

**Nouvelles données sur l'érosion du schorre supérieur à
Montmagny, moyen estuaire du Saint-Laurent**
**New data on the high marsh erosion at Montmagny, middle St.
Lawrence estuary**
**Neue Daten zur Erosion der oberen Flussmarsch bei
Montmagny, mittlere Gezeitenmündung des
Sankt-Lorenz-Stroms**

Jean-Claude Dionne and Marie-Claude Bouchard

Volume 54, Number 2, 2000

URI: <https://id.erudit.org/iderudit/004787ar>
DOI: <https://doi.org/10.7202/004787ar>

[See table of contents](#)

Publisher(s)

Les Presses de l'Université de Montréal

ISSN

0705-7199 (print)
1492-143X (digital)

[Explore this journal](#)

Cite this article

Dionne, J.-C. & Bouchard, M.-C. (2000). Nouvelles données sur l'érosion du schorre supérieur à Montmagny, moyen estuaire du Saint-Laurent. *Géographie physique et Quaternaire*, 54(2), 219–230. <https://doi.org/10.7202/004787ar>

Article abstract

At Montmagny the high intertidal marsh is being eroded at least since the beginning of the 1980 decade. Between 1984 and 1986, the micro-cliff was cut back at an average rate of 129 cm per year over a distance of about 4 km. Measurements made in the same area between 1996 and 1998 indicate an increase of both the erosion rate and the area eroded. The micro-cliff is now retreating at an average rate of 168 cm per year. Because more than half of the erosion is made during the ice-free season, waves and tide currents are considered the main agents involved in the process. Erosion, however, is increased by geese activity in the intertidal marsh during spring and fall. Removing by shore ice of large "peat rafts" from the seaward edge of the high marsh contributes approximately 25 to 30 % of the annual erosion. In addition, thawing of the stratified silty sand substrate exposed in the micro-cliff reduces the strength and compaction of the sediment and facilitates subsequently wave erosion. During spring tides, the micro-cliff is exposed to wave erosion for about 6 hours daily.

NOUVELLES DONNÉES SUR L'ÉROSION DU SCHORRE SUPÉRIEUR À MONTMAGNY, MOYEN ESTUAIRE DU SAINT-LAURENT

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

RÉSUMÉ À Montmagny, le schorre supérieur est en voie d'érosion depuis au moins le début de la décennie de 1980. Entre 1984 et 1986, la micro-falaise a reculé à un taux moyen de 129 cm par année sur l'ensemble du secteur étudié (environ 4 km). Les mesures effectuées au même endroit, entre 1996 et 1999, indiquent une augmentation du taux d'érosion et de l'aire touchée. La micro-falaise recule maintenant à un taux moyen de 168 cm par année. Comme plus de la moitié du recul se produit au cours de la période interglaciale, les vagues et les courants de marée constituent le principal agent responsable. Toutefois, l'érosion est accentuée par l'activité intensive des oies sur la batture, au printemps et à l'automne. Les glaces, qui arrachent de grands radeaux de végétation sur le rebord externe du schorre supérieur, contribuent pour environ 25 à 30 % de l'érosion totale. Par ailleurs, le dégel ameublité les matériaux limono-sableux de la micro-falaise et la rend ainsi vulnérable à l'activité des vagues à marée haute. En période de vive eau, la micro-falaise est exposée aux vagues pendant environ six heures par jour.

ABSTRACT *New data on the high marsh erosion at Montmagny, middle St. Lawrence estuary.* At Montmagny the high intertidal marsh is being eroded at least since the beginning of the 1980 decade. Between 1984 and 1986, the micro-cliff was cut back at an average rate of 129 cm per year over a distance of about 4 km. Measurements made in the same area between 1996 and 1998 indicate an increase of both the erosion rate and the area eroded. The micro-cliff is now retreating at an average rate of 168 cm per year. Because more than half of the erosion is made during the ice-free season, waves and tide currents are considered the main agents involved in the process. Erosion, however, is increased by geese activity in the intertidal marsh during spring and fall. Removing by shore ice of large "peat rafts" from the seaward edge of the high marsh contributes approximately 25 to 30 % of the annual erosion. In addition, thawing of the stratified silty sand substrate exposed in the micro-cliff reduces the strength and compaction of the sediment and facilitates subsequently wave erosion. During spring tides, the micro-cliff is exposed to wave erosion for about 6 hours daily.

ZUSAMMENFASSUNG *Neue Daten zur Erosion der oberen Flussmarsch bei Montmagny, mittlere Gezeitenmündung des Sankt-Lorenz-Stroms.* Bei Montmagny wird die obere Flussmarsch mindestens seit Beginn der 80er Jahre ausgewaschen. Zwischen 1984 und 1986 ist der Absatz um eine durchschnittliche Rate von 129 cm jährlich im ganzen erforschten Gebiet (etwa 4 km) zurückgewichen. Die zwischen 1996 und 1999 an derselben Stelle vorgenommenen Messungen ergeben eine Zunahme der Erosionsrate und des betroffenen Gebiets. Der Absatz weicht jetzt durchschnittlich um 168 cm jährlich zurück. Da über die Hälfte des Zurückweichens während der eisfreien Zeit geschieht, sind die Wellen und die Gezeitenströmungen die hauptsächlich verantwortlichen Faktoren. Jedoch wird die Erosion durch die intensive Aktivität der Wildgänse auf der Bank im Frühling und im Herbst verstärkt. Das Eis, welches große Torfstücke am äußersten Rand der oberen Flussmarsch abreißt, trägt zu etwa 25 bis 30 % der gesamten Erosion bei. Außerdem lockert das Tauwetter das schlammig-sandige Material des Absatzes und macht ihn so empfindlich gegenüber der Wellenaktivität bei Flut. Während der Frühlingsfluten ist der Absatz täglich etwa sechs Stunden dem Einfluss der Wellen ausgesetzt.

INTRODUCTION

À Montmagny, localité située à environ 75 km au NE de Québec (fig. 1), l'érosion du schorre supérieur a été mesurée de façon systématique depuis le début de la décennie de 1980. Les mesures sur le terrain, faites de 1984 à 1986, ont donné un taux moyen de recul latéral de la micro-falaise légèrement supérieur à 100 cm par année pour l'ensemble du secteur alors étudié (Dionne 1986). L'érosion s'est poursuivie depuis et s'est même accentuée. Les secteurs en érosion, il y a une quinzaine d'années, se sont étendus, alors que la hauteur de la micro-falaise est passée de 50-75 cm à 125-175 cm. Il est donc apparu utile de connaître le nouveau taux de recul de la micro-falaise du schorre supérieur afin de déterminer la tendance.

D'après une étude récente (Anctil et Troude, 1992), l'érosion latérale des schorres supérieurs du secteur amont du moyen estuaire (secteur du « bouchon vaseux ») serait liée aux débits d'eau douce du Saint-Laurent, cause principale des niveaux élevés observés entre 1970 et 1988. Ces auteurs entrevoyaient alors un ralentissement des mécanismes d'érosion par suite de la décroissance du débit d'eau douce. Or, tant à Montmagny qu'à Cap-Tourmente et à Sainte-Anne-de-Beaupré (SAB) (Dionne, 2000), le recul de la micro-falaise du schorre supérieur est manifeste partout, ce qui signifie que les facteurs en cause n'ont pas vraiment changé.

La présente contribution analyse les résultats des mesures effectuées de 1996 à 1999 et compare le taux de recul avec celui de la décennie précédente, ainsi qu'avec les taux d'érosion latérale de quelques autres sites du moyen estuaire du Saint-Laurent.

