

Article

« Érosion récente des marais intertidaux de l'estuaire du Saint-Laurent, Québec »

Jean-Claude Dionne

Géographie physique et Quaternaire, vol. 40, n° 3, 1986, p. 307-323.

Pour citer cet article, utiliser l'information suivante :

URI: <http://id.erudit.org/iderudit/032651ar>

DOI: 10.7202/032651ar

Note : les règles d'écriture des références bibliographiques peuvent varier selon les différents domaines du savoir.

Ce document est protégé par la loi sur le droit d'auteur. L'utilisation des services d'Érudit (y compris la reproduction) est assujettie à sa politique d'utilisation que vous pouvez consulter à l'URI <https://apropos.erudit.org/fr/usagers/politique-dutilisation/>

Érudit est un consortium interuniversitaire sans but lucratif composé de l'Université de Montréal, l'Université Laval et l'Université du Québec à Montréal. Il a pour mission la promotion et la valorisation de la recherche. Érudit offre des services d'édition numérique de documents scientifiques depuis 1998.

Pour communiquer avec les responsables d'Érudit : info@erudit.org

ÉROSION RÉCENTE DES MARAIS INTERTIDaux DE L'ESTUAIRE DU SAINT-LAURENT, QUÉBEC

Jean-Claude DIONNE, Département de géographie et Centre d'études nordiques, Université Laval, Sainte-Foy, Québec G1K 7P4.

RÉSUMÉ Plusieurs marais intertidaux de l'estuaire du Saint-Laurent et plus particulièrement le schorre supérieur subissent présentement de l'érosion. Deux sites de la rive sud ont été étudiés. À Montmagny, à 80 km en aval de Québec, le schorre supérieur est affecté par l'érosion sur près de la moitié de sa longueur de 15 km. À cinq endroits, il a été entièrement détruit au cours de la dernière décennie. Ailleurs, les secteurs affectés sont caractérisés par une micro-falaise de 40 à 100 cm de hauteur. Des piquets repères (44) placés dans trois secteurs, d'une longueur de 1800 m, ont donné un recul moyen de 102 cm, en 1984-85, et de 103 cm dans 2 secteurs, en 1985-86. À Rivière-du-Loup, à environ 200 km en aval de Québec, le marais intertidal, d'une longueur de 3 km, est frangé d'une micro-falaise de 50 à 125 cm sur l'ensemble de son étendue. Deux secteurs ont été distingués. En 1984-85, le recul basé sur 72 piquets repères a été respectivement de 201 et 318 cm. Entre le 30 octobre 1985 et le 28 octobre 1986, le recul moyen de la micro-falaise du secteur B basé sur 39 piquets a été de 406 cm. Les causes de l'érosion récente des marais intertidaux du Saint-Laurent ne sont pas bien connues. Il ne semble pas exister de cause unique, mais plutôt un ensemble de facteurs locaux et régionaux. Parmi ces derniers: une légère subsidence des terres entraînant une remontée du niveau relatif de la mer et le faible bilan sédimentaire des estrans. Parmi les facteurs locaux: la compaction des sédiments du schorre, l'action des oies et l'activité de l'homme.

ABSTRACT *Recent erosion of tidal marshes along the St. Lawrence Estuary, Québec.* Many tidal marshes are presently eroded, particularly the upper marsh. At Montmagny, about 80 km downstream from Québec city, the upper marsh extending on a distance of 15 km is eroded for nearly half of its length. During the last decade, at five sites, erosion has stripped off the upper marsh. Elsewhere, a small scarp 40 to 100 cm high characterizes the eroded zone. Markers (stakes) have been placed in three sections totalling about 1800 m. For 1984-85, the mean annual rate of retreat of the scarp measured (44 stakes) is 102 cm; in 1985-86, the same rate of retreat has been measured in two sections. At Rivière-du-Loup, about 200 km downstream from Québec City, the salt marsh extends over a distance of 3 km. The upper marsh is fringed by a low scarp 50 to 125 cm high. Measurements were made in two areas. In 1984-85, the annual mean rate of erosion based on 72 stakes has been 201 and 318 cm respectively. From October 30, 1985 to October 28, 1986, the mean retreat of the scarp based on 39 stakes has been 406 cm. The causes of the recent erosion of tidal marshes along the St. Lawrence are not known satisfactorily. It is suggested that several factors, both local and regional, are involved. Among the first order factors: a small land subsidence causing an equivalent rise of the relative sea level and the sedimentary budget of the tidal zones. Local factors include sediment and peat compaction in the upper marsh, as well as geese action and human activity inducing erosion.

ZUSAMMENFASSUNG *Gegenwärtige Erosion der Gezeitenmarschen entlang des Sankt-Lorenz-Gezeitenstroms, Québec.* Mehrere Gezeitenmarschen des Sankt-Lorenz-Gezeitenstroms sind gegenwärtig der Erosion ausgesetzt und besonders die obere Hallig. In Montmagny, 80 km flußabwärts von Québec, ist die Hallig fast auf der Hälfte ihrer 15 Kilometer Länge durch die Erosion beschädigt. An fünf Stellen ist sie im Lauf des letzten Jahrzehnts vollkommen zerstört worden. Andernorts sind die beschädigten Stellen durch eine Mikro-Steilküste von 40 bis 100 cm Höhe gekennzeichnet. Die Orientierungspflöcke (44), die in drei Abschnitten über eine Länge von 1800m eingepflanzt worden sind, haben einen Durchschnittsrückgang von 102 cm von 1984-85 ergeben und von 103 cm in zwei Abschnitten von 1985-86. In Rivière-du-Loup, etwa 200 km flußabwärts von Québec, ist die 3 km lange Flußmarsch durch eine Mikro-Steilküste von 50 – 125 cm auf ihrer ganzen Länge gesäumt. Zwei Abschnitte wurden unterschieden. Von 1984-85 war der Rückgang, gestützt auf 72 Orientierungspflöcke, jeweils 201 und 318 cm. Zwischen dem 30. Oktober 1985 und dem 28. Oktober 1986 war der Durchschnittsrückgang der Mikrosteilküste des Abschnitts B, gestützt auf 39 Pflöcke, 406 cm. Die Gründe der gegenwärtigen Erosion der Gezeitenmarschen des Sankt-Lorenz-Stroms sind nicht bekannt. Schuld scheint nicht ein einziger Grund zu sein, sondern eher eine Reihe von lokalen und regionalen Faktoren. Unter den letzteren eine leichte Landsenkung, welche zu einer Hebung des relativen Meers-Niveaus führte und eine schwarze Sediment-Bilanz an den Stränden. Unter den lokalen Faktoren die Krompakierung der Sedimente der Hallig, die Wirkung der Gänse und die Einwirkung des Menschen.

INTRODUCTION

Les marais intertidaux, appelés aussi *schorres*, *herbus* ou *pré-salés* (VERGER, 1968) constituent des zones littorales positives, c'est-à-dire d'aggradation du rivage. À l'instar des deltas, ils témoignent d'une progression des terres aux dépens de la mer. Un bilan sédimentaire positif explique leur existence et leur développement dans des zones protégées à pente faible. La végétation joue un rôle important en retenant les sédiments fins et en élevant progressivement la surface au-dessus du niveau moyen de la mer.

De nombreuses études font état du taux annuel de sédimentation dans les marais intertidaux. Selon les endroits, en Angleterre et aux États-Unis par exemple, le taux annuel varie de 2 à 10 mm (tabl. I). Au Québec le taux moyen de sédimentation à long terme est inférieur à 5 mm par an (tabl. II). Peu d'études, cependant, ont été consacrées à l'érosion et à la dégradation récente des *schorres* (GUILCHER, 1981). Dans le cas du Saint-Laurent, quelques phénomènes particuliers comme l'érosion par les oies (DIONNE, 1985a), l'érosion anthropique (DIONNE, 1985b) et, bien entendu, l'érosion glaciaire (DIONNE, 1968, 1972) ont été signalés. Quelques don-

nées sont aussi contenues dans deux rapports non publiés, l'un concernant le marais intertidal de Montmagny (LACOMBE, 1982), l'autre celui de Rivière-du-Loup (SOGÉAM, 1984). On trouve aussi dans quelques articles des données sommaires sur l'érosion des marais intertidaux (ALLARD, 1981; SÉRODES et DUBÉ, 1983; SÉRODES et TROUDE, 1983; TROUDE et SÉRODES, 1985). Pourtant, plusieurs marais intertidaux de l'estuaire du Saint-Laurent, connaissent actuellement des problèmes sérieux d'érosion.

Deux sites particulièrement menacés, Montmagny et Rivière-du-Loup, situés sur la côte sud du Saint-Laurent, en aval de Québec, ont fait l'objet de mesures au cours des dernières années. Les résultats sont présentés ici dans le but d'attirer l'attention des intéressés et des autorités compétentes sur une question de grande importance, à savoir la sauvegarde d'un milieu fragile et d'étendue restreinte au Québec méridional, qui présente une grande valeur écologique et économique.

IMPORTANCE DES MARAIS INTERTIDIAUX

Les marais intertidaux jouent, en effet, un rôle important à plusieurs niveaux. En premier lieu, la biomasse produite annuellement représente une source substantielle en carbone organique des eaux estuariennes, substance nécessaire à la chaîne alimentaire des organismes marins (POCKLINGTON et LEONARD, 1979; STRAIN et TAN, 1979; BRIND'AMOUR et LAVOIE, 1984a, 1984b). Ensuite, les marais intertidaux du Saint-Laurent, en raison de leurs caractéristiques physiographiques particulières, notamment l'abondance des mares

TABLEAU I

Taux de sédimentation dans quelques *schorres**
(élévation verticale)

Lieu	Taux moyen annuel	Références
ANGLETERRE		
Norfolk (5 sites, 12 ans)	2,3 à 9,1 mm	STEERS (1948, p. 531)
Scolt Head (20 ans)	8 à 10 mm	STEERS (1948)
Dovey Estuary (3 sites, 7,5 ans)	1,7 à 4,3 mm	RICHARDS (1934)
(1 site, 4 ans)	9,2 mm	
FRANCE		
Bretagne (3 sites, 3 ans)	3,3 à 10 mm	GUILCHER et BERTHOIS (1957)
ÉTATS-UNIS		
Connecticut (5 sites, 10 ans)	2 à 7 mm	HARRISON et BLOOM (1977)
Georgia (Sapelo Is., 2 ans)	4,3 mm (max.)	LETZSCH et FREY (1980)
Long Island Flax Pond (2 siècles)	2,5 mm	FLESSA <i>et al.</i> (1977)
" " (17 mois)	4 mm	RICHARD (1978)
" " (1 siècle)	4,7 à 6,3 mm	ARMENTANO et WOODWELL (1975)
Louisiana	7,5 à 8,5 mm	DELAUNE <i>et al.</i> (1978, 1983)

* Ce tableau est fort incomplet. Le lecteur intéressé trouvera dans LETZSCH et FREY (1980, p. 531) un tableau plus exhaustif.

