

**Paléoenvironnement d'une plage tardiglaciaire de 10 580 ans BP dans la région de Charlevoix, Québec**  
**Lateglacial Beach Paleoenvironment Dated 10 580 yr BP in the Charlevoix Region, Québec**  
**Paläoumwelt eines spätglazialen Strandes von 10 580 Jahren v.u.Z. in der Gegend von Charlevoix, Québec**

Étienne Govare et Pierre Gangloff

Volume 43, numéro 2, 1989

URI : <https://id.erudit.org/iderudit/032766ar>

DOI : <https://doi.org/10.7202/032766ar>

[Aller au sommaire du numéro](#)

Éditeur(s)

Les Presses de l'Université de Montréal

ISSN

0705-7199 (imprimé)

1492-143X (numérique)

[Découvrir la revue](#)

Citer cet article

Govare, É. & Gangloff, P. (1989). Paléoenvironnement d'une plage tardiglaciaire de 10 580 ans BP dans la région de Charlevoix, Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 43(2), 147–160. <https://doi.org/10.7202/032766ar>

Résumé de l'article

Vers 10 580 ans BP, la Mer de Goldthwait dépose 2,50 m de vase fossilifère dans une anse sur la rive nord de l'estuaire du Saint-Laurent. Le dépôt a été soulevé à 120 m d'altitude. Il s'observe aux Éboulements, dans la région de Charlevoix, à 60 km au nord-est de la ville de Québec. Emboîté dans une série de cordons de plages, il résulte d'un épisode de sédimentation intertidale au niveau d'une basse slikke. La flore diatomifère (17 taxons et 27 genres) est représentée par des éléments benthiques, surtout *Diploneis smithii*. La faune littorale (3 taxons et 6 genres) est dominée par *Hiatella arctica* et *Musculus niger*. La composition isotopique des coquilles de mollusques fossiles indique des eaux littorales légèrement plus chaudes et moins salées que celles qui caractérisent aujourd'hui l'ensemble des eaux du golfe du Saint-Laurent. La côte était bordée d'une toundra herbacée où croissaient des espèces arctiques-alpines, dont *Dryas integrifolia*, *Salix herbacea*, *Armeria labradorica*, *Silène acaulis* et des saxifrages. L'intérieur des terres était couvert d'une toundra arbustive. Des fentes de gel fossiles dans des dépôts littoraux corrélatifs indiquent la présence d'un pergélisol.

# PALÉOENVIRONNEMENT D'UNE PLAGE TARDIGLACIAIRE DE 10 580 ANS BP DANS LA RÉGION DE CHARLEVOIX, QUÉBEC

Étienne GOVARE et Pierre GANGLOFF, Département de géographie, Université de Montréal, C.P. 6128, succ. «A», Montréal, Québec H3C 3J7.

**RÉSUMÉ** Vers 10 580 ans BP, la Mer de Goldthwait dépose 2,50 m de vase fossilifère dans une anse sur la rive nord de l'estuaire du Saint-Laurent. Le dépôt a été soulevé à 120 m d'altitude. Il s'observe aux Éboulements, dans la région de Charlevoix, à 60 km au nord-est de la ville de Québec. Emboîté dans une série de cordons de plages, il résulte d'un épisode de sédimentation intertidale au niveau d'une basse slikke. La flore diatomifère (17 taxons et 27 genres) est représentée par des éléments benthiques, surtout *Diploneis smithii*. La faune littorale (3 taxons et 6 genres) est dominée par *Hiatella arctica* et *Musculus niger*. La composition isotopique des coquilles de mollusques fossiles indique des eaux littorales légèrement plus chaudes et moins salées que celles qui caractérisent aujourd'hui l'ensemble des eaux du golfe du Saint-Laurent. La côte était bordée d'une toundra herbacée où croissaient des espèces arctiques-alpines, dont *Dryas integrifolia*, *Salix herbacea*, *Armeria labradorica*, *Silene acaulis* et des saxifrages. L'intérieur des terres était couvert d'une toundra arbustive. Des fentes de gel fossiles dans des dépôts littoraux corrélatifs indiquent la présence d'un pergélisol.

**ABSTRACT** Lateglacial beach paleoenvironment dated 10 580 yr BP in the Charlevoix region, Québec. Around 10 580 yr BP, the Goldthwait Sea deposited some 2,50 m of fossiliferous mud in an inlet on the north shore of the St. Lawrence Estuary. The deposit was raised to a 120 m altitude. It is visible at Les Éboulements, in the Charlevoix region, 60 km northeast of Québec City. Nested in a series of barrier beaches, it is due to an intertidal sedimentation episode at low slikke level. The diatomiferous flora (17 taxons and 27 genera) is represented by benthic elements, especially *Diploneis smithii*. The coastal fauna (3 taxons and 6 genera) is dominated by *Hiatella arctica* and *Musculus niger*. Isotopic composition of the fossil molluscan shells indicate slightly warmer and fresher coastal waters than present time waters in the Gulf of St. Lawrence. Along the coast lied an herbaceous tundra where arctic-alpine species like *Dryas integrifolia*, *Salix herbacea*, *Armeria labradorica*, *Silene acaulis* and saxifrage grew. Inland lied an arborescent tundra. Fossil ice wedges in correlative coastal deposits indicate a permafrost.

**ZUSAMMENFASSUNG** Paläoumwelt eines spätglazialen Strandes von 10 580 Jahren v.u.Z. in der Gegend von Charlevoix, Québec. Um 10 580 v.u.Z. hat das Goldwaith-Meer in einer Bucht auf dem Nordufer des Sankt-Lorenz-Mündungsbeckens 2,50 m fossilhaltigen Schlamm abgelagert. Die Ablagerung ist auf 120 m Höhe angehoben worden. Man kann sie bei Les Éboulements in der Gegend von Charlevoix, 60 km nordöstlich der Stadt Québec beobachten. Eingeschachtelt in eine Serie von Küstendämmen stammt sie aus einer Sedimentierungs-Episode in der Gezeitenzone auf dem Niveau einer niedrigen slikke. Die Diatomeenflora (17 Taxa und 27 Arten) ist vor allem durch Küstenwasserelemente vertreten, vor allem *Diploneis smithii*. Die Küstenfauna (3 Taxa und 6 Arten) ist von *Hiatella arctica* und *Musculus niger* beherrscht. Die isotopische Zusammensetzung der fossilen Molluskenschalen weist auf Küstengewässer hin, die etwas wärmer und weniger salzhaltig waren, als diejenigen, die heute das gesamte Wasser des Sankt-Lorenz-Golfs charakterisieren. Die Küste war von einer Pflanzen-Tundra gesäumt, wo arktisch-alpine Arten wuchsen, wie *Dryas integrifolia*, *Salix herbacea*, *Armeria labradorica*, *Silene acaulis* und Steinbrech. Das Landesinnere war von einer Busch-Tundra bedeckt. Fossile Eiskeile in dazu in Wechselbeziehung stehenden Küstenablagerungen weisen auf das Vorhandensein eines Dauer-frostbodens hin.

## INTRODUCTION

Un paléoclimat périglaciaire s'est installé dans le sud du Québec, après la déglaciation. Il a laissé des traces sporadiques d'un pergélisol tardiglaciaire (Dionne, 1975; Dubois, 1979; Gangloff, 1973; Hétu, 1987) et des placages de lœss sableux (Millette et Higby, 1958; Gangloff, 1981). La palynologie (Richard, 1977 a et b) nous apprend qu'une partie seulement de ces héritages est associée à un paysage de toundra. Dans les Laurentides au nord de Montréal, par exemple, le pergélisol date d'une phase forestière, ce qui renvoie à un périglaciaire de type taïguien (Gangloff, 1981).

Ainsi, au Tardiglaciaire, plusieurs types de milieux froids ont pu se côtoyer selon les nuances régionales. Les reconstituer

exige des indicateurs paléogéographiques plus nombreux. De nouvelles découvertes sont indispensables.

Nous reconstituons ici le contexte paléoenvironnemental d'une plage de la Mer de Goldthwait soulevée à 120 m d'altitude. Datée de  $10\,580 \pm 80$  ans BP, elle recèle, dans ses dépôts, des informations multiples sur le milieu marin, les plantes riveraines et la pluie sporo-pollinique régionale.

## LE CADRE GÉOMORPHOLOGIQUE

La plage de 120 m s'observe sur la rive nord du moyen estuaire du Saint-Laurent. Elle se situe à 2,5 km au sud-ouest de la municipalité des Éboulements (Long.  $70^{\circ}20'57''$ ; Lat.  $47^{\circ}28'05''$ ) entre les deux villes importantes de la région de Charlevoix: Baie-Saint-Paul et La Malbaie (fig. 1).

