

Érosion

Résumé de l'indicateur de performance

Indicateur de performance : Impact de l'érosion sur les propriétés riveraines du lac Ontario et du haut Saint-Laurent.

Groupe de travail technique : GTT sur les processus littoraux.

Recherche : Baird & Associates.

Modélisation : Algorithme complexe du système de prévision des crues et de l'érosion relié directement au modèle de la vision commune.



Activité représentée par l'indicateur : Érosion des propriétés riveraines.

Lien avec les niveaux d'eau : En général, l'érosion se produit peu importe le niveau d'eau et celui-ci n'est pas un des éléments moteurs de l'érosion du littoral. Les fluctuations du niveau des lacs et des rivières distribuent l'énergie des vagues déferlantes entre la zone rapprochée du rivage, la plage et la falaise. En d'autres mots, lorsque le lac est bas, l'énergie des vagues se dissipe sur la zone rapprochée du rivage entraînant un processus d'érosion verticale du lit du lac (érosion progressive ou enfoncement de l'eau devant la propriété riveraine). Lorsque le lac est haut, l'énergie des vagues déferlantes se dissipe directement sur les falaises ou les dunes, entraînant l'érosion ou le recul de la rive. Sur de longues périodes de 50 à 100 ans, l'érosion associée aux niveaux d'eau faibles, moyens et élevés produit le taux de recul à long terme ou taux d'érosion naturelle. Ce recul de la rive est souvent annualisé. On parle alors de taux de recul annuel moyen (TRAM). Par exemple, une érosion de 50 m (164 pi) sur 100 ans représente un TRAM de 0,5 m/an (1,6 pi/an).

L'érosion verticale du lit de lac est le principal processus soutenant le taux d'érosion à long terme d'une rive en recul, et l'érosion verticale la plus importante se produit lorsque les niveaux d'eau sont faibles. Réciproquement, puisque la plus grande partie de l'énergie des vagues se dissipe sur le lit du lac, très peu d'énergie atteint la rive, les dunes ou les falaises, et les taux d'érosion de la rive sont plus faibles pendant les périodes de bas niveau d'eau. Les propriétaires riverains ont de la difficulté à comprendre, à observer et à mesurer le processus d'érosion verticale. Toutefois, ils peuvent facilement observer que l'érosion des rives diminue quand le lac est bas. C'est ce qui les porte à croire, incorrectement, qu'il n'y a pas d'érosion quand le niveau de l'eau est faible.

Quand le niveau du lac est élevé, moins d'énergie des vagues sert à l'érosion verticale et une plus grande partie de cette énergie atteint les falaises ou les dunes, contribuant à une accélération de l'érosion et du retrait de la rive. Les propriétaires riverains sont capables d'observer l'impact immédiat d'un niveau d'eau élevé sur le taux d'érosion et cette situation est donc la moins souhaitable.

Importance : L'érosion est un processus naturel important qui modifie les rives du lac Ontario depuis le retrait des glaces du Wisconsin, il y a environ 12 000 ans. Le présent IP n'a pas pour but de mettre fin au processus d'érosion, mais plutôt de minimiser les niveaux d'eau élevés, qui font que le taux de recul des rives dépasse le taux d'érosion naturelle.

De plus, un pourcentage significatif des propriétés riveraines du lac Ontario et du haut Saint-Laurent appartiennent à des particuliers. Le Traité des eaux limitrophes de 1909 et le plan de régularisation actuellement en vigueur (1958D) ne reconnaissent pas spécifiquement les besoins de ces propriétaires et les impacts économiques des niveaux d'eau élevés. Si on réduit à l'avenir la fréquence des niveaux d'eau élevés et qu'on abaisse la limite supérieure actuellement permise, on réduira du même coup les taux d'érosion et les coûts qui y sont associés.

Paramètres de l'indicateur : L'IP de l'érosion du lac Ontario est exprimé comme le niveau mensuel moyen maximal de l'eau dans le lac. Le tableau suivant donne les limites supérieures mensuelles du niveau de l'eau dans le lac (recommandations courantes au printemps 2004) :