LE SITE ÉTUDIÉ

Le schorre de Montmagny étudié ici est le même que celui inventorié auparavant (Dionne, 1986). Il comprend trois secteurs (fig. 2) d'une longueur respective d'environ 1400, 1700 et 2500 m. Le plus étendu (secteur C) est situé du côté ouest de la rivière du Sud et comprend deux sous-secteurs : C₁, entre le quai et la rivière du Vieux-Moulin (700 m) ; C₂, entre la rivière du Vieux Moulin et la rivière à Lacaille (1800 m)¹. Les deux autres secteurs, celui du camping (B) et de l'aéroport (A), sont situés du côté est de la rivière du Sud.

Rappelons brièvement que le marais intertidal, à Montmagny, comprend deux niveaux (fig. 3). Le schorre inférieur, qui s'étend entre le niveau moyen de la mer (2,65 m marégraphique ou le zéro géodésique) et le niveau des hautes mers de morte eau (4,5 m marégraphique), est dominé par le scirpe américain (*Scirpus americanus*), la zizanie (*Zizania aquatica*) et les sagittaires (*Sagittaria* spp.). Sa largeur varie

1. La rivière du Vieux Moulin est aussi appelée rivière des Vases. Ce secteur correspond à l'aire de repos de la grande oie des neiges (*Chen caerulescens atlantica*) du Service canadien de la faune (SCF). L'érosion verticale y a été particulièrement importante depuis une quinzaine d'années, ce qui a permis d'exhumer quelques centaines de troncs d'arbres d'âges variés (Dionne, 1998).

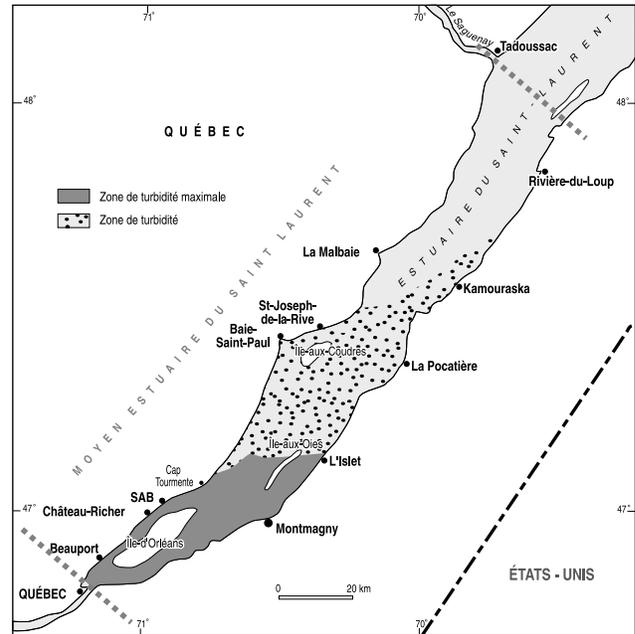


FIGURE 1. Carte du moyen estuaire du Saint-Laurent localisant la zone de turbidité (« bouchon vaseux ») et le site étudié. SAB pour Sainte-Anne-de-Beaupré.

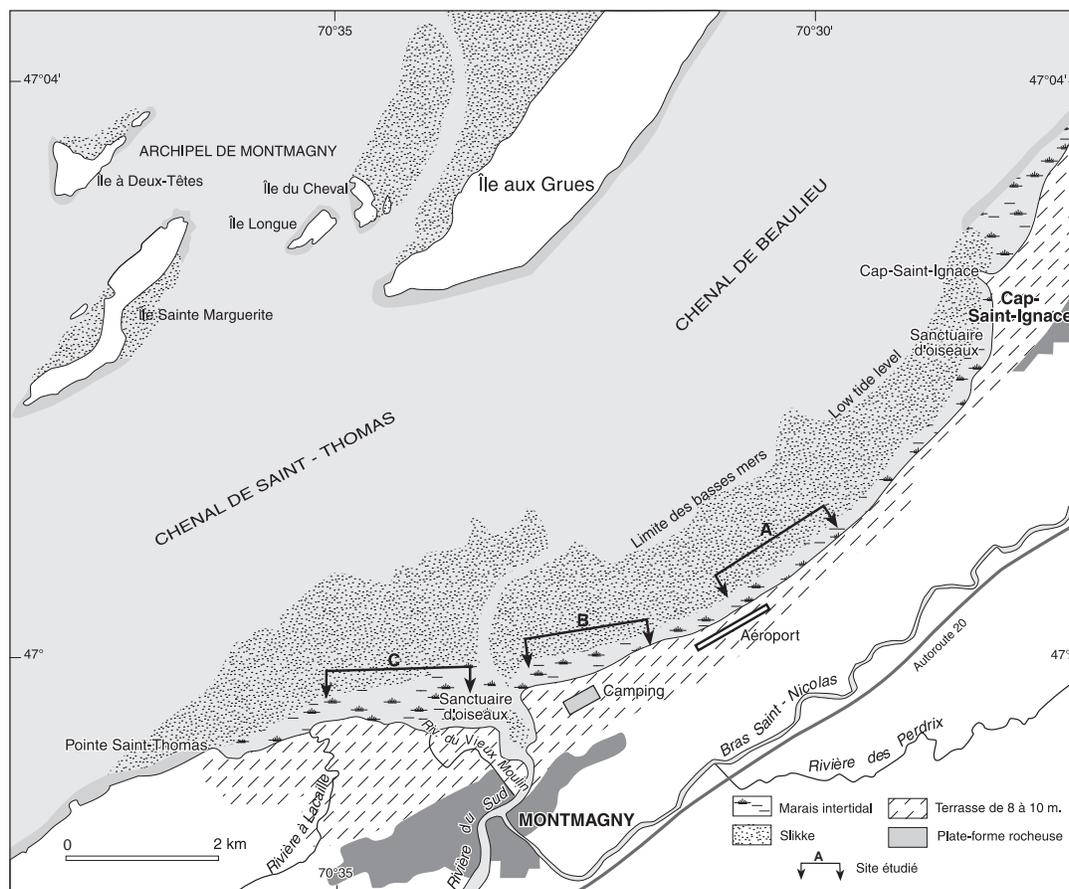
Map of the middle St. Lawrence estuary showing the turbidity zone and the study area.

de 150 à 500 m avec une médiane de 245 m (Dionne, 1998). C'est une zone dynamique où les processus d'érosion et de sédimentation alternent constamment au cours de l'année avec un bilan sédimentaire nul ou négatif (Dionne, 1984). Depuis une quinzaine d'années, l'érosion verticale prévaut dans cette zone. La surface s'étant abaissée, l'épaisseur de la nappe d'eau, à marée haute, est plus importante, ce qui augmente le pouvoir érosif des vagues qui s'attaquent alors au schorre supérieur (Dionne, 1986).

Le schorre supérieur s'étend entre le niveau des hautes mers de morte eau et celui des plus hautes mers de vive eau (6 à 6,5 m marégraphique). Une micro-falaise de 40 à 175 cm de hauteur le sépare du schorre inférieur (fig. 4 et 5). En période de vive eau, la micro-falaise du schorre supérieur est exposée à l'activité des vagues et des courants durant une période d'environ six heures par jour. Elle est aussi atteinte durant la période des marées moyennes (fig. 6) ; dans certains secteurs, la nappe d'eau ennoie le pied de la micro-falaise durant la période de morte eau. La partie arrière du schorre supérieur est humide, encombrée de débris organiques apportés par les grandes marées, et est submergée uniquement lors des plus hauts niveaux (marées de 6 m ou plus). Cette zone est aussi caractérisée par une saulaie arbustive et une rangée de gros saules (*Salix fragilis*) situés au pied de la falaise morte de la terrasse de 8 m délimitant vers l'intérieur le schorre supérieur. Ici et là également, on observe de grandes étendues couvertes de phragmites (*Phragmites communis*), beaucoup mieux développées du côté ouest de la rivière du Sud. La largeur du schorre supérieur est de 4 à 5 fois inférieure à celle du

FIGURE 2. Carte schématique de la batture de Montmagny, localisant les trois secteurs étudiés.