TABLEAU II

Taux moyen de sédimentation à long terme
dans les *schorres* supérieurs du Saint-Laurent*

Lieu	Taux moyen annuel	Référence
ANSE AUX CANARDS (île d'Orléans)	0,8 à 1,1 mm	ALLARD (1981)
CAP TOURMENTE " "	1,7 à 4 mm	SÉRODES <i>et al.</i> (1983)
(depuis le XVII ^e siècle)	2 à 5 mm	SÉRODES <i>et al.</i> (1983)
MONTMAGNY	0,95 à 2 mm	Dionne (inédit)
KAMOURASKA:		
– Berceau	1 à 1,3 mm	DUBÉ (1982) SÉRODES et DUBÉ (1983)
– Baie de Kamouraska	1,6 à 2,2 mm	CHAMPAGNE <i>et al.</i> (1983)
RIVIÈRE-DU-LOUP	2,5 mm	Dionne (inédit)
ISLE-VERTE	1,5 à 1,9 mm	Dionne (inédit) BERTRAND (1984)
RIMOUSKI	1 à 1,5 mm	Dionne (inédit)

* Taux établis à partir de datations au ¹⁴C.

et marelles, servent de pouponnières à plusieurs espèces d'oiseaux, de poissons, de crustacés, de vers, etc. (REED et MOISAN, 1971; BOURGET *et al.*, 1977; CANTIN *et al.*, 1982; DUTIL *et al.*, 1982; DUTIL et FORTIN, 1983). Par ailleurs, les marais intertidaux jouent un rôle au niveau des polluants, plusieurs substances chimiques étant fixées par les plantes et les sédiments et ainsi recyclées (SÉRODES *et al.*, 1983; DESCHÊNES et SÉRODES, 1986). De plus, les marais intertidaux, en particulier ceux du moyen estuaire, servent deux fois par année de pâturage aux oies blanches (*Anser caeruleus atlanticus*) et aux bernaches du Canada (*Branta canadensis*), deux espèces particulièrement appréciées des chasseurs.

Pour ces diverses raisons et d'autres, les marais intertidaux du Saint-Laurent, dont la superficie fait à peine 90 km² (GAUTHIER *et al.*, 1980), constituent des écosystèmes d'une grande valeur économique. Ils doivent donc être protégés contre les méfaits des agents naturels et anthropiques.

LES SITES ÉTUDIÉS

Bien que l'érosion soit manifeste dans la plupart des schorres du Saint-Laurent, y compris ceux de la rive nord (Cap-Tourmente, Saint-Joseph-de-la-Rive), elle est particulièrement forte à Montmagny et à Rivière-du-Loup (fig. 1). Ces deux sites ont donc été retenus pour mesurer le taux annuel de recul de la micro-falaise du schorre supérieur. Ce dernier correspond à la zone la plus ancienne et la plus évoluée du marais intertidal qui est submergée uniquement lors des marées de vive eau¹. Elle domine habituellement le schorre inférieur par une rupture de pente nette et parfois par une micro-falaise de plusieurs décimètres de hauteur, aux endroits où il y a érosion.

A. MONTMAGNY

Montmagny est localisé sur la rive sud du moyen estuaire du Saint-Laurent, à environ 80 km en aval de Québec (47°N, 70°33'O). À cet endroit, les mesures ont débuté en 1982². Cette année-là, quelques piquets de bois avaient été placés à deux endroits soumis alors à une forte érosion littorale: l'un à Cap-Saint-Ignace, l'autre à l'est de l'aéroport. En 1983, plusieurs piquets métalliques ont été installés le long de la micro-falaise du schorre supérieur et à la limite du schorre inférieur, l'érosion affectant aussi ce dernier. Les résultats préliminaires nous ont incité à prendre des mesures plus nombreuses. C'est ainsi que trois sites ont été choisis: l'un

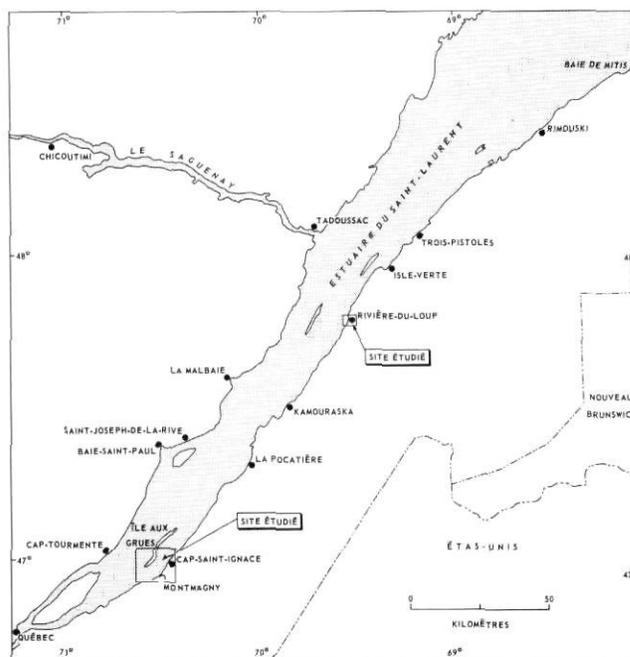


FIGURE 1. Carte de localisation.

Location map of the study area.

du côté ouest de la rivière du Sud, les deux autres du côté est (fig. 2).

Dans le secteur A, localisé en face de la tour des Biologistes, 12 piquets repères en bois, de 5 sur 7,5 cm de grosseur, ont été plantés au pied de la micro-falaise, à la fin de septembre de 1984, sur une distance d'environ 400 m. Dans le secteur B, situé à l'est du camping, 30 piquets semblables ont été installés sur une distance d'environ 800 m, également à la fin de septembre 1984. À la même date, 24 autres piquets ont été plantés dans le secteur C, situé à l'est de l'aéroport, sur une distance d'environ 600 m. Le 31 octobre 1985, 20 piquets additionnels ont été placés dans le secteur C.

1. Caractéristiques du marais intertidal

Le marais intertidal de Montmagny est l'un des trois plus étendus du moyen estuaire, les deux autres étant ceux de Cap-Tourmente et de l'île aux Grues. Il s'étend sur une quinzaine de kilomètres de longueur et excède par endroits 600 m de largeur. Le schorre supérieur est toutefois, relativement étroit (45 m en moyenne) en comparaison du schorre inférieur (245 m en moyenne) qui est dominé par le scirpe (*Scirpus americanus*). Dans les trois secteurs étudiés, la largeur moyenne du schorre supérieur est de 75-80 m dans le secteur A, 35-40 m dans le secteur B et 40-45 m dans le secteur C. Adjacente au schorre inférieur, s'étend une vaste zone vaseuse, dénudée, à pente faible (moins de 0,5%), appelée slikke; sa largeur excède 1000 m par endroits (fig. 3). Le schorre et la slikke sont développés sur un substrat argileux (argile de la mer de Goldthwait). L'épaisseur des sédiments récents dans le schorre inférieur varie dans l'ensemble de la baie de Montmagny. Elle est cependant plus forte du côté ouest de la rivière du Sud, atteignant entre 100 et 135 cm dans la partie centrale. Du côté est, le recouvrement atteint

1. La terminologie francophone relative aux marais intertidaux est loin de faire l'unanimité. L'usage des termes flamands *schorre* et *slikke* a, en effet, introduit beaucoup de confusion dans certains milieux. En raison de son importance, cette question sera débattue ailleurs (DIONNE, en préparation). Dans le présent travail, nous avons adopté la logique anglo-saxonne, en utilisant les expressions *schorre supérieur* et *schorre inférieur* comme équivalent de *upper marsh* et *lower marsh*. Au Québec, la notion de *haute slikke*, expression introduite par JACQUET (1949) et popularisée par GUILCHER (1981) n'a pas la même connotation qu'en France.

2. Mesures entreprises par Jacques LACOMBE (Université Laval) dans le cadre d'une thèse de doctorat.

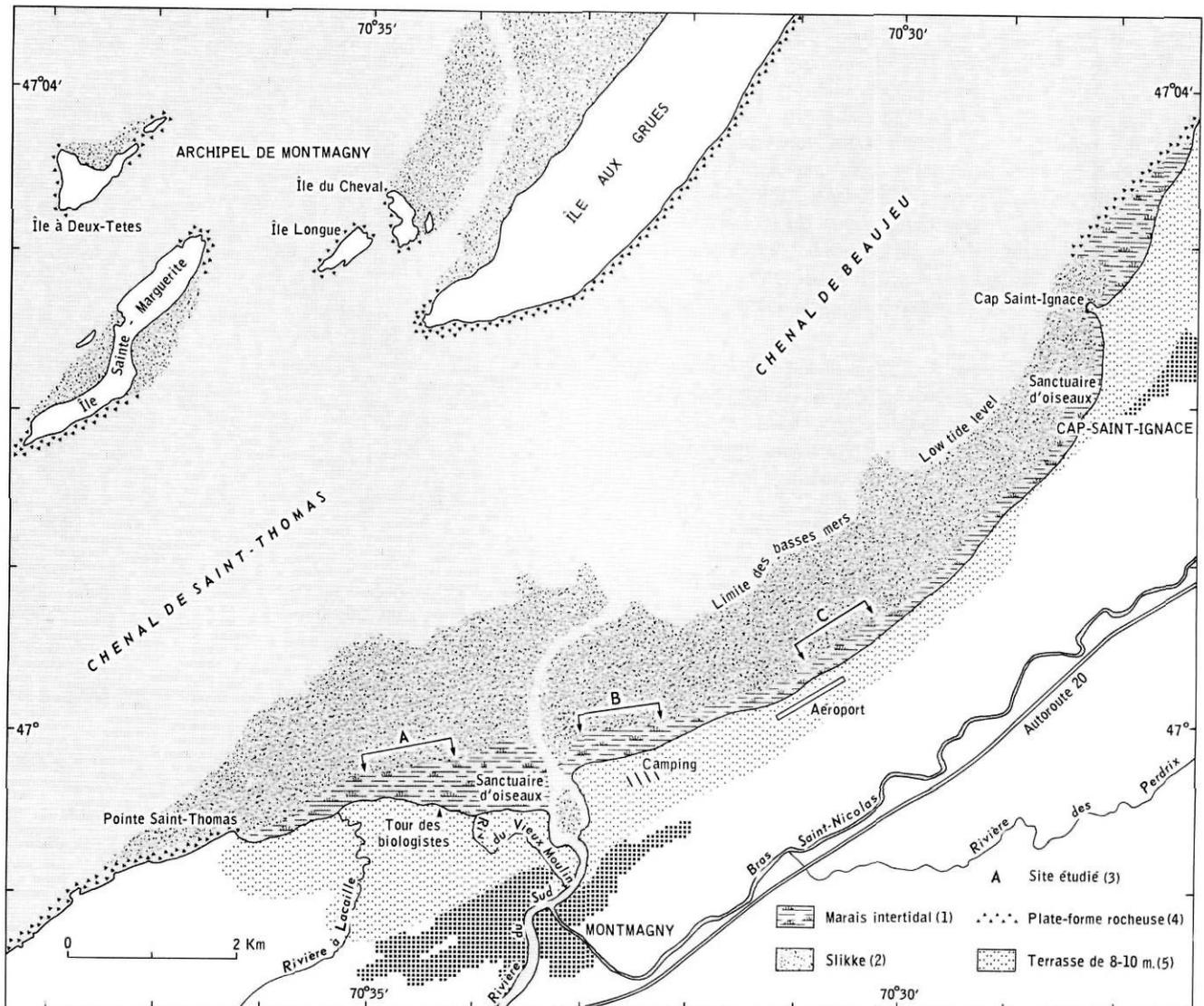


FIGURE 2. Carte schématique du rivage dans la région de Montmagny, et localisation des trois sites où le recul du schorre supérieur a été mesuré.

A sketch map of the coastal area at Montmagny, and location of the three sites where measurements have been made. (1) Tidal marsh; (2) muddy tidal flat; (3) study site; (4) rocky shore platform; (5) 8-10 m terrace.