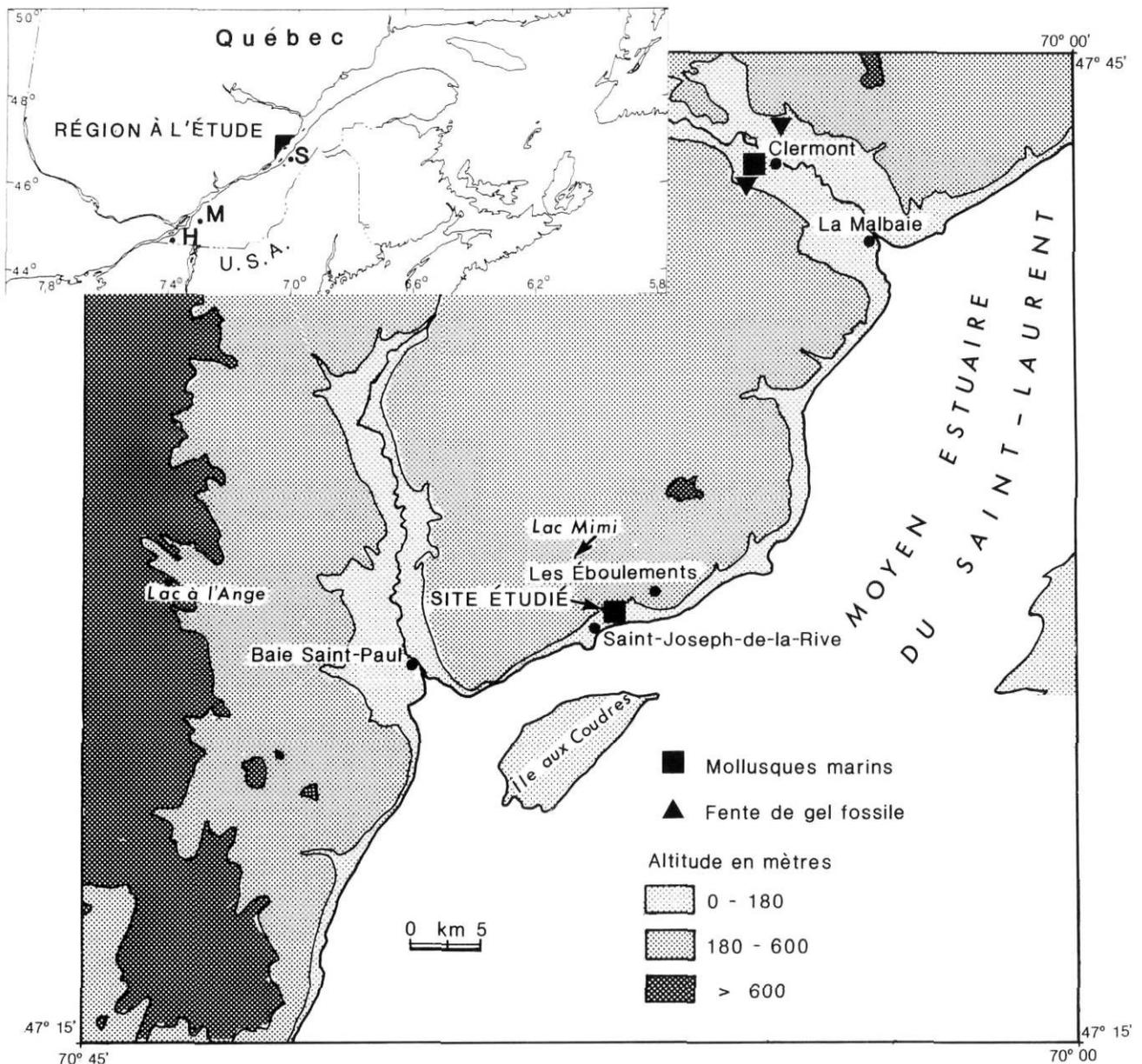


FIGURE 1. Région à l'étude et localisation des sites mentionnés dans le texte. H: Hinchinbrook; S: Saint-Eugène; M: Mont Saint-Hilaire.

Surveyed area and location of sites mentioned in text. H: Hinchinbrook; S: Saint-Eugène; M: Mont Saint-Hilaire.

Dans ce secteur, la côte forme un escarpement de faille exhumé, de 200 à 300 m de haut. Il constitue la limite sud-ouest du Bouclier canadien. Lorsque l'escarpement côtier tranche les roches métamorphiques du socle, il est généralement rectiligne, abrupt, trop raide pour porter un manteau meuble épais. Cependant, sporadiquement, des lambeaux des formations sédimentaires ordoviciennes restent plaqués contre la faille (Rondot, 1979). L'érosion différentielle les a partiellement excavés. L'escarpement côtier, alors moins raide et moins rectiligne, s'efface. Il forme d'amples rentrants que la Mer de Goldthwait a occupés, au Tardiglaciaire, par des anses offrant une position d'abri propice à l'accumulation et à la conservation des sédiments meubles. Ces zones sont tapissées de dépôts quaternaires pouvant dépasser 60 m d'épaisseur.

C'est dans ces formations meubles que la Mer de Goldthwait, lors de la régression, a façonné les grandes terrasses marines de la région. Au droit des Éboulements, deux importants niveaux se sont formés lors de la régression (fig. 2) : le premier, large d'environ 400 m, perché entre 120 m et 170 m d'altitude, porte une série de cordons littoraux partiellement oblitérés.

La plage étudiée ici est emboîtée dans cette série. Elle forme vers 120 m d'altitude une petite terrasse en pente douce vers l'estuaire. En amont, elle est séparée de la série de cordons littoraux par une microfalaise de moins de 2 m de hauteur. En contre-bas, entre 60 m et 40 m d'altitude, se déploie un niveau inférieur, bien marqué dans la région.

### STRATIGRAPHIE DE LA PLAGE DE 120 m

Le paléorivage est entaillé par le ravin du ruisseau Bonneau. Ses versants permettent d'observer, sur les 12 mètres supérieurs et sur environ 10 m de largeur, les 5 unités suivantes (fig. 3) :

1) à la base, sur plus de 2 m, un cailloutis à matrice sableuse grossière. Les galets, fortement émoussés, proviennent à la fois du Bouclier et de la couverture ordovicienne (présence d'éléments carbonatés). La partie inférieure de ce faciès est masquée par des éboulis. Cette unité est surmontée par :

2) 4,3 m de sable moyen et grossier, stratifié, passant graduellement au sommet à un diamicton argileux. Les galets du diamicton ne portent pas de stries. La transition est brutale avec l'unité fossilifère supérieure, constituée de :

3) 2,50 m de limon sableux homogène, massif, compact, fossilifère. Des lentilles de sable très fin et de granules (2-4 mm) esquissent une très légère stratification. Des galets cristallins s'observent, épars, dans le dépôt. Le matériel fraîchement débité montre des zones noirâtres horizontales (2,5 YR 2/0), et lenticulaires dégageant une forte odeur de décomposition. Ces zones deviennent grises au séchage (10 YR 6/1) et l'odeur s'atténue. Elles semblent plus fréquentes dans les dix centimètres supérieurs. Des débris de mollusques, relativement abondants, sont dispersés à travers toute l'unité. Aucun mollusque n'est en position de vie. Nous sommes en présence d'une thanatocénose composée de fragments de *Hiatella* et de *Musculus*. Une datation au radiocarbone sur

des valves entières de *Hiatella arctica*, prélevées dans l'ensemble de l'unité, a donné un âge de  $10\,580 \pm 80$  ans BP (BETA-12995) (tabl. I). Des macrorestes végétaux s'observent à l'œil nu. La teneur totale en carbone (sur Leco) de ce faciès reste cependant modeste, même dans les zones noirâtres : elle varie entre 0,29 % et 0,38 % du poids sec des sédiments. Ceux-ci constituent une couche imperméable, favorisant le suintement des eaux phréatiques au contact de :

4) 1,40 m de sable fin, brunâtre, à litage horizontal souligné par quelques minéraux lourds et des traces d'oxydation. Les galets sont rares. L'unité paraît azoïque.

5) 0,80 m de gravier et de sable grossier hétérométrique avec des passées de sable moyen, mieux trié. Une stratification oblique indique un écoulement en direction de l'estuaire actuel. Les galets de calcaire, présents dans le dépôt, sont peu émoussés.

### INTERPRÉTATION DES FACIÈS

Les unités n<sup>os</sup> 3, 4 et 5 soulèvent peu de difficultés d'interprétation. L'unité n<sup>o</sup> 3 constitue une vase littorale sableuse de bas d'estran. Les galets épars sont probablement d'origine glacielle. Même si les mollusques qu'elle contient forment une thanatocénose, ils n'ont pu être remaniés de très loin ; en effet, le dépôt qui les renferme est emboîté dans une série de cordons de plage et ne peut être que littoral (voir photo aérienne sur fig. 2). Leur âge de  $10\,580 \pm 80$  ans BP offre une date fiable du rivage goldthwaitien de 120 m, en accord avec l'âge de  $10\,580 \pm 120$  ans BP obtenu sur divers mollusques à 106 m d'altitude par Martineau (*in* Lortie et Guilbault, 1984) sur la rive sud du moyen estuaire du Saint-Laurent. Les sables et graviers qui surmontent la vase proviennent du sapement de la micro-falaise.

La nature exacte des unités n<sup>os</sup> 1 et 2 est moins certaine. A priori, une origine glaciaire n'est pas à exclure : certains tills d'ablation dans la région de Charlevoix montrent en effet un faciès caillouteux, parfois grossièrement stratifié, à matrice sableuse. Brodeur et Allard (1985) en décrivent un exemple dans l'île aux Coudres toute proche. Mais la fraction grossière de ces tills est plus hétérométrique et les galets moins émoussés que ceux de la coupe à l'étude. Aussi sommes-nous vraisemblablement en présence de la couche sommitale d'un petit delta. Le diamicton qui le coiffe est sans doute d'origine glacielle. Le dépôt de vase qui le surmonte correspond à une modification locale de la sédimentation.

Selon Pethwick (1984), la vase cesse de se déposer lorsqu'elle n'est plus recouverte par au moins 0,80 m d'eau lors des plus hautes marées. Les 2,50 m de vase tardiglaciaire des Éboulements supposent, pour l'estran goldthwaitien, un marnage d'au moins 3,30 m. Or, le marnage actuel au pied de la plage perchée atteint 6,95 m (Godin, 1979), pour les hautes marées. Cette valeur vaut probablement pour le Tardiglaciaire, la configuration de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent n'ayant vraisemblablement pas changé de manière notable depuis cette époque. Aussi, la présence de la vase de l'unité n<sup>o</sup> 3 peut-elle parfaitement s'expliquer par le seul marnage dans une position d'abri, sans qu'il soit nécessaire d'invoquer une transgression.

