

**Données quantitatives sur les cailloux à la surface du couvert  
glaciel, estuaire du Saint-Laurent**

**Quantitative Data on Coarse Debris Occurring on the Ice Cover,  
St. Lawrence Estuary**

**Quantitative Daten zum Schotter an der Oberfläche der  
Eisdecke, Gezeitenmündung des Sankt-Lorenzstroms**

Jean-Claude Dionne

Volume 47, Number 2, 1993

URI: <https://id.erudit.org/iderudit/032947ar>

DOI: <https://doi.org/10.7202/032947ar>

[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. (1993). Données quantitatives sur les cailloux à la surface du couvert glacial, estuaire du Saint-Laurent. *Géographie physique et Quaternaire*, 47(2), 181–192. <https://doi.org/10.7202/032947ar>

Article abstract

At several sites along the shores of the St. Lawrence Estuary, the ice cover is laden with coarse debris. A survey of large clasts occurring at the ice surface has been made in four sites. Over 300 clasts of various lithologies weighing one kilogram to one metric ton have been measured. In the four study sites small rock fragments are more abundant; 60% belong to the 1 to 20 kg category, while 25% are found in the 20 to 50 kg category and the 15% remaining include boulders from 50 kg to one metric ton. In three sites studied the breakup occurred less than 24 hrs after the surveys. Rock fragments at the ice surface have thus been transported offshore, possibly up to 30 km downstream. Wave energy and current velocity in tidal zones along the St. Lawrence Estuary are too slow to be able to move clasts over 10 cm. Drift ice is the only agent capable of transporting these clasts. Such a survey of rock fragments on the ice surface is a useful tool to evaluate adequately the load of the ice cover and to quantify the role of ice as a erosion and transportation agent.

# DONNÉES QUANTITATIVES SUR LES CAILLOUX À LA SURFACE DU COUVERT GLACIEL, ESTUAIRE DU SAINT-LAURENT

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

**RÉSUMÉ** À plusieurs endroits, le couvert glacial des rivages de l'estuaire du Saint-Laurent contient des débris grossiers. Un relevé des cailloux à la surface de la glace a été fait dans quatre sites. On y a mesuré plus de 300 cailloux pesant entre un kilo et une tonne. Dans les sites étudiés, les cailloux de petite taille (1 à 20 kg) prédominent avec 60 %; les cailloux de 20 à 50 kg comptent pour 25 %; les autres ont un poids supérieur à 50 kg. Dans trois des sites étudiés, la débâcle est survenue le lendemain des observations. Les cailloux à la surface de la glace ont donc été évacués au large et vers l'aval sur des distances qui ont pu atteindre 30 km avant d'être délestés. La puissance des vagues et la vitesse des courants étant relativement modestes sur les estrans du Saint-Laurent estuarien, une grande partie des sédiments grossiers excède leur compétence; les matériaux au-dessus de 10 cm sont donc exclusivement déplacés par les glaces. Le relevé des cailloux à la surface du couvert glacial renseigne utilement sur la charge sédimentaire des glaces et aide à quantifier le processus.

**ABSTRACT** *Quantitative data on coarse debris occurring on the ice cover, St. Lawrence Estuary.* At several sites along the shores of the St. Lawrence Estuary, the ice cover is laden with coarse debris. A survey of large clasts occurring at the ice surface has been made in four sites. Over 300 clasts of various lithologies weighing one kilogram to one metric ton have been measured. In the four study sites small rock fragments are more abundant; 60% belong to the 1 to 20 kg category, while 25 % are found in the 20 to 50 kg category and the 15% remaining include boulders from 50 kg to one metric ton. In three sites studied the breakup occurred less than 24 hrs after the surveys. Rock fragments at the ice surface have thus been transported offshore, possibly up to 30 km downstream. Wave energy and current velocity in tidal zones along the St. Lawrence Estuary are too slow to be able to move clasts over 10 cm. Drift ice is the only agent capable of transporting these clasts. Such a survey of rock fragments on the ice surface is a useful tool to evaluate adequately the load of the ice cover and to quantify the role of ice as a erosion and transportation agent.

**ZUSAMMENFASSUNG** *Quantitative Daten zum Schotter an der Oberfläche der Eisdecke, Gezeitenmündung des Sankt-Lorenzstroms.* An mehreren Stellen enthält die Eisdecke der Ufer der Sankt-Lorenz-Gezeitenmündung grobe Trümmer. An vier Stellen hat man eine Aufstellung über diese Trümmer an der Oberfläche des Eises gemacht. Man hat über 300 Trümmer gemessen, die von einem Kilo bis zu einer Tonne wogen. An den untersuchten Plätzen gab es zu 60 % vor allem kleine Trümmer (1 bis 20 kg); 25 % der Trümmer wogen 20 bis 50 kg; die anderen hatten ein Gewicht über 50 kg. An drei der untersuchten Plätze fand einen Tag nach der Studie der Eisbruch statt. Die Gesteinstrümmer an der Oberfläche des Eises sind also ins Weite getragen worden, bis zu 30 km flußabwärts, bevor sie wieder abgesetzt wurden. Da Wellenstärke und Strömungsgeschwindigkeit an den Ufern der Sankt-Lorenz-Gezeitenmündung relativ gering sind, können sie einen großen Teil der groben Sedimente nicht fortbewegen; über 10 cm großes Material wird also allein durch Treibeis transportiert. Die Aufstellung über die Trümmer an der Oberfläche der Eisdecke gibt einen nützlichen Aufschluß über die Sedimentfracht des Eises und hilft dabei, die Größe des Prozesses zu bestimmen.

## INTRODUCTION

Au cours des deux dernières décennies, plusieurs aspects du glacial ont été abordés et couverts d'une façon satisfaisante. Plus de 500 titres (Dionne, en préparation) se sont ajoutés à ceux de la première bibliographie annotée sur le sujet (Dionne, 1974). Longtemps négligé, ce domaine particulier de la morpho-sédimentologie périglaciaire a donc accompli des progrès considérables. Certains sujets, cependant, n'ont pas été suffisamment fouillés et les évaluations quantitatives demeurent rares.

Dans le passé, plusieurs auteurs ont signalé la présence de cailloux à la surface des couverts de glace, en milieu littoral. Dans la majorité des cas, ces travaux ne contiennent aucune donnée quantitative, de sorte qu'il demeure difficile d'évaluer correctement le rôle des glaces dans le transport du matériel grossier. Pour effectuer cette évaluation, il faut, en effet, connaître la charge sédimentaire des couverts glaciels.

