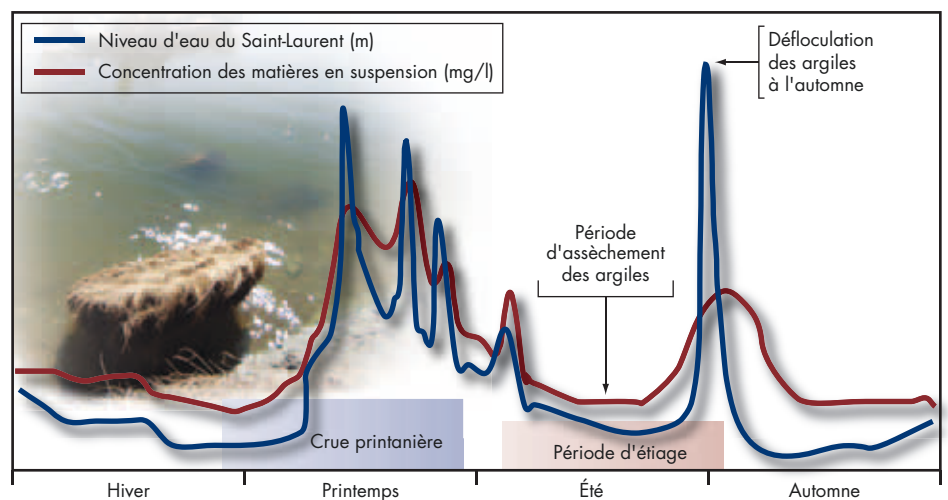
On peut expliquer ces observations par le fait que les argiles sont déflocuées dès que le niveau de l'eau remonte, donnant lieu à une augmentation disproportionnée des concentrations en MES. Après l'épisode initial de défloculation, les variations des concentrations suivent de plus près les fluctuations des niveaux d'eau.

La figure 3 illustre le phénomène de dispersion des argiles après une longue période d'assèchement. Ce graphique permet aussi de mieux définir les périodes où les niveaux d'eau exercent une influence quant aux épisodes de défloculation.

Batillage

Les vagues de batillage produites par les navires commerciaux sont

Figure 3 Modèle empirique de la relation entre les fluctuations du niveau d'eau et les variations de la concentration en matières en suspension pour 2006-2007



Défloculation d'un bloc d'argile en présence d'eau douce du Saint-Laurent



Temps = 0 minute



Temps = 60 minutes



Temps = 90 minutes

souvent considérées comme étant une des principales causes de l'érosion des berges. Des études montrent que la vitesse des courants à proximité des berges grimpe de 20 cm/s à près de 100 cm/s à la suite du passage de navires. Dans certains cas, en plus de l'augmentation du courant, des vagues déferlantes s'abattent sur les berges. Les résultats de tests en bassin montrent que les argiles de Champlain sont assez résistantes à l'augmentation

de la vitesse du courant, mais beaucoup moins résistantes aux vagues déferlantes. Il est à noter que lorsque les niveaux d'eau sont très bas, les vagues n'atteignent pas les berges. Les résultats montrent que l'érosion a été inférieure dans les zones visées par le programme volontaire de ralentissement (en place depuis l'automne 2000), sauf pour 2006-2007, année où les niveaux ont été particulièrement élevés.

Processus cryogénique

Les processus cryogéniques, c'est-à-dire l'action du gel et de l'alternance gel-dégel, créent de nombreuses perturbations dans les sols argileux. À l'automne, lors des premiers gels, des fragments de sols argileux tombent au pied du talus. Au printemps, lorsque les températures augmentent le jour à cause de l'ensoleillement, de l'eau s'écoule dans les fissures des parois argileuses. Lorsque la température baisse en dessous de 0 °C la nuit, il y a formation de glace dans les fissures. En gelant, la glace se dilate et une partie des parois se détache et tombe à la base du talus. Ce phénomène creuse les parois argileuses pour former des structures en porte-à-faux, où les racines retiendront les sols de surface. Les parois argileuses deviennent alors lisses et verticales.



Paroi recouverte de végétaux protecteurs à l'automne 2007

Perspectives

Depuis l'automne 2000, l'industrie du transport maritime, de concert avec le comité de concertation Navigation, a mis en place trois tronçons de ralentissement volontaire. Le suivi des vitesses des navires est effectué par Pêches et Océans Canada. Plus de 85 p. 100 des navires se conforment à cette mesure volontaire.

Cependant, les dernières années ont montré que certains phénomènes naturels, les fluctuations des niveaux d'eau par exemple, peuvent amplifier grandement le retrait des berges. La prédiction de ces changements est difficile et imprécise. On peut s'attendre, avec les changements climatiques, à d'importantes variations des niveaux d'eau et donc à des alternances entre périodes de faible et de fort taux d'érosion et des effets marqués sur l'ensemble du Saint-Laurent.

L'agrandissement du réseau de suivi, grâce à la collaboration de partenaires locaux, permettra de mieux définir et suivre les processus qui causent l'érosion à une plus grande échelle, notamment dans des endroits tels que le lac des Deux-Montagnes, le tronçon de Portneuf à Québec et celui de Charny à Sainte-Croix de Lotbinière.



