Département de géomatique appliquée

Université de Sherbrooke

Aspects géomorphologiques de la batture à blocs entre Sainte-Luce-sur-Mer et Sainte-Flavie, côte sud de l'estuaire maritime du Saint-Laurent

Jean-Claude Dionne
Département de géographie, Université Laval

Bulletin de recherche nº 185

ISSN 1713-7667

Décembre 2009

Résumé

D'une longueur d'environ 11 km, le secteur entre la pointe aux Bouleaux (à l'est de l'anse aux Coques) et le quai de Sainte-Flavie, est caractéristique de la rive sud de l'estuaire du Saint-Laurent. Rectiligne dans son ensemble, mais menacée par l'érosion, la ligne de rivage est aujourd'hui en grande partie artificialisée par des murs de béton ou de bois et par des enrochements. Le rivage actuel comprend trois zones. La première, dans la partie supérieure, qui est un cordon littoral de sable et gravier, avec une pente de 5 º à 7 º et une largeur de 20 à 30 m, ourle le pied d'une petite falaise délimitant la terrasse Mitis. Lui succède vers le large une plate-forme rocheuse remarquablement plane et d'une largeur variant de 30 à 100 m et taillée dans les schistes argileux d'âge ordovicien. Puis, dans la partie médiane et inférieure de l'estran, se présente une batture argileuse parfois voilée de bancs de sable, en grande partie tapissée de blocs disposés en dallages plus ou moins denses et capitonnée de méga-blocs épars.

Trois séries de relevés faits sur une période d'une douzaine d'années concernent les caractéristiques des cailloux de petites à moyenne taille (25-60 cm) formant des dallages, les méga-blocs épars et les cailloux de dolomie. La nature lithologique des blocs comprend deux grandes catégories : précambriens et appalachiens. Sur les 56 072 cailloux des dallages examinés, les précambriens comptent pour 48,4 % et les appalachiens pour 51,5 %. Sur les 2 845 méga-blocs mesurés, il y a 50,5 % de précambriens et 47,8 % d'appalachiens dont un fort pourcentage d'éléments provenant de l'intérieur des terres, notamment des formations sédimentaires carbonatées du Silurien. Un total de 1 093 cailloux de dolomie, dont une dizaine à stromatolites, ont aussi été observés dans ce secteur.

Le degré de façonnement (émoussé) des méga-blocs est beaucoup plus élevé pour les précambriens, soit 51,3 % dans la catégorie subarrondie contre 14,8 % pour les appalachiens.

Les méga-blocs appalachiens sont plus gros que les précambriens : 14,3 % pèsent plus de 10 t contre 0,5 % et 35,3 % pèsent entre 1 et 2 t alors qu'il y en a 51,4 % pour les précambriens. Les deux plus gros blocs appalachiens pèsent environ 190 t chacun, alors que les deux plus gros précambriens pèsent respectivement 85 et 59 t. L'origine, le mode transport et de mise en place des cailloux ainsi que leur signification sont expliqués. Une quarantaine de tableaux contiennent l'essentiel des données sur le terrain.

Abstract

Geomorphic aspects of a boulder strewn shore platform on the south shore of the Lower St. Lawrence estuary

Approximately 11 km long, the coastal area between Pointe aux Bouleaux (east of anse aux Coques at Sainte-Luce-sur-Mer) and the wharf at Sainte-Flavie, is a typical shoreline of the Lower St. Lawrence estuary. Remarkably straight, this shore line, severely affected by wave erosion, is almost entirely protected by wooden and concrete walls or by stones dykes. The shore line is characterized by three geomorphic units: a sandy gravel upper beach, 20 to 30 m wide, sloping seaward 5 º - 7 º, which is set at the foot of a small cliff in front of the Mitis terrace ; this unit is followed seaward by a levelled rock platform, 30 to 100 m wide, cut into Ordovician mudrocks ; occurring in the lower intertidal zone, the third unit is a clay platform mostly covered with small to medium size boulders of various lithologies concentrated in broad pavements with scattered mega-boulders weighing many metric tons.

Three series of survey were made over a period of 13 years dealing with the characteristics of the small to medium size boulders, the mega-boulders and the dolostone erratics. Boulders belong to two main groups : Precambrian and Appalachian formations respectively located on the north and south shore of the Lower St.Lawrence valley. Of the 56 072 pavement boulders examined, 48.4 % are Precambrian lithologies and 51.5 % of Appalachian lithologies. Of the 2 845 mega-blouders identified and measured, 50.5 % are Precambrian and 47,8 % are Appalachian rocks with a large amount of erratics from the Silurian formations occurring inland in the Appalachian area. Up to 1 093 dolostone erratics including a dozen clasts with stromatolites were also observed, identified and measured.

Roundness degree of mega-boulder is higher (51.3 %) for Precambrian erratics compared to Appalachian (14.8 %). But Appalachian mega-boulders are larger than Precambrian : 14.3 % weighing over 10 t whereas 51.4 %. Precambrians do not exceed 2 t. The two largest Appalachian mega-boulders located at the lower tide level weigh approximately 190 t each whereas the weight of the two largest Precambrian mega-boulders is respectively 85 and 50 t. Origin, processes of transportation and release, and significance are discussed. About 40 tables summarized the main field data.

Adresse : 2761, rue de Valcourt, Québec, Qc, G1W 1V9
Courriel : dionne.morissette@videotron.ca

Table des matières

Liste des figures v

Liste des tableaux vi

Remerciements ix

Avant-propos ix

1. Introduction 1

2. Caractéristiques du milieu 2

3. Données générales 9

4. Observations de terrain et résultats 10

4.1. Nature lithologique des petits et moyens blocs 10

4.2. Les erratiques de dolomie 12

4.3. Les méga-blocs 14

4.3.1. Nature lithologique 14

4.3.2. Morphométrie (façonnement et émoussé) 15

5. Origine, transport et mise en place des blocs 34

5.1. Source des erratiques 34

5.2. Mode de transport et de mise en place 35

6. Originalité et importance du site 37

7. Conclusion 40

8. Références 41

Annexe : détails sur les photographies de la figure 4 46

Liste des figures

Figure 1 : Carte de localisation du secteur étudié entre Sainte-Luce-sur-Mer et Sainte-Flavie, côte sud de l'estuaire du Saint-Laurent 2

Figure 2 : Photographie aérienne du secteur limitrophe des deux municipalités de Sainte-Luce-sur-Mer et de Sainte-Flavie montrant les composantes de la ligne de rivage Micmac …… 3

Figure 3 : Coupe schématique transversale du littoral montrant les composantes du rivage entre Sainte-Luce-sur-Mer et Sainte-Flavie …… 3

Figure 4 : Phtotographies caractéristiques du littoral du secteur d'étude …… 5

Figure 5 : Carte sommaire de la région du secteur étudié sur la rive sud de l'estuaire montrant les Appalaches, le Bouclier laurentidien et la vallée sous-marine (en gris) du Saint-Laurent …….... 12

Figure 6 : Carte géologique sommaire de la région appalachienne entre Trois-Pistoles et Rivière-Blanche montrant l'emplacement géographique des diverses formations rocheuses …… …... 35

Liste des tableaux

Tableau 1 : Lithologie des blocs d'estran* entre Sainte-Luce-sur-Mer et Sainte-Flavie (moyenne en pourcentage) …… 10

Tableau 2 : Blocs de dolomie sur la batture entre Sainte-Luce-sur-Mer et Sainte-Flavie, côte sud de l'estuaire du Saint-Laurent …… 13

Tableau 3 : Façonnement et émoussé des blocs de dolomie de la batture entre Sainte-Luce-sur-mer et Sainte-Flavie, côte sud de l'estuaire du Saint-Laurent …….. 13

Tableau 4 : Méga-blocs sur le rivage entre Sainte-Luce-sur-Mer et Sainte-Flavie …… …… 14

Tableau 5 : Méga-blocs précambriens sur le rivage entre Sainte-Luce-sur-Mer et Sainte-Flavie …… 15

Tableau 6 : Méga-blocs appalachiens sur le rivage entre Sainte-Luce-sur-Mer et Sainte-Flavie …… 15

Tableau 7 : Morphométrie (façonnement-émoussé) des méga-blocs précambriens entre Sainte-Luce-sur-Mer et Sainte-Flavie …… 16

Tableau 8 : Morphométrie (façonnement-émoussé) des méga-blocs appalachiens entre Sainte-Luce-sur-Mer et Sainte-Flavie …… 17

Tableau 9 : Degré de façonnement-émoussé des méga-blocs sur la batture entre Sainte-Luce-sur-Mer et Sainte-Flavie (pourcentage par rapport à chaque lithologie) …. 18

Tableau 10 : Méga-blocs sur la batture entre Sainte-Luce-sur-Mer et Sainte-Flavie (pourcentage par rapport à chaque lithologie) …….. 18

Tableau 11 : Méga-blocs sur la batture entre Sainte-Luce-sur-Mer et Sainte-Flavie (en pourcentage par lithologie) …… 19

Tableau 12 : Degré de façonnement des méga-blocs sur la batture entre Sainte-Luce-sur-Mer et Sainte-Flavie …… 20

Tableau 13 : Les dix plus gros blocs sur la batture entre Sainte-Luce-sur-Mer et Sainte-Flavie …… 20

Tableau 14 : Les dix plus gros blocs précambriens sur la batture de Sainte-Luce-sur-Mer …. 21

Tableau 15 : Les dix plus gros blocs appalachiens sur la batture de Sainte-Luce-sur-Mer …. 21

Tableau 16 : Les dix plus gros blocs précambriens sur la batture de Sainte-Flavie …… 22

Tableau 17 : Les dix plus gros blocs appalachiens sur la batture de Sainte-Flavie …… 22

Tableau 18 : Les dix plus gros méga-blocs de granite sur la batture de Sainte-Luce-sur-Mer . 22

Tableau 19 : Les dix plus gros méga-blocs de gneiss sur la batture de Sainte-Luce-sur-Mer . 23

Tableau 20 : Les dix plus gros méga-blocs de granite sur la batture de Sainte-Flavie …… 23

Tableau 21 : Les dix plus gros méga-blocs de gneiss sur la batture de Sainte-Flavie ……. 23

Tableau 22 : Les dix plus gros méga-blocs de grès sur la batture de Sainte-Luce-sur-Mer … 24

Tableau 23 : Les dix plus gros méga-blocs de conglomérat sur la batture de Sainte-Luce …. 24

Tableau 24 : Les dix plus gros méga-blocs de calcisiltite sur la batture de Sainte-Luce-sur-Mer …… 25

Tableau 25 : Les dix plus gros méga-blocs à coraux sur la batture de Sainte-Luce-sur-Mer .. 25

Tableau 26 : Les dix plus gros méga-blocs de grès sur la batture de Sainte-Flavie …… 25

Tableau 27 : Les dix plus gros méga-blocs calcaire-calsiciltite-calcimicrite sur la batture de Sainte-Flavie …… 26

Tableau 28 : Les dix plus gros méga-blocs à coraux sur la batture de Sainte-Flavie …… 26

Tableau 29 : Poids des méga-blocs par catégorie sur la batture entre Sainte-Luce-sur-Mer et Sainte-Flavie …….. 27

Tableau 30 : Poids en tonnes des méga-blocs précambriens sur la batture entre Sainte-Luce-sur-Mer et Sainte-Flavie (par catégorie) …… 27

Tableau 31 : Poids en tonnes des méga-blocs appalachiens sur la batture de Sainte-Luce-sur-Mer (par catégorie) …… 28

Tableau 32 : Poids en tonnes des méga-blocs appalachiens sur la batture de Sainte-Flavie (par catégorie) …… 28

Tableau 33 : Poids en tonne des méga-blocs précambriens pour les deux secteurs …….. 29

Tableau 34 : Poids en tonne des méga-blocs appalachiens pour les deux secteurs …… 29

Tableau 35 : Méga-blocs avec déplacement mesuré sur la batture entre Sainte-Luce-sur-Mer et Sainte-Flavie …….. 30

Tableau 36 : Méga-blocs glaciels avec déplacement mesuré sur la batture entre Sainte-Luce-

sur-Mer et Sainte-Flavie …… 30

Tableau 37 : Méga-blocs glaciels avec déplacement mesuré sur la batture entre Sainte-Luce-sur-Mer et Sainte-Flavie …… 31

Tableau 38 : Méga-blocs glaciels avec déplacement mesuré sur la batture de Sainte-Luce-sur-Mer …….. 32

Tableau 39 : Méga-blocs glaciels avec déplacement mesuré sur la batture de Sainte-Flavie ... 33

Tableau 40 : Méga-blocs précambriens et appalachiens sur quelques battures de la rive sud de l'estuaire …… 39

Remerciements

Cette étude, qui s'est échelonnée sur plusieurs années et a requis 48 sorties sur le terrain, en particulier pour le relevé des erratiques de dolomie et ceux des méga-blocs, fait partie d'un projet général concernant l'évolution des rives du Saint-Laurent estuarien partiellement subventionné par le Conseil national de recherches du Canada (CRSNG). L'illustration a été préparée par madame Karine Tessier, au Laboratoire de cartographie du Département de géographie de l'Université Laval et le texte a été saisi par madame Pierrette Morissette. Jean-Marie Dubois de l'Université de Sherbrooke a aimablement revu et commenté le manuscrit. Un grand merci à tous les collaborateurs.

Avant-propos

Le présent rapport fournit un aperçu général des aspects géomorphologiques du rivage d'un secteur de la rive sud de l'estuaire maritime du Saint-Laurent. Il contient de nombreuses données sur les caractéristiques des cailloux abondants partout sur l'estran : lithologie, morphométrie et poids. Il offre aussi une explication sur leur origine, leur mode de transport, leur mise en place ainsi que sur leur importance.

Effectués sur une période d'une douzaine d'années, les relevés concernent la nature lithologique des blocs de petite à moyenne taille, les erratiques de dolomie et les caractéristiques des méga-blocs.

Il a pour objectif d'enrichir nos connaissances sur un milieu naturel d'un intérêt indéniable. Puisse cette étude permettre une meilleure compréhension des événements géologiques survenus au cours de l'Holocène, c'est-à-dire les derniers 10 000 ans.

1. Introduction

Le secteur littoral rectiligne entre l'anse aux Coques, à Sainte-Luce-sur-Mer, et Sainte-Flavie est représentatif d'un type de rivage fréquent sur la rive sud de l'estuaire maritime du Saint-Laurent (Dionne, 1963a). Sommairement décrits dans une thèse de maîtrise (Dionne, 1961a), certains aspects furent cependant mentionnés dans diverses publications concernant la rive sud de l'estuaire (Dionne, 1961b, 1962, 1963b, 1967, 1968, 1970, 1972, 1973, 2002a). D'accès facile, puisque la Nationale 132 passe à proximité, on s'étonne de l'absence d'études géomorphologiques approfondies d'un rivage pourtant fréquenté depuis plus d'un siècle. Pour pallier cette lacune, des relevés sur le terrain ont été effectués au cours des deux dernières décennies sur les nombreux cailloux qui caractérisent, à cet endroit, la batture argileuse et la plate-forme rocheuse (Liard, 1972). L'abondance des blocs erratiques d'origine lointaine mérite certainement d'être connue et expliquée. Même chose pour les nombreux méga-blocs provenant des formations carbonatées du Silurien sises à quelques dizaines de kilomètres à l'intérieur des terres, qui, à notre connaissance, ont rarement été signalés dans la littérature scientifique. De plus, la présence d'erratiques de dolomie, une lithologie absente en bordure du littoral de la côte sud et apparemment peu fréquente dans les Appalaches, était, jusqu'à maintenant, demeurée inconnue (Dionne, 2002b, 2003a, 2005).

La présente contribution contient d'abondantes données sur la nature lithologique et sur d'autres caractéristiques des cailloux qui parsèment la batture argileuse et parfois sableuse en surface, ainsi que sur la plate-forme rocheuse et même le cordon littoral sablo-graveleux. En plus de retracer l'origine des erratiques, elle fournit aussi une explication sur leur mode de transport et de mise en place, ainsi que sur leur intérêt paléo-environnemental.

