

Le rôle des icebergs dans la mise en place des méga-blocs de la batture argileuse à Saint-Fabien-sur-Mer

Jean-Claude Dionne

Volume 138, Number 2, Summer 2014

URI: <https://id.erudit.org/iderudit/1025067ar>

DOI: <https://doi.org/10.7202/1025067ar>

[See table of contents](#)

Publisher(s)

La Société Provancher d'histoire naturelle du Canada

ISSN

0028-0798 (print)

1929-3208 (digital)

[Explore this journal](#)

Cite this article

Dionne, J.-C. (2014). Le rôle des icebergs dans la mise en place des méga-blocs de la batture argileuse à Saint-Fabien-sur-Mer. *Le Naturaliste canadien*, 138(2), 32–42. <https://doi.org/10.7202/1025067ar>

Article abstract

The erratic boulders that largely cover the extensive clayey tidal flat adjacent to the Parc National du Bic at Saint-Fabien-sur-Mer represent a range of lithologies, shapes and sizes. During surveys conducted across the tidal flat in 2010 and 2011, 2442 mega-boulders weighing between 1 and 440 metric tons, were identified and measured. Of these, 54.7% were igneous and metamorphic Precambrian erratics from the Canadian Shield and 45.3% were Appalachian Cambro-ordovician sedimentary erratics. The Precambrian erratics present at the site are smaller than those of Appalachian origin. Precambrian and Appalachian blocks weighing between 1 and 3 tons account for 45.1% and 27.2% of the total, respectively; those weighing between 3 and 10 tons, for 8.6% and 11.8%, respectively; and those weighing over 10 tons, for 1% and 6.3%, respectively. The 2 largest Precambrian boulders weigh 63 and 69 tons, whereas the 2 largest Appalachian boulders weigh 206 and 440 tons. Most of the mega-boulders are lying on the surface of the tidal flat; the remaining are partially embedded in the Goldthwait Sea clay deposit, which at this site is dated as being over 10 000 years old. Based on their characteristics, the Precambrian and Appalachian mega-boulders were initially moved by the Wisconsinian glaciers toward the St. Lawrence valley, before being transported and released into the postglacial sea by icebergs calved from the glacier edges along the north and the south shores of the St. Lawrence estuary. The amount of mega-boulders situated along the south shore of the maritime estuary, suggests that significant concentrations of icebergs occurred in the Goldthwait Sea during the deglaciation of the St. Lawrence valley between 13 500 and 9 500 years ago. Consequently, the sedimentary role of icebergs in releasing coarse debris deserves to be clearly highlighted.

Le rôle des icebergs dans la mise en place des méga-blocs de la batture argileuse à Saint-Fabien-sur-Mer

Jean-Claude Dionne

Résumé

La vaste batture argileuse de la baie de Saint-Fabien, en bordure du parc national du Bic, est en grande partie couverte de cailloux erratiques de nature, de forme et de taille variées. Un relevé effectué en 2010 et 2011 a permis d'identifier et de mesurer 2 442 blocs de taille métrique pesant entre 1 et 440 tonnes, soit 54,7 % d'erratiques ignés et métamorphiques provenant du Bouclier laurentidien, d'âge précambrien, et 45,3 % de blocs sédimentaires provenant des formations appalachiennes d'âge cambro-ordovicien. Dans l'ensemble de la batture, les éléments précambriens sont plus petits que les appalachiens. Dans la catégorie de masse comprise entre 1 et 3 tonnes, il y a respectivement 45,1 % et 27,2 % de l'effectif total constitué de blocs précambriens et appalachiens; dans celle de 3 à 10 tonnes, les pourcentages respectifs sont de 8,6 et 11,8 alors que ceux d'une masse supérieure à 10 tonnes totalisent 1 % et 6,3 %. Les 2 plus gros erratiques précambriens pèsent 63 et 69 tonnes, alors que les 2 plus gros appalachiens atteignent 206 et 440 tonnes. La plupart des méga-blocs reposent à la surface de la batture argileuse; les autres sont, à divers degrés, enfouis dans l'argile fossilifère de la Mer de Goldthwait datée localement à plus de 10 ka. Compte tenu de ces caractéristiques, les méga-blocs précambriens et appalachiens furent d'abord déplacés par les glaciers au Wisconsinien vers la vallée du Saint-Laurent avant d'être transportés et délestés dans la mer postglaciaire par des icebergs issus des fronts glaciaires alors situés en bordure des rives nord et sud de l'estuaire. En raison de l'abondance des méga-blocs sur la rive sud de l'estuaire maritime, la Mer de Goldthwait, durant la déglaciation (13,5 à 9,5 ka), devait être infestée d'icebergs. Leur rôle sédimentologique, en particulier en ce qui concerne les débris clastiques grossiers, mérite certainement d'être souligné d'une façon explicite.

MOTS CLÉS : erratiques, estuaire, glacial, icebergs, Mer de Goldthwait

Abstract

The erratic boulders that largely cover the extensive clayey tidal flat adjacent to the Parc National du Bic at Saint-Fabien-sur-Mer represent a range of lithologies, shapes and sizes. During surveys conducted across the tidal flat in 2010 and 2011, 2442 megaboulders weighing between 1 and 440 metric tons, were identified and measured. Of these, 54.7% were igneous and metamorphic Precambrian erratics from the Canadian Shield and 45.3% were Appalachian Cambro-ordovician sedimentary erratics. The Precambrian erratics present at the site are smaller than those of Appalachian origin. Precambrian and Appalachian blocks weighing between 1 and 3 tons account for 45.1% and 27.2% of the total, respectively; those weighing between 3 and 10 tons, for 8.6% and 11.8%, respectively; and those weighing over 10 tons, for 1% and 6.3%, respectively. The 2 largest Precambrian boulders weigh 63 and 69 tons, whereas the 2 largest Appalachian boulders weigh 206 and 440 tons. Most of the megaboulders are lying on the surface of the tidal flat; the remaining are partially embedded in the Goldthwait Sea clay deposit, which at this site is dated as being over 10 000 years old. Based on their characteristics, the Precambrian and Appalachian megaboulders were initially moved by the Wisconsinian glaciers toward the St. Lawrence valley, before being transported and released into the postglacial sea by icebergs calved from the glacier edges along the north and the south shores of the St. Lawrence estuary. The amount of megaboulders situated along the south shore of the maritime estuary, suggests that significant concentrations of icebergs occurred in the Goldthwait Sea during the deglaciation of the St. Lawrence valley between 13 500 and 9 500 years ago. Consequently, the sedimentary role of icebergs in releasing coarse debris deserves to be clearly highlighted.

