

Article

« La sous-séquence des sédiments de Saint-Pierre — rythmites du Saint-Maurice — Sables des Vieilles-Forges, Pléistocène supérieur, vallée du Saint-Laurent, Québec »

Martine Clet et Serge Occhietti

Géographie physique et Quaternaire, vol. 50, n° 3, 1996, p. 287-310.

Pour citer cet article, utiliser l'information suivante :

URI: <http://id.erudit.org/iderudit/033101ar>

DOI: 10.7202/033101ar

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

LA SOUS-SÉQUENCE DES SÉDIMENTS DE SAINT-PIERRE - RYTHMITES DU SAINT-MAURICE - SABLES DES VIEILLES-FORGES, PLÉISTOCÈNE SUPÉRIEUR, VALLÉE DU SAINT-LAURENT, QUÉBEC

Martine CLET* et Serge OCCHIETTI, CNRS-UER-109, 24, rue des Tilleuls, F-14000 Caen, France et Laboratoire Jacques Rousseau, Département de géographie, Université de Montréal, C.P. 6128, succursale Centre-ville, Montréal, Québec H3C 3J7 ; Département de géographie et GÉOTOP, Université du Québec à Montréal, C.P. 8888, succursale Centre-ville, Montréal, Québec H3C 3P8.

RÉSUMÉ Le Quaternaire de la vallée et de l'estuaire moyen du Saint-Laurent est caractérisé par des séquences sédimentaires emboîtées. La séquence supérieure est la mieux représentée. Elle comprend des dépôts non glaciaires inférieurs, associés notamment à l'Interstade des Becquets, le Till wisconsinien de Gentilly et les sédiments des mers de Champlain et de Goldthwait. La base de cette séquence est emboîtée dans l'Argile de La Pérade (Mer de Cartier, Sangamonien supérieur) dont le contenu pollinique témoigne de la recolonisation végétale des surfaces déglacées et d'un bref épisode de réchauffement avant l'implantation de la forêt boréale. Au-dessus de la surface d'emboîtement, les Sédiments fluviaux de Saint-Pierre ont un contenu pollinique qui indique le maintien d'une forêt boréale. Les Rythmites du Saint-Maurice, sus-jacentes, représentent au moins 1000 ans de sédimentation dans le Lac de La Vérendrye. Le contenu pollinique et les macrorestes de la zone inférieure de ces rythmites indiquent l'inondation, dans les basses terres, d'une sapinière associée à des essences thermophiles plus abondantes que dans les sédiments fluviaux antérieurs. La zone supérieure évoque le retour à une pessière avec diminution des espèces thermophiles. Au-dessus, les Sables des Vieilles-Forges comprennent trois lithozones : sable fin lacustre, sable deltaïque et dépôts proglaciaires. Leur contenu pollinique témoigne de la détérioration du climat : la forêt boréale à *Picea* évolue progressivement vers une toundra forestière. Les zones supérieures sont stériles. Cette palynostratigraphie permet d'établir des corrélations entre les différents sites répartis sur plus de 400 km dans la vallée du Saint-Laurent et de différencier des unités et des séquences qui semblaient similaires.

ABSTRACT *The upper Pleistocene sub-sequence of St. Pierre Sediments - St. Maurice Rhythmites - Vieilles-Forges Sands, St. Lawrence Valley, Québec.* The Quaternary of the valley and middle estuary of the St. Lawrence is characterized by sedimentary sequences inset into each other. The most common is the upper sequence, which is composed of the St. Pierre Sediments (Les Becquets Interstade), Saint-Maurice Rhythmites, Vieilles-Forges Sands, Gentilly Till (Wisconsinian) and sediments of the Champlain and Goldthwait seas. The bottom of this sequence is encased into La Perade Clay related to the late Sangamonian Cartier Sea invasion. The pollen content of this clay indicates that the deglaciated land was progressively recolonised by vegetation, and that a brief warming phase occurred before the establishment of a stable boreal forest. Above the erosional disconformity, the fluvial St. Pierre Sediments contain pollen which corresponds to a boreal forest and remains consistent throughout the various lithozones. Above the fluvial sediments, the Saint-Maurice Rhythmites were sedimented during more than 1000 years in the La Vérendrye Lake. The pollen content and plant debris of the lower zone show that a boreal forest was progressively flooded in the valley lowlands. In the upper zone, the pollen content shows both a decline in the percentage of thermophilous trees and in the arboreal/non arboreal ratio. The overlying Vieilles-Forges Sands extend throughout the central valley. They contain three lithozones : lacustrine fine sand, deltaic sand and proglacial sand and gravel. The pollen content of the lowest zone changes progressively to a tundra. The upper zones are apparently sterile. This palynostratigraphy enables the correlation of units and sequences from different sites distributed over more than 400 km along the valley and the differentiation of units which seem similar.

ZUSAMMENFASSUNG *Die Sub-Sequenz der Sedimente von Saint-Pierre - Rhythmite vom Saint-Maurice - Sand von Vieilles-Forges, spätes Pleistozän, Sankt-Lorenz-Tal.* Das Quaternär des Tals und der mittleren Gezeitenmündung des Sankt-Lorenz-Stroms zeichnet sich durch ineinandergeschichtete Sedimentsequenzen aus. Die obere Sequenz ist am besten vertreten. Sie umfaßt untere, nichtglaziale Ablagerungen, die vor allem mit dem Interstadium Les Becquets in Verbindung gebracht werden, das Wisconsinium Till von Gentilly und die Sedimente des Champlain- und Goldthwait-Meeres. Die Basis dieser Sequenz ist in La Pérade-Ton (spätes Sangamonium) eingebettet, dessen Pollen-Gehalt die Wiederbewachsung der enteisten Oberflächen und eine kurze Periode der Erwärmung bezeugt, bevor der Boreal-Wald sich ansiedelte. Über der Einbettungsfläche haben die fluvialen Sedimente von Saint-Pierre einen Pollen-Gehalt, der auf das Weiterbestehen eines Boreal-Waldes hinweist. Die darüberliegenden Rhythmite des Saint-Maurice repräsentieren mindestens 1000 Jahre der Sedimentierung im Lac de la Vérendrye. Der Pollengehalt und Makroreste der unteren Zone dieser Rhythmite weisen in den Niederungen auf die Überschwemmung eines Tannenwaldes, in dem es mehr thermophile Arten gab, als in den vorhergehenden fluvialen Sedimenten. Die obere Zone läßt an die Rückkehr zu einem Tannenwald denken, mit einer Abnahme der thermophilen Arten. Darüber umfaßt der Sand von Vieilles-Forges drei Lithozonen, deren Pollen-Gehalt die Verschlechterung des Klimas bezeugt: Der Boreal-Wald mit *Picea* entwickelt sich allmählich zu einer Waldtundra. Die oberen Zonen sind steril.