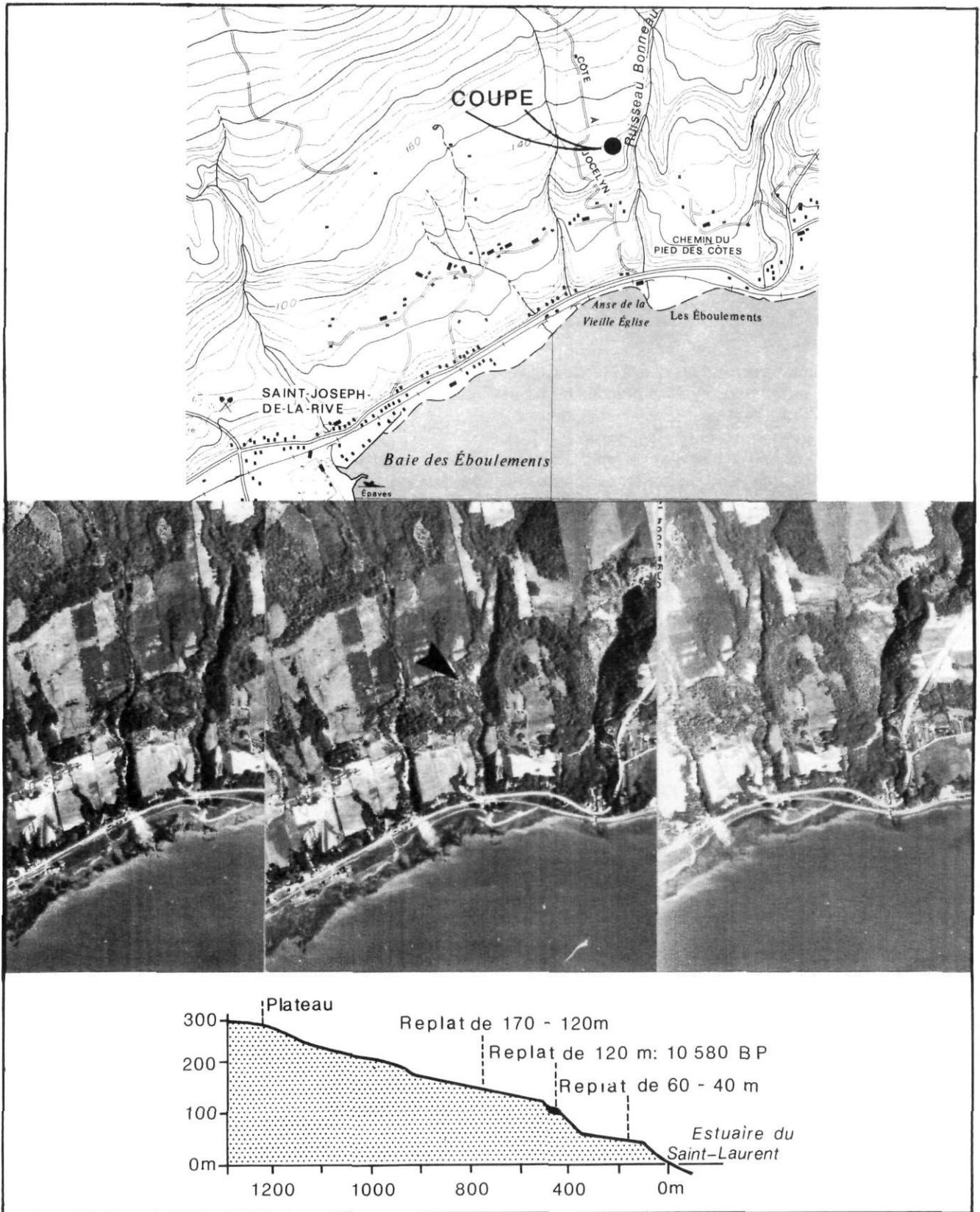


FIGURE 2. Localisation du site des Éboulements sur le versant nord de l'estuaire du Saint-Laurent. Le paléostran à 120 m altitude contenant le dépôt de vase fossilifère est emboîté dans une série de cordons de plage. Photographie aérienne Q76400, n<sup>os</sup> 129 et 130; carte topographique à 1/20 000, n<sup>o</sup> 21M 08-200-0201.

Location of the Étoulements site on the north shore of the St. Lawrence Estuary. The paleotidal flat at a 120 m altitude contains the fossiliferous mud deposit and is nested in a series of barrier beaches. Aerial photograph Q76400, Nos. 129 and 130; topographic map, 1: 20 000, No. 21M 08-200-0201.

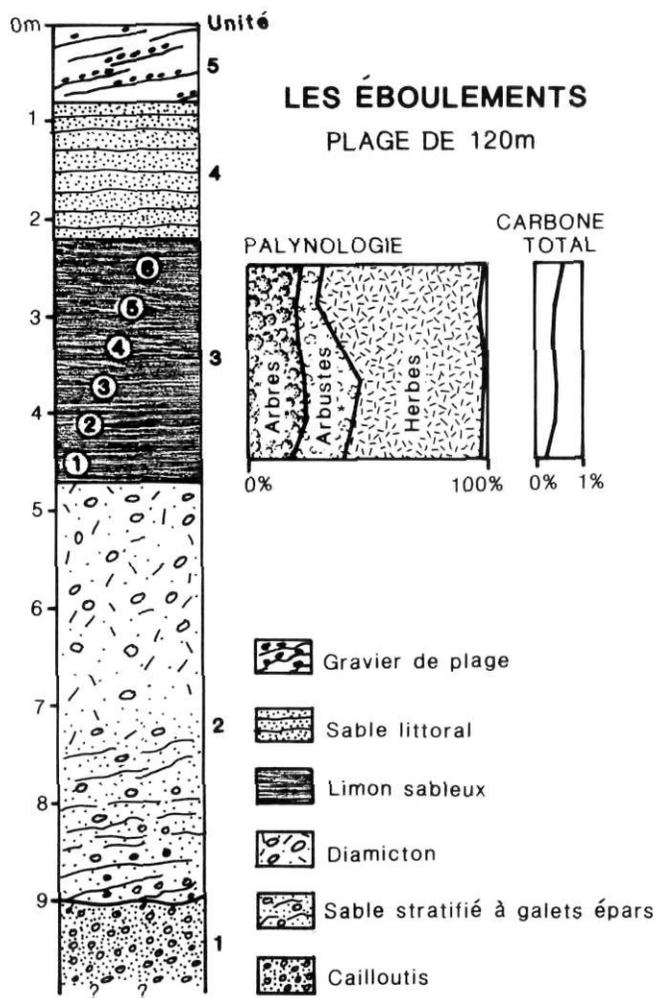


FIGURE 3. Stratigraphie des dépôts de la terrasse de 120 m. Les 2,50 m de vase forment une accumulation homogène comme le soulignent les faibles variations dans la palynostratigraphie et dans la teneur totale en carbone.

Stratigraphy of deposits on the 120 high terrace. The 2,50 m of mud form a homogeneous deposit, as underlined by the slight variations in palynostratigraphy and total carbon content.

LES FOSSILES DE LA VASE GOLDTHWAITIENNE

En raison de son aspect massif et homogène, la vase a été échantillonnée, de la base au sommet, sur six niveaux espacés d'environ 20 cm (fig. 3). Chaque échantillon se compose d'un bloc de matériel découpé à la hache, de 20 cm de haut sur 10 cm de profondeur et 10 cm de largeur, donnant environ 2 000 cm<sup>3</sup>. La moitié de ce volume a été tamisé à 2 mm pour en extraire les fossiles de mollusques marins. 200 cm<sup>3</sup> ont été réservés à l'extraction des macrorestes végétaux et 2 cm<sup>3</sup> à l'analyse pollinique. Deux niveaux seulement ont fait l'objet d'une analyse diatomifère; le diamicton (unité n° 2) et la vase littorale (niveau 2 de l'unité n° 3).

LA FLORE DIATOMIFÈRE

L'échantillon prélevé dans le diamicton (sommet de l'unité n° 2), sous la vase littorale, s'est révélé pratiquement stérile; seul un spicule d'éponge y a été noté. Sa présence s'accorde avec l'interprétation d'une origine glacielle du faciès.

La vase littorale (unité n° 3), par contre, est faiblement diatomifère: la concentration diatomologique atteint 478 000 valves par gramme de sédiment comparable aux 17 000 à 964 000 valves des sédiments paléolittoraux de la rive sud (Lortie, 1983; Lortie et Guilbault, 1984). La pauvreté floristique relative a restreint les observations à un comptage de 160 valves sur deux lames entières. Vingt-sept taxons et dix-sept genres ont été identifiés. On en trouvera la liste au tableau II. L'assemblage est caractérisé par quatre taxons dominants, composant 65 % de la flore observée: *Diploneis smithii* (26,9 %), *Nitzschia marginulata* var. *subconstriata* (14,1 %), *Amphora terroris* (12,8 %) et *Chaetoceros* sp. (spore type 3, sensu Lortie 1983; 11,3 %). Dans son rapport explicitant l'analyse diatomifère. Lortie (1987) conclut que «...la forte composante benthique de l'assemblage indique un environnement littoral marin proche des côtes et peu influencé par les apports planctoniques du large. Hormis *Chaetoceros* sp. (type 3), les autres formes planctoniques (*Coscinodiscus oculus-iridis*, *Paralia sulcata*, *Thalassiosira* spp., *Thalassionema nitzschioides*) sont quasi-absentes; le genre *Chaetoceros* est planctonique, mais il n'est pas exclu que la seule espèce présente ici corresponde, en fait, à une distribution

TABLEAU I

Datations au radiocarbone citées dans le texte

Site	Labo n°	Coordonnées		Alt. (m)	Date au <sup>14</sup> C BP		Materiel date	Sédiments	δ <sup>18</sup> O	δ <sup>13</sup> C	Références
		Longitude	Latitude		apparente	corrigée					
Lac Mimi	QU-55	70°22'	47°29'	423	11050 ± 460		Gyttja	Lacustre	—	—	Richard et Poulin, 1976.
Saint-Eugène	QU-448	70°19'	47°04'	144	11050 ± 130		Plantes	Sable deltaïque	—	—	Mott, Anderson et Matthews, 1981.
Lac à l'Ange	GX-5328	70°61'	47°28'	648	10710 ± 215		Gyttja	Lacustre	—	—	Labelle et Richard, 1981
Clérmont	BETA-13469	70°14'	47°42'	130	10640 ± 130	11070 ± 130	<i>Hiattella arctica</i>	Terrasse marine argileuse	-1,84	+1,03	Cette note.
Les Éboulements	BETA-12995	70°20'	47°28'	120	10580 ± 80	11000 ± 80	<i>Hiattella arctica</i>	Vase limono-sableuse	-1,31	+0,50	Cette note.
Saint-Aubert	QU-407	70°13'	47°10'	106	10580 ± 120		Divers mollusques	Diamicton glacio-marin	—	—	Martineau, in Lortie et Guilbault, 1984.
Hinchinbrook	BETA-8270	74°04'	45°01'	110	10480 ± 140		Plantes	Sable et gravier	—	—	Delage, Gangloff, Larouche et Richard, 1985.