KEYWORDS: Erratics, estuary, icebergs, ice rafting, Goldthwait Sea

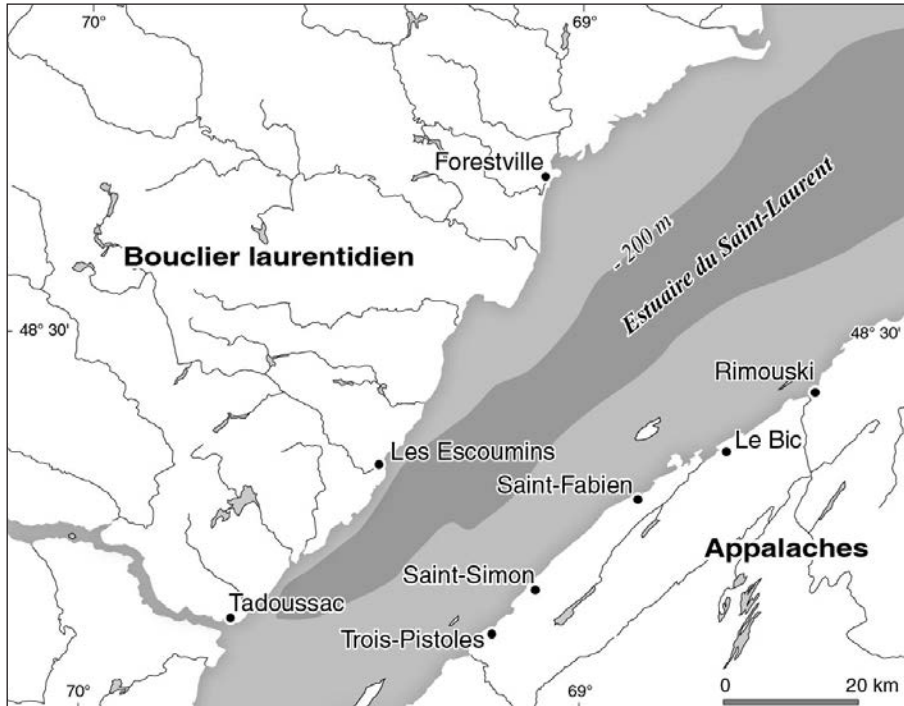
Introduction

Bien que les rivages du Saint-Laurent estuarien soient en grande partie couverts de cailloux de tailles variées, peu d'études, en dehors des nôtres (Dionne, 2011a), leur ont été consacrées (Dawson, 1886; Coleman, 1925; Tremblay, 1967; Neumeier, 2011). Celles concernant les blocs de taille métrique (méga-blocs) pesant 1 tonne et plus, si abondants sur la plupart des battures argileuses de la rive sud de l'estuaire, sont d'une remarquable rareté. Dès le début (Dionne, 1970,

1972), la mise en place des blocs d'étranger du rivage actuel et des anciens rivages de la Mer de Goldthwait a été attribuée au glacial (glace de rivage, banquise et icebergs) et non aux glaciers même si ces derniers ont joué un rôle important dans leur déplacement initial vers la vallée du Saint-Laurent.

Jean-Claude Dionne est géomorphologue, professeur émérite au Département de géographie de l'Université Laval à Québec.

dionne.morissette@videotron.ca



Département de géographie, Université Laval

Caractéristiques du site

Située sur la rive sud de l'estuaire maritime du Saint-Laurent (figure 1), à une trentaine de kilomètres au sud-ouest de Rimouski (68° 52' O, 48° 19' N), la baie de Saint-Fabien-sur-Mer forme un rentrant d'une longueur et d'une largeur maximales respectives de 3 100 m et 800 m. Entre les 2 pointes rocheuses sises à ses extrémités, la distance n'est que de 2 600 m alors que le pourtour du rentrant mesure 4 200 m. Inséré entre des crêtes appalachiennes composées de schistes, de grès et de conglomérat calcaire (Lajoie, 1972), ce rentrant, de forme arquée, est largement ouvert au nord-ouest. Il comprend 2 anses : au Flacon, au nord-est, et à Belzile, au sud-ouest (figure 2). C'est dans ces dernières où, à marée basse de vives-eaux, la batture est la plus étendue atteignant respectivement 1 600 m de largeur entre

L'intérêt des méga-blocs de la rive sud de l'estuaire concerne, d'une part, leur nature lithologique et, d'autre part, leur présence à la surface ou enfouis à des degrés divers dans un substrat argileux fossilifère. Bien que le pourcentage varie d'un site à l'autre, les erratiques lointains provenant du Bouclier laurentidien situé sur la côte nord, à plusieurs dizaines de kilomètres de distance, totalisent souvent plus de la moitié des méga-blocs. Compte tenu de la taille des plus gros, pesant plusieurs dizaines de tonnes, et de l'absence, en bordure du littoral actuel, de dépôts glaciaires (till), un transport et une mise en place par des icebergs durant l'épisode de la Mer de Goldthwait se sont avérés l'explication la plus plausible de leur mise en place sur la batture.

La contribution des icebergs à la sédimentation marine est pourtant connue depuis longtemps et a fait l'objet de nombreuses publications, entre autres, Molnia (1983), Drewry (1986), Dowdeswell et Scource (1990), Powell et Domack (1995) et Lisitzin (2002). Curieusement, le rôle des icebergs dans le transport et la mise en place des blocs et des méga-blocs sur les rivages argileux des mers du post-glaciaire du Québec a été rarement évoqué et mis en évidence (Coleman, 1925; Dionne, 1979; McGerrigle, 1985; Lauriol et Gray, 1980).

La présente étude concerne les caractéristiques des méga-blocs de la batture argileuse de la baie de Saint-Fabien-sur-Mer : lithologie, morphométrie, taille et masse ainsi que leur mobilité. L'origine, le transport et la mise en place des blocs sont précisés; l'importance du site est soulignée et le rôle des icebergs est, une fois de plus, préconisé comme véhicule de mise en place des méga-blocs.

le cordon littoral et la limite des plus basses mers. Dans le secteur central, la batture mesure plutôt entre 500 m et 700 m de largeur.

Dans l'ensemble du rentrant, le substrat, essentiellement argileux, est voilé, ici et là, par des placages de sable, de gravier ou de vase, mais il est, en grande partie, tapissé de cailloux de petite à moyenne taille formant des dallages de forte densité, en particulier dans le secteur central (figure 3). De plus, de très gros blocs épars parsèment la surface de l'ensemble de la batture (figure 4). L'espace occupé par la baie correspond à une dépression allongée SO-NE qui a été comblée, à l'Holocène inférieur, par des dépôts de la Mer de Goldthwait (Dionne, 1966). D'épaisseur inconnue, l'argile marine a été datée, en surface, à $10\,900 \pm 100$ ans BP (Dionne, 2006). En l'absence de forages, on ignore s'il existe des dépôts plus anciens sous l'argile marine. Quoi qu'il en soit, on ne connaît pas d'affleurements de till à proximité du rivage actuel. Dans l'anse au Flacon, certains bancs de sable limoneux recouvrant l'argile dans la partie centrale atteignent entre 100 cm et 125 cm d'épaisseur par endroits. Il s'agit d'un dépôt relique mi-Holocène mis en place lors de la transgression Laurentienne (Dionne, 1988a).

La batture proprement dite correspond à une surface d'érosion taillée dans de l'argile marine plus ou moins caillouteuse, lors d'un bas niveau marin daté de 6 à 7 ka (Dionne, 2001a). Deux dates au ^{14}C sur des myes (*Mya* spp.) en position de vie, à la surface de l'argile, ont donné des âges de $6\,130 \pm 60$ BP (TO-1245) et $6\,610 \pm 70$ BP (UL-2035). Le dépôt sableux recouvrant l'argile dans l'anse au Flacon a, de son côté, donné des âges sur bois et myes en position de vie compris entre 5,8 et 4,75 ka.