INTRODUCTION

L'intervalle des Sédiments de Saint-Pierre défini par Gadd (1953, 1960, 1971) et Terasmae (1958) dans la vallée centrale du Saint-Laurent a longtemps servi de repère stratigraphique lors des tentatives de corrélation de l'est du Canada et du nord-est des USA (Dreimanis et Karrow, 1972 ; Prest, 1977 ; McDonald et Shilts, 1971 ; Dreimanis, 1977 ; Fullerton, 1980 ; Fulton, 1984 ; Andrews et Miller, 1980 ; Karrow, 1989 ; Occhiotti, 1982, 1989). Ces corrélations étaient en fait focalisées sur les lits de tourbe des Sédiments de Saint-Pierre, lits repères d'âge au ^{14}C par la méthode d'enrichissement de $74\,700 \pm 2700$ BP (QL-198 ; Stuiver *et al.*, 1978). La valeur stratigraphique de ces lits repères n'est pas remise en question (Lamothe, 1989 ; Occhiotti, 1989, 1990). Toutefois, depuis une décennie, la stratigraphie d'ensemble des basses terres du Saint-Laurent a été profondément bouleversée, ce qui relativise l'importance des lits de tourbe des Sédiments de Saint-Pierre. De nouveaux affleurements de sables à débris végétaux ont été découverts à 400 km de distance entre Pointe-Fortune, à l'ouest de Montréal (Anderson *et al.*, 1990), et l'île aux Coudres, dans l'estuaire moyen du Saint-Laurent (Brodeur et Allard, 1985) (fig. 1). La position d'une séquence antérieure aux Sédiments de Saint-Pierre a été établie par Lamothe (1984, 1989). Elle inclut des sables à débris végétaux (Sable de Lotbinière), anciennement confondus avec les Sédiments de Saint-Pierre, les varves de la briqueterie de Deschaillons, anciennement amalgamées avec les rythmites postérieures aux Sédiments de Saint-Pierre et un till (le Till de Lévrard). Plusieurs nouvelles unités ont été découvertes : unité interglaciaire fluviale de Pointe-Fortune (Anderson *et al.*, 1990), unité interglaciaire deltaïque

de l'île aux Coudres (Occhiotti et Clet, 1989 ; Clet et Occhiotti, 1995 ; Occhiotti *et al.*, 1995), unité marine de la transition Illinoien-Sangamonien à l'île aux Coudres (Boesflug *et al.*, 1995 ; Occhiotti *et al.*, 1995), unité marine directement sous les Sédiments de Saint-Pierre à Sainte-Anne-de-la-Pérade (Ferland et Occhiotti, 1990a ; Occhiotti *et al.*, 1996), sables à coquilles marines d'âge au ^{14}C de $34\,510 \pm 380$ (TO-3990), près de l'embouchure du Saguenay (Dionne et Occhiotti, 1996).

À ces nouvelles unités s'ajoutent des nouveaux faciès glaciaires, par exemple les dépôts glaciaires illinoisien (ou plus anciens) du Till de Rigaud (Anderson *et al.*, 1990) et du Complexe glaciaire de Baie-Saint-Paul (Occhiotti *et al.*, 1995), les faciès à position incertaine du cap Charles (Bernier et Occhiotti, 1990) et de Sainte-Anne-de-la-Pérade (Bernier et Occhiotti, 1991). Enfin, de nouvelles datations précisent peu à peu le cadre chronologique des unités de la vallée du Saint-Laurent dans les limites méthodologiques : 71 ± 7 ka par la thermoluminescence des Sédiments de Saint-Pierre (Balescu et Lamothe, 1994), âge de 98 ± 9 ka par luminescence optique stimulée par infra-rouge et de l'ordre de 90-100 ka par les acides aminés de l'Argile de La Pérade sous-jacente aux Sédiments de Saint-Pierre (Occhiotti *et al.*, 1996) et âge de l'ordre de 80 ka des Varves de Deschaillons antérieures à l'Argile de la Pérade, par la méthode du déséquilibre U/Th (Hillaire-Marcel et Causse, 1989).

Toutes ces données ont conduit à proposer un modèle stratigraphique d'ensemble du Quaternaire de la vallée du Saint-Laurent. Les unités peuvent être regroupées en séquences sédimentaires à commande climatique (Occhiotti et Clet, 1989 ; Occhiotti, 1990). Chaque séquence majeure