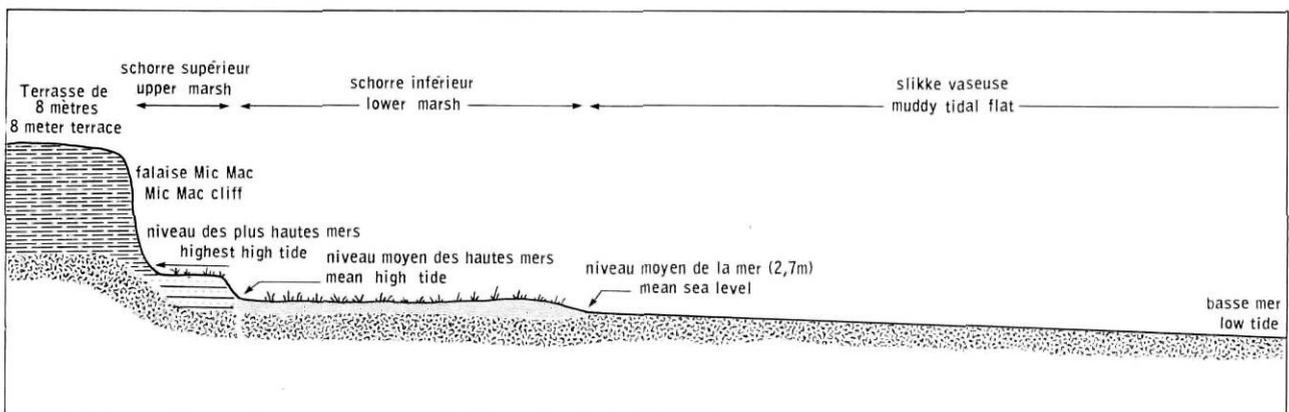


FIGURE 3. Zonation du rivage à Montmagny.

The shore zone at Montmagny.

rarement 50 cm, l'argile affleurant même sur de vastes étendues. Dans l'ensemble, l'épaisseur des sédiments fins recouvrant le substrat argileux dans la zone de la slikke excède rarement 60 cm, la moyenne étant plutôt autour de 10 cm. La limite du schorre inférieur coïncide à peu près avec le niveau moyen de la mer, soit le zéro géodésique ou 2,7 m au-dessus du zéro des cartes marines. Des deux côtés de la rivière du Sud, le schorre supérieur est constitué de sédiments fins stratifiés (sable fin et limon), d'une épaisseur comprise entre 200 et 300 cm.

Dans les trois secteurs étudiés, la surface du marais intertidal est défoncée de mares (marelles) de dimensions variées mais d'environ 30 cm de profondeur moyenne. Leur densité est toutefois relativement faible dans l'ensemble. De plus, les chasseurs d'oies y creusent chaque année des tranchées leur servant de caches. Celles sises en bordure du schorre supérieur sont la proie de l'érosion; elles disparaissent habituellement après 3 ou 4 ans (DIONNE, 1985b). Dans le secteur A, la surface du schorre supérieur est fortement dégradée; elle présente un micro-relief de buttes et sillons d'une trentaine de centimètres de profondeur, creusés par les courants de marée. Le recul de la micro-falaise est donc d'autant facilité.

À Montmagny, les marées ordinaires sont de l'ordre de 4,8 m, celles de vive-eau de 5,5 à 5,8 m, avec des maxima de 6 m, à l'occasion. La majeure partie de la surface du schorre supérieur peut donc être submergée périodiquement. Durant les marées ordinaires ou moyennes, le niveau de l'eau, à marée haute, atteint quotidiennement le pied de la micro-falaise, de sorte que les vagues peuvent l'éroder facilement, en particulier lors des tempêtes.

Durant l'hiver (fin décembre à la mi-avril), le schorre supérieur est couvert de glace et de neige. Il est donc protégé contre l'action des vagues. Par contre, lors du déglacement, la glace arrache de larges radeaux de schorre, accélérant ainsi le recul de la micro-falaise.



FIGURE 4. Recul du schorre supérieur dans la zone A, à Montmagny, entre le 27 septembre, 1984 et le 19 juin, 1985. Le piquet repère indique un recul de 190 cm.

Erosion of the upper tidal marsh in zone A, at Montmagny, between September 27, 1984 and June 19, 1985. The wooden-stick marker is 190 cm from the micro-cliff.

Situé dans le fond d'un vaste rentrant, le schorre de Montmagny est largement ouvert vers le large. Bien que partiellement protégé par l'archipel de Montmagny, en face, il est exposé sur de vastes secteurs aux vents de SO, O et NE. Les fetches les plus longs, produisant des vagues efficaces pouvant atteindre le schorre supérieur, à marée haute, sont compris entre 25 et 30 km.

2. Résultats des mesures de terrain

a) Mesures de 1984-85

À Montmagny, dans les secteurs étudiés, le schorre supérieur recule, en moyenne, de 100 cm par année. Si l'on considère que sur de longues distances, la largeur de ce dernier est inférieure à 50 m, on peut prévoir que dans quelques décennies, la falaise Mic Mac, sise à l'arrière et délimitant la terrasse de 8-10 m, sera ravivée sur quelques kilomètres de longueur, ce qui est le cas déjà à cinq endroits.

Dans le secteur A, le recul moyen annuel mesuré (fig. 4) a été, en moyenne, de 105 cm (tabl. III). Il convient de souligner ici, que ce secteur est situé juste à côté de l'aire de repos des oies blanches, à savoir une aire protégée où la chasse est interdite. Les oies s'y concentrent et causent des dommages sérieux au substrat du schorre inférieur, entraînant ainsi une érosion accélérée du schorre supérieur (DIONNE, 1985a).

Dans le secteur B, le recul moyen annuel mesuré (fig. 5) a été, en moyenne, de 82 cm. En un an, 36,4% de ce secteur, d'environ 800 m de longueur, a connu un recul supérieur à 100 cm (fig. 6).

Dans le secteur C, le recul moyen annuel enregistré (fig. 7) a été, en moyenne, de 110 cm. Le maximum de recul (700 cm) correspond à un piquet repère planté à proximité d'un rentrant déjà fortement affecté par l'érosion littorale. En résumé, 33,4% de ce secteur a connu, entre septembre 1984 et septembre 1985, un taux de recul supérieur à 100 cm (fig. 6).



FIGURE 5. Recul du schorre supérieur dans la zone B, à Montmagny, entre le 12 septembre, 1984 et le 20 juin, 1985. Le piquet repère indique un recul de 180 cm.

Erosion of the upper marsh, in zone B, at Montmagny, between September 12, 1984 and June 20, 1985. The wooden-stick marker is 180 cm from the base of the micro-cliff.

b) Mesures de 1985-86

Dans l'ensemble, l'érosion s'est poursuivie à peu près au même rythme en 1985-86. Il y a eu, toutefois, diminution par endroits, mais augmentation ailleurs. Le tableau IV présente les résultats obtenus pour une période de 22 mois pour les trois secteurs étudiés et pour une période de 9 mois pour le secteur C.

Dans le secteur A, l'érosion a légèrement diminué en 1985-86. La moyenne annuelle de recul de la micro-falaise du schorre supérieur qui était de 105 est passée à 86 cm (tabl. IV). Par contre, dans le secteur B, l'érosion a augmenté, la moyenne

annuelle de 82 étant passée à 112 cm. Il en fut de même dans le secteur C, avec un taux moyen de recul beaucoup plus élevé passant de 119 à 190 cm. Cette forte augmentation s'explique par l'agrandissement latéral rapide de deux rentrants creusés à même le schorre supérieur depuis 1981. Trois piquets repères ayant enregistré respectivement un recul de 9,5 11,2 et 12,6 m, la moyenne générale pour l'ensemble du secteur a forcément été augmentée (tabl. IV et fig. 6).

Le 31 octobre 1985, vingt piquets repères additionnels ont été placés au pied de la micro-falaise du schorre supérieur dans le secteur C. Le recul mesuré le 31 juillet, 1986 est

TABLEAU III

Érosion du schorre supérieur à Montmagny
(entre septembre 1984 et 1985
et entre le 30 octobre 1985 et juillet 1986)

Secteur	A	B	C	C	(1985-86)
Nombre de piquets:	7	22	15	16	
Recul annuel en cm:					
Minimum	25	30	32	40	(30)
Maximum	182	200	700	1390	(1390)
Médiane	85	56	69	253	(190)
Moyenne	105	82	119	328	(240)

TABLEAU IV

Érosion du schorre à Montmagny
(entre septembre 1984 et août 1986: 22 mois)

Secteur:	A	B	C
Nombre de piquets:	7	25	18
Recul micro-falaise: (en cm)			
Minimum	20 (11)	85 (46)	35 (19)
Maximum	410 (223)	420 (229)	1260 (1260)
Médiane	100 (54)	190 (103)	190 (103)
Moyenne	158 (86)	206 (112)	350 (190)

N.B. Les chiffres entre parenthèse sont les valeurs mesurées pour la période de 9 mois.

N.B. Les chiffres entre parenthèse correspondent à la moyenne annuelle calculée sur 22 mois.

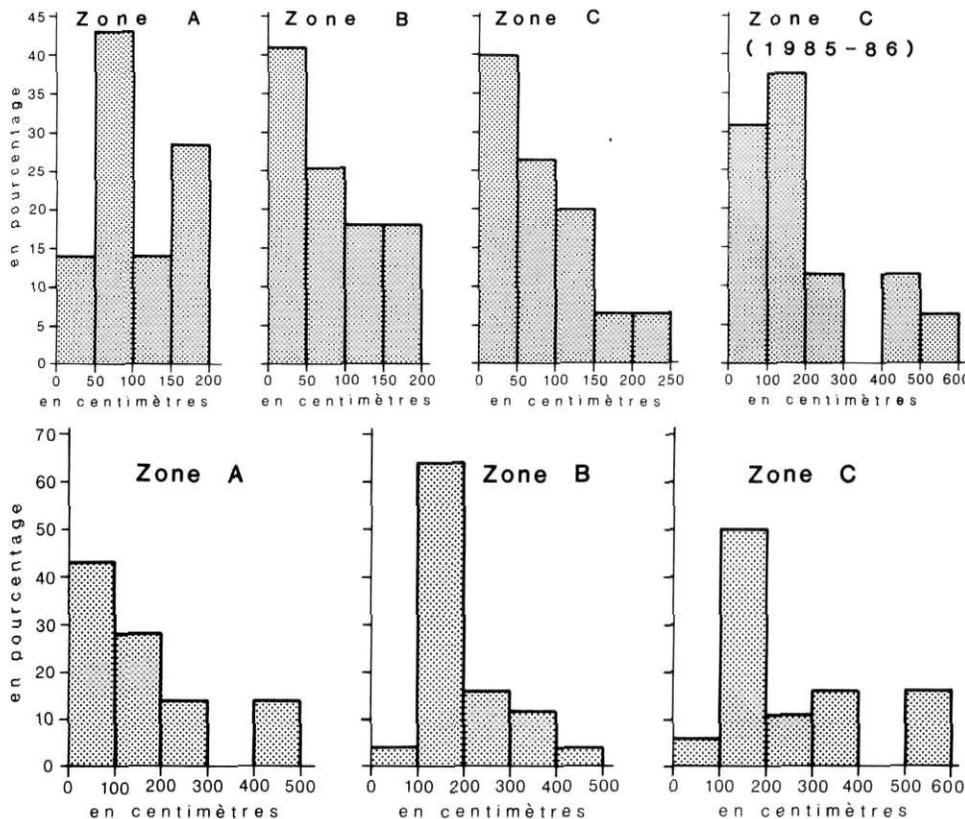


FIGURE 6. Histogrammes montrant les taux de recul de la micro-falaise du schorre supérieur à Montmagny. En A, les diagrammes 1 à 3 correspondent à une période de 12 mois (fin septembre 1984 à la fin septembre 1985), pour les 3 zones étudiées. Le diagramme 4 correspond à une période de 9 mois (31 octobre 1985 au 31 juillet 1986), pour la zone C. En B, diagrammes pour une période de 22 mois (sept. 84 au 31 juillet 86), pour les 3 zones étudiées.

