**Les Dépôts lacustres d'obturation de Saint-Placide,
Charlevoix, Québec**
Ice-Dammed Lake Deposits of St. Placide, Charlevoix, Québec
**Die Auffüllungsablagerungen von Saint-Placide, Charlevoix,
Québec**

Étienne Govare et Pierre Gangloff

Volume 45, numéro 2, 1991

URI : <https://id.erudit.org/iderudit/032857ar>

DOI : <https://doi.org/10.7202/032857ar>

[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. (1991). Les Dépôts lacustres d'obturation de Saint-Placide, Charlevoix, Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 45(2), 141–154. <https://doi.org/10.7202/032857ar>

Résumé de l'article

À l'ouest de Baie-Saint-Paul (Charlevoix), la vallée du bras du Nord-Ouest de la rivière du Gouffre est colmatée par plus de 120 m de sédiments wisconsinien. À la base, les Dépôts lacustres d'obturation de Saint-Placide se composent de sables sous-aquatiques surmontés de 60 m de rythmites. Celles-ci contiennent des blocs glaciels, des lentilles de diamicton et des niveaux de plications syngénétiques attribuables à un environnement proglaciaire. Malgré leur puissance, les rythmites correspondent à une palynozone unique: une toundra arbustive dominée par *Betula glandulosa*, *Alnus crispa* et des Graminées. Quelques rares diatomées d'eau douce et l'altitude élevée (300 m) du toit des rythmites font supposer une origine lacustre. Compte tenu de sa situation physiographique dans une vallée ouverte sur le moyen estuaire du Saint-Laurent, le paléolac résulte d'un barrage glaciaire dont la localisation reste incertaine. Un till de fusion, de 20 m d'épaisseur moyenne, surmonte les Dépôts lacustres d'obturation de Saint-Placide. Le till s'épaissit localement en une moraine et peut atteindre 52 m d'épaisseur. Il se compose d'un diamicton interstratifié de quelques lits de sable et mis en place par un écoulement glaciaire en provenance du nord. Les Dépôts lacustres d'obturation de Saint-Placide et le till qui les recouvre sont interprétés comme étant deux membres d'une même formation corrélative au Stade de Trois-Rivières. Les Dépôts lacustres d'obturation de Saint-Placide constituent le début du stade; le till de fusion et la moraine en marquent la fin. Le maximum glaciaire du Stade de Trois-Rivières, dans la coupe étudiée, se traduirait par une lacune sédimentaire, voire une érosion du sommet des rythmites.

LES DÉPÔTS LACUSTRES D'OBTURATION DE SAINT-PLACIDE, CHARLEVOIX, QUÉBEC

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

RÉSUMÉ À l'ouest de Baie-Saint-Paul (Charlevoix), la vallée du bras du Nord-Ouest de la rivière du Gouffre est colmatée par plus de 120 m de sédiments wisconsinien. À la base, les Dépôts lacustres d'obturation de Saint-Placide se composent de sables sous-aquatiques surmontés de 60 m de rythmites. Celles-ci contiennent des blocs glaciels, des lentilles de diamicton et des niveaux de plications syngénétiques attribuables à un environnement proglaciaire. Malgré leur puissance, les rythmites correspondent à une palynozone unique: une toundra arbustive dominée par *Betula glandulosa*, *Alnus crispa* et des Graminées. Quelques rares diatomées d'eau douce et l'altitude élevée (300 m) du toit des rythmites font supposer une origine lacustre. Compte tenu de sa situation physiographique dans une vallée ouverte sur le moyen estuaire du Saint-Laurent, le paléolac résulte d'un barrage glaciaire dont la localisation reste incertaine. Un till de fusion, de 20 m d'épaisseur moyenne, surmonte les Dépôts lacustres d'obturation de Saint-Placide. Le till s'épaissit localement en une moraine et peut atteindre 52 m d'épaisseur. Il se compose d'un diamicton interstratifié de quelques lits de sable et mis en place par un écoulement glaciaire en provenance du nord. Les Dépôts lacustres d'obturation de Saint-Placide et le till qui les recouvre sont interprétés comme étant deux membres d'une même formation corrélative au Stade de Trois-Rivières. Les Dépôts lacustres d'obturation de Saint-Placide constituent le début du stade; le till de fusion et la moraine en marquent la fin. Le maximum glaciaire du Stade de Trois-Rivières, dans la coupe étudiée, se traduirait par une lacune sédimentaire, voire une érosion du sommet des rythmites.

ABSTRACT *Ice-dammed Lake Deposits of St. Placide, Charlevoix, Québec.* One hundred and twenty metres of Wisconsinian sediments were deposited in the valley of the Bras du Nord-Ouest, west of Baie-Saint-Paul (Charlevoix). Several stratigraphic exposures show thick sub-aquatic deposits overlain by till. The sub-aquatic sediments include fine sands topped by 60 m of rhythmites. These rhythmites contain dropstones, diamictic lenses and syngenetic involutions. All of these features are indicative of a proglacial environment. Despite their thickness, the rhythmites belong to one single palynozone: a shrub tundra dominated by *Betula glandulosa*, *Alnus crispa* and Gramineae. Due to the presence of a few fresh water diatoms and the high elevation (300 m) of the top of the rhythmites, it is suggested that the rhythmites were deposited in a lake rather than in a marine environment. Given its physiographic location in an open valley in connection with the St. Lawrence Estuary, the paleolake had to be an ice-dammed lake. A melt-out till about 20 m thick overlies the ice-dammed Lake Deposits of St. Placide. Locally the till — a diamicton with some fine sandy layers — thickens into a moraine of up to 52 m. Glacial flow was from the north. The ice-dammed Lake Deposits of St. Placide and the till are two members belonging to one single formation related to the Trois-Rivières Stadial. The ice-dammed Lake Deposits of St. Placide date from the beginning of that stadial whereas the melt-out till and the moraine may represent its end. In the studied section, the maximum phase of the Trois-Rivières Stadial may possibly be correlated to either a sedimentary gap or to an erosional event at the top of the rhythmites.

