

Observations géomorphologiques sur la batture à méga-blocs, à Petite-Rivière, Charlevoix, Québec

Geomorphological Observations on the Boulder-Strewn Tidal Flat, at Petite-Rivière, Charlevoix, Québec

Geomorphologische Beobachtungen an der Gezeitenküste mit Mega-Blöcken bei Petite-Rivière, Charlevoix, Québec

Jean-Claude Dionne et Stephen Poitras

Volume 50, numéro 2, 1996

URI : <https://id.erudit.org/iderudit/033090ar>

DOI : <https://doi.org/10.7202/033090ar>

[Aller au sommaire du numéro](#)

Éditeur(s)

Les Presses de l'Université de Montréal

ISSN

0705-7199 (imprimé)

1492-143X (numérique)

[Découvrir la revue](#)

Citer cet article

Dionne, J.-C. & Poitras, S. (1996). Observations géomorphologiques sur la batture à méga-blocs, à Petite-Rivière, Charlevoix, Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 50(2), 221–232. <https://doi.org/10.7202/033090ar>

Résumé de l'article

À Petite-Rivière (Charlevoix), le rivage se caractérise par une batture atteignant 1100 m de largeur sur plus de 15 km de longueur. Cette vaste surface plane à pente faible (0,45 %) a été taillée dans divers dépôts quaternaires anciens dont des rythmites limono-argileuses datées à circa 65 ka. Elle est couverte de minces placages de vase, sable, gravier et petits cailloux et de gros blocs dont un grand nombre de taille démesurée. Des 533 blocs mesurés, 48,4 % ont un grand axe (axe a) compris entre 3 et 4 m, 22,5 % de 4 à 5 m et 8,4 % de plus de 5 m. Le plus gros bloc (840 x 660 x 450 cm) pèse environ 467 tonnes métriques. Tous les blocs proviennent du Bouclier précambrien à proximité. À l'exception des plus gros, plusieurs méga-blocs ont subi récemment des déplacements généralement inférieurs à 5 m. La taille d'un grand nombre de blocs excède la compétence habituelle des glaces dans un milieu macro-tidal avec une amplitude des marées de vive eau d'environ 6 m. Bien que des apports anciens par les icebergs soient envisageables, la plupart des méga-blocs semblent provenir de l'érosion de dépôts glaciaires en bordure ou sur le rivage actuel. La majorité des méga-blocs n'auraient donc pas été mis en place directement par les glaces flottantes. La grande batture de Petite-Rivière est une plate-forme d'érosion avec des débris grossiers résiduels.

OBSERVATIONS GÉOMORPHOLOGIQUES SUR LA BATTURE À MÉGA-BLOCS, À PETITE-RIVIÈRE, CHARLEVOIX, QUÉBEC

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

RÉSUMÉ À Petite-Rivière (Charlevoix), le rivage se caractérise par une batture atteignant 1100 m de largeur sur plus de 15 km de longueur. Cette vaste surface plane à pente faible (0,45%) a été taillée dans divers dépôts quaternaires anciens dont des rhythmites limono-argileuses datées à *circa* 65 ka. Elle est couverte de minces placages de vase, sable, gravier et petits cailloux et de gros blocs dont un grand nombre de taille démesurée. Des 533 blocs mesurés, 48,4 % ont un grand axe (axe a) compris entre 3 et 4 m, 22,5 % de 4 à 5 m et 8,4 % de plus de 5 m. Le plus gros bloc (840 × 660 × 450 cm) pèse environ 467 tonnes métriques. Tous les blocs proviennent du Bouclier précambrien à proximité. À l'exception des plus gros, plusieurs méga-blocs ont subi récemment des déplacements généralement inférieurs à 5 m. La taille d'un grand nombre de blocs excède la compétence habituelle des glaces dans un milieu macro-tidal avec une amplitude des marées de vive eau d'environ 6 m. Bien que des apports anciens par les icebergs soient envisageables, la plupart des méga-blocs semblent provenir de l'érosion de dépôts glaciaires en bordure ou sur le rivage actuel. La majorité des méga-blocs n'auraient donc pas été mis en place directement par les glaces flottantes. La grande batture de Petite-Rivière est une plate-forme d'érosion avec des débris grossiers résiduels.

ABSTRACT *Geomorphological observations on the boulder-strewn tidal flat, at Petite-Rivière, Charlevoix, Québec.* At Petite-Rivière (Charlevoix), the shore is characterized by a strand up to 1100 m wide and over 15 km long. This large horizontal surface with a small slope gradient (0.45%) has been cut into ancient Quaternary deposits including silty-clayey rhythmites dated *circa* 65 ka. The tidal flat surface is covered by thin sheets of mud, sand, gravel, small blocks and a large number of huge boulders. Of the 533 boulders measured, 48.4% were 3 to 4 m long (a-axis), 22.5%, 4 to 5 m, and 8.4% exceeding 5 m. The largest boulder (840 × 660 × 450 cm) weighed approximately 467 metric tons. Boulders are all from the Precambrian shield in the vicinity of Petite-Rivière. Except for the largest, many huge blocks showed evidence of recent displacement by shore ice over distances not exceeding 5 m. The size of a large number of boulders is however, over the usual competence of shore ice in a macro-tidal environment with larger spring tides about 6 m. Although some of the large boulders may have been released by icebergs in the past, most are likely lags from eroded glacial deposits in the shore zone. Consequently, most huge boulders have not been scattered by shore ice throughout the tidal flat during the Holocene. The large tidal flat at Petite-Rivière is an erosion platform with a lag of coarser debris.

ZUSAMMENFASSUNG *Geomorphologische Beobachtungen an der Gezeitenküste mit Mega-Blöcken bei Petite-Rivière, Charlevoix, Québec.* Bei Petite-Rivière (Charlevoix) zeichnet sich das Ufer durch eine bis zu 1100 m breite Gezeitenküste aus, über mehr als 15 km Länge. Diese breite ebene Fläche mit einer geringen Neigung (0,45%) hat sich in verschiedene alte Quartär-Ablagerungen eingeschnitten, darunter Schlick-Ton-Rhythmite, die auf etwa 65 ka datiert werden. Die Fläche ist mit dünnen Schichten von Schlamm, Sand, Kiesel und kleinen Steinen bedeckt und mit grossen Blöcken, von denen zahlreiche übermässig gross sind. Von den 533 gemessenen Blöcken haben 48,4% eine grosse Achse (Achse a) von 3 - 4 m, 22,5% eine Achse von 4 - 5 m und 8,4% von über 5 m. Der grösste Block (840 × 660 × 450 m) wiegt ungefähr 467 metrische Tonnen. Alle Blöcke stammen aus dem präkambrischen Schild in der Nähe von Petite-Rivière. Ausser den grössten sind mehrere Mega-Blöcke vor kurzem versetzt worden, im allgemeinen um weniger als 5 m. Die Grösse einer grossen Zahl der Blöcke überschreitet die gewöhnliche Kompetenz des Eises in einer Makro-Gezeiten-Umwelt mit einer Amplitude der Springtiden von etwa 6 m. Wenn auch alte Zuträge durch die Eisberge möglich sind, scheint die Mehrzahl der Mega-Blöcke durch die Erosion glazialer Ablagerungen am Rand oder am gegenwärtigen Ufer entstanden zu sein. Die Mehrzahl der Mega-Blöcke wäre dann also nicht direkt durch Treibeis entstanden. Die grosse Gezeitenenebene von Petite-Rivière ist eine Erosions-Plattform mit groben Restgesteinstrümmern.

INTRODUCTION

La côte rocheuse de Charlevoix dans le secteur compris entre le cap d'Éboulis, près de Saut-au-Cochon (70°38'15" O, 47°11'45" N) et la baie Saint-Paul (70°30' O, 47°23' N), est caractérisée par un estran à pente faible de plusieurs centaines de mètres de largeur. Cette vaste plate-forme oblongue, constituée de matériel meuble quaternaire et coincée entre le pied de l'escarpement côtier et l'estuaire du Saint-Laurent, contraste avec le massif laurentidien.