Le tableau I résume l'essentiel des données disponibles sur le sujet. On constate que la plupart des estimations exis-

tantes concernent le matériel fin. On dispose de rares informations sur le matériel grossier contenu dans la glace. Cela est attribuable en partie aux difficultés d'échantillonnage. Les carottages étant exclus, il faut s'en remettre à l'observation directe. Dans ce cas, on se heurte à plusieurs embûches. *D'une part, seule une faible partie du matériel détritique contenu dans le couvert glacial peut être observé directement. Il s'agit de la fraction à la surface de la glace. Les débris grossiers contenus dans la glace et ceux soudés à sa base ne sont qu'exceptionnellement visibles. La charge détritique grossière peut donc difficilement être évaluée correctement.*

La présente contribution fait état d'observations et de mesures récentes dans quatre sites de l'estuaire du Saint-Laurent. Par pure coïncidence, les observations ont été faites dans trois de ces sites la veille de la débâcle. Les débris grossiers observés à la surface du couvert glacial ont donc effectivement été déplacés sur des distances variables excédant souvent quelques dizaines de kilomètres.

TABLEAU I  
*Charge sédimentaire glacielle*

Région	Type de matériel fin	Type de matériel grossier	Concentration (t/km <sup>2</sup> )	Référence
Arctique canadien				
– Baie de Frobisher	x	x	63 750	McCann & Dale (1986)
– Pangnirtung	x	–	90 000	Gilbert (1983)
South Bay (Southampton Is.)	x	x	2500	Bird (1983)
– Bassin de Foxe	x	–	2000	Campbell & Collin (1958)
Labrador :				
– Makkovik Bay	x	x	13 000	Rosen (1979)
Estuaire du St-Laurent				
– Haut estuaire	x	x	500-1000	Brochu (1957, 1961)
– Haut estuaire	x	x	10 000-20 000	Dionne (1987) Dionne & Lavoie (1990)
Moyen estuaire				
– Montmagny	x	–	60 000	Dionne (1981, 1984)
– Cap Tourmente	x	–	15 000	Troude & Sérodes (1985, 1988)
Baie de Fundy				
– Bassin de Minas	x	–	13 000	Bancroft (1902)
– Baie de Cobequid	x	–	5000-22 000	Kngiht & Dalrymple (1976)
Alaska :				
Mer de Beaufort				
– Côte nord	x	–	243	Barnes & Reimnitz (1982)
– Prudhoe Bay	x	–	800	Barnes <i>et al.</i> (1982)
– Harrison Bay	x	–	2950	Osterkamp & Gorsink (1984)
Mer de Bering				
– Norton Sound	x	–	31 000	Osterkamp & Gorsink (1984)
Mer de Barents	x	–	27 272	Larssen (1987) Elverhøi <i>et al.</i> (1989)
Lac Michigan	x	x	54 000	Miner & Powell (1991)
	x	x	19 300	Reimnitz <i>et al.</i> (1991)
	x	x	61 250	Barnes <i>et al.</i> (1992)

**MÉTHODES**

Au printemps, on observe fréquemment des cailloux à la surface du couvert glacial, un peu partout sur les rivages du Saint-Laurent, mais en particulier aux endroits où le bas estran en est parsemé. Certains modes de prises en charge décrits ailleurs (Dionne, 1970) expliquent leur présence à la surface de la glace. Malheureusement, les cailloux ne sont pas toujours visibles, ce qui rend les observations difficiles et peut même fausser les évaluations.

Les conditions favorables à l'observation de cailloux à la surface du couvert glacial impliquent que la couverture nivale est mince ou absente, soit en raison de l'activité du vent qui balaie la neige, soit en raison de pluies abondantes ou encore de la fonte printanière. Dans ces conditions, on peut alors apercevoir ici et là des taches ou des points sombres marquant l'emplacement des cailloux. Il arrive fréquemment que les cailloux soient enchâssés dans les 10-15 premiers centimètres de glace; dans ce cas, ils ne sont visibles qu'à courte distance. Pour dénombrer tous les cailloux à la surface de la glace dans une aire donnée, il faut alors effectuer plusieurs transects rapprochés, ce qui n'est pas toujours réalisable par une personne seule, dans un laps de temps limité.

Pour la présente étude, des relevés ont été faits dans quatre sites, le long de transects erratiques, dans des aires de dimensions relativement faibles : quelques centaines de mètres de longueur et de largeur. Dans la plupart des cas, tous les débris grossiers n'ont pas été mesurés; seuls les plus gros éléments (cailloux de plus de 10 cm de longueur ou de plus de 1,5 kg) ont été retenus. En conséquence, le volume calculé ne représente qu'une partie de la charge de surface; de même, il renseigne peu sur la charge totale, car il y a aussi des cailloux dans la glace et à la base du couvert glacial. Cependant, d'après notre expérience basée sur 25 années d'observations continues, la charge de surface, à un endroit donné, représente entre le quart et le tiers de la charge totale.

Les débris grossiers ou les cailloux susceptibles de parcourir de grandes distances avant d'être délestés sont évidemment les cailloux reposant à la surface de la glace et ceux qui y sont incorporés.

Lors des divers relevés de terrain, la nature des cailloux a été notée et leur taille mesurée. Le poids a été estimé à partir du volume en prenant une densité de 2,5. La forme des cailloux n'étant pas régulière, on a réduit de 10 % le poids initial des cailloux appalachiens et de 25 % celui des précambriens, en raison de leur forme plus arrondie. Il s'agit donc d'une valeur approximative.

**OBSERVATIONS**

Les observations ont été faites dans deux sites du moyen estuaire, un tronçon où la turbidité est élevée, et dans deux sites de l'estuaire maritime (fig. 1). Dans ces secteurs, la saison glacielle s'étend de décembre à avril. Au pléni-glacielle, le couvert de glace s'étend soit de rive à rive (Château-Richer), soit jusqu'à 4 km vers le large (Montmagny).

**CHÂTEAU-RICHER**

À Château-Richer, sur la côte de Beaupré, en face de l'île d'Orléans, à environ 35 km en aval de Québec, 92 cailloux ont été mesurés dans une aire d'environ 800 m de longueur sur 500 m de largeur. La nappe glacielle recouvrant le bas estran était généralement horizontale (fig. 2). Ici et là, cependant, il y avait des crêtes de pression et des pustules (Dionne, 1985) plus ou moins affaissées ainsi que des amoncements de glaçons superposés. L'épaisseur moyenne de la glace était de 50 à 60 cm excepté au droit des crêtes et des pustules et sur la partie supérieure du rivage, où elle atteignait 100 à 125 cm. À cette date, la neige était en grande partie disparue; mais la couche superficielle (10 cm) du couvert glacial était composée d'une glace blanchâtre provenant de la transformation du couvert neigeux. Le couvert glacial était aussi abondamment fissuré et, à plusieurs endroits, troué de petites cavités circulaires. Il y avait beaucoup d'îlots de vase à la surface, en particulier à proximité des fissures, des cavités, des pustules et des crêtes de pression. Il y avait aussi beaucoup de cailloux à la surface (fig. 3).

