

## Article

---

« Les Varves de Deschaillons, les Rythmites du Saint-Maurice et les Rythmites de Leclercville, Pléistocène supérieur, vallée du Saint-Laurent, Québec »

François Besré et Serge Occhietti

*Géographie physique et Quaternaire*, vol. 44, n° 2, 1990, p. 181-198.

Pour citer cet article, utiliser l'information suivante :

URI: <http://id.erudit.org/iderudit/032817ar>

DOI: 10.7202/032817ar

Note : les règles d'écriture des références bibliographiques peuvent varier selon les différents domaines du savoir.

---

Ce document est protégé par la loi sur le droit d'auteur. L'utilisation des services d'Érudit (y compris la reproduction) est assujettie à sa politique d'utilisation que vous pouvez consulter à l'URI <https://apropos.erudit.org/fr/usagers/politique-dutilisation/>

---

Érudit est un consortium interuniversitaire sans but lucratif composé de l'Université de Montréal, l'Université Laval et l'Université du Québec à Montréal. Il a pour mission la promotion et la valorisation de la recherche. Érudit offre des services d'édition numérique de documents scientifiques depuis 1998.

Pour communiquer avec les responsables d'Érudit : [info@erudit.org](mailto:info@erudit.org)

# LES VARVES DE DESCHAILLONS, LES RYTHMITES DU SAINT-MAURICE ET LES RYTHMITES DE LECLERCVILLE, PLÉISTOCÈNE SUPÉRIEUR, VALLÉE DU SAINT-LAURENT, QUÉBEC\*

François BESRÉ et Serge OCCHIETTI, respectivement Département des sciences de l'environnement et Département de géographie et GÉOTOP, Université du Québec à Montréal, C.P. 8888, succursale A, Montréal, Québec H3C 3P8.

**RÉSUMÉ** Il est possible de distinguer les unités laminées de la vallée moyenne du Saint-Laurent par des critères intrinsèques. Les Varves de Deschaillons, antérieures aux Sédiments de Saint-Pierre, comportent des bioturbations à la base de l'unité. Verticalement, la texture du lit d'été devient plus fine et le rapport d'épaisseur entre le lit d'été (E) et celui d'hiver (H) diminue (3,8 à 0,7). La concentration pollinique diminue rapidement vers le sommet et le contenu indique un faible pourcentage de grains de pollen d'arbres thermophiles (1 à 3 %). Les Varves de Deschaillons représentent un épisode glaciolacustre de type distal d'une durée de plus de 3800 ans. Les rythmites postérieures aux Sédiments de Saint-Pierre sont appelées Rythmites du Saint-Maurice. Les lits grossiers (silteux) contiennent des traces d'organismes benthiques. La taille des couplets augmente vers le sommet de l'unité (1 à 20 cm), mais le rapport E/H reste relativement constant (1,1 à 1,6). Les rythmites ont un contenu pollinique riche, avec un pourcentage moyen de grains de pollen d'arbres thermophiles (5 à 7 %). Elles représentent une sédimentation lacustre d'une durée estimée à 1000 ans. Le lac, appelé Lac de La Vérendrye, était très distal, à alimentation multiple et à stratification thermique durant la période d'apport sédimentaire. Les rythmites de Leclercville sont formées de couplets annuels, centimétriques. Les traces de mobilité d'organismes benthiques témoignent de l'oxygénation du fond du bassin et du brassage de la colonne d'eau en période estivale. Les rythmites de Leclercville représentent une sédimentation lacustre de courte durée, au moins 300 ans, dans un plan d'eau calme, très distal. Elles sont antérieures au Till de Gentilly, mais leur position stratigraphique reste à préciser.

**ABSTRACT** *Late Pleistocene Deschaillons Varves, St. Maurice Rhythmites and Leclercville rhythmites, St. Lawrence Valley, Québec.* By using intrinsic features it is possible to distinguish the different laminated sediments of the central St. Lawrence Valley. The Deschaillons Varves, older than the St. Pierre Sediments, contain bioturbations in the lower part of the unit. From the base to the top, the texture of summer beds becomes finer and the thickness ratio (E/H) of summer (E) and winter (H) beds decreases (3,8 to 0,7). The pollen concentration decreases rapidly toward the top of the unit and the content shows a low percentage of thermophilous trees (1 to 3 %). The Deschaillons Varves represent a distal glaciolacustrine event that lasted over 3800 years. The rhythmites overlying the St. Pierre Sediments are named the St. Maurice Rhythmites. The coarse (silty) beds contain benthic fauna traces. The thickness of the couplets increases toward the top of the unit (from 1 to 20 cm) but the E/H ratio remains relatively constant (1,1 to 1,6). The pollen content is high with a mean percentage of thermophilous trees (5 to 7 %). The St. Maurice Rhythmites represent a lacustrine event that lasted around 1000 years. The lake, named Lake de La Vérendrye, was very distal with multiple feeder streams and with thermal stratification during the summer period. The Leclercville rhythmites are characterized by thick (from 4 to 20 cm) annual couplets. The benthic fauna traces provide evidence of oxygenation at the bottom of the lake and of the mixing of the water column during summer. The Leclercville rhythmites represent a short episode of lacustrine sedimentation (at least 300 years) within a calm and very distal lake. They are older than the Gentilly Till but their stratigraphic position remains equivocal.

**ZUSAMMENFASSUNG** *Die Warven von Deschaillons, die Rytmiten von Saint-Maurice und die Rythmite von Leclercville, höheres Pleistozän, Sankt Lorenz-Tal, Québec.* Man kann die blättrigen Einheiten des mittleren Sankt Lorenz-Tals durch innere Kriterien unterscheiden. Die Warven von Deschaillons, die den Sedimenten von Saint-Pierre vorausgehen, enthalten Bioturbationen an der Basis der Einheit. Senkrecht wird die Beschaffenheit des Sommerbetts feiner und das Verhältnis der Dicke des Sommerbetts (E) zu der des Winterbetts (H) nimmt ab (3,8 bis 0,7). Die Pollenkonzentration nimmt in Richtung auf die Spitze schnell ab, und der Inhalt weist auf einen geringen Prozentsatz von Pollensamen thermophiler Bäume. Die Warven von Deschaillons repräsentieren eine Glazialsee-Episode des distalen Typus, die über 3800 Jahre dauerte. Die auf die Sedimente von Saint-Pierre folgenden Rythmite werden Rythmite des Saint-Maurice genannt. Die groben Betten (schlammig) enthielten Spuren benthischer Organismen. Die Größe der Couplets nimmt zur Spitze der Einheit hin zu (1 bis 20 cm) aber die Beziehung E/H bleibt relativ konstant (1,1 bis 1,6). Die Rythmite haben einen reichen Pollengehalt. Sie stellen eine Seesedimentierung von einer auf 1000 Jahre geschätzten Dauer dar. Der See, der Lac de La Vérendrye heisst, war sehr distal mit vielfältigen Zuflüssen und thermischer Schichtung während der Periode der Sedimentanschwemmung. Die Spuren der Mobilität benthischer Organismen bezeugen die Sauerstoffversorgung des Beckengrundes und das Durcheinandermischen der Wassersäule in der Sommerzeit. Die Rytmiten von Leclercville repräsentieren eine Seesedimentierung von kurzer Dauer, mindestens 300 Jahre, in einem ruhigen, sehr distalen See.

\* Contribution du 6<sup>e</sup> Congrès de l'Association québécoise pour l'étude du Quaternaire, sous la direction de Bernard Héty  
Manuscrit reçu le 22 décembre 1988; manuscrit révisé accepté le 27 novembre 1989

## INTRODUCTION

### MODÈLE STRATIGRAPHIQUE EN COURS DE RÉVISION ET HOMOTAXIE DES UNITÉS LAMINÉES

Le modèle de la stratigraphie du Quaternaire de la vallée du Saint-Laurent élaboré par Gadd (1955, 1960, 1971), Karrow (1957) et Terasmae (1958) établissait une succession de trois événements majeurs : un épisode glaciaire ancien représenté par le Till de Bécancour et des varves, un court intervalle non glaciaire représenté par les Sédiments de Saint-Pierre et un épisode glaciaire plus jeune représenté par les Varves de Deschaillons et le Till de Gentilly. Plus tard, Occhietti (1980, 1982) ajouta l'unité des Sables des Vieilles-Forges sous le Till de Gentilly. Ce modèle est demeuré tel quel jusqu'aux travaux de Lamothe (1985, 1987, 1989), Clet *et al.* (1986), Occhietti *et al.* (1989). Il est modifié notamment par la réévaluation de la position des varves de la briqueterie de Deschaillons et l'introduction de deux nouvelles unités (Lamothe, 1989) et par la découverte d'une séquence marine antérieure aux Sédiments de Saint-Pierre (Ferland et Occhietti, 1990a).

La mise en évidence de l'emboîtement des unités fluviales dans les séquences sous-jacentes (Occhietti *et al.*, 1987) et la récurrence des lithoséquences (Occhietti *et al.*, 1989) entraînent des problèmes d'homotaxie des unités. Parmi les nombreuses unités lacustres, glaciolacustres ou turbiditiques observées, il est possible de distinguer de façon non équivoque au moins six unités rythmées ou varvées dans la vallée moyenne du Saint-Laurent :

- 1) Des rythmites pré-Deschaillons observées à marée basse sur la rive sud du Saint-Laurent.
- 2) Les Varves de Deschaillons qui affleurent à la briqueterie (Gadd, 1971; Hillaire-Marcel et Pagé, 1981) sont antérieures aux Sédiments de Saint-Pierre (Lamothe, 1985, 1987).
- 3) Les rythmites de Leclercville (Besré et Occhietti, 1988; Occhietti *et al.*, 1989) antérieures au Till de Gentilly, mais dont la position stratigraphique par rapport aux Sédiments de Saint-Pierre reste à préciser.
- 4) Les varves de déglaciation intercalées entre deux couches de till ou de diamicton qui précèdent les Sédiments de Saint-Pierre (unité B de Ferland et Occhietti, 1990a); ces varves sont peut-être équivalentes aux rythmites pré-Deschaillons.
- 5) Les rythmites postérieures aux Sédiments de Saint-Pierre.
- 6) Les Varves de Danville (Parent, 1987) et autres argiles stratifiées avec *Candona subtriangulata*, disposées au-dessus du Till de Gentilly et sous les argiles de la Mer de Champlain, sont associées au Lac Candona (Parent et Occhietti, 1988).

Dans ce contexte de précision du modèle stratigraphique reconnu, il nous apparaît impératif d'insister sur les caractères intrinsèques des unités rythmées de la vallée moyenne du Saint-Laurent. La présente contribution fait état de la définition lithostratigraphique et d'une tentative de caractérisation des paléoenvironnements de trois des six unités identifiées dans la vallée moyenne du Saint-Laurent : 1) les dépôts varvés de la briqueterie de Deschaillons et du Cap Lévrard, 2) les rythmites postérieures aux Sédiments de Saint-Pierre à Saint-

Pierre-les-Becquets, aux Vieilles-Forges et à Sainte-Anne-de-la-Pérade et 3) les rythmites de Leclercville.

### TERMINOLOGIE : DÉFINITIONS CONCERNANT LES SÉDIMENTS LAMINÉS

Plusieurs termes ont été employés pour décrire des unités composées de sédiments annuels. De tels sédiments ont été nommés; laminations annuelles (Saarnisto *et al.*, 1977), rythmites saisonnières (Ludlam, 1979) et varves (Renberg, 1981). Le terme d'origine suédois, « varve », a été utilisé par De Geer (1912) pour décrire un couplet de matériel de texture alternativement grossière et fine et d'origine glaciaire ou proglaciaire. Selon Renberg (1981), le terme varve désigne un sédiment déposé pendant une année, indépendamment du processus de sédimentation, qu'il soit d'origine mécanique, chimique ou biologique. Sturm (1979) souhaite que le terme varve soit réservé aux types de sédiments montrant une structure double avec une couche de texture grossière (silt et sable) nettement surmontée d'une couche fine (argile) séparée de la suivante par une surface d'érosion. Les autres sédiments rythmés, dans lesquels les particules montrent une diminution de la taille, devraient être appelés « lits granoclassés » selon Sturm (1979).

De notre point de vue, pour éviter toute confusion, le terme varve devrait être compris dans le sens défini par De Geer (1912), c'est-à-dire une unité sédimentaire annuelle d'origine glaciaire formée de deux lits et non pas au sens large comme Renberg (1981) ou Sturm (1979) le proposent. Les dépôts autres que glaciaires ou proglaciaires devraient être décrits sous le vocable général de rythmite. Une rythmite peut être composée d'un ou de plusieurs lits. La durée de sédimentation peut être saisonnière, annuelle, bisannuelle ou toute autre. Il suffit d'y ajouter un terme précisant le caractère périodique des rythmites en question. Dans cet article, les termes varves et rythmites désignent le caractère périodique du sédiment, le terme lit devrait s'appliquer à la description de couches distinctes (couleur, granulométrie et lithologie) qui forment la rythmite ou la varve, et le terme lamine caractérise les microstructures et feuilletés élémentaires qui constituent le lit. Par exemple, une varve est composée de deux lits constitués chacun d'une ou de plusieurs lamines composées de matériel provenant d'eaux de fonte glaciaire. D'autre part, le terme rythmite est employé lorsque la structure sédimentaire est caractérisée par deux lits distincts ou plus, mais que l'origine glaciaire n'est pas démontrée. Ces distinctions nous permettent d'éviter toute interprétation glaciaire *a priori* lorsque l'on rencontre des sédiments laminés dans la vallée du Saint-Laurent.