Histograms showing the rate of retreat of the upper marsh scarp at Montmagny. In A, diagrams 1 to 3 are for a 12-month period (Sept. 1984 to Sept. 1985), for the three areas studied. Diagram 4 is for a 9-month period (Oct. 31, 1985 to July 31, 1986), for area C. In B, diagrams are for a 22-month period (Sept. 84 to July 31, 1986), for the three studied areas.

compris entre 30 cm et 13,9 m pour une période de 9 mois (tabl. IV). Il y a donc eu une nette augmentation de l'érosion dans le secteur C en 1985-86.

c) Autres mesures

On a cherché à connaître le degré de fiabilité des résultats à court terme obtenus par la méthode des piquets repères, afin de savoir si les taux mesurés étaient valables à plus long terme.

En raison de l'action des glaces, on peut difficilement faire un suivi sur plusieurs années; même les piquets métalliques résistent mal aux pressions glacielles. Après 3 ou 4 ans, les piquets repères sont pour la plupart disparus ou introuvables. Par exemple, sur l'ensemble des piquets métalliques placés en juin 1982, au droit d'un secteur affecté par une forte érosion (secteur localisé à l'est de l'aéroport), trois piquets seulement ont été retrouvés en juin 1984. Le recul enregistré alors était de 8, 10 et 20 m. En juin 1985, seul le deuxième piquet était encore en place; il indiquait alors un recul additionnel de 3,8 m.

Le recul du schorre supérieur depuis 1980 a pu être estimé en mesurant la largeur d'un replat en pente séparant le schorre inférieur du rebord du schorre supérieur (tabl. V). Ce replat, qui s'étend sur de longues distances, là où il n'existe pas de micro-falaise importante, est facile à identifier grâce à sa couleur foncée donnée par les anciennes racines des plantes du schorre dégagées par érosion. De plus, il est dénudé, alors que de part et d'autre la végétation actuelle contraste par sa couleur vert pâle sur le schorre inférieur et vert foncé sur le schorre supérieur (fig. 8). Ce replat d'érosion affecte le schorre des deux côtés de la rivière du Sud.

Dans le premier secteur (localisé à l'ouest de la rivière du Sud), 24 mesures ont été faites dans la zone comprise entre la rivière à Lacaille et la rivière du Vieux-Moulin. Un recul moyen de 9,65 m sur une période de 5 ans a été obtenu, ce qui donne une moyenne annuelle de 193 cm. Vingt autres mesures ont été faites dans la zone sise entre la rivière du Vieux-Moulin et la rivière du Sud, soit le secteur correspondant à l'aire de repos des oies blanches. Un recul moyen de 10,4 m a été enregistré, ce qui donne une moyenne annuelle de 208 cm.

Dans le secteur B, situé à l'est du camping, 6 mesures ont été faites donnant un recul moyen de 9,2 m en 5 ans, soit une moyenne annuelle de 184 cm. Dans le secteur C, les 7 mesures faites ont donné un recul moyen de 12,2 m pour la même période, ce qui fait une moyenne annuelle de 244 cm.

À long terme, le taux d'érosion du schorre supérieur, estimé à partir du replat d'érosion, semble donc un peu plus élevé que celui effectivement mesuré à l'aide des piquets repères en 1984-85. La différence s'explique en grande partie de la manière suivante. Dans le cas des piquets repères placés au pied de la micro-falaise, l'érosion latérale est forcément plus lente, car elle implique une plus grande épaisseur de sédiments, la micro-falaise reculant verticalement. Dans le cas du replat, le recul se faisant en diagonale, seule une tranche de sédiments est enlevée, d'où un recul apparent plus rapide du schorre supérieur. Si on soustrayait la tranche

TABLEAU V

Érosion du schorre supérieur à Montmagny entre 1980 et 1985 (largeur du replat d'érosion)

Secteur:	Ouest		Est	
Site:	1	2	3	4
Nombre de mesures:	24	20	6	7
Recul en m:				
Minimum	5,4	6	6,2	9,2
Maximum	14	16	13	16,4
Médiane	10	10	8,7	11,8
Moyenne	9,6	10,4	9,2	12,2

Site 1: entre la rivière à Lacaille et la rivière du Vieux-Moulin.

Site 2: entre la rivière du Vieux-Moulin et la rivière du Sud.

Site 3: à l'est du camping.

Site 4: à l'est de l'aéroport.

non érodée du replat d'érosion, on arriverait à un taux d'érosion annuel voisin de celui mesuré. En conclusion, on peut affirmer que les mesures à court terme (1 an) correspondent à la tendance à plus long terme (5 ans), même s'il existe des différences ici et là.

d) Formes majeures d'érosion

En dernier lieu, il convient de signaler que dans le secteur situé du côté est de la rivière du Sud, depuis 1980 environ, l'érosion a creusé quatre grands rentrants à même le schorre supérieur le faisant disparaître entièrement, de sorte qu'actuellement les vagues grugent le pied de la falaise Mic Mac. Le plus ancien de ces rentrants, localisé près du cap Saint-Ignace, mesurait en 1984, 108 m de longueur sur 50 m de profondeur. Il a été agrandi en 1985 et 1986 (fig. 9). Deux autres rentrants localisés à l'est de l'aéroport ont été érodés depuis 1981 (fig. 10). En 1985, ils mesuraient respectivement 143 et 147 m de longueur sur 34 et 25 m de largeur. En 1986, ils n'étaient séparés que par une pointe étroite de 3 m de largeur.

Du côté ouest de la rivière du Sud, l'érosion a aussi fait disparaître le schorre supérieur à deux endroits. Le secteur le plus touché se trouve à la pointe Saint-Thomas où la falaise morte (Mic Mac) a été ravivée sur une centaine de mètres de longueur, au printemps 1986 (fig. 11).

B. RIVIÈRE-DU-LOUP

Rivière-du-Loup est localisé sur la rive sud de l'estuaire du Saint-Laurent (47°50'N, 69°32'O), à environ 200 km en aval de Québec. Le site est situé entre la pointe de Rivière-du-Loup au nord, la rivière à l'est et l'Autoroute 20 au sud (fig. 12). À cet endroit le schorre supérieur subit une forte érosion depuis quelques années. Trois séries de mesures y ont été faites, l'une en 1983-84, une autre en 1984-85 et une troisième en 1985-86.

Dans la première série, 36 piquets de bois (5 × 5 cm) ont été placés au pied de la micro-falaise du schorre supérieur. Dans la seconde, 122 piquets (5 × 7,5 cm) ont été installés

de la même manière, mais quelques-uns ont aussi été placés à la surface du schorre supérieur à 4 m de la micro-falaise. Dans la troisième, 51 piquets métalliques ont été placés au pied de la micro-falaise dans le secteur NE.

1. Caractéristiques du marais intertidal

Le marais intertidal de Rivière-du-Loup occupe une grande superficie du secteur oriental de l'anse située derrière la pointe de la Rivière-du-Loup. Le schorre s'étend sur une longueur d'environ 3 km. Il est affecté par l'érosion sur l'ensemble de sa longueur. Une micro-falaise vive de 60 à 150 cm de hauteur frange le schorre supérieur. Relativement étroit (30 à 45 m) dans le secteur sud, le schorre supérieur est beaucoup plus large dans le secteur NE atteignant entre 100 et 160 m. Il

est contigu à une basse terrasse (100 à 500 m de largeur), sise entre 5,8 et 6 m d'altitude, qui correspond à un ancien schorre émergé. Cette zone n'est plus recouverte par les marées de vive eau ou de tempêtes.

Dans le secteur A, au sud (2 km de longueur), le schorre supérieur est frangé par un schorre inférieur à spartines (*Spartina alterniflora*) de largeur variable, mais généralement de 50 à 130 m. Dans le secteur B au NE (1 km de longueur), le schorre inférieur n'existe pratiquement pas, du moins dans la moitié septentrionale; on n'y trouve que des îlots épars de spartines abandonnés par les glaces flottantes. Dans les deux secteurs, il existe un vaste estran vaseux, dénudé, à pente faible (moins de 0,7%) correspondant à une slikke dont la



7



8



9



10

FIGURE 7. Recul du schorre supérieur dans la zone C, à Montmagny, entre le 27 septembre, 1984 et le 5 juin, 1985. Le piquet repère à l'avant plan indique un recul de 7 m.

Erosion of the upper tidal marsh, in zone C, at Montmagny, between September 27, 1984 and June 5, 1985. The wooden-stick marker is 7 m away.

FIGURE 9. Grand rentrant d'érosion ouvert vers le SO, au cap Saint-Ignace. Le schorre supérieur a été entièrement érodé sur une profondeur d'environ 50 m au cours des dernières années. La falaise morte (Mic Mac) a été ravivée sur une distance d'environ 175 m (86.4.29).

A view showing an area where the upper marsh, originally about 50 m wide, has been entirely eroded recently. The Mic Mac cliff has been rejuvenated on a distance of about 175 m. (86.4.29).

FIGURE 8. Replat d'érosion du schorre supérieur dans la zone C, à Montmagny, réalisé entre 1980 et 1985 (85.6.7).

An eroded zone in front of the upper tidal marsh, in zone C, at Montmagny, showing the retreat of the upper marsh between 1980 and 1985. (85.6.7).

FIGURE 10. Vue partielle d'un rentrant d'érosion creusé depuis 1981 au départs du schorre supérieur à Montmagny. À cet endroit, le schorre supérieur a été érodé sur une largeur excédant 30 m (84.5.26).

A view showing an area in zone C, at Montmagny, where the upper tidal marsh has been eroded between 1981 and 1984. The original width of the upper marsh was about 30 m (84.5.26).



FIGURE 11. Falaise vive d'environ 200 m de longueur à la pointe Saint-Thomas, dégagée par l'érosion en 1986 (86.6.23).

A recently eroded zone at St. Thomas Point, west of Montmagny. The new cliff is about 200 m long (86.6.23).

largeur, à marée basse de vive eau, est comprise entre 500 et 800 m. La slikke et le schorre sont développés à même un substrat argileux (argile de la mer de Goldthwait). L'épaisseur des sédiments fins récents dans la slikke excède rarement 60 cm; à maints endroits, elle n'est que de 25 à 30 cm. Durant la période de sédimentation estivale, il se dépose habituellement entre 5 et 15 cm de vase molle; toutefois, la plus grande partie, sinon la totalité, est remise en suspension lors des tempêtes automnales et printanières. Au droit du schorre supérieur, l'épaisseur des sédiments fins (sable fin et limon stratifiés), est comprise entre 100 et 200 cm.

À Rivière-du-Loup, les plus grandes marées de vive eau atteignent une altitude comprise entre 5,3 et 5,5 m. Les marées ordinaires atteignent la cote de 4,3 à 4,5 m. Le schorre est exposé aux vents du SO, du NO et de l'O. Le secteur NE est toutefois exposé à des fetches beaucoup plus longs que le secteur sud; les vents du SO y sont à la fois plus fréquents et plus violents. C'est aussi dans ce secteur où l'érosion est la plus forte. D'après deux datations au ^{14}C faites sur des bouts de bois trouvés à la base de la micro-falaise du schorre supérieur, ce dernier serait relativement jeune, les échantillons analysés ayant donné un âge respectif de 290 ± 60 BP (UL-161) et 290 ± 90 BP (UQ-808). Par ailleurs, on trouve dans la moitié supérieure des artefacts et du bois ouvré (DIONNE, 1984a).