La nature lithologique des cailloux mesurés donne 70,6 % de précambriens (gneiss, granite, etc.), 19,6 % de calcaires et 9,8 % de grès (tabl. II-A). Les cailloux précambriens et les calcaires étaient en grande partie des cailloux façonnés alors que les grès étaient majoritairement anguleux.

Le poids total des cailloux mesurés (les trois lithologies confondues) excède 4 tonnes (tabl. III-A). Le poids des cailloux varie de 1,5 kg à 1 t, avec médiane de 18 kg. Les cailloux de moins de 20 kg totalisent 51,1 %; ceux de 20 à 50 kg, 28,2 %, alors que 20,7 % pèsent plus de 50 kg (tabl. IV-A). D'une façon générale, il s'agit de cailloux plutôt petits pouvant facilement être pris en charge par la glace.

Le plus gros caillou (fig. 4), un bloc précambrien subanguleux de plus d'une tonne, a été observé dans la partie

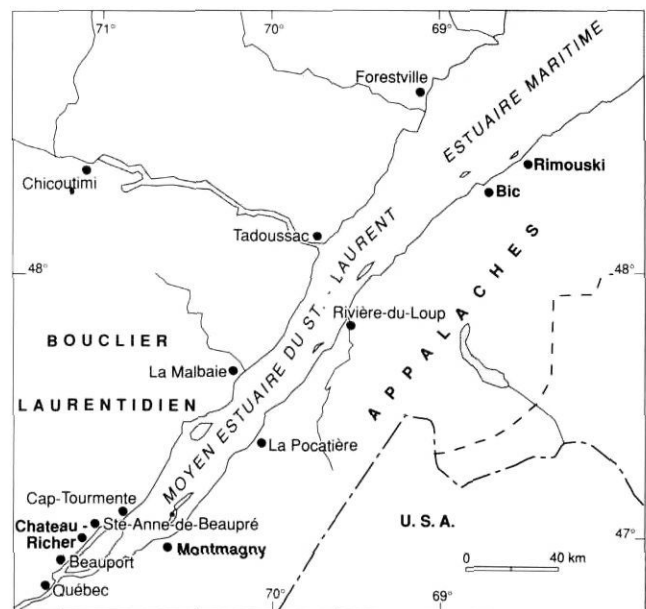


FIGURE 1. Localisation et noms de lieux. Location map and place names.



FIGURE 2. Vue générale de la couverture glacielle à Château-Richer, rive nord du moyen estuaire du Saint-Laurent, le 5 avril 1992, vers 14 h, à mi-marée montante; de l'eau turbide apparaît dans les fissures et les creux.

*A general view of the ice cover at Château-Richer, north shore of the St. Lawrence Estuary, April 5 1992, at 14 hrs., at mid-rising tide; turbid water is pouring out through cracks and fills shallows.*

FIGURE 3. Trois cailloux à la surface du couvert glacielle, à Château-Richer; le plus gros (60 × 44 × 32 cm) pèse 215 kg (5-4-92).

*Three boulders on the ice cover, at Château-Richer; the largest clast (60 × 44 × 32 cm) weighed 215 kg (92-4-5).*

FIGURE 4. Gros bloc précambrien anguleux (112 × 80 × 50 cm) pesant environ une tonne, à la surface du couvert glacielle, dans la moitié supérieure de l'estran; à cet endroit la nappe de glace avait 125 cm d'épaisseur (Château-Richer, 5-4-92).

*A large angular Precambrian block (112 × 82 × 50 cm), weighing approximately one ton, on the ice cover in the higher intertidal zone; at this site the ice cover was 125 cm thick (Château-Richer, 92-4-5).*

FIGURE 5. Bloc de calcaire (41 × 30 × 29 cm), à la surface du couvert glacielle (Château-Richer, 5-4-92).

*A limestone clast (41 × 30 × 29 cm), on the ice cover (Château-Richer, 92-4-5).*

FIGURE 6. Bloc de grès anguleux (58 × 42 × 20 cm) à la surface du couvert glacielle (Château-Richer, 5-4-92).

*An angular block of sandstone (58 × 42 × 20 cm) on the ice cover (Château-Richer, 92-4-5).*

FIGURE 7. Aperçu du couvert glacielle à Château-Richer, le 6 avril 1992, vers 11 h. La majeure partie de la nappe glacielle a été évacuée par les courants de marée; à comparer avec la figure 2; les cailloux à la surface de la glace ont donc été évacués vers l'aval.

*A general view of the ice cover at Château-Richer, April 6 1992, around 11 hrs. Most of the ice cover have been rafted downstream with falling tide.*

supérieure du rivage. Il émergeait des deux tiers au-dessus du couvert glacielle d'une épaisseur de 125 cm, à cet endroit. Le plus gros caillou calcaire (41 × 30 × 29 cm) pèse 80 kg (fig. 5), le plus gros grès (58 × 42 × 20 cm), 109 kg (fig. 6).

Le 6 avril, le couvert glacielle (fig. 7) avait disparu emportant avec lui les cailloux observés la veille ainsi que les autres débris détritiques contenus dans la glace. Le déglacement massif du rivage et du chenal nord de l'île d'Orléans, en face de Château-Richer, s'est effectué en moins de 24 heures par suite de deux fortes marées de vive eau. Posté sur le quai de Sainte-Anne-de-Beaupré, à une quinzaine de kilomètres en aval de Château-Richer, nous avons vu durant deux heures dériver, avec le jusant, d'immenses (plusieurs centaines de mètres de longueur) nappes de glace à peine fracturées; on y voyait les crêtes de pression, les pustules et, bien entendu, les taches noires de vase et de débris détritiques grossiers. Ce jour là, ces grandes nappes de glace ont parcouru une distance d'une trentaine de kilomètres avant que le courant de marée ne renverse.