### MÉTHODOLOGIE

Les unités laminées décrites dans ce texte sont plus vieilles que la limite de la méthode classique de datation par le <sup>14</sup>C. Compte tenu de l'homotaxie de ces unités, il était nécessaire d'établir une méthode d'étude qui permette de les différencier par des critères autres que leur position stratigraphique apparente ou que leurs critères sédimentologiques communs (texture, calcimétrie, couleur, épaisseur des couplets). Sur chaque coupe étudiée, chaque unité laminée a été analysée selon les critères suivants :

- étude de la texture;
- étude des structures sédimentaires;
- mesure de l'épaisseur de chaque couplet et préparation du diagramme de la variation verticale de cette épaisseur;
- mesure de l'épaisseur du lit d'été (E) et du lit d'hiver (H) de chaque couplet et préparation des diagrammes de la variation verticale de ces épaisseurs et du rapport E/H;
- identification des cailloux délestés;
- identification des concrétions;
- description des bioturbations;
- dans la mesure du possible, grâce à la collaboration de collègues, identification du contenu pollinique (concentration, assemblage et pourcentage des espèces thermophiles) et préparation de diagrammes polliniques.

À ces données sont ajoutées la position stratigraphique apparente, l'altitude de la base et du sommet de l'unité et, le cas échéant, les datations publiées.

La mesure des épaisseurs a été réalisée sur des coupes rafraîchies verticalement ou en laboratoire, sur des gouttières métalliques prélevées verticalement sur le terrain (Daigneault et Prichonnet, 1988). La précision des mesures est de l'ordre du millimètre. La variation verticale fine des épaisseurs dans les zones composées de couplets millimétriques n'a pu, dans ces conditions, être évaluée avec précision. À cette étape de différenciation des unités, la caractérisation de cette variation n'était toutefois pas utile. L'étude de la variation verticale des unités laminées nous a conduit à distinguer, sur chaque séquence verticale, des zones composées de varves ou de rythmites aux caractéristiques homogènes (épaisseur totale de la rythmite ou de la varve, épaisseur du lit d'hiver et du lit d'été) qui seront appelées rythmozones (tabl. I).

Au terme de ces analyses, chaque unité est définie par un ensemble de caractères intrinsèques dont, en particulier, les variations verticales. Cet ensemble est caractéristique pour chacune des trois unités lithostratigraphiques étudiées et permet de les différencier entre elles.

## LES VARVES DE DESCHAILLONS

### CONTEXTE STRATIGRAPHIQUE

C'est à la glaisière de la briqueterie Montréal Terra Cotta (fig. 1 et 2) que furent décrits par Karrow (1957), Gadd (1960), Hillaire-Marcel et Pagé (1981) et Lamothe (1985) la coupe et les sédiments varvés constituant le stratotype des Varves de Deschaillons. D'après nos relevés, la lithoséquence comprend, de bas en haut, les unités suivantes :

1) Une unité de texture fine, stratifiée, affleure à marée basse en aval de la briqueterie jusqu'en aval du village de Deschaillons. Elle est constituée d'argiles et de silts finement laminés et rythmés renfermant des concrétions carbonatées peu épaisses (1 cm) de forme discoïdale et ellipsoïdale et de tailles variées, de 1 à 10 cm de longueur. Le contenu pollinique est très pauvre (2000 grains/cm<sup>3</sup>) selon les analyses préliminaires. Cette unité avait déjà été observée dans des forages (Simard, 1971; Lamothe, 1987). Dans ce texte, elle est désignée sous le terme «rythmites du fleuve», cette appellation n'ayant aucune valeur formelle.

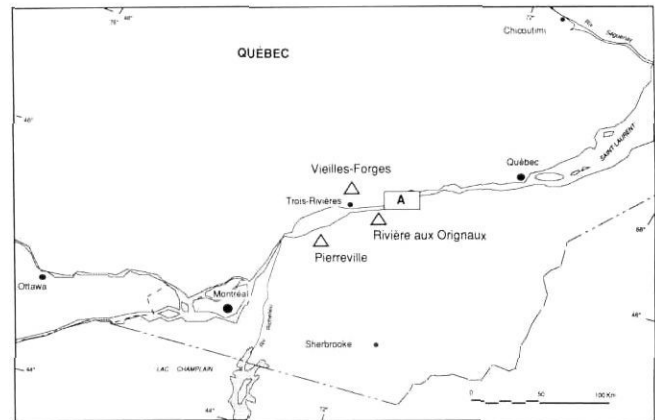


FIGURE 1. Localisation de la région à l'étude (carton A) et d'autres sites.

*Location of studied area (carton A) and of other sections.*

2) Le *Sable de Lotbinière* (Lamothe, 1989) sous-jacent aux Varves de Deschaillons a été décrit à la coupe de la briqueterie par Gadd (1971), Hillaire-Marcel et Pagé (1981). Ces sables étaient auparavant associés aux Sédiments de Saint-Pierre (Gadd, 1971). Lamothe (1987) a démontré par des observations de terrain et par forage qu'ils sont distincts et antérieurs aux Sédiments de Saint-Pierre.

3) Les *Varves de Deschaillons* affleurent le long de la rive sud du Saint-Laurent, à la rivière aux Orignaux, au cap Lévrard (Gadd, 1971, Lamothe, 1985) et à la briqueterie de Deschaillons. À la briqueterie, ces varves décrites par Hillaire-Marcel et Pagé (1981) ont une puissance de 17 m. Elles renferment des concrétions carbonatées caractéristiques, de forme discoïdale, qui ont été datées à 80 ka par la méthode U/Th (Hillaire-Marcel et Causse, 1989). Ces varves témoignent d'un épisode glaciolacustre précédant une phase d'englacement représenté par le Till de Lévrard (Lamothe, 1985, 1987).

4 et 5) Au sommet de la coupe, une mince unité sableuse (20 cm) est surmontée d'un diamicton glaciaire associé au Till de Gentilly (Gadd, 1971; Lamothe, 1985).

### RYTHMICITÉ DES VARVES DE DESCHAILLONS

En accord avec les résultats déjà publiés (Gadd, 1971; Hillaire-Marcel et Pagé, 1981), l'épaisseur des couplets passe de quelques millimètres à la base à quelques centimètres au sommet de l'unité. On a mesuré 2200 couplets en laboratoire sur les sept premiers mètres de la séquence (fig. 3) au-dessus du Sable de Lotbinière et sous la surface de décollement mentionnée par Hillaire-Marcel et Pagé (1981). La séquence a été divisée en rythmozones selon les variations verticales de l'épaisseur des lits d'été et d'hiver (fig. 4). Le rapport moyen de l'épaisseur des lits d'été sur ceux d'hiver (E/H) fut calculé pour chacune de ces rythmozones (tabl. I). Ce rapport diminue vers le sommet de la séquence mesurée (3,8 à 0,7). Les varves sont déformées à partir de 7 à 8 m au-dessus de la base de l'unité et à partir de 2 m, au cap Lévrard. Les lits d'été sont sablo-silteux, granoclassés et à petites rides de courant à la base; ils sont silteux au sommet de la séquence. Les lits d'été contiennent de la matière organique qui se présente sous



TABLEAU I  
Mesures de quelques unités laminées de la vallée du Saint-Laurent

Coupe	Alt. 1 (m)	Alt. 2 (m)	3	4	nb. couplets	épaisseur été	moyenne hiver	(mm) couplet	E/H
Leclercville	1-24	-2-24	?	3	32	24	14	38	1,8
				2	151	92	22	114	3,9
				1	111	12	8	20	1,5
Cap Charles aval	0-13	0-13	?	3	26	43	24	67	1,8
				2	56	125	27	152	4,7
Cap Charles amont	6-10	-1-26(?)	?	2	34	95	21	116	4,0
Saint-Pierre- les-Becquets (coupe 58C)	17-33	16,5-35	Post- Saint-Pierre	5	270	24,3	14,7	39,0	1,7
				4	70	14,4	11,8	26,2	1,2
				3	230	4,9	4,5	9,4	1,1
				2	100	2,2	1,9	4,1	1,2
				1	340	2,5	2,1	4,6	1,2
Vieilles-Forges	8-13	8-13	Post- Saint-Pierre	1	380	13,2	1,8	15	7,3
Sainte-Anne- de-la-Pérade	15-17,5	15-28	Post- Saint-Pierre	1	157	13	1,5	14,5	8,3
Cap Lévrard (coupe 60C)	8,5-11	8,5-12	Post-? Saint-Pierre	1	520	—	—	4,3	3*
Deschaillons (briqueterie)	3-10	3-20	Pré- Saint-Pierre	5	392	2,9	4,2	7,7	0,7
				4	617	2,2	1,5	3,7	1,5
				3	776	1,8	1,1	2,9	1,6
				2	217	2,8	1,0	3,8	2,8
				1	194	2,0	0,5	2,5	3,8
Cap Charles baie	5-12	4,5-13	?	4	411	5,2	4,7	9,9	1,1
				3	93	2,3	3,0	5,3	0,8
				2	182	2,8	1,3	3,9	2,0
				1	273	4,1	1,1	5,2	3,9
Bois-des- Hurons	0,5-9,5	0,5-11,5	?	3	396	8,7	3,7	11,8	2,2
				2	103	12,5	1,8	14,3	7,0
				1	340	7,4	1,3	8,7	5,6
Cap Lévrard (section 65A)	0-1,5	0-3,5	Pré- Saint-Pierre	1	600	—	—	2,2	1-3*
Saint-Pierre- les-Becquets (coupe 59)	1-1,5	1-1,5	Pré- La Pérade	1	65	3,3	2,8	6,1	1,2

1) Altitude de la séquence mesurée; 2) Altitude de l'unité; 3) Position stratigraphique; 4) Nombre de rythmozones; \*) Rapport E/H estimé.

forme de lamines discontinues à la base, au cap Lévrard, et de rares morceaux de bois, à la briqueterie. Les lits d'hiver sont argileux, massifs et deviennent silto-argileux vers le sommet de l'unité. Les cailloux de délestage sont fréquents dans les deux premiers mètres au-dessus du contact avec le Sable de Lotbinière. On observe rarement des galets de délestage au sommet de la séquence. Quelques analyses polliniques réalisées sur des échantillons prélevés à la briqueterie et au cap Lévrard montrent une diminution de la concentration pollinique vers le sommet de la séquence (tabl. II). Ces spectres évoquent une association caractéristique de la forêt boréale coniférienne dominée par *Betula* sp., *Picea mariana* et *Pinus divaricata*. La proportion de grains de pollen d'arbres thermophiles est faible (1 à 3 %).

#### PALÉOENVIRONNEMENT DU LAC DE DESCHAILLONS

La durée minimale de l'épisode glaciolacustre est estimée à partir des sept premiers mètres des varves non déformées à la briqueterie de Deschaillons où 2200 couplets ont été mesurés. D'après l'épaisseur et le nombre de varves de la rythmozone 5 (fig. 4), les dix mètres sus-jacents de varves déformées représenteraient 1600 couplets additionnels, ce qui donne un total de 3800 années de sédimentation. Hillaire-Marcel et Pagé (1981) avaient estimé la durée de l'épisode entre 4000 et 5000 années et Lamothe (1985) à 5000 années.

Les bioturbations observées en majorité dans les deux premiers mètres de l'unité indiquent une activité épibenthique au début de la période de sédimentation lacustre. Sur l'affleure-

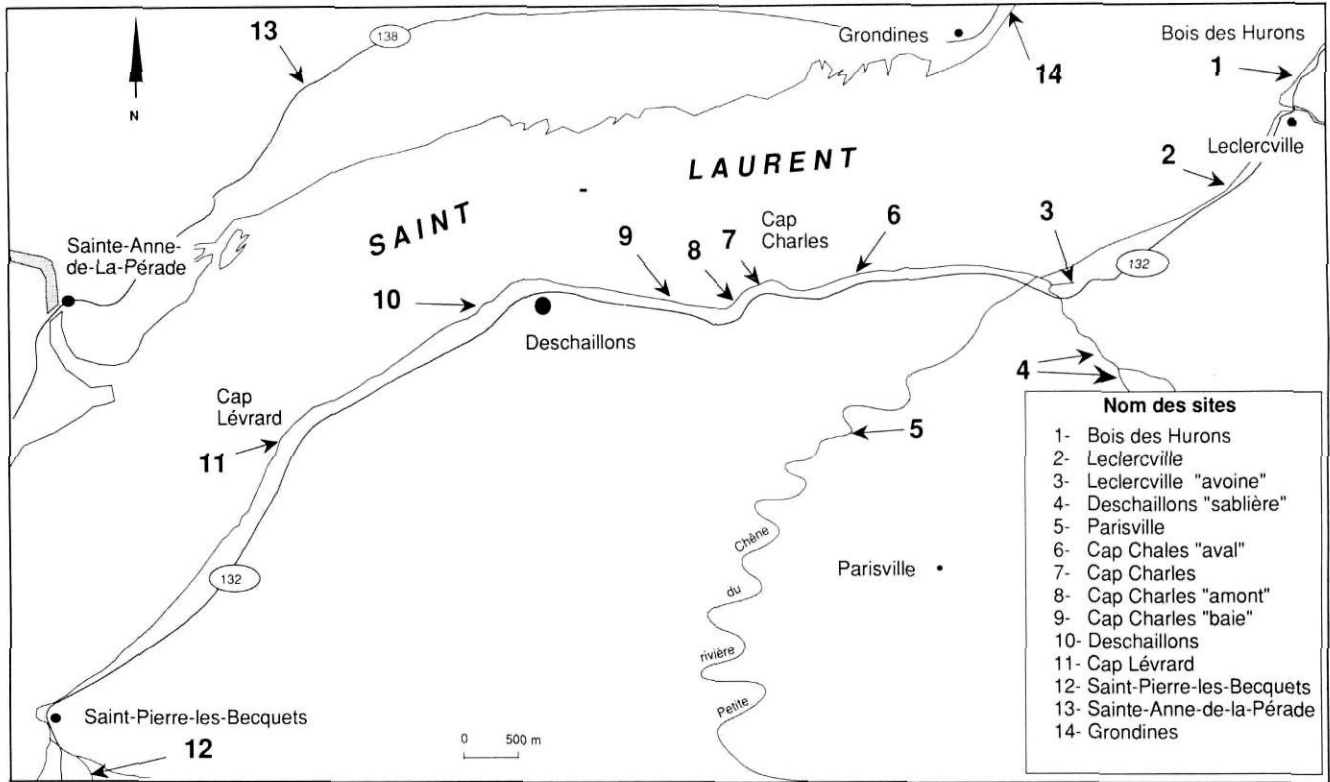


FIGURE 2. Localisation des sites.