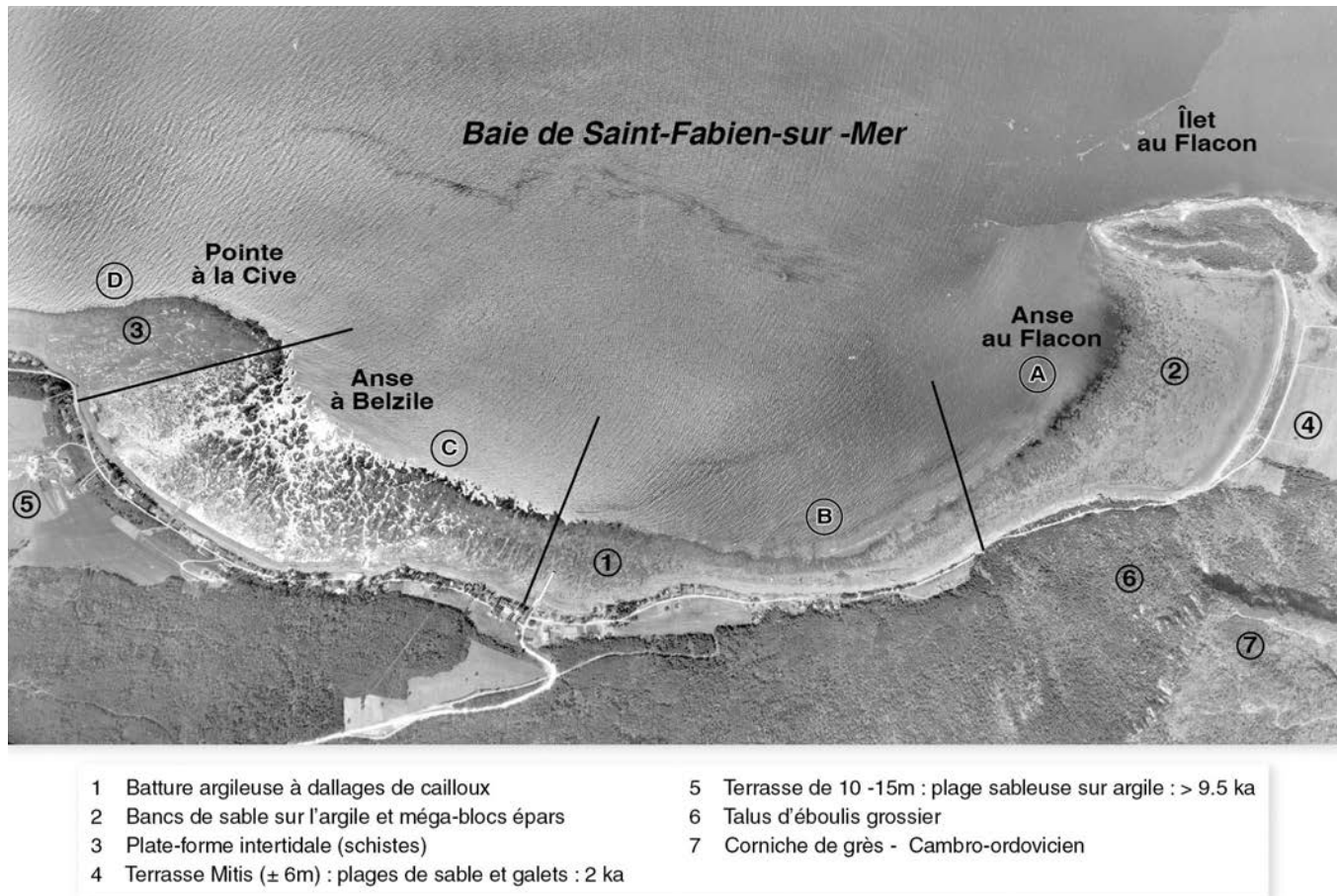


Figure 2. Photographie aérienne verticale de la batture de la baie de Saint-Fabien-sur-Mer; toponymie et divisions du rentrant. Photo-cartothèque provinciale, Québec, no Q63317-47.

Du côté sud, le rentrant de Saint-Fabien-sur-Mer est ceinturé par une haute et longue crête appalachienne dont le versant nord est tapissé d'un talus d'éboulis grossier qui, dans le secteur méridional de l'anse au Flacon, forme la partie supérieure du rivage. À cet endroit, le talus est constitué d'immenses blocs de conglomérat et de grès, certains excédant 10 m de grand axe. Ce talus s'est, en partie du moins, formé au cours de l'épisode de la Mer de Goldthwait, dont le témoignage de la présence d'abondants coquillages dans la matrice.

Dans le secteur central du rentrant, quelques affleurements rocheux (grès et schiste) caractérisent le haut du rivage. Par contre, le rivage de l'île au Flacon est rocheux ainsi que celui de la plate-forme de la pointe à la Cive. Cette dernière est une ancienne surface d'érosion taillée dans des schistes. Elle est entièrement submergée uniquement lors des grandes marées de vives-eaux. À sa surface, il n'y a qu'une dizaine de méga-blocs épars, alors qu'il y en a quelques centaines concentrées sur sa rive septentrionale.

La baie de Saint-Fabien-sur-Mer est peu profonde; l'isobathe de 4 m relie l'île au Flacon à la pointe à la Cive. Ce rentrant est surtout exposé aux vagues engendrées par les vents soufflant du nord, du nord-ouest mais aussi du nord-est. D'une façon générale et en dehors des tempêtes particulièrement fortes,

l'énergie des vagues est plutôt faible; elle est toutefois suffisante pour éroder, par endroits, la batture et le rivage mais non pour déplacer des blocs de taille métrique.

Dans cette localité, le marnage des marées moyennes est de 3,5 m; celle des plus grandes marées des vives-eaux atteint 4,7 m et 4,8 m; lors de la période des mortes-eaux, le marnage de la marée haute varie de 2,5 m à 3,5 m.

À l'instar de la plupart des rentrants de la rive sud de l'estuaire maritime, la baie de Saint-Fabien-sur-Mer est en majeure partie recouverte de glace durant l'hiver. De nos jours, l'activité morpho-sédimentologique des glaces y est plutôt modérée en dehors du déplacement occasionnel de cailloux et de l'affouillement du substrat sableux ou argileux.

Méthodes

Compte tenu de la dimension du rentrant, nous l'avons divisé en 4 secteurs pour le relevé des méga-blocs (figure 2). Le secteur A correspond à l'anse au Flacon; le B, à la partie centrale située à l'est de l'ancien quai de Saint-Fabien; le C, au secteur situé à l'ouest du vieux quai et au sud de la pointe rocheuse incluant l'anse à Belzile, alors que le secteur D concerne l'étroite batture située sur le rivage septentrional de la pointe à la Cive.



3



4



5



6

Figure 3. Dallage de cailloux de moyenne taille à la surface de la batture argileuse, dans le secteur B, à Saint-Fabien-sur-Mer. Erratiques précambriens et appalachiens de lithologies variées; cailloux glaciaires émoussés disposés à plat offrant une protection contre l'érosion des vagues et des courants.

Figure 4. Méga-blocs alignés à la surface de la batture argileuse dans le secteur C. Au premier plan, bloc de grès mesurant 270 × 250 × 100 cm et pesant 15 tonnes; les 2 autres blocs arrondis sont des granites mesurant et pesant respectivement 230 × 205 × 125 cm (12 tonnes) et 210 × 210 × 100 cm (9,4 tonnes).

Figure 5. Au premier plan, méga-bloc de gneiss de forme arrondie à la surface de la batture argileuse dans le secteur A; taille: 250 × 160 × 130 cm; masse: 11 tonnes. Au loin, méga-bloc de conglomérat calcaire.

Figure 6. Grande dalle de grès calcaire, rectangulaire et partiellement arrondie, sur la rive nord de la plate-forme rocheuse du secteur D; le bloc chevauche des cailloux de moyenne taille recouvrant le substrat argileux; taille: 700 × 450 × 175 cm; masse: 138 tonnes.