La surface du schorre supérieur de Rivière-du-Loup est défoncée de très nombreuses mares ou marelles et sillonnée de plusieurs petits cours d'eau drainant les grandes mares de l'intérieur. Cet élément morphologique permet d'expliquer, en partie du moins, le taux élevé du recul de la micro-falaise du schorre supérieur à Rivière-du-Loup.

2. Résultats des mesures des trois années d'observation

Pour des fins pratiques et surtout pour tenir compte du milieu et de l'exposition aux vents, le schorre de Rivière-du-Loup a été divisé en deux secteurs; l'un est situé dans la partie sud, l'autre dans la partie NE. (fig. 12).

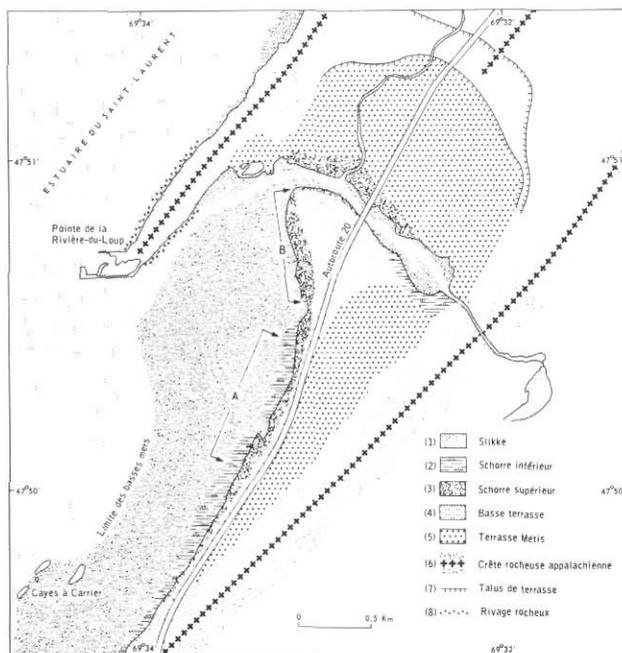


FIGURE 12. Carte schématique du rivage à Rivière-du-Loup et localisation des secteurs où le recul du schorre supérieur a été mesuré.

A sketch map of the coastal area at Rivière-du-Loup and location of the sites where measurements have been made. (1) muddy tidal flat; (2) lower tidal marsh; (3) upper tidal marsh; (4) lower terrace; (5) Meis terrace; (6) Appalachian rock ridge; (7) terrace escarpment; (8) rocky shore platform.

a) Mesures de 1983-84

En octobre 1983, 12 piquets repères ont été plantés au pied de la micro-falaise du schorre supérieur dans le secteur A. Le recul mesuré sur les 6 piquets retrouvés le 14 juillet 1984 (soit neuf mois plus tard incluant la période hivernale) a été de 98 cm, soit un taux annuel moyen de 131 cm (tabl. VI). Dans le secteur B, 24 piquets repères ont été plantés le 3 juillet 1983. Les 10 piquets retrouvés et mesurés le 11 juillet 1984 ont donné un recul moyen de 405 cm (tabl. VI).

Compte tenu du petit nombre de mesures faites en 1983-84 (16 piquets repères seulement), il est difficile d'affirmer que l'ensemble du schorre supérieur a effectivement reculé, en moyenne, d'environ 260 cm, bien que ce taux de recul se compare avec celui des autres années d'observation.

b) Mesures de 1984-85

Dans le secteur A, 58 piquets ont été placés fin juin 1984. À la fin juin 1985, les 12 piquets repères retrouvés et mesurés ont donné les valeurs indiquées au tableau VI. Le taux moyen de recul annuel de la micro-falaise du schorre supérieur a été de 201 cm. La figure 6 montre la répartition par tranches de 100 cm.

Dans le secteur B, 64 piquets ont été placés à la fin juin 1984 avec un espacement moyen d'environ 25 m. Les 50 piquets retrouvés et mesurés à la fin juin 1985 (fig. 13) ont donné les résultats apparaissant au tableau VI. La micro-falaise du schorre supérieur a reculé, en moyenne, de 318 cm. La figure 14 montre la répartition par tranches de 100 cm.

TABLEAU VI

*Érosion du schorre supérieur à Rivière-du-Loup
(en cm)*

Année:	1983-84	1984-85	1985-86
Secteur A			
Nombre de piquets:	6	22	—
Recul annuel en cm:			
Minimum	0	20	
Maximum	400	600	
Médiane	53,3	125	
Moyenne	131	201	
Secteur B			
Nombre de piquets:	10	50	39
Recul annuel en cm:			
Minimum	50	43	60
Maximum	800	697	955
Médiane	350	330	446
Moyenne	405	318	406

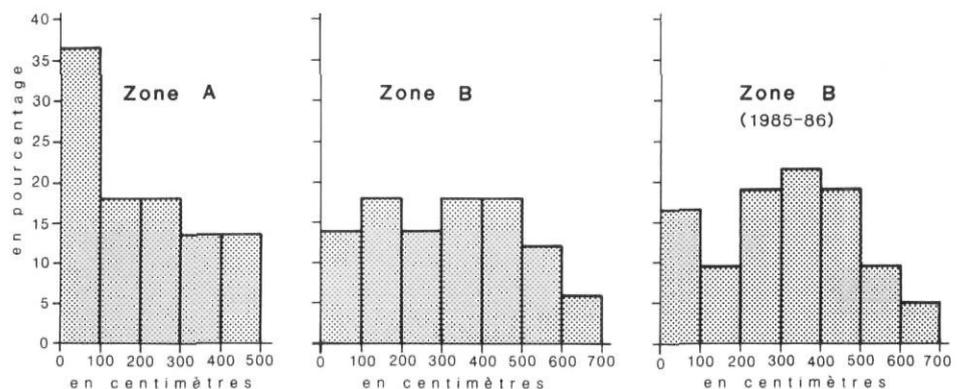


FIGURE 13. Recul du schorre supérieur dans la zone B, à Rivière-du-Loup, entre juin 1984 et juin 1985. Recul respectif des deux piquets repères de 450 et 470 cm (85.6.25).

Erosion of the upper tidal marsh in zone B, at Rivière-du-Loup, between June 1984 and June 1985. The two stakes are respectively 450 and 470 cm from the base of the micro-cliff (85.6.25).

FIGURE 14. Histogrammes montrant les taux de recul de la micro-falaise du schorre supérieur à Rivière-du-Loup. Les diagrammes 1 et 2 correspondent à une période de 12 mois (juillet 1984 à juillet 1985); le diagramme 3 correspond à une période de 9 mois (30 octobre, 1985 au 30 juillet, 1986), pour la zone B.

Histograms showing the rate of retreat of the upper marsh scarp at Rivière-du-Loup. Diagrams 1 and 2 are for a 12-month period (July 1984 to July 1985); diagram 3 is for a 9-month period (October 30, 1985 to July 30, 1986) for zone B.



c) Mesures de 1985-86

Une troisième série de mesures a été faite en 1985-86 dans le secteur B, le plus affecté par l'érosion. Des 51 piquets métalliques placés au pied de la micro-falaise du schorre supérieur le 30 octobre 1985, 39 furent retrouvés et mesurés le 28 octobre 1986 (fig. 15), soit 12 mois plus tard incluant la période hivernale (environ 4 mois) durant laquelle le schorre supérieur est protégé contre l'érosion des vagues. Un recul moyen de 406 cm a été mesuré pour cette période. Un piquet a enregistré un recul de 955 cm et 12 piquets, un recul supérieur à 500 cm. Sur l'ensemble, seulement 12,8% des piquets indiquent un recul inférieur à 100 cm pour la période mentionnée, alors que 53,8% indiquent un recul supérieur à 400 (fig. 14). Il paraît évident que l'érosion a augmenté dans le secteur B, en 1985-86. Les piquets ayant enregistré un faible recul étaient placés dans des zones protégées ou au droit de pointes résiduelles bordées de rentrants excédant 200 cm de profondeur.

d) Mesures à plus long terme

Les mesures à long terme sont difficiles à réaliser en raison de l'action des glaces. La seule solution semble être



FIGURE 15. Recul rapide du schorre supérieur dans la zone B, à Rivière-du-Loup, en 1985-86. Le piquet métallique placé le 30 octobre 1985 indique un recul de 530 cm en 9 mois (86.7.24).

Evidence of rapid erosion of the upper marsh, in zone B, at Rivière-du-Loup, in 1985-86. The steel stake set in front of the scarp, October 30, 1985, indicates a retreat of 530 cm in 9 months (86.7.24).

celle de placer les piquets repères à la surface du schorre supérieur, à plus de 10 m de la micro-falaise. Encore là, après 3 ou 4 ans, les chances de retrouver les piquets repères sont peu sûres. De plus on s'expose au vandalisme. Quoiqu'il en soit, des 24 piquets repères placés en 1983 dans le secteur B, six ont été retrouvés et mesurés à la fin d'octobre 1985, soit une période de 27 mois. Le recul total enregistré à ces endroits est compris entre 530 et 937 cm, avec une médiane de 681 et une moyenne de 741. Traduit en taux de recul annuel, on obtient les valeurs suivantes : minimum : 235,5 cm ; maximum : 416 ; médiane : 302 et moyenne : 329. Ces valeurs sont donc comparables à celles de la série de 1984-85 basées sur une cinquantaine de mesures, mais elles sont légèrement inférieures à celles de la série de 1985-86.

e) Mesures sur photos aériennes

Il existe plusieurs séries de photographies aériennes du marais intertidal de Rivière-du-Loup. Malheureusement, les échelles variées des photos, les prises de vues à diverses périodes de l'année et à différentes phases de la marée compliquent les mesures. Le degré de précision n'est donc pas très grand. On a quand même estimé le recul du secteur NE du schorre à partir d'une série de photos aériennes, à l'échelle de 1/5 000, prise en 1967, avant la construction de la Trans-canadienne (Autoroute 20).

En se basant sur des points repères comme les mares et les ruisseaux, on a pu retracer sur le terrain, en 1985, l'emplacement de la micro-falaise (fig. 16). Dans ce secteur, le schorre supérieur aurait reculé de 30 à 40 m en 18 ans, ce qui donne un taux moyen de recul annuel compris entre 166 et 220 cm. Bien que légèrement inférieures au taux mesuré sur le terrain entre 1984 et 1986, ces valeurs sont acceptables. En effet, rien n'indique que le schorre était effectivement en érosion en 1967.

Signalons en passant que sur une photo aérienne à 1/15 840, prise en 1961 (Q6145-209), dans le secteur B, le schorre inférieur couvrait d'assez grandes étendues. Aujourd'hui, il ne subsiste que quelques touffes éparses de spartines (*Spartina alterniflora*), qui sont des radeaux de schorre échoués. Le recul du schorre supérieur s'accompagne donc aussi d'une dégradation et de la disparition progressive du schorre inférieur, du moins à certains endroits.

DICUSSION

L'érosion des marais intertidaux du Saint-Laurent, en particulier le recul du schorre supérieur, se révèle donc importante dans les deux sites étudiés. À Rivière-du-Loup, si l'érosion se poursuit au rythme actuel dans le secteur A, le schorre, compte tenu de sa faible largeur, disparaîtra d'ici 15 à 25 ans. Le rivage atteindra alors les abords de l'Autoroute 20, à savoir la clôture métallique. Certains segments pourraient même être menacés à plus court terme. Dans le secteur B plus large, au taux moyen actuel de recul de la micro-falaise, le schorre supérieur disparaîtra d'ici 30 à 50 ans. L'érosion s'attaquera alors à la basse terrasse adjacente, d'une largeur comprise entre 100 et 500 m. Une vaste superficie de terrain de grande valeur écologique et économique aura alors été

grugée par les agents littoraux. Une action prompte et efficace s'avère donc nécessaire pour sauvegarder le schorre de Rivière-du-Loup.