Jusqu'à ce jour, peu de gens s'y sont intéressés (Lacombe, 1981 ; Dionne, 1988a). Nous l'avons parcouru en entier et avons étudié en particulier le secteur de Petite-Rivière. Nous présentons ici ses caractéristiques générales avant d'offrir des données statistiques sur les méga-blocs qui parsèment sa surface et de discuter de leur origine ou du mode de mise en place.

CARACTÉRISTIQUES DU MILIEU

LOCALISATION - PHYSIOGRAPHIE - GÉOLOGIE

La localité de Petite-Rivière est située sur la rive nord du moyen estuaire du Saint-Laurent, à une centaine de kilomètres de Québec et à une dizaine de kilomètres en amont de Baie-Saint-Paul (70°34'15" O, 47°18'15" N) (fig. 1). À cet endroit, l'estuaire du Saint-Laurent atteint 25 km de largeur. Il s'agit d'un paysage côtier dominé par le Bouclier laurentidien qui se termine abruptement dans le Saint-Laurent par un grand escarpement de ligne de faille.

On trouve trois unités physiographiques principales : le plateau ou massif laurentidien à l'intérieur des terres, un versant abrupt de 200 à 300 m de commandement, et le rivage actuel remarquablement plat. Le massif laurentidien domine le paysage. Il est composé de plusieurs collines massives qui émergent au-dessus de la surface générale ; la plus élevée atteint 827 m d'altitude. Dans la bande côtière, la surface du Bouclier laurentidien est entaillée d'un ravin principal (la rivière de la Martine), ainsi que par quelques ravins secondaires moins profonds. Au voisinage de Petite-Rivière, le substrat rocheux précambrien est essentiellement composé de roches charnockitiques (Rondot, 1979). Plus loin à l'intérieur des terres, on rencontre de petites unités de migmatites et de granite porphyroïde (Laurin et Sharma, 1975) ; ces roches sont d'âge précambrien (Grenville).

Le versant rocheux est généralement habillé de dépôts quaternaires découpés en terrasses (Picard, 1991). On y trouve du till, des sédiments fluvioglaciaires, des argiles et limons marins et glacio-lacustres ainsi que des plages de sable et gravier. À quelques endroits subsistent des lambeaux de la plate-forme de Québec, notamment des schistes d'Utica (Rondot, 1972). Le seul affleurement connu sur le rivage actuel est situé à proximité du quai, à la partie supérieure de l'estran.

Déglacée vers 12,5 ka, la bande côtière a été submergée par les eaux de la Mer de Goldthwait jusqu'à une altitude maximale estimée à 180 m (Dionne, 1977). Lors de l'émergence postglaciaire des terres par réajustement isostatique, divers niveaux de terrasse ont été taillés ou édifiés. L'éro-

sion du till a fourni un grand nombre de cailloux dont des méga-blocs qui furent en partie déplacés localement par les glaces. La basse terrasse en bordure de la batture date de 2 ka (Dionne, 1996).

AUTRES CARACTÉRISTIQUES

Largement ouvert sur la vallée du Saint-Laurent, le secteur littoral à Petite-Rivière est exposé aux vents d'E, SE, S et NE. Toutefois, les vents dominants soufflent du SO en été et du NE en hiver (Bonenfant, 1993). Le rivage est partiellement protégé de ces derniers par l'île aux Coudres, en face de Baie-Saint-Paul.

Petite-Rivière est située dans une zone de fort marnage. Les marées moyennes sont de 4,5 m et celles des vives eaux atteignent souvent entre 6 et 6,5 m. Le niveau moyen de la mer est de 3,2 m. La forte amplitude des marées donne naissance à des courants importants, notamment au niveau de l'estran, dont témoignent des formes sédimentaires mineures (rides diverses, méga-rides et bancs de sable et gravier)

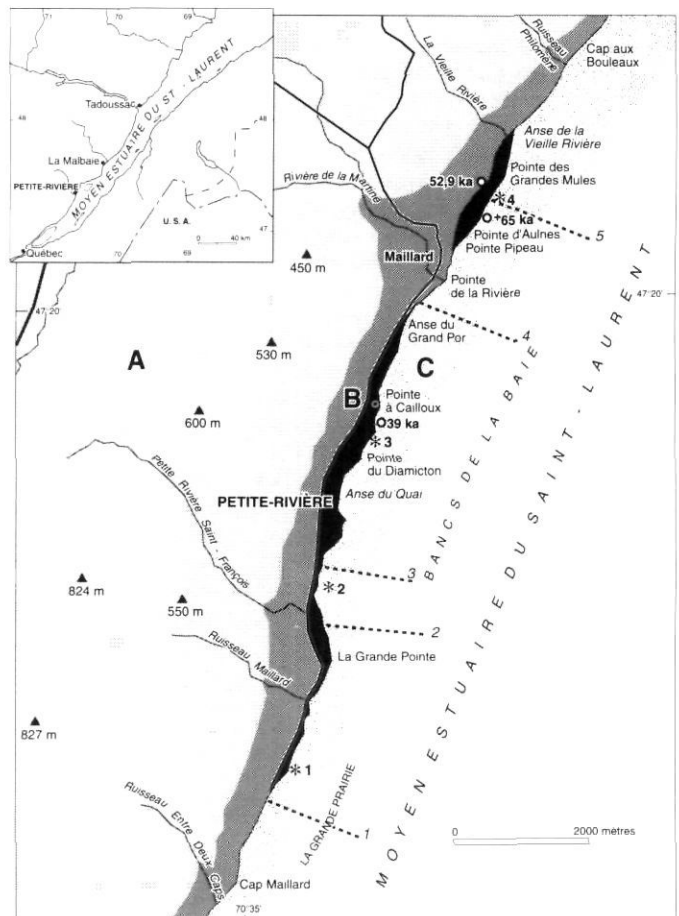


FIGURE 1. Carte de localisation et noms de lieu. A, massif laurentidien ; B, versant ; C, rivage ; basse terrasse en noir. Les chiffres avec astérisque correspondent aux quatre secteurs étudiés et les lignes en tirets à l'emplacement des profils topographiques.

Location map and place names. A, Laurentidian highlands; B, slope; C, shore; low terrace in black. Study sections indicated by an asterisk and topographic profiles by a broken line.

à sa surface. La salinité excède rarement 12 ‰ (Brodeur, 1982).

Bien que la saison glacielle s'étend de décembre à avril, le rivage (bas estran) n'est entièrement recouvert de glace que durant une période de 2 à 2,5 mois. Durant cette période, le couvert glacielle d'une épaisseur variant de 50 à 125 cm, en général, offre des paysages d'une grande beauté, notamment dans les secteurs où il y a des méga-blocs (Dionne, 1985). La débâcle survient habituellement durant la deuxième moitié de mars. Exposé aux forts courants de marée, des radeaux de glace de plusieurs mètres de longueur et souvent de plus d'un mètre d'épaisseur partent à la dérive. L'estran est ainsi rapidement déglacé (2 à 3 jours) ; l'étroite frange de glace qui subsiste à la partie supérieure du rivage disparaît avec une dizaine de jours de retard.

CARACTÉRISTIQUES DE LA BATTURE

ÉTENDUE

À Petite-Rivière, entre le cap Maillard, au SO et le cap au Bouleau, au NE, la zone intertidale (batture), qui s'étend sur plus de 12 km, mesure entre 350 et 1100 m de largeur. Entre l'embouchure de la petite rivière Saint-François et le cap Maillard au SO, elle mesure entre 350 et 600 m de largeur ; dans l'autre secteur, elle mesure entre 600 et 1100 m avec prédominance autour de 700-800 m.

ZONATION

À l'instar de nombreux littoraux, à Petite-Rivière, l'estran comprend deux parties principales. La partie supérieure ou haut estran (fig. 2) est une zone relativement étroite (15 à 30 m de largeur) et à pente modérée (3° à 8°) ; elle est composée d'une plage sableuse et caillouteuse ; en réalité, il s'agit d'un étroit replat d'érosion voilé d'un mince placage (quelques centimètres à quelques décimètres) de sédiments grossiers. Du côté intérieur, cette unité morpho-sédimentologique aboutit à une petite falaise entaillant la basse terrasse ou à un remblai de grosses pierres dans les secteurs protégés contre l'érosion. Le niveau des grandes mers de vive eau ennoie généralement la base et même la moitié inférieure de cette falaise dans le secteur occidental, alors que dans le secteur oriental, au NE, le rebord externe de la basse terrasse de 6 m est souvent submergé lors des grandes marées de vive eau.