A sketch map of the intertidal zone at Montmagny showing the three sites where measurements were made.



schorre inférieur. Plus étroit dans le secteur à l'est de la rivière du Sud, le schorre supérieur mesure rarement plus de 30-35 m de largeur ; à maints endroits, il fait entre 10 et 20 m seulement, alors qu'à quatre endroits il est déjà disparu complètement. À l'extrémité est de l'aéroport, par exemple, il a été entièrement érodé sur une distance de 350 m depuis le début de 1980. Ravivée par l'érosion, la falaise morte de 6 m, taillée dans la terrasse de 8-10 m, recule à un taux moyen de 100 cm par année. Cette partie de la piste de l'aéroport est maintenant menacée.

La micro-falaise du schorre supérieur révèle que ce dernier est constitué de trois unités sédimentaires (fig. 7). À la base, une couche de 10 à 20 cm d'épaisseur de limon sableux gris pâle (environ 8 % de sable fin), à minces stratifications horizontales et parallèles, mais fréquemment déformées (petits plis et contorsions), correspond à un faciès de slikke (Dionne, 1998). Au-dessus, une séquence de limon sableux (10 % de sable fin), stratifié en lits minces, contenant des racines et des tiges de plantes (scirpe) en place (3,8 % de matière organique), correspond à un faciès de schorre inférieur. Au sommet, une couche de 40 à 50 cm d'épaisseur, composée de débris de plantes variées (racines et tiges) formant un chevelu dense infiltré de limon, de sable fin et de petit gravier, correspond au faciès typique du schorre supérieur (Bouchard, 1999). La matière organique compte pour 8 % du poids. En raison du chevelu racinaire, la

consistance de cette couche est de beaucoup supérieure à celle de l'unité sous-jacente, qui est la plus vulnérable à l'érosion par les vagues, en particulier juste après le départ des glaces et au cours du dégel printanier.

LES MÉTHODES DE MESURES

Pour faciliter la compréhension, il convient de rappeler ici les méthodes généralement utilisées pour mesurer le recul de la micro-falaise du schorre supérieur. À vrai dire, il n'en existe que deux. La première, qui concerne les variations à court et à moyen terme, comprend quelques variantes offrant chacune des avantages et des désavantages. Cette méthode simple est basée essentiellement sur la pose de piquets repères placés soit directement au pied de la micro-falaise, soit à la surface du schorre supérieur à diverses distances du rebord externe, ou soit une combinaison des deux.

La pose de piquets repères au pied de la micro-falaise donne de bons résultats la première année pendant la période interglaciale. Dans les milieux atteints par la glace comme le Saint-Laurent estuarien, les piquets, quelle que soit leur nature (bois, métal, plastique), résistent mal ou sont en grande partie arrachés, déplacés ou cassés dès le premier hiver. Cette méthode, utilisée à Montmagny et à Rivière-du-Loup (Dionne, 1986), a été abandonnée.

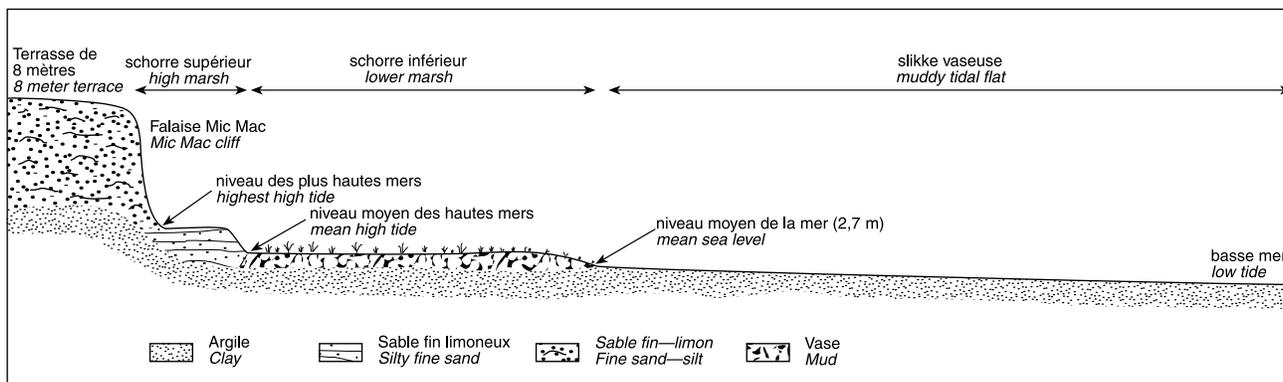


FIGURE 3. Coupe transversale schématique de la batture à Montmagny montrant la zonation du rivage.

A schematic transverse profile of the intertidal area showing the three main zones.

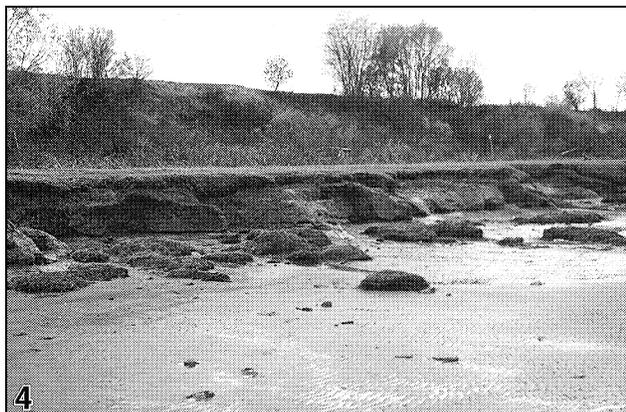


FIGURE 4. Vue générale du schorre supérieur en voie d'érosion dans le secteur B. Noter l'étroitesse du schorre supérieur et la falaise morte au front de la terrasse de 8 m à l'arrière-plan (31.5.96).
A general view of the high marsh in sector B. Note the small width of the marsh and the former cliff in the back (96.5.31).

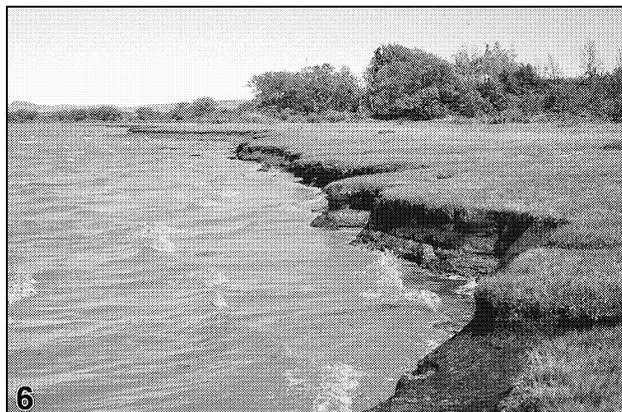


FIGURE 6. Vue générale du schorre supérieur 1h15 avant la pleine mer, en période de marée moyenne (4,5 m) (29.5.88).
A general view of the high marsh about 1.15 hr before high tide, during mid-tide range (4.5 m) 88.5.29).

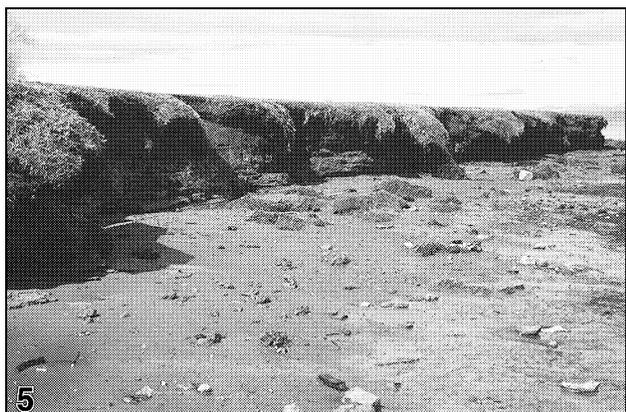


FIGURE 5. Micro-falaise typique du schorre supérieur en voie d'érosion dans le secteur B d'une hauteur de 150 à 175 cm (23.5.97).
Typical aspect of the high marsh cliff 150 to 175 cm high in sector B (97.5.23).