La situation peut paraître moins alarmante à Montmagny compte tenu de la faible fréquentation du schorre supérieur par la sauvagine, en particulier par les oies. Néanmoins, le schorre supérieur étant relativement étroit dans les trois secteurs étudiés, on peut prévoir que dans quelques décennies (30 à 50 ans), si le recul de la micro-falaise se poursuit au rythme actuel, à marée haute de vive eau, la mer atteindra le pied de la falaise morte (falaise Mic Mac). Cette dernière sera donc ravivée sur de longs segments (quelques kilomètres au total), comme actuellement dans au moins 5 endroits où le schorre supérieur a été entièrement enlevé (fig. 17). Dans le secteur compris entre la rivière à Lacaille et la tour des Biologistes, le schorre supérieur étant séparé de la falaise morte par une basse terrasse de 60 à 100 m de largeur, la menace paraît moins grave que dans les secteurs situés à l'est du camping et de l'aéroport. Mentionnons en outre que le schorre supérieur, dans le secteur situé à l'est du cap-Saint-Ignace (une zone fortement dégradée par les oies), est en érosion sur la totalité de sa longueur.

Les deux localités étudiées ne sont malheureusement pas les seules affectées par l'érosion. Cette dernière se manifeste un peu partout le long des rives de l'estuaire du Saint-Laurent aussi bien dans le haut et le moyen estuaire que dans l'estuaire maritime (DIONNE, 1979). Deux schorres de la rive nord sont

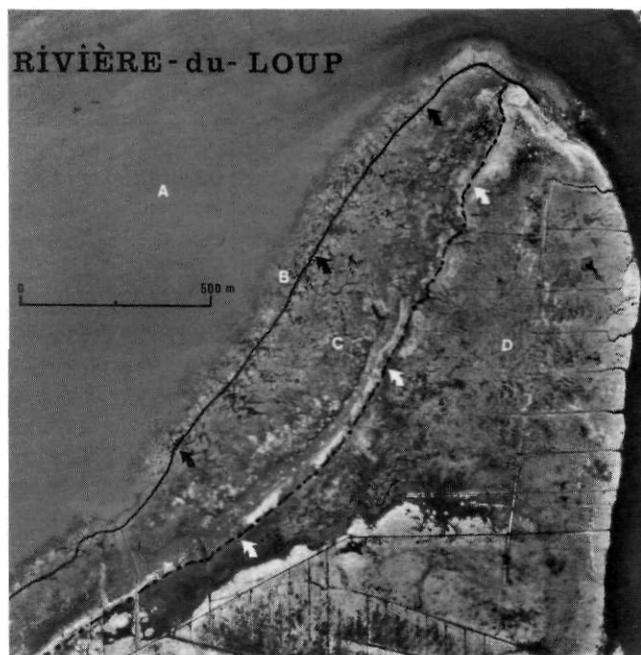


FIGURE 16. Photo aérienne du schorre supérieur et de la basse terrasse adjacente à Rivière-du-Loup, montrant le recul du schorre supérieur entre 1967 et 1985 (Photocartotheque du Québec, n° Q67311-69). A, slikke vaseuse et argileuse; B, zone du schorre érodé; C, schorre supérieur; D, basse terrasse.

An airphoto of the upper tidal marsh and the low terrace, showing the retreat of the upper marsh between 1967 and 1985. A, tidal flat; B, part of the tidal marsh eroded; C, upper tidal marsh; D, low terrace.

particulièrement menacés : ceux de Saint-Joseph-de-la-Rive et de Cap-Tourmente où l'on trouve une micro-falaise atteignant parfois 2 m de hauteur (fig. 18).

D'après TROUDE et SÉRODES (1985, p. 116)³, le schorre supérieur à Cap-Tourmente aurait reculé de 5 m entre novembre 1981 et novembre 1983, soit un recul annuel moyen de 250 cm. De 1964 à 1981, les mesures faites sur photos aériennes indiquent un recul total de 30 m, soit un taux moyen annuel de 180 cm. Présentement, à Cap-Tourmente, lors des très grandes marées de vive eau (6 m), une frange de 20 à 25 m de largeur de la basse terrasse de 6-8 m d'altitude est submergée. Elle ne l'était pas, il y a une dizaine d'années (DIONNE, 1980). Même si certains ont pu penser le contraire, il est incontestable que le schorre supérieur à Cap-Tourmente recule à un rythme inquiétant. Certaines installations aménagées pour l'observation des oies (trottoirs), il y a quelques années, étaient en partie détruites au printemps 1985 (fig. 19).

D'autres marais intertidaux du Saint-Laurent comme ceux de l'anse aux Canards (île d'Orléans), de l'île aux Grues, de la Pocatière, de Kamouraska, de l'Isle-Verte, de Trois-Pistoles et de Rimouski, sont eux aussi, quoique dans une plus faible mesure, affectés par l'érosion. Dans les anses de Bellechasse et de Berthier et dans la baie de Mitis, il n'existe pratiquement plus de schorre supérieur. Le schorre inférieur est alors délimité du côté intérieur par un cordon de sable et gravier formant un haut de plage (fig. 20). On pourrait penser à première vue qu'il n'y en a jamais existé. Heureusement, des lambeaux résiduels témoignent du contraire.

L'érosion, manifeste au droit du schorre supérieur, affecte aussi le schorre inférieur. Malgré les apparences, ce dernier ne semble pas progresser latéralement vers le large. À maints endroits, il accuse même un net recul depuis au moins cinq ans. C'est le cas à Montmagny où dans plusieurs secteurs on a mesuré un recul net de 100 à 300 cm depuis 1982 (fig. 21). Si on ajoute à l'érosion naturelle celle qui est causée par les oies et par l'homme (DIONNE, 1985a, 1985b), ainsi que les empiètements comme à Kamouraska (GAUTHIER *et al.* 1980; GOUDREAU et GAUTHIER, 1981), il y a lieu de s'inquiéter sur la conservation des marais intertidaux de l'estuaire du Saint-Laurent.

Selon des mesures faites sur photos aériennes par LA-COMBE (1982), à Montmagny, l'érosion dans certains secteurs serait en partie compensée par une expansion dans d'autres secteurs. À long terme, il y aurait, semble-t-il, un certain équilibre, du moins quant à la superficie du schorre inférieur. Malheureusement, les observations répétées faites à cet endroit depuis 1980 ne semblent pas corroborer cette conclusion.

LES AGENTS ET LES CAUSES DE L'ÉROSION

Si les agents responsables de l'érosion des marais intertidaux du Saint-Laurent sont faciles à identifier, par contre les causes se révèlent plus difficiles à cerner.

A. LES AGENTS D'ÉROSION

Les deux principaux agents en action sont évidemment les vagues et les glaces. Le premier agit durant 9 mois; le second se manifeste surtout au printemps lors du déglacement. À ce moment-là, de larges radeaux sont arrachés directement à la marge externe du schorre supérieur. À l'anse au Persil, près de Rivière-du-Loup, les arrachements glaciels au printemps de 1984 ont fait reculer le schorre supérieur de 6 m par endroits. À Montmagny, Cap-Tourmente et Rivière-du-Loup, on observe régulièrement de grands et épais (45-50 cm) radeaux de schorre dans la slikke (fig. 22), qui ont été arrachés et déplacés par les glaces.

L'érosion par les vagues est facilitée par la nature même des matériaux du schorre supérieur (sable fin, limon et débris organiques) et leur faible cohérence. Des reculs mensuels de 15 à 30 cm, en été, ont été mesurés à Rivière-du-Loup et à Montmagny, entre 1983 et 1986. La présence de grandes mares (marelles) à la surface du schorre supérieur (fig. 23), joue un rôle important dans le recul rapide de la micro-falaise. En effet, lorsque l'érosion atteint les mares (certaines font plusieurs mètres de diamètre et ont souvent 30 à 50 cm de profondeur), elles se vidangent rapidement, créant ainsi de grands trous. Ces derniers sont ensuite exploités par les vagues dont le travail consiste à surcreuser et à agrandir la dépression initiale. Le recul est alors très rapide. Le rebord du schorre supérieur montre habituellement un découpage très accidenté où alternent les pointes, les buttes résiduelles et les rentrants. Ces derniers ont parfois entre 2 et 3 m de profondeur; dans le fond, on observe souvent des accumulations de galets. Une situation semblable existe à Montmagny. Toutefois, à cet endroit les mares sont habituellement moins abondantes et plus petites. Par contre, dans le secteur ouest et près du Cap Saint-Ignace, le micro-relief en buttes et sillons concourt à l'érosion générale du schorre supérieur, augmentant ainsi le taux de recul annuel.

B. LES FACTEURS EN CAUSE

Il ne semble pas y avoir une cause unique à l'érosion actuelle très prononcée des schorres du Saint-Laurent. Une cause générale possible serait une variation du niveau de la mer. Dans le cas d'une subsidence régionale, le niveau marin relatif s'élèverait légèrement permettant ainsi aux vagues d'attaquer le schorre supérieur et de le faire reculer. À plusieurs endroits, sur les deux rives de l'estuaire, il existe des indices géomorphologiques permettant de croire que le niveau relatif de la mer s'élève progressivement depuis quelques années. En effet, à Saint-Joseph-de-la-Rive, à Montmagny et à la Pocatière (Les Aulnaies), on observe fréquemment des accumulations détritiques (sable et gravier) à la surface du schorre supérieur. Certaines sont sises entre 20 et 30 m du rebord du schorre supérieur. À Saint-Joseph-de-la-Rive, par exemple, certains segments du schorre supérieur ont été enfouis sous d'épais cordons (plages) de sable (fig. 24). On peut évoquer deux hypothèses. Dans la première, ces accumulations seraient liées à des tempêtes exceptionnelles; dans ce cas il n'y aurait pas de changement du niveau relatif de la mer dans l'estuaire. Dans la seconde, les tempêtes des dernières années ne seraient pas plus fortes que dans le passé; dans ce cas,

3. Compte tenu du petit nombre de mesures faites, ce taux peut difficilement être appliqué à l'ensemble du schorre supérieur de Cap-Tourmente.

les accumulations détritiques sont des dépôts transgressifs, ce qui implique une légère subsidence régionale ou une élévation du niveau eustatique de la mer.

Malheureusement, les données marégraphiques des ports de Québec et de Pointe-au-Père ne semblent pas traduire de façon évidente de fluctuation positive, c'est-à-dire une tendance à la submersion, du moins pour la période 1900-1970 (DOHLER et KU, 1970). Au contraire, d'après VANICEK, (1976), l'émersion des terres dans la région de Pointe-au-Père serait de l'ordre de 12 cm par siècle ou encore 1,2 mm par année. À Saint-Joachim (Cap-Tourmente), Baie-Saint-Paul et La Malbaie, le taux moyen d'émersion des terres

serait respectivement de 4,9, 7,7 et 9,5 cm par siècle, soit 0,49 et 0,77 et 0,95 mm par année (VANICEK et HAMILTON, 1972). En conséquence, s'il existe présentement une légère fluctuation du niveau relatif de la mer impliquant une tendance à la submersion, elle daterait de la dernière décennie et correspondrait à un phénomène de courte durée. Bien que la courbe de l'évolution des niveaux marégraphiques à Pointe-au-Père soit effectivement en dents de scie (pics et creux), il est difficile de déceler une tendance positive ou négative de la courbe générale pour la période 1970-1985.

Quant à l'élévation récente du niveau (eustatique) des océans, plusieurs auteurs fournissent des valeurs comprises



FIGURE 17. Falaise morte (Mic Mac) ravivée par suite de l'érosion du schorre supérieur dans le secteur C, à Montmagny, par marée haute de vive eau (amplitude de 6 m), le 7 mai 1985.