2. Caractéristiques du milieu

D'une longueur d'environ 11 km, le secteur littoral compris entre la pointe aux Bouleaux, à Sainte-Luce-sur-Mer, et le quai de Sainte-Flavie, est grossièrement rectiligne (figure 1). Il comprend cinq unités dont deux émergées facilement repérables sur les figures 2 et 3.

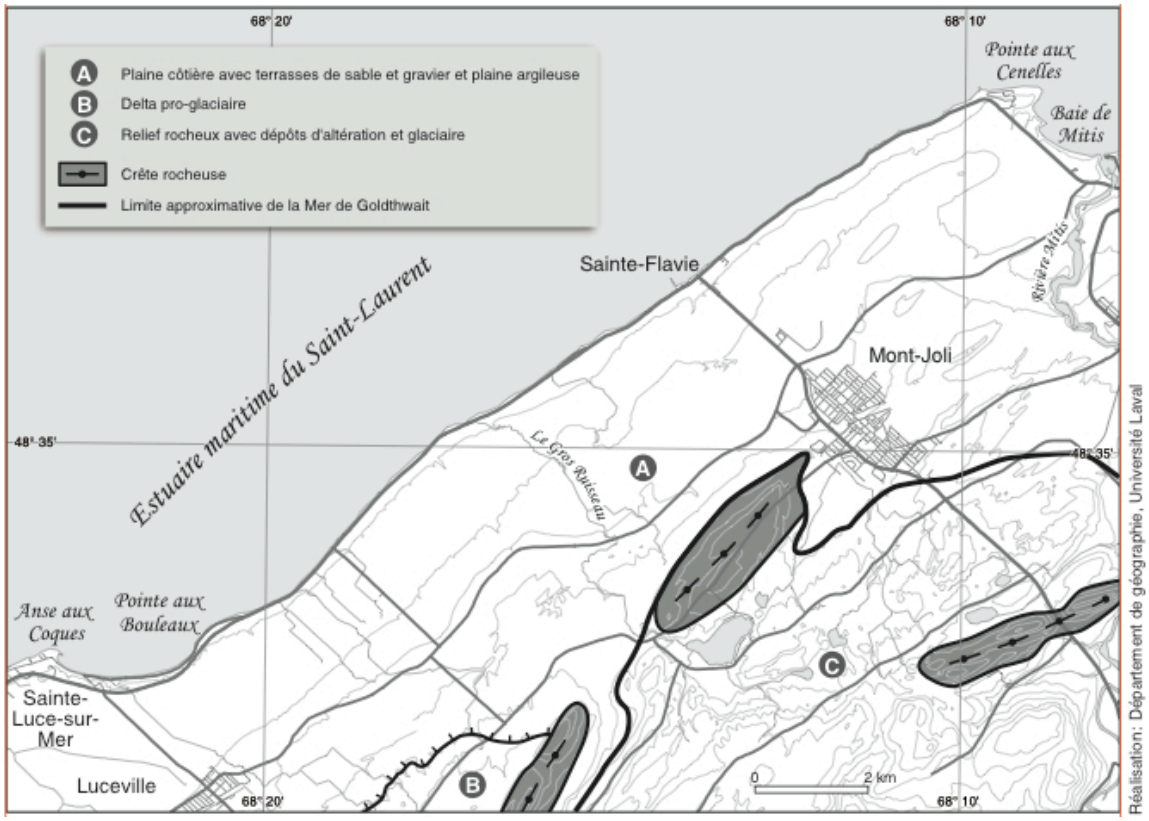


Figure 1 : Carte de localisation du secteur étudié entre Sainte-Luce-sur-Mer et Sainte-Flavie, côte sud de l'estuaire du Saint-Laurent

L'unité A correspond à la falaise Micmac de J.W. Goldthwait (1911), un escarpement d'une dizaine de mètres de hauteur délimitant la terrasse de ± 15 m, présent sur l'ensemble du secteur. Cette terrasse étant en grande partie constituée d'argile caillouteuse et non de till (Liard, 1972) fut mise en place à l'Holocène inférieur (c'est-à-dire avant 9,5 ka). La falaise Micmac qui l'entaille est, elle aussi, en grande partie en argile caillouteuse ; toutefois, par endroits, la partie inférieure comprend une assise rocheuse (schistes)[1] de 1 à 2 m de hauteur. Sur le rebord externe de la terrasse de ± 15 m, on observe, ici et là, un mince dépôt sablo-graveleux (plages) ou une couche organique (terre noire ou tourbe). La falaise morte a été taillée au cours de l'Holocène moyen (Dionne, 2002a).

[1]. Dans le présent rapport, nous utilisons le terme « schiste » pour schiste argileux, que les géologues au Québec ont, depuis les trois dernières décennies, remplacé par des termes anglais : *clayrock* ou *claystone*, *mudrock* ou *mudstone*, *siltstone* et *shale* ; pourtant on continue d'utiliser le vocable « schistes ardoisiers ».

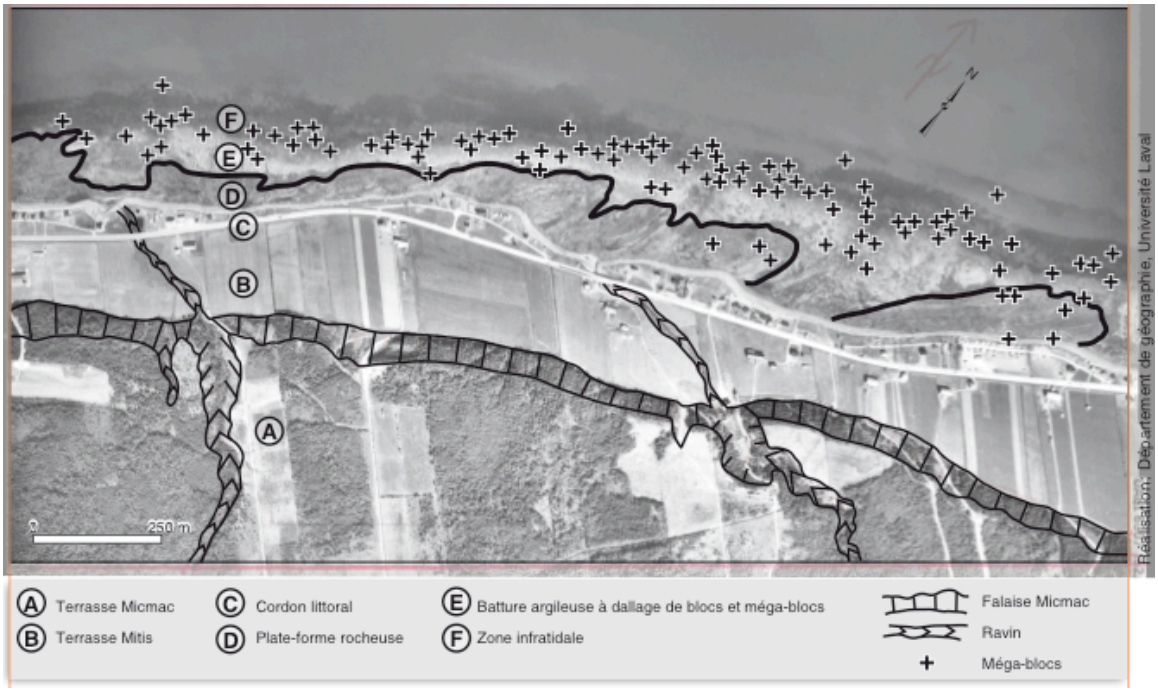


Figure 2 : Photographie aérienne du secteur limitrophe des deux municipalités de Sainte-Luce-sur-Mer et de Sainte-Flavie montrant les composantes de la ligne de rivage Micmac

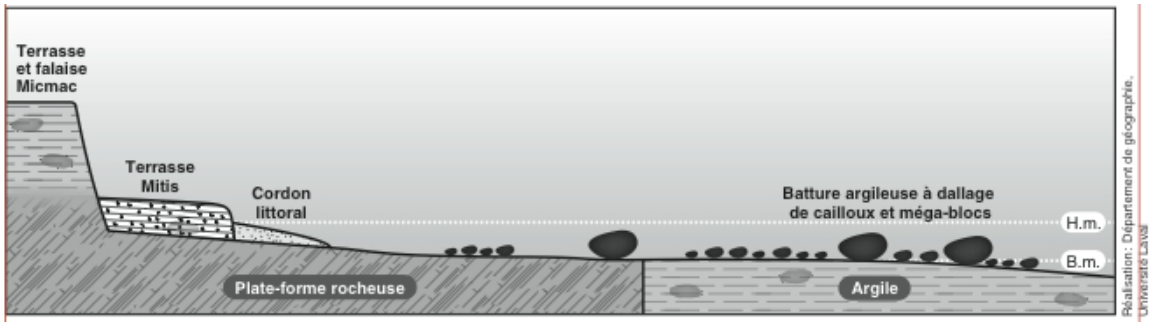


Figure 3 : Coupe schématique transversale du littoral montrant les composantes du rivage entre Sainte-Luce-sur-Mer et Sainte-Flavie

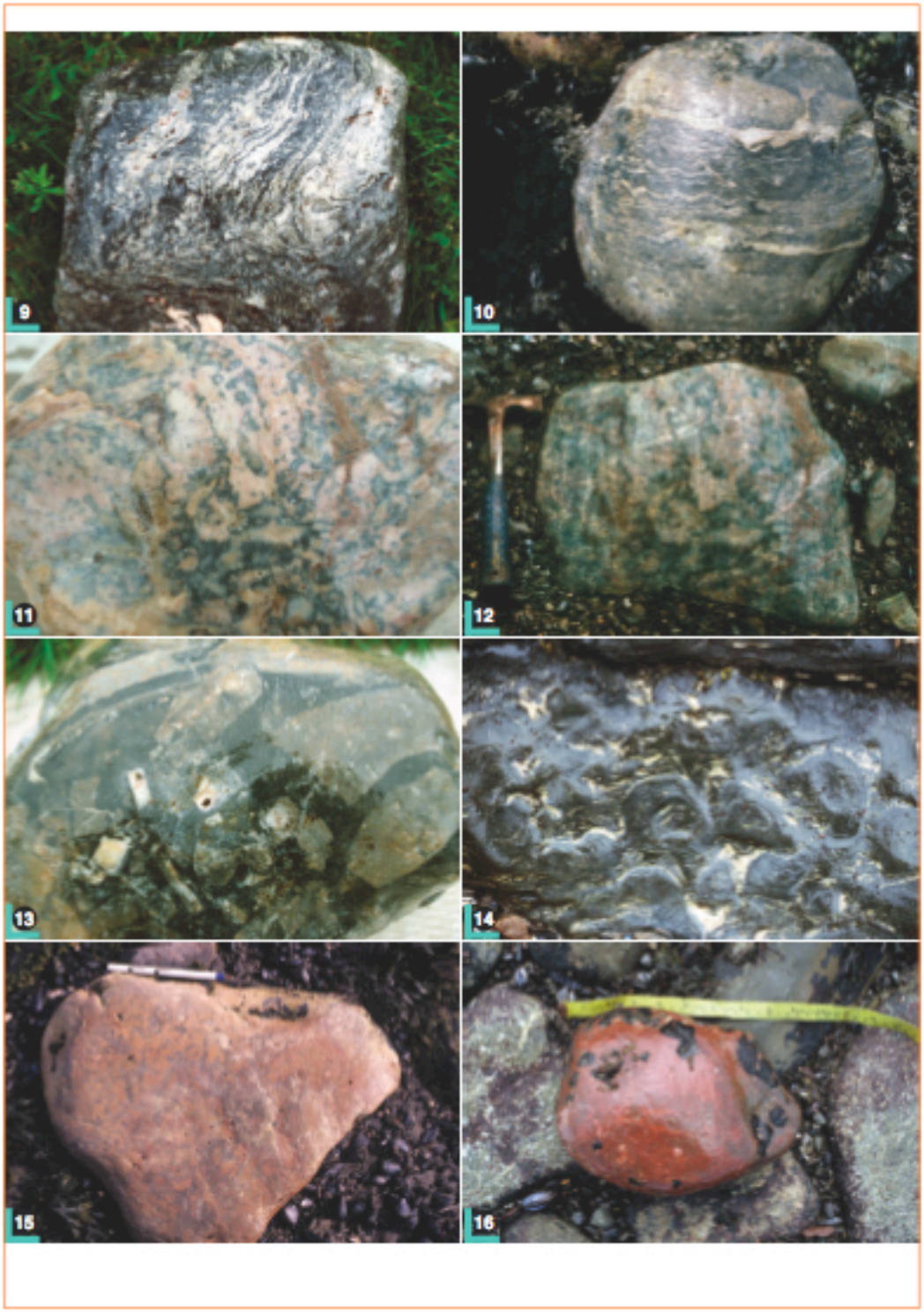
L'unité B correspond à la terrasse Mitis (Dionne, 1963b). Sise à une altitude ±6 m, sa surface est plane et quasi-horizontale. Elle est constituée de sable et gravier, c'est-à-dire de plages mises en place pour l'essentiel entre 1,5 et 2,5 ka (Dionne 2002a). Sa largeur varie de 200 à plus de 800 m. Côté mer, elle est délimitée par une petite falaise d'environ 1 m de hauteur (figure 4, photo 1). Toutefois, en raison des aménagements pour contrer l'érosion littorale, de rares segments permettent encore de l'observer.

Les trois unités du rivage actuel comprennent d'abord un cordon littoral (unité C) de sable et gravier ourlant le pied de la terrasse Mitis (figure 4, photo 2). Incliné de 5 º à 7 º, son épaisseur va de 25 à 100 cm et sa largeur de 20 à 30 m. Ce cordon littoral repose sur la surface rocheuse sous-jacente à la terrasse Mitis. Il se démarque de la batture rocheuse intertidale par une flexure nette. En général, il est recouvert partiellement ou entièrement uniquement lors des marées de vives-eaux et des tempêtes.

La partie supérieure de l'estran (unité D) comprend une plate-forme rocheuse (figure 4, photo 3), tantôt plane et tantôt légèrement ondulée, d'une largeur allant de 30 à 125 m. Il s'agit d'une surface d'érosion ancienne, principalement taillée dans des schistes argileux appelés *claystone* et caractérisés, par endroits, par des lits de grès ou de calcaire. Les strates de cette formation appalachienne, d'âge Cambro-Ordovicien et de type rythmites (Liard, 1972 ; Tremblay et Bourque, 1991), pendent majoritairement vers le SE et sont orientées de 20 º à 30 º SO-NE, alors que la ligne de rivage a une orientation moyenne de 40 º à 45 º. La roche est très plissée (figure 4, photo 4), faillée et friable.

Sise dans la partie moyenne et inférieure de l'estran, une batture argileuse, par endroits voilée de sable, forme l'unité E. Sa largeur varie de 50 à 200 m, mais dans le segment compris entre la pointe aux Bouleaux, à l'est de l'anse aux Coques, et la route à Carrier, elle atteint 300 m. Quasi horizontale et plane, cette surface argileuse est couverte de cailloux disposés tantôt en dallages plus ou moins denses, tantôt en cordon de plusieurs dizaines de mètres de largeur (figure 4, photo 5) dans lesquels les cailloux sont les uns à côté des autres (figure 4, photo 6).