**MONTMAGNY**

Des mesures ont aussi été prises à Montmagny, sur la rive sud du Saint-Laurent, à environ 75 km en aval de Québec. Le

TABLEAU II  
*Nature lithologique des cailloux en pourcentage*

Sites	A	B	C	D	E
Nombre	92	50	25	38	101
Précambriens	70,6	18	24	68,4	27,7
Appalachiens	29,4	82	76	31,6	72,3
- grès	9,8	66	72	26,3	36,6
- calcaire	19,6	4	—	2,6	—
- schiste	—	10	4	2,6	35,6
- quartzite	—	2	—	—	—

A. Château-Richer (05-04-92); B. Montmagny (09-04-89); C. Montmagny (01-04-90); D. Bic (19-04-92); E. Rimouski (19-04-92)

TABLEAU III  
*Poids des cailloux à la surface du couvert glacielle*

Sites	A	B	C	D	E
Nombre	92	50	25	38	101
Poids total	4049 kg	1008 kg	841 kg	958 kg	2512 kg
Minimum	1,5	4	4	3	1,5
Maximum	1008	112	105	185	514
Médiane	18	15	25	8	7
Moyenne	44	20,2	33	25	24,8

A. Château-Richer (05-04-92); B. Montmagny (09-04-89); C. Montmagny (01-04-90); D. Bic (19-04-92); E. Rimouski (19-04-92)

TABLEAU IV  
*Poids des cailloux à la surface du couvert glacielle (pourcentage par catégories)*

Sites	A	B	C	D	E
<10 kg	31,5	20	8	57,9	58,4
10-20 kg	19,6	46	32	13,2	17,8
20-30 kg	11,9	16	16	5,3	7,9
30-50 kg	16,3	14	20	10,5	6,9
50 kg	20,7	4	24	13,1	8,9

A. Château-Richer (05-04-92); B. Montmagny (09-04-89); C. Montmagny (01-04-90); D. Bic (19-04-92); E. Rimouski (19-04-92)

9 avril 1989, dans une aire d'environ 600 m de longueur sur 300 m de largeur, plusieurs dizaines de cailloux (fig. 8) ont été observés à la surface du couvert glaciaire recouvrant le schorre inférieur. À cet endroit, l'épaisseur de la glace variait de 60 à 125 cm; il y avait des crêtes de pression, des pustules, des fissures et de nombreuses taches de vase à la surface du couvert glaciaire (fig. 9).

La lithologie des 50 cailloux étudiés donne les proportions suivantes : 18 % de précambriens, 66 % de grès, 10 % de schiste, 4 % de calcaire et 2 % de quartzite (tabl. II-B). Ces proportions diffèrent peu de celles d'une étude exhaustive antérieure (Dionne, 1987b).

Le poids des cailloux mesurés totalise une tonne; il varie de 4 à 114 kg, avec une médiane de 15 kg (tabl. III-B). Les cailloux de moins de 10 kg représentent 20 % du lot; ceux de 10 à 20 kg, 46 %, ceux de 20 à 50 kg, 30 % et ceux excédant 50 kg ne comptent que pour 4 % (tabl. IV-B).

Les cailloux à la surface du couvert glaciaire (fig. 10) provenaient du milieu environnant; leur prise en charge par la glace témoigne d'un processus dynamique. Ces petits blocs ont une grande mobilité. Chaque année, on peut facilement observer de nouveaux apports (fig. 11), alors qu'il existe incontestablement des départs annuels (Dionne, 1987b). Le couvert glaciaire est disparu durant la nuit suivant les mesures emportant avec lui les cailloux observés la veille.

Durant une brève visite (environ deux heures) faite au même endroit, le 1<sup>er</sup> avril 1990, nous avons de nouveau observé un grand nombre de cailloux à la surface du couvert glaciaire de Montmagny (fig. 12-13), ce qui témoigne de la répétition, à chaque année, du même processus de prise en charge.

La lithologie des cailloux est semblable à celle de l'année précédente (tabl. II-C). Le poids des 25 cailloux mesurés totalise 841 kg et varie de 4 à 105 kg pour une médiane de 25 kg (tabl. III-C). Dans l'ensemble, les cailloux sont légèrement plus gros que ceux mesurés en 1989; 8 % seulement pèsent moins de 10 kg, alors que 44 % pèsent plus de 30 kg (tabl. IV-C).

#### BIC

À Bic, sur la rive sud de l'estuaire maritime du Saint-Laurent, à environ 320 km en aval de Québec, un relevé d'une durée de 2 heures environ a été fait le 18 avril 1992, dans le secteur du havre, soit une aire d'environ 450 sur 300 m. À cet endroit, 38 cailloux ont été mesurés (fig. 14). On a trouvé 68,4 % de précambriens, 26,3 % de grès et respectivement 2,6 % de calcaire et de schiste (tabl. II-D). Ces proportions diffèrent peu de celles d'une étude exhaustive pour l'ensemble de la rive sud de l'estuaire maritime (Dionne, 1972). Le poids total atteint 958 kg pour des éléments allant de 3 à 185 kg, avec une médiane de 8 (tabl. III-D). Les cailloux sont en majorité de petite taille, 57,9 % pesant moins de 10 kg et 23,6 % pesant plus de 30 kg (tabl. IV-D). Les trois plus gros cailloux (précambriens) ont les dimensions suivantes : 60 × 55 × 30 cm; 42 × 40 × 35 cm; 65 × 42 × 20 cm, pour un poids estimé respectif de 185, 110 et 102 kg.

FIGURE 8. Couvert glaciaire chargé de cailloux et de vase (Montmagny, côte sud du moyen estuaire, 9-4-89).

*An ice cover laden with coarse debris and mud (Montmagny, south shore of the middle St Lawrence Estuary, 89-4-9).*

FIGURE 9. Grande aire de la nappe de glace recouverte de vase introduite par les fissures (Montmagny, 27-3-89).

*A large area of the ice blanket covered by mud introduced through cracks in the ice cover (Montmagny, 89-3-27).*

FIGURE 10. Petit bloc de grès anguleux et vase le long d'une fissure; couvert glaciaire de bas estran (Montmagny, 27-3-89).

*A small angular sandstone block and mud along a crack in the ice cover (Montmagny, 89-3-27).*

FIGURE 11. Cailloux récemment délestés à la surface du schorre inférieur et témoignant de la dynamique glaciaire (Montmagny, 26-4-87).

*A cluster of stones recently released by ice on the low marsh (Montmagny, 87-4-26).*

FIGURE 12. Cailloux à la surface du couvert glaciaire; les deux blocs de grès et de granite totalisent 145 kg (Montmagny, 1-4-90).

*Small boulders on the ice cover weighing 145 kg (Montmagny, 90-4-1).*

FIGURE 13. Cailloux (de grès) et vase à la surface du couvert glaciaire, pesant 127 kg (Montmagny, 1-4-90).