La partie inférieure ou le bas estran, séparée du haut estran par une flexure, est incomparablement plus large et étendue (10 à 40 fois selon les secteurs) et a une pente faible à très faible ; elle est généralement dénudée, excepté dans quelques secteurs protégés où une étroite frange est couverte de végétation (schorre inférieur). Cette vaste zone correspond à la batture¹.

1. Le vocable *batture* est un néologisme québécois désignant la zone intertidale (estran), en particulier là où elle est large et à pente faible comme dans l'estuaire du Saint-Laurent. Malheureusement, ce terme s'applique indifféremment aux estrans meubles quelle que soit leur nature et aux estrans rocheux (plates-formes intertidales).

TOPOGRAPHIE

Les cinq profils topographiques levés (fig. 3) donnent une idée générale de la topographie de la batture. L'horizontalité de la surface est remarquable. On constate cependant suivant les endroits l'existence d'une pente plus forte dans la partie supérieure de l'estran ; la différence d'altitude entre le haut estran étroit et le bas estran très large est d'environ 150 cm. Il existe aussi une légère élévation vers la limite des basses mers donnant une contre-pente. Compte tenu du marnage, cette vaste batture a une pente générale variant de 0,45 % à 1,4 %. La pente très faible du bas estran a pour conséquence que ce dernier est submergé rapidement durant la phase initiale du flot et dégagé tardivement durant la phase terminale du jusant.

NATURE DU SUBSTRAT

La nature du bas estran demeure mal connue dans le détail. En surface domine une couche de vase et de sable fin avec des cailloux (fig. 4) dont beaucoup de grandes dimensions (méga-blocs). L'abondance de ces derniers et leur taille varient latéralement et longitudinalement d'un secteur à l'autre. Néanmoins, on peut affirmer que le secteur SO dit de la Grande Prairie (transect 1) est surtout sableux et moins caillouteux que les secteurs central et NE appelés les Bacs de la Baie. Dans les vastes étendues sableuses de la Grande Prairie, à la partie inférieure de l'estran, l'épaisseur du sable (sable fin à moyen) excède 125 cm. La surface est néanmoins parsemée de quelques gros blocs dont un méga-bloc de 700 × 430 × 375 cm (environ 210 tonnes), sis à environ 600 m de la rive (fig. 5).

On trouve aussi, à quelques endroits, en bordure de la basse terrasse, des placages de diamicton. Un substrat limono-argileux (argile marine ou glacio-lacustre) a été observé à plusieurs endroits dans la moitié supérieure du bas estran. Dans le secteur en face de la Grande Pointe (transect 2), la partie supérieure du rivage est constituée d'un sable compact moyen à grossier contenant des petits cailloux. À 200 m vers le large, cependant, on trouve un substrat argileux (argile grise calcaire).

Dans le secteur central, entre la petite rivière Saint-François et l'anse du Grand Por, le bas estran est principalement argileux. Il est par endroits voilé par des placages sableux ou vaseux et des cailloux de taille variée dont beaucoup de méga-blocs ; ces derniers sont concentrés principalement dans le secteur entre l'anse du Grand Por et la pointe du Diamicton, caractérisé par un substrat argileux.

Dans le secteur oriental (transect 5), le substrat du bas estran est essentiellement argileux avec de minces placages de vase, de sable, de petit gravier et de blocs. Comme dans le secteur central, la limite des basses mers est caractérisée par un cordon discontinu de gravier sableux, de bancs de sable et de blocs (fig. 6). Bien que les méga-blocs soient plus abondants dans certains secteurs, il n'existe pas de concentration vraiment nette. Il y en a davantage dans les secteurs où il y a du till dans la basse terrasse et dans la terrasse de 20-30 m derrière (Dionne, 1996).

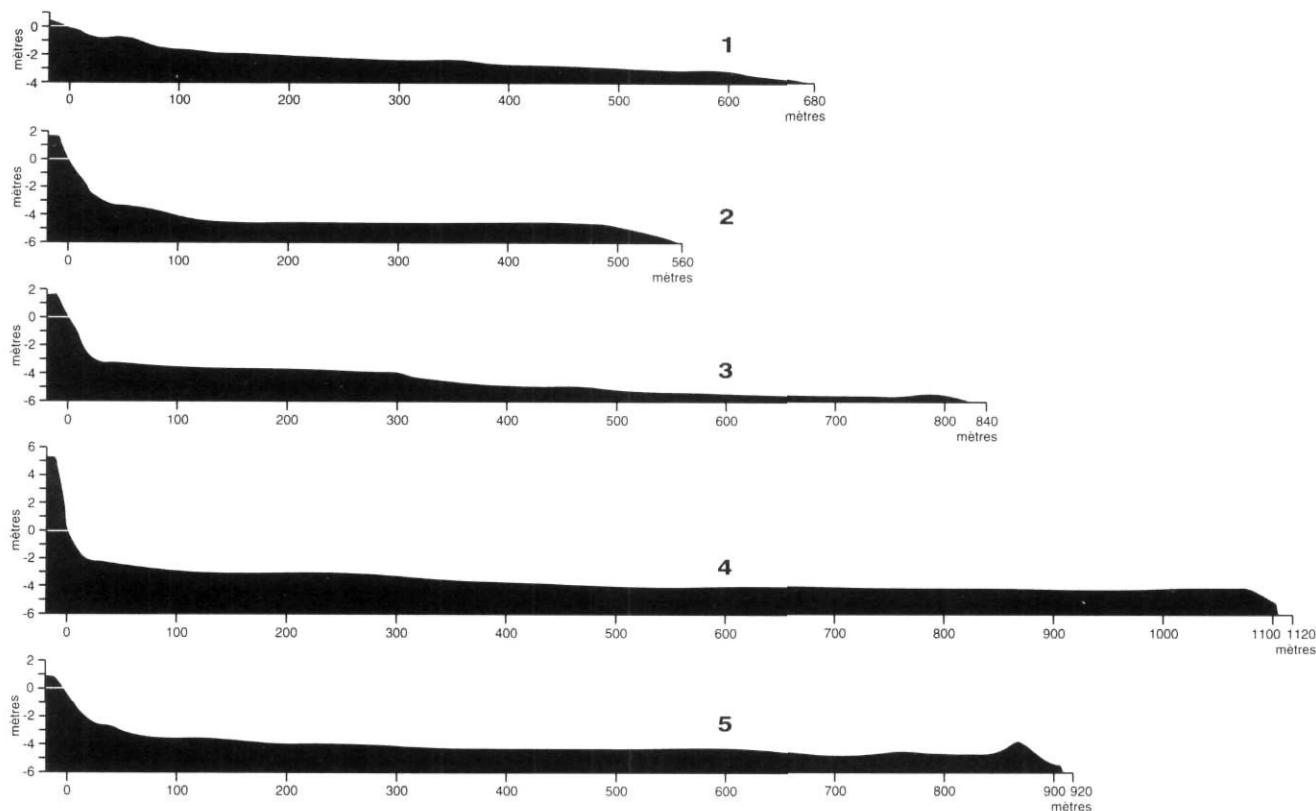


FIGURE 3. Profils topographiques de la batture à Petite-Rivière (voir la fig. 1 pour localisation).

Topographic cross-sections of the tidal flat at Petite-Rivière (see Fig. 1 for location).

Suivant la période de l'année, l'embouchure des petits cours d'eau aboutissant sur l'estran est caractérisée par un cône alluvial. Bien développés lors des périodes de crues, la plupart des cônes sont remaniés et souvent détruits par la suite. Le plus bel exemple d'un cône alluvial temporaire est illustré par les photographies aériennes Q76392- 29 et 30, prises le 23 juillet 1976, à la suite d'une période de crue estivale entre le 11 et le 14 juillet. Cette crue importante qui a causé des dégâts à Petite-Rivière (Allard et Robert, 1977), a édifié un beau cône de matériel grossier à l'embouchure de la rivière de la Martine (fig. 7). Il a été largement modifié depuis.