Furent considérés comme méga-blocs ceux de taille métrique et d'un poids minimal d'une tonne ou davantage. Les très gros blocs de grès et de conglomérat concentrés sur le haut du rivage au pied du talus d'éboulis en particulier dans les secteurs A et B, n'ont pas été retenus dans ce relevé, seuls ceux sur la batture argileuse ont été pris en compte.

Vingt-deux relevés ont été effectués à marée basse durant les périodes de vives-eaux, en 2010 et 2011: 4 dans chacun des secteurs A et D et 7 dans les secteurs B et C. Au total, 2 442 méga-blocs ont été identifiés et mesurés (tableau 1). Quatre aspects ont été retenus: la nature lithologique, la morphométrie, la taille, la masse ainsi que la mobilité (indice de déplacement glaciaire).

Les méga-blocs ont été classés dans 2 grandes familles selon leur nature et leur origine: précambriens et appalachiens. Les premiers comprennent 4 catégories: granite, gneiss, orthoquartzite et autres; les seconds en comprennent 5: grès, conglomérat, schiste, métaquartzite et calcaire.

Tableau 1. Nombre de relevés et de méga-blocs inventoriés, par secteur, sur la batture argileuse, à Saint-Fabien-sur-Mer, en 2010 et 2011.

Secteur	Nombre de relevés	Nombre de blocs	% des blocs
A	4	353	14,4
B	7	909	37,2
C	7	817	33,5
D	4	363	14,9
Total	22	2 442	100

La morphométrie (forme-façonnement-émoussé) a été évaluée visuellement. Les classes retenues correspondent à celles proposées par Cailleux et Tricart (1959): anguleux (AN), subanguleux (SAN), subarrondi (SAR), arrondi (AR) ainsi que les intermédiaires.

La taille des méga-blocs a été obtenue par la mesure des 3 axes (a, b et c); la somme des 3 axes multipliée par la densité (2,5) correspond à la masse. Compte tenu de la forme souvent irrégulière des blocs, le poids théorique calculé a été réduit selon le cas de 10 à 35 %.

Lorsqu'il existait des indices, le déplacement des méga-blocs par des radeaux de glace a aussi été mesuré.

Résultats

Caractéristiques des méga-blocs

Lithologie

Pour l'ensemble de la batture argileuse, 2 442 méga-blocs ont été identifiés dont 1 336 (54,7 %) précambriens, roches ignées et métamorphiques, et 1 106 (45,3 %) appalachiens, roches sédimentaires et parfois métamorphiques (métaquartzite et schiste ardoisier) (tableau 2). Les erratiques provenant du Bouclier laurentidien sont donc plus nombreux. Ils sont composés de 49,3 % de gneiss, de 35,8 % de granite, de 1,7 % de quartzite et de 13,2 % d'autres lithologies ignées et métamorphiques. Les appalachiens sont composés de 59,0 % de grès, 27,9 % de conglomérat, 8,5 % de schiste, 4,4 % de métaquartzite et moins de 1 % de calcaires. Il existe cependant des différences notables entre les 4 secteurs inventoriés (tableau 3). Ainsi, dans les secteurs A et D, les précambriens comptent respectivement pour 36,3 % et 33,1 % de tous les blocs, contre 50,7 % et 76,7 % dans les secteurs B et C. On constate donc une forte concentration des blocs précambriens dans la partie centrale du rentrant, secteur principalement caractérisé par des dallages dans lesquels les blocs sont généralement de plus petite taille. Les lithologies montrent aussi des différences parfois importantes entre les secteurs. Par exemple, les gneiss comptent pour 40 % de tous les blocs dans le secteur C, alors que les grès (40,5 %) dominent dans le secteur D et les conglomérats dans le secteur A (32,6 %). Par ailleurs, les schistes et les métaquartzites sont relativement abondants dans le secteur D, représentant respectivement 9,6 % et 7,7 % des méga-blocs. Enfin, les conglomérats sont beaucoup plus abondants dans les secteurs A et B, c'est-à-dire à proximité du talus d'éboulis en bordure de la rive à cet endroit.

Morphométrie

Bien que la forme des blocs varie d'une lithologie à l'autre, les précambriens sont souvent plus circulaires (ronds ou ovales) (figure 5), alors que les appalachiens sont plutôt rectangulaires (figure 6). Quoi qu'il en soit, rares sont les blocs ayant une forme régulière, d'où la nécessité de réduire le poids théorique.

Pour l'ensemble de la batture argileuse, les méga-blocs précambriens accusent un façonnement supérieur à celui des appalachiens (figures 5 à 10). Parmi les blocs précambriens, 76,8 % appartiennent aux classes les plus émoussées (SAR, SAR-AR AR), contre 28 % pour les appalachiens (tableau 4). À l'opposé, dans les classes les plus angulaires (AN, AN-SAN, SAN), les précambriens ne comptent que pour 2,5 % et les appalachiens pour 21,5 %. Dans la classe de façonnement

Tableau 2. Lithologie et nombre de méga-blocs inventoriés sur la batture argileuse, à Saint-Fabien-sur-Mer, en fonction de l'origine.

Lithologie	N	% du total	% selon l'origine
Précambriens			
Granite	478	19,6	35,8
Gneiss	659	27,0	49,3
Autres	176	7,2	13,2
Quartzite	23	0,9	1,7
Appalachiens			
Grès	653	26,7	59,0
Conglomérat	308	12,6	27,9
Schiste	94	3,8	8,5
Quartzite	49	2,0	4,4
Calcaire	22	0,08	0,2

moyen (SAN-SAR), le pourcentage respectif des précambriens et des appalachiens est de 20,4 et 46,4.

Taille et masse

Les méga-blocs de la batture argileuse à Saint-Fabien-sur-Mer ont des tailles variées allant de 100 cm à 1 050 cm de grand axe. Les blocs appalachiens sont de loin les plus imposants. Les 3 plus gros, un conglomérat (SAN-SAR), un schiste (SAN) et un grès (SAN-SAR), mesurent respectivement 1 050 × 600 × 400 cm, 1 050 × 250 × 450 cm et 700 × 450 × 175 cm, alors que les 3 plus gros précambriens, 3 gneiss (SAR), mesurent respectivement 430 × 425 × 100 cm, 400 × 335 × 250 cm et 340 × 320 × 160 cm (tableau 5). Cette différence de taille se reflète sur la masse estimée des méga-blocs. La masse des 10 plus gros blocs appalachiens varie de 47 à 440 tonnes, comparativement à des masses comprises entre 17 et 69 tonnes pour les précambriens. Dans l'ensemble de la batture, les blocs de petite taille dominent largement. En effet, il y en a 52,1 % dans la classe de 1 à 2 tonnes; ceux pesant entre 2 et 5 tonnes comptent pour 32,2 %, alors que ceux d'une masse supérieure à 5 tonnes totalisent 15,7 % (tableau 6). Dans l'ensemble de la batture, les méga-blocs appalachiens ont une taille et une masse supérieures aux blocs précambriens dans les secteurs A, B et D, alors que dans le secteur C, la taille et la masse des blocs, dans l'une et l'autre catégorie, sont semblables.