*Two sandstone boulders weighing 127 kg and mud on the ice cover (Montmagny, 90-4-1).*

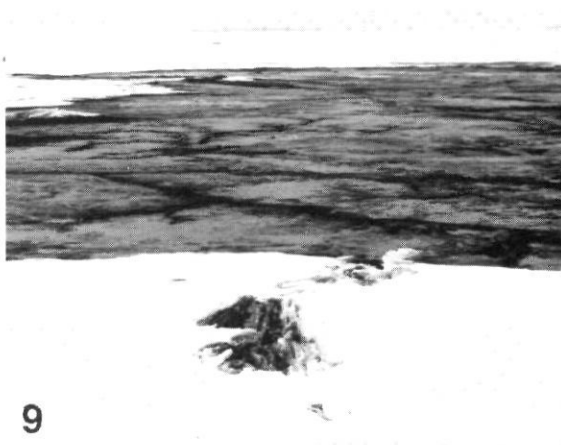
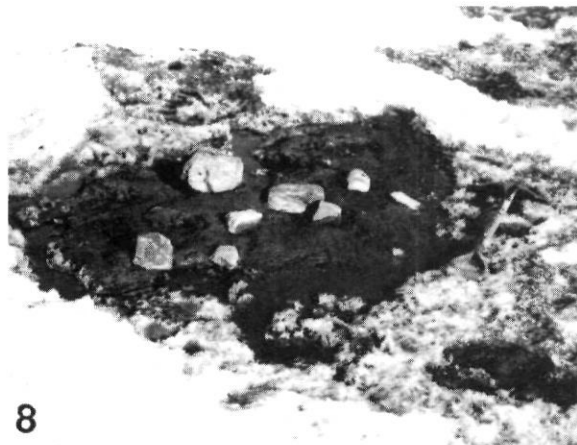
#### RIMOUSKI

À diverses reprises dans le passé, nous avons observé des cailloux à la surface du couvert glaciaire à Rimouski, mais aucun relevé systématique n'avait été fait.

Le 19 avril 1992, durant une période d'environ 3 heures, nous avons mesuré 101 cailloux à la surface du couvert glaciaire (fig. 15) dans le secteur ouest de la rade de Rimouski. Une aire d'environ 700 m de longueur sur 400 m de largeur a été examinée. On a trouvé 27,7 % d'éléments précambriens, 36,6 % de grès et 35,6 % de schiste (tabl. II-E). Ces deux dernières lithologies affleurent par endroits dans la zone intertidale parcourue. Le poids total des cailloux mesurés atteint 2,5 t, variant de 1,3 à 514 kg, avec une médiane de 7 kg (tabl. III-E). Les cailloux de petite taille dominent largement, 58,4 % ayant un poids inférieur à 10 kg, alors que les cailloux de plus de 20 kg comptent pour 23,7 % seulement (tabl. IV-E).

Nous avons aussi observé un gros bloc précambrien (160 × 120 × 110 cm) pesant 3,9 t et entièrement à la surface de la glace, épaisse de 55 cm, à cet endroit (fig. 16).

D'une façon générale, les fragments de schiste (fig. 17) et de grès étaient relativement aplatis; ils provenaient visiblement des affleurements localisés dans la moitié supérieure de la zone intertidale; les formations schisteuses qu'on y trouve sont, en effet, interstratifiées de lits de grès (formations flyschiques appalachiennes); ces cailloux d'ailleurs étaient pour la plupart anguleux alors que les précambriens le sont rarement.





Les plus gros cailloux précambriens (fig. 18) à la surface de la glace ( $62 \times 43 \times 26$  et  $50 \times 50 \times 20$  cm) pèsent respectivement 130 et 94 kg, alors que les deux plus gros blocs de grès ( $80 \times 52 \times 55$  cm et  $78 \times 40 \times 45$ ) reposant sur 60 cm de glace (fig. 19) pèsent 514 et 315 kg. Le plus gros fragment de schiste ( $45 \times 27 \times 8$  cm) ne fait que 22 kg.

Le 20 avril, le couvert glaciaire visité la veille avait été emporté par la marée, sans aucun doute avec la charge détritico qu'il contenait.

## DISCUSSION

### PROVENANCE

Dans les quatre sites étudiés, les cailloux provenaient de l'estran local. Ces derniers sont pris en charge lors de l'englacement. Ils se retrouvent à la surface de la glace grâce à l'épaississement progressif par la base du couvert glaciaire ou encore ils sont poussés ou abandonnés à la surface par des glaçons chevauchants. Les cailloux se rencontrent en forte proportion le long des fissures de marée, des crêtes de pression, des pustules de pied de glace et des chaos glaciaires qui caractérisent le couvert de glace, un peu partout le long des rives du Saint-Laurent estuarien.

Dans les divers sites étudiés, on trouve des cailloux provenant du Bouclier laurentidien au nord, des Appalaches au sud et, pour les sites du moyen estuaire, des cailloux ordoviciens des formations rocheuses des basses terres du Saint-Laurent (Dionne, 1972, 1987 b, 1991).

À Château-Richer, les cailloux calcaires appartiennent aux formations ordoviciennes des basses terres qui n'affleurent sur le littoral qu'en amont de Québec. Les grès proviennent des formations appalachiennes; il s'agit de lits interstratifiés avec les schistes (séquences flyschiques des grandes nappes appalachiennes déversées vers le nord et dont le contact coïncide à peu près avec le tracé de la côte de Beauport). La forte proportion de précambriens dans le couvert glaciaire à Château-Richer reflète leur abondance sur le rivage actuel, à cet endroit.

À Montmagny, les précambriens viennent loin derrière les grès. Les proportions obtenues des deux relevés diffèrent légèrement de celles d'une étude exhaustive pour l'ensemble de la baie (Dionne, 1987b). Là aussi, on peut conclure que les cailloux observés à la surface du couvert glaciaire provenaient de l'estran local où ils abondent.

À Bic, bien que le site soit à plus de 35 km du Bouclier laurentidien, les précambriens dominent largement sur les cailloux d'origine appalachienne. Le pourcentage obtenu est légèrement supérieur à celui d'une étude lithologique pour l'ensemble de la côte sud (Dionne, 1972).

Le pourcentage élevé de grès et de schiste à Rimouski reflète la présence de crêtes rocheuses dans la zone intertidale où le relevé a été fait. Il s'agit surtout de petits cailloux, la plupart anguleux à subanguleux. La contribution locale a pour effet de réduire le pourcentage de précambriens. Dans la catégorie des blocs, en particulier des blocs d'estran, les précambriens comptent généralement pour 55 à 60 % de l'ensemble des lithologies (Dionne, 1972). La forte proportion de grès et de schiste dans le couvert glaciaire à Rimouski

FIGURE 14. Bloc précambrien ( $60 \times 55 \times 30$  cm) à la surface du couvert glaciaire (Bic, rive sud de l'estuaire maritime du Saint-Laurent, 18-4-92).