ZUSAMMENFASSUNG *Die Auffüllungsablagerungen von Saint-Placide, Charlevoix, Québec.* Im Westen der Baie-Saint-Paul (Charlevoix) ist das Tal des nordwestlichen Arms des Gouffre-Flusses durch über 120 m von Sedimenten aus dem Wisconsinium aufgefüllt. An der Basis besteht diese Auffüllungs-Ablagerung von Saint-Placide aus subsquatischem Sand, überlagert von 60 m von Rythmiten. Letztere enthalten Treibeisblöcke, Diamikton-Linsen und Ebenen syngenetischer Fältelungen, welche auf eine proglaziale Umgebung zurückzuführen sind. Trotz ihrer Mächtigkeit entsprechen die Rythmiten einer einzigen Palynozone: eine Buschtundra, wo *Betula glandulosa*, *Alnus crispa* und Gramineen dominieren. Einige Seltene Süßwasser-Kieselalgen und die bedeutende Höhe (300 m) des Dachs der Rythmiten legen einen Seen-Ursprung nahe. Bedenkt man seine physiographische Lage in einem Tal, das sich auf die mittlere Flußmündung des Saint-Laurent öffnet, so stammt der Paläosee aus einer glazialen Stauung, die nicht genau lokalisiert werden kann. Ein Fusionstill von einer durchschnittlichen Dichte von 20 m überragt die Auffüllungs-Ablagerung von Saint-Placide. Stellenweise verdickt sich das Till zu einer Moräne und kann bis zu 52 m Dichte erreichen. Es besteht aus einem Diamikton, in das einige Sandbetten eingelagert sind, und das durch ein glaziales Fließen von Norden her dorthin gebracht wurde. Die Auffüllungsablagerung von Saint-Placide und das Till, welches sie bedeckt, werden als zwei Bestandteile derselben Formation interpretiert, welche mit dem Stadium von Trois-Rivières korreliert. Die Auffüllungsablagerung von Saint-Placide stellt den Anfang des Stadiums dar, während das Fusionstill und die Moräne dessen Ende markieren. In dem untersuchten Schnitt kommt das glaziale Maximum des Stadiums von Trois-Rivières in einer Sedimentlücke zum Ausdruck, bzw. einer Erosion der Spitze der Rythmiten.

Dans la vallée du Saint-Laurent, les connaissances sur la stratigraphie du Wisconsinien sont en pleine mutation (Bernier et Occhietti, 1990; Besré et Occhietti, 1990; Ferland et Occhietti, 1990a et b; Lamothe, 1989; Occhietti, 1990). Parmi les faits saillants ressort la présence récurrente de lacs proglaciaires. Leurs dépôts corrélatifs encadrent généralement les tills. Des faits semblables sont connus sur la bordure des Appalaches (McDonald et Shilts, 1971; Parent, 1987) et dans les vallées gaspésiennes (Leblais et David, 1977). Sur la bordure des hautes Laurentides, l'étude des lacs proglaciaires est encore fragmentaire.

Nous présentons ici une séquence de sables et de rythmites glaciolacustres, affleurant près de Baie-Saint-Paul dans la région de Charlevoix, sur la bordure des Laurentides. Visible sur près de 60 m d'épaisseur, elle est recouverte de 20 à 52 m de till. Après en avoir décrit le contexte stratigraphique, nous la caractériserons par son contenu pollinique pour finalement dégager ses implications paléogéographiques.

LOCALISATION

Sur la côte nord du moyen estuaire du Saint-Laurent (fig. 1), plusieurs coupes éparées de dépôts glaciolacustres sont signalées: dans la vallée de la rivière Petit Saguenay (Hardy, 1970), à Saint-Siméon dans la vallée de la rivière Noire (Lajoie, 1981), le long du moyen estuaire dans la basse terrasse de petite rivière Saint-François (Dionne, 1988), dans la vallée de la rivière Sainte-Anne (Rondot, 1972), près de Saint-Ferréol-les-Neiges (Vézina, 1988; communication personnelle), à Beauport (Lasalle *et al.*, 1977b). Les mieux connues s'observent à l'île aux Coudres (Brodeur et Allard, 1985; Brodeur, 1987).

Les dépôts de Saint-Placide, à une dizaine de kilomètres des coupes de l'île aux Coudres, affleurent sur la rive droite du bras du Nord-Ouest (fig. 1), une vallée de ligne de faille dégagée dans les migmatites et les charnockites du socle grenvillien (Rondot, 1972).

Cette vallée débouche, au droit de Baie-Saint-Paul, sur un graben annulaire (Rondot, 1968, 1989) largement ouvert sur l'estuaire du Saint-Laurent. Le graben, encastré dans le socle, contient des lambeaux de couverture paléozoïque dont le matériel, repris dans les tills, peut servir de marqueur d'écoulements glaciaires.

Les dépôts de Saint-Placide s'observent à 3 km des rives de l'estuaire (site S, fig. 2) et s'élèvent jusqu'à 310 m d'altitude (site A, fig. 2). Les coupes apparaissent à l'ouest de Baie-Saint-Paul le long de la vallée du bras du Nord-Ouest. Elles sont composées de 19 sites discontinus, répartis sur environ 5 km. La stratigraphie a été relevée dans trois emplacements principaux: aux sites C, G et H (coordonnées au tabl. I). Ces sites ont été une première fois succinctement décrits (Govare et Gangloff, 1987) et mentionnés (Rondot, 1989).

STRATIGRAPHIE

La figure 3 donne une vue synoptique de la stratigraphie des dépôts de la vallée. Les descriptions ci-dessous se réfèrent, sauf mention contraire, au site C. Ce dernier offre en effet la coupe la plus imposante (120 m de sédiments quater-

naires) et la plus complète: trois unités sur les quatre observées (fig. 4). La série de rythmites que contient le dépôt a été subdivisée selon les groupes de faciès distingués par Ashley (1975) pour décrire les varves: le groupe I comprend des lits limoneux plus épais que les lits sableux; dans le groupe II, les lits limoneux sont aussi épais que les lits sableux; dans le groupe III, les lits limoneux sont moins épais que les lits sableux.

Sur la figure 3, les faciès sont identifiés d'après le code proposé par Eyles *et al.* (1983). On observe, de bas en haut, des sables massifs, des rythmites et un diamicton stratifié.

UNITÉ N° 1: LES SABLES MASSIFS

Des sables moyens à grossiers de 10 m d'épaisseur, sans structure apparente, composent la base visible du dépôt. Le contact inférieur est inconnu: il se situe sous le niveau de la rivière. Au site G, cette unité est masquée par des éboulis. Elle réapparaît au site H avec des sables stratifiés renfermant des galets et des blocs épars reposant sur des lits limoneux (fig. 5). Au site C, cette lithozone semble légèrement ravinée sous l'unité n° 2.

FIGURE 1. Localisation des Dépôts lacustres d'obturation de Saint-Placide et d'autres coupes de la région présentant des rythmites recouvertes de till.

Location map of the Ice-dammed Lake Deposits of St. Placide and other outcrops in the area showing rhythmites overlain by a till.

UNITÉ N° 2: LES RYTHMITES

La série de rythmites de 46 m d'épaisseur se subdivise en trois ensembles. De bas en haut elle comprend:

1) 35 m de rythmites du groupe III composées de deux sous-zones

À la base, 15 m de rythmites irrégulières (sous-zone 2a) reposent en légère discordance sur les ondulations des sables de l'unité n° 1. La série commence par 15 cm de limon. Les lits de sable, de l'ordre du centimètre, sont deux à trois fois plus épais que les lamines de limon. Elles font 0,3 à 0,6 cm d'épaisseur. Les lits sont discontinus. Leur pendage

apparent, vers le nord-ouest, passe d'environ 10° à la base à un maximum de 20° au milieu du faciès (fig. 6). L'ensemble renferme de nombreux galets et blocs épars, émoussés, sans doute d'origine glacielle. Localement s'insèrent des lentilles de diamicton extrêmement compactes. Elles peuvent atteindre 10 cm d'épaisseur et 70 cm de longueur apparente. Graduellement, l'épaisseur des limons et des sables augmente et annonce la sous-zone 2b.