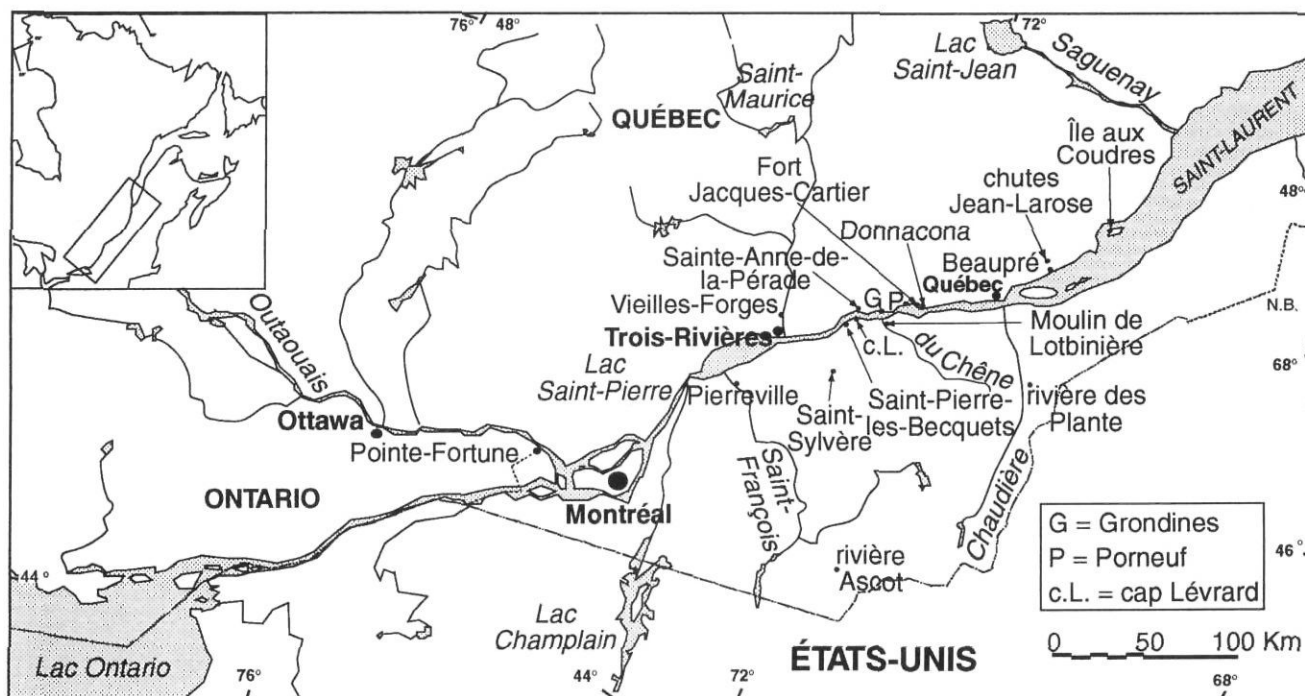


FIGURE 1. Carte de localisation des sites étudiés ou cités dans le texte

Location map of the studied sites or of the sites referred to in the text.

débuté par une surface d'érosion et est composée d'une succession d'unités fluviatile, lacustre ou glaciolacustre, proglaciaire, de marge glaciaire, glaciaire, de déglaciation, glaciolacustre, marine et lacustre. Chaque séquence est emboîtée dans les séquences sous-jacentes.

La séquence sédimentaire la mieux représentée dans la vallée de Saint-Laurent est la séquence supérieure (Occhietti, 1990) (fig. 2 ; tabl. I). Elle correspond au grand cycle climatique qui débute par l'événement associé aux Sédiments de Saint-Pierre (Stade des Becquets, Lamothe, 1989), se prolonge pendant le Wisconsinien classique (Till de Gentilly, Gadd, 1971 ; Stade de Trois-Rivières, Occhietti, 1982) jusqu'à la fin de l'invasion tardi-wisconsinienne d'origine glacioisostatique de la Mer de Champlain. Elle se termine pendant l'épisode du Lac à Lampsilis (Elson, 1969). Cette séquence a été tronquée par le réseau hydrographique holocène du fleuve Saint-Laurent.

Cette séquence a été étudiée de façon très hétérogène. Une centaine de publications et thèses ont porté sur la Mer de Champlain (voir par exemple, Gadd, 1955, 1971, 1988 ; Hillaire-Marcel, 1979 ; Parent et Occhietti, 1988). Le Till de Gentilly défini par Gadd (1971) comprend différents faciès (Occhietti, 1980) et reste très mal connu (voir Bernier et Occhietti, 1991). Directement sous ce till, trois unités non glaciaires formant une sous-séquence ont été formellement définies, de haut en bas : les Sables des Vieilles-Forges de faciès proglaciaire (Occhietti, 1982), les Rythmites du Saint-Maurice lacustres ou glaciolacustres (Besré et Occhietti, 1990), mises en corrélation avec les varves grises de Lamothe (1989), et les Sédiments de Saint-Pierre, décrits partiellement par Gadd (1971) et redéfinis en position lithostratigraphique complète par Ferland et Occhietti (1990b). Malgré leur épaisseur et leur extension, les Sables des Vieilles-Forges étaient confondus avec les Sédiments de Saint-Pierre dans les synthèses stratigraphiques (LaSalle, 1984) ou non intégrés aux cadres stratigraphiques (Lamothe *et al.*, 1992). Le travail pionnier de Terasmae (1958), concentré sur les lits supérieurs des Sédiments de Saint-Pierre, est resté le seul élément de référence pollinique pour les trois unités jusqu'à la première étude systématique de Clet et Occhietti (1988) sur les Sédiments de Saint-Pierre. Depuis cette dernière étude, la description à haute résolution des contenus sporopolliniques d'une partie ou de la totalité de la sous-séquence a été appliquée systématiquement dans quelques sites des basses terres du Saint-Laurent et a fait l'objet de quelques publications ponctuelles (Clet, 1987 ; Clet *et al.*, 1991 ; Héту *et al.*, 1995).