Location of sections.

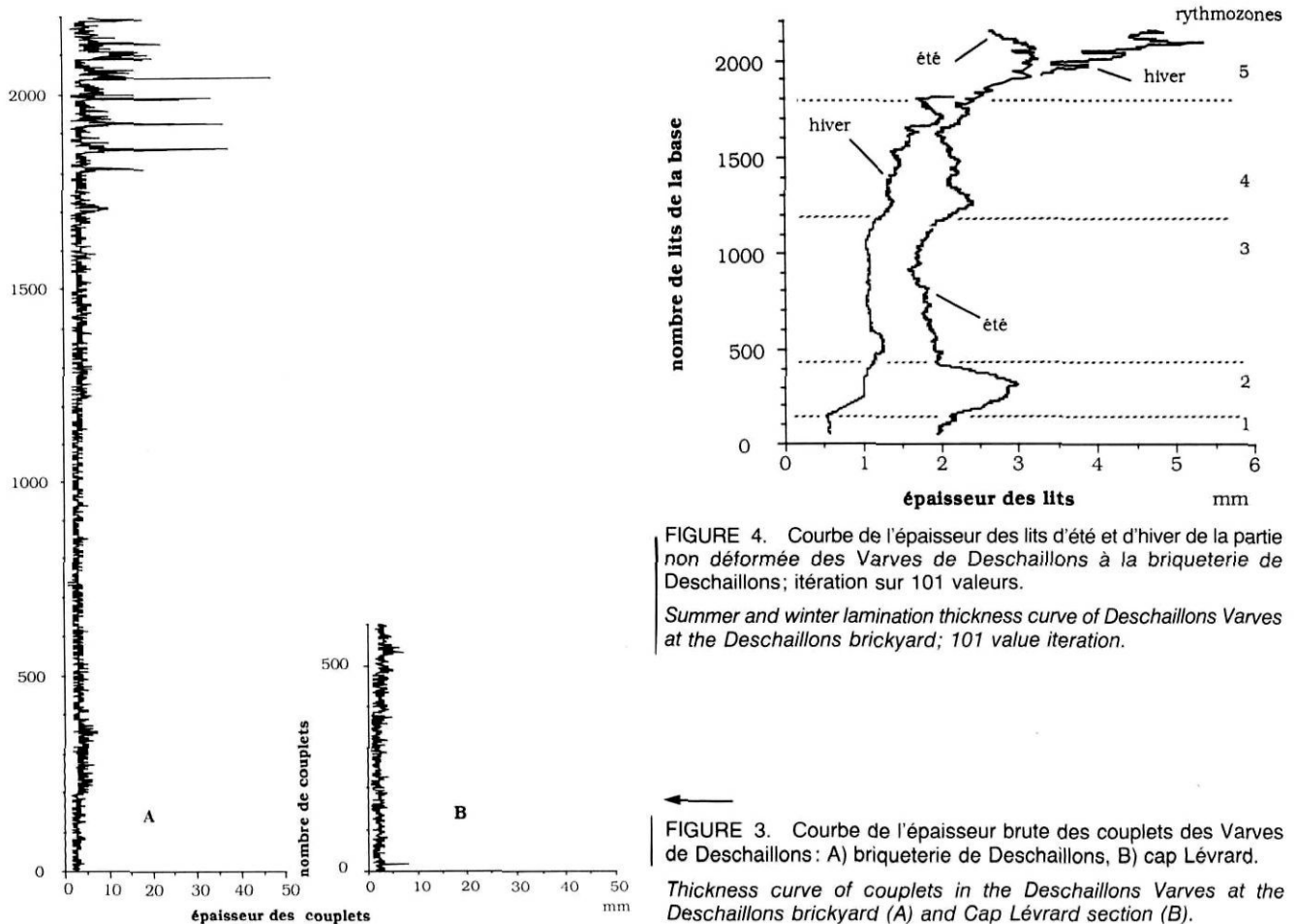


FIGURE 4. Courbe de l'épaisseur des lits d'été et d'hiver de la partie non déformée des Varves de Deschailions à la briqueterie de Deschailions; itération sur 101 valeurs.  
 Summer and winter lamination thickness curve of Deschailions Varves at the Deschailions brickyard; 101 value iteration.

FIGURE 3. Courbe de l'épaisseur brute des couplets des Varves de Deschailions: A) briqueterie de Deschailions, B) cap Lévrard.  
 Thickness curve of couplets in the Deschailions Varves at the Deschailions brickyard (A) and Cap Lévrard section (B).

TABLEAU II

Contenu pollinique\* de quelques échantillons des unités rythmées et varvées de la vallée du Saint-Laurent

Sites	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Principaux taxons	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Arbres										
<i>Abies balsamea</i>								0,6		0,2
<i>Abies</i> sp. (fragments)	0,2	0,5		0,2	0,5		0,2	0,3	0,3	0,5
<i>Pinus divaricata</i>	17,8	9,1	8,2	12,6	8,8	12,5	13,8	10,1	10,0	18,4
<i>Pinus</i> sp. (fragments)	5,4	5,7	3,1	5,0	1,8	9,4	1,4	4,1	2,6	2,6
<i>Picea mariana</i>	8,4	6,7	0,2	8,1	16,1	7,8	10,9	8,2	9,4	18,9
<i>Picea</i> sp. (fragments)	5,4	4,8	1,3	3,0	5,2	4,7	3,4	1,6	2,6	7,0
<i>Betula</i> sp.	11,5	12,9	21,0	18,7	21,8	20,3	12,3	16,4	17,4	12,6
Arbres thermophiles										
<i>Quercus</i> sp.	3,9	4,8	4,4	2,8	0,5		0,2	1,3	2,8	5,4
<i>Ulmus</i> sp.	0,6	0,5	0,4					0,6	0,3	0,2
<i>Fraxinus nigra</i>	0,9	0,2	0,2	0,2					0,3	0,7
<i>Carya ovata</i>	0,4	0,7	0,2							0,3
<i>Fagus</i> sp.	0,4	0,2								
<i>Tilia</i> sp.					0,2		0,7	0,3		0,2
<i>Populus tremuloides</i>					0,2					
<i>Tsuga</i> sp.							0,3			
Arbustes										
<i>Alnus crispa</i>	5,2	3,3	13,7	6,1	9,3	18,7	7,5	9,2	9,4	6,6
<i>Alnus rugosa</i>	7,1	10,7	12,4	13,4	4,1	6,2	8,5	9,5	13,1	7,9
Ericaceae	1,9	0,5	2,5	1,5	0,8		1,7	1,6	0,3	1,7
<i>Salix</i> sp.	0,2		0,4		0,5		1,2	0,6		
Herbes										
Cyperaceae	12,1	12,2	14,7	10,8	14,8	4,7	22,5	10,7	13,7	6,8
Gramineae	9,1	13,1	9,7	10,1	6,2	3,1	7,0	15,2	8,8	3,3
Tubulifloreae	1,7	3,6	2,1	1,0	1,8		2,2	3,5	2,0	0,7
<i>Artemisia</i> sp.	1,9	2,1	0,8	1,0	2,6	1,6	3,6	0,6	2,3	1,4
Potamogeton sp.	0,2	0,2					0,2			
Hors total										
<i>Sphagnum</i> sp.	8,9	8,1	19,1	21,2	3,3		13,1	5,1	15,1	1,9
Spore monoete	3,0	4,4	2,5	5,8	8,3	1,6	4,6	4,4	1,9	
<i>Pediastrum boryanum</i> int.		0,2		0,2	0,5		0,2			
<i>Pediastrum boryanum</i> long.	0,6	0,7		0,2	0,2		0,2			0,3
Potamogeton sp.	0,2	0,2					0,2			
Résultat global										
Pollen arboréen	55,5	48,0	39,6	50,7	55,4	57,0	43,1	44,9	45,5	69,5
Pollen arbustif	16,5	16,5	30,7	22,2	16,6	25,0	20,1	21,5	25,1	17,0
Pollen herbacé	27,3	33,9	29,7	26,8	26,4	10,9	36,8	33,2	29,3	12,9
Indéterminé	0,6	1,7	0,0	0,2	1,5	6,2	0,0	0,3	0,0	0,0
Hors total	17,6	21,7	25,0	33,1	14,0	4,7	18,6	14,2	22,2	9,8
Somme pollinique (grains)	461	419	475	396	386	64	413	316	351	571
Concentration pollinique (10 <sup>3</sup> grains/cm <sup>3</sup> )	87,6	57,5	29,8	15,3	66,6	00,9	29,4	14,4	32,5	103

1) et 2) Rythmites de Leclercville, au cap Charles aval; 3) Rythmites de Leclercville, au cap Charles, 4) varves, au cap Charles baie; 5) et 6) Varves de Deschaillons, à la briqueterie de Deschaillons; 7) et 8) Varves de Deschaillons, au cap Lévrard (coupe 65A), 9) et 10) rythmites intermédiaires, au cap Lévrard (coupe 60C).

\* Analyse du Laboratoire de paléobiogéographie et de palynologie de l'Université de Montréal.

ment (en coupe), elles se présentent sous forme de légères ondulations épistatales moulées à la base du lit d'été (Hallam, 1975; Chamberlin, 1975). En plan, elles montrent un réseau horizontal de tirets sinueux en épirelief concave caractéristique des traces de mobilité d'organismes. L'activité épibenthique est un indicateur de la présence d'oxygène dans l'hypolimnion, associée au brassage du plan d'eau (Wetzel, 1983). Normalement, le fond des lacs est suffisamment oxygéné pour assurer la présence d'une faune benthique qui modifie par mélange la structure laminée des varves. Dans les lacs à anoxie permanente (méromictiques) et ceux dont l'hypolimnion est dépourvu d'oxygène durant deux périodes de l'année (dimictiques), l'activité des organismes est limitée et la préservation des varves est assurée (Ludlam, 1969; Anderson *et al.*, 1985). Dans le lac où se sont sédimentées les Varves de Deschaillons, l'activité épibenthique n'a pas été suffisamment grande pour détruire la structure des varves, malgré leur taille millimétrique.

Les Varves de Deschaillons représentent un long épisode glaciolacustre dans une vallée en inondation progressive et dans un contexte d'expansion glaciaire. La sédimentation saisonnière s'est effectuée dans un bassin de taille moyenne et de profondeur suffisante pour préserver la structure des sédiments de la turbulence et des perturbations zoogènes. La présence d'organismes épibenthiques et donc d'oxygène au début de l'épisode lacustre indique au moins un brassage de la colonne d'eau au début ou pendant la sédimentation des particules grossières (printemps et été). Compte tenu de la faible épaisseur (1 à 3 mm) des varves à la base de l'unité et de la petite taille des bioturbations, il est difficile d'évaluer avec précision la variation annuelle de l'activité épibenthique. Il est donc hasardeux d'établir le caractère de la stratification thermique et de dire si ce paléolac était de type monomictique ou polymictique. Nous estimons que dans la vallée du Saint-Laurent, ce paléolac était relativement étendu, à fond plat et d'une profondeur d'environ 50 m. Cette estimation tient compte de la puissance de l'unité, d'au moins 17 m, de la bonne préservation des structures laminées dans les varves et de l'enfoncement glacio-isostatique au cours de la phase d'englacement associée à ce paléolac.

La diminution progressive du rapport E/H, associée à un apport sédimentaire accru, indique un rapprochement de la source de sédiment. La variation de la concentration pollinique et de la nature des spectres polliniques montre une dégradation climatique de la base vers le sommet de l'unité; ces résultats corroborent ceux de Hillaire-Marcel et Pagé (1981).

### LES RYTHMITES POSTÉRIEURES AUX SÉDIMENTS DE SAINT-PIERRE: LES RYTHMITES DU SAINT-AURICE

#### CONTEXTE STRATIGRAPHIQUE

Des rythmites surmontent les Sédiments de Saint-Pierre à Saint-Pierre-les-Becquets (Gadd, 1971; Lamothe, 1985; Occhietti *et al.*, 1989), aux Vieilles-Forges (Occhietti, 1982) et à Sainte-Anne-de-la-Pérade (Ferland et Occhietti, 1990a). Aux Vieilles-Forges, les Sédiments de Saint-Pierre sont surmontés

par une séquence caractéristique: des rythmites sablo-silteuses décrites ci-dessous, des sables stratifiés sus-jacents (Sables des Vieilles-Forges) puis le Till de Gentilly. À Saint-Pierre-les-Becquets, les rythmites ont jusqu'à 17 m de puissance et sont coiffées par les argiles de la Mer de Champlain. Le contact à la base des rythmites est net sur chaque site. Ce contact est caractérisé par des sables et des silts interdigités et parfois par un léger pavage de galets. Aux Vieilles-Forges et à Saint-Pierre-les-Becquets, le contenu pollinique à la base de l'unité montre un assemblage de taxons témoignant d'un climat plus doux que celui des tourbes sous-jacentes des Sédiments de Saint-Pierre. Par exemple, aux Vieilles-Forges, le pourcentage de thermophiles, principalement de *Quercus*, *Tilia*, *Fagus*, *Ostrya*, *Carya* et *Tsuga* atteint plus de 7 % (Clet, 1988; Clet et Occhietti, 1988). Les analyses polliniques préliminaires montrent un pourcentage de grains de pollen d'arbres thermophiles qui diminue vers le sommet, tandis que *Picea* devient dominant sur *Pinus*. Ces résultats indiquent une dégradation climatique vers le sommet des séquences rythmées aux Vieilles-Forges et à Saint-Pierre-les-Becquets.