Mobilité des méga-blocs

À l'instar des relevés faits dans d'autres localités de la rive sud de l'estuaire du Saint-Laurent (Dionne, 1988b, 2001b, 2004, 2010, 2011b; Dionne et Poitras, 1998), les méga-blocs de la batture, à Saint-Fabien-sur-Mer, présentent divers indices de déplacement glaciaire. Au total, 83 méga-blocs ont présenté divers indices de déplacement glaciaire. Toutefois, seulement 23 (27,4 %) possédaient un indice (cuvette ou rainure relique) permettant de mesurer la longueur du déplacement (figures 11

Tableau 3. Lithologie, nombre et importance relative (%) de méga-blocs inventoriés sur la batture argileuse, à Saint-Fabien-sur-Mer, en fonction du secteur et de la nature des blocs.

Secteur	A		B		C		D	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Précambriens								
Granite	44	12,5	188	20,8	201	24,6	45	12,4
Gneiss	70	19,8	222	24,4	327	40,0	40	11,0
Autres	10	2,8	41	4,5	91	11,1	34	9,4
Quartzite	4	1,1	10	1,1	8	0,9	1	0,3
Total	128	36,3	461	50,7	627	76,7	120	33,1
Appalachiens								
Conglomérat	115	32,6	129	14,2	31	3,8	33	9,1
Grès	100	28,3	273	30,0	133	16,3	147	40,5
Quartzite	3	0,9	12	1,3	6	0,7	28	7,7
Schiste	7	2,0	34	3,8	18	2,2	35	9,6
Calcaire	0	–	0	–	2	0,2	0	–
Total	225	63,7	448	49,3	190	23,3	243	66,9



Jean-Claude Dionne

- Figure 7. Méga-bloc de gneiss subarrondi, à la surface de la batture argileuse inférieure dans le secteur C; taille: 300 × 210 × 135 cm; masse: 17 tonnes.
- Figure 8. Méga-bloc de grès subarrondi sur dallage de cailloux près de la limite des basses mers recouvrant la batture argileuse dans le secteur B. Ce bloc a été déplacé récemment par un radeau de glace; taille: 345 × 240 × 245 cm; masse: 43 tonnes.
- Figure 9. Méga-bloc de conglomérat calcaire subarrondi, de forme ovale et subarrondie, à la surface de la batture argileuse dans le secteur A; taille: 630 × 320 × 210 cm; masse: 90 tonnes.
- Figure 10. Grande dalle de schiste subarrondie et de source locale, à la surface de la batture argileuse dans le secteur A; taille: 460 × 145 × 75 m; masse: 10 tonnes.

Tableau 4. Nombre et importance relative (%) des méga-blocs de la batture argileuse, à Saint-Fabien-sur-Mer, selon les classes de façonnement et leur origine.

Précambriens				Appalachiens			
Catégorie	N	% A	% B	Catégorie	N	% A	% B
				AN	6	0,2	0,5
AN-SAN	4	0,01	0,03	AN-SAN	58	2,4	5,2
SAN	33	1,6	2,5	SAN	175	7,2	15,8
SAN-SAR	273	11,2	20,4	SAN-SAR	513	21,0	46,4
SAR	612	25,1	45,8	SAR	322	13,2	25,1
SAR-AR	328	13,4	24,6	SAR-AR	30	1,2	2,7
AR	86	3,5	6,4	AR	2	0,08	0,2
Total	1 336	54,8	99,7	Total	1 106	45,2	99,9

Tableau 5. Lithologie, taille et masse estimée des 10 plus gros blocs précambriens et appalachiens de la batture argileuse, à Saint-Fabien-sur-Mer.

Lithologie	Taille (en cm)	Masse (en tonne)	Façonnement
Précambriens			
Gneiss	430 × 425 × 100	69	SAR
Gneiss	400 × 335 × 250	63	SAR
Gneiss	340 × 320 × 160	36	SAR
Granite	315 × 250 × 230	36	SAR
Gneiss	310 × 225 × 185	25	SAR
Granite	405 × 220 × 125	22	SAR
Granite	365 × 160 × 150	20	SAN
Granite	340 × 240 × 105	18	SAR-AR
Gneiss	325 × 250 × 110	17,9	SAR-AR
Granito-gneiss	300 × 210 × 135	17	SAR-AR
Appalachiens			
Conglomérat	1050 × 600 × 400	440	SAN-SAR
Schiste	1050 × 250 × 450	206	SAN
Grès	545 × 450 × 300	140	SAR
Grès	700 × 450 × 175	138	SAN-SAR
Conglomérat	600 × 535 × 200	128	SAR
Grès	490 × 400 × 250	104	SAN-SAR
Conglomérat	600 × 320 × 230	90	SAN-SAR
Grès	465 × 300 × 200	59	SAR-AR
Conglomérat	465 × 360 × 170	53	SAN-SAR
Conglomérat	375 × 255 × 260	47	SAR

et 12), soit 9 précambriens et 14 appalachiens (tableau 7). La masse de ces blocs varie de 2,1 à 47 tonnes, avec une médiane de 11,5. La longueur des déplacements est plutôt modeste : 1 à 2 m pour 39 % des blocs, 2 à 4 m pour 48 %, 8 à 10 m pour 9 % et 4 % pour les déplacements supérieurs à 10 m.

Tableau 6. Nombre de méga-blocs précambriens et appalachiens inventoriés sur la batture argileuse à Saint-Fabien-sur-Mer, en fonction de classes de masse.

Classe (tonnes)	Précambriens		Appalachiens		Total	
	N	%	N	%	N	%
1 à 2	827	33,9	446	18,3	1273	52,1
2 à 3	274	11,2	217	8,9	491	20,1
3 à 5	140	5,7	156	6,4	296	12,1
5 à 10	72	2,9	132	5,4	204	8,4
Plus de 10	23	1,0	155	6,3	178	7,3

Le poids des 3 blocs accusant les plus longs déplacements est 2,8 tonnes pour un déplacement de 40 m, 8,9 tonnes pour un déplacement de 10 m et 35 tonnes pour un déplacement de 8 m. La direction des déplacements fut à 83 % en direction de la mer, les autres vers la rive.

Discussion

Origine, transport et mise en place des méga-blocs

L'endroit d'où proviennent la plupart des méga-blocs de la batture argileuse, à Saint-Fabien-sur-Mer, demeure difficile à préciser. Par contre, on sait depuis longtemps que les lithologies ignées et métamorphiques appartiennent aux formations précambriennes du Bouclier laurentidien situé au nord de la vallée du Saint-Laurent (Avramtchev, 1995), alors que les lithologies sédimentaires détritiques, y compris certains quartzites, appartiennent aux formations appalachiennes, en particulier à celles du Cambro-ordovicien et de l'Ordovicien de la bande côtière de la rive sud de l'estuaire (Tremblay et Bourque, 1991). Si, à Saint-Fabien-sur-Mer, de rares méga-blocs de calcaire non fossilifères provenant des formations du Silurien ont été trouvés, il y a plusieurs cailloux fossilifères de petite taille sur le rivage. De même, nous n'avons observé aucun méga-bloc de conglomérat contenant des coraux alors qu'il y en a dans plusieurs localités situées en aval. Compte

Tableau 7. Caractéristiques des 23 méga-blocs glaciels avec déplacement mesurable sur la batture argileuse, à Saint-Fabien-sur-Mer.