Cet article a pour objectifs :

1) de faire le point sur la lithostratigraphie de la sous-séquence des Sédiments de Saint-Pierre - Rythmites du Saint-Maurice - Sables des Vieilles-Forges (sous-séquence Saint-Pierre - Vieilles-Forges), ainsi que de l'Argile de la Péraide immédiatement sous-jacente, et de mettre l'accent sur les faciès latéraux et l'extension géographique des corps sédimentaires associés ;

2) de faire l'inventaire du contenu sporopollinique de la sous-séquence Saint-Pierre - Vieilles-Forges de plusieurs

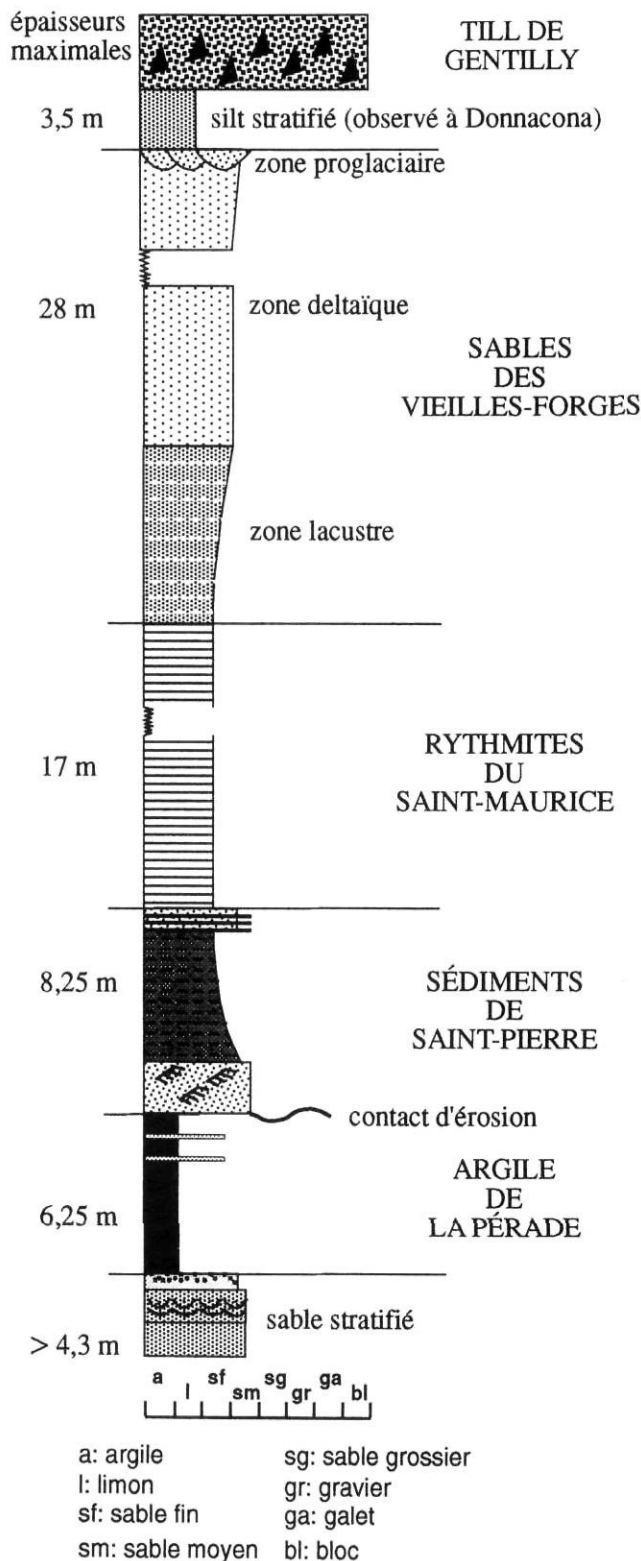


FIGURE 2. Coupe lithostratigraphique composite de la sous-séquence Saint-Pierre - Vieilles-Forges, entre l'Argile de La Péraide et le Till de Gentilly.

Composite lithostratigraphic section of the Saint-Pierre - Vieilles-Forges sub-sequence ; the sub-sequence is intercalated between La Péraide Clay and Gentilly Till.

TABLEAU I

Unités de la séquence supérieure pléistocène de la vallée du Saint-Laurent et synthèse des corrélations entre les zones polliniques et les zones lithostratigraphiques observées dans les différents sites de la sous-séquence Saint-Pierre - Vieilles-Forges

RIVE NORD DU SAINT-LAURENT

Stratigraphie	Les Vieilles Forges	Fort J.-Cartier	Donnacona	Beaupré	Île aux Coudres
<i>Silt stratifié</i>			TP-2		
<i>zone proglaciaire</i>			TP-1		
(<i>zone deltaïque</i>) Sables des Vieilles-Forges (<i>zone lacustre</i>)	SVF-2 SVF-rs1		SVF-2 SVF-1	SVF-2 SVF-rs1	
Rythmites du Saint-Maurice	RSM	RSM-3 RSM-2 RSM-1	RSM-3 RSM-2b RSM-2a RSM-1	RSM-4 RSM-3 RSM-2 RSM-1	
Sédiments de Saint-Pierre	D6	SP D6	SP D6		
	D5	SP D5			SP D5
	D4	SP D4			
	D3				
	D2 D1				
Argile de La Pérade					

RIVE SUD DU SAINT-LAURENT

Stratigraphie	Pierreville	Saint-Pierre les-Becquets			
		Coupe du fleuve	Base de la tourbe	Niveaux tourbeux	Rythmites supérieures
<i>Silt Stratifié</i>					
<i>Zone proglaciaire</i>					
(<i>zone deltaïque</i>) Sables des Vieilles-Forges (<i>zone lacustre</i>)	SVF-1 RSM-3				RSM-4b RSM-4a
Rythmites du Saint-Maurice	RSM-2 RSM-1			RSM	RSM-3 RSM-2 RSM-1
Sédiments de Saint-Pierre	D6	SP D6-5		SP D6	SP D6
	D5		SP D5	SP D5	
	D4	SP D4-3	SP D4	SP D4	
	D3		SP D3		
	D2 D1	SP D1	SD D2 SP D1		
Argile de La Pérade		AP-4 AP-3 AP-2 AP-1			

sites différents des basses terres du Saint-Laurent et d'établir ainsi une colonne biostratigraphique de référence ;

3) de comparer la colonne biostratigraphique ainsi établie aux études publiées antérieurement, afin d'infirmier ou de consolider les corrélations régionales de la vallée du Saint-Laurent et des Appalaches méridionales du Québec ;

4) de reconstituer l'évolution de la couverture végétale dans les basses terres du Saint-Laurent et de tenter d'en extraire une évolution paléoclimatique et paléoenvironnementale.