MARAIS INTERTIDAL

Compte tenu de la largeur et de la pente faible de la batture, on s'attendrait à trouver un beau marais intertidal à Petite-Rivière. Or, ce n'est pas le cas. Il n'existe que quelques franges relativement étroites de schorre inférieur. Le plus vaste ensemble, situé entre le quai et l'anse du Grand Por, est développé sur un substrat argileux. Sa largeur atteint 170 m, mais en moyenne elle est plutôt comprise entre 50 et 75 m. Dans l'anse du Quai, la largeur fait 125 m. Là où il est le plus large (fig. 8), le schorre inférieur est découpé par un beau chenal de marée orienté parallèlement au rivage avec écoulement vers le NE. Le couvert végétal comprend diverses espèces (fig. 9), mais il est dominé principalement par la spartine alterniflore (*Spartina alterniflora*) et par le scirpe américain (*Scirpus americanus*). On y trouve les mêmes phé-

nomènes glaciels (fig. 10) qu'ailleurs sur les rives du Saint-Laurent estuarien ou dans les régions froides d'une façon générale (Dionne, 1972, 1989). Curieusement, le secteur où le schorre est le mieux développé est un secteur plutôt rectiligne, ouvert vers le large et sans protection apparente. La seule explication plausible est que le substrat de l'estran argileux était légèrement plus élevé à cet endroit qu'ailleurs par suite du recul par érosion de la basse terrasse, ou bien qu'il s'agit d'un schorre résiduel jadis plus étendu. Le deuxième secteur où le marais intertidal est relativement étendu est situé à l'extrémité NE de la région, soit entre l'anse de la Vieille Rivière et le ruisseau à Philomène. À cet endroit, il s'étend sur environ 1,2 km et mesure entre 50 et 130 m de largeur.

ORIGINE

À Petite-Rivière, la batture correspond davantage à une surface d'érosion qu'à une zone de sédimentation active, récente ou holocène. En dehors des minces placages superficiels de vase, sable, gravier et cailloux et des amas de sable, gravier et blocs à la limite des basses mers (Lacombe, 1981), le substrat a été taillé en grande partie dans des dépôts wisconsinien (till ou diamicton, sable glacio-lacustre ou fluvio-glaciaire et rythmites limono-argileuses) ou d'âge holocène (argile et sable de la Mer de Goldthwait). On retrouve d'ailleurs la plupart de ces dépôts dans la basse terrasse en bordure de l'estran (Dionne, 1996). La batture de Petite-Rivière constitue donc une véritable plate-forme intertidale. Vu l'absence ou la faible sédimentation actuelle, il serait abusif de qualifier

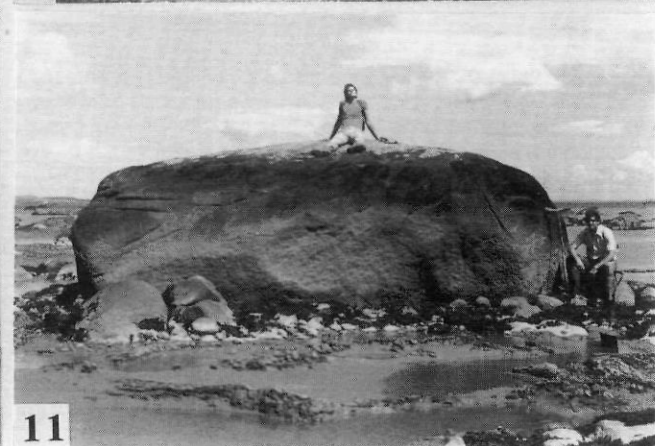
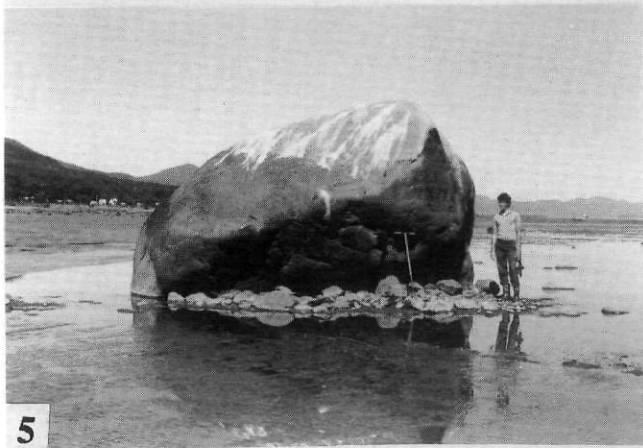


FIGURE 2. Exemple du haut estran ou partie supérieure du rivage à Petite-Rivière, secteur NE ; à remarquer la pente modérée et la faible largeur de la zone ainsi que la flexure à la limite avec la batture (24-6-91).

An illustration of the upper strand (beach), in the NE area at Petite-Rivière; note the moderate slope, the small width, and the angle with the tidal flat (91-6-24).

FIGURE 5. Méga-blocs précambrien (gneiss) d'environ 210 tonnes, à la surface du bas estran sableux, près de la limite des basses mers, secteur au SO de la Grande Pointe (27-8-87).

A large Precambrian (gneiss) boulder weighing approximately 210 tons at the surface of the sandy tidal flat, near low tide level, SW of Grande Pointe (87-8-27).

FIGURE 10. Glaçon chargé de vase échoué à la surface du schorre inférieur ; à remarquer l'arrasement glaciaire du tapis végétal (29-3-90).

A sediment-laden ice block stranded on the surface of the tidal marsh; note that the grass cover has been cut off by shore ice (90-3-29).

FIGURE 4. Vue générale du bas estran à Petite-Rivière ; placage de sable vaseux et cailloux erratiques sur un substrat argileux (20-8-86).

General aspect of the tidal flat at Petite-Rivière showing a muddy sand cover with many erratics overlying a clayey substrate (86-8-20).

FIGURE 9. Vue générale du schorre inférieur à spartines et à scirpes dans le secteur de la pointe à Cailloux (25-8-27).

General aspect of the lower spartina and scirpus tidal marsh in the area of Pointe à Cailloux (87-8-25).

FIGURE 11. Méga-bloc (gneiss) de 720 x 630 x 260 cm, sur le bas estran argileux, dans le secteur central, à Petite-Rivière (4-8-86).

A large boulder (gneiss), 720 x 630 x 260 cm, at the surface of the clayey tidal flat, in the central area at Petite-Rivière (86-8-4).

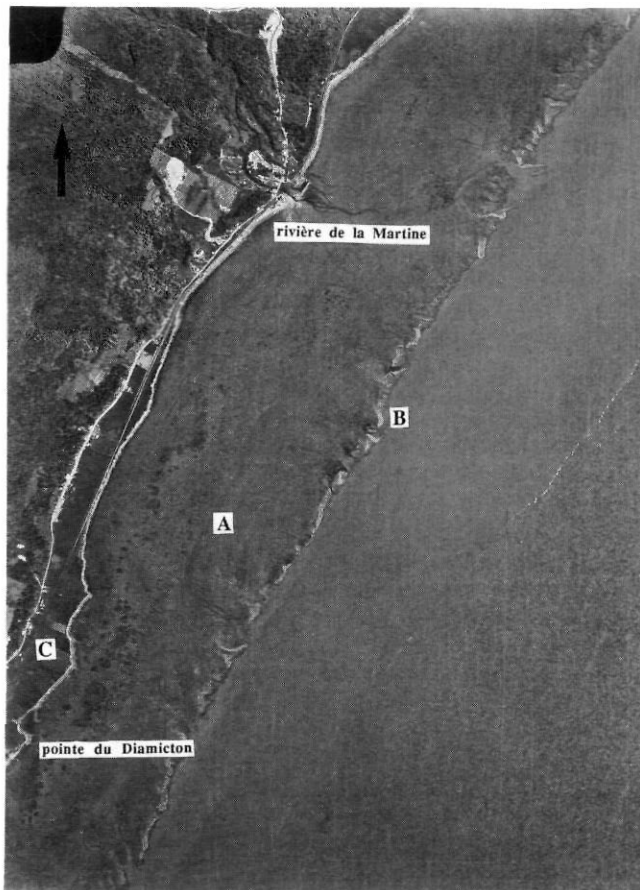


FIGURE 6. Photographie aérienne verticale montrant la batture (A) aux environs de Maillard. Une série de bancs de sable, gravier et blocs (B) caractérise la limite inférieure de l'estran. On peut aussi voir de nombreux méga-blocs sur l'estran et un fragment (C) de la basse terrasse. Photographie Q64108-99, à l'échelle de 1/15 840 environ ; Photocartothèque provinciale, Québec.