Lithologie	Taille (en cm)	Poids (en tonne)	Façonnement	Longueur du déplacement (m)	Direction du déplacement
Conglomérat	375 × 255 × 20	47	SAN-SAR	2	Vers mer
Granite	315 × 250 × 20	36	SAR	4	Vers rive
Grès	275 × 255 × 25	35	SAN	8	Vers mer
Grès	260 × 225 × 20	34	SAN-SAR	2	Vers rive
Gneiss	310 × 225 × 15	25	SAR	1	Vers mer
Conglomérat	345 × 150 × 10	17,6	SAR	3	Vers mer
Conglomérat	230 × 225 × 15	16,8	SAR-AR	1	Vers mer
Conglomérat	290 × 190 × 15	16	SAR	2	Vers mer
Grès	200 × 180 × 10	13,8	SAR-AR	3	Vers mer
Conglomérat	215 × 140 × 25	13	SAR	1,5	Vers mer
Grès	260 × 140 × 10	11,6	SAN-SAR	1,5	Vers mer
Conglomérat	300 × 160 × 10	11,5	SAN-SAR	1,5	Vers mer
Conglomérat	215 × 210 × 10	11	SAN-SAR	3	Vers mer
Conglomérat	235 × 140 × 10	11	SAN-SAR	2	Vers mer
Gneiss	225 × 200 × 110	10,5	SAN-SAR	2	Vers mer
Granite	225 × 220 × 90	8,9	SAR	10	Vers mer
Conglomérat	280 × 200 × 70	7,8	SAN	2	Vers mer
Gneiss	180 × 135 × 100	5,5	SAN-SAR	1,5	Vers mer
Gneiss	230 × 100 × 115	5,3	SAN-SAR	1,5	Vers mer
Gneiss	165 × 150 × 105	5,2	SAR	2	Vers mer
Gneiss	175 × 140 × 105	4,6	SAR	1,5	Vers rive
Granite	200 × 165 × 105	2,8	AR	40	Vers mer
Conglomérat	125 × 80 × 105	2,1	SAN-SAR	1,5	Vers rive

tenu de la géographie du lieu et des événements géologiques survenus au Pléistocène, nous croyons que la majorité des éléments précambriens proviennent de la région située en face, soit le secteur compris entre Tadoussac et Forestville (Rondot, 1986). Les éléments appalachiens, eux, proviennent, en grande partie, des crêtes rocheuses de la bande côtière, entre Trois-Pistoles et Rimouski.

La plupart des erratiques de taille métrique de la batture argileuse, à Saint-Fabien-sur-Mer, ont d'abord été déplacés par les glaciers, durant le Pléistocène, vers la vallée du Saint-Laurent. Ces déplacements sont associés, d'une part, à un grand courant de glace de l'inlandsis Laurentidien qui s'écoulait vers le sud-est et, d'autre part, par des courants de glace de la calotte appalachienne résiduelle, quand vers la fin du Pléistocène, l'écoulement s'est effectué vers le nord et le nord-est (Rappol, 1993; Occhietti et collab., 2001).

À Saint-Fabien-sur-Mer, les méga-blocs étant dans de l'argile marine ou reposant à sa surface et en l'absence de dépôts glaciaires connus en bordure du littoral actuel, les blocs ont forcément été mis en place dans la Mer de Goldthwait, vraisemblablement par des icebergs issus à la fois du front glaciaire de l'inlandsis Laurentidien, alors situé sur la rive

nord de l'estuaire, ainsi que du front glaciaire appalachien en bordure de la rive sud (Hétu, 1998). Plusieurs méga-blocs de grès et de conglomérat proviennent visiblement de la grande crête rocheuse appalachienne en bordure de la baie. À la suite du départ du glacier et à la décompression du substrat rocheux, ils sont tombés par gravité. Toutefois, plusieurs erratiques appalachiens sont des blocs façonnés bien arrondis visiblement d'origine glaciaire (figure 13). Si les glaciers ont joué un rôle dans leur détachement de la crête rocheuse littorale, ils ne les ont probablement pas mis en place directement. C'est le cas des blocs géants de conglomérat et de grès au pied du talus formant la partie supérieure du rivage dans le secteur méridional de l'anse au Flacon; certains de ces blocs sont parfois partiellement enfouis dans l'argile marine datée à 10 900 ans BP (figure 14). En l'absence d'indices sérieux, il demeure difficile d'affirmer que les énormes fragments anguleux ont été délogés par le glacier s'écoulant vers la vallée du Saint-Laurent à la fin du Pléistocène ou s'ils résultent plutôt de la décompression du substrat rocheux. Les 2 processus semblent avoir joué un rôle.

Compte tenu de la grande quantité des erratiques précambriens de toutes tailles sur la batture argileuse à Saint-Fabien-sur-Mer, l'existence d'une intense activité glacielle liée



11



12



13



14

Jean-Claude Dionne

Figure 11. Méga-bloc de grès sur argile, dans le secteur C, à proximité de la plate-forme rocheuse. Ce bloc fut redressé et déplacé récemment par la glace de 2 m vers la rive; taille: 290 x 260 x 225 cm; masse: 34 tonnes.

Figure 12. Méga-bloc de conglomérat calcaire avec une rainure arrière de 2 m de longueur. Ce bloc fut redressé et déplacé récemment vers la rive, dans le secteur C; taille: 375 x 255 x 260 cm; masse: 47 tonnes.

Figure 13. Méga-bloc de conglomérat calcaire sur le haut du rivage, au pied du talus d'éboulis, dans le secteur A. Ce bloc glaciaire arrondi repose sur un substrat argileux fossilifère daté à 10,9 ka BP; taille: 400 x 385 x 345 cm; masse: 115 tonnes.

Figure 14. Bloc géant de conglomérat calcaire subarrondi à demi enfoui dans la batture argileuse, secteur B; taille: 1050 x 600 x 400 cm; masse: 440 tonnes.

aux icebergs dans la Mer de Goldthwait, entre 14 et 10 ka, s'avère nécessaire. Plus de 54 % des méga-blocs de la batture argileuse, à Saint-Fabien-sur-Mer, proviennent du Bouclier laurentidien situé sur la rive nord de l'estuaire, à une distance minimale de 25 à 35 km (figure 2). Si les cailloux de petite à moyenne taille peuvent aussi être transportés par des radeaux de glace issus de la banquise (Dionne, 1972), les plus gros sont plutôt de la compétence des icebergs. Bref, ces derniers sont vraisemblablement le principal agent de transport sur de grandes distances des éléments précambriens quelle que soit leur taille.

Compte tenu des nombreux articles publiés au cours des 4 dernières décennies sur les erratiques précambriens des battures argileuses de la rive sud du Saint-Laurent estuarien (Dionne, 2011a), y compris celles du parc du Bic, il est étonnant de constater que certains attribuent encore aux glaciers leur transport vers la rive sud (p. ex. Neumeier, 2011 : 2536), même si Coleman (1925 : 11-12) l'a attribué, il y a près de 100 ans, à la glace flottante.

Il y a 3 agents possibles pour expliquer la mise en place des méga-blocs de la rive sud de l'estuaire du fleuve Saint-Laurent : la glace de l'inlandsis Laurentidien, les icebergs et les

glaces de banquise. Je favorise nettement le transport par les icebergs, à cause de la taille de ces blocs souvent énormes.

Quant aux blocs appalachiens, la majorité provient des crêtes rocheuses de la bande côtière (Dionne, 2003, 2004). Comme dans le cas des précambriens, une partie des méga-blocs a d'abord été déplacée vers la rive sud de l'estuaire par des courants de glace de la calotte appalachienne résiduelle avant d'être délestés dans la Mer de Goldthwait par des icebergs.