MÉTHODOLOGIE

L'interprétation palynologique et paléoenvironnementale de la sous-séquence est établie à partir d'une dizaine de sites, répartis dans la vallée moyenne et le moyen estuaire du Saint-Laurent (fig. 1).

L'inventaire lithostratigraphique de la sous-séquence a été établi entre 1980 et 1994, en tenant compte des faciès, de la position stratigraphique relative et de l'altitude. En raison de l'homotaxie des unités de la vallée du Saint-Laurent, la convergence de ces trois facteurs et de la biostratigraphie a été retenue pour valider l'attribution des unités observées sur le terrain aux trois unités de références, conformément à la démarche élaborée par Occhietti (1990). De plus, dans la lignée de l'analyse séquentielle développée par Vail *et al.* (1987), mais adaptée au bassin du Saint-Laurent, la démarche stratigraphique appliquée à cette étude favorise l'inventaire de l'ensemble des faciès et dépasse le cadre de la lithostratigraphie formelle utilisé jusqu'à présent dans les études régionales et les corrélations inter-régionales. Dans cette démarche, l'outil biostratigraphique est considéré comme un élément indispensable.

Un des problèmes principaux de la reconstitution des paléovégétations à partir du contenu pollinique des sédiments pléistocènes concerne la détermination des sources du pollen et des spores. En effet, les milieux de dépôt du matériel sporopollinique fossile sont le plus souvent très différents des petits lacs et des tourbières holocènes qui ont servi de source d'études paléocécologiques de référence (Richard, 1993, 1995). Or, les données polliniques antérieures à la dernière déglaciation de la vallée du Saint-Laurent proviennent de sédiments fluviaux, lacustres, glaciolacustres et marins à sources polliniques multiples ou de tourbes peu épaisses. Faute de modèles sur le contenu pollinique de sédiments actuels de ces types, la relation entre le contenu pollinique et le couvert végétal contemporain aux sédiments anciens est moins fiable que dans le cas des séquences lacustres.

Dans cette étude, les analyses sporopolliniques ont été faites systématiquement sur la totalité des sédiments rencontrés dans des coupes naturelles ou sondages, y compris dans les unités supposées stériles. Les prélèvements ont été effectués selon une maille serrée (10 cm en général, parfois 5 cm). À l'interprétation classique des diagrammes polliniques établis, dessinés à l'aide des logiciels G3PAL (Goeury, 1988) et TILIA (Grimm, 1992) et déjà en partie publiés (Clet et Occhietti, 1988 ; Clet *et al.*, 1991), un certain nombre de paramètres facilitant l'étude statistique ont été ajoutés. Pour

chaque site, plusieurs taxons et groupements écologiques sont présentés pour mettre en évidence les différentes associations végétales :

- la courbe de *Pinus* (sans distinction d'espèces) ;
- la courbe de *Picea* : *P. mariana* et *P. glauca* (dans les diagrammes les plus anciens, les différentes espèces de *Picea* n'ont pas été différenciées) ;
- la courbe d'*Abies* ;
- la somme des arbres thermophiles de la forêt tempérée : *Tsuga*, *Pinus strobus*, *Quercus*, *Ulmus*, *Fagus*, *Fraxinus*, *Acer*, *Carpinus*, *Tilia*, *Carya*, *Juglans*, *Castanea*, *Nyssa*... ;
- la courbe de *Betula* ;
- le diagramme résumé comprenant la somme des arbres, la somme des arbustes et la somme des herbacées ;
- les courbes d'*Alnus* : *A. rugosa* et *A. crispa* ;
- la somme des autres arbustes (*Corylus*, *Viburnum*, *Salix*...) ;
- la courbe des Ericaceae ;
- les courbes des Poaceae, *Artemisia* et *Ambrosia* ;
- la somme des herbacées ;
- la somme des herbacées hygrophiles (Chenopodiaceae, *Epilobium*, *Thalictrum*, Cyperaceae...) ;
- les courbes des taxons qui ne sont pas compris dans le calcul des pourcentages (hors-total) mais qui permettent de visualiser l'influence de la végétation des rives et des bordures de plan d'eau par rapport au couvert arbustif : la somme des plantes aquatiques, la somme des Ptéridophytes et la courbe de *Sphagnum*.

Des paramètres tels que la concentration absolue et la diversité taxonomique de chaque spectre pollinique par rapport à l'ensemble du diagramme sont ajoutés. Leur lecture reste toutefois subordonnée à l'analyse des sédiments. La concentration est établie en nombre de grains par gramme de sédiment. Une concentration élevée est généralement associée à des sédiments fins non remaniés après leur dépôt. La diversité taxonomique absolue s'exprime par le nombre de taxons identifiés. Deux courbes sont présentées montrant les variations du nombre de taxons d'arbres et du nombre de taxons d'arbustes et d'herbacées. Ces données sont utilisées pour vérifier l'hypothèse suivante : un nombre élevé de taxons couplé à une forte concentration correspondrait à une source proximale du contenu pollinique, il n'y aurait alors que peu ou pas de transport de pollen de source lointaine ; au contraire, un nombre faible de taxons correspondant à une faible concentration indiquerait un assemblage de source distale par rapport au milieu de dépôt : le pollen a été transporté par le vent ou par l'eau.

ÉTAT DES CONNAISSANCES SUR L'ARGILE DE LA PÉRADE ET LA SOUS-SÉQUENCE SAINT-PIERRE - VIEILLES-FORGES

L'ARGILE DE LA PÉRADE

L'Argile de La Péraide (Ferland et Occhietti, 1990a) est une unité marine stratifiée fossilifère (spicules d'éponges marines),

de 3 à 6 m d'épaisseur, reposant sur des sables stratifiés (fig. 2). Le sommet de l'unité est tronqué par un contact d'érosion à la base des Sédiments de Saint-Pierre. Au site de Sainte-Anne-de-la-Pérade, des valves de mollusques du genre *Nucula* sont concentrées dans quelques lits supérieurs de l'unité. Une microfaune marine de foraminifères et d'ostracodes y indique un milieu estuarien (Occhietti *et al.*, 1996). L'âge au ^{14}C des coquilles est supérieur à 35 590 BP (Beta-28 404). L'âge aminochronologique est de l'ordre de 100 ± 20 ka. L'âge du sédiment calculé par luminescence optique stimulée par infra-rouge est de 98 ± 9 ka. L'Argile de la Pérade est plus épaisse au site de Saint-Pierre-les-Becquets où elle ne contient pas de fossiles carbonatés.