Photo : Germain Brault, Environnement Canada

MESURES-CLÉS

Recul annuel des berges

Plusieurs techniques existent pour mesurer l'érosion des berges. Celle choisie depuis 1998 par Environnement Canada consiste à installer des piquets-repères dont on se sert pour mesurer simplement la distance qui les sépare de la berge. Par différence on obtient l'érosion totale pour une période donnée.

La production de graphiques et de cartes pour les différents secteurs et les différentes périodes de l'année permet de distinguer les facteurs critiques naturels des facteurs anthropiques qui sont associés à l'érosion des berges ainsi que les périodes problématiques.

La comparaison des observations saisonnières du recul des berges permet d'orienter les interventions, de même que la recherche permet d'identifier les différents facteurs qui influencent l'érosion des berges. Ainsi, en effectuant des mesures immédiatement avant la prise des glaces en novembre, durant la crue printanière et à la fin du mois d'août, on peut cerner avec plus de précision les différents facteurs qui jouent sur les taux d'érosion des berges. Cette technique a déjà permis de mettre en évidence l'influence des phénomènes cryogéniques et de la défloculation des argiles.

Pour en savoir plus

BERNATCHEZ, P. et J.-M. M. DUBOIS. 2008. « Seasonal quantification of coastal processes and cliff erosion on fine sediment shorelines in a cold temperate climate, north shore of the St. Lawrence maritime estuary, Québec ». *Journal of coastal Research*, 24(1A) : 169-180.

BROWN, E.A. 2000. *Influence of water level, wave climate, and weather on coastal recession along a Great Lakes shoreline*. M.S. thesis, University of Wisconsin, Madison. 176 p.

BROWN, E.A., C.H. WU, D.M. MICKELSON et T.B. EDIL. 2005. « Factors Controlling Rates of Bluff Recession at Two Sites on Lake Michigan ». *Journal of Great Lakes Research*, 31(3) : 306-321.

CÔTÉ, J.-P. et J. MORIN. 2007. *Principales interventions humaines survenues dans le fleuve Saint-Laurent entre Montréal et Québec au 19^e siècle : 1844-1907*. Rapport Technique RT-140. Environnement Canada.

DAUPHIN, D. et D. LEHOUX. 2004. *Bilan de la sévérité de l'érosion dans le Saint-Laurent dulcicole (Montréal – Archipel de Berthier-Sorel, incluant les îles de la Paix) et stratégies de protection recommandées pour les rives à plus grande valeur biologique*. Environnement Canada – Région du Québec, Service canadien de la faune.

GASKIN, S.J., J. PIETERSE, A. AL SHAFIE et S. LEPAGE. 2003. « Erosion of undisturbed clay samples from the banks of the St. Lawrence River ». *Revue canadienne de génie civil*, 30 : 585-595.

GASKIN, S.J., J. PIETERSE, A. AL SHAFIE et S. LEPAGE. 2001. « Erosion of post-glacial clay along the banks of the St. Lawrence River ». *Proceeding of the 15th Canadian Hydrotechnical conference*, CSCE, H(19) : 1-7. 30 mai-2 juin 2001, Victoria, C.-B.

LAFLEUR, Y. 2002. *Les processus érosifs et la perte annuelle de sédiments due à l'érosion des berges de l'île aux Bœufs et de l'île au Prunes dans le fleuve Saint-Laurent*. Université du Québec à Montréal, mémoire de maîtrise, 122 pages et annexes.

MONTGOMERY, W.W. 1998. *Groundwater hydraulics and slope stability analysis – elements for prediction of shore recession*. Ph.D. dissertation, Western Michigan University, Kalamazoo. 246 p.

RICHARD, L.-F. En préparation. *Suivi de l'érosion des berges du Saint-Laurent dans le tronçon Boucherville–lac Saint-Pierre et les îles de la Paix 2005-2008*. Environnement Canada, Direction générale des sciences et de la technologie.

Rédaction : Louis-Filip Richard
Direction générale des sciences et de la technologie
Environnement Canada

Photo : Louis-Filip Richard, Environnement Canada

Programme Suivi de l'état du Saint-Laurent

Dans le cadre de la présente entente Canada-Québec, Plan Saint-Laurent pour un développement durable, six partenaires gouvernementaux – Environnement Canada, le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, Pêches et Océans Canada, le ministère des Ressources naturelles et de la

Faune du Québec, l'Agence spatiale canadienne et l'Agence Parcs Canada – et Stratégies Saint-Laurent, un organisme non gouvernemental actif auprès des collectivités riveraines, mettent leur expertise en commun pour rendre compte, à intervalles réguliers, de l'état et de l'évolution du Saint-Laurent.

Vous pouvez obtenir les fiches et l'information complémentaire sur le Programme Suivi de l'état du Saint-Laurent, en visitant le site Internet :

www.planstlaurent.qc.ca

Publié avec l'autorisation du ministre de l'Environnement

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2010

Publié avec l'autorisation du ministre du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec

© Gouvernement du Québec, 2010

N° de catalogue : En154-58/2010F-PDF

ISBN 978-1-100-93730-4

Dépôt légal – Bibliothèque et Archives Canada, 2010

Also available in English under the title: *Shoreline Erosion in Freshwater Areas*