1
2
3
4
5
6
7
8


9
10
11
12
13
14
15
16

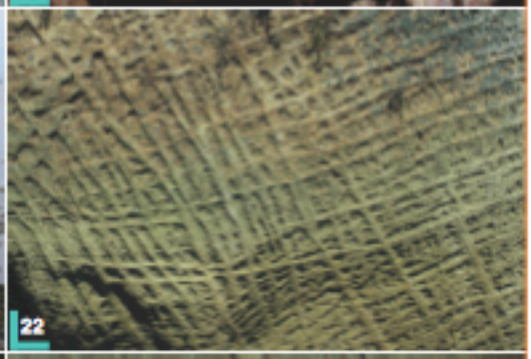
17

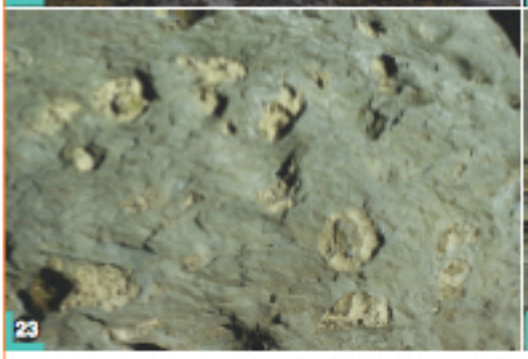
18

19

20

21


22


23

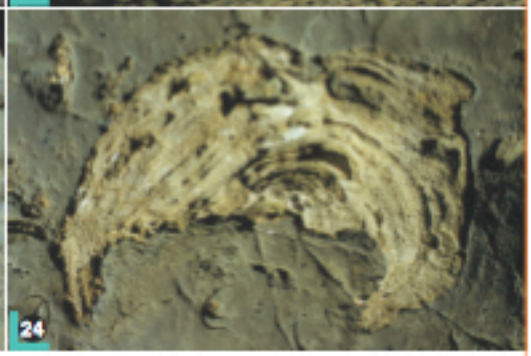

24

Figure 4 : Photographies caractéristiques du littoral du secteur d'étude (voir le détail des photographies à l'annexe)

3. Données générales

Rappelons ici que la rive sud de l'estuaire dans ce secteur fut déglaciée entre 13 et 12,5 ka et que la bande côtière fut submergée par les eaux de la Mer de Goldthwait jusqu'à une altitude maximale de 140 m (Dionne, 1977 ; Hétu, 1994, 1998). Cet événement fut suivi de l'émersion rapide des terres jusque vers 9,5 ka. Par la suite, le niveau marin relatif a connu deux fluctuations mineures à l'Holocène moyen et supérieur (Dionne, 1988a, 2001a), au cours desquelles fut taillée la falaise Micmac, édifiée la terrasse Mitis et érodée l'argile caillouteuse dans la zone intertidale.

Dans le secteur étudié, la hauteur des marées de vives-eaux varie entre 4 et 4,8 m, celle de mortes-eaux, de 2,5 à 3,7 m. Le niveau moyen de la mer est de 2,3 m (Canada, 2009).

La température moyenne annuelle est d'environ 3 ° C ; celle de janvier de 11 ºC et celle de juillet de 17,2 ºC (Canada, 1973). Quatre mois ont une température moyenne inférieure à 0 ° C. La période glacielle sur le rivage s'étend de décembre à la fin mars. Le déglacement survient généralement lors de marées de vives-eaux durant la seconde moitié du mois de mars, mais il arrive parfois des déglacements partiels au cours de l'hiver (Dionne, 1970). La dérive des radeaux de glace a un effet important sur le déplacement des cailloux à la surface de la batture.

Les vents dominants à l'année longue soufflent du NE, du SO, de l'O et du NO (Canada, 1975). Les vagues qui en résultent exercent un impact non négligeable sur le rivage, en particulier sur la terrasse Mitis là ou elle n'est pas protégée. Le recul moyen observé de la ligne de rivage excède 50 cm par année (figure 4, photo 1).

4. Observations de terrain et résultats

Trois séries de relevés pour un total de 48 furent effectuées entre 1995 et 2008. Fait en 2005, le premier concerne la lithologie des petits et moyens blocs (25-60 cm) de la moitié inférieure de la batture. Pour les deux secteurs inventoriés, 109 comptages, totalisant 56 072 blocs, ont été faits. Les blocs ont été classés dans deux grandes familles selon leur nature et leur origine : précambriens et appalachiens. La lithologie des blocs précambriens, roches ignées et métamorphiques, n'a pas été établie en détail. Les blocs appalachiens comprennent essentiellement des roches issues de formations sédimentaires. Effectué en 1995, 1996 et 1997, le deuxième relevé a porté uniquement sur les cailloux de dolomie, une lithologie absente en bordure de la rive sud. Le troisième relevé, réalisé entre 2005 et 2008, concerne les méga-blocs, c'est-à-dire des blocs dont les dimensions équivalent à un poids minimal d'une tonne métrique.

D'environ 11 km de longueur, le secteur étudié a été subdivisé en deux segments : d'une longueur d'environ 6 km, celui de Sainte-Luce-sur-Mer s'étend de la pointe aux Bouleaux jusqu'au Gros Ruisseau, alors que celui de Sainte-Flavie, situé à l'ouest du quai, fait environ 5 km de longueur.

4.1. Nature lithologique des petits et moyen blocs

Le tableau 1 résume les données. Dans le secteur de Sainte-Luce-sur-Mer, sur un total de 25 271 blocs comptés, les précambriens totalisent 47,4 % et les appalachiens 52 %. Les pourcentages diffèrent peu pour le secteur de Sainte-Flavie. Sur un total de 30 801 blocs, 49,4 % sont des précambriens et 50,2 % des appalachiens. Pour l'ensemble des deux secteurs, le pourcentage des précambriens et des appalachiens s'élève respectivement à 48,4 % et 51,1 %, une différence de 2,7 % seulement.

Tableau 1 : Lithologie des blocs d'estran* entre Sainte-Luce-sur-Mer et Sainte-Flavie (moyenne en pourcentage)

Lithologie	Sainte-Luce	Sainte-Flavie
Nombre de comptages	51	58
Nombre de blocs	25 271	30 801
Moyenne par comptage :	495	531
- **Précambriens**	47,4	49,4
- **Appalachiens**	52,0	50,2
Grès-/micro-grès	23,7	20,3
Quartzite	3,5	5,1
Schistes (calcisiltite)	22,2	22,4
Conglomérats	0,7	0,9
Calcaires	1,9	1,5
Précambriens et/ou Appalachiens (dolomie)	0,5	0,3

* Blocs de petite à moyenne taille

Les blocs précambriens comprennent plusieurs lithologies[2] : gneiss, granite et granito-gneiss sont les plus fréquents. Il convient cependant de mentionner la présence de blocs d'anorthosite et de basalte, un erratique de couleur noire dont la surface est généralement polie et lustrée. Il y a aussi plusieurs blocs de couleur foncée, noire et parfois verdâtre, à minéraux ferro-magnésiens.

Grès, micro-grès et schistes (*clayrock* ou calcisiltite) dominent dans la catégorie des blocs appalachiens. Les calcaires comptent seulement pour 1,9 % dans le secteur de Sainte-Luce-sur-Mer et de 1,5 % dans celui de Sainte-Flavie, alors que les conglomérats représentent moins de 1 % dans l'un et l'autre secteur. Par contre, les blocs de quartzite totalisent respectivement 3,5 % et 5,1 % de l'ensemble. Bien que cette lithologie ait été placée avec les appalachiens, un certain nombre de blocs de quartzite proviennent vraisemblablement de la Côte-Nord. La nature des relevés n'a pas permis de faire la distinction entre ceux provenant des Appalaches et ceux originaires du Bouclier laurentidien.

Le pourcentage élevé des éléments précambriens sur la rive sud de l'estuaire dans le secteur étudié indique un apport important d'erratiques lointains, le Bouclier laurentidien étant situé à plus de 40 km et séparé de la rive sud par la profonde vallée glaciaire du Saint-Laurent estuarien (Shepard, 1931 ; Loring and Nota, 1973) (figure 5).

En l'absence de relevé spécifique concernant le degré de façonnement des blocs des dallages, nous pouvons néanmoins affirmer que la majorité sont relativement arrondis, plus de 50 % étant dans les catégories subarrondie (SAR) et subarrondie-arrondie (SAR-AR).

Autre caractéristique à signaler : dans les dallages, plusieurs blocs portent des marques glaciaires (figure 4, photo 7) et d'autres, des marques plus ou moins récentes d'abrasion glacielle (figure 4, photo 8) témoignant du déplacement de cailloux à la base des radeaux de glace annuelle.

Il convient de rappeler ici que les blocs de petite et moyenne taille sont particulièrement abondants sur la batture argileuse où ils forment généralement des dallages (figure 4, photo 5) de plusieurs dizaines de mètres de largeur et de centaines de mètres de longueur que l'on peut appeler « cordons) même s'il n'y en a qu'une seule couche. Placés les uns à côté des autres (figure 4, photo 6), les blocs reposent sur un fond argileux parfois recouvert de sable et de petit gravier. Ce type de dallage est d'origine glacielle (Dionne, 1972).

---

[2]. Les catégories granite et gneiss regroupent diverses lithologies ignées et métamorphiques qui pourraient être précisées dans une étude concernant la pétrographie. L'objectif de nos relevés consistait principalement à connaître le pourcentage d'erratiques précambriens et appalachiens,.

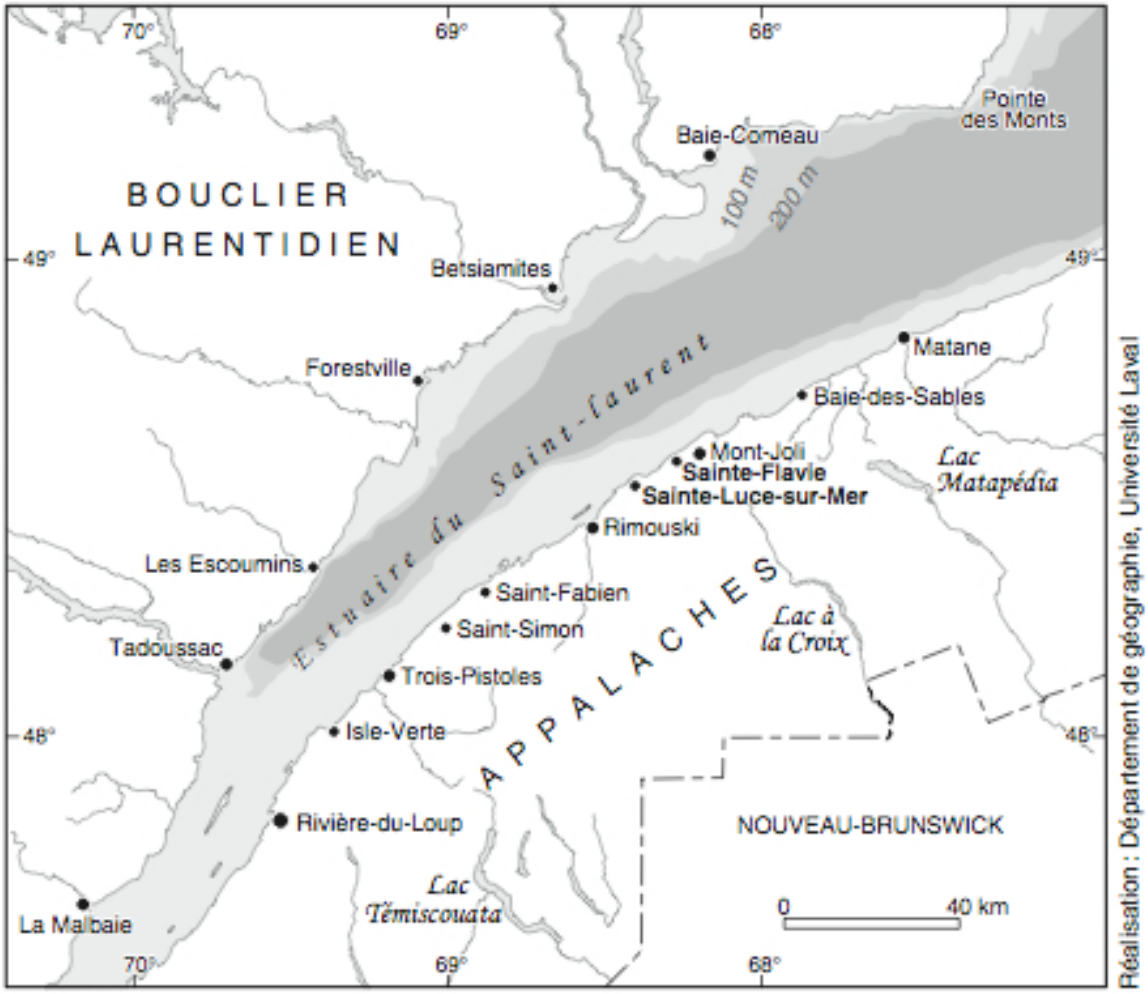


Figure 5 : Carte sommaire de la région du secteur étudié sur la rive sud de l'estuaire montrant les Appalaches, le Bouclier laurentidien et la vallée sous-marine (en gris) du Saint-Laurent

4.2. Les erratiques de dolomie

La présence d'erratiques de dolomie a fait l'objet de relevés particuliers couvrant l'ensemble de la batture entre 1995 et 1997. Au total, 1 093 cailloux de cette nature (517 dans le secteur de Sainte-Luce-sur-Mer et 576 dans celui de Sainte-Flavie) ont été observés, caractérisés et mesurés (Dionne, en préparation). Il s'agit d'un erratique particulier compte tenu de l'absence de formations dolomitiques en bordure du rivage actuel et dans la bande côtière, au sud de l'estuaire, constituée de formations sédimentologiques d'âge cambro-ordovicien (Liard, 1972).

À l'instar des autres localités de la rive sud de l'estuaire du Saint-Laurent entre le Portage et Cap-Chat (Dionne, 2002b, 2002c, 2003a, 2005, 2007), les erratiques de dolomie sont de nature variée. Si la majorité a une texture cristalline semblable à celle du marbre, d'autres aspects les caractérisent. Parmi ceux-ci mentionnons que 24,7 % sont de type marbré et/ou

laminé (figure 4, photos 9-12), 3,8 % sont bréchiques (figure 4, photo 13) et 37,3 % sont striés (glaciaire et/ou glaciel). Au total 9 erratiques de dolomie à stromatolites ont été observées (figure 4, photo 14) (tableau 2). Autre caractéristique : la couleur. Deux couleurs dominent : les dolomies grises toutes variétés totalisent 56,5 %, les roses (figure 4, photo 15), 35,8 %, les blanches, 4,8 % et les rouges (figure 4, photo 16), 2,9 %. À l'instar des blocs de petite à moyenne taille des autres lithologies, les erratiques de dolomie ont un degré de façonnement élevé, 64,8 % tombant dans les catégories SAR, SAR-AR et AR (tableau 3). Quant à la taille et au poids, les cailloux de petite taille dominent avec 41,4 % dans la catégorie de 1 à 10 kg et seulement 15 % d'un poids excédant 50 kg.

Tableau 2 : Blocs de dolomie sur la batture entre Sainte-Luce-sur-Mer et Sainte-Flavie, côte sud de l'estuaire du Saint-Laurent

	Sainte-Luce		Sainte-Flavie		Total	
Principales caractéristiques	N	%	N	%	N	%
Total des blocs	517	47,3	576	52,7	1 093	100
Caractéristiques :						
- Strié	207	40,0	201	34,9	408	37,3
- Marbré/laminé	106	20,5	164	28,5	270	24,7
- Bréchique	20	3,9	11	19,5	31	2,8
- À stromatolites	3	0,6	6	1,1	9	0,8
Total	336	65,0	382	66,3	718	65,6

Tableau 3 : Façonnement et émoussé des blocs de dolomie de la batture entre Sainte-Luce-sur-mer et Sainte-Flavie, côte sud de l'estuaire du Saint-Laurent

	Sainte-Luce		Sainte-Flavie		Total	
Catégories	N	%	N	%	N	%
SAR	229	44,3	296	51,4	525	48,0
SAR-AR	62	12,0	84	14,6	146	13,4
AR	15	2,9	22	3,8	37	3,4
Total	306	59,2	402	69,8	708	64,8

Passé inaperçu lors d'une étude antérieure (Dionne 1972), cet erratique provient d'une part des formations appalachiennes du Silurien sises à l'intérieur des terres (les plus proches affleurements étant à 25-30 km de la rive sud), mais surtout du Bouclier laurentidien, notamment du bassin sédimentaire de Mistassini. La proportion estimée des blocs originaires de l'une et l'autre région est respectivement d'environ 40 % et 60 %. Il s'agit donc d'un erratique d'origine lointaine d'un intérêt particulier.

4.3. Les méga-blocs

Le troisième relevé (2005 à 2008) a été consacré aux méga-blocs, c'est-à-dire aux cailloux de taille métrique et d'un poids égal ou supérieur à une tonne métrique. Les méga-blocs sont répartis ici et là sur la batture bien qu'ils soient plus abondants dans la moitié inférieure et

près de la limite des basses mers. Il y en a dans les trois zones de la batture : le cordon littoral ou le haut de plage, la plate-forme rocheuse et surtout la batture argileuse.