*A Precambrian boulder ( $60 \times 55 \times 30$  cm) on the ice cover (Bic, south shore of the Lower St. Lawrence Estuary, 92-4-18).*

FIGURE 15. Bloc précambrien ( $50 \times 50 \times 20$  cm), à la surface du couvert glaciaire résiduel de 50 cm d'épaisseur, dans la rade de Rimouski (19-4-92).

*A Precambrian boulder ( $50 \times 50 \times 20$  cm) on the ice cover 50 cm thick (Rimouski, 92-4-19).*

FIGURE 16. Gros bloc précambrien ( $160 \times 120 \times 110$  cm) pesant 3,9 t, à la surface de la glace, d'une épaisseur de 65 cm, dans la moitié supérieure de la zone intertidale; le bloc a probablement été poussé à la surface lors de l'englacement (Rimouski, 19-4-92).

*A large Precambrian boulder ( $160 \times 120 \times 110$ ), weighing 3.9 tons, on the ice cover 65 cm thick, in the higher tidal zone; the boulder was probably pushed during freezup (Rimouski, 92-4-19).*

FIGURE 17. Fragments de schistes à la surface du couvert glaciaire (Rimouski, 19-4-92).

*Clasts of shale on the ice cover (Rimouski, 92-4-19).*

FIGURE 18. Bloc précambrien ( $62 \times 43 \times 26$  cm) à la surface du couvert glaciaire noirci de vase (Rimouski, 19-4-92).

*A Precambrian boulder ( $62 \times 43 \times 26$  cm) and mud on the ice cover (Rimouski, 92-4-19).*

FIGURE 19. Deux blocs de grès anguleux, pesant respectivement 514 et 315 kg, à la surface du couvert de glace épais de 60 cm (Rimouski, 19-4-92).

*Two angular sandstone boulders, weighing respectively 514 and 315 kg, on the ice cover 60 cm thick (Rimouski, 92-4-19).*

montre une fois de plus que les glaces jouent un rôle dans le façonnement des plates-formes intertidales (Dionne et Brodeur, 1988a, 1988b; Dionne, 1993a) en évacuant les débris probablement produits par cryoclastie (Guilcher, 1981).

### DÉPLACEMENT DES CAILLOUX

La taille de la majorité des cailloux observés à la surface de la glace excède la compétence des vagues et des courants dans les quatre sites étudiés. Dans les deux premiers, le bas estran est vaseux, dans les deux autres il est argileux. Les cailloux parsèment la surface du substrat meuble. À Château-Richer et à Montmagny, les cailloux sont rarement visibles à la fin de l'été, car ils sont recouverts de vase molle mise en place durant la saison estivale. Leur déplacement est évidemment lié essentiellement à l'action des glaces. Leur présence à la surface du couvert glaciaire en témoigne. Par contre, des apports réguliers existent (fig. 11), de sorte qu'à la longue les estrans sont peu appauvris. Il existe une dynamique érosion-transport-sédimentation efficace qui maintient un certain équilibre.

Sur les rivages du Saint-Laurent estuarien, les vagues et les courants déplacent rarement des cailloux supérieurs à 10 cm. Drapeau et Morin (1981) ont montré que, sur l'estran des Trois-Pistoles, les vagues déplaçaient rarement des éléments plus gros que 10 mm et que l'action des glaces et de la marée était prépondérante. Ceci est valable pour la plupart des estrans du moyen estuaire. La migration des petits galets est liée essentiellement aux vagues de tempêtes



déferlant sur le fond, à marée montante. Une certaine proportion des galets retrouvés sur le haut du rivage a, cependant, été déplacée grâce au support des algues à crampons (*Fucus* et *Ascophyllum*) (Dionne, 1965; Gilbert, 1984, 1990). En conséquence, les cailloux excédant 10 cm doivent forcément être déplacés par les glaces.

#### IMPORTANCE RELATIVE DES GLACES

Dans l'estuaire du Saint-Laurent, la hauteur des vagues diminue vers l'amont alors que l'amplitude de la marée augmente. Dans l'estuaire maritime, le rôle des vagues prévaut sur celui des autres agents; dans le moyen estuaire, les courants de marée sont très importants, en particulier dans la zone de turbidité maximale (d'Anglejan, 1990; Drapeau, 1990). Le rôle des glaces se révèle très important dans le haut estuaire, *i.e.* dans le tronçon en amont de Québec; il est important dans le secteur amont du moyen estuaire, et modéré dans l'ensemble de l'estuaire maritime. À l'intérieur de ces trois tronçons, certaines zones sont plus affectées que d'autres.

Des études récentes (Dionne, 1987a, 1993a) ont montré que le couvert glacial des rivages du haut estuaire contenait un volume considérable de matériel détritique grossier. On a évalué à 1 million de tonnes par année les sédiments déplacés par la glace dans le tronçon compris entre Québec et Grondines, à 75 km en amont (Dionne et Lavoie, 1990).

La présente contribution montre que le couvert glacial dans les deux autres secteurs de l'estuaire du Saint-Laurent est lui aussi chargé non seulement de matériel fin (Dionne, 1981, 1984), mais aussi de débris grossiers et que les glaces jouent un rôle prépondérant dans le transport du matériel grossier, notamment des blocs. Deux études antérieures portant sur la lithologie des cailloux (Dionne, 1987b, 1991) ont confirmé la contribution importante des glaces de l'amont vers l'aval.

Les cailloux observés à la surface du couvert glacial sont susceptibles de parcourir de grandes distances lors de la débâcle. Comme mentionné, dans trois des sites inventoriés pour cette étude, la débâcle est survenue le lendemain des observations. Les cailloux observés à la surface du couvert glacial et la majeure partie de la charge sédimentaire ont donc été évacués rapidement, *i.e.* avant même d'être restitués au rivage environnant. Si une partie des débris contenus dans la glace est parfois restituée sur place (Troude et Sérodes, 1985, 1988), par contre, la majeure partie est déplacée sur des distances variables. Il est difficile de préciser les endroits où les cailloux signalés dans ce travail ont été délestés. On peut cependant affirmer qu'ils ont été déplacés sur quelques dizaines de kilomètres. En général, les glaces ne demeurent pas longtemps dans le haut et le moyen estuaire; elles dérivent vers le large et vers l'aval (estuaire maritime et golfe) au gré de la marée, des courants et du vent. En conséquence, une grande partie de la charge détritique doit être relâchée au large (*i.e.* en dessous de la limite des basses mers) et en aval du point de départ. Les débris grossiers pris en charge sur le littoral et libérés ailleurs, en eau profonde, constituent d'une part, une perte importante pour le rivage et, d'autre part, une augmentation de la fraction glacielle du lit du Saint-Laurent estuarien.