A view of a section of the Mic Mac cliff rejuvenated after erosion of the upper tidal marsh, in zone C, at Montmagny, at high spring tide (6-m amplitude), May 7, 1985.

FIGURE 19. Vue du schorre supérieur à Cap-Tourmente, à marée haute, montrant une bande d'environ 25 m de largeur, submergée lors des marées de vive eau (d'amplitude 5,8 à 6 m), et l'érosion récente mise en évidence par la destruction du trottoir construit, il y a quelques années, pour faciliter l'accès au rivage (85.5.6).

A view of the upper tidal marsh at Cap-Tourmente, at high tide, showing a 25-m wide stripe submerged at the highest spring tide (amplitude 5.8 to 6 m), and evidence of recent erosion indicated by the remaining structure from a walk way built a few years ago to give access to the shore (85.5.6).



FIGURE 18. Micro-falaise de 2 m de hauteur du schorre supérieur à Saint-Joseph-de-la-Rive, côte nord de l'estuaire du Saint-Laurent (84.8.26).

A 2-m high micro-cliff fringing the upper tidal marsh at St-Joseph-de-la-Rive, north shore of the middle St. Lawrence Estuary (84.8.26).

FIGURE 20. Vue générale du schorre inférieur à l'anse à Persil, près de Rivière-du-Loup, ourlé d'un cordon (plage) de sable et gravier. À noter l'absence de schorre supérieur à cet endroit (83.7.3).

A general view of the lower tidal marsh at Anse à Persil, in the vicinity of Rivière-du-Loup, fringed by a sandy-gravel beach. Note the absence of the upper tidal marsh at this site (83.7.3).

entre 1 et 3 mm par année (HICKS et CROSBY, 1974; HICKS, 1978; EMERY, 1980; GORNITZ *et al.*, 1982; STAPOR, 1982). Il paraît hasardeux, cependant, d'appliquer ces valeurs à l'estuaire du Saint-Laurent, compte tenu qu'il s'agit d'une côte ayant été englacée et, qu'en conséquence, le facteur isostatique joue un rôle fondamental dans les fluctuations du niveau relatif de la mer dans ce secteur. Si la tendance mondiale à la remontée du niveau océanique se traduit effectivement dans l'estuaire, on doit admettre que les rives connaissent présentement une période de stabilité. En conséquence, le relèvement isostatique serait nul ou inférieur au taux moyen annuel du relèvement du niveau océanique, ce qui ne semble pas l'opinion des géophysiciens, du moins jusqu'en 1975 (VANICEK et HAMILTON, 1972; VANICEK, 1976).

Un autre facteur à évoquer qui pourrait jouer un rôle dans les reprises d'érosion du schorre supérieur est la compression de la tourbe et la compaction des sédiments. En effet, les sédiments du schorre supérieur présentent habituellement une compaction peu poussée lorsqu'ils sont jeunes. Avec le temps, les sédiments se tassent entraînant ainsi un léger affaissement de la surface initiale. De la sorte, le schorre supérieur pourrait être exposé à l'érosion par les vagues. Dans les schorres à haute teneur en matière organique (tourbe) comme ceux de la Nouvelle-Angleterre et de l'Acadie, la compaction des sédiments et la compression de la tourbe jouent un rôle apparemment non négligeable dans l'abaissement de la surface du schorre supérieur. Dans le cas des marais intertidaux du Saint-Laurent, les teneurs en matières



FIGURE 21. Érosion à la limite du schorre inférieur dans la zone C, à Montmagny; malgré la protection offerte par un dallage de cailloux, le front a reculé de plus de 100 cm depuis 1982 (85.6.5).

An example of erosion occurring at the seaward limit of the lower tidal marsh, in zone C, at Montmagny; although protected by a boulder pavement, the lower marsh has been eroded on more than 100 cm (85.6.5).

FIGURE 23. Exemple de marelle à la surface du schorre supérieur expliquant le taux rapide de recul du schorre, dans la zone B, à Rivière-du-Loup (84.6.11).

An example of an ice-made depression occurring at the surface of the upper tidal marsh and explaining the rapid rate of marsh retreat, in zone B, at Rivière-du-Loup (84.6.11).



FIGURE 22. Grand radeau de schorre (300 × 300 × 40 cm) arraché par les glaces au droit du schorre supérieur et laissé dans la zone intertidale dénudée, dans le secteur B, à Rivière-du-Loup (85.6.25).

A large piece of turf (300 × 300 × 40 cm) from the upper marsh, eroded and ice-raftered in the bare tidal flat, in zone B, at Rivière-du-Loup (85.6.25).

FIGURE 24. Cordon de sable éolisé envahissant le schorre supérieur à Saint-Joseph-de-la-Rive et témoignant probablement d'une légère fluctuation du niveau marin relatif local (84.8.26).

A wind-reworked sandy beach overlying the upper tidal marsh at St-Joseph-de-la-Rive et témoignant probablement d'une légère fluctuation du niveau marin relatif local (84.8.26).

organiques sont généralement faibles (9%), excepté dans la partie superficielle (BERTRAND, 1984). Par ailleurs, l'épaisseur des sédiments au-dessus du substrat argileux excède rarement 2 m. En conséquence, le facteur compression de la tourbe et de la compaction des sédiments ne peut, à lui seul, rendre compte des reprises d'érosion affectant les marais intertidaux de Montmagny et de Rivière-du-Loup. D'autres facteurs entrent nécessairement en ligne de compte.

Une autre cause possible de l'érosion actuelle des schorres pourrait être liée au bilan sédimentaire des rivages du Saint-Laurent. Ce dernier est, en effet, extrêmement faible partout (DIONNE, 1979, 1984b). À plusieurs endroits, il se révèle même nul ou négatif. Dans ce cas, les schorres ne progressant plus, ni verticalement ni latéralement, sont alors affectés par l'érosion. L'exhaussement de la surface du schorre inférieur et de la slikke étant très faible, voire même nul, l'épaisseur de la tranche d'eau à marée haute augmente d'autant. Les vagues deviennent plus efficaces; elles s'attaquent alors au schorre supérieur et le découpe en micro-falaise.

D'autres facteurs plus locaux et plus ponctuels méritent d'être mentionnés. À Montmagny, par exemple, le rôle des oies dans le schorre inférieur ne peut être ignoré. Il a été démontré, en effet, que ces dernières contribuaient à la dégradation et à l'érosion du substrat vaseux se traduisant par ailleurs par une érosion accélérée du schorre supérieur. Sans attribuer aux oies un rôle prépondérant dans le recul récent du schorre supérieur tant à Montmagny qu'au Cap-Tourmente, il paraît évident que leur action s'ajoute à celles des autres agents. Il en va de même pour l'érosion anthropique. À Montmagny, cette dernière ne saurait être ignorée (DIONNE, 1985b).

On pourrait en outre évoquer les dragages. Il demeure difficile cependant, d'établir un lien direct entre ces derniers et les reprises d'érosion des schorres du Saint-Laurent, compte tenu que la plupart des dragages ont lieu au large dans le chenal de navigation ou au droit des ports, soit à une certaine distance des marais intertidaux. Néanmoins, les dragages pourraient avoir comme conséquence une plus forte érosion des estrans ou une diminution du bilan sédimentaire sur ces derniers. À long terme, le déficit sédimentaire des zones intertidales se traduirait par une érosion de la partie supérieure du rivage, notamment des schorres supérieurs.

Un dernier facteur qui pourrait avoir une incidence sur l'érosion locale est lié aux empiètements faits par l'homme, en particulier les remplissages et la construction de digues (aboiteaux) pour récupérer la majeure partie des schorres supérieurs, comme c'est le cas à La Pocatière et à Kamouraska. La réduction de l'espace submergé entraîne ailleurs une élévation du plan d'eau, ce qui pourrait favoriser l'érosion du schorre supérieur.

Bref, quel que soit le ou les facteurs impliqués, il faut bien constater que depuis quelques années, les rives du Saint-Laurent subissent une érosion importante à maints endroits.

Si l'érosion générale des rives du Saint-Laurent concorde avec la situation mondiale (BIRD, 1981a, 1981b, 1985), l'érosion des schorres y semble, toutefois, beaucoup plus forte qu'ailleurs (GUILCHER, 1981). En Europe par exemple, la

plupart des sites où l'on a enregistré de forts reculs de la micro-falaise du schorre supérieur s'expliquent par un déplacement des chenaux de marée (PRINGLE, 1985), ce qui n'est pas le cas dans l'estuaire du Saint-Laurent. Comme l'ont évoqué certains auteurs (GUILCHER et BERTHOIS, 1957; VERGER, 1968; GUILCHER, 1981; PRINGLE, 1985), il est possible que l'évolution des schorres soit ponctuée de périodes d'érosion et de sédimentation (aggradation). Si c'est effectivement le cas dans le Saint-Laurent, l'érosion pourrait bien s'arrêter d'elle-même d'ici quelques années. Combien de temps faudra-t-il alors pour reconstruire la partie supérieure des schorres érodée au cours des dernières années? Dans l'état actuel des connaissances, il est impossible de répondre. Chose certaine, il faudra un taux de sédimentation remarquablement élevé.

CONCLUSION

Plusieurs des marais intertidaux de l'estuaire du Saint-Laurent subissent présentement une forte érosion qu'il convenait de signaler. Dans les deux sites étudiés, des taux moyens annuels de recul compris entre 100 et 400 cm ont été mesurés au cours des dernières années. Ils confirment les taux évalués à plus long terme, à savoir pour les deux dernières décennies. À Montmagny, au rythme actuel de recul de la micro-falaise du schorre supérieur, les vagues auront, d'ici peu (15 à 40 ans), atteint le pied de la falaise Mic Mac, qu'ils raviveront et éroderont de nouveau. À Rivière-du-Loup, le vaste schorre supérieur à marelles du secteur NE disparaîtra presque entièrement d'ici 25 à 50 ans, si le taux annuel actuel d'érosion se maintient. Ce serait une perte considérable compte tenu du potentiel écologique de ce milieu. L'étendue des marais intertidaux au Québec méridional étant fort modeste, il paraît impérieux de s'y intéresser davantage compte tenu de leur grande valeur économique.

REMERCIEMENTS

Plusieurs étudiants du Département de géographie (Université Laval) ont participé aux travaux de terrain (J. Lacombe, D. Brodeur, J. Lavoie, R. Robitaille, Y. Michaud, D. Bellavance et S. Poitras), qu'il convient de remercier. Les figures au trait ont été faites au Laboratoire de cartographie du Département de géographie de l'Université Laval. Cette contribution fait partie d'un projet de recherche sur l'Évolution des rives du Saint-Laurent subventionné par le Conseil national de recherches en sciences et en génie (CNRSRG). Nous remercions également les deux lecteurs, MM. André Guilcher et Donald Forbes, pour leur suggestions pertinentes.