Quatre aspects ont été retenus : nature lithologique, degré de façonnement ou émoussé, taille et poids ainsi que la mobilité (déplacement glaciel).

Au total, 2 845 méga-blocs ont ainsi été identifiés et mesurés : 1 746 dans le secteur de Sainte-Luce-sur-Mer et 1 099 dans celui de Sainte-Flavie.

4.3.1. Nature lithologique

Les méga-blocs ont été classés dans trois catégories : précambriens, appalachiens et précambriens *versus* appalachiens. Les précambriens totalisent 50,5 % du groupe, les appalachiens 47,8 %, le reste, 1,7 % est d'origine mixte ; il s'agit de quartzites pouvant provenir soit de la rive nord, soit des Appalaches (tableau 4).

Tableau 4 : Méga-blocs sur le rivage entre Sainte-Luce-sur-Mer et Sainte-Flavie

	Sainte-Luce		Sainte-Flavie		Total	
Nature	N	%	N	%	N	%
Précambriens	869	49,8	568	51,7	1437	50,5
Appalachiens	853	48,8	506	46,0	1359	47,8
Appalachiens et/ou Précambriens (Quartzites)	24	1,4	25	2,3	49	1,7
Total	1 746	100	1 099	100	2 845	100

Comme pour les blocs de petite et moyenne taille des dallages, les pourcentages des méga-blocs précambriens et appalachiens des deux secteurs inventoriés diffèrent peu. À Sainte-Luce-sur-Mer et Sainte-Flavie, les précambriens comptent respectivement pour 49,8 % et 51,7 %, les appalachiens pour 48,8 % et 46 %. Toutefois, pour l'ensemble de la batture, le pourcentage des précambriens est légèrement plus élevé (50,5 %) que pour les blocs de petite à moyenne taille (49,4 %).

Quatre classes de précambriens ont été retenues : granite, gneiss, granito-gneiss et autres (figure 4, photos 17-18). Les deux premières lithologies totalisent 43,2 % de l'ensemble des méga-blocs de la batture ou 85 % des éléments précambriens (tableau 5). Le dernier groupe comprend 40 méga-blocs d'anorthosite (4,6 %).

Les méga-blocs appalachiens comprennent 10,4 % de grès, 2 % de conglomérat, 1,1 % de grès quartzitiques et de schistes, mais 32 % de roches carbonatées (calcaire, calcisiltite, calcimicrite), ainsi que des blocs à coraux (figure 4, photos 19-24).

Il existe des différences importantes entre les lithologies carbonatées des deux secteurs. Le pourcentage de méga-blocs à coraux est plus élevé dans le secteur de Sainte-Flavie : 41,9 % contre 16,2 % dans celui de Sainte-Luce-sur-Mer ; par contre les blocs de

calcisiltite/calcimicrite sont plus nombreux dans le secteur de Sainte-Luce-sur-Mer : 51,9 % contre 29,8 % (tableau 6).

Tableau 5 : Méga-blocs précambriens sur le rivage entre Sainte-Luce-sur-Mer et Sainte-Flavie

	Sainte-Luce		Sainte-Flavie		Total	
Lithologie	N	%	N	%	N	%
Granite	282	16,2	164	14,9	446	15,6
Gneiss	463	26,5	324	29,5	787	27,6
Granito-gneiss	40	2,3	16	1,5	56	2,0
Autres	84	4,8	64	5,8	148	5,2
Total	849	49,8	568	51,7	1 437	50,4

Tableau 6 : Méga-blocs appalachiens sur le rivage entre Sainte-Luce-sur-Mer et Sainte-Flavie

	Sainte-Luce		Sainte-Flavie		Total	
Lithologie	N	%	N	%	N	%
Grès quartzitiques	14	1,6	16	3,2	30	1,1
Grès	189	22,2	108	21,3	297	10,4
Conglomérats divers	41	4,9	15	3,0	57	2,0
Schistes	27	3,2	4	0,8	31	1,1
Calcaires, calcisiltite et calcimicrite	443	51,9	151	29,8	594	20,9
À coraux	138	16,2	212	41,9	350	12,3
Total	853	100	506	100	1 359	47,8

4.3.2. Morphométrie (façonnement et émoussé)

La forme des méga-blocs et le degré de façonnement ont été évalués visuellement. Les méga-blocs précambriens sont généralement plus circulaires que les blocs appalachiens, alors que ces derniers sont plus plats et globalement rectangulaires ou angulaires. Toutefois, dans l'une et l'autre catégorie, les formes régulières, voire parfaites, sont plutôt rares.

Les tableaux 7 et 8 fournissent les données pour le façonnement des méga-blocs des deux grandes familles. Le façonnement correspond au degré d'usure par les différents agents d'érosion, de transport et d'altération, notamment pour les éléments précambriens. La nomenclature classique mise au point par Cailleux et Tricart (1959) a été utilisée. Elle comprend sept catégories : anguleux (AN), anguleux/subanguleux (AN-SAN), subanguleux (SAN), subanguleux/subarrondi (SAN-SAR), subarrondi (SAR), subarrondi/arrondi (SAR-AR) et arrondi (AR).

Tableau 7 : Morphométrie (façonnement-émoussé) des méga-blocs précambriens entre Sainte-Luce-sur-Mer et Sainte-Flavie

Lithologie	Sainte-Luce		Sainte-Flavie		Total	
	N	%	N	%	N	%
Granite :						
AN	0	-	0	-	0	-
AN-SAN	2	0,7	1	0,6	3	0,7
SAN	10	3,5	0	-	10	2,2
SAN-SAR	89	31,4	32	19,5	121	27,1
SAR	144	50,9	114	69,5	258	57,7
SAR-AR	37	13,1	17	10,4	54	12,1
AR	1	0,4	0	-	1	0,2
Total	283	100	164	100	447	100
Gneiss :						
AN	0	-	0	-	0	-
AN-SAN	3	0,6	0	-	3	0,4
SAN	19	4,0	15	4,6	34	4,3
SAN-SAR	154	32,6	86	26,5	240	30,2
SAR	249	52,8	201	62,0	450	56,5
SAR-AR	46	9,7	22	6,8	68	8,5
AR	1	0,2	0	-	1	0,1
Total	472	99,9	324	99,9	796	100
Autres précambriens :						
AN	0	-	0	0	0	-
AN-SAN	0	-	0	-	0	-
SAN	5	4,1	1	1,3	6	3,0
SAN-SAR	38	30,9	26	33,3	64	31,8
SAR	57	46,3	41	52,6	98	48,8
SAR-AR	23	18,7	10	12,8	33	16,4
AR	0	-	0	-	0	-
Total	123	100	78	100	201	100
Quartzite :						
AN	0	-	0	-	0	-
AN-SAN	2	8,3	3	12, 5	5	10,4
SAN	7	29,2	3	12,0	10	20,8
SAN-SAR	9	37,5	9	37,5	18	37,5
SAR	3	12,5	8	33,3	11	22,9
SAR-AR	3	12,5	1	4,2	4	8,3
AR	0	-	0	-	0	-
Total	24	100	24	100	48	99,9
Anorthosite :						
AN	0	-	0	-	0	-
AN-SAN	0	-	0	-	0	-
SAN	1	3,3	0	-	1	2,5
SAN-SAR	8	26,7	2	20,0	10	25,0
SAR	13	43,3	5	50,0	18	45,0
SAR-AR	8	26,6	3	30,0	11	27,5
AR	0	-	0	-	0	-
Total	30	99.9	10	100	40	100

Tableau 8 : Morphométrie (façonnement-émoussé) des méga-blocs appalachiens entre Sainte-Luce-sur-Mer et Sainte-Flavie

Lithologie	Sainte-Luce		Sainte-Flavie		Total	
	N	%	N	%	N	%
Grès :						
AN	1	0,6	2	1,9	3	1,1
AN-SAN	20	12,4	19	17,6	39	14,4
SAN	47	29,0	24	22,2	71	26,3
SAN-SAR	66	40,7	43	39,8	109	40,4
SAR	26	16,1	20	18,5	46	17,0
SAR-AR	2	1,2	0	-	2	0,8
AR	0	-	0	-	-	-
Total	162	100	108	100	270	100
Calcisiltite et calcimicrite :						
AN	3	1,3	0	-	3	0,8
AN-SAN	28	11,9	12	8,0	40	10,4
SAN	86	36,4	40	26,7	126	32,7
SAN-SAR	89	37,7	68	45,3	157	40,7
SAR	29	12,3	29	19,3	58	15,0
SAR-AR	1	0,4	1	0,7	2	0,5
AR	0	-	0	-	0	-
Total	236	100	150	100	386	100
À coraux :						
AN	2	2,0	1	0,5	3	0,9
AN-SAN	18	17,5	21	9,9	39	12,4
SAN	35	34,0	61	28,8	96	30,5
SAN-SAR	89	37,7	68	45,3	157	40,7
SAR	16	15,5	25	11,8	41	13,0
SAR-AR	3	2,9	0	-	3	0,9
AR	0	-	0	-	0	-
Total	103	100	212	110	315	99,9
Conglomérat :						
AN	1	1,4	0	-	1	1,2
AN-SAN	11	15,7	5	33,3	16	18,8
SAN	23	32,9	3	20,0	26	30,6
SAN-SAR	25	35,7	3	20,0	28	32,9
SAR	10	14,3	4	26,7	14	16,5
SAR-AR	0	-	0	-	0	-
AR	0	-	0	-	0	-
Total	70	100	15	100	85	100
Grès quartzitique :						
AN	0	-	0	-	0	-
AN-SAN	1	10,0	1	6,2	2	7,7
SAN	2	20,0	4	25,0	6	23,1
SAN-SAR	2	20,0	5	31,3	7	26,9
SAR	5	50,0	6	37,5	11	42,3
SAR-AR	0	-	0	-	0	-
AR	0	-	0	-	0	-
Total	10	100	16	100	26	100

Pour l'ensemble de la batture, 708 méga-blocs (24,9 %) ont un façonnement élevé, soit SAR à AR, avec 18,6 % de SAR (tableau 9). Il existe une légère différence entre les deux secteurs. L'indice d'émoussé ou de façonnement est plus élevé dans le secteur de Sainte-Flavie, soit 14,1 % contre 10,8 % pour le secteur de Sainte-Luce-sur-Mer pour les trois classes mentionnées.

Tableau 9 : Degré de façonnement-émoussé des méga-blocs sur la batture entre Sainte-Luce-sur-Mer et Sainte-Flavie (pourcentage par rapport à chaque lithologie)

Précambriens SAR		Appalachiens SAR		Précambriens/Appalachiens SAR	
Granite	57,7	Grès	17,0	Quartzite	22,9
Gneiss	56,5	Grès quartzitique	42,3		
Autres	48,8	Conglomérat	16,5		
Anorthosite	45,0	Carbonatés	15,0		
		À coraux	13,0		

Total dans les catégories : 2 845
Total dans les catégories SAR, SAR-AR et AR : 708 (24,9 %)
Sainte-Luce : 306 (10,8 %) ; Sainte-Flavie : 402 (14,1 %)

Dans le groupe des précambriens, il n'y a aucun anguleux (AN) et très peu dans la classe AN-SAN, soit 0,4 % pour les gneiss et 0,7 % pour les granites. Dans la classe SAN, le pourcentage varie de 2,2 à 4,3. Il y a cependant une forte augmentation dans la classe SAN-SAR, le pourcentage variant de 27,1 % à 31 % pour l'ensemble des précambriens (tableau 10).

Tableau 10 : Méga-blocs sur la batture entre Sainte-Luce-sur-Mer et Sainte-Flavie (pourcentage par rapport à chaque lithologie)

Façonnement – Émoussé

Précambriens :	AN-SAN	SAN	SAN-SAR		Total
- Granite	0,7	2,2	27,1		30,0
- Gneiss	0,4	4,3	30,2		34,9
- Autres	0	3,0	31,8		34,9
- Anorthosite	0	2,5	27,5		30,0
- Quartzite	10,4	20,8	37,5		68,7
Appalachiens :	AN-SAN	SAN	SAN-SAR	AN	
- Grès	14,4	26,3	40,4	1,1	82,2
- Grès quartzitiques	7,7	23,1	26,9	0	57,7
- Conglomérats	18,8	30,6	32,9	1,2	83,5
- Carbonatés	10,4	32,7	40,7	0,8	74,6
- À Coraux	12,4	30,5	42,2	0,9	86,0

N.B. Rareté des blocs anguleux (AN) = aucun précambrien et de 0 à 1,2 % pour les Appalachiens

On constate une légère différence entre granite et gneiss dans la classe SAR, soit respectivement 57,7 % et 56,5 %, mais le pourcentage est plus faible dans les autres lithologies précambriennes : 48,8 et 45.

Roches dures et résistantes, les quartzites accusent un degré d'émoussé plutôt faible : 22,9 % seulement dans la catégorie SAR, mais 68,7 % dans les catégories AN-SAN, SAN et SAN-SAR (tableaux 10 et 11).

Tableau 11 : Méga-blocs sur la batture entre Sainte-Luce-sur-Mer et Sainte-Flavie (en pourcentage par lithologie)

	Façonnement			
Précambriens :	SAR	SAR-AR	AR	Total
- Granite	57,7	12,2	0,2	70,0
- Gneiss	56,5	8,5	0,1	65,1
- Autres	48,8	16,4	0	65,2
- Anorthosite	45,0	27,5	0	72,5
- Quartzite	22,9	8,3	0	31,2
Appalachiens :				
- Grès	17,0	0,8	0	17,8
- Grès quartztique	42,3	0	0	42,3
- Conglomérat	16,5	0	0	16,5
- Carbonatés	15,0	0,5	0	15,5
- À coraux	13,0	0,9	0	13,9

Dans la catégorie des blocs appalachiens, il y en a 60 % dans les classes SAN et SAN-SAR (soit respectivement 23,4 % et 36,6 %). Toutefois, les grès quartzitiques sont plus arrondis que les autres lithologies avec 42,3 % de SAR. Les blocs de grès, de calcisiltite, de calcaire à coraux et de conglomérat sont majoritairement dans la catégorie SAN-SAR avec respectivement 40,4 %, 40,7 %, 42,2 % et 32,9 % (tableau 10).

Le tableau 12 regroupe les deux principales catégories d'émoussé des diverses lithologies des méga-blocs précambriens et appalachiens. On constate facilement que les précambriens ont un degré de façonnement supérieur aux appalachiens : 72,5 % à 86,7 % contre 63,5 % et 73,3 % pour les deux principales catégories.

Bref, dans l'ensemble, les méga-blocs précambriens ont un degré de façonnement supérieur aux blocs appalachiens, une caractéristique sans doute attribuable en grande partie à la nature lithologique mais aussi à l'histoire des matériaux. En effet, les erratiques précambriens sont des éléments provenant de la surface du Bouclier laurentidien qui étaient déjà altérés avant d'être déplacés (Bouchard et Godard, 1984).

Tableau 12 : Degré de façonnement des méga-blocs sur la batture entre Sainte-Luce-sur-Mer et Sainte-Flavie

Lithologie	Principale catégorie	%	Seconde catégorie	%	Total des principales catégories	%
Granite	SAR	57,7	SAN-SAR	27,1	SAN-SAR et SAR	84,8
Gneiss	SAR	56,5	SAN-SAR	30,2	SAN-SAR et SAR	86,7
Autres précambriens	SAR	48,8	SAN-SAR	31,8	SAN-SAR et SAR	80,6
Anorthosite	SAR	45,0	SAR-AR	27,5	SAR et SAR-AR	72,5
Quartzite	SAN-SAR	37,5	SAR	22,9	SAN-SAR et SAR	60,4
Grès	SAN-SAR	40,4	SAN	26,3	SAN et SAN-SAR	66,7
Grès quartzitique	SAR	42,3	SAN-SAR	26,9	SAN-SAR et SAR	69,2
Calcisiltite/calsimitrite	SAN-SAR	40,7	SAN	32,6	SAN et SAN-SAR	73,3
À coraux	SAN-SAR	42,2	SAN	30,5	SAN et SAN-SAR	72,7
Conglomérat	SAN-SAR	32,9	SAN	30,6	SAN et SAN-SAR	63,5

A) Taille et poids[3]

Tel que mentionné plus haut, les méga-blocs de la batture ont des tailles variées allant de 100 cm à 750 cm pour l'axe A. Le tableau 13 fournit la taille des 10 plus gros blocs précambriens et appalachiens observés sur la batture. Les deux plus gros, des grès, mesurent respectivement 750x415x350 cm et 600 x 400 x 350 cm et pèsent chacun 190 t métriques (figure 4, photos 25-26). Dans la catégorie des précambriens, les deux plus gros mesurent respectivement 500x370x205 et 445x320x220 cm et pèsent 85 et 59 t. La photo 27 de la figure 4 montre un méga-bloc de granite rose de 24 t isolé sur la plate-forme rocheuse à Sainte-Luce-sur-Mer.