LE CONTACT D'ÉROSION À LA BASE DES SÉDIMENTS DE SAINT-PIERRE

Les Sédiments de Saint-Pierre sont emboîtés dans différentes unités pléistocènes (Ferland et Occhietti, 1990b). Le contact d'érosion basal tronque des rythmites au stratotype (coupe 53B), un till inférieur près des Vieilles-Forges (coupe de la Pointe à la Hache ; Occhietti, 1980), une unité marine (Argile de La Pérade) le long du Saint-Laurent à Saint-Pierre-les-Becquets (coupe 57) et aux sites de Sainte-Anne-de-la-Pérade (Ferland et Occhietti, 1990a). Il tronque les Varves de Pierreville sur les rives de la rivière Saint-François (Gadd, 1971), un faciès fluvioglaciaire à Donnacona (Clet *et al.*, 1991). À l'île aux Coudres, le contact d'érosion d'une unité sableuse mise en corrélation avec les Sédiments de Saint-Pierre coupe des varves (Brodeur et Allard, 1985 ; Clet et Occhietti, 1995). Le contact d'érosion à la base des Sédiments de Saint-Pierre montre qu'une phase d'érosion fluviatile précède la mise en place des Sédiments de Saint-Pierre. L'unité directement sous-jacente aux Sédiments de Saint-Pierre semble être l'Argile de la Pérade qui indique une invasion marine de faible ampleur (Ferland et Occhietti, 1990b ; Occhietti *et al.*, 1996).

LES SÉDIMENTS DE SAINT-PIERRE

Jusqu'à présent, les différents faciès des Sédiments de Saint-Pierre sont les mieux représentés au ravin du stratotype. Le levé de l'unité entière (Ferland et Occhietti, 1990b) a complété les travaux de Gadd (1955, 1971), de Terasmae (1958) et de Lamothe (1989). Les sédiments sont composés (Ferland et Occhietti, 1990b ; tabl. I) : d'une zone inférieure D1 de sable moyen à grossier apparemment azoïque ; d'une zone D2 de sable moyen à fin, contenant des spicules d'éponges marines ; de deux zones de silt (D3 et D4) à spicules d'éponges marines ; d'une zone D5 incluant de un à trois bancs de tourbe compactée ; d'une zone supérieure D6 silto-sableuse à matière végétale. Les zones D4 à D6 correspondent aux zones décrites par Gadd (1955) et Terasmae (1958).

Les Sédiments de Saint-Pierre et les affleurements qui leur sont associés sont observés de façon discontinue sur 400 km de long et 30 km de large dans l'axe actuel de la vallée du Saint-Laurent. Vers l'ouest, à la frontière Ontario-Québec, une zone à débris végétaux de la Formation de Pointe-Fortune leur est attribuée (Veillette et Nixon, 1984 ; Anderson *et al.*, 1990), corrélation qui reste à confirmer. Vers l'est, à l'île aux

Coudres, dans l'estuaire moyen du Saint-Laurent, une zone de lits de tourbe intercalée dans des sables fluviatiles a été décrite par Brodeur et Allard (1985).

Quelques nouveaux sites où affleurent les zones supérieures des Sédiments de Saint-Pierre, à lits de sable et de tourbe, ont été découverts dans le cadre de cette étude, notamment (fig. 1) au moulin de Lotbinière (âge au ^{14}C du bois des sédiments >37 980 BP, Beta-46 411, tabl. II), sur la rive gauche de la Grande rivière du Chêne, et à Fort-Jacques-Cartier près de Donnacona (âge au ^{14}C >29 000 BP, UQ-1682 ; tabl. II ; fig. 3). La position stratigraphique de ces lits de sable et de tourbe est semblable à celle des Sédiments de Saint-Pierre : sous le Till de Gentilly et directement sous des rythmites à la fois franchement distinctes des Varves de Deschaillons et semblables par de nombreux caractères communs avec les Rythmites du Saint-Maurice. Ces corrélations sont en conformité avec les critères établis dans Occhietti (1990).

LES RYTHMITES DU SAINT-MAURICE

Les Rythmites du Saint-Maurice ont été formellement décrites au site des Vieilles-Forges (Besré et Occhietti, 1990) où leur position stratigraphique est univoque. Il s'agit de rythmites annuelles, composées habituellement de deux lits saisonniers contrastés. Les lits d'été contiennent des structures de courant et montrent un granoclassement net. Sur affleurement rafraîchi, elles sont nettement distinctes, par plusieurs critères (Besré et Occhietti, 1990), des Varves de Deschaillons antérieures aux Sédiments de Saint-Pierre. Les Rythmites du Saint-Maurice contiennent fréquemment des débris végétaux dans les lits inférieurs. Elles sont apparemment dépourvues de concrétions. Le contact entre les sables du Saint-Pierre sous-jacents et les rythmites est parfois un contact d'érosion à Saint-Pierre-les-Becquets et à Sainte-Anne-de-la-Pérade (Lamothe, 1989 ; Ferland et Occhietti, 1990b). C'est parfois un contact à lits interstratifiés de sable et de silt (Ferland et Occhietti, 1990b).