La sous-zone 2b atteint 20 m de puissance. Les lits de sables moyens à grossiers font de 15 à 20 cm d'épaisseur avec des lits de limon de 1 à 3 cm. Les galets délestés sont rares. Localement, dans la coupe C, on voit ces dépôts

FIGURE 2. Emplacements des 19 coupes contenant des dépôts glaciolacustres dans la vallée du bras du Nord-Ouest. Équidistance des courbes de niveau de 10 m. Stéréogramme d'après les photos aériennes à 1/15 840.

Location of the 19 exposures containing glaciolacustrine deposits in the Bras du Nord-Ouest valley. Contour interval 10 m. Stereogram based on aerial photographs at 1:15,840.

TABLEAU I
Coordonnées géographiques des 19 sites

Site no	Coordonnées géographiques		Altitude de la coupe (m)		Taille de la coupe (m)	
	Longitude Ouest	Latitude Nord	Sommet	Base	Hauteur	Longueur
A	70°35'51"	47°25'52"	312	307	05	15
B	70°35'50"	47°25'52"	320	310	10	07
C	70°35'32"	47°25'09"	360	240	120	25
D	70°35'31"	47°26'11"	300	295	05	05
E	70°35'29"	47°26'12"	299	295	04	20
F	70°35'02"	47°26'24"	250	248	02	03
G	70°34'48"	47°26'26"	260	205	55	25
H	70°34'45"	47°26'25"	250	195	55	30
I	70°34'45"	47°26'23"	250	245	05	06
J	70°34'44"	47°26'22"	250	247	03	07
K	70°34'42"	47°26'21"	248	245	03	05
L	70°34'36"	47°26'21"	240	210	30	05
M	70°34'35"	47°26'22"	240	210	30	10
N	70°34'28"	47°26'24"	228	225	03	04
O	70°34'03"	47°26'15"	220	215	05	05
P	70°34'01"	47°26'14"	230	215	15	10
Q	70°33'48"	47°26'13"	213	210	03	02
R	70°33'12"	47°26'10"	170	168	02	04
S	70°32'32"	47°26'14"	130	130	—	02

Cartes topographiques à 1/50 000 n° 21 M/7; à 1/20 000 n° 21 M 07 – 200 – 202.
MRC de Charlevoix, Municipalité de paroisse de Baie-Saint-Paul.

plaqués sur la roche en place, polie et striée, du versant de la vallée. Une lentille diamictique de plus de 60 cm d'épaisseur et de 5 m de long, composée de galets décimétriques jointifs et de matrice, repose sur un replat de la roche en place, incliné de 20° vers le fond du talweg.

2) 11 m de rythmites du groupe I à déformations synsédimentaires

Elles surmontent en concordance la série précédente. Les lits de limon, épais de 4 à 5 cm en moyenne, présentent un aspect varvé (fig. 7). Leur base gris sombre devient graduellement brun clair au sommet. Ces lits alternent avec des lamines de quelques millimètres composées de sable fin à très fin. L'ensemble est extrêmement compact. De nombreuses lentilles diamictiques, de 10 cm d'épaisseur et de 30 à 50 cm de long s'intercalent dans le faciès. Elles contiennent plus d'éléments grossiers que celles des autres lithozones. De nombreux petits galets isolés parsèment les lits de limon. Plusieurs blocs atteignent le mètre cube (fig. 8). Des plications synsédimentaires perturbent le dépôt, affectant jusqu'à une dizaine de lits de limon. On distingue plusieurs types de déformations: 1° des plissements serrés ou couchés, toujours déportés vers l'aval du pendage, atteignant 15 à 20 cm de longueur d'onde (fig. 9) et localement 30 cm (fig. 10, 11 et 12); 2° une forme d'éjection au site G sur 1,50 m de long (fig. 13); 3° des plis droits, parfaits, de 70 cm d'amplitude, à longueur d'onde métrique (localisés à la fig. 4, flèche E). Ces déformations affectent toujours le tiers supérieur de la lithozone. Au sommet, les rythmites sont plus régulières sur une soixantaine de centimètres de haut et deviennent peu à peu plus sableuses.

3) 12 m de rythmites du groupe III passant à du sable

Progressivement, sur 2 m, les lits de sable moyen et grossier s'épaississent au détriment des lits de limon. On assiste à un retour des rythmites du groupe III. Les sables deviennent dominants sur les 12 m restants. Ils sont entrecoupés de quelques lits de limon, inférieurs à 2 cm, avec de petites structures en flammes s'élevant dans les sables et tournées vers l'aval du pendage. Les galets délestés sont rares.

UNITÉ N° 3: LE DIAMICTON STRATIFIÉ

Le contact entre les rythmites et le faciès supérieur, un diamicton grossièrement stratifié de 20 m (site G) à 52 m (site C) d'épaisseur, se fait par une zone de brèche. Épaisse de 1 m, elle consiste en un mélange d'enclaves de sable de l'unité n° 2 et de diamicton de l'unité n° 3. D'amont en aval, le diamicton tronque en discordance d'abord des sables puis des rythmites de plus en plus vieilles. Il recoupe le sommet de l'unité n° 2 aux sites G et H et le milieu de la même unité entre les sites O et S.

FIGURE 4. Vue des coupes C et E depuis la rive gauche du bras du Nord-Ouest. Les numéros renvoient aux figures. Les tirets séparent le till (unité n° 3) des sables et rythmites (unité n° 1) sous-jacentes.

General view of sections C and E, from the left bank of Bras du Nord-Ouest. Numbers refer to the figures. Dashed line locate the sands and the rhythmites (unit 2) overlain by the till (unit 3).

FIGURE 5. Blocs et lentilles diamictiques au site H (unité n° 1).
Blocks and diamictic lenses at location H, unit 1.

Le dépôt correspond à un faciès hétérométrique grossier, irrégulièrement stratifié et contenant parfois peu de fraction fine. Sa matrice comprend en moyenne 50 à 79 % de sable, 11 à 36 % de limon et de 10 à 15 % d'argile. Au site C, la base du dépôt est très sableuse, relativement bien triée, à l'inverse du site G sans classement.

Une ébauche de stratification (fig. 4) est donnée par des lentilles triées de sable fin à moyen, légèrement ondulantes, épaisses de 2 à 10 cm. Elles peuvent englober des portions de diamicton (fig. 14). La fissilité est grossière, en écailles de 2 cm de long et de 1 cm d'épaisseur au maximum. Les 20 premiers mètres du diamicton contiennent des galets erratiques carbonatés, provenant de la couverture ordovicienne du socle. Le taux de carbonate de la matrice est quasi nul et sans variations notables. Les apports de matériaux locaux précambriens noient la contribution des rares affleurements carbonatés.