Tableau 13 : Les dix plus gros blocs sur la batture entre Sainte-Luce-sur-Mer et Sainte-Flavie

Localité	Lithologie	Taille (cm)	Poids (t)	Façonnement
Sainte-Flavie	Grès à coraux	600x400x350	190	SAN-SAR
Sainte-Flavie	Grès calcaire	750x415x325	190	SAN
Sainte-Flavie	Calcisiltite à coraux	410x400x300	98	SAN
Sainte-Flavie	Grès à coraux	400x300x350	95	SAN
Sainte-Luce	Granite	500x370x205	85	SAN-SAR
Sainte-Luce	Conglomérat à coraux	470x470x>160	80	AN
Sainte-Luce	Conglomérat à clastes diverses	500x450x180	76	SAN
Sainte-Luce	Grès calcaires	440x370x250	75	SAN-SAR
Sainte-Flavie	Calcisiltite à coraux	430x360x195	60	SAN-SAR
Sainte-Luce	Granite	445x320x220	59	SAN-SAR

[3]. L'estimation du poids a été faite de la façon suivante. La somme des trois axes donne le volume multiplié par la densité (2,5), correspond au poids théorique. En raison de la forme de ce dernier, le poids théorique a été réduit selon le cas de 10 à 40 %. Cette méthode a été vérifiée sur des cailloux de petite taille en comparant le poids calculé avec celui qui a été obtenu avec une balance. En général, le poids calculé est inférieur. La densité de 2,5 est une valeur moyenne pour les deux catégories de méga-blocs.

D'une façon générale, les méga-blocs appalachiens sont plus gros que les précambriens. Les tableaux 14 à 17 donnent un aperçu de la taille et du poids des 10 plus gros dans chacune des catégories dans les deux secteurs. On constate que les 10 plus gros précambriens sont dans le secteur de Sainte-Luce-sur-Mer alors que, pour les appalachiens, il y en a 5 dans chaque secteur, bien que les plus gros soient dans le secteur de Sainte-Flavie.

Tableau 14 : Les dix plus gros blocs précambriens sur la batture de Sainte-Luce-sur-Mer

Lithologie	Taille (cm)	Poids (t)	Façonnement
Granite	500x370x205	85	SAN-SAR
Granite	445x320x220	59	SAN-SAR
Gneiss	310x275x200	36	SAN-SAR
Gneiss	280x280x240	35	SAR
Gneiss	395x370x130	35	SAR
Gneiss	320x230x220	32	SAR-AR
Gneiss	360x240x185	30	SAR-AR
Gneiss	500x280x120	28	SAR
Gneiss	335x265x>135	27	SAR
Granite	355x270x140	25	SAN-SAR

Tableau 15 : Les dix plus gros blocs appalachiens sur la batture de Sainte-Luce-sur-Mer

Lithologie	Taille (cm)	Poids (t)	Façonnement
Conglomérat à coraux	470x470x>205	80	AN
Conglomérat calcaire à clastes divers	500x450x180	76	SAN
Grès calcaire	440x370x250	75	SAN-SAR
Conglomérat calcaire	475x340x160	55	SAN
Calcisiltite	400x300x200	54	AN-SAN
Conglomérat calcaire à clastes divers	410x375x170	49	SAN-SAR
Conglomérat calcaire	410x350x175	47	SAN-SAR
Conglomérat à fragements coralliens	450x300x160	47	SAN-SAR
Conglomérat calcaire à clastes divers	360x340x190	44	SAR
Conglomérat corallien	420x370x130	43	SAR

Les tableaux 18 à 21 fournissent les dimensions, le poids et le degré de façonnement des méga-blocs de granite et de gneiss pour chacun des secteurs. On constate que les méga-blocs de ces deux lithologies sont beaucoup plus gros dans le secteur de Sainte-Luce-sur-Mer.

Tableau 16 : Les dix plus gros blocs précambriens sur la batture de Sainte-Flavie

Lithologie	Taille (cm)	Poids (t)	Façonnement
Granito-gneiss	280x250x170	24	SAR
Précambriens gris	390x180x170	20	SAN
Granite	300x220x195	20	SAR
Granite	240x225x>180	20	SAN-SAR
Granite	235x225x280	20	SAR
Granite	300x180x170	19,5	SAR-AR
Gneiss	320x290x90	14	SAR
Gneiss	230x190x130	11,3	SAR
Gneiss	260x220x80	9,7	SAR
Gneiss	240x220x>80	9,5	SAR

Tableau 17 : Les dix plus gros blocs appalachiens sur la batture de Sainte-Flavie

Lithologie	Taille (cm)	Poids (t)	Façonnement
Grès calcaire à coraux	600x400x350	190	SAN-SAR
Grès calcaire à coraux	750x415x325	190	SAN
Calcisiltite à coraux	410x400x300	98	SAN
Grès calcaire à coraux	400x300x350	95	SAN
Calcisiltite à coraux	430x360x195	60	SAN-SAR
Calcimitrite à coraux	375x300x200	48	SAR
Calcisiltite à coraux	360x335x175	42	SAN
Conglomérat calcaire à clastes divers	360x300x180	39	AN-SAR
Calcaire	425x315x130	37	SAN
Calcimicrite	385x220x180	32	SAR

Tableau 18 : Les dix plus gros méga-blocs de granite sur la batture de Sainte-Luce-sur-Mer

Taille (cm)	Poids (t)	Façonnement
500x370x205	85	SAN-SAR
445x320x220	59	SAN-SAR
355x270x140	25	SAN-SAR
275x240x195	24	SAR
250x215x210	21	SAN-SAR
350x250x120	20	SAN-SAR
290x185x170	17	SAR
310x210x130	16	SAR
320x190x125	14,3	SAN-SAR
310x215x>85	13	SAR

Tableau 19 : Les dix plus gros méga-blocs de gneiss sur la batture de Sainte-Luce-sur-Mer

Taille (cm)	Poids (t)	Façonnement
310x275x20	36	SAN-SAR
280x280x240	35	SAR
395x370x130	35	SAR
320x230x220	32	SAR-AR
360x240x185	30	SAR-AR
500x250x120	28	SAR
335x265x>135	27	SAR
360x235x160	25	SAR-AR
310x255x165	25	SAR
285x250x165	20	SAR

Tableau 20 : Les dix plus gros méga-blocs de granite sur la batture de Sainte-Flavie

Taille (cm)	Poids (t)	Façonnement
300x220x145	20	SAR
240x225x>180	20	SAN-SAR
235x225x180	20	SAR
300x180x170	19,5	SAR-AR
280x165x100	9,5	SAR
210x195x>95	8,7	SAR-AR
240x170x95	7,8	SAN-SAR
210x190x90	7,2	SAR
240x160x90	6,9	SAR
200x135x125	6,7	SAR

Tableau 21 : Les dix plus gros méga-blocs de gneiss sur la batture de Sainte-Flavie

Taille (cm)	Poids (t)	Façonnement
320x230x90	14	SAR
230x190x130	11,3	SAR
260x220x>80	9,7	SAR
240x220x>80	9,5	SAR
210x195x>80	7,5	SAR
230x200x>75	7,3	SAR-AR
225x210x>70	7	SAR
345x110x>90	6,8	SAR
180x165x95	6	SAR
260x140x>70	5,7	SAR

Les tableaux 22 à 28 contiennent les données pour les grès, les conglomérats, les éléments carbonatés (figure 4, photo 28) et ceux à coraux pour les deux secteurs. Si les méga-blocs de grès et les carbonatés (calcisiltite) sont plus gros dans le secteur de Sainte-Luce-sur-Mer, ceux à coraux sont plus gros dans celui de Sainte-Flavie.

Tableau 22 : Les dix plus gros méga-blocs de grès sur la batture de Sainte-Luce-sur-Mer

Taille (cm)	Poids (t)	Façonnement
440x370x250	75	SAN-SAR
410x275x200	43	AN-SAN
340x300x160	31	SAN
385x325x125	29	SAR
320x280x165	27	SAN
375x290x>105	26	SAN-SAR
390x300x115	25	SAN-SAR
280x260x165	22,5	SAN-SAR
325x295x110	20	SAN-SAR
320x190x130	15	SAN

Tableau 23 : Les dix plus gros méga-blocs de conglomérat sur la batture de Sainte-Luce

Taille (cm)	Poids (t)	Façonnement
500x450x180	76	SAN
475x340x160	55	SAN
410x375x170	49	SAN-SAR
410x350x175	47	SAN-SAR
360x340x190	44	SAR
420x370x130	43	SAR
455x300x155	40	SAN-SAR
360x210x255	38	SAN-SAR
405x260x180	36	SAR
375x355x120	30	SAR

La taille des blocs constitue une donnée importante, mais le poids l'est tout autant, en particulier pour estimer leur mobilité sur la batture sous l'action des radeaux de glace.

Le tableau 29 présente les données sur le poids des précambriens et des appalachiens par catégories pour chaque secteur et pour l'ensemble de la batture. Les précambriens de 1 à 2 t comptent pour 55 % ; ceux de 2 à 3 t, 19,8 %, ceux de 3 à 5 t, 12,3 % ; ceux de 5 à 10 t, 6,7 % et ceux de 10 t et plus, 3,4 %. Dans le cas des blocs appalachiens, les pourcentages pour les mêmes catégories sont les suivantes : 37,9, 20,9, 14,7, 12,7 et 13,8.

Tableau 24 : Les dix plus gros méga-blocs de calcisiltite sur la batture de Sainte-Luce-sur-Mer

Taille (cm)	Poids (t)	Façonnement
400x300x200	54	AN-SAN
430x300x160	39	SAN-SAR
330x300x>165	37	SAN-SAR
420x270x175	37	SAN-SAR
375x230x180	29	SAR
425x315x90	27	AN-SAN
325x275x130	24	SAN
340x205x185	24	SAN-SAR
300x290x130	21	SAN-SAR
310x260x>110	20	AN-SAN

Tableau 25 : Les dix plus gros méga-blocs à coraux sur la batture de Sainte-Luce-sur-Mer

Taille (cm)	Poids (t)	Façonnement
470x470x>160	80	AN
450x300x160	47	SAN-SAR
410x350x135	41	SAN-SAR
360x210x235	38	SAN-SAR
280x240x215	32	SAN-SAR
350x275x175	32	SAR
330x230x200	28	SAR
320x280x165	27	SAN
325x280x120	25	SAR
295x270x160	23	SAR

Tableau 26 : Les dix plus gros méga-blocs de grès sur la batture de Sainte-Flavie

Taille (cm)	Poids (t)	Façonnement
270x240x200	26	AN-SAN
300x215x195	25	SAN-SAR
275x275x120	19	SAR
315x285x100	18	SAN-SAR
245x210x135	14	SAN-SAR
200x150x160	10	SAN
210x175x>100	8,3	SAN-SAR
270x190x>65	7,5	SAN-SAR
220x165x100	7,3	SAN
235x165x85	6,6	SAN-SAR

Tableau 27 : Les dix plus gros méga-blocs calcaire-calsiciltite-calcimicrite sur la batture de Sainte-Flavie

Taille (cm)	Poids (t)	Façonnement
375x300x200	48	SAR
365x270x140	27,5	SAN
360x230x175	18,4	SAN-SAR
325x165x140	15	SAN
280x200x135	15	AN-SAN
240x220x>125	15	SAR
250x185x150	15	SAN
340x175x115	13,5	AN-SAN
240x215x>115	13	SAN-SAR
225x200x135	12	SAR

Tableau 28 : Les dix plus gros méga-blocs à coraux sur la batture de Sainte-Flavie

Taille (cm)	Poids (t)	Façonnement
600x400x350	190	SAN-SAR
750x415x325	190	SAN
410x400x300	98	SAN
400x300x350	95	SAN
430x360x195	60	SAN-SAR
360x335x175	42	SAN
425x315x130	37	SAN
385x220x180	32	SAR
365x300x120	29	SAN-SAR
415x245x135	28	AN-SAN

Les méga-blocs précambriens de petite taille sont donc plus abondants que les appalachiens, soit 74,8 % d'un poids compris entre 1 et 3 t contre 58,8 %. À l'opposé, les précambriens d'un poids supérieur à 5 t comptent seulement pour 10,1 % alors que les appalachiens totalisent 26,5 %. La différence est encore plus marquée dans la catégorie des blocs pesant 10 t et plus, soit 3,4 % pour les précambriens et 13,8 % pour les appalachiens. Dans la catégorie des blocs de 3 à 5 t, la différence entre précambriens et appalachiens n'est que 2,4 %, soit 12,3 % et 14,7 %.

Les tableaux 30 à 32 permettent de constater qu'il existe des différences entre les deux secteurs à la fois pour les différentes lithologies des précambriens et des appalachiens. Les tableaux 31 et 32 montrent aussi des différences importantes pour les appalachiens de plus de 5 t entre les deux secteurs selon la lithologie. Par exemple, les blocs appalachiens carbonatés (calcisiltite/calcimicrite/calcaire) et ceux à coraux comptent pour 65,3 % dans le secteur de Sainte-Luce-sur-Mer et pour seulement 48,6 % dans celui de Sainte-Flavie bien que les quatre plus gros blocs carbonatés et à coraux sur la batture aient été observés dans ce secteur.

Tableau 29 : Poids des méga-blocs par catégorie sur la batture entre Sainte-Luce-sur-Mer et Sainte-Flavie

Catégorie	Sainte-Luce		Sainte-Flavie		Total	
	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%
1 à 2 t :						
- Précambriens	445	51,2	346	60,9	791	55,0
- Appalachiens	287	34,7	217	43,2	504	37,9
2 à 3 t :						
- Précambriens	192	22,1	133	23,4	285	19,8
- Appalachiens	174	21,1	103	20,5	277	20,9
3 à 5 t :						
- Précambriens	127	14,6	50	8,8	177	12,3
- Appalachiens	125	15,1	70	13,9	195	14,7
5 à 10 t :						
- Précambriens	65	7,5	31	5,5	96	6,7
- Appalachiens	117	14,2	52	10,4	169	12,7
Plus de 10 t :						
- Précambriens	40	4,6	8	1,4	48	3,4
- Appalachiens	123	14,9	60	12,0	183	13,8
Total :						
- Précambriens	869	60,5	568	39,5	1437	52,0
- Appalachiens	826	62,2	502	37,8	1328	48,0

Tableau 30 : Poids en tonnes des méga-blocs précambriens sur la batture entre Sainte-Luce-sur-Mer et Sainte-Flavie (par catégorie)

Poids (t)	Sainte-Luce						Sainte-Flavie					
	Granite		Gneiss		Autres		Granite		Gneiss		Autres	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
1 à 2	142	50,9	239	51,8	64	49,6	92	56,1	205	63,3	49	61,2
2 à 3	58	20,8	108	23,4	26	20,1	42	25,6	75	23,2	16	20,0
3 à 5	47	16,8	61	13,2	19	14,7	14	8,5	28	8,6	8	10,0
5 à 10	17	6,1	30	6,5	18	14,0	12	7,3	14	4,3	5	6,3
Plus de 10	15	5,4	23	5,0	2	1,6	4	2,4	2	0,6	2	2,5
Total	279	19,1	461	32,1	129	9,0	164	11,4	324	22,5	80	5,6

Par contre, le pourcentage des blocs de 3 à 5 t est semblable pour les précambriens et les appalachiens dans le secteur de Sainte-Luce, soit 14,6 contre 15,1, mais il diffère beaucoup dans le secteur de Sainte-Flavie : 8,8 contre 13,9 (tableau 29).