Vertical air photograph showing the wide tidal flat (A) at Maillard. A series of sand, gravel and boulder banks (B) occurs at the low tide level. A fragment of the low terrace (C) and numerous large boulders at the surface of the tidal flat are visible. Photography Q64108-99, at scale 1:15 840, Québec Photo-Library.

cette zone de « slikke », même si à première vue, elle en a l'allure.

LES MÉGA-BLOCS

La présence et l'abondance des méga-blocs sur la batture, à Petite-Rivière, est remarquable et attire l'attention. Compte tenu de la nature meuble du substrat en prédominance argileux et de la taille des cailloux, on s'interroge sur leur mode de mise en place. Si l'hypothèse glacielle vient tout de suite à l'esprit, la taille de certains blocs paraît toutefois nettement démesurée par rapport à la compétence généralement attribuée aux glaces flottantes (Drake et McCann, 1982). Nous avons donc fait un relevé systématique des plus gros blocs de la batture (fig. 11).

TAILLE ET POIDS

À cet effet, 533 blocs ont été mesurés sur l'ensemble du rivage divisé en quatre zones. Le tableau I résume les don-

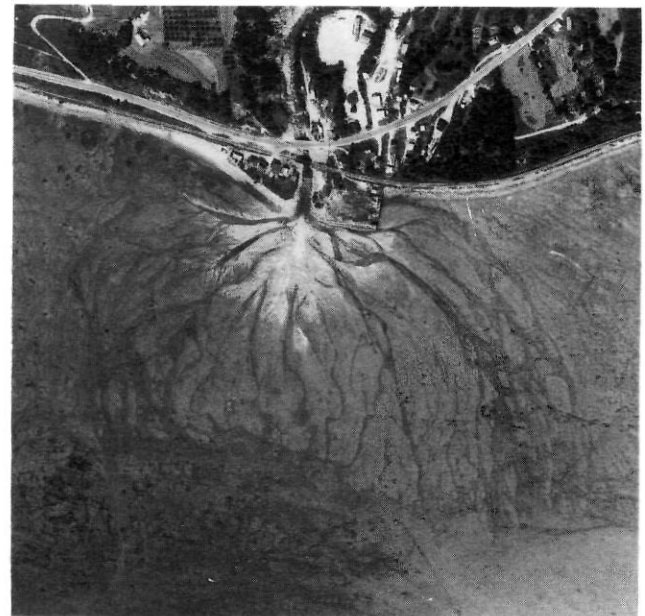


FIGURE 7. Petit cône alluvial, à l'embouchure de la rivière de la Martine, édifié lors de la crue du 11-14 juillet 1976. Agrandissement de la photographie Q76392-29 prise le 23 juillet ; échelle approximative 1/9 524.

A small alluvial cone formed at the mouth of Martine River during the flood which occurred July 11-14, 1976. Enlargment of air photograph Q76392-29 taken July 23; approx. scale 1:9 524.

nées obtenues. Le plus petit bloc mesuré pesait environ quatre tonnes, le plus gros 467. Pour l'ensemble du rivage, la médiane se situe autour de 23 tonnes, soit l'équivalent d'un bloc de 400 × 240 × 130 cm. Le plus gros bloc observé (840 × 660 × 450 cm) reposait sur un substrat argileux, dans l'anse du Quai, à une centaine de mètres de la rive (fig. 12).

Le tableau II indique la taille et le poids des dix plus gros blocs de l'estran argileux à Petite-Rivière, alors que le tableau III donne le poids des blocs en pourcentage par catégories pour les quatre secteurs. On constate que les blocs pesant entre 10 et 30 tonnes comptent pour 50 à 75 % selon les secteurs, et que 3,4 % des blocs ont un poids excédant 100 tonnes. Parmi les quatre plus gros, trois reposaient sur de l'argile, un seul sur du sable.

Le tableau IV résume les dimensions des méga-blocs pour chaque secteur, alors que le tableau V donne la taille des cinq plus gros blocs selon les trois axes. Les blocs du secteur centre-est apparaissent nettement plus petits que ceux des autres secteurs, même si 46,3 % et 12,6 % ont respectivement un grand axe compris entre 300 et 400 cm et entre 400 et 500 cm.

Il s'agit donc véritablement de blocs démesurés rarement observés ailleurs en aussi grand nombre en zone intertidale à substrat argileux. Pour comparaison, la taille des plus gros méga-blocs des estrans de la baie de Frobisher et du fjord de Pangnirtung, à l'île de Baffin (Gilbert et Aitken, 1981 ; McCann *et al.*, 1981) ainsi qu'à la baie de Kangisualujuaq, en Ungava (Pelletier et Allard, 1985) ne semblent pas excéder 4 m de grand axe. Le tableau VI donne les dimensions

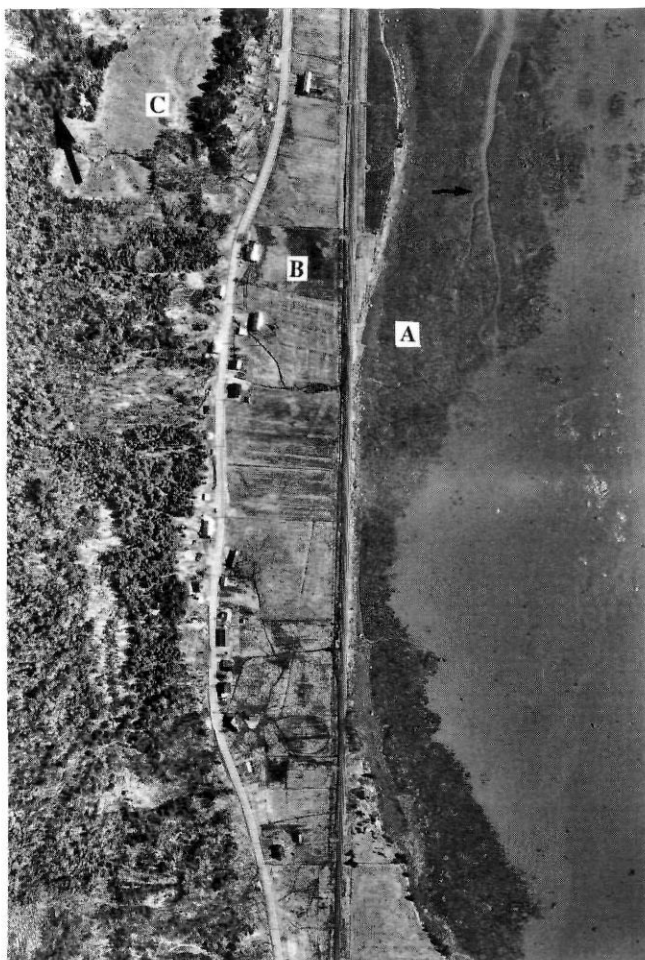


FIGURE 8. Vue aérienne verticale du schorre inférieur (A), de la basse terrasse (B) et du versant (C), entre l'anse du Grand Por et la pointe à Cailloux. À remarquer le chenal de marée (petite flèche) parallèle au rivage et les nombreux méga-blocs sur la batture. Photographie Q85312-77, à l'échelle de 1/5 000.

Vertical air photo of the lower tidal marsh (A), the low terrace (B), and escarpment (C), between Anse du Grand Por and Pointe à Cailloux. Note the tide channel (small arrow) running parallel to the shoreline and the numerous large boulders scattered at the surface of the tidal flat. Air photography Q85312-77, at scale 1:5 000.

des plus gros blocs à la baie aux Feuilles et à l'embouchure de la rivière Payne, côte occidentale de la baie d'Ungava². Les blocs au-dessus de 300 cm sont peu abondants. À Petite-Rivière, dans le secteur où les méga-blocs sont les plus petits, 60 % des blocs mesurés ont un grand axe supérieur à 300 cm.