FIGURE 7. Micro-falaise du schorre supérieur de 150 cm de hauteur montrant les trois unités morpho-sédimentologiques : A) faciès de la slikke ; B) faciès du schorre inférieur ; C) faciès du schorre supérieur (14.5.92).
A high marsh micro-cliff 150 cm high showing three sedimentary units: A) mud tidal facies; B) low marsh facies; C) high marsh facies (92.5.14).

La pose de piquets à la surface du schorre supérieur, à une certaine distance du rebord externe donne de meilleurs résultats, mais il existe des contraintes. La première est le choix de la distance. Selon le taux de recul estimé, pour une période de deux ans, les piquets doivent être placés à 4 ou 5 m. À cette distance du rebord externe du schorre supérieur, les hautes herbes rendent difficile le repérage des piquets même lorsqu'on les peint ou que l'on pose un ruban phosphorescent. Pour décourager le vandalisme, il faut enfoncer profondément les piquets ; la partie exposée ne doit pas dépasser 10 cm de longueur, sinon il faut utiliser des piquets plus longs (80 cm ou davantage), ce qui augmente le coût et l'effort pour les installer, à moins de disposer d'un véhicule tout terrain pour transporter le matériel.

La nature des piquets influence leur durée. Les piquets de bois de petite taille (5 x 5 cm) résistent mal en milieu glaciaire. Si on préfère tout de même les piquets de bois, il faut utiliser des piquets d'environ 10 x 10 cm, en bois dur. Les piquets de métal (fer) s'avèrent les plus résistants. Encore là, ils doivent être assez gros et épais. Plusieurs piquets utilisés à Sainte-Anne-de-Beaupré ont été néanmoins pliés en deux ou tordus ou simplement arrachés (Dionne, 2000).

Pour diverses raisons, mais en particulier à cause de la perte de nombreux piquets repères, la période utile des mesures n'excède pas deux ans. Les données obtenues la première année sur l'ensemble des piquets retrouvés reflètent davantage la réalité que celles obtenues la seconde année, à moins de tenir compte des piquets disparus. Or, il n'est pas facile de savoir si le piquet disparu témoigne réellement d'un recul important de l'ensemble de la micro-falaise vis-à-vis du repère ou simplement de l'érosion de la partie superficielle du schorre supérieur, en particulier là où il existe des replats d'érosion (fig. 10), ou encore s'il s'agit d'un prélèvement par vandalisme.

Pour des mesures à moyen terme, il faut recommencer à tous les deux ans avec une nouvelle série de piquets, une opération qui peut devenir fastidieuse.

La valeur du taux moyen de recul de la micro-falaise dépend forcément du nombre de piquets repères utilisés compte tenu de la distance du schorre en voie d'érosion dans un site donné. Un grand nombre de piquets permet de constater des différences souvent importantes d'un point à l'autre ou d'un secteur à l'autre, et traduit mieux la réalité. Suivant la dimension du territoire à couvrir, un espacement de 25 à 40 m est souhaitable. Lorsque le secteur à mesurer n'excède pas un kilomètre et que le schorre supérieur est très découpé, un espacement de 10 à 20 m est préférable.

À long terme (10 ans et plus), le recul du schorre supérieur peut être mesuré à partir des photographies aériennes, en autant que l'on dispose de bonne séries multidates prises à marée basse ou à mi-marée et que les photographies sont à une échelle ne dépassant pas 1/15 000. Les mesures effectuées sur des échelles plus petites et surtout sur des échelles très différentes donnent des résultats forcément approximatifs.

Quant aux mesures effectuées par arpentage (sens classique), elles sont coûteuses, requièrent beaucoup de temps

et nécessitent l'existence de documents cartographiques précis. Or, les marais intertidaux ne font pas toujours partie des terrains arpentés apparaissant sur les documents cadastraux. Néanmoins, cette méthode est susceptible de fournir des renseignements utiles sur l'érosion des rives à long terme (un siècle ou davantage).

NOUVELLES MESURES

Deux séries de mesures ont été faites récemment. La première concerne les deux secteurs situés à l'est de la rivière du Sud. Dans le secteur A (aéroport), 35 piquets métalliques ont été placés le 22 mai 1996, à 4 m du rebord externe de la micro-falaise avec un espacement moyen de 30 à 35 m. Dans le secteur B (camping), 40 piquets métalliques de 65 cm de longueur ont été placés le 24 mai 1996, à 5 m du rebord externe de la micro-falaise. L'espacement entre les piquets varie de 30 à 40 m environ. Des relevés ont ensuite été faits le 4 novembre 1996, le 23 mai 1997, le 25 mai 1998 et le 30 octobre 1998.

Une deuxième série de piquets métalliques de 65 et 70 cm de long a été placée, à 5 m du rebord externe de la micro-falaise du schorre supérieur, du côté ouest de la rivière du Sud (secteur C), le 26 mai 1997. Compte tenu de son étendue (2,5 km), nous avons subdivisé ce secteur en deux: l'un compris entre la rivière du Sud et la rivière du Vieux Moulin (C₁), correspondant à peu près à l'aire du sanctuaire d'oiseaux, l'autre compris entre la rivière du Vieux Moulin et la rivière à Lacaille (C₂). Au total 49 piquets ont été placés à un intervalle variant entre 30 et 40 m. Des relevés ont été faits le 15 novembre 1997, le 26 mai 1998, le 28 octobre 1998, le 17 avril 1999 et le 26 mai 1999 (Bouchard, 1999).

RÉSULTATS

TAUX DE REcul LA PREMIÈRE ANNÉE

Pour l'ensemble du site de Montmagny et en se basant uniquement sur les mesures effectuées la première année après la pose des piquets repères, la micro-falaise du schorre supérieur a reculé à un taux moyen minimal de 168 cm (tabl. I). L'érosion semble avoir été moins rapide dans le secteur A (aéroport) que dans le secteur B (camping) avec un taux respectif de 138 et 169 cm. Il convient de signaler ici que le taux plus faible obtenu dans le secteur A correspond à une perte de piquets relativement importante (31,5 %), alors que dans le secteur B, la perte fut seulement de 7,5 %.

Les mesures étant effectuées sur les piquets-repères retrouvés, le taux de recul obtenu est forcément minimal, puisqu'on ne tient pas compte des piquets disparus. Or si ces derniers ont réellement été enlevés par érosion, on perd alors des données précieuses, d'autant plus que les piquets restants correspondent généralement à des sites où le taux de recul est plus faible. Dans le cas d'une perte supérieure à 20 %, le taux réel de recul devrait être plus élevé que celui basé uniquement sur les piquets retrouvés.

Le problème est toutefois assez complexe. D'une part, certains piquets peuvent avoir fait l'objet de vandalisme ;

TABLEAU I
Recul latéral de la micro-falaise du schorre supérieur
à Montmagny-Est (1996-1998)

Date de la pose des piquets	22-5-96	24-5-96
Secteur	A	B
NPP ¹	35	40
1. Date du relevé	23-5-97	23-5-97
NPR ²	24 (68,6 %)	37 (92,5 %)
<u>Recul en cm</u>		
minimum	40	50
maximum	300	350
médiane	120	140
moyenne	137,9	169,2
2. Date du relevé	25-5-98	25-5-98
NPR	23 (65,7 %)	30 (75 %)
<u>Recul en cm</u>		
minimum :	65 (32,5) ³	90 (45)
maximum :	362 (181)	475 (237,5)
médiane :	220 (110)	300 (150)
moyenne :	198,8 (99,4)	268,8 (134,4)

1. Nombre de piquets placés
2. Nombre de piquets retrouvés
3. Moyenne annuelle sur deux ans

TABLEAU II
Recul latéral de la micro-falaise du schorre supérieur
à Montmagny-Ouest (1997-1999)