Les tableaux 33 et 34 indiquent le poids minimum, maximum, la médiane ainsi que les Q_1 et Q_3 pour les diverses lithologies précambriennes et appalachiennes pour les deux secteurs. On constate que, dans celui de Sainte-Luce et celui de Sainte-Flavie, il y a une différence

relativement importante entre les poids minimum et maximum des méga-blocs. Même constat pour les appalachiens. Néanmoins, à l'exception des conglomérats à Sainte-Luce, les médianes sont semblables.

Tableau 31 : Poids en tonnes des méga-blocs appalachiens sur la batture de Sainte-Luce-sur-Mer (par catégorie)

Poids (t)	Grès		Conglo-mérat		Grès quart-zitique		Carbonatés		À coraux		Total	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
1 à 2	70	38,5	9	15,3	12	38,7	170	40,0	26	20,0	287	34,7
2 à 3	30	16,5	6	10,2	5	16,1	107	25,2	26	20.0	174	21,1
3 à 5	29	15,9	10	16,8	4	12,9	63	14,9	19	14,6	125	15,1
5 à 10	28	15,4	8	13,6	5	16,1	49	11,6	27	20,8	117	14,2
Plus de 10	25	13,7	26	44,1	5	16,1	35	8,3	32	24,6	123	14,9
Total	182	100	59	100	31	99,9	424	100	130	100	826	100

N.B. Ne comprend pas les schistes : 27 blocs seulement.

Tableau 32 : Poids en tonnes des méga-blocs appalachiens sur la batture de Sainte-Flavie (par catégorie)

Poids (t)	Grès		Conglo-mérat		Grès quart-zitique		Carbonatés		À coraux		Total	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
1 à 2	62	57,8	8	53,3	8	50	72	47,7	67	31,6	217	43,2
2 à 3	19	17,6	2	13,3	3	18,8	36	23,8	43	20,3	103	20,5
3 à 5	15	13,9	2	13,3	1	6,2	18	11,9	34	16,0	70	13,9
5 à 10	6	5,5	0	-	2	12,5	13	8,6	31	14,6	52	10,4
Plus de 10	6	5,5	3	20,0	2	12,5	12	7,9	37	17,5	60	12,0
Total	108	99,9	15	100	16	100	151	99,9	212	100	502	100

N.B. Ne comprend pas les schistes : 4 blocs seulement

B) Mobilité des méga-blocs

Comme dans la plupart des localités de la rive sud de l'estuaire du Saint-Laurent (Dionne, 1981, 2001b, 2004), mais aussi de la rive nord (Dionne et Poitras, 1998), les méga-blocs de la batture argileuse subissent les pressions exercées par les radeaux de glace annuelle poussés par le vent et/ou entraînés par les courants de la marée. Il en résulte souvent des déplacements de plusieurs mètres. Divers indices permettent de constater les pressions exercées par la glace (Dionne, 1988b). Malheureusement, le déplacement n'est pas toujours mesurable. C'est le cas illustré sur la photo 29 de la figure 4 montrant une dalle de grès calcaire à coraux de 27 t posée verticalement sur la batture argileuse et de la photo 30 de la figure 4 montrant un méga-bloc de grès quartzitique isolé de 34 t à la limite entre le cordon littoral et la plate-forme rocheuse. La présence d'une rainure ou d'une mare relique constitue les deux meilleurs indices lors des relevés sur le terrain (figures 4, photos 31-32).

Sur la batture entre Sainte-Luce-sur-Mer et le quai de Sainte-Flavie, 224 méga-blocs sur un total de 2 845 (7,9 %) montraient des indices de pression et de déplacement glaciel. Toutefois, le déplacement n'a pu être mesuré que sur 35 d'entre eux (15,6 %).

Tableau 33 : Poids en tonnes des méga-blocs précambriens pour les deux secteurs

	Granite	Gneiss	Autres
Sainte-Luce			
Minimum	1	1	1
Maximum	85	36	21,5
Médiane	1,9	1,4	1,3
Q_1	1,4	1,4	1,3
Q_3	4,4	2,9	4,1
Sainte-Flavie			
Minimum	1	1	1
Maximum	20	14	24
Médiane	1,8	1,6	1,7
Q_1	1,2	1,2	1,1
Q_3	3,1	2,4	2,5

Tableau 34 : Poids en tonnes des méga-blocs appalachiens pour les deux secteurs

	Grès	Conglomérat	Carbonatés	À coraux
Sainte-Luce				
Minimum	1	1	1	1
Maximum	75	76	54	80
Médiane	2,4	16	2,3	3,8
Q_1	1,6	2,8	1,5	2,1
Q_3	5,6	20	3,9	11
Sainte-Flavie				
Minimum	1	1,2	1	1
Maximum	26	190	48	190
Médiane	1,8	2,2	2	2,9
Q_1	1,3	1,5	1,3	1,5
Q_3	3	23	3,6	10

La direction des déplacements varie en raison de l'exposition du rivage. Pour l'ensemble de la batture étudiée, 45,7 % des déplacements mesurés le furent en direction de la rive et 34,3 % en direction des basses mers, ce qui indique l'influence des courants de la marée (flot et jusant), probablement en association avec le vent. Cependant, on a constaté une différence importante entre les deux secteurs étudiés. Dans celui de Sainte-Luce, 63,6 % des déplacements mesurés indiquent une poussée vers la rive, alors que, dans celui de Sainte-Flavie, 58,7 % des méga-blocs déplacés l'avaient été vers la limite des basses mers (tableau 35).

Tableau 35 : Méga-blocs avec déplacement mesuré sur la batture entre Sainte-Luce-sur-Mer et Sainte-Flavie

Direction	Sainte-Luce		Sainte-Flavie		Total	
	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%
Vers mer	5	22,7	7	53,8	12	34,3
Vers rive	14	63,6	2	15,4	16	45,7
Vers amont	0	-	4	30,8	4	11,4
Vers aval	3	13,6	0	-	3	8,6
Total	22	99,9	13	100	35	100

La longueur des déplacements mesurés varie de 0,40 à 22 m avec une médiane de 3 m ; 63,8 % des méga-blocs avaient été déplacés sur une distance allant de 3 à 22 m (tableau 36).

Tableau 36 : Méga-blocs glaciels avec déplacement mesuré sur la batture entre Sainte-Luce-sur-Mer et Sainte-Flavie

Longueur du déplacement en m		Par catégorie	N	%
Minimum :	0,40	<1	3	8,6
Maximum :	22	1 à 3	10	28,6
Médiane :	3	3 à 5	9	25,7
Q_1 :	2	5 à 10	6	17,1
Q_3 :	9	>10	7	20,0
Poids des blocs déplacés (t)		**Par catégorie**	**N**	**%**
Minimum :	0,460	2	4	11,4
Maximum :	75	4 à 10	9	25,7
Médiane :	15	10 à 20	10	28,6
Q_1 :	6	20 à 40	8	22,9
Q_3 :	25	>40	4	11,4

Le poids des blocs déplacés varie de 460 kg à 75 t, avec une médiane de 15 t. Les blocs de 2 t et moins comptent pour seulement 11,4 % ; ceux de 4 à 20 t, pour 54,3 %, et ceux de plus de 20 t, pour 34,3 % (tableau 37). Le plus gros bloc (75 t) avait été déplacé de 4 m vers la limite des basses mers ; par contre, le plus long déplacement effectué vers la rive (22 m) concerne un bloc de 22,5 t, alors qu'un bloc de 32 t avait un déplacement de 7 m. Les tableaux 38 et 39 contiennent les données pour les deux secteurs.

Bien que fréquent, le déplacement des méga-blocs demeure un phénomène erratique dépendant des conditions du milieu : courants de marée, en particulier lors du déglacement, vents et abondance des blocs isolés à la surface de la batture. Certaines années, le processus se révèle efficace, d'autres, pas. Seule une étude à long terme basée sur des blocs avec un

marqueur facilement repérable (puce électronique) permettront d'en savoir davantage sur la mobilité des méga-blocs (Neumeier et Desmeules, 2007).

Tableau 37 : Méga-blocs glaciels avec déplacement mesuré sur la batture entre Sainte-Luce-sur-Mer et Sainte-Flavie

A- Sainte-Luce

Poids (t)			Longueur du déplacement (m)		
Minimum	1,8		Minimum	0,40	
Maximum	75		Maximum	22	
Médiane	13,5		Médiane	4	
Q_1 :	6		Q_1 :	3	
Q_3 :	28		Q_3 : 10	10	
Poids par catégorie (t)			Longueur du déplacement par catégorie (m)		
	N	%		N	%
Moins de 5	2	9,1	Moins de 1	1	4,5
5 à 10	7	31,8	2 à 5	10	45,5
10 à 15	4	18,2	5 à 10	4	18,2
20 à 30	8	36,4	10 à 15	5	22,7
Plus de 50	1	4,5	Plus de 15	2	9,1

B- Sainte-Flavie

Poids (t)			Longueur du déplacement (m)		
Minimum	0,46		Minimum	0,4	
Maximum	25		Maximum	7	
Médiane	16		Médiane	2	
Q_1 :	9,8		Q_1 :	3	
Q_3 :	18		Q_3 :	10	
Poids par catégorie (t)			Longueur du déplacement par catégorie (m)		
	N	%		N	%
Moins de 2	3	23,1	Moins de 1	2	15,4
9 10	1	7,7	2 à 3	9	69,2
14 à 20	6	46,1	6 à 7	2	15,4
Plus de 20	3	23,1			

Tableau 38 : Méga-blocs glaciels avec déplacement mesuré sur la batture de Sainte-Luce-sur-Mer

Lithologie	Taille (cm)	Poids (t)	Longueur du déplacement (m)	Direction	Indice
Grès	440x370x250	75	4	Vers mer	Mare arrière
Grès	360x300x205	47	0,40	Vers mer	Mare arrière
Grès	410x275x200	43	9	Vers rive	Rainure arrière
Conglomérat	455x300x155	40	5	Vers mer	Mare arrière
Conglomérat à coraux	280x240x215	32	10	Vers rive	Bloc debout
Calcisiltite à coraux	330x230x200	28	2	Vers aval	Mare arrière
Grès	320x280x165	27	3	Vers mer	Mare arrière
Grès	280x260x165	22,5	22	Vers rive	Rainure arrière
Granite	250x215x210	21	5	Vers rive	Rainure arrière
Grès	320x190x130	15	2	Vers aval	Rainure arrière
Grès	265x165x175	13,5	4	Vers rive	Rainure arrière
Grès	255x210x125	12,6	3	Vers aval	Mare arrière
Calcisiltite	240x230x110	11,4	1,5	Vers mer	Mare arrière
Grès à coraux	255x240x70	9,6	2	Vers rive	Mare arrière
Calsiciltite	240x160x105	9	8	Vers rive	Mare arrière
Calcisiltite	230x130x125	7	4	Vers rive	Mare arrière
Calcaire	235x135x100	6	4	Vers rive	Mare arrière
Gneiss	220x120x120	6	10	Vers rive	Mare arrière
Grès	175x135x120	5,3	19	Vers rive	Mare arrière
Grès/conglomérat	185x115x125	5	12	Vers rive	Mare arrière
Gneiss	185x135x90	4,2	10	Vers rive	Rainure arrière
Schiste appalachien	130x120x60	1,8	10	Vers rive	Mare arrière

Tableau 39 : Méga-blocs glaciels avec déplacement mesuré sur la batture de Sainte-Flavie

Lithologie	Taille (cm)	Poids (t)	Longueur du déplacement (m)	Direction	Indice
Grès	300x215x195	25	2	Vers mer	Mare arrière
Granite	390x180x170	20	2	Vers mer	Mare arrière
Granite	235x225x180	20	7	Vers amont	Mare arrière
Calcisilte à coraux	260x220x150	18	3	Vers mer	Rainure arrière
Calcisiltite	350x190x120	18	2	Vers mer	Mare arrière
Calcisiltite à coraux	240x175x200	16	6	Vers rive	Rainure arrière
Calcisiltite à coraux	300x170x145	16	3	Vers amont	Mare arrière
Grès à coraux	215x165x195	15	2	Vers amont	Mare arrière
Grès	245x210x135	14	2	Vers mer	Mare arrière
Calcisiltite à coraux	225x145x150	9,8	2	Vers amont	Mare arrière
Grès	150x85x65	1,8	0,5	Vers mer	Mare arrière
Gneiss	110x70x70	1,1	0,4	Vers mer	Mare arrière
Grès	85x55x50	0,46	3	Vers rive	Rainure arrière

5. Origine, transport et mise en place des blocs

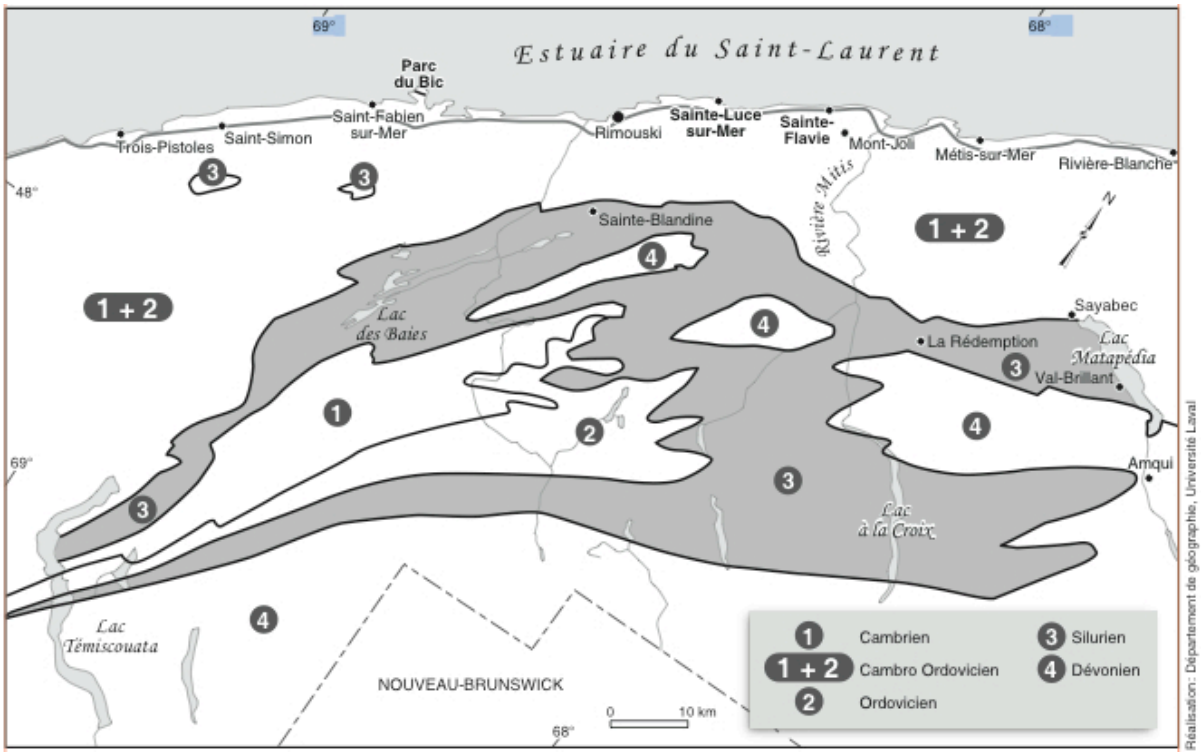
5.1. Source des erratiques

On connaît déjà les deux grandes régions d'où proviennent les blocs de la batture entre Sainte-Luce-sur-Mer et Sainte-Flavie. Les diverses lithologies précambriennes (roches ignées et métamorphiques y compris une partie des quartzites) proviennent du Bouclier laurentidien situé au nord du Saint-Laurent estuarien, alors que les éléments appalachiens (roches sédimentaires) appartiennent aux formations appalachiennes concentrées au sud de la vallée du Saint-Laurent (figure 5). Parmi les erratiques de petite taille, il est possible que certains proviennent des formations rocheuses des Basses-terres de la vallée du Saint-Laurent. Ce qui est moins clair, c'est l'endroit précis d'où ils proviennent. Dans le cas des erratiques précambriens, il s'avère difficile de préciser les sites en raison de la grande hétérogénéité et de la répartition géographique des formations à la surface du Bouclier laurentidien. Quoi qu'il en soit, il est raisonnable d'avancer que la majorité des cailloux provient de la province du Grenville (Franconi *et al*., 1975 ; Laurin et Sharma, 1975), en particulier du corridor compris entre le Saguenay et Forestville (Miller, 1973 ; Rondot, 1986) par lequel s'est écoulée la glace de l'Inlandsis laurentidien (Dionne et Occhietti, 1996). Les blocs d'anorthosite, par exemple, tirent leur origine vraisemblablement des vastes affleurements de cette lithologie située dans la partie sud-est du Lac-Saint-Jean et la partie nord-ouest du Haut-Saguenay.