Galets et blocs sont striés, subanguleux, souvent de forme ovoïde, généralement disposés sur leur face plane. Aux sites G et H, le faciès est très compact, rendant l'échantillonnage difficile. Au site C, une trame de till a été réalisée sur 46 éléments de 2 à 8 cm de long. Le rapport des axes b/a varie autour 0,58 mais celui des axes c/b peut atteindre près de 0,7, correspondant à quelques éléments presque aussi épais que large (Parent, 1987). La trame montre un pôle dominant vers le NNW, accompagné d'un pôle secondaire au NE (fig. 15). La plupart des galets plongent de 20° à 25° vers les mêmes azimuts, ce qui indique (Mark, 1974; Prichonnet, 1984) un écoulement de la glace approximativement N-S dans la zone analysée.

FIGURE 6. Rythmiques du groupe III au site C (unité n° 2). Les petites graduations de la règle font 5 cm de long.

Group III rhythmites at location C, unit 2 (scale: smaller grades shown = 5 cm).

FIGURE 7. Vue générale des rythmites du groupe I au site C (unité n° 2) montrant leur aspect varvaire ainsi que les galets et blocs délestés. Les flèches localisent respectivement les figures 8 et 9.

General view of the rhythmites from group I at location C, unit 2, showing their varved aspect and some dropstones. Arrows show location of Figures 8 and 9.

FIGURE 8. Gros bloc délesté dans les rythmites au site C (unité n° 2) dans une lentille diamictique compactée.

Large dropstone contained in the rhythmites at location C, unit 2, in a compacted diamictic lens.

FIGURE 9. Plissements serrés et couchés synsédimentaires de 15 à 20 cm de longueur d'onde dans les rythmites au site C (unité n° 2).

Synsedimentary folds of 15 to 20 cm wavelength in location C rhythmites, unit 2.

FIGURE 10. Plissements serrés atteignant 30 cm de longueur d'onde dans les rythmites au site C, unité n° 2. Le manche de pelle fait 73 cm de long.

Tight folds with a wavelength up to 30 cm in the rhythmites at location C, unit 2. The handle measures 73 cm.

FIGURE 11. Plissements couchés et déversés dans les rythmites au site C (unité n° 2).

Overturned and recumbent folds in the rhythmites at location C, unit 2.

FIGURE 12. Détail d'un pli couché dans les rythmites au site G (unité n° 2). On y observe encore, malgré le plissement, toutes les stratifications. Le manche du couteau fait 10 cm.

Detail on a folded involution at location G rhythmites, unit 2. In spite of the folded structure all stratifications can still be seen. The knife handle measures 10 cm.

FIGURE 13. Détail d'un plissement complexe dans les rythmites au site G (unité n° 2).

Detail of a complex folded structure in the rhythmites at location G, unit 2.

FIGURE 14. Lits triés de sable dans le till du site C (unité n° 3).

Sorted sand beds in till at location C, unit 3.

Au total, l'importance du remblaiement glaciaire, son pseudo-litage et l'orientation un peu confuse de ses éléments grossiers laissent supposer une mise en place par une glace peu mobile en provenance du nord, avec d'intenses circulations d'eau intraglacière. Il s'agit vraisemblablement d'un till de fusion dont l'épaisseur est peut-être reliée à la position d'une marge glaciaire (voir la morphologie de surface du dépôt à la fig. 2).

UNITÉ N° 4: LES SABLES DELTAÏQUES

Au site G, surmontant le dépôt glaciaire vers 252 m, apparaît sur 12 m un faciès à stratification oblique de sable moyen et fin bien trié de type deltaïque. Il indique la formation temporaire d'une nappe d'eau postglaciaire à l'emplacement du bras du Nord-Ouest.

CONTENU SPOROPOLLINIQUE

Une analyse pollinique a été faite sur les rythmites des sites C et G (Laboratoire de palynologie et de paléobiogéographie, Département de géographie, Université de Montréal). Quinze niveaux ont été échantillonnés au site C et douze niveaux au site G (fig. 16). Le pas d'échantillonnage est variable, car nous n'avons retenu que les couplets les plus continus et les plus épais, sans plication, lentille diamictique ou bloc délesté. Les échantillons du site C se répartissent entre 252 m et 306 m, soit sur 54 m d'épaisseur. En G, ils s'étagent entre 209 m et 224,5 m, soit sur 15,5 m. Le diagramme pollinique du site G représente une variation latérale (1 km en aval) des rythmites du site C.

Un volume de 2 cm³, de chaque niveau, a été traité et analysé selon la méthode usuelle de Faegri et Iversen (1975), adaptée par Richard (1977a). La concentration pollinique, évaluée par la méthode des contaminants (Matthews, 1969) est très faible. Elle varie de 671 à 5642 grains par cm³ au site C et de 1775 à 5512 grains par cm³ au site G. Les lamines de sable sont quasi stériles. Les lamines silteuses des échantillons n° 1 et n° 6 du site C ont montré une concentration pollinique trop faible pour obtenir une somme pollinique suffisante. Les comptages polliniques ont porté sur 86 à 158 grains au site C et sur 99 à 138 grains au site G, en balayant de 2 à 5 lames selon les niveaux.

FIGURE 15. Trame de till des axes a en projection stéréographique, équisurface de Schmidt, hémisphère inférieur; % de recouvrement des mesures; galets de 2 à 8 cm de long; b/a = 0,58; c/b peut atteindre 0,7.

Schmidt equal area net diagram for a axes orientation (lower hemisphere); % of measurement overlapping; 2 to 8 cm pebbles; b/a = 0.58; c/b up to 0.7.

Le pollen est souvent corrodé; il en résulte une forte proportion de grains indéterminables atteignant de 0,8 à 8,7 % au site G et de 7,2 à 19,4 % au site C. Les spectres présentent une richesse floristique moyenne de 12 taxons arboréens, 11 taxons herbacés et 9 taxons arbustifs. Les arbustes prédominent (51,2 à 84,3 %) grâce à *Betula*, attribué à *Betula glandulosa* en raison du diamètre des grains majoritairement inférieurs à 25 µ. Les arbustes comprennent aussi une moindre proportion d'*Alnus* (19,6 à 44,4 %). Les herbes forment 15 à 40 % des spectres. On note la présence de Cypéracées (maximum 9,8 %) et d'*Artemisia* (maximum 8,1 %). Les arbres (1,4 à 13,0 %) sont faiblement représentés par *Pinus* (maximum 9 %) et *Picea* (maximum 4,0 %). Malgré la faible proportion de grains arboréens, *Quercus* (maximum de 4,1 %) est présent dans 14 des 27 niveaux analysés. L'ensemble du diagramme correspond à une palynozone unique (fig. 16).