À Saint-Fabien-sur-Mer, tous les blocs ne sont pas forcément libres à la surface de la batture. Plusieurs sont, à des degrés divers, enfouis dans l'argile, parfois jusqu'à 90-95 %. La grande concentration de blocs de toutes tailles à la surface de la batture résulte en grande partie de l'érosion de l'argile mise en place dans la mer postglaciaire au cours de l'Holocène moyen et supérieur. Ce résidu grossier (*boulder lag*) est demeuré sur place, mais il a sans doute été remanié, en partie du moins, par des radeaux de glace. À notre connaissance, les apports lointains (plusieurs kilomètres) de blocs de petite et moyenne tailles furent probablement rares.

En ce qui concerne l'agent ou le processus de déplacement, il faut rappeler ici que les blocs pesant plus d'une tonne

ne sont évidemment pas déplacés par les grandes ondes de tempête, ni par les raz de marée ou les tsunamis comme cela se produit sur certains littoraux océaniques. Leur déplacement est plutôt attribuable aux radeaux de glace saisonniers entraînés par les courants de la marée et le vent (Dionne, 1988b).

Conclusion

À Saint-Fabien-sur-Mer, la batture argileuse constitue un géomorphosite d'accès facile et particulièrement intéressant, situé à proximité du parc National du Bic. Bien qu'elle soit représentative d'autres localités de la rive sud de l'estuaire maritime du Saint-Laurent, cette grande batture possède ses propres caractéristiques. Il s'agit d'une surface d'érosion taillée, au cours de l'Holocène, dans de l'argile marine fossilifère mise en place, il y a plus de 10 000 ans BP. Des milliers de cailloux de nature et de tailles variées parsèment ou tapissent la surface, alors que plusieurs sont encore enfouis, à des degrés divers dans le substrat meuble témoignant ainsi de leur mise en place durant l'épisode de la Mer de Goldthwait.

Les méga-blocs constituent une composante importante de la batture, en particulier en raison de leur taille, de leur lithologie et du degré élevé de façonnement d'un grand nombre d'entre eux. À l'instar des cailloux de petite à moyenne taille (20-60 cm), ils sont composés de lithologies appartenant à 2 grandes provinces géologiques. Les méga-blocs précambriens ou lointains comptent, en effet, pour plus de la moitié, même si le Bouclier laurentidien, d'où ils proviennent, est situé sur la rive nord de l'estuaire maritime à plus de 25-35 km et est séparé de la rive sud par une profonde vallée sous-marine. Par ailleurs, les méga-blocs appalachiens sont en grande partie issus des crêtes rocheuses de la bande côtière se dressant entre Trois-Pistoles et Rimouski.

À Saint-Fabien-sur-Mer, la batture demeure un des sites de la rive sud où les méga-blocs appalachiens sont les plus imposants (tableau 8). En effet, les plus gros pèsent 440 et 206 tonnes. À Saint-Flavie, par exemple, la masse des 2 plus gros erratiques appalachiens (des grès calcaires), est de 200 et 190 tonnes. Dans le parc National du Bic, les 3 plus gros appalachiens (des conglomérats) pèsent respectivement 192, 152 et 145 tonnes. Bien que la taille des précambriens soit plus modeste, les 2 plus imposants, à Saint-Fabien-sur-Mer, pèsent 69 et 63 tonnes, alors qu'à Sainte-Luce-sur-Mer, les 2 plus gros atteignent 85 et 59 tonnes; dans le parc National du Bic, les 3 plus gros précambriens pèsent respectivement 58, 56 et 50 tonnes.

Une autre caractéristique des méga-blocs mérite d'être soulignée, soit le degré de façonnement élevé des précambriens de Saint-Fabien-sur-Mer. En effet, 76,6 % sont dans les classes SAR à AR, contre 28 % pour les appalachiens.

De nos jours, le rôle des radeaux de glace comme agent de déplacement local des méga-blocs est cependant moins important à Saint-Fabien-sur-Mer que dans plusieurs autres localités de la rive sud, notamment celles de l'Isle-Verte, Rimouski, Sainte-Luce-sur-Mer, Sainte-Flavie et Mitis.

Tableau 8. Caractéristiques des 4 plus gros blocs erratiques de quelques battures argileuses de la rive sud de l'estuaire du Saint-Laurent d'après les travaux de l'auteur.

Localité	Lithologie	Taille (cm)	Poids (tonne)
Saint-Fabien-sur-Mer	Conglomérat	1050 × 600 × 400	440
	Schiste	1050 × 250 × 450	206
	Grès calcaire	545 × 450 × 300	140
Le Portage	Grès	700 × 450 × 175	138
	Grès	775 × 550 × 300	270
	Grès	725 × 500 × 260	220
	Grès quartzitique	650 × 500 × 265	183
	Grès quartzitique	650 × 480 × 275	182
Cacouna	Granite	360 × 360 × 305	60
	Grès	375 × 260 × 175	40
	Grès	425 × 275 × 140	39
Isle-Verte	Grès	340 × 305 × 150	36
	Granite	700 × 650 × 225	205
	Quartzite	510 × 325 × 215	68
	Grès quartzitique	600 × 360 × 145	68
	Grès	540 × 410 × 155	68
Parc du Bic	Conglomérat	900 × 335 × 300	192
	Conglomérat	680 × 520 × 230	152
	Conglomérat	650 × 515 × 230	145
	Conglomérat	525 × 340 × 160	95
Sainte-Luce-sur-Mer	Granite	500 × 370 × 205	85
	Conglomérat à coraux	470 × 470 × 205	80
	Conglomérat calcaire	500 × 450 × 180	76
	Grès calcaire	440 × 370 × 250	75
	Grès calcaire	750 × 415 × 325	200
Sainte-Flavie	Grès à coraux	600 × 400 × 350	190
	Calcaire à coraux	410 × 400 × 300	98
	Grès à coraux	400 × 300 × 350	95

La présente étude confirme le rôle majeur des icebergs comme agent de transport et de mise en place des méga-blocs à une époque durant laquelle les fronts glaciaire, appalachien et laurentidien, étaient situés en bordure de la Mer de Goldthwait.

Par rapport à d'autres littoraux du Québec (Dionne et Bernatchez; 2000; Lauriol et Gray, 1980), l'originalité du site de

Saint-Fabien-sur-Mer demeure la nature argileuse de la batture recouverte d'erratiques de lithologies variées provenant de 2 grandes provinces géologiques fort différentes.

Si, à première vue, les milliers de cailloux à la surface de la batture peuvent être perçus comme une nuisance, en particulier pour la navigation riveraine, leur rôle écologique sur la flore et la faune intertidale se révèle déterminant (Prat, 1933; Chabot et Rossignol, 2003). Il en est de même de leur rôle géomorphologique, qui consiste à atténuer l'énergie des vagues et de protéger le substrat argileux contre l'érosion. Bien que de nos jours, le prélèvement de blocs soit interdit, cela n'a pas été le cas dans le passé, de sorte qu'un grand nombre de cailloux furent jadis récoltés pour différents usages, en particulier pour la maçonnerie (Coleman, 1925:12; McGerrigle, 1985). Ce facteur mérite donc d'être mentionné et pris en compte lors du calcul du pourcentage des éléments précambriens et appalachiens. À Saint-Fabien-sur-Mer, par exemple, sur un total de 6 166 cailloux utilisés dans divers ouvrages de maçonnerie (maisons et murets), les éléments précambriens comptent pour 74,6%. ◀