#### CARACTÈRES SÉDIMENTOLOGIQUES DE L'UNITÉ

À Saint-Pierre-les-Becquets, le comptage des rythmites donne des résultats équivalents à ceux obtenus par Lamothe (1985) (tabl. I). Le caractère annuel n'est pas démontré de façon absolue, mais l'ensemble des caractéristiques sédimentologiques (couplets, lits clairs et grossiers, lits foncés et fins, microsurface d'érosion à la base du lit clair) sont en faveur d'une sédimentation à deux saisons contrastées. L'épaisseur des couplets varie de quelques millimètres à la base de l'unité jusqu'à parfois 20 cm au sommet (fig. 5). Le rapport E/H est faible ( $E/H = 1$ ) et presque constant; il augmente légèrement au sommet de la séquence ( $E/H = 1,6$ ). L'augmentation de l'épaisseur des lits d'été et d'hiver est synchrone (fig. 6). Les lits d'été sont sableux près du contact inférieur et deviennent graduellement silteux et granoclassés avec parfois un granoclassement multiple (Banerjee, 1973) au sommet. Les lamines de sable fin au sommet et parfois à la base des lits d'été pourraient être attribuées à des pulsions de sous-écoulements pendant les périodes de brassage automnal et printanier de la colonne d'eau (Sturm, 1979). Ces deux lamines comprennent parfois des bioturbations, surtout au milieu et au sommet de la séquence. Les lits d'hiver sont argileux, massifs et peuvent atteindre une épaisseur de quelques centimètres au sommet de la séquence. Des lits convolutés ou plissés ou parfois massifs, observés au sommet de l'unité, indiquent des phases de glissements synsédimentaires vers la fin de la séquence lacustre.

Aux Vieilles-Forges et à Sainte-Anne-de-la-Pérade, les rythmites ont de nombreux attributs sédimentaires communs avec ceux des rythmites de Saint-Pierre-les-Becquets. Ainsi, l'épaisseur des couplets augmente vers le sommet de la séquence (10 à 20 mm). Le rapport E/H croît sensiblement vers le sommet de l'unité (tabl. I). Il est toutefois très élevé ( $E/H = 7$  à 8). L'épaisseur des lits d'été s'accroît légèrement vers le haut de la séquence. Les lits d'hiver sont argileux, massifs et minces; leur épaisseur varie autour de 2 mm (fig. 7). Les lits d'été sont sablo-silteux, à granoclassement unique ou multiple et comportent des rides de courant (fig. 8).



Les variations latérales de faciès sont communes dans les sédiments lacustres, ce qui est le cas dans les sites décrits ci-haut. Toutefois, la position lithostratigraphique, l'altitude, le nombre de couplets (compte tenu de la puissance des unités) et les caractères intrinsèques des séquences rythmées des Vieilles-Forges, de Sainte-Anne-de-la-Pérade et de Saint-Pierre-les-Becquets permettent d'attribuer ces dernières à une

même unité. Les rythmites de ces trois sites correspondent à la même phase limnique qui suit la phase d'érosion et de sédimentation des Sédiments de Saint-Pierre. Cet épisode lacustre est suivi d'une phase généralisée de sédimentation deltaïque et d'épandage sableux représentée par les Sables des Vieilles-Forges, aux Vieilles-Forges et à Sainte-Anne-de-la-Pérade.

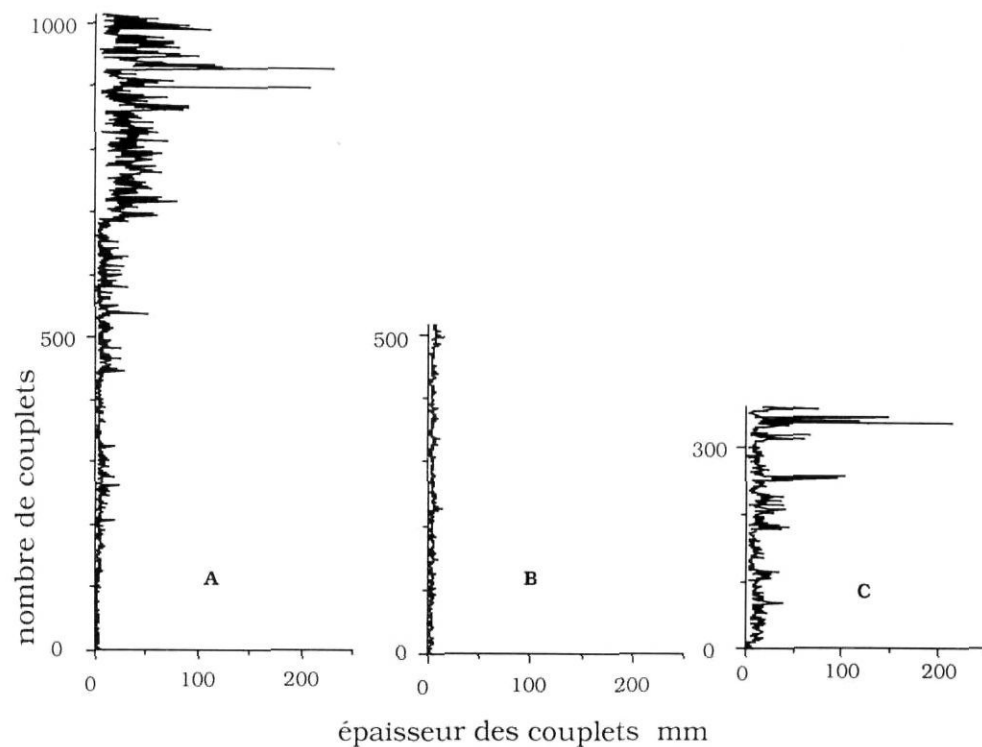


FIGURE 5. Courbe de l'épaisseur brute des couplets des Rythmites du Saint-Maurice: A) à Saint-Pierre-les-Becquets, B) au cap Lévrard et C) aux Vieilles-Forges. Au cap Lévrard la position stratigraphique des rythmites intermédiaires n'est pas démontrée de façon définitive.

*Thickness curve of couplets in the Saint-Maurice Rhythmites at A) Saint-Pierre-les-Becquets, B) Cap Lévrard and C) Vieilles-Forges. At Cap Lévrard the stratigraphic position of the intermediate rhythmites is equivocal.*

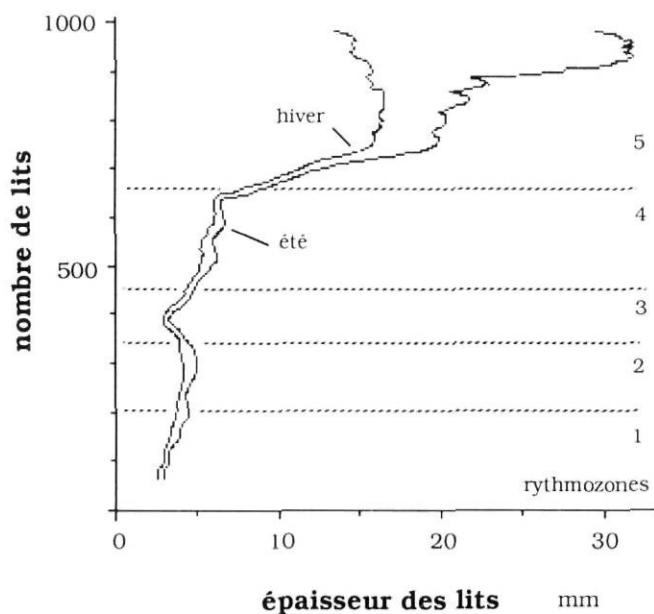


FIGURE 6. Courbe de l'épaisseur des lits d'été et d'hiver des Rythmites du Saint-Maurice à Saint-Pierre-les-Becquets; itération sur 101 valeurs.

*Summer and winter lamination thickness curve of Saint-Maurice Rhythmite at the Saint-Pierre-les-Becquets section; 101 value iteration.*

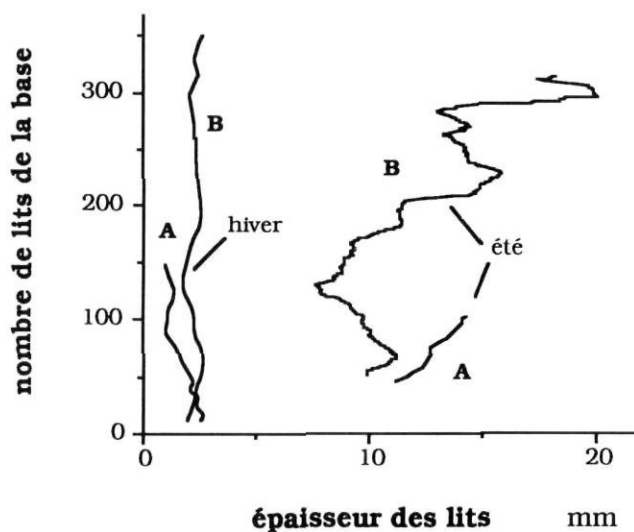


FIGURE 7. Courbe de l'épaisseur des lits d'été et d'hiver des Rythmites du Saint-Maurice de la coupe de: A) Sainte-Anne-de-la-Pérade et B) des Vieilles-Forges; itération sur 101 valeurs.

*Summer and winter lamination thickness curves of Saint-Maurice Rhythmite at A) Sainte-Anne-de-la-Pérade section and B) Vieilles-Forges section; 101 value iteration.*



FIGURE 8. Figures de courant dans les lits d'été des Rythmites du Saint-Maurice: A) aux Vieilles-Forges et B) à Sainte-Anne-de-la-Pérade.

*Ripple marks in summer laminations of Saint-Maurice Rhythmite at A) Vieilles-Forges and B) Sainte-Anne-de-la-Pérade sections.*

Ces dépôts précèdent un englacement régional représenté par le Till de Gentilly déposé pendant le Stade de Trois-Rivières.

#### COMPARAISON DE L'UNITÉ AVEC LES VARVES DE DESCHAILLONS ET PROPOSITION DU NOM DE RYTHMITES DU SAINT-MAURICE

Ces rythmites étaient auparavant corrélées aux Varves de Deschaillons (Gadd, 1971; Occhietti, 1982), telles que définies à la briqueterie de Deschaillons. Lamothe (1985, 1987) a démontré que cette corrélation n'était plus fondée: au cap Lévrard, les Varves de Deschaillons sont surmontées du Till de Lévrard sous-jacent aux Sédiments de Saint-Pierre. De plus, tel que décrit ci-dessus, les sédiments varvés de la briqueterie de Deschaillons présentent des caractères intrinsèques distincts de ceux des rythmites postérieures aux Sédiments de Saint-Pierre. Dans ce contexte, nous proposons de nommer cette dernière unité les Rythmites du Saint-Maurice, en raison de leur position sans équivoque au-dessus des Sédiments de Saint-Pierre en bordure de la rivière Saint-Maurice.

#### LE LAC DE LA VÉRENDRYE

Karrow (1957) avait attribué le nom de Lac de Deschaillons à l'événement lacustre représenté à la fois par les varves de la briqueterie de Deschaillons et les rythmites sus-jacentes aux Sédiments de Saint-Pierre observées aux Vieilles-Forges et à Saint-Pierre-les-Becquets. Or, ces dernières, maintenant corrélées avec les Rythmites du Saint-Maurice, représentent un épisode lacustre plus jeune que celui des Varves de Deschaillons. Dans le but de distinguer les deux événements, nous appellerons Lac de La Vérendrye, le lac dans lequel se sont déposées les Rythmites du Saint-Maurice. Ce nom est celui d'un village au nord ouest de Trois-Rivières et à proximité du Saint-Maurice. Ce village a été récemment annexé à la municipalité de Trois-Rivières. Le nom proposé est également celui de l'explorateur Pierre Gauthier De Varennes De La Vérendrye, né à Trois-Rivières, qui parcourut le centre du continent au début du XVIII<sup>e</sup> siècle.

#### PALÉOENVIRONNEMENT DU LAC DE LA VÉRENDRYE

##### Variations latérales de sédimentation

La texture et l'épaisseur des lits, le rapport E/H, les structures sédimentaires des rythmites et les variations latérales de faciès donnent des indices de l'éloignement de la source de sédiments et de la profondeur relative du bassin, au moment de la sédimentation. De cette façon, il est possible d'associer un type de faciès à une position à l'intérieur du bassin. Les rythmites des bordures du bassin sont de texture plus grossière, comportent des figures de courant fréquentes dans les lits d'été et ont un rapport E/H élevé. Elles représentent un environnement sédimentaire de type épandage de marge de bassin, régi par l'apport de matériel des tributaires, comme c'est le cas aux Vieilles-Forges et à Sainte-Anne-de-la-Pérade (fig. 8). Le matériel est abondant et la tranche d'eau est peu épaisse. Ainsi, la sédimentation saisonnière produit un lit d'été épais composé de silts et de sables fins à rides de courant. Durant l'interruption du débit (hiver), un mince lit d'argile est produit par la décantation des particules fines, moins abondantes qu'au centre du bassin (Smith, 1978; Smith *et al.*, 1982).

Au centre du bassin, les rythmites sont mieux développées et caractérisées par des lits d'été silteux parfois granoclassés. Ces lits d'été sont surmontés de lits argileux ou silto-argileux, épais, massifs qui témoignent de la disponibilité du matériel détritique de texture fine. C'est le cas des rythmites à Saint-Pierre-les-Becquets où le rapport E/H est faible et constant même lorsque l'apport sédimentaire augmente. Cela laisse supposer une stabilisation du bassin, c'est-à-dire que l'augmentation de l'épaisseur de la tranche d'eau et de l'apport de matériel détritique sont synchrones. Cette augmentation de l'épaisseur de la tranche d'eau impliquerait une inondation progressive de la vallée par subsidence et blocage en aval ou simplement par mauvais drainage du talweg de la vallée.