Date de la pose des piquets	26-5-97	26-5-97	26-5-97
Secteur	C1	C2	Ensemble
NPP	24	25	49
Date du relevé	26-5-98	26-5-98	26-5-98
NPR	20 (83,3 %)	25 (100 %)	47 (96 %)
<u>Recul en cm</u>			
minimum	25	35	25
maximum	430	375	430
médiane	195	225	210
moyenne	195	201,4	198,2
Date du relevé	26-5-99	26-5-99	26-5-99
NPR	20 (83,3 %)	25 (100 %)	45 (91,8 %)
<u>Recul en cm</u>			
minimum	150 (75) ¹	160 (80)	150 (75)
maximum	500 (250)	500 (250)	500 (250)
médiane	385 (192,5)	380 (190)	380 (190)
moyenne	360 (180)	379,5 (190)	370 (185)

¹ Entre parenthèse : moyenne annuelle sur deux ans.

dans ce cas, on ne peut en tenir compte pour calculer le taux de recul annuel. D'autre part, les piquets étant enfoncés dans l'unité 3 du schorre supérieur, il arrive que cette couche, d'une cinquantaine de centimètres d'épaisseur, soit arrachée par les glaces sous forme de grands radeaux, qui emportent du même coup le piquet repère. Dans ce cas, l'ensemble de la micro-falaise n'a pas forcément reculé jusqu'à l'emplacement du repère. La solution serait de recourir à une deuxième série de piquets placés à deux ou trois mètres derrière, ce qui n'a pas été fait à Montmagny.

Dans le secteur A, il manquait 11 piquets à la fin de la première année. Compte tenu que les piquets étaient profondément enfoncés dans le sol, les risques d'un prélèvement par vandalisme paraissent minimes. En conséquence, si tous les piquets sont disparus par érosion, le taux maximal de recul de la micro-falaise, entre le 22 mai 1996 et le 23 mai 1997, serait de 220 cm plutôt que 138 cm, soit une différence de 37 %. Toutefois, si on tient compte de l'arrachement possible par les glaces de radeaux sur le rebord externe du schorre supérieur, le taux maximal obtenu (220 cm) est probablement exagéré. La réalité pourrait alors se situer entre les deux valeurs mentionnées (138 et 220 cm), soit un taux moyen de recul annuel de 179 cm. Ce taux se compare donc avec celui du secteur B (169 cm) et correspond davantage à la réalité sur le terrain, du moins d'après les observations visuelles faites à maintes reprises.

Le secteur C (à l'ouest de la rivière du Sud) a enregistré le plus fort taux de recul de la micro-falaise, ce dernier ayant été de 195 cm dans le sous-secteur entre le quai et la rivière du Vieux Moulin et de 201 cm dans la sous-section entre cette dernière et la rivière à Lacaille (tabl. II).

Le tableau III indique la valeur du recul de la micro-falaise en pourcentage par catégories. Dans le secteur A, on constate que plus de la moitié des piquets retracés indiquent un recul compris entre 100 et 180 cm, alors que, dans le secteur B, le pourcentage est semblable (27 à 30 %) pour les trois catégories suivantes: 50 à 90 cm, 100 à 180 cm et 200 à 270 cm.

Dans le secteur C, la répartition est assez régulière dans les quatre catégories retenues, bien que le maximum (35%) caractérise la catégorie 100 à 200 cm dans le sous-secteur C₁ et la catégorie de plus de 300 cm (32 %) dans le sous-secteur C₂.

TAUX DE REcul LA DEUXIÈME ANNÉE

En raison de la diminution du nombre des piquets repères, le taux de recul obtenu la deuxième année est plus faible partout, si l'on ne tient pas compte des piquets disparus, c'est-à-dire de ceux qui ont vraisemblablement enregistré le taux le plus élevé d'érosion latérale.

Dans les secteurs A et B, le taux moyen annuel de recul de la micro-falaise obtenu la deuxième année est passé respectivement à 99 et 134 cm (tabl. I). On doit alors s'interroger sur ce ralentissement apparent, car il est attribuable, en majeure partie, au fait que les piquets disparus n'ont pas été considérés dans le calcul. Si on en tient compte, on obtient alors un taux comparable à celui de la première année de

TABLEAU III

Recul de la micro-falaise du schorre supérieur à Montmagny, du 23 mai 1996 au 23 mai 1997 en pourcentage par catégories

Secteur A (aéroport)	
40 à 80 cm =	25 %
100 à 180 cm =	54,2 %
200 à 250 cm =	16,6 %
300 cm =	4,2 %
Secteur B (camping)	
50 à 90 cm =	27 %
100 à 180 cm =	27 %
200 à 270 cm =	29,7 %
300 à 350 cm =	16,2 %
<i>Entre le 26 mai 1997 et le 26 mai 1998</i>	
Secteur C1	
< 100 cm =	20 %
100 - 200 =	35 %
200 - 300 =	20 %
> 300 =	25 %
Secteur C2	
100 - 200 =	16 %
200 - 300 =	24 %
> 300 =	32 %

TABLEAU IV

Recul de la micro-falaise du schorre supérieur à Montmagny-Est

Camping - relevé au 25 mai 1998 en comptant les piquets disparus (40 piquets au départ) 23 mai 1996 (5 m)

minimum	90 cm
maximum	500 cm
médiane	330 cm
moyenne	$326,2 \div 2 = 163,3$ cm/an

Aéroport - 35 piquets plantés le 22 mai 1996 (4 m)

minimum	65 cm
maximum	400 cm
médiane	270 cm
moyenne	$268 \div 2 = 134$ cm/an

mesure (tabl. IV). Ainsi, dans le secteur de l'aéroport, le recul moyen pour une période de deux ans est de 268 cm, soit un taux annuel de 134 cm. Ce taux étant semblable à celui obtenu en 1997, on est alors justifié de le considérer comme plus vraisemblable. Il n'y aurait donc pas eu de ralentissement significatif du recul de la micro-falaise du schorre supérieur la deuxième année.

Il en va de même pour le secteur B, bien que la perte de piquets ait été moindre (75 % de piquets retrouvés en 1998). Si on calcule les piquets disparus, on obtient dans ce cas un taux moyen de recul annuel sur deux ans de 326 cm, soit

une moyenne annuelle de 163 cm, ce qui se rapproche du taux enregistré la première année (169 cm).

Dans le secteur C, le taux de recouvrement la deuxième année a été supérieur à celui des secteurs A et B (tabl. II). Le taux moyen annuel de recul pour les sous-secteurs C₁ et C₂ a été respectivement de 360 et 370 cm sur une période de deux ans, soit 180 et 190 cm par année. Ces taux diffèrent peu de ceux obtenus la première année, ce qui confirme la nécessité de tenir compte des piquets disparus autrement que par vandalisme. Pour l'ensemble du secteur C, le taux moyen de recul annuel a donc été de 185 cm entre le 26 mai 1997 et le 26 mai 1999.

Sur une période de deux ans, le secteur C a donc subi une érosion latérale plus importante que les secteurs A et B, où la micro-falaise est plus haute : 100 à 175 cm, alors que dans le secteur C la hauteur de la micro-falaise varie de 40 à 100 cm, avec de longues sections où elle mesure entre 40 et 60 cm seulement.

TAUX DE REcul SAISONNIER

Le taux de recul de la micro-falaise du schorre supérieur est généralement plus élevé au cours de la saison « estivale » (mai-novembre), ce qui indique le rôle prédominant des vagues dans l'érosion du schorre supérieur.

Dans les secteurs A et B, le taux moyen de recul de la micro-falaise calculé à partir des piquets retrouvés a été respectivement de 73,3 et 95,6 cm pour la période comprise entre le 22 mai et le 4 novembre 1996, en comparaison de 138 et 169 cm pour l'ensemble de l'année (tabl. V). Le taux moyen de recul pour la période « hivernale » (novembre à mai), a donc été respectivement de 64,7 et 73,4 cm, soit 46,9 % et 43,4 %. D'après nos observations de terrain, la période qui suit le déglacement et le dégel est caractérisée par une forte érosion alors que, durant les mois d'hiver (décembre à fin mars), la micro-falaise est englacée et ne recule pas.