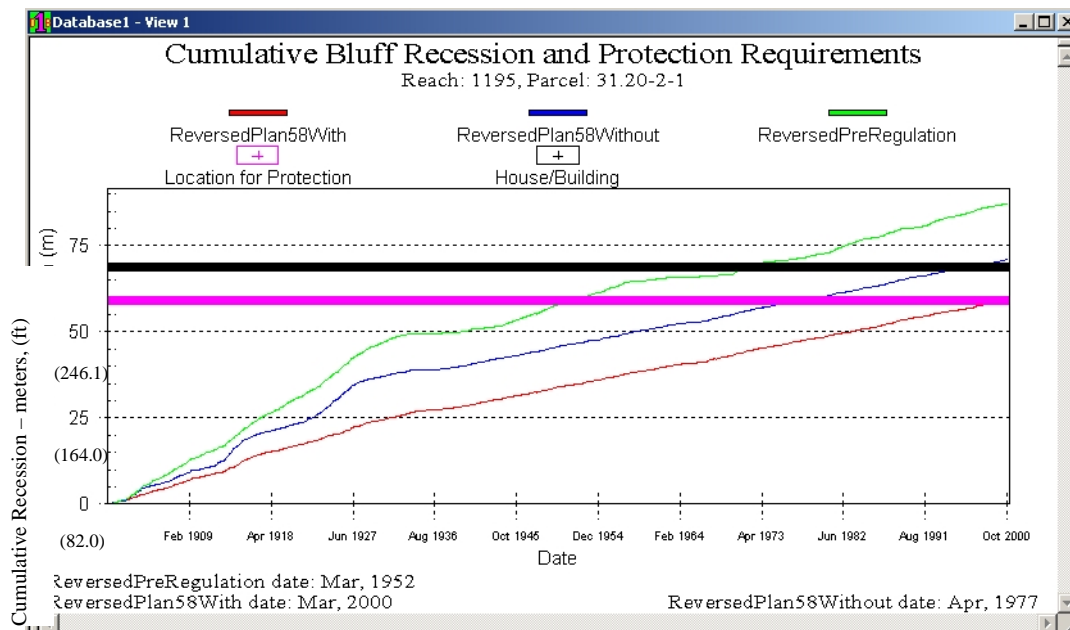
Limite sup.	janv.	févr.	mars	avril	mai	juin	juillet	août	sept.	oct.	nov.	déc.
m	74,70	74,70	74,87	75,04	75,20	75,20	75,20	75,20	75,04	74,87	74,7	74,7
pi	245,1	245,1	245,6	246,2	246,7	246,7	246,7	246,7	246,2	245,6	245,1	245,1

On élabore en ce moment des recommandations pour le haut Saint-Laurent, plus spécifiquement pour la région du lac St. Lawrence. De telles recommandations de limites supérieures devraient être faites pour cette région de la zone d'étude.

Validité temporelle : L'IP est valide toute l'année.

Validité spatiale : Les niveaux d'eau donnés plus haut sont valides pour le lac Ontario.

Liens avec les caractéristiques hydrologiques utilisées pour créer l'algorithme de l'IP : On applique l'algorithme de l'IP de l'érosion à toutes les sections de 1 km des rives



du lac Ontario et du haut Saint-Laurent qui montrent un taux de recul à long terme. La fonction n'est pas appliquée s'il n'y a pas d'érosion ou s'il y a une tendance à la croissance. Les plans de régularisation prévoyant des niveaux de lac plus élevés ont des taux d'érosion à long terme plus élevés. On présente ici un échantillon du taux cumulatif de recul prévu pour la section 1195, dans le comté de Niagara, en appliquant le plan 1958D avec écarts, le plan 1958D sans écarts et les niveaux d'eau d'avant-projet (toutes les séries temporelles de niveau d'eau sont sur une échelle inversée). La localisation de la maison de la parcelle 31.20-2-1, à environ 70 m (229,7 pi) de la rive, est indiquée par un large trait noir. Le large trait rose représente l'endroit où seront placées les protections, à 10 m (32,8 pi) de la maison ou à 60 m (196,9 pi) du lac.

Si on ne tient pas compte de la protection de la maison et des rives, les niveaux d'eau et les vagues d'avant-projet devraient causer, au bout de 101 ans, un recul des rives d'environ 90 m (295,3 pi), alors que les mêmes vagues, avec les niveaux d'eau du plan 1958D avec écarts n'entraîneraient qu'un recul de 60 m (196,9 pi). Cet exemple montre clairement l'impact des niveaux d'eau élevés sur le recul des rives.

L'équation d'érosion est décrite dans la section suivante. Pour un comté donné, les coefficients 'a' et 'b' ont été élaborés pour chaque incrément de niveau d'eau de 0,25 m (0,8 pi) (par exemple, un groupe représente un niveau d'eau de 0,0 m (0,0 pi) à 0,25 m (0,8 pi), le groupe suivant va de 0,25 m (0,8 pi) à 0,5 m (1,6 pi)). On appelle « famille d'équations » l'ensemble formé par l'équation d'érosion et un ensemble de coefficients. L'équation est toujours la même, mais les coefficients 'a' et 'b' varient selon les comtés et les municipalités régionales bordant le lac et le fleuve. Dans certains cas, on a développé plusieurs familles d'équations pour un même comté.