TABLEAU II

Contenu diatomologique de la vase des Éboulements (unité n° 3)

Taxons	%
<i>Achnanthes brevipes</i>	0,6
<i>Achnanthes af. arctica</i>	0,6
<i>Achnanthes af. lemmermannii</i>	1,2
<i>Amphora lybica</i>	5,6
<i>Amphora terroris</i>	12,8
<i>Campylodiscus angularis</i>	0,6
<i>Chaetoceros</i> sp. (spore, type 3 <i>sensu</i> Lortie, 1983)	11,3
<i>Cocconeis costata</i>	0,9
<i>Cocconeis scutellum</i>	4,7
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>lineata</i>	0,3
<i>Coscinodiscus oculus-iridis</i>	0,6
<i>Diploneis smithii</i>	26,9
<i>Fragilaria brevistriata</i>	0,6
<i>Fragilaria camchatica</i>	0,6
<i>Fragilaria fasciculata</i>	4,7
<i>Gomphonema angustatum</i>	0,6
<i>Gyrosigma</i> sp.	0,3
<i>Hantzschia amphioxys</i>	0,3
<i>Melosira nummuloides</i>	0,6
<i>Navicula cancellata</i> var. <i>gregorii</i>	3,1
<i>Navicula af. grevillei</i>	0,3
<i>Navicula</i> spp.	0,9
<i>Nitzschia marginulata</i> var. <i>subconstricta</i>	14,1
<i>Nitzschia af. socialis</i>	0,6
<i>Paralia sulcata</i>	0,3
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	0,3
<i>Thalassiosira</i> spp.	+
Non identifiées	
Pennales	6,2
Centrales	0,6
Total	100,2
Hors comptage	
<i>Chaetoceros</i> sp. (soie, type 1 <i>sensu</i> Lortie, 1983)	
Somme diatomologique (nombre de valves comptées)	160
Concentration diatomologique (valves par g)	478 000

estuarienne plus littorale. En outre, la productivité phyto-planctonique de ce secteur, à cette époque, était peut-être très pauvre, expliquant leur apport médiocre à l'assemblage. En dernier lieu, le taux de cassure élevé appuie bien la probabilité d'un milieu côtier peu profond; les valves de certains taxons plus fragiles (eg. *Fragilaria fasciculata*) sont rarement entières, et les spicules d'éponges généralement brisés... L'ensemble des observations conduit donc à supposer un milieu littoral très proche des côtes, avec une salinité variable, en deçà des conditions marines normales.»

### LES MOLLUSQUES MARINS

Les taxons, identifiés à l'aide des clés de Bousfield (1964), de Morris (1973) et des planches de Wagner (1985), sont facilement reconnaissables, à l'exception des balanes, trop fragmentées. Les gastéropodes n'ont pas été identifiés.

Bien que les mollusques ne soient pas en position de vie, la forte fréquence de valves accolées de *Hiatella arctica* et

TABLEAU III

Mollusques marins de la vase des Éboulements (unité n° 3): nombre d'individus estimés

Taxons	Nombre d'individus par niveaux						Total individus du site
	1	2	3	4	5	6	
<i>Balanus</i> sp.		4	2		1	2	9 (2,62%)
<i>Musculus niger</i>		6	95	1		10	112 (32,65%)
<i>Hiatella arctica</i>	18	50	56	8	29	51	212 (61,81%)
<i>Mya truncata</i>	1					1	2 (0,58%)
<i>Portlandia arctica</i>			1			1	2 (0,58%)
Gastéropodes	3	3					6 (1,75%)
Total individus par niveaux	22	63	154	9	30	65	343 (99,99%)

de *Musculus niger*, de galets couverts de plateaux d'ancrage de *Balanus* sp., l'abondance et la bonne conservation de macrorestes végétaux indiquent une thanatocénose de faible déplacement. Nous considérons les mollusques dans une situation de quasi-biocénose.

Dans l'ensemble du dépôt (tabl. III), pour un total de 343 individus estimés<sup>1</sup>, l'espèce dominante est représentée par *Hiatella arctica* (61,81 %) suivie de *Musculus* sp. (32,65 %). *Balanus* sp. (2,62 %), divers gastéropodes (1,75 %), *Mya truncata* et *Portlandia* sp. (0,58 %) complètent l'assemblage.

D'un échantillon à l'autre, le nombre d'individus, d'espèces et leur importance relative varient fortement. Ainsi, le nombre d'individus estimés passe d'un maximum de 154, dans l'échantillon n° 3, à un minimum de 9, dans l'échantillon n° 4. *Hiatella arctica*, présente à tous les niveaux, ne constitue pas toujours l'espèce dominante: l'échantillon n° 3 est dominé par *Musculus niger*. Les échantillons n° 4 et n° 5 sont peu diversifiés (2 taxons) à l'inverse du niveau n° 6 (5 taxons). Cet assemblage s'apparente peu aux biocénoses de la Mer de Champlain (Hillaire-Marcel, 1977, 1979).

*Hiatella arctica*, une espèce ubiquiste, est plutôt eurytherme. Elle est souvent sur-représentée en raison de sa résistance à l'érosion; mais c'est un facteur que nous considérons ici comme négligeable en raison du contexte de quasi-biocénose. La survie des larves exige une température estivale de l'eau légèrement inférieure à 10-12°C. La croissance des adultes se poursuit toute l'année dans une eau de salinité supérieure à 8‰, plus généralement de 10 à 15‰. L'habitat s'étend de la zone des marées basses jusqu'à -180 m (Bousfield, 1964), bien qu'une profondeur optimale se situe, dans la Mer de Champlain, vers -15 m (Hillaire-Marcel, 1977). *Musculus niger* est considérée comme une espèce d'eau peu profonde. Sa présence en association avec *Hiatella arctica*, ainsi que la proximité de *Balanus crenatus*, témoignent d'un milieu de vie inférieur ou égal à une quinzaine de mètres.

1. L'estimation des individus, à partir des fragments de valves, a été faite selon la méthode décrite dans Moreau (1983, 1984).

Dans le cas présent, nous savons, par son appartenance à un sédiment littoral, que cet assemblage s'est développé sur le bas d'un estran.

*Mya truncata*, une espèce ultrahaline et d'eau profonde, renvoie à un milieu froid typiquement arctique; de même, *Portlandia* évoque un milieu glacio-marin profond. Mais les quelques rares fragments de valves qui représentent ces espèces sont probablement remaniés à partir d'un niveau marin plus ancien. Elles ne sont pas représentatives du milieu de dépôt qui les renferme.

Les données isotopiques du <sup>13</sup>C (+0,5 ‰) et du <sup>18</sup>O (-1,31 ‰), déterminées sur l'échantillon de *Hiatella* daté au radiocarbone (fig. 4), s'apparentent à celles obtenues sur des mollusques fossiles à Sept-Îles (Hillaire-Marcel, 1979). Elles diffèrent des valeurs moyennes actuelles des mollusques du golfe du Saint-Laurent. La faible valeur négative du <sup>18</sup>O est attribuable à l'apport d'eau de fusion de l'inlandsis, encore très proche à cette époque (Rondot, 1974; Dubois, 1979). Il y a 10 600 ans BP, les conditions écologiques de la faune littorale de la Mer de Goldthwait différaient de celles de l'ensemble du bassin par des températures de l'eau plus élevées et une salinité moins forte.

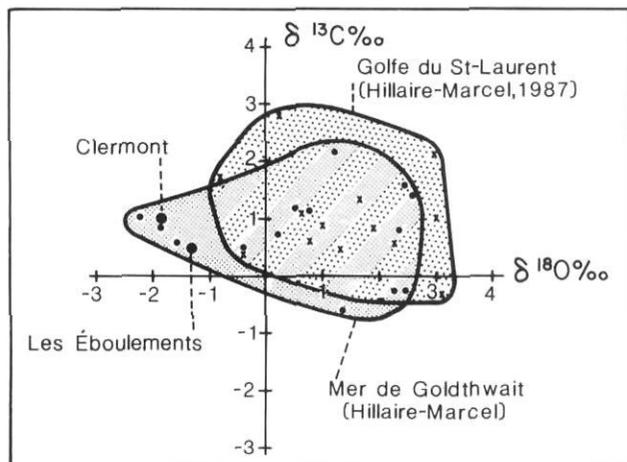


FIGURE 4. Les mollusques fossiles de la Mer de Goldthwait présentent des compositions isotopiques (<sup>13</sup>C and <sup>18</sup>O) différentes de celles des mollusques du golfe du Saint-Laurent (Hillaire-Marcel, 1977). On en déduit, pour cette faune tardiglaciaire littorale, des conditions paléocéologiques (salinité et température) plus chaudes et plus saumâtres que celles de l'ensemble de la Mer de Goldthwait. Les fossiles du delta de Clermont (paléo-rivage de 140 m) et de la vase des Éboulements (paléo-rivage de 120 m) confirment les données antérieures. Ils montrent des valeurs du <sup>18</sup>O faiblement négatives: ce fait traduit une dilution par des apports d'eau continentales, probablement de fonte de l'inlandsis laurentidien.

*Fossil mollusks of the Goldthwait Sea have isotopic compositions (<sup>13</sup>C and <sup>18</sup>O) different from those found on the mollusks of the Gulf of St. Lawrence (Hillaire-Marcel, 1977). For this lateglacial coastal fauna, warmer and more brackish paleoecologic conditions (salinity and temperature) than those of the whole of the Goldthwait Sea are inferred. The fossils in the delta at Clermont (140 m high paleoshore) and in the mud at Les Éboulements (120 m high paleoshore) confirm previous data. They show slightly negative <sup>18</sup>O values. This expresses a dilution by continental waters, probably from the Laurentide Ice Sheet meltwater.*

LA FLORE MACROFOSSILE

Chacun des six niveaux échantillonnés renferme des macrorestes végétaux: feuilles, écailles de bourgeons, bulbilles et sclérotés. L'échantillon inférieur est à la fois le plus riche et le plus diversifié: ses 200 cm<sup>3</sup> ont livré 17 pièces appartenant à 7 taxons différents; ce qui contraste avec les échantillons n° 3 et n° 4 qui ne contenaient que 4 pièces chacun (tabl. IV.).

Pour l'ensemble du dépôt, les échantillons ont livré 13 taxons, principalement des herbes (33 pièces) et quelques arbustes (10 pièces). *Sibaldia procumbens* (12 pièces) et *Silene acaulis* (5 pièces) caractérisent les herbes. *Dryas integrifolia* (5 pièces) et *Salix herbacea* (3 pièces) représentent les arbustes. À noter l'absence de macrofossile d'arbre.