Les Rythmites du Saint-Maurice représentent un corps sédimentaire étendu dans la vallée moyenne du Saint-Laurent. La majorité des affleurements anciennement regroupés sous le terme de « varves de Deschaillons » (dans le sens de Gadd, 1971, et avant la mise au point de Lamothe, 1989) peuvent leur être attribués (Besré et Occhietti, 1990 ; Occhietti, 1990). Elles affleurent le long des berges du Saint-Maurice, en aval des Vieilles-Forges. Elles ont été observées le long du Saint-Laurent, au moins de Saint-Pierre-les-Becquets jusqu'au cap Lévrard (varves grises de Lamothe, 1989 ; Clet et Occhietti, 1994), dans le secteur de Grondines (Karrow, 1957), près de Lotbinière (ce travail), à Portneuf (Ferland et Occhietti, 1990a), à Fort-Jacques-Cartier (fig. 3), à Donnacona (Clet *et al.*, 1991), à Beauport et Beaupré (coupes de Beaupré et des chutes Jean-Larose, LaSalle *et al.*, 1977). Des faciès latéraux plus sableux et riches en débris végétaux montrent l'extension de ce faciès dans les vallées au sud du Saint-Laurent, à Saint-Sylvestre (Hétu *et al.*, 1995), le long de la Grande rivière du Chêne (ce travail). Le faciès argilo-silteux stratifié observé au-dessus des Sédiments de Saint-Pierre, à Pierreville (Gadd, 1971 ; Lamothe, 1984), en fait partie.

TABLEAU II
 Âges au ^{14}C des Sédiments de Saint-Pierre et d'un échantillon des Rythmites du Saint-Maurice

Âge	Laboratoire	Localité	Matériel	Références
64 000 ± 2000	Gro-1766	St-Pierre-les-Becquets	Bois	cf. Dreimanis, 1977
65 300 ± 1400	GrN-1799	St-Pierre-les-Becquets	Bois	Muller, 1977 (Vogel)
> 44 470	Y-463	Donnacona		Deevey (Karrow, 1957)
> 35 000	UQ-678	Donnacona	Fragments de bois	Clet <i>et al.</i> , 1991
67 000 ± 1000	Gro-1711	Pierreville	Bois	cf. Dreimanis, 1977 (De Vries)
74 700 + 2700 - 2000	QL-198	Pierreville	Bois	Stuiver <i>et al.</i> , 1978
> 30 840	Y-255	Les Vieilles-Forges	Tourbe	cf. Gadd, 1971
≥ 30 300	UQ-572	Les Vieilles-Forges	Bois	ce texte
≥ 32 200	UQ-588	Les Vieilles-Forges	Bois	ce texte
38 600 ± 2000	UQ-388	Pointe St-Nicolas	Bois	Occhietti, 1982
> 42 000	GSC-3420	Pointe St-Nicolas	Fragment de bois	LaSalle, 1984
> 42 000	GSC-2939	Pointe-Fortune	matière organique et bois	Gadd <i>et al.</i> , 1981
> 39 000	GSC-1539	Beaupré	matière organique	LaSalle <i>et al.</i> , 1977
> 37 000	GSC-1473	Beauport	bois	LaSalle <i>et al.</i> , 1977
34 430 ± 1770	UL-11	Île aux Coudres	Bois	Brodeur et Allard, 1985
supérieur à la limite	UL-11-2			Brodeur, 1987
> 39 000	GSC-4552	Île aux Coudres	tourbe	Brodeur, 1987
≥ 29 000	UQ-1682	Fort Jacques-Cartier	bois	ce texte
≥ 39 970	Beta-46412	St-Sylvère	bois	Héту <i>et al.</i> , 1995
> 32 000	UQ-1617	Ste-Anne-de-la-Pérade	bois	Ferland et Occhietti, 1990a
> 28 000	UQ-1681	Ste-Anne-de-la-Pérade	bois (Rythmites du Saint-Maurice)	Ferland et Occhietti, 1990a
> 37 980	Beta-46411	Moulin de Lotbinière	bois	ce texte

Les Rythmites du Saint-Maurice montrent une variation latérale de faciès notable (Besré et Occhietti, 1990). Dans l'axe du Saint-Laurent, leur granulométrie est plus fine, les lits d'été sont silteux ou contiennent du sable fin. Dans les sites plus éloignés de l'axe du fleuve, plus proximaux par rapport aux sources sédimentaires, les lits d'été sont sableux et montrent des structures fines d'érosion. Le gradient granulométrique latéral est particulièrement visible à Beaupré, en aval de Québec (fig. 4), où des lits de sable sont intercalés entre les silts laminés aux chutes amont de la rivière Jean-Larose, tandis que l'on observe des varves franches à l'aval.

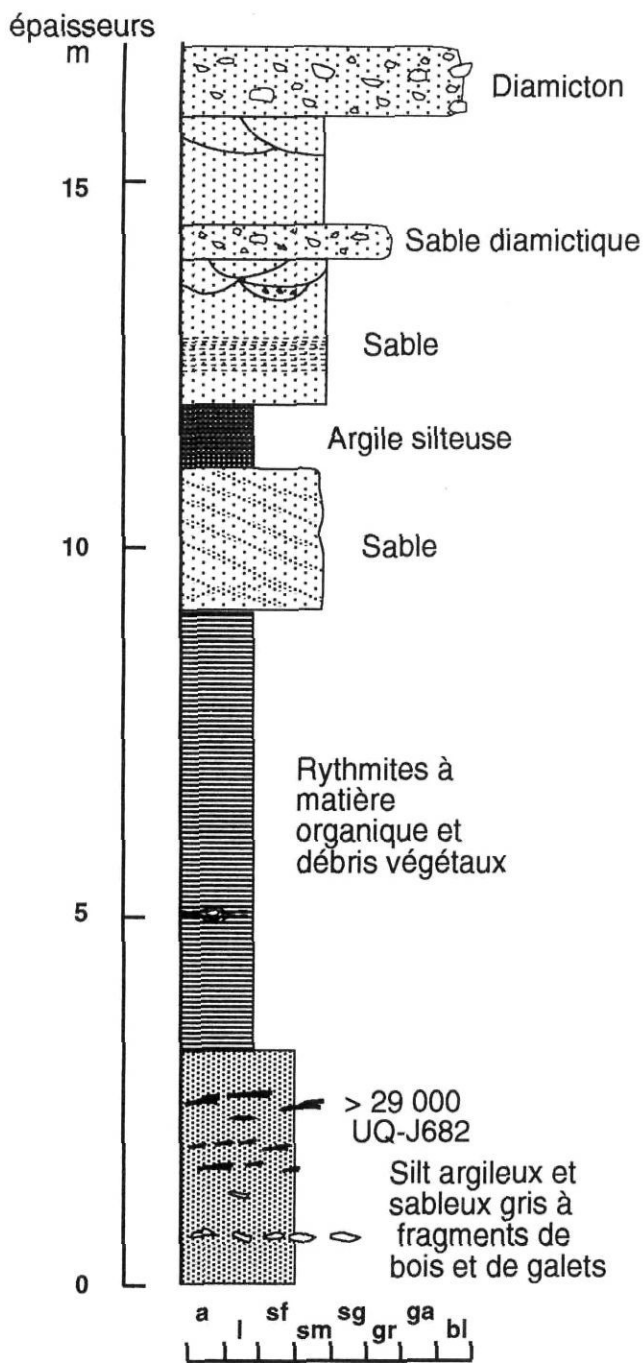
Les Rythmites du Saint-Maurice ont été sédimentées dans un lac, le Lac de La Vérendrye (Besré et Occhietti, 1990) dont le sommet du plan d'eau ne devait pas dépasser une altitude relative de 50 m par rapport au niveau actuel de la mer (Héту *et al.*, 1995), d'après le seuil rocheux de Glens Falls, dans l'État de New York.