NATURE, ORIGINE ET MODE DE MISE EN PLACE

Tous les méga-blocs de l'estran à Petite-Rivière sont des éléments précambriens appartenant au Bouclier laurentidien à proximité. On y trouve donc beaucoup de gneiss charnockitiques, des gneiss granitiques, des gneiss à grenat et des migmatites. La majorité des blocs sont façonnés dans les proportions suivantes : 5 % d'anguleux, 30 % de subanguleux, 50 % de subarrondis et 15 % d'arrondis.

2. Données aimablement fournies par Bernard Lauriol, du Département de géographie à l'Université d'Ottawa.

À défaut d'une étude pétrographique détaillée, il est difficile de préciser la distance des déplacements. Néanmoins d'après nos observations, la majorité des blocs auraient subi des déplacements du NO vers le SE n'excédant probablement pas 10-15 km ; la moitié des déplacements serait de l'ordre de 5 km seulement. Les blocs proviennent donc de la bande côtière du massif laurentidien.

La grande inconnue demeure leur mode de mise en place. Comment sont-ils arrivés sur l'estran actuel ? Ont-ils subi des déplacements depuis qu'ils y sont ? Pour répondre à ces questions, il nous a fallu d'une part étudier les dépôts de la basse terrasse et du versant adjacent (Dionne, 1996) et, d'autre part, relever les indices permettant de déterminer la mobilité des blocs dans les conditions actuelles.

1) Mobilité des blocs

Compte tenu de leur taille, les méga-blocs de l'estran à Petite-Rivière ne sont pas facilement déplacés par les radeaux de glace entraînés par les courants de marée, le seul agent naturel susceptible de les faire bouger. Néanmoins, nous avons relevé des indices permettant d'affirmer que plusieurs de ces gros blocs ont bougé au cours des dernières années. Quatre catégories d'indices ont été utilisés (Dionne, 1981) : 1) la présence d'un bourrelet de pression argileux situé à 98 % des cas du côté mer ; 2) la présence de blocs fortement inclinés ou basculés vers la rive, cette position étant liée aux pressions reçues ; le côté relevé pointe vers l'aval (fig. 13) ; 3) la présence d'une souille ou cuvette ou d'une rainure derrière le bloc, généralement associée à un bourrelet frontal (fig. 14) ; les blocs redressés (debouts) ainsi que les blocs perchés ou chevauchants.

Une quinzaine de blocs pesant entre 10 et 54 tonnes, caractérisés par un bourrelet argileux situé du côté mer, ont été observés. Il s'agit de l'indice le moins important indiquant que le bloc a subi des pressions mais qu'il a peu bougé. Par contre, 73 (13,7 %) des méga-blocs mesurés étaient inclinés vers la rive et 6 autres debouts (redressés) ; leur poids varie de 5 à 80 tonnes. Si le déplacement dans ces cas est difficile à préciser, il ne fait aucun doute que les blocs ont bougé légèrement en réponse aux pressions reçues. Au total, 24 méga-blocs (4,5 %) caractérisés par des souilles, cuvettes ou rainures arrières et des bourrelets frontaux ou latéraux ont été observés, indiquant des déplacements variant de 50 cm à 5 m. Lors des relevés de terrain en 1986 et 1987, onze blocs d'un poids allant de 7,8 à 58,6 tonnes avaient subi un déplacement récent compris entre 125 et 510 cm (tabl. VII)

Au cours des cheminements faits pour mesurer les méga-blocs et lever les profils topographiques de l'estran, nous avons à maintes occasions observé des cailloux délestés récemment par les glaces ; la plupart étaient des éléments précambriens de petite taille (moins de 100 cm de grand axe). L'activité glacielle à Petite-Rivière se révèle aussi importante que dans d'autres secteurs du moyen estuaire ; elle permet d'expliquer la présence de milliers de cailloux à la surface du bas estran argileux ou sableux. N'insistons pas. Il s'avère utile, cependant, de signaler ici la présence sur le bas estran de grandes dalles de calcaire (Trenton). Ces cailloux étrangers au milieu proviennent du remblai du chemin de fer ; on en a

TABLEAU I
Méga-blocs sur le bas estran à Petite-Rivière

Secteur	Nombre de cailloux mesurés	Poids en tonnes				
		Minimum	Maximum	Médiane	Q1	Q3
1. Ouest : (entre le cap Maillard et la Grande Pointe)	111	7,5	211,6	25,5	16,8	39,3
2. Centre-ouest : (entre la grande Pointe et le quai)	95	7,2	62,7	18,7	14	25,2
3. Centre-Est (entre le quai et l'anse du Grand-Por)	172	9,4	467,7	29,7	22,5	48,4
4. Est	155	4	153,6	28,8	16,1	33,2

TABLEAU II
Taille et poids des dix plus gros blocs

1.	840 × 660 × 450 cm	: 467,7 tonnes
2.	920 × 510 × 320	: 281,5
3.	720 × 630 × 260	: 221,1
4.	700 × 430 × 375	: 211,1
5.	600 × 520 × 315	: 184,2
6.	650 × 500 × 300	: 182,8
7.	610 × 550 × 290	: 182,4
8.	700 × 440 × 280	: 161,7
9.	640 × 640 × 200	: 153,6
10.	710 × 360 × 310	: 148,5

$L \times l \times E = \text{volume} \times 2,5 \text{ (densité)} =$
poids réduit de 25 %

TABLEAU III
Poids des blocs en pourcentage par catégories

catégories	secteurs			
	1	2	3	4
+ de 10 tonnes	1,7	7,8	3,6	8,4
10 à 20	18,6	33,1	25,2	45,3
20 à 30	31,4	27,3	32,4	30,5
30 à 40	15,1	13,6	14,4	10,5
40 à 50	9,3	8,4	9,0	2,1
50 à 60	5,8	5,2	6,3	0
+ de 60 tonnes	18,0	4,5	9,0	3,2

TABLEAU IV
Dimensions en centimètres des méga-blocs ; pourcentage par catégories selon les axes

Secteur	No total	Axe A (longueur)			Axe B (largeur)			Axe C (hauteur)		
		300 à 400	400 à 500	> 500	200 à 300	300 à 400	> 400	150 à 200	200 à 300	> 300
1. Ouest	111	(53)*47,7	(24) 21,6	(9) 8,1	(67) 60,3	(31) 27,9	(4) 3,6	(42) 37,8	(18) 16,2	(4) 3,6
2. Centre-ouest	95	(44) 46,3	(12) 12,6	–	(60) 63,2	(14) 14,7	(2) 2,1	(34) 35,8	(8) 8,4	–
3. Centre-est	172	(76) 44,2	(53) 30,8	(32) 18,6	(71) 41,3	(58) 33,7	(32) 18,6	(71) 41,3	(30) 17,4	(5) 2,9
4. Ouest	155	(85) 54,8	(31) 20	(12) 7,7	(95) 61,3	(36) 23,2	(8) 5,2	(47) 30,3	(16) 10,3	–

* Le chiffre entre parenthèses indique le nombre de cailloux dans chaque catégorie

TABLEAU V

Taille des cinq plus gros blocs (en cm) selon les axes

Secteur	Axe A (longueur)	Axe B (largeur)	Axe C (hauteur)
1. Ouest	740, 710, 700 610, 600	550, 520, 430, 400, 390	375, 310, 310 300, 290
2. Centre-ouest	495, 490, 480 430, 420	400, 400, 370 325, 320	245, 230, 220 215, 210
3. Centre-est	920, 840, 770 740, 720	660, 630, 520 510, 500	450, 320, 320 315, 300
4. Est	640, 610, 580 570, 560	640, 510, 500 490, 460	275, 250, 250 240, 240

TABLEAU VI

Taille des six plus gros blocs de la baie aux Feuilles (Ungava)

a		b		c		poids (tonne)
396	x	335	x	183	=	54,6
400	x	350	x	120	=	37,8
350	x	300	x	100	=	23,6
320	x	210	x	140	=	21,1
300	x	200	x	150	=	20,2
300	x	180	x	150	=	18,2

Taille des six plus gros blocs à l'embouchure de la rivière Payne

a		b		c		poids (tonne)
500	×	310	×	230	=	80,2
350	×	250	×	220	=	43,3
320	×	310	×	160	=	35,7
450	×	190	×	170	=	32,7
310	×	270	×	130	=	24,4
320	×	180	×	130	=	16,8

Poids théorique réduit de 10%

observé une dizaine, d'un poids variant de 500 kg à près de 5 tonnes, à des distances en ligne droite comprises entre 100 et 900 m du chemin de fer (tabl. VIII), ce qui témoigne d'une activité glaciaire récente non négligeable dans ce secteur.