TABLEAU IV

Contenu en macrofossiles végétaux de la vase des Éboulements (unité n° 3)

Taxons	Nombre de pièces par niveaux Total						pièces du site
	1	2	3	4	5	6	
<b>Arbustes:</b>							
<i>Dryas integrifolia</i> (feu)					3	2	5 (11,62%)
<i>Salix herbacea</i> (feu)			1	1	1		3 (6,97%)
<i>Salix</i> sp. (ecb)	1	1					2 (4,65%)
<b>Herbes:</b>							
<i>Carex</i> (gra. 2 côtés)		1				2	3 (6,97%)
<i>Carex</i> (gra. 3 côtés)		2		2			4 (9,30%)
<i>Cerastium / Stellaria</i> (gra)	1						1 (2,32%)
<i>Melandrium affine / apetalum</i> (gra)				1			1 (2,32%)
<i>Polygonum viviparum</i> (bul)	4						4 (9,30%)
<i>Ranunculus</i> sp. (gra)	1						1 (2,32%)
<i>Scirpus cespitosus</i> (gra)			1				1 (2,32%)
<i>Scirpus</i> sp. (gra)	1						1 (2,32%)
<i>Sibaldia procumbens</i> (gra)	7	1	1		1	2	12 (27,90%)
<i>Silene acaulis</i> (gra)	2	1	1		1		5 (11,62%)
Total arbustes	1	1	1	1	4	2	10 (23,24%)
Total herbes	16	5	3	3	2	4	33 (76,69%)
Total individus	17	6	4	4	6	6	43 (99,93%)
Nombre total de taxons	7	5	4	3	4	3	13
<b>Autre:</b>							
<i>Cenococcum</i> graniforme (scl)						1	
Volume analysé (cm <sup>3</sup> )	200	200	200	200	200	200	1200

Feu: feuille; ecb: écaille de bourgeon; gra: graine; bul: bulbille; scl: sclérote.

La prédominance des herbes traduit-elle une végétation de schorre plutôt qu'une toundra? A-t-elle une signification climatique ou édaphique? Les feuilles de *Dryas integrifolia*, de *Salix herbacea*, les graines de *Silene acaulis* et *Sibaldia procumbens* permettent de définir, avec certitude, un assemblage de milieu arctique-alpin. L'ensemble des pièces recensées indique visiblement un mélange de milieu humide avec *Sibaldia*, *Silene*, *Scirpus*, *Polygonum*, *Carex* (graine à trois côtés) et de milieu plus mésique avec *Dryas*, *Carex* (graine à deux côtés). Cette situation résulte, sans doute, d'un transport. Comme ce mélange de taxons continentaux est sédimenté dans un milieu marin d'estran, on peut alors s'étonner de l'absence de taxons typiquement littoraux. Les seuls éléments pouvant appartenir à une végétation de schorre seraient les scirpes (Sérodès et Troude, 1984), mais elles sont trop faiblement représentées. De plus, les macrorestes végétaux d'herbes sont exclusivement des graines; on ne note ni feuilles ni racines qui n'auraient pas manqué d'être fossilisées dans les sédiments si elles avaient poussé directement sur la vase. Leur absence dans le sédiment explique le faible taux total de carbone du dépôt (fig. 3). La zone du schorre est visiblement absente. La vase correspond bien à une slikke.

#### LE CONTENU POLLINIQUE

Le pollen a été extrait à partir de 2 cm<sup>3</sup> de sédiments et traité selon la méthode de Faegri et Iversen (1975) adaptée par Richard (1977a). Les comptages sous lame et lamelle ont porté sur des sommes polliniques variant de 91 à 255 grains. Les concentrations polliniques des échantillons de la vase varient entre 1348 et 3309 grains par cm<sup>3</sup>. Les résultats figurent au tableau V.

De bas en haut, les spectres gardent, à travers des nuances, la même composition. Les grains sont très corrodés. Partout, les herbes dominent avec plus de 52 % des grains comptés. Il s'agit avant tout de Cyperaceae (27,1 à 53,8 %) suivis de Gramineae (8,8 à 16,2 %). Les échantillons 1 et 3 contiennent *Armeria labradorica*, indicatrice de milieu arctique-alpin et les niveaux 2 et 5 des Saxifragaceae, indicatrices de milieux plutôt froids.

Le pollen arbustif et arboréen, présent dans des proportions égales, oscille, pour chacune des deux catégories, autour de 20 %. Le pollen de *Betula* est attribué à *Betula glandulosa* en raison du diamètre des grains majoritairement inférieurs à 25 microns. *Betula* constitue ainsi plus de 43 % de l'ensemble du pollen arbustif, le reste étant réparti entre *Alnus crispa* (3,6 %), *Alnus rugosa* (2,16 %) et *Salix herbacea - vestita* (2,16 %).

Les arbres, principalement *Pinus divaricata* (6,11 %) et *Picea mariana* (4,5 %) forment 19 à 24 % des sommes polliniques. *Quercus* est présent, en faible proportion, dans tous les niveaux. La bonne représentation de ces apports lointains s'explique par la rareté des plantes locales sur la slikke.

Les grains de *Prunus* (échantillons 1,2,3 et 4), *Morus* (échantillon 1) et *Rhus* (échantillons 2 et 5) dont l'état de fraîcheur est remarquable pourraient résulter d'une légère pollution des échantillons survenue sur le terrain ou lors des traitements.

Selon Holloway (1981), la corrosion des grains de pollen est attribuable aux alternances humidité-sécheresse post-sédimentaires, sans doute ici fréquentes depuis que le dépôt est incisé par le ruisseau Bonneau. Les transports par ruissellement, même sur de longues distances, endommagent peu le pollen (Campbell, 1987).

Au total, spectres polliniques et macrorestes végétaux se complètent pour reconstituer le paysage végétal : vers 10 580 ans BP, la plage goldthwaitienne de 120 m était bordée d'une toundra herbacée, comprenant des milieux mésiques (macrorestes de *Dryas integrifolia*, *Cerastium*) et plus humides (pollen d'*Artemisia*, Caryophyllaceae, Saxifragaceae), voir de marais dulcicoles (macrorestes de Scirpes et de *Carex*, spores d'*Osmunda t. cinn.*) plus ou moins tourbeux (spore de *Sphagnum*), avec de petites étendues d'eau (spore de *Potamogeton*). La végétation arbustive commençait à se développer (*Betula*, *Alnus*).

### PALÉOGÉOGRAPHIE RÉGIONALE

#### PLACE DES ÉBOULEMENTS DANS LA PALYNOSTRATIGRAPHIE POSTGLACIAIRE

À 25 km au nord-ouest du site des Éboulements, le diagramme pollinique de référence régionale, celui du lac à l'Ange (Labelle et Richard, 1981) montre, dès 10 700 ans BP, non pas une toundra herbacée, mais une toundra arbustive. Pour comparer le site de référence régionale et le site des Éboulements, nous avons reporté leurs spectres polliniques sur un graphique triangulaire (fig. 5). Il ne retient, de chaque spectre, que les proportions de pollen d'arbres, d'arbustes et d'herbes. Chacun des spectres se traduit par un point.

Pour le lac à l'Ange, les pourcentages ont été recalculés à partir des feuilles de comptage (archives du Laboratoire de palynologie et de paléobiogéographie de l'Université de Montréal), en excluant de la somme pollinique les grains de pollen indéterminés. Les *Betula* ont été répartis soit dans les arbres, soit dans les arbustes selon le mode de l'histogramme de la taille des grains. En pratique, ils sont arbustifs à partir de la toundra herbacée jusqu'au début de l'afforestation et par la suite arboréens. Les points correspondant aux différents spectres se concentrent en amas bien individualisés, traduisant de manière frappante la zonation pollinique. La succession des zones dans le temps est figurée par un trait dont la largeur est proportionnelle à la concentration pollinique.

Pour le diagramme du lac à l'Ange, le graphique triangulaire fait ressortir trois grandes tendances ponctuées par sept étapes successives. Elles caractérisent l'histoire postglaciale régionale. La première tendance, jalonnée par les étapes n° 1 et n° 2, correspond au paysage désertique ayant succédé à la déglaciation des terres : la rareté de la végétation locale, traduite par les très faibles concentrations polliniques, permet une bonne représentation des apports de longue distance, notamment du pollen d'arbres.

Avec l'étape n° 3 s'amorce la trajectoire (ascendante, sur le graphique) de l'évolution végétale régionale. Concentrée dans la partie inférieure gauche du graphique, l'étape n° 3 correspond, avec plus de 67 % d'herbes, à une toundra her-

TABLEAU V  
Contenu pollinique de la vase des Éboulements (unité n° 3)

Taxons	Niveaux étudiés						Moyenne du site
	1	2	3	4	5	6	
<b>Arbres</b>							
<i>Abies balsamea</i>			0,4				0,06
<i>Abies</i> (fragments)	0,4	0,8		0,4	0,5		0,35
<i>Picea</i> (fragments)	3,3	2,9	4,2	3,5	2,1	4,4	3,40
<i>Picea mariana</i>	5,8	2,9	5,8	2,3	5,1	5,5	4,56
<i>Pinus</i> (fragments)	2,9	3,7	2,9	3,9	3,7	2,2	3,21
<i>Pinus strobus</i>	0,4	0,4					0,13
<i>Pinus divaricata</i>	3,7	7,5	5,8	7,4	4,6	7,7	6,11
<i>Prunus serotina</i>	0,4	0,4	0,4	0,4			0,26
type <i>Morus</i>	0,4						0,06
<i>Tsuga</i>			0,4				0,06
<i>Quercus</i>	1,6	4,2	2,5	2,0	2,1	1,1	2,25
<i>Ulmus</i>	0,4	0,4			0,5		0,21
<i>Fraxinus t. nigra</i>	0,4	0,4	0,4				0,20
<i>Populus t. trem.</i>		0,4					0,06
<i>Carya ovata</i>				0,4	0,5	1,1	0,33
<b>Arbustes</b>							
<i>Betula</i>	7,4	8,3	6,2	6,7	5,7	5,5	6,63
<i>Betula</i> corrodés	0,8	1,2	2,1		1,0		0,85
<i>Salix t. herbacea/vestita</i>	3,3	2,1	3,7	3,9			2,16
<i>Alnus crispa</i>	3,3	4,2	6,7	3,5	1,0	3,3	3,66
<i>Alnus rugosa</i>	4,1	2,9	3,3	1,2	1,5		2,16
<i>Myrica gale</i>				0,4			0,06
Type <i>Cornus</i>	1,2		0,4	0,4			0,33
<i>Rhus</i>					1,5		0,25
<i>Rhus typhina</i>		0,8					0,13
<i>Viburnum</i>	0,4		0,8	0,4			0,26
Ericaceae	1,6		0,4	0,4		1,1	0,58
<b>Herbes</b>							
Cyperaceae	32,6	30,0	27,1	43,5	41,2	53,8	38,00
<i>Artemisia</i>	3,3	4,6	4,2	2,7	1,5	3,3	3,26
<i>Ambrosia</i>	0,8	0,4			0,5		0,28
Tubuliflorae	3,3	2,1	0,8	2,0	2,6	2,2	2,16
Chenopodiaceae		0,4	0,4				0,13
Gramineae	11,1	9,2	16,2	10,2	8,8	8,8	10,71
Caryophyllaceae	3,3	2,5	1,2	1,2	2,1		1,71
Rosaceae		0,8		0,4	0,5		0,28
Cruciferae	0,4	1,2	0,8	0,8	7,7		1,81
<i>Armeria labradorica</i>	0,4		0,4				0,13
Saxifragaceae		0,8			0,5		0,21
Leguminosae		1,2					0,20
Liguliflorae		0,4	0,4	0,8	1,5		0,51
Inconnus	0,4		0,4				0,13
indéterminables	2,1	2,5	1,2	1,2	3,1		1,68
<b>HORS TOTAL</b>							
<i>Potamogeton</i>	0,4						0,06
<i>Lycopodium annot.</i>	0,4			0,4			0,13
<i>Lycopodium clavatum</i>	0,4	0,8					0,20
<i>Isoetes</i>	0,4		0,4				0,13
<i>Sphagnum</i>	2,5	2,5	2,1	3,1	2,6	3,3	2,68
Spore monolète	2,5	4,2	0,8	5,1			2,10
Spore trilète			0,4		0,5		0,15
<i>Osmunda t. cinn.</i>	0,4	0,4	0,4	0,8	0,5	1,1	0,60
<i>Pediastrum boryanum</i> var. <i>integrum</i>	0,4		0,4				0,13