Pour vérifier la fiabilité des comptages obtenus sur une somme pollinique modeste, des tests ont été effectués sur quatre couplets du site O (fig. 2), échantillonnés à 10 cm d'intervalle. Les sommes polliniques portent sur 297 à 308 grains. Les concentrations polliniques varient entre 2652 et 4953 grains par cm³. Les spectres sont globalement identiques à ceux des sites C et G. Quatre taxons arboréens (*Carya*, *Fraxinus*, *Populus*, *Ulmus*), un taxon arbustif (*Viburnum*) et un hors total (*Sagittaria*) s'ajoutent à la liste. Mais la

Pollen diagrams for locations C and G. See Figure 3 for the location of samples. Pollen assemblages are dominated by shrubs (*Betula glandulosa*, *Alnus crispa*, *Alnus rugosa*) and various herbs (*Gramineae*, *Cyperaceae*, *Artemisia*) that correlate to a shrub tundra type with scarce vegetation cover.

dominance de *Betula* (25,9 à 37,7 %), l'importance d'*Alnus crispa* (19,7 à 25,6 %) et des Graminées (8,0 à 19,8 %) sont confirmées. Ainsi, même pour les sommes polliniques inférieures à 120 grains, les spectres sont représentatifs du contenu pollinique des rythmites.

INTERPRÉTATION DES COUPES

SIGNIFICATION DES RYTHMITES

a) Un dépôt lacustre

La position des sédiments sous-aquatiques est particulière. Elle exige la présence d'un plan d'eau occupant la vallée du bras du Nord-Ouest, une vallée ouverte sur celle du Gouffre et le moyen estuaire du Saint-Laurent. Dès lors, la nappe d'eau aurait pu être marine, des rythmites pouvant se former en milieu estuarien (Cato, 1985).

Au site C, les diatomées identifiées par Lortie (1987) appartiennent à une flore dulcicole froide, littorale. Il s'agit de *Pinnularia subcapita* (unité n° 2a), *Cymbella minuta*, *Achnanthes* aff. *minutissima*, *Melosira* aff. *distans* (unité n° 2b) et d'une espèce dulcicole planctonique: *Melosira* aff. *granulata*. Ces diatomées indiquent la présence d'une eau douce, froide, vraisemblablement un paléolac. Trop peu nombreuses, elles ne permettent cependant aucune reconstitution paléocéologique précise: autant qu'un lac, un milieu de haut estuaire très alimenté en eau douce continentale peut présenter les mêmes espèces.

L'altitude des dépôts semble peu compatible avec l'hypothèse d'un plan d'eau commun avec l'estuaire du Saint-Laurent. Au Postglaciaire, la limite marine relative de la Mer de Goldthwait se situait, dans la région, vers 200 m d'altitude (Dionne, 1977). Au cours du Wisconsinien, il est peu probable qu'un hypothétique niveau marin relatif ait été supérieur de plus de 110 m à la mer postglaciaire. Il faudrait supposer des mouvements glacio-isostatiques et eustatiques hors de toute proportion avec ce qui est admis jusqu'ici. Les rythmites indiquent donc bien un paléolac.

Sa profondeur dépassait, localement, 170 m. En effet, au site C, les faciès lacustres s'observent à 300 m d'altitude, alors qu'en aval ils ne s'élèvent qu'à 130 m. À cet endroit, les sédiments sont tronqués. La couche de rythmites érodées, d'après les indications de la stratigraphie, ne dépasse pas 10 m. Une tranche d'eau lacustre de 170 m représente une estimation minimale.

La durée du lac ne peut être précisée. Les rythmites traduisent des alternances dans les apports sédimentaires et dans les courants de fond (Lambert et Hsu, 1979). Une périodicité saisonnière est le plus souvent évoquée pour les varves et rythmites des basses terres du Saint-Laurent (Besré et Occhietti, 1990) où l'étude palynologique de détail d'une rythmite épaisse (Clet, 1990) semble étayer cette hypothèse. Mais aucune périodicité particulière ne peut être attestée formellement pour les rythmites de Saint-Placide. Des sédimentations de rythmes annuels, voire journaliers, sont aussi envisageables.

Compte tenu du contexte physiographique, le lac n'a pu se former qu'à la faveur d'une obturation glaciaire, en aval de la vallée du bras du Nord-Ouest.

b) Un milieu proglaciaire

Les lentilles de diamicton au sein des rythmites évoquent la proximité de la glace. Ces lentilles ne présentent ni grano-classement ni éléments subanguleux striés; le matériel cristallin des blocs se prête peu à l'enregistrement et à la conservation des stries. Plusieurs modes de mise en place peuvent être envisagés (Turcotte *et al.*, 1989): par coulées de débris, par délestages de matériaux contenus dans des radeaux de glace flottante, par courants de turbidité. Mais l'origine du matériel des lentilles est de toute évidence glaciaire. Les lentilles de diamicton sont plus fréquentes et développées dans les rythmites à lits épais, vraisemblablement à proximité d'un front glaciaire. La lentille grossière de la sous-zone 2b est peut-être antérieure à l'ensemble du dépôt puisqu'elle repose sur le roc.

Les plications synsédimentaires traduisent des glissements dans les sédiments fraîchement déposés, encore à forte teneur en eau. Les lits affectés conservent leur structure interne et leurs galets délestés. Ces rythmites, dans un état très plastique, se sont sans doute déformées à la faveur de la présence d'un lit sous-jacent liquéfié. Les déformations peuvent résulter de la propagation d'une onde de choc dans les sédiments. Cette onde provoque une liquéfaction locale de sédiments le long de zones de discontinuités attribuables à des écarts de teneurs en eau entre les sédiments récemment déposés et ceux plus anciens et compactés (Mills, 1983). Plusieurs causes peuvent être invoquées (Theakstone, 1976): modifications brutales de l'étendue et de la profondeur du plan d'eau, déstage de gros éléments transportés par des radeaux de glace, mouvements de la marge d'un appareil glaciaire, vêlage d'icebergs, avalanches, glissements et éboulements de terrain se terminant dans le lac (Jorstad, 1968), glissements sous-aquatiques, sismicité régionale (Sims, 1975). Rappelons que la région de Charlevoix est historiquement la zone sismique la plus active de l'est du Canada. On y a dénombré au moins six secousses de magnitudes supérieures ou égales à 5 (sur l'échelle de Richter) depuis 1663 et de multiples autres de moindre intensité (Basham *et al.*, 1979). Or l'activité sismique est particulièrement active durant les périodes de déglaciation et d'englaciation (Mörner, 1985). Des secousses même faibles, au cours du dépôt des rythmites, peuvent suffire à déstabiliser des sédiments fraîchement déposés, à forte teneur en eau, reposant sur des plans inclinés de 10°, voire localement de 20°.

Le barrage glaciaire responsable du lac pouvait se trouver soit dans la vallée du Gouffre, soit dans l'estuaire du Saint-Laurent en aval de Baie-Saint-Paul. Une obturation de l'estuaire semble en effet nécessaire pour expliquer entre autres la présence de dépôts lacustres dans la séquence pléistocène de l'île aux Coudres toute proche (Brodeur et Allard, 1985). Mais pour les sédiments d'obturation de Saint-Placide, l'hypothèse minimale actuelle est celle d'une obturation locale. Les lentilles diamictiques supposent un front glaciaire proche. Les dépôts correspondent à un épisode d'englaciation.