Bref, si les méga-blocs sont peu mobiles de nos jours, il en fut probablement de même dans le passé. On peut donc difficilement conclure que la majorité des méga-blocs sur la batture à Petite-Rivière sont arrivés là grâce à un déplacement glaciaire important. Il reste alors deux hypothèses possibles : un apport ancien par des icebergs ou une origine typiquement glaciaire.

2) Apport par des icebergs

Tout en étant plausible, l'apport par des icebergs peut difficilement être démontré. Dans ce cas, on s'attendrait à trouver une plus grande variété lithologique, en particulier les lithologies que l'on retrouve en amont de Petite-Rivière. Or, d'après un examen pétrographique sommaire, il semble que

TABLEAU VII

Méga-blocs du bas estran déplacés (1986-1987)

Dimensions (cm)	Poids (tonne)	Déplacement (cm)
400 x 340 x 230	58,6	510
400 x 290 x 190	41,3	100
340 x 220 x 190	26,6	150
340 x 320 x 120	24,4	150
240 x 230 x 230	23,8	125
300 x 250 x 160	22,5	100
300 x 230 x 165	21,3	300
290 x 210 x 175	19,9	250
370 x 170 x 100	11,7	100
270 x 180 x 105	9,5	125
200 x 190 x 110	7,8	150

Remarque : Poids théorique réduit de 25%

TABLEAU VIII

Dalles de calcaire (Trenton) sur le bas estran

Dimensions (cm)	Poids (tonne)	Distance du chemin de fer (m)
190 x 145 x 80	4,9	840
160 x 135 x 60	2,9	900
110 x 100 x 85	2	110
110 x 100 x 70	1,7	585
160 x 95 x 45	1,7	600
150 x 80 x 50	1,3	100
95 x 65 x 70	0,972	110

la plupart des cailloux appartiennent au Bouclier laurentien adjacent. On n'a observé aucun méga-bloc de calcaire qui aurait pu venir soit de Baie-Saint-Paul, soit de Beauport ou des basses terres du Saint-Laurent, ni aucun gros bloc d'anorthosite, roche indicatrice retrouvée au nord de Saint-Urbain ou encore au nord de Château-Richer alors qu'il y en a beaucoup à l'embouchure du Saguenay et sur la rive sud de l'estuaire maritime (Dionne, 1994). Les blocs de grès, grès-quartzitique et conglomérat appartenant aux formations appalachiennes sont aussi très rares et de petite taille. Dans le cas d'un apport substantiel par les icebergs, on s'attendrait à trouver une plus grande diversité lithologique.

3) Résidu glaciaire

L'hypothèse la plus vraisemblable pour expliquer la présence des méga-blocs à Petite-Rivière est à l'effet qu'il s'agit de blocs glaciaires résiduels dégagés par érosion, certains ayant peut-être subi un déplacement glaciaire modeste subsequmment.

Comme on l'a dit, les blocs reposent généralement sur un substrat argileux ou sableux et quelquefois sur un diamicton. Or, à plusieurs endroits, il s'agit d'argile glacio-lacustre, en réalité des varves d'âge pré-wisconsinien supérieur jadis recouvertes d'un till ancien. On retrouve ce till à maints en-

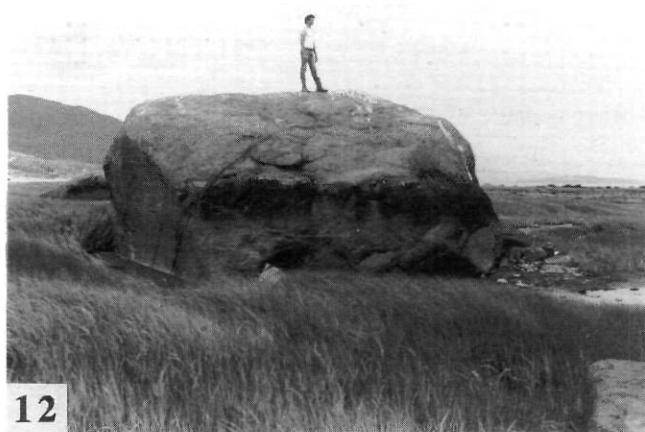


FIGURE 12. Le plus gros bloc erratique (mangérite) observé sur la batture argileuse (schorre inférieur) à Petite-Rivière, dans l'anse du Quai ; le bloc mesure 840 × 660 × 465 cm (environ 467 tonnes) (5-8-86).

The largest Precambrian erratic (mangerite) observed in the clayey tidal flat (lower marsh) of the wharf cove at Petite-Rivière. The boulder measures 840 × 660 × 465 cm (approx. 467 tons) (86-8-5).

FIGURE 14. Méga-bloc précambrien (gneiss) mesurant 400 × 340 × 230 cm, déplacé de 510 cm vers la limite des basses mers ; à remarquer la rainure arrière et les bourrelets latéraux et frontal, dans le secteur oriental à substrat argileux (25-8-87).

A large Precambrian boulder (gneiss) 400 × 340 × 230 cm moved 510 cm seaward ; note the bank furrow and the frontal and lateral ridges ; on a clayey substrate in the NE area at Petite-Rivière (87-8-26).

FIGURE 13. Bloc précambrien sur la batture argileuse ; le bloc est incliné vers la rive et relève du nez en direction des basses mers (5-8-86).

A Precambrian boulder at the surface of the clayey tidal flat ; the boulder is tilted landward (86-8-5).

FIGURE 15. Méga-bloc glaciaire strié sur le haut estran ; le bloc a été dégagé récemment par érosion de la terrasse Mitis (25-8-87).

A large glacial striated boulder (gneiss) on the upper strand ; boulder recently exposed by erosion of the Mitis terrace (87-8-25).

droits en bordure du rivage actuel, notamment dans la terrasse de 20-30 m entaillée en falaise. Rappelons ici qu'un âge U/Th de 65 ka a été obtenu sur une concrétion carbonatée dans les varves alors que le till qui les recouvre a donné un âge au radiocarbone d'environ 53 ka (Dionne, 1996)³. Dans ces conditions, les méga-blocs du rivage actuel sont vraisemblablement des blocs glaciaires résiduels reposant sur une surface d'érosion et non des blocs glaciels typiques.

Dans le secteur en amont du quai et au SO de l'anse du Grand Por, par exemple, il y a beaucoup de blocs polis et

striés (fig. 15) sur le haut estran au pied de la falaise de la basse terrasse. Dans le secteur 6, en face de la coupe et immédiatement plus à l'ouest sur une distance d'environ 200 m nous en avons observé 154. Dégagés par érosion au cours des dernières décennies, ces cailloux sont incontestablement des blocs glaciaires provenant des dépôts de till du versant avoisinant. Plusieurs mesurent entre 140 et 250 cm de grand axe et pèsent entre 2,3 et 13,5 tonnes. Certains méga-blocs de la batture sont, eux aussi, striés ou portent des marques de percussion caractéristiques.