Il existe donc un lien direct entre l'hydrologie et l'IP de l'érosion. Des niveaux d'eau différents entraînent des taux d'érosion différents, et l'algorithme de l'IP de l'érosion est sensible à ces changements.

Algorithme : L'algorithme de l'IP de l'érosion, qui a été programmé dans le système de prévision des crues et de l'érosion et relié directement au modèle de la vision commune, comprend plusieurs éléments. L'équation de récession est la suivante :

$$\text{Récession} = (a \times \ln(E) + b) \times \text{TRAM}$$

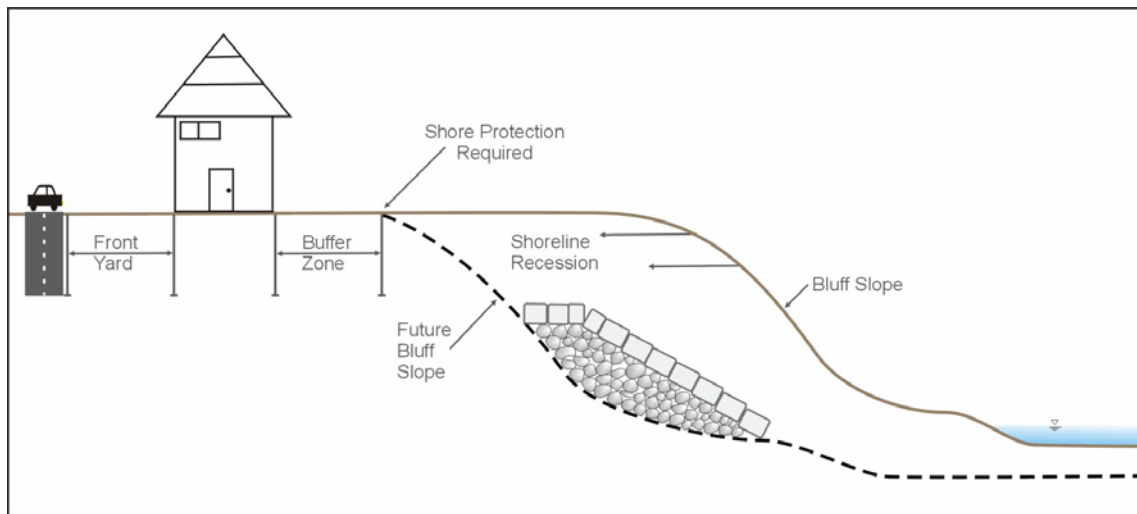
où :

- a = coefficient (varie selon le comté)
- E = énergie normale des vagues (en joules), calculée mensuellement (varie selon le comté)
- b = coefficient (varie selon le comté)
- TRAM = taux de recul annuel moyen (pour chaque section de 1 km)

Une fois prédit le recul de la rive d'une section selon un plan de régularisation donné, le deuxième élément de l'IP de l'érosion consiste en un calcul économique. Par exemple, les estimations de reculs accumulés de la section 1195 présentées plus haut sont utilisées pour déterminer le moment où un propriétaire riverain sera obligé de construire un

dispositif de protection de la rive afin de protéger sa propriété de l'érosion. Dans notre exemple, si on ne prend aucune mesure, l'érosion associée aux niveaux d'eau d'avant-projet détruira la maison en 1973 environ (c'est-à-dire au point où la ligne verte croise le trait noir). Toutefois, en réalité, la plupart des propriétaires riverains ne laissent pas leur maison tomber dans le lac – il font ce qu'il faut faire pour les protéger. Il est bien sûr possible de déplacer les maisons, mais la solution la plus courante est de construire un dispositif de protection de la rive afin d'arrêter ou de ralentir la perte de terrain. Notre méthodologie économique se base sur cette prémisse.

Pour notre exemple (section 1195), nous émettons l'hypothèse que le propriétaire laissera le processus d'érosion faire son œuvre jusqu'à ce que la rive soit à une distance de 10 m (32,8 pi) de sa maison. Dans l'illustration suivante, cette distance est appelée « zone tampon ». À ce moment, le propriétaire doit construire une protection et accepter le coût économique de la structure. Puisque les niveaux d'eau d'avant-projet ont pour conséquence une augmentation du taux d'érosion naturelle, le système de protection doit être construit en mars 1952 (au moment où la ligne verte rencontre le trait rose). Dans le cas du plan 1958D, la dépense est retardée jusqu'en avril 1977. Selon le plan de régularisation en vigueur en ce moment (1958D avec écarts), la construction d'un dispositif de protection est retardée jusqu'en mars 2000.