Taxons	Niveaux étudiés						Moyenne du site
<i>Pediastrum boryanum</i> var. <i>longicorne</i>	0,4						0,06
Pollen arboréen	19,7	24,0	22,4	20,3	19,1	22,0	21,25
Pollen arbustif	22,1	19,5	23,6	16,9	9,2	9,9	17,07
Pollen herbacé	55,2	53,6	51,9	61,6	68,4	68,1	59,39
Indéterminé	2,5	2,5	1,6	1,2	3,1	0,0	1,81
Total	99,5	99,6	99,5	100,0	99,8	100,0	99,52
Hors total	7,4	7,9	4,9	9,4	3,6	4,4	6,24
Somme pollinique	242	240	240	255	194	91	1262
Concentration pollinique (grains / cm <sup>3</sup> )	2753	2779	2156	3309	2579	1348	2487
Volume traité (cm <sup>3</sup> )	2	2	2	2	2	2	12

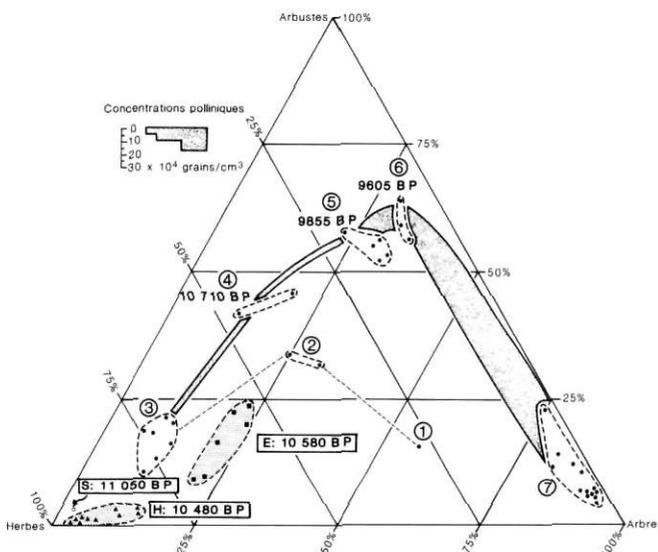


FIGURE 5. Sur le diagramme triangulaire, le diagramme pollinique du lac à l'Ange (Labelle et Richard, 1981) se résout en sept étapes retraçant l'histoire postglacière de la végétation. Après un désert périglaciaire, (1) et (2), marqué par des faibles concentrations polliniques et des apports lointains, la toundra herbacée (3) s'implante. Elle évolue en toundra arbustive (4) puis en toundra-parc (5) très proche, dans le temps, de l'afforestation (6), période charnière entre la phase de végétation ouverte et la forêt climacique (7). Replacés sur ce fond évolutif, les spectres de la slikke des Éboulements (E) se concentrent dans la zone de toundra herbacée. Ils se comparent aux spectres des lagons de Saint-Eugène (S) et de Hinchinbrook (H).

On the triangular diagram, the pollen diagram of Lac à l'Ange (Labelle and Richard, 1981) resolves in seven stages tracing the postglacial history of vegetation. A periglacial desert (1 and 2) marked with low pollen concentrations and distant deposits was followed by an herbaceous tundra (3) which evolved into an arborescent tundra (4), then into a park tundra (5) very close in time to afforestation (6), turning point between the open vegetation phase and the climacic forest (7). In this evolutive context, the spectra from the slikke at Les Éboulements (E) are concentrated in the herbaceous tundra zone. They can be compared with the spectra from the lagoons at Saint-Eugène (S) and Hinchinbrook (H).

bacée. Par la suite, en trois bonds, jusqu'à 9605 ans BP, la chronoséquence végétale est dominée par le développement des arbustes et, en beaucoup plus faible proportion, des arbres, aux dépens des herbes. Ainsi, l'étape n° 4 correspond à une toundra arbustive, datée de 10 710 ans BP. Au cours de l'épisode n° 5 se développe la tremblaie-parc (vers 9855 ans BP), puis, deux siècles plus tard, à l'étape n° 6, s'annonce la fermeture de la voûte forestière. Cette étape représente une charnière importante de l'histoire postglacière vers la forêt climacique holocène que traduit l'étape n° 7.

Comparés à cette histoire régionale, les spectres polliniques de la vase des Éboulements montrent : 1) non pas une chronoséquence, mais un regroupement bien localisé sur le graphique triangulaire : l'ensemble du diagramme appartient à une seule zone pollinique, bien circonscrite dans le temps. 2) Cette zone s'apparente à la toundra herbacée du lac à l'Ange, mais avec un léger enrichissement en pollen d'arbres. Ce phénomène est lié à la faible concentration pollinique de la vase<sup>2</sup> : au plus 3300 grains par centimètre cube, indiquant des apports polliniques locaux peu abondants (en accord avec l'interprétation d'un dépôt de slikke), d'où une meilleure représentation des apports (arboréens) de longue distance. Mais il peut aussi traduire la complexité des processus de sédimentation régissant les deux milieux, l'un lacustre relativement calme, l'autre littoral marin très agité avec, vraisemblablement, une forte dilution du pollen et la perte de taxons fragiles (Campbell, 1987).

#### L'INFLUENCE MARITIME SUR LE COUVERT VÉGÉTAL

Aux Éboulements, à 4,5 km du rivage, dans le diagramme du lac Mimi (Richard et Poulain, 1976), la toundra arbustive apparaît vers 10 650 ans BP. Nous avons vu qu'immédiatement en bordure de la Mer de Goldthwait, la toundra herbacée s'attarde encore vers 10 580 ans BP.

2. Il est à noter, cependant, que la concentration pollinique est évaluée au lac à l'Ange par la méthode de Jorgensen (1967) et aux Éboulements par celle de Matthews (1969). Une surévaluation de 33 % de la concentration pollinique des Éboulements par rapport à celle du lac à l'Ange est possible (De Vernal *et al.* 1987), ce qui ne ferait qu'accroître la forte différence de concentration entre les deux sites.

Encore plus à l'intérieur des terres, au lac à l'Ange, la tundra arbustive existe depuis au moins 10 710 ans BP. Elle paraît d'autant plus précoce qu'elle se trouve à 528 m d'altitude au-dessus du site des Éboulements, soulignant un gradient altitudinal de végétation inverse. Le lac à l'Ange était distant, à l'époque, de 10,5 km des eaux du fjord de la vallée du Gouffre. Il y a visiblement une relation entre l'histoire tardiglaciaire de la végétation et sa distance de la mer.

Les données palynologiques de Charlevoix recourent des observations antérieures. Sur la rive sud, à 40 km des Éboulements, Mott *et al.* (1981) mentionnent un site de tundra

herbacée vers 11 050 ± 130 ans BP (QU-448). De même, à 360 km des Éboulements, Delage *et al.* (1985) signalent, à Hinchinbrook, au sud de Montréal, une tundra herbacée vers 10 480 ± 140 ans BP (BETA-8270). Ces sites contiennent tous des macrorestes de *Dryas integrifolia*, de *Salix herbacea* et divers autres taxons arctiques-alpins (tabl. VI).