Les lentilles diamictiques supposent un front glaciaire proche. Les dépôts correspondent à un épisode d'englaciation qui se manifeste par une langue de glace en provenance du nord, s'écoulant dans la vallée du Gouffre. Elle obstrue alors le drainage des vallées latérales comme celles du bras du Nord-Ouest. La localisation exacte du barrage reste énigmatique faute de connaissances sur les sédiments du fond de la vallée du Gouffre (Lajoie, 1981). Dans le moyen estuaire à l'aplomb de la vallée du Gouffre, l'épaisseur des sédiments quaternaires atteint plus de 290 m (Syvitski et Praeg, 1989). La langue glaciaire de la vallée du Gouffre devait avoir au minimum 2500 m de large et 300 m d'épaisseur, compte tenu de la taille de la vallée actuelle. Les plateaux déglacés avoisinants étaient couverts d'une végétation que nous révèle la palynologie des rythmites.

LE PAYSAGE VÉGÉTAL CONTEMPORAIN DES RYTHMITES

Les spectres polliniques renvoient à un milieu ouvert de type toundra arbustive (Richard, 1977b). Une mosaïque de bouleaux nains, de Graminées et de Cypéracées couvrait le bassin-versant du lac. La présence discrète de sites humides est soulignée par le pollen d'Éricacées, de *Nemopanthis*, de *Potamogeton*, les spores d'Isoètes, de *Sphagnum*, d'*Osunda* sp. ainsi que celles de monolètes et trilètes. Les milieux mieux drainés sont identifiés par le pollen d'*Artemisia*, de Caryophyllacées et de Saxifragas. Tous ces grains sont peu sujets au transport éolien sur de longues distances.

Les taxons arboréens (*Abies*, *Picea*, *Pinus*, *Quercus*, *Fagus*, *Carya*, *Ulmus*, *Fraxinus*, *Populus*, *Acer*), très faiblement représentés dans les spectres, traduisent aussi des apports éoliens de longues distances. Il est peu probable qu'ils proviennent du remaniement d'hypothétiques sédiments anciens.

La toundra arbustive s'est maintenue tout au long de l'épisode lacustre. Les variations verticales des deux diagrammes de cette étude sont du même ordre que les variations latérales d'un site à l'autre. On ne note de tendance ni vers l'afforestation ni vers la toundra herbacée.

La comparaison avec des sédiments lacustres interstadiers du Québec méridional fait ressortir l'originalité des rythmites de Saint-Placide. Pour faciliter cette comparaison, nous avons réduit chacun des spectres polliniques à son pourcentage de grains d'arbres, d'arbustes et d'herbes. De la sorte, sur un graphique triangulaire (fig. 17), chaque spectre s'exprime par un point (Govare et Gangloff, 1989).

Cinq sites interstadiers ont été retenus: ceux de l'île aux Coudres (Brodeur et Allard, 1985), de la rivière Chaudière (Matthews et al., 1987), de Gayhurst (archives du Laboratoire de palynologie et de paléobiogéographie de l'Université de Montréal), des Vieilles-Forges et de Donnacona (Clet, 1987). Le pollen de *Betula* est classé dans les arbustes. Les Cypéracées de la rivière Chaudière ont été incluses dans les herbes, par souci d'homogénéité avec les autres comptages.

Chaque dépôt interstadière possède sa signature pollinique. Les sédiments de la rivière Chaudière (base gauche du diagramme) correspondent à une toundra herbacée. Les

sédiments de Gayhurst se situent à mi-chemin entre la toundra herbacée et la toundra arbustive. Les rythmites de l'île aux Coudres occupent une position du désert périglaciaire des diagrammes tardiglaciaires. Les dépôts des Vieilles-Forges et de Donnacona correspondent, sans ambiguïté, au pôle forestier, à la base droite du graphique. À noter cependant que ne sont pas représentés les trois spectres isolés de toundra du sommet de la coupe de Donnacona, dont deux appartiendraient à la toundra arbustive.

Les rythmites de Saint-Placide se détachent nettement sur le graphique triangulaire. Elles occupent une zone qui leur est propre: celle de la toundra arbustive. Le bon regroupement des spectres montre clairement que les 60 mètres de sédiments correspondent à une palynozone unique.

C'est là un trait fondamental qui contraste avec les sédiments lacustres postglaciaires. Dans ceux du lac à l'Ange, qui ont livré le diagramme pollinique de référence pour la région de Charlevoix (Labelle et Richard, 1981), 5 mètres de sédiments lacustres seulement renferment toute la succession végétale postglaciaire: le désert périglaciaire, la toundra herbacée puis la toundra arbustive, l'afforestation et enfin la forêt (voir l'arrière-plan de la fig. 17). Le tout s'est déposé durant près de 11 000 ans. À Saint-Placide, les 60 mètres de sédiments ne correspondent qu'à une seule palynozone. Cela implique un taux de sédimentation élevé relativement peu compatible avec une couverture végétale de toundra arbustive. La toundra arbustive actuelle du Québec nordique offre une bonne protection vis-à-vis de l'érosion. Un contexte pro-

FIGURE 17. Diagramme triangulaire pollinique de quelques dépôts rythmiques du Québec méridional. Chacun des sites ne comporte qu'une seule zone pollinique (en gris) à la différence de la chronoséquence végétale postglaciaire (en pointillé) du lac à l'Ange (d'après Labelle et Richard, 1981). Saint-Placide est le seul site dont les spectres s'apparentent à la toundra arbustive.

Triangular pollen diagram of various rhythmic sediments from southern Québec. Each location exhibits an homogeneous pollen zonation (grayish areas) contrary to the postglacial vegetation timesequence (stippled area) of Lac à l'Ange (after Labelle and Richard, 1981). Saint-Placide is the only location with a pollen assemblage identical to the shrub tundra.

LA CHRONOLOGIE DES ÉVÉNEMENTS

La coupe de Saint-Placide présente des discordances. Celle qui sépare les sables (unité n° 1) des rythmites (unité n° 2) résulte vraisemblablement d'une modification des processus de sédimentation. Elle n'a pas de signification chronologique; d'ailleurs les deux faciès sont des dépôts sous-aquatiques. Le passage des sables aux rythmites peut provenir d'un simple changement dans la position du front glaciaire. Sables et rythmites appartiennent donc à la même entité paléogéographique: le lac d'obturation. Nous les regroupons sous le terme stratigraphique de Dépôts lacustres d'obturation de Saint-Placide.

La discordance entre les rythmites (unité n° 2) et le till (unité n° 3) qui les ravine peut traduire un intervalle de longue durée. Aux Dépôts lacustres d'obturation de Saint-Placide ont pu succéder des sédiments d'interstade dont les témoins sont détruits par l'érosion glaciaire, avant la mise en place du till (unité n° 3). Une explication plus simple s'impose: les Dépôts lacustres d'obturation de Saint-Placide impliquent la présence d'une langue de glace qui, après un barrage momentané du bras du Nord-Ouest, progresse par-dessus les sédiments lacustres et dépose le till. Selon cette interprétation, les dépôts lacustres et le till sus-jacent constituent deux membres d'une seule et même formation sédimentaire, corrélatrice d'un épisode glaciaire unique. Le till, en raison de son épaissement local et de l'importance des eaux de fusion dans sa mise en place, marque la fin de l'épisode glaciaire. Le maximum de l'épisode glaciaire ne semble pas représenté. Il se traduit seulement par une lacune sédimentaire, voire une érosion locale du sommet des rythmites.