Dans le secteur C, la situation a été plus complexe. Entre le 26 mai et le 15 novembre 1997, le recul de la micro-falaise du schorre supérieur dans les sous-secteurs C₁ et C₂ a été respectivement de 112 et de 52,5 cm, alors que, du 26 mai 1997 au 26 mai 1998, les taux moyens respectifs ont été de 195 et 201,4 cm (tabl. VI). Dans le sous-secteur C₁, l'érosion, durant la période dite « hivernale », représente donc 42,5 %, soit un taux comparable à celui des secteurs A et B. Par contre, dans le sous-secteur C₂, 73,9 % de l'érosion annuelle est survenue entre le 15 novembre 1997 et le 26 mai 1998. La présence de nombreux radeaux de schorre (fig. 11) à faible distance de la micro-falaise indique une activité glacielle importante au printemps de 1998 dans le secteur entre les rivières du Vieux Moulin et à Lacaille. D'après les données disponibles pour différents schorres, ce phénomène serait occasionnel. L'érosion latérale du schorre supérieur se révèle donc plus importante au cours de la saison interglacielle, ce qui traduit le rôle prédominant des vagues. Ceci a été confirmé par deux relevés successifs dans le sous-secteur C₁. Les mesures faites le 17 avril 1999, soit quelques jours seulement après le déglacement, ont donné

TABLEAU V

Recul de la micro-falaise du schorre supérieur, à Montmagny-Est entre le 22 mai et le 4 novembre 1996

Site	A	B
NPP	35	40
NPR	31	39
Minimum	0 cm	0 cm
Maximum	195 cm	310 cm
Médiane	60 cm	60 cm
Moyenne	73,3 cm	95,6 cm
Taux de recul en pourcentage par catégories		
< 40 cm =	38,7 %	35 %
50 à 100 cm =	32,5 %	30,8 %
> 100 cm =	29 %	33,3 %

un taux moyen de recul de la micro-falaise de 257 cm sur une période d'environ deux ans, alors que le taux moyen obtenu lors des mesures prises le 26 mai (40 jours plus tard) a été de 360 cm. La période qui suit le déglacement est donc caractérisée par une érosion latérale importante du schorre supérieur.

COMPARAISON AVEC D'AUTRES SITES

On dispose malheureusement de peu de données sur l'érosion latérale des schorres supérieurs du Saint-Laurent estuarien (voir tableau IV dans Dionne, 2000). D'après des données récentes, la micro-falaise du schorre supérieur à Sainte-Anne-de-Beaupré recule à un taux moyen annuel de 116 cm (Dionne, 2000). Entre 1981 et 1983, la micro-falaise du schorre supérieur à Cap-Tourmente a reculé à un taux annuel moyen de 190 cm par année (Troude, 1986), alors que celle du schorre de Rivière-du-Loup a reculé à un taux moyen de 271 cm, entre 1983 et 1986 (Dionne, 1986). Le taux actuel de recul de la micro-falaise du schorre supérieur à Montmagny est donc légèrement inférieur à celui de Cap-Tourmente et environ un mètre plus faible que celui de Rivière-du-Loup au milieu de la décennie de 1980. Par contre, il est supérieur de plusieurs décimètres à celui de Sainte-Anne-de-Beaupré.

Curieusement, il existe peu de données sur le recul de la micro-falaise du schorre supérieur dans le monde (voir tableau VII dans Dionne, 2000). Les données disponibles concernent certains schorres en Europe, aux États-Unis et en Tunisie. La plupart des données indiquent un recul annuel plutôt modeste (quelques décimètres, très rarement un mètre ou plus) de la micro-falaise du schorre supérieur. Dans les rares sites où l'érosion latérale excède 2 m par année (Pringle, 1995), le recul est attribuable au déplacement rapide de chenaux de marée. Là où il a été mesuré, le taux de recul de la micro-falaise des schorres supérieurs du moyen estuaire du Saint-Laurent est donc relativement élevé.

MODES D'ÉROSION

L'érosion latérale du schorre supérieur se produit de diverses façons. Avant d'être en voie d'érosion, le schorre

TABLEAU VI

Recul de la micro-falaise du schorre supérieur, à Montmagny-Ouest entre le 26 mai et le 15 novembre 1997

Site	C ₁	C ₂
NPP	24	25
NPR	21	25
Minimum	0 cm	6 cm
Maximum	278 cm	276 cm
Médiane	104 cm	23 cm
Moyenne	112 cm	52,5 cm
Taux de recul en pourcentage par catégories		
< 50 cm =	28,3 %	60 %
50 à 100 cm =	19 %	24 %
100 à 200 cm =	38 %	12 %
> 200 cm	19 %	4 %

supérieur vient généralement en contact avec le schorre inférieur par l'intermédiaire d'une rampe inclinée de 6 à 10 degrés. L'érosion débute au droit de cette rampe étroite (1 à 3 m). Sa surface est d'abord dénudée (fig. 8), puis elle est entaillée à sa marge externe. Une fois la rampe disparue, une micro-falaise de 40 à 60 cm de hauteur témoigne alors d'un stade d'érosion en cours. Le schorre supérieur recule ensuite de diverses façons.

Par endroits, les vagues creusent d'étroits (50 à 100 cm environ) rentrants inégalement espacés (fig. 9). Certains ont jusqu'à 10 m de long. Par élargissement progressif, ils finissent souvent par isoler des pointes ou des mini-péninsules. À d'autres endroits, les vagues concentrent leur action sur la partie inférieure de la micro-falaise, y creusent des encoches et parfois de petites cavernes. Le tapis végétal et minéral en surface (unité 3, fig. 7) étant plus résistant forme alors des corniches ou encore retombe, cache la micro-falaise et la protège partiellement de l'activité des vagues durant l'interglaciaire (fig. 5). De quelques mètres de largeur, ces éléments de la couverture du schorre supérieur sont facilement détruits par les glaces lors du déglacement ; la micro-falaise est alors réexposée à l'activité érosive des vagues. Par ailleurs, lors de la débâcle, les glaces soudées à la surface du schorre supérieur arrachent aussi de grandes plaques de gazon (radeaux de schorre) sur le rebord externe du schorre supérieur créant ainsi un replat d'érosion (fig. 10). Il arrive que les vagues dégagent, elles aussi, un second replat d'érosion ; la falaise est donc, ici et là, découpée en paliers au lieu d'être verticale. Au front de la micro-falaise, les buttes témoins (talards) sont plutôt rares et de courte durée là où elles existent. Par contre, on observe fréquemment de nombreux radeaux du tapis végétal du schorre supérieur (fig. 11).

Dans les secteurs A et B, tous les petits ruisseaux incisés dans le schorre supérieur ont été élargis de plusieurs mètres depuis 1986. À un endroit, à l'est de l'aéroport, par exemple, il existe maintenant un vaste rentrant d'une vingtaine de mètres de profondeur et de 6 à 8 m de largeur ; à marée haute de vive eau, les vagues atteignent le pied de la falaise



FIGURE 8. Rampe inclinée de quelques mètres de largeur caractérisant la phase initiale de l'érosion du schorre supérieur (26.6.84).

The initial erosion phase of the high marsh is characterized by an inclined bare surface (84.6.26).



FIGURE 10. Un replat d'érosion dû d'abord au découpage par les glaces puis à l'action des vagues dans le secteur B (29.5.88).

Erosion surface first made by shore ice action and subsequently reworked by waves in sector B (88.5.29).