Leur position, sur le graphique triangulaire (fig. 5) fait ressortir des nuances. Les sites de Hinchinbrook et de Saint-Eugène se caractérisent par la pauvreté en arbustes. La présence quasi exclusive du pollen d'herbe et les concentrations polliniques relativement élevées (jusqu'à 96 000 grains

TABLEAU VI

Comparaison du contenu pollinique de la vase des Éboulements avec celui des sites de Saint-Eugène et de Hinchinbrook

Taxons	É	S	H	Taxons	É	S	H
Arbres	%	%	%				
<i>Abies balsamea</i>	0,06		0,03	Caryophyllaceae	1,71	3,4	0,03
<i>Abies</i> (fragments)	0,35			Rosaceae	0,28	0,4	
<i>Picea</i> (fragments)	3,40			Cruciferae	1,81		
<i>Picea mariana</i>	4,56		0,93	<i>Armeria labradorica</i>	0,13		
<i>Picea glauca</i>			0,05	<i>Armeria maritima</i>		0,8	
<i>Picea</i>		0,8	0,05	Saxifragaceae	0,21		
<i>Pinus</i> (fragments)	3,21			Leguminosae	0,20	1,3	0,08
<i>Pinus strobus</i>	0,13		0,18	Liguliflorae	0,51	2,0	
<i>Pinus divaricata</i>	6,11		1,18	<i>Senecio congestus</i>		2,1	
<i>Pinus banksiana/resinosa</i>		0,8		<i>Epilobium</i>		0,4	
<i>Pinus</i>			0,18	<i>Potentilla</i>		+	
<i>Prunus serotina</i>	0,26			Ranunculaceae		+	
type <i>Morus</i>	0,06		0,05	<i>Oxiria digyna</i>		9,2	
<i>Tsuga</i>	0,06			<i>Thalictrum</i>			0,15
<i>Tsuga canadensis</i>			0,08	<i>Eriocaulon</i>		0,4	
<i>Quercus</i>	2,25	0,4	0,08	Inconnus	0,13		
<i>Ulmus</i>	0,21	0,4	0,05	Indéterminables	1,68	11,3	0,28
<i>Fraxinus t. nigra</i>	0,20			Hors total			
<i>Populus t. trem.</i>	0,06			<i>Potamogeton</i>	0,06		
<i>Populus</i>			0,05	<i>Lycopodium annot.</i>	0,13	0,4	0,03
<i>Carya ovata</i>	0,33			<i>Lycopodium clavatum</i>	0,20		0,03
<i>Castanea dentata</i>			0,08	<i>Isoetes</i>	0,13		
Arbustes				<i>Sphagnum</i>	2,68		0,08
<i>Betula</i>	6,63		1,15	Spore monolete	2,10		0,10
<i>Betula corrodés</i>	0,85			Spore trilete	0,15		0,03
<i>Salix t. herbacea/vestita</i>	2,16			<i>Osmunda t. cinn.</i>	0,60		
<i>Salix</i>		2,1	0,28	<i>Pediastrum boryanum var. integrum</i>	0,13		
<i>Alnus crispa</i>	3,66		0,55	<i>Pediastrum boryanum var. longicorne</i>	0,06		
<i>Alnus rugosa</i>	2,16			<i>Sellaginella</i>			0,03
<i>Myrica gale</i>	0,06	0,4		Pollen arboréen	21,25	2,4	2,98
type <i>Cornus</i>	0,33			Pollen arbustif	17,07	2,5	2,01
<i>Rhus</i>	0,25			Pollen herbacé	59,39	84,7	94,58
<i>Rhus typhina</i>	0,13			Indéterminé	1,81	11,3	0,28
<i>Viburnum</i>	0,26			Total	99,52	100,9	99,85
Ericaceae	0,58		0,03	Hors total	6,24	0,4	0,32
Herbes				Somme pollinique	1262	?	2727
Cyperaceae	38,00	1,30	80,98	Concentration pollinique			
<i>Artemisia</i>	3,26	+	0,93	(grains/cm <sup>3</sup> )	2487	?	77000
<i>Ambrosia</i>	0,28		0,03	Volume traité (cm <sup>3</sup> )	12	?	4
Tubuliflorae	2,16	2,9	0,23				
Chenopodiaceae	0,13						
Gramineae	10,71	60,50	12,15				

É: Éboulements; S: St-Eugène; H: Hinchinbrook.

par centimètre cube à Hinchinbrook) dénotent la présence immédiate de la végétation sur le site échantillonné. Le dépôt de vase des Éboulements par contre correspond à une slikke (faible concentration pollinique ne dépassant pas 3 000 grains par centimètre cube, faible concentration diatomologique de 478 000 valves par gramme, absence, dans les macrorestes, de feuilles d'herbes, malgré la présence de graines, présence perceptible de pollen arboréen de longue distance).

Au-delà des nuances de chaque site, les données de Hinchinbrook, de Saint-Eugène et des Éboulements signalent, entre 10 500-11 050 ans BP un paysage végétal quasi identique le long de la mer épicontinentale de Goldthwait-ChAMPLAIN. Les contrastes de la couverture végétale sont plus forts dans l'arrière pays. Alors que le paysage de Hinchinbrook est déjà colonisé par la pessière ouverte (mont Shefford dans Richard, 1977a et mont Saint-Hillaire dans Mott *et al.*, 1981), la toundra arbustive existe à proximité de Saint-Eugène et dans la région de Charlevoix. Mais dans les trois cas, grâce à la proximité de la mer rafraîchissant les températures se maintient la présence d'une bande littorale de toundra herbacée.

#### LA PRÉSENCE DU PERGÉLISOL

À 25 km au nord-est du site des Éboulements, au-dessus du village de Clermont (fig. 1), des deltas sablo-caillouteux renferment des fentes de gel fossiles. L'un des deltas, à 140 m d'altitude, recouvre plus de 10 m d'argile goldthwaitienne fossilifère. L'argile renferme une faune thanatocénotique composée de *Macoma calcarea*, *Hiatella arctica*, *Mya truncata* et *Macoma balthica*. Une datation sur les valves entières et les fragments de *Hiatella arctica* a donné un âge de  $10\,640 \pm 130$  ans BP (BETA-13469). Le  $^{13}\text{C}$  de  $+1,03\%$  et le  $^{18}\text{O}$  de  $-1,84\%$ , correspondent aux valeurs obtenues sur les *Hiatella arctica* de la slikke des Éboulements.

Le delta sablo-caillouteux mesure 6,70 m d'épaisseur. Il est nécessairement postérieur à 10 640 ans BP, mais ne peut guère être plus jeune que 10 580 ans BP, puisqu'après cette date, le niveau de la Mer de Goldthwait se trouvait en-dessous de 120 m d'altitude. Il venait d'être mis en place lorsque s'accumulaient les dépôts de vase au site des Éboulements. À l'échelle du Tardiglaciaire, les deux événements sont contemporains.

Le delta contient une structure cunéiforme (fig. 6), épigénétique, visible sur plus de 2,10 m de profondeur. En plan, elle s'observe de part et d'autre de la coupe, sur plus de 3 m de distance. Elle est couverte par 45 cm de dépôts sans stratification et contenant des graviers et des galets gélivés. Son remplissage est généralement massif, de sable grossier à la base, puis de sable, graviers et galets au sommet. L'apex inférieur n'a pu être observé. Un litage vertical est souligné dans la partie inférieure par des minéraux noirs. Deux lentilles de sable fin (3 cm d'épaisseur au maximum) jalonnant des plans de failles, recoupent le remplissage de la fente et le matériel encaissant. Hormis cette particularité, la structure cunéiforme présente les caractères des fentes de gel fossiles. Le litage vertical des sables de remplissage suppose une mise en place dans une fissure s'ouvrant périodiquement.

Seul un contexte de fente de contraction thermique permet d'expliquer cette particularité.

Une structure analogue (fig. 7) a été signalée à l'est de la ville de Clermont, dans un delta de même âge, à 135 m d'altitude (Gangloff, 1973). La fente, haute de plus de 1,20 m, est comblée par des lits de sable verticaux, parallèles, caractéristiques des fentes de sable (*sand-wedges*) périglaciaires. Elle a été recouverte par des dépôts littoraux. Elle s'est nécessairement formée après la construction du delta, en milieu exondé. Sa fossilisation sous une couche de sables littoraux implique un retour local de la sédimentation marine.

Ces fentes de gel supposent, à la fin du Tardiglaciaire, la présence d'un pergélisol suffisamment froid pour déterminer,

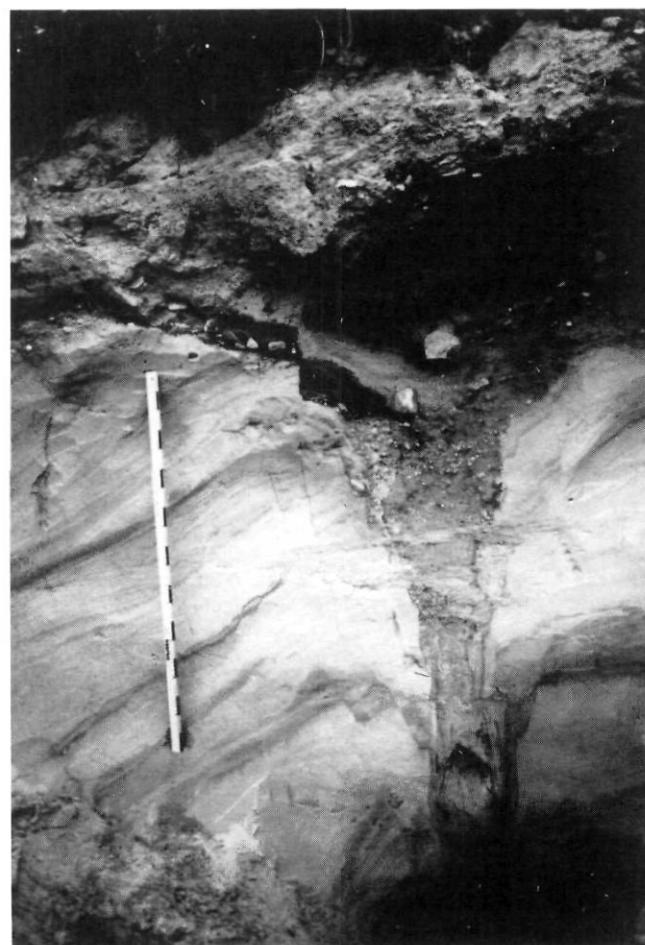


FIGURE 6. Fente de gel fossile dans le delta de 140 m à Clermont. Le remplissage de la partie inférieure de la fente présente un litage sub-vertical; les différents lits ont dû se mettre en place au fur et à mesure que la fente s'ouvrait. La fente et les dépôts encaissants sont recoupés par des plans soulignés par des traînées de sable variable et correspondant probablement à des plans de faille tardives.

*Fossil ice wedge in the 140 m high delta at Clermont. The lower part filling of the wedge shows subvertical stratification. The different layers were probably deposited as the wedge developed. The wedge and the enclosing deposits are intersected by sand stripes of variable thickness and probably corresponding to late fault planes.*



FIGURE 7. Fente de gel fossile dans le delta goldthwaitien de 130 m à Clermont. La couche de sable sommitale, qui recouvrait en discordance la fente, a été dégagée pour observer le prolongement de la structure vers l'intérieur de la coupe.

*Fossil ice wedge in the 135 m high Goldthwait Sea delta at Clermont. The discordant layer of sand overlaying the wedge at the summit was removed in order to observe the extension of the structure inside the section.*

dans les formations meubles, des phénomènes de contraction thermique saisonnière. Des structures semblables dans des contextes similaires ont été observées sur les hautes terrasses marines tant de la rive sud de l'estuaire du Saint-Laurent (Dionne, 1975), que de la rive nord (Dubois, 1979). Les paléotempératures moyennes annuelles de l'air, vers 10 600 ans BP, devaient se situer en dessous de  $-6^{\circ}\text{C}$  (French, 1976).