Le nombre de cailloux à la surface de la glace à chaque site, peut, à première vue, paraître modeste. En réalité, il se révèle fort important. En effet, le volume ou le poids calculé ne représente qu'un faible pourcentage (20 à 25 % peut-être) de la charge détritique totale du couvert glacial. Il faut aussi tenir compte des cailloux soudés à la base de la glace et de ceux qui sont incorporés à la nappe glacielle, cette fraction étant rarement visible. De plus, il convient de rappeler que la charge en matériel fin est souvent très importante et que cette dernière est, elle aussi, évacuée avec les débris grossiers. Dans les quatre sites étudiés, le couvert glacial était abondamment parsemé de taches ou d'îlots de sable, vase, limon et argile.

Si la charge sédimentaire fine est de la compétence des agents littoraux dits normaux (vagues — courants — marées), la charge grossière l'est rarement et jamais pour les gros cailloux. En conséquence, tout bilan sédimentaire dans l'estuaire du Saint-Laurent se doit de tenir compte de ce paramètre, ce qui a rarement été fait. Jusqu'à maintenant, on s'est contenté de reconnaître le rôle des glaces mais sans vraiment le quantifier (Frenette *et al.*, 1989; d'Anglejan, 1990; Drapeau, 1990, 1992).

Quantifier l'activité glacielle s'avère une tâche difficile en raison de la grande variabilité dans le temps et l'espace. Une année, à un endroit donné, la charge détritique des glaces est élevée, alors que l'année suivante elle est faible. Une année, les conditions printanières permettent une évacuation rapide de la glace et des sédiments qui y sont piégés; l'année suivante une partie de la glace fond sur place. On ne peut donc pas comparer les processus glaciels avec les processus hydrauliques. D'où la nécessité de multiplier les observations de terrain afin d'acquies un grand nombre de données quantitatives, voire même qualitatives.

#### CONCLUSION

Le couvert glacial des rivages de l'estuaire du Saint-Laurent contient beaucoup de débris grossiers dont un grand nombre de cailloux allant de un kilogramme à plus d'une tonne. Ces derniers sont pris en charge durant l'englacement et durant l'hiver. Lors de la débâcle, la plupart sont évacués au large et vers l'aval sur des distances variables excédant parfois plusieurs dizaines de kilomètres.

Bien qu'il existe des apports annuels, les pertes semblent prédominer. Comme la majorité des cailloux ne peut être déplacée autrement que par les glaces, le rôle de cet agent se révèle d'une grande importance.

Comme les processus glaciels opèrent dans les milieux froids, ils font partie du domaine périglaciaire (Hamelin et Cook, 1967; Washburn, 1979). La plupart des ouvrages spécialisés, cependant, leur accordent peu d'importance ou les ignorent simplement. Cette contribution souligne l'intérêt du sujet et la pertinence de lui accorder une plus grande attention dans le cadre des recherches en périglaciaire.

#### REMERCIEMENTS

Cette contribution fait partie d'un projet de recherche sur l'évolution des rives du Saint-Laurent estuarien financé par le

Conseil de recherche en sciences naturelles et en génie, à Ottawa Les commentaires faits par la rédaction et par Georges Drapeau (INRS-Océanologie, Rimouski) ont été utiles et appréciés.