Comme les plus gros blocs pèsent entre 148 et 467 tonnes, ils excèdent vraisemblablement la compétence des glaces annuelles. Le bloc de 210 tonnes observé vers la limite inférieure du bas estran sur un substrat sableux (fig. 5) pourrait correspondre à un délestage d'iceberg sur un dépôt antérieur à l'Holocène. Il convient cependant de rappeler que des blocs de 126 et 176 tonnes déplacés par les glaces

3. Voir entre autres les dates suivantes : TO-3424 : 52 900±1560 BP ; GSC-5080 : >39 000 BP et Beta-45279 : >39 390 BP.

respectivement de 4 et 3 m ont déjà été observés sur les rives du Saint-Laurent estuarien (Dionne, 1988b). Bien que rare, le déplacement par les glaces de blocs d'un poids supérieur à 100 tonnes existe. Rappelons que Lauriol et Gray (1980) attribuent aux glaces la concentration des méga-blocs sur le fond argileux de la baie Rouge (Ungava) et que Drake et McCann (1982) estiment que la majorité des blocs des rivages de la côte est canadienne n'excèdent pas la compétence des glaces et peuvent être déplacés sur de courtes distances. Cette estimation ne tient pas compte, toutefois, de la taille des méga-blocs de la batture de Petite-Rivière.

Bref, nous croyons que les méga-blocs de la batture de Petite-Rivière proviennent pour la plupart de formations glaciaires érodées qui, jadis surmontaient le substrat argileux composé en grande partie de varves anciennes. Bien que plausibles, les apports par des icebergs ont vraisemblablement été faibles, alors que les déplacements par les glaces flottantes sur de courtes distances ont probablement été modestes dans le cas précis des très gros blocs. Comme on l'a dit, la batture de Petite-Rivière constitue une plate-forme d'érosion dont témoigne le résidu grossier, notamment les méga-blocs. Contrairement à une idée fort répandue, les estrans du Saint-Laurent ne constituent pas des zones de sédimentation moderne. La plupart des estrans (battures) de la rive sud et de la rive nord de l'estuaire sont, en effet, des surfaces d'érosion (Dionne, 1986). Il convient donc d'être prudent dans l'interprétation glacielle généralement utilisée pour expliquer la présence des blocs sur les battures du Saint-Laurent. Un certain nombre semble être des éléments résiduels provenant de formations quaternaires érodées.

CONCLUSION

La batture à méga-blocs à Petite-Rivière constitue un exemple d'une surface d'érosion avec débris grossiers résiduels. La taille démesurée des blocs a permis de rejeter l'hypothèse glacielle habituellement évoquée pour rendre compte de leur présence sur des estrans argileux. Sans être exceptionnel, le cas de Petite-Rivière ne peut être généralisé. Généralement, les gros blocs d'estran, c'est-à-dire ceux de 2 à 3 m ou moins de grand axe, sont de la compétence des glaces flottantes. Néanmoins sur la rive sud du Saint-Laurent estuarien, par exemple, les très gros blocs proviennent de l'érosion de dépôts d'argile caillouteuse de la Mer de Goldthwait et ont probablement été transportés et relâchés par des icebergs.

REMERCIEMENTS

La présente contribution s'inscrit dans un projet de recherches sur le Quaternaire et l'évolution des rives du Saint-Laurent estuarien subventionné par le Conseil national de recherches du Canada (programme CRSNG) et par la Commission géologique du Canada (Centre géoscientifique de Québec). Denis Bellavance, ancien étudiant du Département de géographie (Université Laval), a participé aux travaux de terrain, notamment à la mesure des blocs. Les figures au trait ont été réalisées au laboratoire de Cartographie du Département de géographie (U.L.). Madame Thérèse Lambert a traité

les diverses versions du manuscrit. Les commentaires faits par les lecteurs critiques (Bernard Long et John Shaw) ont été appréciés.

RÉFÉRENCES

- Allard, M. et Robert, J.M., 1977. Rapport d'investigation sur l'érosion résultant de la crue des eaux du 11 au 14 juillet 1976 dans les municipalités de Maillard et de Petite-Rivière-Saint-François. Québec, ministère des Richesses naturelles, Service géotechnique, Rapport non publ., 91 p.
- Bonenfant, R., 1993. Chronologie des événements post-glaciaires à l'Holocène dans la basse vallée du Gouffre (Charlevoix). Mémoire de maîtrise, Département de géographie, Université Laval, Québec, 148 p.
- Brodeur, D., 1982. Morphologie et histoire quaternaire de l'île aux Coudres. Thèse de maîtrise, Département de géographie, Université Laval, Québec, 256 p.
- Dionne, J.-C., 1972. Caractéristiques des schorres des régions froides, en particulier de l'estuaire du Saint-Laurent. *Zeitschrift für Geomorphologie*, Suppl. Bd. 13 : 131-162.
- 1977. La mer de Goldthwait au Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 31 : 61-80.
- 1981. Le déplacement de méga-blocs par les glaces sur les rivages du Saint-Laurent, p. 53-80. In *Comptes rendus du Colloque sur l'action des glaces sur le rivage* (Rimouski), Ottawa, Conseil national de recherches du Canada, sous-comité associé de Recherches sur l'Érosion et la Sédimentation littorales.
- 1985. Les formations glacielles des rivages du Saint-Laurent. *GEOS*, 14 (2) : 23-25.
- 1986. Érosion récente des marais intertidaux de l'estuaire du Saint-Laurent. *Géographie physique et Quaternaire*, 40 : 307-323.
- 1988a. Le Quaternaire de la basse terrasse à Petite-Rivière-Saint-François, moyen estuaire du Saint-Laurent. VI^e Colloque quadriennal de l'AQQUA (Rimouski), Résumé des communications, p. 34-35.
- 1988b. Ploughing boulders along shoreline, with particular reference to the St. Lawrence estuary. *Geomorphology*, 1 : 297-308.
- 1989. The role of ice and frost in tidal marsh development. A review with particular reference to Québec, Canada. *Essener Geographische Arbeiten*, 18 : 171-210.
- 1994. Les erratiques lointains de l'embouchure du Saguenay, Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 48 : 179-194.
- 1996. La basse terrasse à Petite-Rivière (Charlevoix) : un exemple d'activité néotectonique à l'Holocène. *Géographie physique et Quaternaire*, 50 :
- Drake, J.J. et McCann, S.B., 1982. The movement of isolated boulders on tidal flats by ice floes. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 19 : 748-754.
- Gilbert, R. et Aitken, A.E., 1981. The role of sea ice in biophysical processes on the intertidal flats at Pangnitu (Baffin Island), N.W.T., p. 89-103. In *Proceedings, Workshop on Ice Action on Shores*, Ottawa, National Research Council of Canada, Associated Committee for Research on Shoreline Erosion and Sedimentation.
- Lacombe, P., 1981. Description de la géomorphologie du littoral entre les municipalités de la Petite-Rivière-Saint-François et Baie-Saint-Paul, P.Q. Mémoire de bacc., Département de géographie, Université Laval, Québec, 41 p.
- Laurin, A.F. et Sharma, K.N.M., 1975. Région des rivières Mistassini, Péribonca et Saguenay (Grenville 1965-1967). Québec, ministère des Richesses naturelles, Rapport géologique 161, 89 p.
- Lauriol, E. et Gray, J.T., 1980. Processes responsible for the concentration of boulders in the intertidal zone in the Leaf Basin, Ungava Bay, p. 281-292. In S.B. McCann, éditeur, *The Coastline of Canada*. Geological Survey of Canada, Paper 80-10.
- McCann, S.B., Dale, J.E. et Hale, P.B., 1981. Subarctic tidal flats in areas of large tidal range, southern Baffin island, eastern Canada. *Géographie physique et Quaternaire*, 35 : 183-204.

- Pelletier, Y. et Allard, M., 1985. La baie de Kangisualujjuaq, Nouveau-Québec. 53^e Congrès annuel de l'ACFAS (Chicoutimi). Annales de l'ACFAS, 52-53 : 172.
- Picard, R., 1991. Géomorphologie de la région de Saint-François-Xavier-de-la-Petite-Rivière. Mémoire de bacc, Département de géographie, Université Laval, Québec, 63 p.
- Rondot, J., 1972. La transgression ordovicienne dans le comté de Charlevoix, Québec. Canadian Journal of Earth Sciences, 9 : 1187-1201.
- 1979. Reconnaissances géologiques dans Charlevoix, Saguenay. Québec, ministère des Richesses naturelles, Rapport DPV-682, 44 p.