Quant aux erratiques appalachiens, ils sont issus de trois grandes formations. En bordure du rivage, dans le secteur entre Rimouski et Sainte-Flavie, les formations rocheuses d'âge Cambrien supérieur à Ordovicien inférieur sont composées de grès quartzitique, conglomérats divers, *mudrock*, *shale* noir et calcaire (Tremblay et Bourque, 1991). Cette bande, allongée SO-NE, mesure entre 8 et 12 km de largeur. Lui succède plus au sud, une autre bande longiligne, elle aussi orientée SO-NE, d'environ 12 km de largeur, entre Pointe-au-Père et Saint-Damase, d'âge Cambrien inférieur à Cambrien moyen, composée de *mudrock*, ardoises vertes et rouges, grès feldspathique et de calcaire. Une étroite bande de cette formation existe aussi en bordure du littoral dans la région entre Saint-Fabien et Rimouski incluant l'île du Bic.

La troisième bande appalachienne, sise à l'intérieur des terres et grossièrement parallèle aux deux précédentes, est plus vaste (figure 6). D'âge Silurien à Dévonien inférieur, elle comprend des *mudrocks*, des grès fins, des calcaires fossilifères et récifaux (coraux), des grès quartzitiques et de l'argilite. Cette grande aire comprend trois secteurs de formations rocheuses d'âge Dévonien inférieur composée de calcaire, *mudstone* calcareux, grès et ardoises, qui sont respectivement situés à une distance de 30, 40 et 50 km du rivage entre Sainte-Luce et Sainte-Flavie (Tremblay et Bourque, 1991).

Les erratiques appalachiens de petite à moyenne taille proviennent en bonne partie des formations du Cambrien supérieur à Ordovicien inférieur mais aussi des deux autres formations. Dans la catégorie des méga-blocs appalachiens, les nombreux éléments carbonatés sont issus des formations du Silurien et du Dévonien.



D'après Tremblay et Bourque (1991)

Figure 6 : Carte géologique sommaire de la région appalachienne entre Trois-Pistoles et Rivière-Blanche montrant l'emplacement géographique des diverses formations rocheuses.

Les erratiques de dolomie constituent un cas particulier qui a déjà été longuement discuté pour d'autres secteurs de la rive sud (Dionne, 2001b, 2002b, 2002c, 2003a, 2005, 2007). Rappelons ici, qu'en raison des connaissances actuelles, il s'avère difficile de préciser la source des erratiques de dolomie sur la rive sud de l'estuaire du Saint-Laurent. Leur abondance et leur grande variété surprennent, car les cartes et les rapports géologiques en parlent peu et rarement. Quoi qu'il en soit, nous estimons qu'environ 60 % de ces erratiques particuliers émanent du Bouclier laurentidien, notamment de la région du bassin sédimentaire de Mistassini d'âge Protérozoïque ; le reste proviendrait des Appalaches, vraisemblablement des formations du Silurien et peut-être aussi du Dévonien du moins pour les variétés contenant des coraux ou d'autres variétés de fossiles.

5.2. Mode de transport et de mise en place

Compte tenu des connaissances actuelles, les erratiques de la batture entre Sainte-Luce et Sainte-Flavie ont d'abord été déplacés par les glaciers, ensuite par des icebergs et finalement par les glaces flottantes (*shore ice*).

C'est précisément le cas des erratiques précambriens qui ont été déplacés sur des distances de plusieurs dizaines à quelques centaines de kilomètres. Par exemple, les erratiques de dolomie à stromatolites de type A, observés sur la batture entre Sainte-Luce et Sainte-Flavie,

proviennent de la région du lac Albanel, au centre du Québec nordique. Ils ont été d'abord pris en charge par un courant de glace qui a emprunté la dépression du Lac-Saint-Jean et la vallée du Saguenay jusqu'à Tadoussac, soit sur une distance d'environ 350 à 400 km (Dionne, 1994 ; Dionne et Bernatchez, 2000 ; Veillette, 2004). Même situation pour les erratiques appalachiens provenant de l'intérieur des terres : ils ont été transportés par la glace appalachienne, vers la fin du Pléistocène, alors qu'elle recouvrait la moitié nord des Appalaches et qu'elle s'écoulait vers la vallée inférieure du Saint-Laurent, successivement vers le NNO, le N, le NNE et le NE (Rappol, 1993 ; Prichonnet, 1995 ; Occhietti *et al*., 2001).

Dans un deuxième temps, les erratiques précambriens ont été transportés vers la rive sud par des icebergs et relâchés sur le fond de la Mer de Goldthwait (Dionne, 2003a). C'est la raison pour laquelle ils sont concentrés sur des dépôts argileux, souvent fossilifères, et non sur et dans du till ou d'autres dépôts glaciaires. Leur mise en place n'a donc pas été faite directement par l'Inlandsis laurentidien ou une plate-forme de glace rattachée à ce dernier ou encore par les eaux de fonte de la masse glaciaire.

Quant aux erratiques appalachiens, la situation est plus complexe ou moins claire. Néanmoins, nous croyons que, dans la plupart des secteurs littoraux où ils abondent, le front glaciaire appalachien vers la fin du Pléistocène était en bordure du littoral et devait être en contact avec la Mer de Goldthwait (Hétu, 1994, 1998). Dans ce cas, un court déplacement par des icebergs paraît vraisemblable à plusieurs endroits de la rive sud, en particulier pour les méga-blocs.

Rappelons ici que, contrairement à ce qui est indiqué sur la carte géologique de Liard (1972), dans le secteur entre Sainte-Luce-sur-Mer et Sainte-Flavie, il n'existe nulle part de véritables dépôts de till ou d'autres dépôts glaciaires à proximité du rivage (Dionne, 1966 ; Locat, 1978). S'il y en a déjà existé, ils ont été entièrement érodés. Dans ce cas, il s'avère difficile de déterminer si les méga-blocs proviennent d'un ancien dépôt de till ou plutôt des formations argilo-limoneuses de la Mer de Goldthwait jadis qualifiées de « *fossiliferous boulder clay* » (Dawson, 1893, p. 38). Rappelons également, que la falaise morte située derrière le rivage actuel est, elle aussi, en grande partie constituée d'argile marine contenant des cailloux (Dionne, 2002a). Il apparaît de plus en plus évident que la majorité des erratiques sur la batture argileuse actuelle, en particulier les méga-blocs, ont été relâchés par des icebergs sur le fond de la Mer de Goldthwait durant sa phase initiale (Dionne, 1977).

La présence d'une falaise morte argileuse derrière la batture actuelle indique que ce dépôt devait autrefois la recouvrir. Au cours de l'Holocène, l'érosion l'a fait disparaître, mais a laissé derrière les cailloux pouvant difficilement être déplacés par les vagues et les courants mais non par les glaces flottantes. Ce sont donc ces dernières qui ont repris les cailloux de petite à moyenne taille et les ont en grande partie concentrés dans la zone inférieure de la batture où ils forment aujourd'hui de grands dallages. Rappelons aussi que, de nos jours, même les méga-blocs de plusieurs tonnes sont souvent déplacés sur la batture par des radeaux de glace entraînés par les courants de marée parfois associés à des vents favorables.

6. Originalité et importance du site

La batture entre Sainte-Luce-sur-Mer et Sainte-Flavie constitue un site caractéristique de la rive sud du Saint-Laurent estuarien. Dans la partie du rivage émergé, on trouve sur l'ensemble du secteur, deux des composantes de la ligne de rivage Micmac de J.W. Goldthwait (1911), soit la falaise morte en grande partie taillée dans de l'argile caillouteuse et fossilifère de la Mer de Goldthwait et, à son pied, la basse terrasse de ±6 m (terrasse Mitis) constituée de sable et gravier, un dépôt littoral reposant sur une plate-forme rocheuse ancienne (Dionne, 2002a). Dans la zone intertidale, on trouve les trois autres composantes de la ligne de rivage Micmac : 1) un haut de plage ou cordon littoral ayant une pente de 5°-6° et une largeur de 15 à 25 m, constituée de sable et gravier ; 2) une plate-forme rocheuse dénudée et aplanie, taillée dans des schistes (*mudrock*), de quelques dizaines à plus d'une centaine de mètres de largeur avec, ici et là, des amas de cailloux et des méga-blocs isolés ; 3) puis dans la partie inférieure, une batture argileuse, parfois voilée de sable et de petit gravier, mais surtout en grande partie recouverte de cailloux de petite à moyenne grosseur formant des dallages plus ou moins continus assortis de méga-blocs dont plus de 36 % pèsent entre 5 et 190 t. Ces derniers ne sont pas des fragments éboulés ou détachés des falaises rocheuses environnantes (il n'en existe pas), mais bien des erratiques provenant pour environ la moitié du Bouclier laurentidien, pour les lithologies ignées et métamorphiques, et l'autre moitié des Appalaches, pour les lithologies sédimentaires.

La grande variété des erratiques et leur excellente conservation dans la zone intertidale donnent un aperçu satisfaisant de la nature variée des formations rocheuses existant de part et d'autre de l'estuaire.

La présence de nombreux erratiques de dolomie sur la batture de Sainte-Luce/Sainte-Flavie, mais aussi dans tous les secteurs entre Le Portage et Cap-Chat (Dionne, en préparation), renseigne utilement sur l'existence de cette lithologie particulière à la fois dans le Bouclier laurentidien et dans les Appalaches même si les sites précis d'où ils proviennent demeurent mal connus. Toutefois, la source de deux variétés de dolomie a pu être identifiée. C'est le cas des cailloux de dolomie à stromatolites d'âge Protérozoïque provenant du bassin sédimentaire de Mistassini (Dionne, 1994, 2003a, 2005, 2007 ; Dionne et Bernatchez, 2000) et des erratiques de dolomie à coraux provenant de la base du Silurien dans la région du lac Matapédia (Héroux, 1971, 1975 ; Dionne, 2002b). Quant aux dolomies roses abondantes partout sur la rive sud (environ 36 %), mais aussi sur la rive nord (Dionne, 1994 ; Dionne et Bernatchez, 2000), on sait qu'il en existe dans le bassin sédimentaire de Mistassini (Neilson, 1953 ; Wahl, 1953). Il y en a probablement aussi dans les Appalaches même si aucun rapport géologique ne signale leur existence. Selon certains géologues (*verbatim*), il y aurait des calcaires roses, souvent fossilifères, dans la zone de faille entre le Dévonien et le Silurien dans la région de Saint-Cléophase et peut-être ailleurs en Gaspésie. Un bloc de ce type a été observé sur le rivage à Cap-à-la-Baleine, en Gaspésie (Dionne, 2002c). Des erratiques de dolomie rose ayant un faciès similaire à cet erratique calcaire ont aussi été observés dans plusieurs localités de la rive sud (Dionne, en préparation). Il est donc possible qu'il existe aussi de la dolomie rose dans les formations appalachiennes même si on n'a pas encore signalé son existence.

Quelques autres erratiques particuliers provenant du Bouclier laurentidien ont été trouvés sur la rive sud. Il s'agit de cailloux de tillite provenant de la région de Chibougamau (Long, 1974) et d'erratiques de quartzite blanc provenant de la formation de Papaskwasati (Neilson, 1953 ; Caty, 1976 ; Veillette, 2004). Ces erratiques lointains ont été déplacés sur une distance de 400 à 500 km.

Quant aux erratiques de dolomie de source appalachienne, le type connu provenant indiscutablement des Appalaches, mais non observés sur la batture de Sainte-Luce/Sainte-Flavie, est une dolomie grise à coraux (*Cladopora*). Cette formation, qui serait à la base du Silurien dans le secteur NO du lac Matapédia, n'affleure pas ; les quelques affleurements de roche similaires observés sur la rive méridionale du lac (région de Sayabec) sont du calcaire à *Cladopora* et non de la dolomie (Héroux, 1975). Quelques autres variétés de dolomie non observées sur la rive nord, dont certaines contenant des fossiles, proviennent des Appalaches.

Par ailleurs, les erratiques appalachiens issus des formations du Silurien et/ou du Dévonien existent non seulement sur la batture entre Sainte-Luce et Sainte-Flavie mais aussi dans plusieurs autres secteurs entre Rivière-du-Loup et Matane. Il s'agit de calcaire souvent fossilifères, de grès et de conglomérat fossilifères ou à coraux, et de calcisiltite/calcimicrite avec ou sans coraux.

Une des caractéristiques de la batture de Sainte-Luce/Sainte-Flavie est l'abondance des méga-blocs appalachiens de très grande taille. Les dix plus imposants pesant entre 55 et 190 tonnes sont, en effet, des roches carbonatées dont cinq contiennent des coraux. Ces derniers sont plus abondants dans le secteur de Sainte-Flavie, soit 41,9 % contre 16,2 % pour le secteur de Sainte-Luce. Comme les affleurements de Silurien et de Dévonien situés au SE de ces deux localités sont à peu près à la même distance de la rive sud, la différence s'explique peut-être par la position plus septentrionale du front glaciaire appalachien en bordure de la Mer de Goldthwait vers la fin du Pléistocène. Quoi qu'il en soit, la présence sur la batture de méga-blocs carbonatés contenant des coraux pourrait faciliter leur étude compte tenu des conditions difficiles du terrain dans les Appalaches, une région montagneuse et à plus de 80 % boisée.

Bien que comparable à d'autres localités de la rive sud, la battue entre Sainte-Luce et Sainte-Flavie en diffère sous certains aspects. Par exemple, le nombre d'erratiques précambriens est beaucoup plus faible que dans le schorre de l'Isle-Verte (73 %), de celui du Bic (87,5 %) et celui de Pointe-au-Père (68,6 %) ; mais il est légèrement inférieur à celui de la batture argileuse de la baie de Mitis (56 %) (tableau 40).

Tableau 40 : Méga-blocs précambriens et appalachiens sur quelques battures de la rive sud de l'estuaire

Localité	Milieu	Précambriens		Appalachiens		Référence
		N	%	N	%	
Isle-Verte	Schorre inférieur	225	73,0	84	27,0	Dionne, 2001
Baie du Haha	Batture et rivage rocheux	41	42,3	56	57,7	Dionne, 2006
Baie à l'Orignal :						
- Secteur SE	Schorre inférieur	74	46,3	86	53,7	Dionne, 2003
- Secteur SO	Batture argileuse	60	21,5	219	78,5	Dionne, 2004
Baie du Bic	Schorre inférieur	385	87,5	55	12,4	Dionne, inédit
	Batture dénudée	101	28,4	486	61,2	Dionne, inédit
Sainte-Luce (est)	Batture et plate-forme rocheuse	869	49,8	853	48,8	Dionne, inédit
Sainte-Flavie (ouest)	Batture argileuse et plate-forme	568	51,9	506	46,0	Dionne, inédit
Baie de Mitis	Batture argileuse	244	52,2	203	47,8	Dionne et Poitras, 1988a
	Batture argileuse	262	56,1	205	43,9	Dionne et Poitras, 1988b
	Batture argileuse	39	53,7	18	46,2	Dionne, inédit
Pointe-au-Père	Schorre et batture argileuse (blocs à indices glaciels seulement)	24	68,6	11	31,4	Dionne, inédit

7. Conclusion

La batture entre Sainte-Luce-sur-Mer et Sainte-Flavie constitue un véritable laboratoire. La plate-forme rocheuse taillée dans des schistes argileux aujourd'hui appelés *mudrocks* est riche d'enseignements (formes structurales, tectoniques, d'érosion, lithologie, *etc*.). Toutefois, l'intérêt principal concerne les milliers d'erratiques qui recouvrent la batture argileuse. Leur grande variété et leur bonne conservation permettent une identification facile et donnent un aperçu satisfaisant des lithologies existant tant dans le Bouclier laurentidien, sur la rive nord, que dans les Appalaches, sur la rive sud de l'estuaire du Saint-Laurent.