Le till peut aussi dater du Tardiglaciaire. Situé au sud du complexe morainique de Charlevoix — que l'on associe généralement au complexe de Saint-Narcisse (LaSalle *et al.*, 1977a; Rondot, 1974) — il est nécessairement antérieur à 10 800 ans BP (Occhietti, 1980). Dès lors, les Dépôts lacustres d'obturation de Saint-Placide peuvent appartenir à une récurrence glaciaire survenue pendant la déglaciation générale de la région. Dans cette hypothèse, la présence simultanée d'une langue glaciaire, d'une sédimentation très active dans un lac proglaciaire et d'une toundra arbustive sur le bassin-versant en voie de déglaciation est originale. Il est plus vraisemblable d'attribuer le lac d'obturation, non pas à la déglaciation, mais bien à l'englaciation régionale. À l'échelle locale, le lac appartient à une période charnière entre un interstade et un stade glaciaire. Replacé dans le contexte du Québec méridional, il fait partie intégrante d'un épisode glaciaire wisconsinien. En terme de chronostratigraphie, les Dépôts lacustres d'obturation de Saint-Placide peuvent se situer au début du Stade de Trois-Rivières ou au début d'un éventuel épisode au cours de ce même stade.

Un âge plus précis n'est pas disponible pour le moment. L'absence de matériaux organiques empêche le recours au radiocarbone. Des datations par thermoluminescence sur les sédiments minéraux lacustres ont échoué. La faiblesse du signal et une extrême variabilité des sous-échantillons ont empêché tout contrôle sur la fiabilité des dates possibles (Alpha Analytic Inc., 1987, communication personnelle).

CONCLUSION

L'imposante stratigraphie de Saint-Placide révèle un remblaiement quaternaire sur plus de 120 m d'épaisseur, colmatant le bras du Nord-Ouest, une vallée du Charlevoix. L'essentiel de ce remblaiement s'est accumulé en deux temps. Il résulte d'un épisode lacustre, suivi d'un épisode glaciaire.

Les sédiments lacustres, des sables et des rythmites à lentilles diamictiques, impliquent une obturation glaciaire; d'où leur désignation sous le terme de Dépôts lacustres d'obturation de Saint-Placide.

Le niveau du lac, à 3 km du moyen estuaire du Saint-Laurent, s'élevait à plus de 300 m d'altitude. Sa tranche d'eau dépassait localement 170 m de profondeur. Les terres déglacées entourant le lac portaient une toundra arbustive dont jusqu'ici, à part deux spectres isolés à Donnacona, on ne trouve pas d'équivalent dans les diagrammes polliniques des formations interstadias du Québec méridional.

Les sédiments glaciaires qui couvrent les Dépôts lacustres d'obturation de Saint-Placide forment un till de fusion stratifié qui atteint localement 52 m d'épaisseur à l'aplomb d'une moraine. La trame du till indique un écoulement glaciaire en provenance du nord.

L'ensemble de la série stratigraphique représente une seule formation corrélatrice du Stade de Trois-Rivières. Au début de ce stade, l'englaciation régionale progresse depuis le nord par une langue émissaire dans la vallée du Gouffre. Cette langue glaciaire provoque l'obturation d'une vallée latérale: celle du bras du Nord-Ouest. Il s'y forme un lac de barrage glaciaire où se sédimente le membre inférieur de la formation: les Dépôts lacustres d'obturation de Saint-Placide. Puis, la glace toujours en progression recouvre l'accumulation lacustre. À la fin du Stade de Trois-Rivières se met en place le membre supérieur de la formation: le till de fusion.

REMERCIEMENTS

Cette étude a bénéficié de l'aide de plusieurs personnes. Mme Nicole Morasse et M. Christian Duguais ont effectué les analyses polliniques dont l'interprétation a été facilitée grâce aux commentaires de M. Pierre J. H. Richard (Laboratoire de palynologie et de paléobiogéographie, Université de Montréal). M. Guy Lortie, responsable du laboratoire de Paléo-écologie (Centre d'études nordiques) a effectué gracieusement l'analyse des diatomées. M. Serge Occhietti a bien voulu visiter le site «C». Nous tenons à leur exprimer toute notre gratitude. Les recherches ont été subventionnées par le Gouvernement du Québec (Fonds FCAR: EQ-1157). Le premier auteur a bénéficié d'une bourse du Gouvernement du Canada (Entraide universitaire mondiale du Canada). Nous remercions également MM. Bernard Héту et Serge Occhietti pour leurs commentaires et leurs judicieuses suggestions à la lecture du manuscrit.

Nous remercions aussi M. Jacques Guay, propriétaire des sites «A à E» et M. Rosaire Guay, propriétaire des sites «F à K» demeurant à Baie-Saint-Paul, pour nous avoir autorisé l'accès et l'étude des coupes.