##### Séquence de sédimentation dans le Lac de La Vérendrye

Les Rythmites du Saint-Maurice représentent un épisode lacustre court qui succède à une phase fluviale associée aux Sédiments de Saint-Pierre. On aurait donc en séquence :

— une inondation progressive de la vallée, avec une sédimentation de rythmites minces sablo-argileuses qui indiquent la présence de courants, représentée par les rythmites à la base de l'unité à Saint-Pierre-les-Becquets;

— une inondation et une extension du bassin représentée par des rythmites épaisses et bien développées à Saint-Pierre-les-Becquets et des rythmites de marge de bassin aux Vieilles-Forges et à Sainte-Anne-de-la-Pérade;

— une baisse du niveau relatif du bassin, le passage d'une sédimentation rythmée à des dépôts d'eau peu profonde de type épandage et des accumulations deltaïques représentées par les Sables des Vieilles-Forges.

#### Bioturbations

En plan, les traces de mobilité en épireliefs concaves forment des réseaux de traits millimétriques sinueux et tortueux. Ces traits sont intermittents (tirets) à Saint-Pierre-les-Becquets et continus aux Vieilles-Forges (fig. 9). Les traces du type « traits continus » ont aussi été observées à Sainte-Anne-de-la-Pérade. Il est toutefois aventureux d'associer ces traces de mobilité à un comportement précis (brouillage, recherche de nourriture, repos, enfouissement ou fuite), à un type d'organisme ou à un paléochnofaciès particulier (Frey et Pemberton, 1984). Les traces sont plus abondantes au début et à la fin de la période de sédimentation du lit d'été. Ceci indique deux brassages (ou au moins un brassage durant la période d'apport sédimentaire) de la colonne d'eau qui rendent l'oxygène disponible pour les organismes benthiques. Ainsi le plan d'eau serait du type monomictique à polymictique. La rareté des traces au milieu du lit d'été est le résultat, soit d'un mauvais enregistrement (en raison de la turbulence à l'interface eau-sédiment), soit de la rareté des organismes (qui peuvent migrer vers l'épilimnion) en cette période.

#### Durée du Lac de La Vérendrye

La durée minimale de l'événement lacustre des Rythmites du Saint-Maurice est de l'ordre de mille ans. Elle a été estimée à partir du nombre de couplets mesurés à Saint-Pierre-les-Becquets, soit 1010 (tabl. I). Aux Vieilles-Forges (380 couplets sur 5 m) et à Sainte-Anne-de-la-Pérade (157 couplets sur 2,5 m), l'extrapolation du nombre de couplets sur une séquence de 15 m donne une estimation du même ordre.

#### Discussion sur la signification du contenu pollinique

La concentration pollinique des Rythmites du Saint-Maurice (50 000 à 90 000 grains/cm<sup>3</sup>; Clet, 1988) est forte. Le pourcentage de grains de pollen d'arbres thermophiles (7 %) est plus élevé que dans les Sédiments de Saint-Pierre sous-jacents (moins de 3 %), contrairement aux résultats de Terasmae (1958). Le nombre élevé de taxons présents est en faveur d'un apport local et régional du matériel pollinique. Ces caractères démontrent que le contenu pollinique est représentatif de la végétation contemporaine à l'épisode lacustre et que l'apport de grains de pollen par le remaniement d'unités antérieures est limité.

Le contenu pollinique indique la continuité climatique entre la fin de l'épisode fluviatile des Sédiments de Saint-Pierre et l'épisode lacustre. De plus, le début de l'événement lacustre

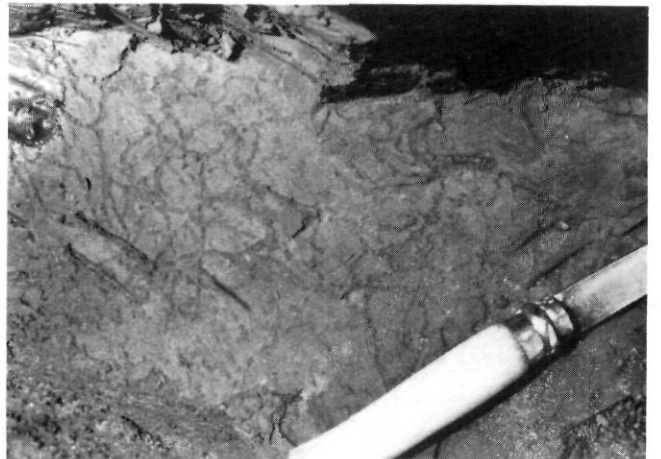


FIGURE 9. Traces de mobilité d'organismes épibenthiques (en plan) au sommet du lit d'été, au milieu de l'unité des Rythmites du Saint-Maurice à A) Saint-Pierre-les-Becquets et B) au sommet de l'unité des Rythmites du Saint-Maurice aux Vieilles-Forges.

*Benthic organism traces on top of summer lamination (horizontal plane) in Saint-Maurice Rhythmites at A) Saint-Pierre-les-Becquets section and B) at Vieilles-Forges section.*

est plus chaud que celui des Sédiments de Saint-Pierre et semble correspondre à la phase hypsithermique d'un interstade. Cet interstade serait représenté par une formation qui regrouperait les Sédiments de Saint-Pierre, les Rythmites du Saint-Maurice et les Sables des Vieilles-Forges. Toutefois, la nature du contact entre les Sédiments de Saint-Pierre et les Rythmites du Saint-Maurice ne fait pas encore l'unanimité. Ce contact est interprété comme une lacune d'érosion par Lamothe (1987) et comme une lacune intraformationnelle sommitale par Ferland et Occhietti (1990b) et les auteurs de ce texte. Il est donc prématuré de considérer les trois unités comme les membres d'une seule formation.

## LES RYTHMITES DE LECLERCVILLE

### CONTEXTE STRATIGRAPHIQUE

En bordure du fleuve, à l'extrémité sud du village de Leclercville (fig. 2), on observe des silts et des argiles rythmés sur une épaisseur de 25 m. Des sondages effectués à l'aide d'une tarière manuelle indiquent la présence d'au moins 1,7 m



de ces rythmites sous le niveau du fleuve. Par ailleurs, deux sondages sismiques du ministère des Transports du Québec (J. Vézina et J.-P. Leroux, rapport non publié, 1987) révèlent la présence de 12 à 15 m de sédiments meubles non identifiés, sous le niveau du fleuve. Les rythmites de Leclercville ont été observées par Karrow (1957) et Hillaire-Marcel et Pagé (1981) et étaient associées aux Varves de Deschailons. Elles sont exposées sur une distance de 8 km, sur la rive sud du fleuve, un peu en amont du cap Charles jusqu'à la rivière du Chêne, à Leclercville. L'unité directement sous-jacente aux rythmites n'est pas connue. Les unités sus-jacentes sont les suivantes :

- 1) Le complexe glaciaire du cap Charles, d'une puissance de 16 m, comprend trois lithozones diamictiques qui forme plusieurs lentilles hectométriques (Bernier et Occhietti, 1990).
- 2) Une unité appelée les turbidites de Parisville (Bernier et Occhietti, 1990) surmonte le complexe glaciaire du Cap Charles. L'unité, de 8 m d'épaisseur, est composée de plusieurs lits et lentilles de sables, de silts et de sédiments diamictiques interdigités. Cette unité est considérée comme un membre inférieur du Till de Gentilly.
- 3) Le Till de Gentilly affleure généralement en surface dans cette région. Il est surmonté de façon irrégulière par les sédiments de la Mer de Champlain et les alluvions postérieures.

Les Sédiments de Saint-Pierre, les Rythmites du Saint-Maurice et les Sables des Vieilles-Forges n'ont pas été observés dans la région de Leclercville. De ce fait, la position stratigraphique des rythmites de Leclercville est incertaine et cette unité laminée distincte ne peut avoir une appellation formelle.

#### CARACTÈRES SÉDIMENTOLOGIQUES

La série de rythmites observée à Leclercville est apparemment la plus complète du secteur. Elles sont silto-argileuses, d'épaisseur variable et témoignent d'une phase limnique. Aucune concrétion carbonatée, caillou de délestage, ou de débris datable n'ont été observés. Le caractère annuel des rythmites de Leclercville est démontré par la composition pollinique du lit silteux d'été dans lequel apparaissent successivement les maxima des principales espèces et par l'absence de grains de pollen dans le lit argileux d'hiver (Clet, 1989). Les lits d'été sont épais, gris, silteux, légèrement carbonatés. Ils comportent des microstructures (laminés blancs) parallèles ou obliques, des micro-figures de charge ainsi que de légères bioturbations (fig. 10). L'étude de lames minces montre qu'ils sont granoclassés. Ils contiennent de la matière organique disséminée et parfois laminée. Les microstructures (laminés) sont parallèles à la base du lit puis deviennent frustes avec des indications de courant faible. Une lamine de sable fin, oxydé, précède parfois le lit d'hiver. Le lit d'hiver est massif ou comporte parfois deux lames distinctes, principalement dans la rythmozone 2; la lamine de la base est argilo-silteuse et granoclassée, celle du sommet est argileuse, massive et plus épaisse. Une surface d'érosion irrégulière, légèrement ondulée, marque le passage du lit d'hiver au lit d'été subséquent. On a mesuré 294 rythmites entre 1 et 24 m d'altitude à la halte routière (route 132), au sud du village de Leclercville. L'épaisseur moyenne des rythmites est de 7,7 cm, soit 6 cm pour le lit silteux et 1,7 cm pour le lit argileux (tabl. I).

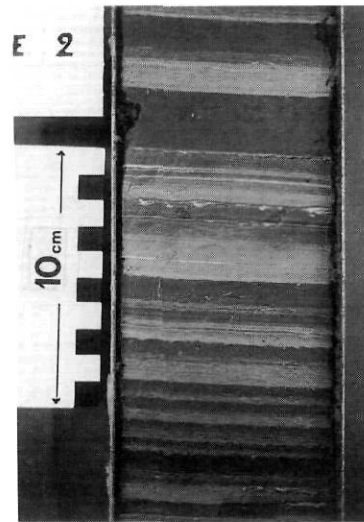


FIGURE 10. Échantillon prélevé à la base de la rythmozone 1 des rythmites de Leclercville.

*Leclercville rhythmites sample from the base of rythmozone 1.*

#### RYTHMOZONES ET CORRÉLATIONS LATÉRALES

La séquence à Leclercville est divisée en trois rythmozones distinctes (fig. 11). Parmi les affleurements rencontrés sur les berges du fleuve, deux coupes furent mesurées de part et d'autre du complexe glaciaire du Cap Charles. La juxtaposition des histogrammes de l'épaisseur des couplets de ces deux coupes à celui de la section de Leclercville montre une bonne corrélation des rythmozones. Cette corrélation est corroborée par la correspondance des rapports E/H (tabl. I). L'affinité entre la coupe du cap Charles amont avec la rythmozone 2 à Leclercville est claire. Cette coupe est cependant trop courte pour être corrélée à un niveau précis de la rythmozone 2.

#### PALÉOENVIRONNEMENT ASSOCIÉ AUX RYTHMITES DE LECLERCVILLE

##### Bioturbations

Des bioturbations sont observées en coupe transversale dans la rythmozone 3 de la coupe du cap Charles aval. Elles se présentent sous forme de légers surcreusements en hyporelief convexe au sommet du lit d'été (fig. 12, n° 2) et en épirelief concave à la base du lit d'été (fig. 12, n° 1). Les lits d'hiver sont dépourvus de traces de mobilité. Les traces s'enfoncent rarement de plus de quelques millimètres dans le lit. Les traces de mobilité ont été observées en coupe dans la rythmozone 2 et 3 de la coupe de Leclercville (fig. 13). Elles se localisent au sommet du lit d'été et au sommet de celui d'hiver. En plan, ces traces forment un réseau de tirets sinueux et tortueux. Elles montrent des similitudes avec celles observées dans les Rythmites du Saint-Maurice, à Saint-Pierres-Becquets.

##### Contenu pollinique

À Leclercville, l'analyse pollinique de l'unité rythmée évoque une association de forêt boréale coniférienne avec généralement *Pinus*, puis *Picea* comme genres dominants (Clet, 1989). Le diagramme pollinique présente trois zones qui correspondent aux trois rythmozones de l'unité. Il montre également une diminution vers le haut des grains de pollen d'arbres thermophiles (5,5 à 2,0 %), tels que *Quercus*, *Tilia*, *Carya*, *Tsuga*,