RÉFÉRENCES

- ALLARD, M. (1981): L'anse aux canards, île d'Orléans, Québec: évolution holocène et dynamique actuelle, *Géographie physique et Quaternaire*, vol. 35, p. 133-154.
- ARMENTANO, T. V. et WOODWELL, G. M. (1975): Sedimentation rates in a Long Island marsh determined by Pb-210 dating, *Limnology and Oceanography*, vol. 20, p. 452-456.
- BERTRAND, P. (1984): *Le secteur côtier Cacouna-Isle-Verte: étude géomorphologique et classification des sols*, Québec, Université

- Laval, Dép. de Géographie, thèse de maîtrise non publiée, 253 p.
- BIRD, E. C. F. (1981a): World-wide trends in sandy shoreline changes during the past century, *Géographie physique et Quaternaire*, vol. 35, p. 241-244.
- (1981b): Recent changes on the world's sandy shorelines, dans *Coastal dynamics and Scientific sites*, Reports on the Projects of the I. G. U. Commission on the Coastal Environment, E. C. F. BIRD et K. KOIKE (édit.), Dept. of Geography, Komazawa University (Tokyo), p. 5-30.
- (1985): *Coastline changes. A global review*, New York, Wiley, 219 p.
- BOURGET, A., LEHOUX, D. et ROSA, J. (1977): *Importance du Saint-Laurent pour la sauvagine*, Québec, Comité d'Étude du fleuve Saint-Laurent, Rapp. tech. n° 2, 51 p.
- BRIND'AMOUR, M. et LAVOIE, V. (1984a): Évaluation de la productivité nette de la végétation vasculaire épigée des marais intertidaux de la région de Québec, *Annales de l'ACFAS*, vol. 51, p. 39.
- (1984b): *Évaluation de la dynamique et de la productivité nette aérienne de la végétation vasculaire des marais intertidaux de la région de Kamouraska*, Québec, Université Laval, Faculté des Sciences de l'Agriculture et de l'Alimentation, Rapport non publié, 138 p.
- CANTIN, M. et al. (1982): *La protection des habitats fauniques au Québec*, Québec, ministère des Loisirs, Chasse et Pêche, Direction générale de la faune, Rapport, 282 p.
- CHAMPAGNE, P., DENIS, R. et LEBEL, C. (1983): *Établissement de modèles caractérisant l'équilibre dynamique des estrans de la rive sud du moyen estuaire du Saint-Laurent*, Québec, Pêches et Océans Canada, Direction de la recherche sur les Pêches, Rapport des sciences halieutiques et aquatiques n° 1711, 67 p.
- DELAUNE, R. D., BURESH, R. J. et PATRICK, W. H. (1978): Sedimentation rates as determined by Cs¹³⁷ dating in a rapidly accreting salt marsh, *Nature*, vol. 275, p. 532-533.
- DELAUNE, R. D., BAUMANN, R. H. et GOSSELINK, J. G. (1983): Relationship among vertical accretion, coastal submergence, and erosion in a Louisiana Gulf Coast marsh, *Journal of Sedimentary Petrology*, vol. 53, p. 147-157.
- DESCHÊNES, J. et SÉRODES, J.B. (1986): Recyclage des métaux et du phosphore par *Scirpus americanus* et *Spartina alterniflora* dans l'estuaire moyen du Saint-Laurent (Québec), *Naturaliste canadien*, vol. 113, p. 143-151.
- DIONNE, J.-C. (1968): Schorre morphology on the south shore of the St. Lawrence estuary, *American Journal of Science*, vol. 266, p. 380-388.
- (1972): Caractéristiques des schorres des régions froides, en particulier de l'estuaire du Saint-Laurent, *Zeitschrift für Geomorphologie*, Suppl. Bd. n° 13, p. 131-162.
- (1979): *L'érosion des rives du Saint-Laurent: une menace sérieuse à l'environnement*, Québec, Environnement Canada, Direction des Terres, Rapport interne non publ., 8 p.
- (1980): Le glacier de la batture de Cap-Tourmente, *Annales de l'ACFAS*, vol. 47, p. 116, (manuscrit non publié, 8 p.).
- (1984a): Données préliminaires sur l'âge des schorres supérieurs de l'estuaire du Saint-Laurent, *Annales de l'ACFAS*, vol. 51, p. 151 (manuscrit non publié, 11 p.).
- (1984b): An estimate of ice-drifted sediments based on the mud content of the ice cover at Montmagny, middle St. Lawrence estuary, *Marine Geology*, vol. 57, p. 149-166.
- (1985a): Tidal marsh erosion by geese, St. Lawrence estuary, Québec, *Géographie physique et Quaternaire*, vol. 39, p. 99-105.
- (1985b): L'érosion anthropique des marais intertidaux du Saint-Laurent, dans *Comptes rendus Conférence canadienne sur le littoral*, (St. John's, Terre-Neuve), Ottawa, Conseil national de la recherche, Comité associé de la recherche sur l'érosion et la sédimentation littorales, p. 547-568.
- (1985c): Erosion of tidal marshes along the St. Lawrence estuary, Communication présentée à la *Conférence canadienne sur le littoral*, St. John's, Terre-Neuve, août 1985, manuscrit 10 p.
- DOHLER, G. C. et KU, L. F. (1970): Presentation and assessment of tides and water level records for geophysical investigations, *Canadian Journal of Earth Sciences*, vol. 7, p. 607-625.
- DUBÉ, M. (1982): *Dynamique sédimentaire des estrans de Kamouraska*, Québec, Université Laval, Dép. de génie civil, thèse de maîtrise non publié, 158 p.
- DUTIL, J. D., FORTIN, M. et VIGNEAULT, Y. (1983): *L'importance des zones littorales pour les ressources halieutiques*, Québec, Pêches et Océans Canada, Direction de la recherche sur les Pêches, Rapport des sciences halieutiques et aquatiques n° 1653, 28 p.
- DUTIL, J. D. et FORTIN, M. (1983): La communauté de poissons d'un marécage intertidal de l'estuaire du Saint-Laurent, *Naturaliste canadien*, vol. 110, p. 397-410.
- EMERY, K. O. (1980): Relative sea levels from tide-gauge records, *Proceedings National Academy of Sciences (Washington)*, Ser. Geology, vol. 77, n° 12, p. 6968-6972.
- FLESSA, K. W., CONSTANTINE, K. J. et CUSHMAN, M. K. (1977): Sedimentation rates in a coastal marsh determined from historical records, *Chesapeake Science*, vol. 18, p. 172-176.
- GAUTHIER, J., LEHOUX, D. et ROSA, J. (1980): *Les marais intertidaux dans l'estuaire du Saint-Laurent*, Québec, Environnement Canada, Service canadien de la faune, Rapport interne non publié, 90 p.
- GORNITZ, V. LEBEDEFF, S. et HANSEN, J. (1982): Global sea level trend in the past century, *Science*, vol. 215, p. 1611-1614.
- GAUDREAU, M. et GAUTHIER, B. (1981): *Étude sommaire des empiètements sur le littoral québécois*, Québec, Conseil consultatif de l'Environnement, Rapport 113 p.
- GUILCHER, A. (1981): Shoreline changes in salt marshes and mangrove swamps (mangals) within the past century, dans *Coastal dynamics and Scientific sites*, Reports on the Projects of the I.G.U. Commission on the Coastal Environment, C. F. BIRD et K. KOIKE (édit.), Dept. of Geography, Komazawa University (Tokyo), p. 31-53.
- GUILCHER, A. et BERTHOIS, L. (1957): Cinq années d'observations sédimentologiques dans quatre estuaires-témoins de l'ouest de la Bretagne, *Revue de Géomorphologie dynamique*, vol. 8, p. 67-86.
- HARRISON, E. Z. et BLOOM, A. L. (1977): Sedimentation rates on tidal salt marshes in Connecticut, *Journal of Sedimentary Petrology*, vol. 47, p. 1484-1490.
- HICKS, S. D. (1978): An average geopotential sea level series for the United States, *Journal of Geophysical Research*, vol. 83, p. 1377-1379.

- HICKS, S. D. et CROSBY, J. E. (1974): *Trends and variability of yearly mean sea level, 1893-1972*, Washington (D.C.), U.S. Dept. of Commerce, NOAA Tech. Mono n° 13, 11 p.
- JACQUET, J. (1949): *Recherche écologique sur le littoral de la Manche. Les prés-salés et la spartine de Townsend, les estuaires, la tangué*, Paris, Paul Lechevalier, Encyclopédie biogéographique, tome 5, 374 p.
- LACOMBE, J. (1982): *Analyse de l'évolution spatiale des marécages intertidaux de l'estuaire du Saint-Laurent, 1960-1980*, Québec, Groupe DRYADE, Rapport soumis à Service canadien de la Faune, 37 p.
- LEITZSCH, W. S. et FREY, R. W. (1980): *Deposition and erosion in a Holocene salt marsh, Sapelo Island, Georgia*, *Journal of Sedimentary Petrology*, vol. 50, p. 529-542.
- POCKLINGTON, R. et LEONARD, J. D. (1979): *Terrigenous organic matter in sediments of the St. Lawrence estuary and the Saguenay fjord*, *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, vol. 36, p. 1250-1255.
- PRINGLE, A. W. (1985): *Preliminary findings on cyclic salt marsh erosion in Morecambe Bay, Northwest England*, *First International Conference on Geomorphology*, University of Manchester, Abstracts of Papers, p. 483.
- REED, A. et MOISAN, G. (1971): *The Spartina tidal marshes of the St. Lawrence estuary and their importance to aquatic birds*, *Naturaliste canadien*, vol. 98, p. 905-922.
- RICHARD, G. A. (1978): *Seasonal and environmental variations in sediment accretion in a Long Island salt marsh*, *Estuaries*, vol. 1, p. 29-35.
- SÉRODES, J. B. et DUBÉ, M. (1983): *Dynamique sédimentaire d'un estran à spartines (Kamouraska, Québec)*, *Naturaliste canadien*, vol. 110, p. 11-26.
- SÉRODES, J. B. et TROUDE, J. P. (1984): *Sedimentation cycle of a fresh water tidal flat in the St. Lawrence estuary*, *Estuaries*, vol. 7, p. 117-125.
- SÉRODES, J. B., TROUDE, J. P. et DESCHÊNES, J. (1983): *Étude de la dynamique sédimentaire et du pouvoir de transformation des zones intertidales de l'estuaire moyen du Saint-Laurent. Cas de l'estran de la pointe aux Prêtres (Battures de Cap-Tourmente)*, Québec, Environnement Canada, Direction générale des Eaux intérieures, Rapport, 81 p.
- SOGEAM (1984): *Étude de faisabilité de la restauration d'une zone de marais intertidal dans la baie de Rivière-du-Loup (Phase IV)*, Longueuil, les Consultants SOGAM Inc., Rapport non publié présenté à Canards Illimités (Canada), Québec, 34 p.
- STAPOR, F. W. (1982): *Sea level changes, 1900 to Present*, dans *The Encyclopedia of Beaches and Coastal Environments*, Stroudsburg (Pennsylvania), Hutchinson Ross, p. 728-729.
- STEERS, J. A. (1948): *Twelve years' measurement of accretion on Norfolk salt marshes*, *Geological Magazine*, vol. 85, p. 163-166.
- STRAIN, P. M. et TAN, F. C. (1979): *Carbon and oxygen isotope ratios in the Saguenay fjord and the St. Lawrence estuary and their implications for paleoenvironmental studies*, *Estuarine and Coastal Marine Science*, vol. 8, p. 119-126.
- TROUDE, J. P. et SÉRODES, J. B. (1985): *Régime morpho-sédimentologique d'un estran à forte sédimentation dans l'estuaire du Saint-Laurent*, dans *Proceedings Canadian Coastal Conference (St. John's Nfld)*, Ottawa, Conseil national de la recherche, Comité associé de la recherche sur l'érosion et la sédimentation littorales, p. 105-119.
- VANICEK, P. (1976): *Pattern of recent vertical crustal movement in Maritime Canada*, *Canadian Journal of Earth Sciences*, vol. 13, p. 661-667.
- VANICEK, P. et HAMILTON, A. C. (1972): *Further analysis of vertical crustal movement observation in the Lac St. Jean area*, Québec, *Canadian Journal of Earth Sciences*, vol. 9, p. 1139-1147.
- VERGER, F. (1968): *Marais et wadden du littoral français*, Bordeaux, Biscaye Frères, 541 p.