La façade de terrain de la parcelle 31.20-2-1 mesure 91,67 m (300,8 pi). Si on prévoit 1 889 \$/m de protection de la rive, le coût des travaux pour cette propriété s'élèvera à 173 165 \$. Puisqu'un abaissement du niveau de l'eau aura pour effet de retarder la construction du dispositif de protection de la rive, le propriétaire disposera d'une plus longue période afin d'économiser en vue des travaux (voir le tableau plus bas). En utilisant les trois taux d'intérêt décrits dans l'exposé méthodologique de l'étude, l'algorithme calcule l'investissement initial que le propriétaire devra faire de façon à pouvoir payer pour la protection. Puisque ce type d'épargne ressemble à un compte d'épargne bancaire, le taux d'intérêt de 2 % sera probablement le plus réaliste.

	Nombre d'années avant les travaux	Investissement pour un intérêt de 2 %	Investissement pour un intérêt de 3,1 %	Investissement pour un intérêt de 10 %
Avant-projet	52	61 837 \$	35 400 \$	1 219 \$
1958D	77	37 692 \$	16 502 \$	113 \$
1958D avec écarts	100	23 902 \$	8 177 \$	13 \$

Pour la situation d'avant-projet, le propriétaire riverain doit faire un investissement initial de 61 837 \$ afin de pouvoir payer les travaux dans 52 ans. Selon le plan 1958D, l'investissement initial, avec un taux d'intérêt de 2 %, est de 37 692 \$, puisque les travaux ne seront effectués que dans 77 ans. Le plan de régularisation actuellement en vigueur (1958D avec écarts) ne nécessite une protection que dans 100 ans et l'investissement initial n'est plus que de 23 902 \$, soit environ un tiers de l'investissement requis par les niveaux d'eau d'avant-projet.

L'algorithme effectue cette série de calculs pour toutes les parcelles de la base de données et les sommes des calculs économiques sont utilisées afin de comparer et de classer les différents plans de régularisation.

Validation : Nous nous sommes assurés du pouvoir de prédiction de l'algorithme de l'IP de l'érosion par essais, calage et vérification approfondis lors de l'élaboration de la méthodologie. Par exemple, nous avons, dans chacun des comtés ou dans chacune des municipalités régionales, sélectionné trois sections afin d'y faire des tests. Nous avons utilisé l'algorithme pour prévoir l'érosion selon quatre plans de régularisation différents et nous avons comparé ces résultats avec ceux du modèle COSMOS, le programme détaillé du système de prévision des crues et de l'érosion servant à prédire le recul. Dans la plupart des cas, l'algorithme était en mesure de reproduire les résultats du modèle détaillé COSMOS avec une marge d'erreur de moins de 10 %. Pour plus de détails sur le processus de validation, on consultera le rapport sur l'IP qui figure dans la bibliographie (Baird, 2004a).

Notre méthodologie économique a été évaluée par des pairs du GTT sur les processus littoraux et du Comité consultatif en économie.

Bibliographie :

Baird (en élaboration). *Lake Ontario and Upper St. Lawrence River Detailed Coastal Study Sites*. Établi pour le GTT sur les processus littoraux.

Baird. 2004a. *Erosion Performance Indicator: Methodology and Shared Vision Model Application*. Établi pour le GTT sur les processus littoraux, février 2004.

Christian J. Stewart Consulting. 2004. *A Summary of Existing Land Use, Land Use Trends and Land Use Management Policies Along the Lake Ontario – St. Lawrence River Shoreline: Implications for Future Water Level Management*. Établi pour le GTT sur les processus littoraux, Commission mixte internationale.

Nairn, R.B. *Erosion, Transport, and Deposition of Cohesive Sediments, Chapter 5, Part III, Coastal Engineering Manual*. Établi pour l'USACE.

Zuzek, P.J., Nairn, R.B. et Thieme, S.J. 2003. *Spatial and Temporal Considerations for Calculating Shoreline Change Rates in the Great Lakes Basin*. Journal of Coastal Research, Special Edition 38, p. 125-146.

Évaluation des risques et des incertitudes : Toute modélisation informatique comporte des incertitudes. Le pouvoir de prédiction de l'algorithme de l'IP de l'érosion a été testé, étalonné et vérifié de façon approfondie. La fonction prédit avec précision l'érosion selon les différents plans de régularisation élaborés par le GFEP et testés dans le modèle de la vision commune.

La partie économique de l'algorithme a pour prémisse la construction de dispositifs de protection des rives afin de contrer le danger d'érosion. Cette réaction est bien documentée dans le rapport sur l'utilisation du sol établi par CJSC (2004) et dans les textes contextuels de l'IP de l'érosion.