Ce site, facile d'accès, car situé en bordure de l'ancienne route 132, mérite certainement d'être mieux connu et mis en valeur. Les naturalistes, en particulier ceux qui s'intéressent à l'environnement et aux sciences de la Terre, auraient avantage à le fréquenter pour acquérir certaines notions de base. Ce type de rivage original devrait désormais être signalé dans les ouvrages scientifiques consacrés aux littoraux.

Si, dans le passé, beaucoup d'erratiques ont été récoltés pour divers usages, il est interdit depuis plusieurs années de prélever les blocs de la batture, en particulier les gros, pour édifier des murs de protection contre l'érosion des berges. Malheureusement, faute d'une prise de conscience de l'importance de préserver ce milieu naturel et l'absence de surveillance, il existe encore des délinquants.

8. Références

Avramtchev, L. (réd.) (1995) Carte géologique du Québec. Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec. DPV 84-02, carte nº 2000, échelle 1 : 500 000.

Bouchard, M. et Godard, A. (1984) Les altérites du Bouclier canadien : bilan d'une campagne de reconnaissance. Géographie physique et Quaternaire, vol. 38, p. 149-163.

Cailleux, A. et Tricart, J. (1959) Initiation à l'étude des sables et des galets. Tome 1. Centre de documentation universitaire (CDU), Paris, 376 p.

Canada (1973) Normales au Canada. Vol. 1, Température (1941-1970). Environnement atmosphérique, Environnement Canada, Downsview (Ontario), 186 p.

Canada (1975) Normales au Canada. Vol. 3 : Vent (1955-1972). Environnement atmosphérique, Environnement Canada, Dowsview (Ontario), 144 p.

Canada (2009) Tables des marées et des courants du Canada. Volume 3 : Fleuve Saint-Laurent et fjord du Saguenay. Service hydrographique du Canada, Pêches et Océans Canada, Ottawa, 76 p.

Caty, J.L. (1976) Région du lac Mistassini : stratigraphie et sédimentologie de la formation de Papaskwasati. Ministère de l'énergie et des ressources, Québec, Rapport géologique 423, 270 p.

Dawson, J.W. (1893) The Canadian Ice Age. William Dawson Ed., Montréal, 301 p.

Dionne, J.-C. (1961a) La morphologie littorale de la côte sud de l'estuaire maritime du Saint-Laurent, de Rivière-du-Loup à Matane. Mémoire de maîtrise, Département de géographie, Université de Montréal, 284 p.

Dionne, J.-C. (1961b) Quelques particularités de la morphologie littorale du Saint-Laurent. Revue canadienne de géographie, vol. 15, p. 19-27.

Dionne, J.-C. (1962) Note sur les blocs d'estran du littoral sud du Saint-Laurent. The Canadian Geographer, vol. 6, p. 69-77.

Dionne, J.-C. (1963a) Les types de côtes de la rive sud de l'estuaire du Saint-Laurent. Norois, vol. 38, p. 151-160.

Dionne, J.-C. (1963b) Le problème de la terrasse et de la falaise Mic Mac. Revue canadienne de géographie, vol. 17, p. 9-25.

Dionne, J.-C. (1966) Carte morpho-sédimentologique de Mont-Joli (22C/9) : échelle 1 : 50 000. Série de cartes manuscrites réalisées au Bureau d'aménagement de l'Est du Québec (BAEQ), Mont-Joli, 1964-1966.

Dionne, J.-C. (1967) Formes de corrosion littorale, côte sud du Saint-Laurent. Cahiers de géographie de Québec, vol. 11, p. 379-395.

Dionne, J.-C. (1968) Morphologie et sédimentologie glacielles, littoral sud du Saint-Laurent. Zeitschrift für Geomorphologie, Suppl. Bd. 7, p. 56-84.

Dionne, J.-C. (1970) Aspects morpho-sédimentologiques du glaciel, en particulier des côtes du Saint-Laurent. Thèse de doctorat, Institut de géographie, Université de Paris (Sorbonne), Vol. 1, texte, 323 p., vol. 2, Atlas photographique, 89 p. Texte publié dans Rapport d'information Q-F-X-9, Laboratoire de Recherches forestières des Laurentides, Environnement Canada, Québec, 324 p.

Dionne, J.-C. (1972) Caractéristiques des blocs erratiques des rives de l'estuaire du Saint-Laurent. Revue de géographie de Montréal, vol. 26, p. 125-152.

Dionne, J.-C. (1973) La notion de pied de glace (*icefoot*), en particulier dans l'estuaire du Saint-Laurent. Cahiers de géographie de Québec, vol. 17, p. 221-250.

Dionne, J.-C. (1977) La Mer de Goldthwait au Québec. Géographie physique et Quaternaire, vol. 31, p. 61-80.

Dionne, J.-C. (1981) Le déplacement de méga-blocs par les glaces sur les rivages du Saint-Laurent. P. 53-80, *in* Comptes rendus, Atelier sur l'action des glaces sur les rivages. Rimouski, 5-6 mai 1981. Conseil national de recherches du Canada, Comité associé de recherche sur l'érosion et la sédimentation littorales, Ottawa, 160 p.

Dionne, J.-C. (1988a) Holocene relative sea-level fluctuations in the St. Lawrence estuary, Québec, Canada. Quaternary Research, vol. 29, p. 233-244.

Dionne, J.-C. (1988b) Ploughing boulders along shoreline with particular reference to the St. Lawrence estuary. Geomorphology, vol. 1, p. 297-308.

Dionne, J.-C. (1994) Les erratiques lointains de l'embouchure du Saguenay. Géographie physique et Quaternaire, vol. 48, p. 179-194.

Dionne, J.-C. (2001a) Relative sea-level changes in the St. Lawrence estuary from deglaciation to Present Day. P. 271-284, *in* T.K. Weddle and M.J. Retelle (réd.) Deglacial history and relative sea-level changes, Northern New England and adjacent Canada. Geological Society of America, Special Paper 351, 292 p.

Dionne, J.-C. (2001b) Observations géomorphologiques sur les méga-blocs d'un schorre à *Spartina alterniflora*, estuaire maritime du Saint-Laurent, Québec. Géomorphologie : relief, processus, environnement, vol. 7, p. 243-256.

Dionne, J.-C. (2002a) État des connaissances sur la ligne de rivage Micmac de J.W. Goldthwait (estuaire du Saint-Laurent). Géographie physique et Quaternaire, vol. 56, p. 97-121.

Dionne, J.-C. (2002b) Les erratiques de dolomie à Rivière-Blanche, côte sud de l'estuaire maritime du Saint-Laurent : un indicateur de transport glaciaire et glaciel. Canadian Journal of Earth Sciences, vol. 39, p. 1239-1255.

Dionne, J.-C. (2002c) The boulder barricade at Cap à la Baleine, north shore of Gaspé Peninsula (Québec) : nature of boulders, origin, significance. Journal of Coastal Research, vol. 18, p. 652-661.

Dionne, J.-C. (2003a) Les erratiques de dolomie à Saint-Fabien-sur-Mer, côte sud de l'estuaire maritime du Saint-Laurent (Québec) : un traceur de transport glaciaire et glaciel exceptionnel. Géomorphologie : relief, processus, environnement, vol. 9, p. 165-176.

Dionne, J.-C. (2003b) Observations géomorphologiques sur les méga-blocs du secteur sud-est de la batture argileuse de la baie à l'Orignal, au parc du Bic, Bas-Saint-Laurent (Québec). Géographie physique et Quaternaire, vol. 57, p. 95-101.

Dionne, J.-C. (2004) Les méga-blocs de la batture argileuse du secteur sud-ouest de la baie à l'Orignal (parc du Bic). Le Naturaliste canadien, vol. 128, nº 2, p. 99-105.

Dionne, J.-C. (2005) Un estran argileux à dallages et cordons de blocs caractéristiques de l'estuaire du Saint-Laurent (Québec, Canada). Xeografica, vol. 5, p. 43-60.

Dionne, J.-C. (2007) La batture de l'anse au Sable à Rimouski : un estran typique de la rive sud de l'estuaire maritime du Saint-Laurent, Québec. Géographie physique et Quaternaire, vol. 61, p. 111-126.

Dionne, J.-C. (2009) Caractéristiques des méga-blocs de la batture argileuse dans la baie du Bic sur la rive sud de l'estuaire du Saint-Laurent (Québec). Département de géomatique appliquée, Université de Sherbrooke, Bulletin de recherche nº 184, 38 p., http://www.usherbrooke.ca/geotel/publications ou http://collection.nlc-bnc.ca/100/201/300/bulletin_recherche_dept_geographie_usherbrooke/index.html.

Dionne, J.-C. (2010) La batture argileuse à méga-blocs de la baie du Bic : aspects morpho-sédimentologiques. Le Naturaliste canadien, vol. 134, nº 1.

Dionne, J.-C. (en préparation) Les erratiques de dolomie sur la rive sud de l'estuaire maritime du Saint-Laurent entre Le Portage et Cap-Chat. Département de géographie, Université Laval.

Dionne, J.-C. et Bernatchez, P. (2000) Les erratiques de dolomie sur le rivage des Escoumins, côte nord de l'estuaire maritime du Saint-Laurent, Québec. Atlantic Geology, vol. 36, p. 117-129.

Dionne, J.-C. et Occhietti, S. (1996) Aperçu du Quaternaire à l'embouchure du Saguenay, Québec. Géographie physique et Quaternaire, vol. 50, p. 3-34.

Dionne, J.-C. et Poitras., S. (1998) Geomorphic aspects of mega-boulders at Mitis Bay, Lower St. Lawrence estuary, Québec, Canada. Journal of Coastal Research, vol. 14, p. 1054-1064.

Franconi, A., Sharma, K.N.M. et Laurin, A.F. (1975) Région des rivières Betsiamites (Bersimis) et Moisie (Grenville 1968-1969). Ministère des richesses naturelles, Québec. Rapport géologique 162, 149 p., 6 cartes couleurs, échelle 1 : 250 000.

Goldthwait, J.W. (1911) The twenty-foot terrace and sea cliff of the Lower Saint Lawrence. American Journal of Science, vol. 32, p. 291-317.

Héroux, Y. (1971) Formation de Sayabec dans la région de la Rédemption-Sayabec-Val-Brillant (comté de Matapédia). Ministère des richesses naturelles, Québec, Rapport DP 45, 12 p.

Héroux, Y. (1975) Stratigraphie de la formation de Sayabec (Silurien) dans la vallée de la Matapédia (Québec). Thèse de doctorat, Département de géologie, Université de Montréal, 130 p.

Hétu, B. (1994) Déglaciation, émersion des terres et pergélisol dans la région de Rimouski. Paléo-Québec, nº 22, p. 4-48.

Hétu, B. (1998) 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, vol. 52, p. 325-347.

Laurin, A.F. et Sharma, K.N.M. (1975) Région des rivières Mistassini, Péribonca, Saguenay (Grenville 1965-1967). Ministère des richesses naturelles, Québec, Rapport géologique 161, 89 p. 10, cartes couleurs, échelle, 1 : 250 000.

Liard, P. (1972) Géologie de la région de Mont-Joli – Matane (comtés de Matane-Matapédia-Rimouski). Ministère des richesses naturelles, Québec, Rapport DP 202, 7 p., 2 cartes, échelle, 1 : 31 380.

Locat, J. (1978) Le Quaternaire de la région de Baie-des-Sables-Trois-Pistoles. Ministère des richesses naturelles, Québec, Rapport DP 605, 60 p., cartes en pochette.

Long, D.G.E. (1974) Glacial and paraglacial genesis of conglomeratic rocks of the Chibougamau Formation (Aphebian), Chibougamau, Québec. Canadian Journal of Earth Sciences, vol. 11, p. 1236-1252.

Loring, D.H. and Nota, D.J.G. (1973) Morphology and sediments of the Gulf of St. Lawrence. Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada, Report 182, 147 p., carte couleurs en pochette.

Miller, M.L. (1973) Région de Saint-Siméon-Tadoussac. Ministère des richesses naturelles, Québec, Rapport géologique 159, 94 p., 1 carte couleurs, échelle, 1 63 360.

Neilson, J.M. (1953) La région du lac Albanel, territoire de Mistassini. Ministère des mines, Québec, Rapport géologique 53, 38 p., carte couleurs, échelle, 1 63 360.

Neumeier, U. et Desmeules, G. (2007) Dynamique sédimentaire glacielle au marais de la Pointe-aux-Épinettes, parc national du Bic. Colloque sur la recherche scientifique au parc national du Bic, Bic, 4 mai 2007, Programme, p. 2.

Occhietti, S., Parent, M., Shilts, W.W., Dionne, J.-C., Govare, E. and Harmand, D. (2001) Late Wisconsinian glacial dynamics, deglaciation and marine invasion in southern Québec. P. 243-270, *in* T.K. Weddle and M.J. Retelle (réd.) Deglacial history and relative sea-level changes, Northern New England and adjacent Canada. Geological Society of America, Special Paper 351, 292 p.

Prichonnet, G. (1995) Géologie et géochronologie postglaciaire dans la région de la Gaspésie et du Bas-Saint-Laurent, Québec. Commission géologique du Canada, Ottawa, Bulletin 488, 69 p.

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., carte couleurs.

Shepard, F.P. (1931) St. Lawrence (Cabot Strait) submarine trough. Geological Society of America Bulletin, vol. 42, p. 853-864.

Tremblay, G. et Bourque, P.A. (réd.) (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.

Veillette, J. (2004) Ice-flow chronology and palimsest, long-distance dispersal and indicator clasts, north of the St. Lawrence River valley, Québec. Géographie physique et Quaternaire, vol. 58, p. 187-216.

Wahl, W.G. (1953) Région de la rivière Témiscamie, territoire de Mistassini. Ministère des mines, Québec, Rapport géologique 54, 37 p., carte couleurs, échelle, 1 : 63 360.

Annexe : détails sur les photographies de la figure 4

1. Terrasse Mitis en érosion à Sainte-Luce-sur-Mer
2. Cordon littoral sableux et graveleux
3. Plate-forme rocheuse intertidale à Sainte-Luce-sur-Mer
4. Petit pli dans les schistes de la plate-forme rocheuse
5. Batture argileuse couverte de cailloux
6. Détail d'un dallage de blocs
7. Bloc glaciaire à surface polie et striée
8. Marques d'abrasion glacielle sur un bloc de grès
9. Erratique de dolomie de type laminé
10. Erratique de dolomie de type laminé
11. Erratique de dolomie de type marbré
12. Erratique de dolomie strié (glaciaire et glaciel)
13. Erratique de dolomie de type bréchique
14. Erratique de dolomie à stromatolites
15. Erratique de dolomie de couleur rose
16. Erratique de dolomie fossilifère de couleur rouge
17. Erratique de gneiss à Sainte-Luce-sur-Mer
18. Méga-bloc de gabro avec un dyke à texture pegmatitique
19. Méga-bloc de conglomérat calcaire
20. Bloc de conglomérat à galets de quartz
21. Dalle de grès quartzitique
22. Bloc de grès à structure en damier
23. Méga-bloc de calcisiltite à coraux
24. Détail d'un méga-bloc carbonaté à coraux
25. Méga-blocs alignés à la limite des basses mers
26. Méga-bloc de calcaire à coraux de 190 t
27. Méga-bloc de granite rose à Sainte-Luce-sur-Mer
28. Méga-bloc de calcisiltite à Sainte-Luce-sur-Mer
29. Méga-bloc de calcaire à coraux en position verticale

30. Méga-bloc de grès quartzitique
31. Méga-bloc de grès avec rainure glacielle arrière
32. Cuvette relique derrière un bloc de calcisiltite déplacé par la glace