Références

- AVRAMTSCHEV, L., (édit.), 1995. Carte géologique du Québec. Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec. DPV-84-02, carte n° 2000, échelle 1 : 500 000.
- CAILLEUX, A. et J. TRICART, 1959. Initiation à l'étude des sables et des galets. Tome 1. Centre de Documentation Universitaire (CDU), Paris, 376 p.
- CHABOT, R. et A. ROSSIGNOL, 2003. Algues et faune du littoral du Saint-Laurent maritime. Guide d'identification. Institut des Sciences de la mer (ISMER), Rimouski, et Institut Maurice-Lamontagne, Mont-Joli, 113 p.
- COLEMAN, A.P., 1925. Physiographie et géologie glaciaire de la péninsule de Gaspé, Québec. Commission géologique du Canada, Ottawa, Bulletin 34, 54 p.
- DAWSON, J.W., 1886. Note on boulder drift and sea margins at Little Mitis, Lower St. Lawrence. Canadian Record of Science, 2 (1): 36-38.
- DIONNE, J.-C., 1966. Carte morpho-sédimentologique de la région de Rimouski (22 C/7). Bureau d'Aménagement de l'Est du Québec (BAEQ), Mont-Joli et Office de planification et de Développement du Québec (OPDQ), Québec, cartes manuscrites, échelle 1 : 50 000.
- DIONNE, J.-C., 1970. Aspects morpho-sédimentologiques du glacial, en particulier des côtes du Saint-Laurent. Laboratoire de recherches forestières des Laurentides, Québec, Rapport d'information Q-F-X-9, 324 p.
- DIONNE, J.-C., 1972. Caractéristiques des blocs erratiques des rives de l'estuaire du Saint-Laurent. Revue de Géographie de Montréal, 26: 125-152.
- DIONNE, J.-C., 1979. Les blocs d'estran à Saint-Fabien-sur-Mer, estuaire maritime du Saint-Laurent, Québec. Maritime Sediments, 15: 5-13.
- DIONNE, J.-C., 1988a. Évidence d'un bas niveau marin à l'Holocène, à Saint-Fabien-sur-Mer, estuaire du Saint-Laurent. NOROIS, 35: 19-34.
- DIONNE, J.-C., 1988b. Ploughing boulders along shorelines with particular reference to the St. Lawrence estuary. Geomorphology, 1: 297-308.
- DIONNE, J.-C., 2001a. Le tombolo du cap Enragé, parc du Bic, Bas-Saint-Laurent. Géographie physique et Quaternaire, 55: 181-191.
- DIONNE, J.-C., 2001b. Observations géomorphologiques sur les méga-blocs d'un schorre à *Spartina alterniflora*, estuaire du Saint-Laurent, Québec. Géomorphologie : relief-processus-environnement, 7: 243-255.
- DIONNE, J.-C., 2003. Observations géomorphologiques sur les méga-blocs du secteur sud-est de la batture argileuse de la baie à l'Original, au parc du Bic, dans le Bas-Saint-Laurent (Québec). Géographie physique et Quaternaire, 57: 95-101.
- DIONNE, J.-C., 2004. Les méga-blocs de la batture argileuse du secteur sud-ouest de la baie à l'Original (parc du Bic). Le Naturaliste canadien, 128 (2): 99-105.
- DIONNE, J.-C., 2006. La baie du Haha dans le parc national du Bic: un géomorphosite à mettre en valeur. Le Naturaliste canadien, 130 (2): 80-89.
- DIONNE, J.-C., 2010. La batture argileuse à méga-blocs de la baie du Bic: aspects morpho-sédimentologiques. Le Naturaliste canadien, 134 (1): 82-89.
- DIONNE, J.-C., 2011a. Liste des publications de Jean-Claude Dionne sur les blocs et méga-blocs de la batture dans l'estuaire du Saint-Laurent. Bulletin de l'AQQUA, 36 (2): 27-30.
- DIONNE, J.-C., 2011b. Les méga-blocs de la batture entre Sainte-Luce-sur-Mer et Sainte-Flavie, estuaire maritime du Saint-Laurent. Le Naturaliste canadien, 135 (2): 49-56.
- DIONNE, J.-C., et S. POITRAS, 1998. Geomorphic aspects of mega-boulders at Mitis Bay, Lower St. Lawrence estuary, Québec, Canada. Journal of Coastal Research, 14: 1054-1064.
- DIONNE, J.-C. et P. BERNATCHEZ, 2000. Les erratiques de dolomie sur le rivage des Escoumins, côte nord de l'estuaire maritime du Saint-Laurent, Québec. Atlantic Geology, 36: 117-129.
- DOWDESWELL, J.A. et J.D. SCOURSE, (édit.), 1990. Glaci-marine environments, processes and sediments. Geological Society of London, Special Paper 53, 423 p.
- DREWRY, D., 1986. Glaci-marine processes and sedimentation: icebergs and sea-ice. Dans: D. DREWRY (édit.). Glacial geological processes. Edward Arnold, London, 276 p.
- HÉTU, B., 1998. La déglaciation de la région de Rimouski, Bas-Saint-Laurent (Québec): indices d'une récurrence glaciaire dans la Mer de Goldthwait entre 12 400 et 12 000 BP. Géographie physique et Quaternaire, 53: 325-347.
- LAJOIE, J., 1972. Région de Rimouski et du lac des Baies (moitié ouest), comtés de Rimouski et de Rivière-du-Loup. Ministère des Richesses naturelles, Québec, Rapport manuscrit DP-64, 41 p.
- LAURIOL, B. et J.T. GRAY, 1980. Processes responsible for the concentration of boulders in the intertidal zone in Leaf Basin, Ungava. Geological Survey of Canada, Paper 80-10: 281-292.
- LISITZIN, A.P., 2002. Sea ice and iceberg sedimentation in the oceans: Recent and Past. Springer, Berlin/New York, 563 p.
- McGerrigle, H.W., 1985. Tour géologique de la Gaspésie. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec, Rapport GT-1, 212 p.
- MOLNIA, B.F., (édit.), 1983. Glacial-marine Sedimentation. Plenum Press, New York, 844 p.
- NEUMEIER, U., 2011. Boulder transport by ice on a St. Lawrence salt-marsh, pattern of pluriannual movements. Dans: W.P. ROSATI ET J.D. ROBERTS, (édit.). The Proceedings of the Coastal Sediments 2011. World Scientific Publishing, Miami, p. 2533-2545.
- OCCHIETTI, S., M. PARENT, W.W. SHILTS, J.-C. DIONNE, E. GOVARE et D. HARMAND, 2001. Late Wisconsinian glacial dynamics, deglaciation and marine invasion in southern Québec. Geological Society of America, Special Paper 351: 243-370.
- POWELL, R. et E. DOMACK, 1995. Modern glaciomarine environments. Dans: MENZIES, J. (édit.). Modern glacial environment. Processes, dynamics and sediments. Burtterworth Heineman, Oxford, p. 445-486.
- PRAT, H., 1933. Les zones de végétation et le faciès des rivages du Saint-Laurent au voisinage de Trois-Pistoles. Le Naturaliste canadien, 60: 93-136.
- RAPPOL, M., 1993. Ice flow and glacial transport in Lower St. Lawrence, Québec. Geological Survey of Canada, Ottawa, Paper 90-19, 28 p.
- RONDOT, J., 1986. Géologie de la région de Forestville – Les Escoumins. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec, Rapport géologique ET 85-05, 47 p.
- TREMBLAY, G., 1967. Observations et mesures sur les blocs glaciels du cap à l'Original. Cahiers de géographie de Québec, 11: 402-411.
- TREMBLAY, P. et P.A. BOURQUE, (édit.), 1991. Carte géotouristique du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec, Carte GT-91-03; échelle, 1 : 500 000.