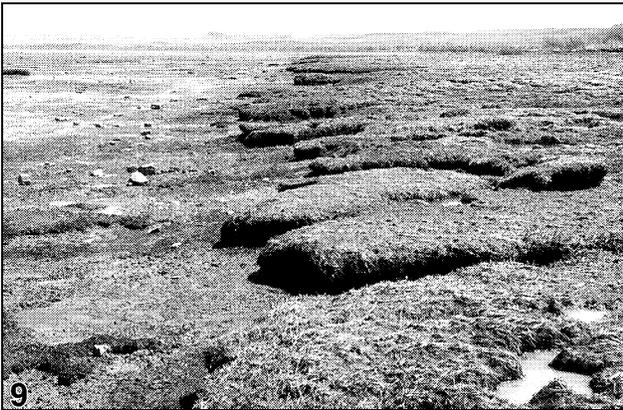


FIGURE 9. Micro-falaise à tracé irrégulier du schorre supérieur, découpée par plusieurs rentrants, dans le secteur C (23.5.93).

High marsh cliff cut into many narrow enbayments in sector C (93.5.23).



FIGURE 11. Abondants radeaux de schorre au front de la micro-falaise dans le secteur C (9.11.96).

"Peat rafts" in front of the high marsh in sector C (96.11.9).

morte de la terrasse de 8 m. Un rentrant de plus grande taille a été creusé entre 1996 et 1999 dans le secteur B (fig. 12).

Le recul prononcé du schorre supérieur dans le secteur situé à l'ouest de la rivière du Sud (secteur C) est attribuable à deux facteurs : d'une part, à la plus grande activité des oies (Dionne, 1985b) dans le sous-secteur C₁ (aire de repos du Service canadien de la faune), d'autre part, aux caractéristiques du schorre supérieur. En effet, la surface de ce dernier est fortement dégradée. On y observe un micro-relief de buttes et de creux (fig. 13) rappelant les buttes gazonnées des régions périglaciaires (thufurs). De tailles et de formes variées, les buttes mesurent généralement entre 30 et 35 cm de hauteur et se sont développées essentiellement dans le tapis végétal ; elles résultent de l'érosion superficielle par les eaux de ruissellement lors du retrait de la marée et sont aussi, en partie, liées à des phénomènes mineurs de suffosion. Il ne s'agit pas de formes d'érosion glacielle.

Ainsi affaiblie, la partie superficielle du schorre supérieur (en particulier l'unité 3) est facilement érodée par les vagues et les glaces d'où certains reculs spectaculaires.

Par ailleurs, la micro-falaise dans ce secteur est moins haute (fig. 14) que dans les deux autres secteurs. Mis à part quelques courtes sections où la micro-falaise atteint entre 75 et 100 cm, ailleurs elle mesure généralement entre 40 et 50 cm seulement. Cette différence explique en partie le taux de recul plus élevé dans le secteur C.

Localement, l'érosion latérale du schorre supérieur est accentuée par l'activité des chasseurs qui creusent des caches à proximité du rebord externe du schorre supérieur et parfois aussi de petites rigoles pour drainer les caches remplies d'eau à marée haute. Certains chasseurs utilisent encore des appelants formés d'une motte de terre placée dans un sac de plastique blanc ; ces mottes sont prélevées à la surface du schorre supérieur et concourent à sa dégradation. L'utilisation

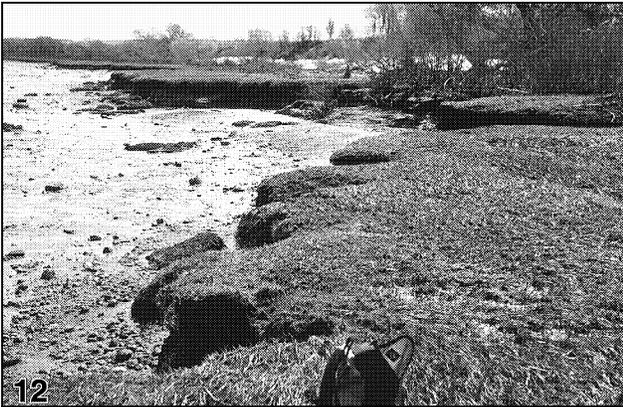


FIGURE 12. Grand rentrant attribuable à l'érosion dans le schorre supérieur du secteur B (23.5.97).

Large erosion embayment in the high marsh in sector B (97.5.23).



FIGURE 13. Aspect typique de la surface chaotique du schorre supérieur dans le secteur C ; type de buttes gazonnées attribuables à l'érosion par les eaux de ruissellement et la suffosion (11.4.99).

Typical aspect of the hummocky surface of the high marsh in sector C; type of earth mounds related to surface erosion by running water and piping (99.4.11).

de rétrocaveuses pour creuser les trous servant de caches aux chasseurs nécessite des déplacements à la surface du schorre supérieur. Ces véhicules laissent des traces visibles pendant plusieurs années, traces qui sont généralement exploitées par l'érosion (Dionne, 1985a).

DISCUSSION

L'érosion touche la plupart des schorres supérieurs du moyen estuaire du Saint-Laurent. Bien que le taux de recul de la micro-falaise varie d'un site à l'autre, partout où il a été mesuré, il est supérieur à 100 cm par année (Dionne, 2000). Compte tenu de la largeur relativement faible de la plupart des schorres supérieurs, à ce rythme et si la tendance actuelle se poursuit, on doit s'inquiéter de leur disparition au cours des prochaines décennies.

À Montmagny, le taux moyen de recul de la micro-falaise a augmenté au cours de la dernière décennie passant de

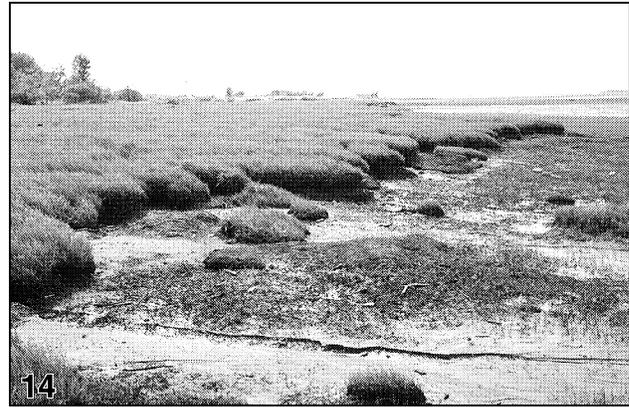


FIGURE 14. Micro-falaise basse (40-50 cm) dans le secteur C (6.6.89).

A low (40-50 cm) high marsh cliff in the sector C (89.6.6).

129 cm, en 1984-1986, à 168 cm, en 1996-1998. Contrairement à ce que prévoient certains spécialistes (Ancitil et Troude, 1992), il n'y a pas eu de ralentissement et encore moins d'arrêt de l'érosion.

La nouvelle politique du Service canadien de la faune (SCF) concernant la chasse aux oies aura probablement un effet néfaste sur les battures, en particulier celles de Montmagny et de Cap-Tourmente. Pourchassées dans les champs agricoles où elles avaient pris l'habitude de se nourrir au printemps, les oies se sont réfugiées par dizaines de milliers sur les battures vaseuses du moyen estuaire. En avril 1999, par exemple, trois jours seulement après le départ des glaces, le micro-relief glaciaire, pourtant très évident lors du déglacement, était en grande partie effacé par le piétinement intensif des oies sur la batture vaseuse dans l'aire de repos du SCF, située entre les rivières du Sud et du Vieux Moulin. On peut donc s'attendre à une augmentation de l'érosion verticale du schorre inférieur et de la slikke, ce qui devrait se traduire par un recul plus prononcé de la micro-falaise du schorre supérieur en 1999-2000. Rappelons que le taux moyen d'érosion latérale du schorre supérieur dans ce secteur a été de 195 cm en 1997-1998.

À l'instar de ce qui se passe depuis plusieurs années à Sainte-Anne-de-Beaupré (Dionne, 2000), les oies ont commencé à dégrader le schorre supérieur à Montmagny, ce qu'elles ne faisaient pas auparavant quand elles pouvaient satisfaire leur appétit ailleurs.