## RÉFÉRENCES

- Bancroft, J.A., 1902. Ice-borne sediments in Minas Basin, N.S. Transactions Nova Scotia Institute of Science, 11 : 158-162.
- Barnes, P.W. et Reimnitz, E., 1982. Sediment content of nearshore fast ice, fall 1980, Beaufort Sea, Alaska. U.S. Geological Survey, Open-File Report 82-716, 18 p.
- Barnes, P.W., Reimnitz, E. et Fox, D., 1982. Ice rafting of fine grained sediments, a sorting and transport mechanism, Beaufort Sea, Alaska. Journal of Sedimentary Petrology, 52 : 493-502.
- Barnes, P.W., Kempema, E.W., Reimnitz, E., McCormick, M., Weber, W.S. et Hayden, E.C., 1993. Beach profile modification and sediment transport by ice : an overlooked process on Lake Michigan. Journal of Coastal Research, 9 : 65-86.
- Bird, J.B., 1953. Southampton Island. Geographical Branch, Ottawa, Memoir 1, 84 p.
- Brochu, M., 1957. Dynamique actuelle de la glace sur les rives du Saint-Laurent (érosion et sédimentation). Comptes rendus de l'Académie des Sciences (Paris), 244 : 2534-2536.
- 1961. Déplacement de blocs par les glaces le long du Saint-Laurent. Geographical Branch, Ottawa, Paper 30, 27 p.
- Campbell, N.J. et Collin, A.E., 1958. The discoloration of Foxe Basin ice. Journal of Fisheries Research Board, 15 : 1175-1188.
- d'Anglejan, B., 1990. Recent sediments and sediment transport processes in the St. Lawrence estuary, p. 109-129. In M.I. El-Sabh et N. Silverberg (édit.), Oceanography of a large-scale estuarine system. The St. Lawrence. Springer-Verlag, New York.
- d'Anglejan, B., Smith, E.W. et Brisebois, M., 1973. Distribution, transport and composition of suspended matter in the St. Lawrence estuary. Canadian Journal of Earth Sciences, 10 : 1380-1396.
- Dionne, J.-C., 1963. Vers une définition plus adéquate de l'estuaire du Saint-Laurent. Zeitschrift für Geomorphologie, 7 : 36-47.
- 1965. Algues et sédimentologie littorale. Revue de Géographie de Montréal, 19 : 91-98.
- 1970. Aspects morpho-sédimentologiques du glacial, en particulier des côtes du Saint-Laurent, Québec. Environnement Canada, Laboratoire de Recherches forestières, Rapport d'information Q-F-X-9, 324 p.
- 1972. Caractéristiques des blocs erratiques des rives de l'estuaire du Saint-Laurent. Revue de Géographie de Montréal, 26 : 125-152.
- 1973. La notion de pied de glace (icefoot), en particulier dans l'estuaire du Saint-Laurent. Cahiers de Géographie de Québec, 17 : 221-250.
- 1974. Bibliographie annotée sur les aspects géologiques du glacial. Québec, Environnement Canada, Centre de Recherches forestières des Laurentides, Rapport d'information LAU-X-9, 122 p.
- 1981. Données préliminaires sur la charge sédimentaire du couvert de glace dans la baie de Montmagny. Géographie physique et Quaternaire, 35 : 277-282.
- 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.
- 1985. Les formations glacielles des rivages du Saint-Laurent. Geos, 14(2) : 23-25.
- 1987a. La charge sédimentaire glacielle des rivages du haut estuaire du Saint-Laurent, p. 67-96. In Y. Ouellet (édit.), Proceedings Canadian Coastal Conference 1987. Ottawa, National Research Council of Canada, ACROSES Publ.
- 1987b. Lithologie des cailloux de la baie de Montmagny, côte sud du Saint-Laurent. Géographie physique et Quaternaire, 41 : 161-169.
- 1991. Nature lithologique et origine des cailloux dans l'anse Hamilton, Saint-Romuald, Québec. Géographie physique et Quaternaire, 45 : 219-230.
- 1993a. Influence glacielle dans le façonnement d'une plate-forme rocheuse intertidale, estuaire du Saint-Laurent, Québec. Revue de Géomorphologie dynamique, 42 : 000-000.
- 1993b. Sediment load of shore ice and ice rafting potential, upper St. Lawrence estuary, Québec. Journal of Coastal Research, 9 : 628-646.
- (en préparation). Mise à jour de la bibliographie du glacial.
- Dionne, J.-C. et Brodeur, D., 1988a. Érosion des plates-formes rocheuses littorales par affouillement glacial. Zeitschrift für Geomorphologie, 32 : 101-115.
- 1988b. Frost weathering and ice action in shore platform development, with particular reference to Québec, Canada. Zeitschrift für Geomorphologie, Suppl. Bd. 71 : 117-130.
- Dionne, J.-C. et Lavoie, J., 1990. Ice rafting of coarse debris, upper St. Lawrence estuary, Québec, Canada. 13th International Sedimentological Congress, (Nottingham), Abstracts of Papers, p. 132-133.
- Dowdeswell, J.A. et Scourse, J.D., éd., 1990. Glacimarine environments : processes and sediments. The Geological Society, London, Special Publ. 53, 423 p.
- Drapeau, G., 1990. Nearshore sediment dynamics in the St. Lawrence estuary, p. 130-154. In M.I. El-Sabh et N. Silverberg (édit.), Oceanography of a large-scale estuarine system. The St. Lawrence. New York, Springer-Verlag.
- 1992. Dynamique sédimentaire des littoraux de l'estuaire du Saint-Laurent. Géographie physique et Quaternaire, 46 : 233-242.
- Drapeau, G. et Morin, R., 1981. Contribution des vagues au transport des sédiments littoraux dans la région de Trois-Pistoles, estuaire du Saint-Laurent, Québec. Géographie physique et Quaternaire, 35 : 245-251.
- Elverhøi, A., Pfirman, S.L., Solheim, A. et Larssen, B.B., 1989. Glacial-marine sedimentation in epicontinental seas exemplified by the northern Barents Sea. Marine Geology, 85 : 225-250.
- Frenette, M., Barbeau, C. et Verrette, J.-L., 1989. Aspects quantitatifs dynamiques et qualitatifs des sédiments du Saint-Laurent. Hydrotech inc., Québec, 185 p.
- Gilbert, R., 1983. Sedimentary processes of Canadian Arctic fjords. Sedimentary Geology, 36 : 147-175.
- 1984. The movement of gravel by the alga *Fucus vesiculosus* (L.) on an arctic intertidal flat. Journal of Sedimentary Petrology, 54 : 463-468.
- 1990. Rafting in glacimarine environments, p. 105-120. In J.A. Dowdeswell et J.D. Scourse (édit.), Glacimarine environments : Processes and sediments. The Geological Society, London, Special Publ. 53.
- Guilcher, A., 1981. Cryoplanation littorale et cordons glaciels de basse mer dans la région de Rimouski, côte sud de l'estuaire du Saint-Laurent, Québec. Géographie physique et Quaternaire, 35 : 155-169.
- Hamelin, L.E. et Cook, F.A., 1967. Le périglaciaire par l'image/ Illustrated glossary of periglacial phenomena. Presses de l'Université Laval, Québec, 237 p.
- Knight, R.J. et Dalrymple, R.W., 1976. Winter conditions in a macro-tidal environment, Cobequid Bay, Nova Scotia. Revue de Géographie de Montréal, 30 : 65-85.
- Larssen, B., 1987. En sedimentologisk undersøkelse av partikulært materiale in havis fra Framstredet, Arctis Thèse de Ph.D., University of Oslo, Department of Geology, 148 p.
- McCann, S.B. et Dale, J.E., 1986. Sea ice breakup and tidal flat processes, Frobisher Bay, Baffin Island. Physical Geography, 7 : 168-180.
- Miner, J.J. et Powell, R.D., 1991. An evaluation of ice-rafted erosion caused by an icefoot complex, southwestern Lake Michigan, U.S.A. Arctic and Alpine Research, 23 : 320-327.

- Osterkamp, T.E. et Gorsink, J.P., 1984. Observations and analyses of sediment-laden sea-ice, p. 73-93. *In* P.W. Barnes *et al.* (édit.), *The Alaskan Beaufort Sea. Ecosystems and environments*. Academic Press, Orlando
- Reimnitz, E., Hayden, E., McCormick, M. et Barnes, P.W., 1991. Preliminary observations on coastal sediment loss through ice rafting in Lake Michigan. *Journal of Coastal Research*, 7 : 653-664.
- Rosen, P.S., 1979. Boulder barricades in central Labrador. *Journal of Sedimentary Petrology*, 49 : 1113-1124.
- Sérodès, J.B. et Troude, J.P., 1984. Sedimentation cycle of a fresh water tidal flat in the St. Lawrence estuary. *Estuaries*, 7 : 119-127.
- Troude, J.P. et Sérodès, J.B., 1985 Régime morpho-sédimentologique d'un estran à forte sédimentation dans l'estuaire du Saint-Laurent, p. 105-119. *In* *Proceedings Canadian Coastal Conference-1985* (St. John's, Nfld), National Research Council of Canada, Ottawa, ACROSES Publ.
- 1988. Le rôle des glaces dans le régime morpho-sédimentologique d'un estran de l'estuaire moyen du Saint-Laurent. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 15 : 348-354.
- Washburn, A.L., 1979. *Geocryology. A survey of periglacial processes and environments*. Edward Arnold, London, 406 p.