RÉFÉRENCES

- Ashley, G. M., 1975. Rhythmic sedimentation in glacial lake Hitchcock, Massachusetts-Connecticut, p. 304-320. In A. V. Joplin et B. C. McDonald, éd., *Glaciofluvial and glaciolacustrine sedimentation*. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Tulsa Special publication, n° 23.
- Basham, P. W., Weichert, D. H. et Berry, M. J., 1979. Regional assessment of seismic risk in eastern Canada. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 69: 1567-1602.
- Bernier, F. et Occhietti, S., 1990. Le complexe glaciaire du cap Charles, vallée moyenne du Saint-Laurent, Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 44: 173-180.
- Besré, F. et Occhietti, S., 1990. Les varves de Deschaillons, les rythmites du Saint-Maurice et les rythmites de Leclercville, Pleistocène supérieur, vallée du Saint-Laurent, Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 44: 181-198.
- Brodeur, D., 1987. Addenda Île-aux-Coudres. In *Processus et paléo-environnements du Quaternaire dans la péninsule gaspésienne et dans le Bas-Saint-Laurent*. INQUA 1987, Ottawa, Excursion C-4, hors texte, 15 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: 183-197.
- Cato, I., 1985. The definitive connection of the Swedish geochronological time scale with the present and the new date of the zero year in Doviken, northern Sweden. *Boreas*, 14: 117-122.
- Clet, M., 1987. Palynology of sediments attributed to the Saint Pierre interval, p. 42-51. In M. Lamothe, éd., *Pleistocene stratigraphy in the St. Lawrence lowland and the Appalachians of southern Québec; A field guide*. Collection Environnement et Géologie, vol. 4, Université de Montréal.
- 1990. Palynologie de rythmites du Pleistocène supérieur, Leclercville, vallée moyenne du Saint-Laurent, Canada. *Bulletin de l'Association française pour l'étude du Quaternaire*, 4: 225-237.
- Dionne, J.-C., 1977. La mer de Goldthwait au Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 31(1-2): 61-80.
- 1988. Le Quaternaire de la basse terrasse à Petite-Rivière-Saint-François, Charlevoix. Congrès de l'AQQUA, résumé des communications.
- Eyles, N., Eyles, C. H. et Miall, A., 1983. Lithofacies types and vertical profile models; an alternative approach to the description and environmental interpretation of the glacial diamict and diamictite sequences. *Sedimentology*, 3: 393-410.
- Faegri, R. et Iversen, J., 1975. *Textbook of pollen analysis*. 3^e éd., Blackwell, Oxford, 285 p.
- Ferland, P. et Occhietti, S., 1990a. Révision du stratotype des Sédiments de Saint-Pierre et implications stratigraphiques. *Géographie physique et Quaternaire*, 44: 147-158.
- Ferland, P. et Occhietti, S., 1990b. L'argile de La Pérade: nouvelle unité marine antérieure au Wisconsinien supérieur, vallée du Saint-Laurent, Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 44: 159-172.
- Govare, É. et Gangloff, P., 1987. Les coupes de Saint-Placide, Charlevoix, p. 15-18. In *Processus et paléo-environnements du Quaternaire dans la péninsule de Gaspé et dans le Bas-Saint-Laurent*. INQUA 87, guide d'excursion C-4.
- 1989. Paléo-environnement d'une plage tardiglaciaire de 10 580 ans BP dans la région de Charlevoix, Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 43: 147-160.
- Hardy, L., 1970. *Géomorphologie glaciaire et postglaciaire de Saint-Siméon à Saint-François-d'Assise (Comtés de Charlevoix et de Chicoutimi)*. Thèse de maîtrise, Université Laval, Québec, 112 p.
- Jorstad, F. A., 1968. Waves generated by landslides in Norwegian fjords and lakes. *Norges geotekniske Institut, Oslo Publikasjon*, 79: 13-32.
- Labelle, C. et Richard, P. J. H., 1981. Végétation tardiglaciaire et postglaciaire au sud-est du parc des Laurentides. *Géographie physique et Quaternaire*, 35: 345-359.
- Lajoie, G., 1981. Zones exposées aux mouvements de terrain, région de Charlevoix. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Direction générale de l'exploration géologique et minérale, Service de la géotechnique, DPV-812, 35 p., 8 cartes h.t.
- Lambert, A. et Hsu, K. J., 1979. Non-annual cycles of varve-like sedimentation in Walensee, Switzerland. *Sedimentology*, 26: 453-461.
- Lamothe, M., 1989. A new framework for the Pleistocene stratigraphy of the central St. Lawrence Lowland, southern Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 43: 119-129.
- LaSalle, P., Martineau, G. et Chauvin, L., 1977a. Morphologie, stratigraphie et déglaciation dans la région de Beauce — Monts Notre-Dame — Parc des Laurentides. Ministère des Richesses naturelles du Québec, DPV-516, 74 p.
- LaSalle, P., Martineau, G., Chauvin, L. et Gauthier, C., 1977b. Géologie du Quaternaire près de Québec. Rive-Nord (1^{ère} journée) Rive-sud (2^{ème} journée). Livret-guide d'excursion, New England Intercollegiate Geological Conference, 69^e réunion annuelle, Québec, 33 p.
- Lebuis, J. et David, P. P., 1977. La stratigraphie et les événements du Quaternaire de la partie occidentale de la Gaspésie, Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 31: 275-296.
- Lortie, G., 1987. Analyse diatomologique des échantillons de Charlevoix. Laboratoire de paléocéologie du Centre d'études nordiques, Université Laval, Québec, Rapport préliminaire 87-05, 4 p.
- Mark, D. M., 1974. On the interpretation of till fabrics. *Geology*, 2: 101-104.
- Matthews, J. V., Jr., 1969. The assessment of a method for determination of absolute pollen frequencies. *New Phytologist*, 68: 161-166.
- Matthews, J. V., Jr., Smith, J. S. L. et Mott, R. J., 1987. Plant macrofossils, pollen and insect fossils of arctic affinity from Wisconsinan sediments in Chaudière valley, Southern Québec. In *Current Research, Part A*, Commission géologique du Canada, Paper 87-1A: 165-175.
- McDonald, B. C. et Shilts, W. W., 1971. Quaternary stratigraphy and events in southeastern Québec. *Geological Society of America Bulletin*, 82: 683-698.
- Mills, P., 1983. Genesis and diagnostic value of soft-sediment deformation structures; a review. *Sedimentary Geology*, 35: 83-104.
- Mörner, N.-A., 1985. Paleoseismicity and geodynamics in Sweden. *Tectonophysics*, 117: 139-153.
- Occhietti, S., 1980. Le Quaternaire de la région de Trois-Rivières-Shawinigan, Québec; contribution à la paléogéographie de la vallée moyenne du Saint-Laurent et corrélations stratigraphiques. *Paléo-Québec*, 10, 223 p.

- 1990. Lithostratigraphie du Quaternaire de la vallée du Saint-Laurent: méthode, cadre conceptuel et séquences sédimentaires. *Géographie physique et Quaternaire*, 44: 137-145.
- Parent, M., 1987. Late Pleistocene stratigraphy and events in the Asbestos-Valcourt region, southeastern Québec. Thèse de Ph.D, University of Western Ontario, London, 316 p.
- Prichonnet, G., 1984. Glaciation d'inlandsis: séquences glaciaires, proglaciaires et non glaciaires du Quaternaire canadien. *Bulletin du Centre de recherche et d'exploration-production d'Elf-Aquitaine*, 8: 105-133.
- 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 du Québec, 312 p. (tome I) et 142 p. (tome II).
- 1977b. Végétation tardiglaciaire au Québec méridional et implications paléoclimatiques. *Géographie physique et Quaternaire*, 31: 161-176.
- Rondot, J., 1968. Nouvel impact météoritique fossile?; La structure semi-circulaire de Charlevoix. *Journal canadien des sciences de la Terre*, 5: 1305-1307.
- 1972. Géologie de la région de la rivière du Gouffre. Ministère des Richesses naturelles, Rapport préliminaire n° 605, 29 p.
- 1974. L'épisode glaciaire de Saint-Narcisse dans Charlevoix, Québec. *Revue de Géographie de Montréal*, 28: 375-388.
- 1989. Géologie de Charlevoix. Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, MB 89-21, 606 p., 19 cartes.
- Sims, J., 1975. Determining earthquake recurrence intervals from deformational structures in young lacustrine sediments. *Tectonophysics*, 29: 141-152.
- Syvitski, J. P. M. et Praeg, D. B., 1989. Quaternary sedimentation in the St. Lawrence estuary and adjoining areas, eastern Canada: an overview based on high resolution seismo-stratigraphy. *Géographie physique et Quaternaire*, 43: 291-310.
- Theakstone, W., 1976. Glacial lake sedimentation, Austerdalsisen, Norway. *Sedimentology*, 23: 671-688.
- Turcotte, P. L., Bouchard, M. A., Chauvin, L., 1989. Stratigraphie du Pléistocène de la région de Thetford Mines — Asbestos, Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 43: 131-146.