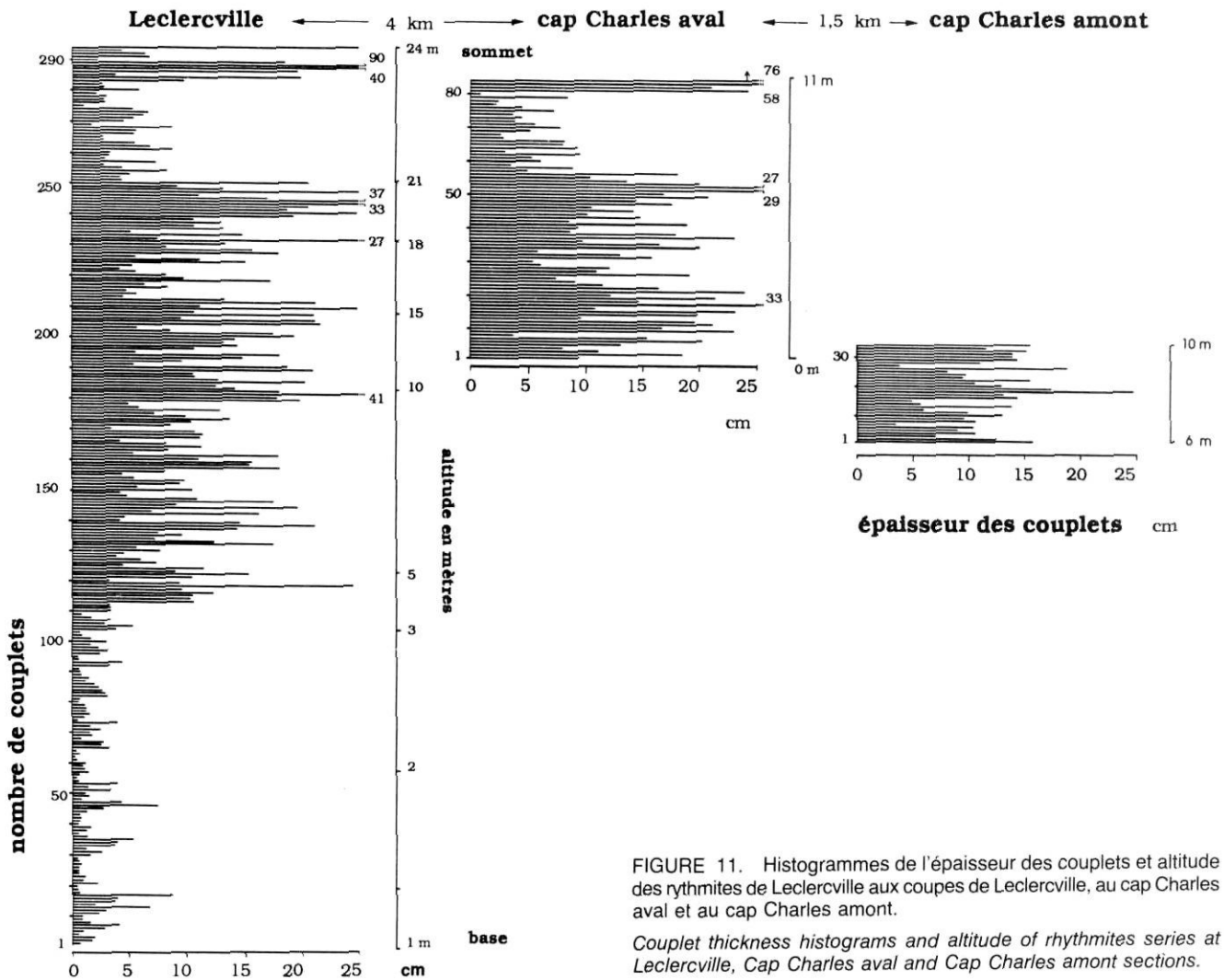


FIGURE 11. Histogrammes de l'épaisseur des couplets et altitude des rythmites de Leclercville aux coupes de Leclercville, au cap Charles aval et au cap Charles amont.

*Couplet thickness histograms and altitude of rhythmites series at Leclercville, Cap Charles aval and Cap Charles amont sections.*

*Acer*. Les espèces pionnières (*Alnus rugosa* et *Betula* sp.) sont dominantes à la base puis *Pinus* devient important avec *Picea*; ce dernier domine au sommet de la coupe. Le diagramme ne montre aucune tendance climatique. Au cap Charles, les rythmites ont été échantillonnées sous le premier diamicton I (Bernier et Occhietti, 1990). Le diagramme pollinique montre une dominance de *Alnus rugosa* et de *Betula* sp. Il y aurait concordance de la végétation entre cette série de rythmites et la rythmzone 1 du site de Leclercville. Deux échantillons de la coupe du cap Charles aval (2 et 5 m d'altitude) et un dans les rythmites déformées sous le premier diamicton au cap Charles ont été soumis à une analyse pollinique. Les concentrations (tabl. II) sont équivalentes à celles de la coupe de Leclercville et le pourcentage de grains de pollen d'arbres thermophiles est élevé. Il faut noter la présence de deux variétés de *Pediastrum boryanum*, une algue verte planctonique d'eau douce, et de celle de *Potamogeton* sp., une espèce de macrophyte d'eau calme. Il s'agit d'un milieu lacustre calme qui s'est développé sous un climat plus frais que l'actuel.

#### APPLICATION STRATIGRAPHIQUE

La distinction des trois unités par des critères intrinsèques (tabl. III) permet de réviser l'interprétation lithostratigraphique

de coupes naturelles déjà identifiées et de reconsidérer certaines unités laminées. Il faut souligner que l'approche de cet article a permis d'obtenir des résultats qui convergent avec ceux de Lamothe (1985, 1987) concernant les Varves de Deschaillons. La révision stratigraphique proposée ci-dessous n'est pas exhaustive. En fait, une révision systématique de la position stratigraphique de tous les sédiments laminés de la vallée du Saint-Laurent sera un préalable à l'étude de l'extension et de l'origine des paléolacs.

Jusqu'à présent, des sédiments laminés qui répondent de façon irréfutable aux critères intrinsèques des Varves de Deschaillons ont été observés seulement sur la rive sud du Saint-Laurent, du cap Lévrard à la marina de Deschaillons (fig. 2). La nature et la position stratigraphique de tous les sédiments laminés exposés au nord du Saint-Laurent et antérieurement appelés Varves de Deschaillons (Occhietti, 1982) doivent être réinterprétées. Ainsi, conformément aux déductions de Lamothe (1985), les rythmites des Vieilles-Forges ne sont pas les Varves de Deschaillons mais, selon la nouvelle définition proposée dans cet article, les Rythmites du Saint-Maurice. Celles-ci affleurent sur les falaises qui bordent le Saint-Maurice, de l'amont des Vieilles-Forges jusqu'à Trois-Rivières. Elles affleurent également de façon irrégulière sur la

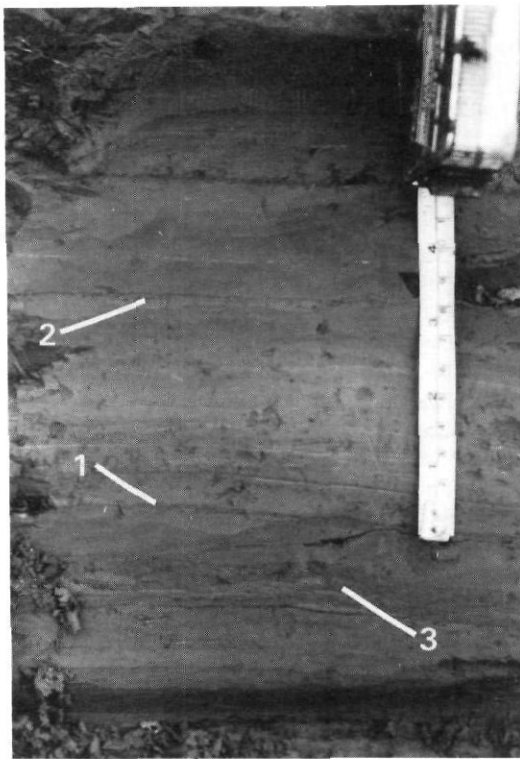


FIGURE 12. Bioturbations épistatales (1) et hypostatales (2), et rides de courant (3) dans le lit d'été sableux de la rythmozone 3 des rythmites de Leclercville au cap Charles aval.

*Bioturbations (1 and 2) and current ripples (3) in summer lamination of rhythmzone 3 in Leclercville rhythmmites at the Cap Charles aval section.*

FIGURE 13. Bioturbations hypostatales (en plan) dans la rythmozone 2 à Leclercville.

*Biogenic structures (horizontal plane) in the rhythmzone 2 at the Leclercville section.*

TABLEAU III

*Les caractères intrinsèques des Varves de Deschaillons, des Rythmites du Saint-Maurice et des rythmites de Leclercville*

	Caractères des sédiments	Caractères de l'unité	Attributs palynologiques et autres
<b>Varves de Deschaillons</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-l'aspect saisonnier de l'alternance du matériel de texture grossière et fine</li> <li>-l'origine détritique et allochtone du matériel</li> <li>-la discontinuité lithologique au sommet et à la base du lit d'hiver</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-la variation de la texture des lits d'été, de sableux à silteux vers le sommet</li> <li>-l'augmentation de l'épaisseur des couplets vers le sommet</li> <li>-la diminution du rapport E/H vers le sommet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-la diminution de la concentration pollinique vers le sommet</li> <li>-un pourcentage de grains de pollen d'arbres thermophiles faible (1 à 3 %)</li> <li>-de légères bioturbations sur les lits d'hiver</li> <li>-la présence de concrétions carbonatées parfois coalescentes, de 5 à 12 cm de longueur et de 1 à 2 cm d'épaisseur, vers le sommet</li> </ul>
<b>Rythmites du Saint-Maurice</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-la sédimentation saisonnière distincte</li> <li>-les structures de courant et le granoclassement des lits d'été</li> <li>-un léger contact érosif entre le lit d'hiver et le lit d'été subséquent</li> <li>-l'épaisseur des couplets de 2 à 4 cm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-l'augmentation de l'épaisseur des couplets vers le sommet</li> <li>-constance du rapport E/H vers le sommet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-un contenu pollinique riche</li> <li>-un pourcentage de grains de pollen d'arbres thermophiles élevé à la base (5 à 7 %) et diminuant vers le sommet</li> <li>-les bioturbations au sommet et à la base du lit d'été</li> <li>-l'absence de concrétion carbonatée</li> </ul>
<b>rythmites de Leclercville</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-la constance de la texture fine des lits (été-silts, hiver-argile)</li> <li>-les microstructures parallèles et obliques (lamines blanches) dans les lits d'été</li> <li>-le lit d'hiver massif ou constitué de deux lamines</li> <li>-les lits convolutés au sommet de la séquence</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-l'épaisseur des couplets (centimétrique à décimétrique)</li> <li>-les trois rythmozones distinctes</li> <li>-l'extension latérale des rythmites</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-les bioturbations dans les rythmozones 2 et 3</li> <li>-une concentration pollinique riche</li> <li>-un pourcentage de grains de pollen d'arbres thermophiles élevé, diminuant vers le sommet</li> <li>-l'absence de concrétion et de caillou de délestage</li> </ul>

moitié supérieure des talus du site de Sainte-Anne-de-la-Pérade (fig. 2). Dans le secteur de Grondines, les rythmites appelées varves de Deschaillons par Karrow (1957) rassemblent en fait deux unités, les Rythmites du Saint-Maurice et des varves de déglaciation plus anciennes, distinctes des Varves de Deschaillons (unité B de Ferland et Occhiotti, 1990a). Les Rythmites du Saint-Maurice affleurent sur la rive

sud, notamment à Saint-Pierre-les-Becquets (*gray varves* de Lamothe, 1989). Comme elles affleurent très souvent à la même altitude que les Varves de Deschaillons plus anciennes, une révision méthodique des coupes naturelles s'impose.

Les rythmites de Leclercville, dont la position stratigraphique reste à définir de façon définitive, affleurent au pied du cap

Charles, peuvent être suivies à marée basse à la base des falaises jusqu'au site de Leclercville avoine (fig. 2). Elles affleurent le long de la falaise vive de Leclercville. Elles ont été identifiées sur la rive nord du fleuve, en aval de Grondines. Rappelons que Karrow (1957) les corrélait aux Varves de Deschaillons et qu'elles sont stratigraphiquement plus récentes. Plusieurs hypothèses de leur position stratigraphique sont à l'étude (fig. 14).

### LES PALÉOLACS DANS LA VALLÉE MOYENNE DU SAINT-LAURENT

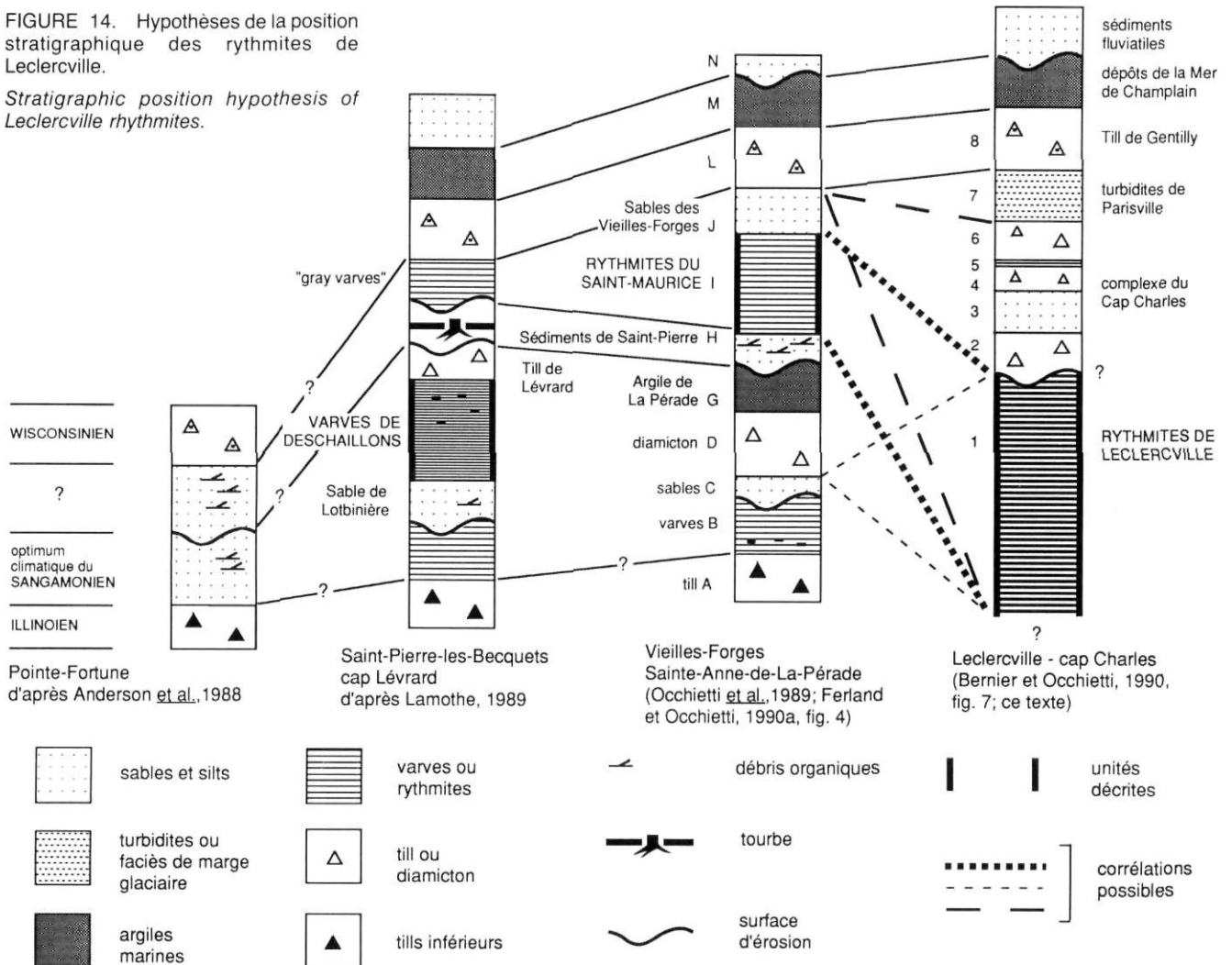
Les lacs du Pléistocène supérieur de la vallée du Saint-Laurent associés aux Varves de Deschaillons, aux Rythmites du Saint-Maurice et aux rythmites de Leclercville montrent des similitudes et des différences. Compte tenu de la nature et de l'extension des sédiments et de la puissance des unités, ces lacs étaient relativement étendus et à fond plat. Leur profondeur était suffisante pour minimiser l'effet de turbulence à l'interface eau-sédiment et préserver les structures laminées. Les organismes épibenthiques ont laissé des traces à différents niveaux dans les lits silteux des rythmites et des varves. Cependant, cette activité n'était pas suffisamment abondante

pour détruire les structures laminées des trois unités. Des traces d'organismes benthiques trouvées dans les sédiments de lacs proglaciaires ont été décrites par Ashley (1975) en Nouvelle-Angleterre, Gibbard et Dreimanis (1978) en Ontario, LaSalle *et al.* (1977) et Parent (1987) au Québec.