Si les oies ne constituent pas le facteur principal de l'érosion du schorre à Montmagny, elles dégradent néanmoins dangereusement le substrat (Dionne, 1985b ; Giroux et Bédard, 1987 ; Bélanger et Bédard, 1995 ; Gaudreau, 1997). Compte tenu du bilan sédimentaire fragile des marais intertidaux du moyen estuaire, un seuil critique pourrait être dépassé très prochainement si ce n'est déjà fait. Il faudrait au moins en être conscient et gérer d'une façon plus éclairée les milieux littoraux fragiles du Saint-Laurent estuarien, en particulier les grandes battures à scirpe américain (*Scirpus americanus*).

Les vagues demeurent l'agent principal de l'érosion latérale des marais intertidaux, en particulier à Montmagny, où

plus de 50 % du recul se produit au cours de la période interglaciale. Le printemps est la deuxième période la plus active. Si, lors de la débâcle, les glaces arrachent de grands radeaux de schorre sur le rebord externe du schorre supérieur créant ainsi des replats d'érosion, les vagues profitent de l'ameublissement du sol, au dégel, pour faire reculer la micro-falaise. La période allant de la mi-avril à la mi-mai est caractérisée par une érosion importante du marais intertidal.

Comme nous l'avons signalé ailleurs (Dionne, 1986, 2000), les causes précises de l'érosion généralisée des schorres du moyen estuaire du Saint-Laurent demeurent difficiles à préciser. Dans le cas spécifique de Montmagny et de Cap-Tourmente, le trop grand nombre d'oies constitue un facteur aggravant. Parmi les autres facteurs évoqués, mentionnons la tendance à l'élévation du niveau des océans (Emery et Aubrey, 1991), un déficit sédimentaire de plus en plus important, l'anthropisme (Dionne 1985a) et la possibilité de l'existence de cycles d'érosion-sédimentation d'origine cosmique (planétaire). Une combinaison de plusieurs facteurs demeure une possibilité, d'où la difficulté d'identifier le coupable.

À Montmagny, les bancs de sable et gravier transgressifs observés à la surface du schorre supérieur dans le secteur C (fig. 15) indiquent une tendance à la hausse du niveau marin relatif. Ce secteur est aussi le plus touché par l'activité des oies (Dionne, 1985b).

CONCLUSION

Depuis le début de la décennie de 1980, à Montmagny, l'érosion latérale fait reculer le schorre supérieur à un taux moyen annuel supérieur à 100 cm. Contrairement à ce qui avait été prévu il y a peu de temps (Ancil et Troude, 1992), au lieu de diminuer, le taux de recul de la micro-falaise a augmenté et l'étendue du schorre touché s'est accrue depuis 1986. Compte tenu de la faible largeur du schorre supérieur, en particulier dans le secteur situé à l'est de la rivière du Sud, de grandes portions disparaîtront au cours des deux prochaines décennies si la tendance actuelle se maintient. Une fois le schorre supérieur disparu, l'érosion ravivera la falaise morte de la terrasse de 8 m comme cela existe déjà à deux endroits dans le secteur de l'aéroport.

En raison du manque de données, les causes précises de l'érosion demeurent difficiles à préciser, divers facteurs jouant un rôle d'importance variée. Les recherches concernant la géologie des marais intertidaux du Saint-Laurent étant rares, on ne peut malheureusement résoudre une question aussi complexe. Dans l'attente de trouver les moyens financiers pour étudier convenablement ces milieux fragiles d'une grande importance écologique et d'une valeur économique incontestable (Dionne, 1989), les schorres supérieurs auront probablement été en grande partie grugés par l'érosion. Ainsi, une partie de notre patrimoine disparaîtra aux caprices des vagues et de certains autres agents sous les yeux de spectateurs inconscients ou incapables d'intervenir. La faible superficie des marais intertidaux dans le sud du Québec (Gauthier *et al.*, 1980) a de quoi susciter l'inquiétude.



FIGURE 15. Banc de sable et gravier transgressif à une dizaine de mètres du rebord externe de la micro-falaise du schorre supérieur (31.5.96).

A sand and gravel overwash deposit about 10 m from the high marsh margin (96.5.31).

REMERCIEMENTS

La présente contribution fait partie d'un projet de recherche à long terme sur l'évolution des rives du Saint-Laurent estuarien subventionné par le Conseil national de recherche du Canada (programme du CRSNG). Pascal Bernatchez, Luc Rousseau et Guy-Olivier Dionne ont collaboré aux travaux de terrain. Les figures au trait ont été réalisées au Laboratoire de cartographie du Département de géographie de l'Université Laval par Andrée Lavoie-Gauthier. Nous tenons à remercier les lecteurs, MM. Georges Drapeau et Yannick Lageat, pour leurs judicieux conseils.

RÉFÉRENCES

- Ancil, M. et Troude, J.P., 1992. Étude de la remontée relative des niveaux d'eau de l'estuaire du Saint-Laurent. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 19 : 252-259.
- Bélangier, L. et Bédard, J., 1995. Use of ice-scoured depressions by marsh-foraging snow geese (*Chen caerulescens atlantica*). *Canadian Journal of Zoology*, 73 : 253-259.
- Bouchard, M.-C., 1999. L'érosion du marais intertidal de Montmagny. Mémoire de baccalauréat, Département de géographie, Université Laval, Québec, 47 p.
- Dionne, J.-C., 1984. An estimate of ice-drifted sediments based on the mud content of the ice cover at Montmagny, middle St. Lawrence estuary. *Marine Geology*, 57 : 149-166.
- _____, 1985a. L'érosion anthropique des marais intertidaux du Saint-Laurent, p. 547-568. In D.L. Forbes, éd., *Comptes rendus, Conférence canadienne du Littoral* (St. John's, Terre-Neuve. Conseil national de recherche du Canada (Ottawa), sous-comité associé de recherche sur l'érosion et la sédimentation littorales, 605 p.
- _____, 1985b. Tidal marsh erosion by geese, St. Lawrence estuary, Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 39 : 99-105.
- _____, 1986. Érosion récente des marais intertidaux de l'estuaire du Saint-Laurent, Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 40 : 99-105.
- _____, 1989. The role of ice and frost in tidal marsh development. A review with particular reference to Québec, Canada. *Essener Geografische Arbeiten*, 28 : 171-210.
- _____, 1998. Relative sea-level variations during the Holocene, Middle Saint Lawrence Estuary. *Field Trip B1 Guidebook, Geological Association of Canada, Annual Meeting Québec 1998*, 49 p.

- _____. 2000. Érosion récente du schorre supérieur à Sainte-Anne-de-Beaupré, Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 54 (1).
- Emery, K.O. et Aubrey, D.G., 1991. *Sea levels, land levels, and tide gauges*. Springer-Verlag, New York, 237 p.
- Gaudreau, F., 1997. La pression exercée par la grande oie des neiges (*Chen caerulescens atlantica*) sur la batture. Mémoire de baccalauréat, Département de géographie, Université Laval, 42 p.
- Gauthier, J., Lehoux, D. et Rosa, J., 1980. Les marécages intertidaux dans l'estuaire du Saint-Laurent. Service canadien de la faune, Environnement Canada (Québec), Rapport, 90 p.
- Giroux, J.F. et Bédard, J., 1987. The effects of grazing by greater snow geese on the vegetation of tidal marshes in the St. Lawrence estuary. *Journal of Applied Ecology*, 24 : 773-788.
- Pringle, A.W., 1995. Erosion of a cyclic saltmarsh in Morecambe Bay, Northwest England. *Earth Surface Processes and Landforms*, 20 : 387-405.
- Troude, J.P., 1986. Étude du cycle sédimentaire annuel d'un estran à forte sédimentation de l'estuaire du Saint-Laurent. Thèse de doctorat (Ph.D.), Département de génie civil, Université Laval, Québec, 168 p.