### CONCLUSION

De la base au sommet, le dépôt de vase goldthwaitienne des Éboulements présente un caractère homogène que soulignent son faciès massif, sa palynostratigraphie uniforme et les variations négligeables de son taux total de carbone.

Emboîté dans une série de cordons de plage, sa mise en place implique, vers 10 600 ans BP, un changement dans la dynamique littorale. Par la suite, la plage a été soulevée à

son altitude actuelle de 120 m au-dessus de l'estuaire du Saint-Laurent.

La vase représente une ancienne slikke; la faible teneur totale en carbone des sédiments, les faibles concentrations polliniques et diatomologiques, l'absence de feuilles d'herbes et de racines fossiles, alors que les macrorestes de graines abondent, excluent une sédimentation de schorre.

La faune thanatocénotique littorale de la slikke était représentée par deux mollusques: *Hiatella arctica* et *Musculus niger*. Les diatomées comprennent *Diploneis smithii*, *Nitzschia marginulata* var. *subconstriata*, *Amphora terroris* et *Chaetoceros* sp. Les isotopes du  $^{13}\text{C}$  et de  $^{18}\text{O}$ , que ce soit dans les mollusques de la vase des Éboulements ou dans ceux du dépôt marin de Clermont, indiquent que la Mer de Goldthwait présentait, à la fin du Tardiglaciaire, des eaux littorales plus chaudes et saumâtres que celles de l'ensemble du bassin.

Les écosystèmes terrestres offraient un contraste littoral-arrière-pays marqué. Une toundra herbacée où croissaient, entre autres, *Dryas integrifolia*, *Salix herbacea*, *Armeria labradorica*, *Silene acaulis* et des saxifrages, bordait le littoral goldthwaitien. L'intérieur des terres était couvert d'une toundra arbustive, surtout composée de *Betula*.

Le contraste entre la végétation littorale et celle de l'arrière-pays est à mettre au compte de l'influence marine sur les températures estivales et, peut-être, les vents. Une telle situation avait déjà été supposée antérieurement pour la région de Montréal (Gangloff, 1981; Delage et al., 1985). Elle s'observe actuellement sur le littoral oriental de la baie d'Hudson (Rousseau, 1974; Payette, 1976).

Le climat périglaciaire était propice au développement d'un pergélisol et de fentes de gel: les températures moyennes annuelles de l'air devaient se situer en-dessous de  $-6^{\circ}\text{C}$ .

### REMERCIEMENTS

Cette étude a bénéficié de l'aide généreuse de plusieurs personnes: nous devons à M. Alayn Larouche l'identification des macrorestes végétaux; M<sup>me</sup> Nicole Morasse a effectué les analyses polliniques dont l'interprétation nous a été facilitée grâce aux commentaires de M. Pierre J. H. Richard; tous trois appartiennent au Laboratoire de palynologie et de paléobiogéographie de l'Université de Montréal. M. Guy Lortie, responsable du laboratoire de Paléoécologie (Centre d'études nordiques, Université Laval) a effectué gracieusement l'analyse des diatomées. M. Guy Lortie, M. Jean-Marie Dubois et M. Michel Allard ont bien voulu relire le manuscrit et nous suggérer de nombreuses améliorations. Nous exprimons à toutes ces personnes notre profonde gratitude. Les recherches ont été subventionnées par le gouvernement du Québec (fonds FCAR). Le premier auteur a bénéficié d'une bourse du gouvernement du Canada par l'Entraide universitaire mondiale du Canada (EUMC).

### RÉFÉRENCES

- Bousfield, E. L., 1964. Coquillages des côtes canadiennes de l'Atlantique. Ottawa, Musée National du Canada, 89 p.

- Brodeur, D. et Allard, M., 1985. Stratigraphie et Quaternaire de l'île aux Coudres, estuaire moyen du Saint-Laurent, Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 38(2): 183-187.
- Campbell, I., 1987. La destruction mécanique des grains de pollen par transport aqueux et compaction des sédiments. Congrès de l'ACFAS, recueil des résumés de communications, 55: 177.
- Delage, M., Gangloff, P., Larouche, A. et Richard, P. J. H., 1985. Note sur un site à macrorestes végétaux tardiglaciaires au sud-ouest de Montréal, Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 39(1): 85-90.
- De Vernal, A., Larouche, A. et Richard, P. J. H., 1987. Évaluation of the palynomorph concentration: Do the aliquot and the marker-grain methods yield comparable results? *Pollen et Spores*, 29(2-3): 291-304.
- Dionne, J.-C., 1975. Paleoclimatic significance of Late-Pleistocene ice-wedge casts in southern Québec, Canada. *Paleogeography Paleoclimatology*, 17: 65-76.
- Dubois, J.-M., 1979. Environnements quaternaires et évolution littorale d'une zone côtière en émergence en bordure sud du Bouclier Canadien: La Moyenne-Côte-Nord du Saint-Laurent, Québec. Thèse de Ph.D., Université d'Ottawa, tome 1: 635 p., tome 2: 636-754, 6 cartes.
- Faegri, R. et Iversen, J., 1975. *Textbook of pollen analysis*. 3<sup>e</sup> éd., Blackwell, Oxford, 285 p.
- French, H. M., 1976. *The periglacial environment*. Longman, New York, 309 p.
- Gangloff, P., 1973. Le milieu morphoclimatique tardiglaciaire dans la région de Montréal. *Cahiers de Géographie de Québec*, 17(42): 415-447.
- 1981. Signification paléoclimatique des formes périglaciaires reliques du Québec méridional. *Biuletyn Peryglacjalny*, 28: 186-187.
- Godin, G., 1979. La marée dans le golfe et l'estuaire du Saint Laurent. *Le Naturaliste canadien*, 106(1): 105-121.
- Héty, B., 1987. L'influence du contexte géomorphologique quaternaire sur la dynamique postglaciaire des versants raides de la Gaspésie septentrionale. Thèse de doctorat, Département de géographie, Université de Montréal, 700 p.
- Hillaire-Marcel, C., 1977. Les isotopes du carbone et de l'oxygène dans les mers post-glaciaires du Québec, *Géographie physique et Quaternaire*, 31(1-2): 81-106.
- 1979. Les mers post-glaciaires du Québec: quelques aspects. Université Pierre et Marie Curie, Thèse de Doctorat d'État, 2 tomes, 293 p. (tome I) et 241 fig., 26 pl. (tome II).
- Holloway, R. G., 1981. Presentation and experimental diagenesis of the pollen exine. Ph.D. dissertation, Texas A & M University, College station, 317 p.
- Jorgensen, S., 1967. A method of absolute pollen counting. *New Phytologist*, 66: 489-493.
- Labelle, C. et Richard, P. J. H., 1981. Végétation tardiglaciaire et postglaciaire au sud-est du parc des Laurentides. *Géographie physique et Quaternaire*, 35(3): 345-359.
- Lortie, G., 1983. Les diatomées de la Mer de Goldthwait dans la région de Rivière-du-Loup, Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 37(3): 279-296.
- 1987. Analyse diatomologique des échantillons de Charlevoix. Laboratoire de Paléocéologie, Centre d'études nordiques. Rapport préliminaire 87-05. 4 p.
- Lortie, G. et Guilbault, J.-P., 1984. Les diatomées et les foraminifères de sédiments marins postglaciaires du Bas-Saint-Laurent (Québec): une analyse comparée des assemblages. *Le Naturaliste canadien*, 111(3): 297-310.
- Matthews, J. V., 1969. The assessment of a method for determination of absolute pollen frequencies. *New Phytologist*, 68: 161-166.
- Millette, J. F. G., et Higby, H. W. 1958. Periglacial loess, morphological properties. *American Journal of Science*, 256: 284-293.
- Moreau, J.-F., 1983. La couche à coquillages (B) du site DbEj-7, Rapport final. Laboratoire d'archéologie, Université du Québec à Montréal, 30 p.
- 1984. Analyse des coquillages de quatre échantillons de la région de Tadoussac. Laboratoire d'archéologie, Université du Québec à Montréal, 16 p.
- Morris, P. A., 1973. *A field guide to shells of the Atlantic and Gulf coast and the West Indies*. Boston, Peterson Field Guide Series.
- Mott, R. J., Anderson, T. W., Matthews, J. V., 1981. Late-glacial paleoenvironments of sites bordering the Champlain sea based on pollen and macro-fossil evidence, p. 129-172. *In* W. C. Mahaney, *Quaternary paleoclimate*, Norwich, England.
- Payette, S., 1976. Les limites écologiques de la zone hémis-arctique entre la mer d'Hudson et la baie d'Ungava, Nouveau-Québec. *Cahiers de Géographie de Québec*, 20(50): 347-364.
- Pethwick, J., 1984. *An introduction to coastal geomorphology*. Arnold, London, 260 p.
- Richard, P. J. H., 1977a. Histoire post-wisconsinienne de la végétation du Québec méridional par l'analyse pollinique. 2 tomes, Ministère des Terres et Forêts, 312 p. (tome I) et 142 p. (tome II).
- 1977b. Végétation tardiglaciaire au Québec méridional et implications paléoclimatiques. *Géographie physique et Quaternaire*, 31(1-2): 161-176.
- Richard, P. J. H. et Poulin, Ph., 1976. Un diagramme pollinique au Mont des Éboulements. *Journal canadien des Sciences de la Terre*, 13(1): 145-156.
- Rondot, J., 1974. L'épisode glaciaire de Saint Narcisse dans Charlevoix, Québec. *Revue de Géographie de Montréal*, 28(4): 375-388.
- 1979. Reconnaissance géologique dans Charlevoix-Saguenay. Ministère des Richesses naturelles du Québec, DPV 682, 44 p.
- Rousseau, C., 1974. *Géographie floristique du Québec-Labrador*. Travaux et documents du Centre d'études nordiques, n° 7, Presses de l'Université Laval, 799 p.
- Sérodès, J.-B. et Troude, J.-P., 1984. Sedimentation cycle of a fresh-water tidal flat in St. Lawrence Estuary. *Estuaries*, 7(2): 119-127.
- Wagner, F., 1985. *Illustrated catalogue of the Mollusca (Gasteropoda and Bivalvia) in the Atlantic Geoscience Centre index collection*. Commission géologique du Canada, Ottawa, 76 p.