Les trois unités montrent une sédimentation distincte des silts (été) et des argiles (hiver) qui est le résultat d'un cycle sédimentaire influencé par les saisons. Ce type de sédimentation implique une stratification de la colonne d'eau, au moins pendant la période d'apport sédimentaire. Par opposition, des lacs peu profonds, de courte durée (quelques centaines d'années) ou qui subissent un brassage continu par le vent ne développeraient pas nécessairement de stratifications. Dans ce cas, les particules sédimenteraient selon la loi de Stoke, ce qui produirait un lit granoclassé (Benerjee, 1973; Mathews, 1956; Gilbert, 1975; Ostrem, 1975; Sturm, 1979). Les paléolacs de la vallée ne sont pas du type lac de contact glaciaire mais du type distal (Kuenen, 1951; Ashley, 1975; Sturm et Matter, 1978; Shaw et Archer, 1978) où la source de sédiments entre dans la colonne d'eau au niveau de l'épilimnion. La différence de densité entre la source d'eau et l'eau du bassin détermine la façon dont le mélange s'effectue entre les deux masses

FIGURE 14. Hypothèses de la position stratigraphique des rythmites de Leclercville.

*Stratigraphic position hypothesis of Leclercville rhythmites.*



d'eau. Plus grande est la différence de densité, moins il y a de mélange. La source d'eau chargée de sédiments a tendance à plonger au fond du bassin et à produire un courant de densité presque continu sur le fond du lac. Ce courant profond (*underflow*) engendre des figures sédimentaires particulières dans le lit silteux, tels que des lits entrecroisés planaires, des lits à granoclassements multiples, des rides de courant, des lits ondulés et des figures de charge. Lorsque la densité de la source d'eau est moindre que l'eau du fond du bassin (hypolimnion), la source se propage de manière dendritique au-dessus de la thermocline produisant un courant de surface (*overflow*) et des courants médians (*interflow*) qui occasionnent des lamines parallèles et parfois un granoclassement multiple dans les lits silteux. Toute variation, à la source, de la taille des particules ou de leur concentration est en quelque sorte amoindrie ou amortie lors du transport dans le lac (Drewry, 1986; Ashley, 1988). Les silts sédimentent en quelques semaines après la fin de la période d'apport sédimentaire tandis que les argiles en suspension sédimentent durant l'hiver (Sturm, 1979; Ludlam, 1979; Ashley, 1988). En position distale, ce processus est indépendant du nombre et du type de source de sédiments.

#### Caractéristiques des paléolacs étudiés

Les lacs de type glaciaire sont définis comme étant principalement alimentés par l'eau de fonte de glacier. D'après l'interprétation des caractères sédimentaires, les Varves de Deschaillons représentent un faciès glaciolacustre distal typique. Ces varves contiennent des cailloux de délestage qui indiquent la présence de glaces saisonnières (délestage glaciaire) ou de glaces flottantes issues d'un front glaciaire. L'augmentation de l'apport sédimentaire et la diminution du rapport E/H indiquent un rapprochement de la source de sédiment. Le lac évolue graduellement d'une position distale vers une position plus proximale en quelques milliers d'années. De plus, vers le sommet de l'unité, l'augmentation de la fréquence des lamines parallèles et des granoclassements multiples dans les lits silteux indique que les courants de densité de surface et médians affectent la sédimentation à l'intérieur de ce paléolac.

Le Lac de La Vérendrye est représenté par deux faciès sédimentaires, des rythmites distales et proximales. Au centre du bassin, les rythmites sont mieux développées. Les figures sédimentaires, la texture et la constance du rapport E/H indiquent que les courants de surface et médians sont prépondérants. L'augmentation verticale de l'épaisseur des rythmites et le rapport E/H constant ne peuvent être interprétés comme le résultat du rapprochement de la source de sédiments; ils indiquent une augmentation de l'apport détritique dans un bassin probablement stable. Vers le sommet, des petites rides de courant et des lits convolutés indiquent une période de sédimentation affectée par des courants de type profond ponctuels résultant de glissements synsédimentaires intrabassins. Sur la bordure du bassin, les caractères sédimentaires rendent compte de l'influence des tributaires sur la sédimentation estivale. La rareté du matériel de délestage appuie l'hypothèse de l'éloignement de la marge glaciaire. Le Lac de La Vérendrye est un lac à alimentation multiple. La contribution de l'apport sédimentaire n'est pas uniquement attribuable à l'eau de fonte glaciaire, pro-

bablement d'origine très distale, mais aussi aux tributaires qui drainent les bassins versants adjacents des Laurentides, des Appalaches et des Grands Lacs.

Les rythmites de Leclercville représentent une sédimentation de courte durée. La texture et les caractères sédimentaires indiquent un environnement lacustre calme de type distal. Les variations de l'apport sédimentaire et du rapport E/H sont interprétées comme un éloignement de la source de sédiment (de la rythmzone 1 à 2) puis comme un rapprochement (de la rythmzone 2 à 3). L'amplitude et le caractère soudain de ces variations s'explique difficilement par le déplacement d'une marge glaciaire même distale. Les indices de glace à proximité sont inexistantes. La multiplicité des sources sédimentaires et la variabilité de leur contribution à l'apport total pourrait expliquer en partie l'amplitude de ces variations.

## CONCLUSION

Cette étude montre qu'il est possible de distinguer les différentes unités laminées de la vallée du Saint-Laurent par des critères intrinsèques. Elle permet également d'amorcer la reconstitution des environnements lacustres et glaciolacustres anciens.

Les Varves de Deschaillons, antérieures aux Sédiments de Saint-Pierre, sont caractérisées par l'épaisseur millimétrique des lits, l'augmentation de l'épaisseur des couplets au sommet de la séquence et la diminution du rapport E/H. De plus, on note une diminution marquée de la concentration pollinique vers le sommet de l'unité et un contenu pollinique montrant un pourcentage de grains de pollen d'arbres thermophiles faible (1 à 3 %). Les bioturbations sont présentes seulement à la base de la séquence. Les varves renferment des concrétions carbonatées de forme discoïdale caractéristique. Les Varves de Deschaillons représentent un épisode glaciolacustre long (plus de 3800 ans) dans une vallée en inondation progressive par enfoncement glacio-isostatique et par blocage glaciaire en aval.

Les Rythmites du Saint-Maurice sont postérieures aux Sédiments de Saint-Pierre. Leurs caractères intrinsèques sont: l'épaisseur centimétrique des couplets et l'augmentation synchrone de l'épaisseur des lits d'été et d'hiver vers le sommet de l'unité (constance du rapport E/H). Ces rythmites présentent une sédimentation saisonnière, avec parfois des structures de courant et un granoclassement du lit d'été. L'unité montre un contenu pollinique riche, un pourcentage de grains de pollen d'arbres thermophiles moyen (5 à 7 %) diminuant vers le sommet de l'unité. On y observe en plan des traces de mobilité d'organismes épibenthiques. Ces rythmites sont dépourvues de concrétion carbonatée. Le lac dans lequel se sont sédimentées les Rythmites du Saint-Maurice est appelé Lac de La Vérendrye. Cet épisode lacustre a duré au moins 1000 ans. Les Rythmites du Saint-Maurice représentent une sédimentation lacustre de courte durée dans un plan d'eau profond, probablement de type monomictique à polymictique, à une ou deux phases de brassage.

Les rythmites de Leclercville sont en position stratigraphique incertaine. Les caractères intrinsèques de l'unité sont: l'épaisseur centimétrique à décimétrique des couplets, la présence



d'au moins trois rythmozones distinctes et la constance de la texture des lits saisonniers (été — silt, hiver — argile). Ces rythmites montrent des microstructures horizontales et obliques (lamines blanches) dans le lit d'été et sont dépourvues de concrétion carbonatée. Les bioturbations et les traces de mobilité sont fréquentes dans les rythmozones 2 et 3. Elles forment des réseaux visibles, surtout au sommet et à la base du lit silteux. La concentration pollinique est forte. Le pourcentage de grains de pollen d'arbres thermophiles diminue vers le sommet. Les Rythmites de Leclercville représentent un épisode lacustre très bref, d'au moins 300 ans. Le plan d'eau était calme et à stratification thermique lors de la période d'apport sédimentaire.

#### REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier les personnes qui ont contribué à la réalisation de cet article. Notre gratitude s'adresse particulièrement à Martine Clet et à Brigitte Van Vliet-Lanoë, chercheuses au Centre de géomorphologie du CNRS à Caen, en France; à Pierre J. H. Richard, directeur du Laboratoire de paléobiogéographie et de palynologie de l'Université de Montréal, pour ses précieux conseils; à Michel Parent, de la Commission géologique du Canada, pour ses commentaires sur le terrain, et enfin à Pierre Ferland et François Bernier, étudiants à la maîtrise en sciences de la Terre de l'Université du Québec à Montréal. Ce projet de recherche a été subventionné par le Conseil de recherche en sciences naturelles et génie du Canada (subvention no. A-7408) et le programme de formation de chercheurs et d'aide à la recherche du ministère de l'Éducation du Québec (équipe FCAR de C. Hillaire-Marcel).

#### RÉFÉRENCES

- Anderson, R. Y., Dean, W. E., Bradbury, J. P. et Love, D., 1985. Meromictic lakes and varved lake sediments in North-America. U.S. Geological Survey Bulletin, n° 1609, 16 p.
- Ashley, G. M., 1975. Rhythmic sedimentation in glacial lake Hitchcock, Massachusetts-Connecticut, p. 264-280. *In* A. V. Jopling and B. C. McDonald, édit., Glaciófluviol and glaciólacustrine sedimentation. Society of Economic Paleontologist and Mineralogist, Spec. Publ. n° 23.
- 1988. Classification of glaciólacustrine sediments, p. 243-260. *In* Goldthwait et Matsch, édit., Genetic classification of glacial deposits. Balkema, Rotterdam, 288 p.
- Banerjee, I., 1973. Sedimentology of Pleistocene glacial varves in Ontario, Canada. Geological Survey Canada Bulletin, Paper 226, 44 p.
- Bernier, F. et Occhietti, S., 1990. Le complexe glaciaire du Cap Charles, vallée moyenne du Saint-Laurent. Géographie physique et Quaternaire, 44: 173-180.
- Besré, F. et Occhietti, S., 1988. Les rythmites à laminations saisonnières de Leclercville, du Sangamonien s. l. (?) de la vallée du Saint-Laurent, Québec. Annales de l'ACFAS, résumé, 56: 111.
- Chamberlin, C. K., 1975. Recent lebensspuren in nonmarine aquatic environments, p. 431-458. *In* R. W. Frey, édit., The study of trace fossils. Springer-Verlag, New York.
- Clet, M., 1988. Palynologie de la fin de l'interglaciaire Sangamonien dans la vallée du Saint-Laurent, Québec. Annales de l'AQUA, 6<sup>e</sup> congrès, Rimouski, p. 24.
- 1989. Palynologie de rythmites du Pléistocène supérieur de la vallée moyenne du Saint-Laurent. Congrès de l'Association française pour l'étude du Quaternaire, Toulouse, résumé, p. 9.
- Clet, M. et Occhietti, S., 1988. Palynologie des sédiments attribués à l'intervalle non-glaciaire de Saint-Pierre (Québec, Canada). Étude préliminaire. Actes du 10<sup>e</sup> Symposium de l'Association des palynologues de langue française. Institut français de Pondichéry, Travaux de la section scientifique et technique, XXV: 185-196.
- Clet, M., Occhietti, S. et Richard, P. J. H., 1986. Stratigraphie et palynologie du Wisconsinien de la coupe de Donnacona, Québec. Annales de l'ACFAS, résumé, 59: 243.
- Daigneault, R.-A. et Prichonnet, G., 1988. Séquence varvaire du Lac Barlow et moraine de Laverlochère: Déglaciation tardive de la partie nord du lac Témiscamingue, Québec. Géographie physique et Quaternaire, 42: 107-120.
- Drewry, D. J. 1986. Glacial geologic processes. Edward Arnold, London, 276 p.
- Ferland, P. et Occhietti, S., 1990a. L'Argile de La Pérade: nouvelle unité marine antérieure au Wisconsinien supérieur, vallée du Saint-Laurent, Québec. Géographie physique et Quaternaire, 44: 159-172.
- 1990b. Révision du stratotype des Sédiments de Saint-Pierre et implications stratigraphiques, vallée du Saint-Laurent, Québec. Géographie physique et Quaternaire 44: 147-158.
- Frey, R. W. et Pemberton, S. G., 1984. Trace fossil facies, p. 189-211. *In* Roger G. Walker, édit., Facies models. Geoscience Canada, reprint series 1: 189-211.
- Gadd, N. R., 1955. Pleistocene geology of the Bécancour map-area. Québec. Thèse de Ph.D., University of Illinois, Urbana, 191 p.
- 1960. Surficial geology of the Bécancour Map area, Québec. Geological Survey of Canada, Paper 59-8, 33 p.
- 1971. Pleistocene geology of the central St. Lawrence Lowland with selected passages from an unpublished manuscript, The St. Lawrence Lowland, by J. W. Goldthwait. Geological Survey of Canada, Memoir 359, 153 p.
- Gibbard, P. L. et Dreimanis, A. 1978. Trace fossils from late Pleistocene glacial lake sediments in southwestern Ontario, Canada. Canadian Journal of Earth Sciences, 15: 1967-1976.
- Gilbert, R., 1975. Sedimentation in Lilloet Lake, British Columbia. Canadian Journal of Earth Sciences, 12: 1697-1711.
- De Geer, G., 1912. A geochronology of the last 12 000 years. 11th International Geological Congress, 1910, Stockholm, 1: 241-253.
- Hallam, A., 1975. Preservation of trace fossils, p. 55-63. *In* R. W. Frey, édit., The study of trace fossils. Springer-Verlag, New York.
- Hillaire-Marcel, C. et Pagé, P., 1981. Paléotempératures isotopiques du lac glaciaire de Deschaillons, p. 273-298. *In* W. C. Mahaney, édit., Quaternary paleoclimate. GeoBooks, Norwich.
- Hillaire-Marcel, C. et Causse, C., 1989. Chronologie Th/U des concrétions calcaire de Deschaillons (Wisconsinien inférieur). Journal canadien des Sciences de la Terre, 26: 215-225.
- Karrow, P. F., 1957. Pleistocene geology of the Grondines map-area, Quebec. Thèse de Ph.D., University of Illinois, Urbana, 97 p.
- Kuenen, P. H., 1951. Mechanics of varve formation and the action of turbidity currents. Geologiska Föreningens i Stockholm, 73: 328-346.
- Lamothe, M., 1985. Lithostratigraphy and geochronology of the Quaternary deposits of the Pierreville and St-Pierre-les-Becquets

- areas, Quebec. Thèse de Ph.D., University of Western Ontario, London, 227 p.
- 1987. Pleistocene stratigraphy in the St. Lawrence Lowland, p. 15-41. *In* M. Lamothe, édité., 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, 126 p.
- 1989. Stratigraphie du Pléistocène de la région de Saint-Pierres-Becquets, p. 23-34. *In* M. Lamothe, édité., Stratigraphie du Pléistocène du Québec méridional, Livret-guide d'excursion A 1, Réunion annuelle de l'Association géologique du Canada, 118 p.
- LaSalle, P., Martineau, G., et Chauvin, L., 1977. Morphologie, stratigraphie et déglaciation dans la région de Beauce — Monts Notre-Dame — Parc des Laurentides. Ministère des Richesses naturelles, Exploration géologique, Division du Quaternaire, DPV-516, 74 p.
- Ludlam, S. D., 1969. Fayetteville Greenlake, New York. III: the laminated sediments. *Limnology and Oceanography*, 14, p. 848-857.
- 1979. Rhythmite deposition in lakes of the Northeastern United States, p. 287-294. *In* C. Schlüchter, édité., Moraines and varves. Balkema, Rotterdam.
- Mathews, W. A., 1956. Physical limnology and sedimentation in glacial lake. *Geological Society American Bulletin*, 67: 537-552.
- Occhiotti, S., 1980. Le Quaternaire de la région de Trois-Rivières-Shawinigan, Québec. Contribution à la paléogéographie de la vallée moyenne du Saint-Laurent et corrélation stratigraphique. Univ. du Québec à Trois-Rivières, Paléo-Québec, n° 10, 218 p.
- 1982. Synthèse lithostratigraphique et paléoenvironnements du Quaternaire au Québec méridional. Hypothèse d'un centre d'englacement wisconsinien au Nouveau-Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 36: 15-49.
- Occhiotti, S., Clet, M. et Richard, P. J. H., 1987. Lithostratigraphie et biostratigraphie du Pléistocène de la vallée du Saint-Laurent, 12<sup>e</sup> Congrès International de l'INQUA, Ottawa, résumé, p. 243.
- Occhiotti, S., Clet, M., Bernier, F., Besré, F., Ferland, P. et Lancery, J. M., 1989. Contribution à la lithostratigraphie de la vallée du Saint-Laurent: Saint-Pierre-les-Becquets, Sainte-Anne-de-la-Pérade et Donnacona, p. 35-53. *In* M. Lamothe, édité., Stratigraphie du Pléistocène du Québec méridional, Livret-guide d'excursion A 1, Réunion annuelle de l'Association géologique du Canada, 118 p.
- Ostrem, G., 1975. Sediment transport in a glacial meltwater streams, p. 101-122. *In* A. V. Jopling et B. C. McDonald, édité., Glaciofluvial and glaciolacustrine sedimentation. Society of Economic Paleontologist and Mineralogist, Spec. Publ. n° 23.
- Parent, M., 1987. Late Pleistocene stratigraphy and events of the Asbestos — Valcourt region, Southeastern Quebec. Thèse de Ph.D., University of Western Ontario, London, 295 p.
- Parent, M. et Occhiotti, S., 1988. Late Wisconsinian deglaciation and Champlain Sea invasion in St. Lawrence Valley, Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 42: 215-246.
- Renberg, I., 1981. Improved methods for sampling, photographing and varve-counting of varved lake sediments. *Boreas*, 10: 255-258.
- Saarnisto, M., Huttunen, P. et Tolonen, K., 1977. Annual lamination of sediments in lake Lovojärvi, southern Finland, during the past 600 years. *Annal Botanica Fennici*, 14: 35-45.
- Shaw, J. et Archer, J., 1978. Winter turbidity current deposits in late Pleistocene glaciolacustrine varves, Okanagan Valley, B. C., Canada. *Boreas*, 7: 123-130.
- Simard, L., 1971. Relevé des caractéristiques des roches et dépôts meubles de la vallée du Saint-Laurent. Ministère des Travaux publics, Division du chenal maritime du Saint-Laurent, Montréal, vol. 1, 331 p.
- Smith, N. D., 1978. Sedimentation processes and patterns in a glacier-fed lake with low sediment input. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 15: 741-746.
- Smith, N. D., Venol, M. A. et Kennedy, S. K., 1982. Comparaison of sedimentation regimes in four glacier-fed lakes in western Alberta, p. 203-208. *In* R. Davidson-Arnott, W. Nickling and B. D. Fahey, édité., Research in glacial, glacio-fluvial and glacio-lacustrine systems. Proceedings 6th Guelph Symposium on Geomorphology 1980. GeoBooks, Norwich.
- Sturm, M., 1979. Origin and composition of clastic varves, p. 281-285. *In* C. Schlüchter, édité., Moraines and varves, Balkema, Rotterdam.
- Sturm, M. et Matter, A., 1978. Turbidities and varves in lake Brienz (Switzerland): deposition of clastic detritus by density currents, in modern and ancient lake sediments, p. 147-168. *In* A. Matter and M. E. Tucker, édité., International Association of Sedimentology. Spec. Publ. n° 2.
- Terasmae, J., 1958. Contributions to Canadian palynology. No. 1. *Geological Survey Canada Bulletin*, 46,5 p.
- Wetzel, R. G., 1983. *Limnology*. 2<sup>e</sup> éd., Saunders College Publishing, New York, 767 p.

## ANNEXE

## DÉFINITION LITHOSTRATIGRAPHIQUE DES RYTHMITES DU SAINT-MAURICE

Sédiments lacustres composés de rythmites saisonnières recouvrant les Sédiments de Saint-Pierre et recouverts par les Sables des Vieilles-Forges, dans la vallée moyenne du Saint-Laurent, Québec.

*Appellation et définition précédentes*: Karrow, P. F., 1957, Pleistocene of the Grondines map area, thèse non publ., Urbana, Illinois, 97 p. Gadd, N. R., 1971, Pleistocene geology of the central St. Lawrence Lowland, Geol. Surv. Can., Mem. 359, 153 p. Occhietti, S., 1982, Synthèse lithostratigraphique et paléoenvironnements du Quaternaire au Québec méridional. Hypothèse d'un centre d'englacement wisconsinien au Nouveau-Québec, Géog. phys. Quat., 36: 15-49. Lamothe, M., 1987 Pleistocene stratigraphy in the St. Lawrence Lowland. In Pleistocene stratigraphy in the St. Lawrence Lowland and Appalachians of southern Québec: a field guide. M. Lamothe édit., Univ. de Montréal., Collection Environnement et géologie, 4: 15-41.

*Appellation et définition*: Occhietti, S., Clet, M., Bernier, F., Besré, F., Ferland, P., et Lancery, J. M. 1989. Contribution à la lithostratigraphie de la vallée du Saint-Laurent: Saint-Pierre-les-Becquets, Sainte-Anne-de-la-Pérade et Donnacona. p. 35-53. In M. Lamothe, édit., Stratigraphie du Pléistocène du Québec méridional, livret-guide d'excursion A 1, Réunion annuelle de l'Ass. géol. du Canada, 118 p.

*Origine de l'élément géographique du nom*: L'unité affleure de façon continue sur les talus d'encaissement de la rivière Saint-Maurice, des Vieilles-Forges jusqu'aux limites de Trois-Rivières.

*Site type*: Rive droite de la rivière Saint-Maurice, en aval du site historique des Vieilles-Forges, village des Vieilles-Forges, comté de Saint-Maurice, Québec.

*Définition de l'unité lithostratigraphique*: Sédiments laminés sablo-argileux gris. Les lits grossiers des couplets sont plus épais et silto-sableux. Ils présentent des figures de courant, des stratifications obliques et parallèles, parfois un granoclassement multiple et comportent des bioturbations sous forme de traces de mobilité d'organismes benthiques dans certaines lamines planaires. Les lits fins sont argileux et massifs. L'épaisseur des couplets augmente vers le sommet de l'unité. Ces rythmites sont dépourvues de concrétion carbonatée. L'unité recouvre en concordance des sables fluviaux contenant du bois et des lits de tourbe attribués aux Sédiments de Saint-Pierre. Elle est surmontée par des sables d'épandage deltaïque associés aux Sables des Vieilles-Forges. Le contenu pollinique de la base de l'unité indique un climat plus doux que celui des Sédiments de Saint-Pierre sous-jacents. Le pourcentage de grains de pollen d'arbres thermophiles principalement *Quercus*, *Tilia*, *Fagus*, *Ostrya*, *Carya* et *Tsuga*, atteint 7 % et diminue vers le sommet. Graduellement *Picea* devient dominant sur

*Pinus*. L'assemblage évoque une forêt boréale coniférienne. Clet, M. et Occhietti, S., 1988. Palynologie des sédiments attribués à l'intervalle non glaciaire de Saint-Pierre, Québec, Canada. Étude préliminaire, Actes du 10<sup>e</sup> Symposium de l'Ass. des palynologues de langue française, Institut français de Pondichéry, Travaux de la section scientifique et technique, 25: 185-196. Le lac dans lequel se sont sédimentées les Rythmites du Saint-Maurice est appelé Lac de La Vérendrye, nom d'un village annexé à la ville de Trois-Rivières.

*Holostratotype*: Site: Rive droite de la rivière Saint-Maurice, à 400 m en aval du site historique des Vieilles-Forges, village des Vieilles-Forges, comté de Saint-Maurice, Québec, lat. 46°23'30" N, long. 72°39'20" W. 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, Univ. du Québec à Trois-Rivières, Paléo-Québec, vol. 10, 227 p.

	Épaisseur (m)
6) Sables deltaïques à stratifications entrecroisées, lits ondulés au sommet .....	15
5) Unité de la Mer de Champlain: lentille de silt gris; gravier et sable; silt stratifié avec quelques galets..	0,3
4) Till de Gentilly: till sableux gris, avec des éléments figurés du Précambrien et du Paléozoïque .....	4 à 6
3) Sables des Vieilles-Forges: sable fin à moyen, gris, compact, à structures en convolution, finement stratifié ou massif .....	17
2) Rythmites du Saint-Maurice: rythmites sablo-argileuses grises .....	5 à 6
1) Sédiments de Saint-Pierre: sable moyen fluvial à matière organique, lits de tourbe compacte .....	0,7

*Limites*: Base: Sommet des Sédiments de Saint-Pierre  
Sommet: Sables des Vieilles-Forges.

*Étendue des Rythmites du Saint-Maurice*: Entre Trois-Rivières et Grondines, sur la rive nord du fleuve, et à Saint-Pierre-les-Becquets, sur la rive sud, dans une zone de 15 km de large sur 40 km de long. Le sommet des rythmites à Saint-Pierre-les-Becquets, à 34 m, donne l'étendue minimale du Lac de La Vérendrye. L'unité s'étend très probablement jusque dans la région de Québec.

*Âge*: Supérieur à  $\geq 32\ 000$  BP (UQ-1617), d'après une datation au <sup>14</sup>C de débris végétaux à la base des Rythmites du Saint-Maurice, à Sainte-Anne-de-la-Pérade. Ferland, P. et Occhietti, S., 1990. L'Argile de La Pérade: nouvelle unité antérieure au Wisconsinien supérieur, vallée du Saint-Laurent, Québec. Géographie physique et Quaternaire, 44:159-172