LES SABLES DES VIEILLES-FORGES

Cette unité a été définie aux Vieilles-Forges (Occhietti, 1980 ; 1982) où sa position stratigraphique est univoque entre la suite sous-jacente des Sédiments de Saint-Pierre - Rythmites du Saint-Maurice et le Till de Gentilly sus-jacent. Il s'agit d'une unité composite. À la base, des sables stratifiés à lits de sable silteux reposent en position conforme au-dessus des rythmites ; cette zone a un caractère lacustre. Au-dessus, les sables ont un caractère plus deltaïque. Il s'agit d'un faciès d'épandage sableux, attribué auparavant à un épandage proglaciaire (Occhietti, 1980). En fait, il peut s'agir aussi d'un épandage deltaïque à la fin de l'épisode du Lac

de La Vérendrye. La zone supérieure contient des structures sédimentaires en chenaux, des lits de sable grossier et de gravier ; elle est attribuée à une phase proglaciaire. À l'exception de grains de pollen et de spores, les Sables des Vieilles-Forges sont apparemment stériles.

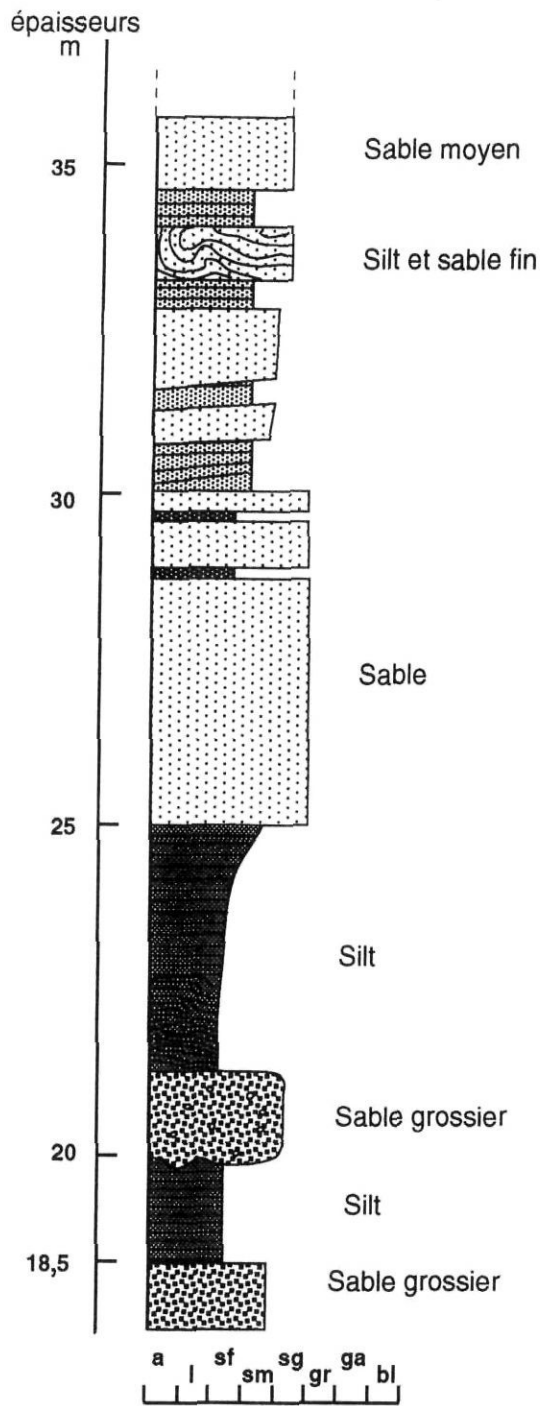
Les Sables des Vieilles-Forges représentent un corps sédimentaire majeur dans la vallée du Saint-Laurent. Ils coiffent les rythmites au-dessus des Sédiments de Saint-Pierre à Pierreville (Gadd, 1971 ; Lamothe, 1984). Ils succèdent aux Rythmites du Saint-Maurice à Sainte-Anne-de-la-Pérade (Ferland et Occhietti, 1990a), à Donnacona (Clet *et al.*, 1991), à Portneuf et Fort-Jacques-Cartier (ce travail), à Beauport et Beaupré (LaSalle *et al.*, 1977). À Saint-Sylvère, sur la rive droite de la rivière Bécancour, ils recouvrent un faciès latéral des rythmites, à l'emplacement de la marge sud du Lac de La Vérendrye (Héту *et al.*, 1995). Sur cette coupe, initialement appelée coupe d'Aston-Station, ces sables étaient auparavant attribués aux Sédiments de Saint-Pierre (Gadd, 1971 ; voir photo p. 155 in LaSalle, 1984). À l'île aux Coudres, le passage du sable attribué aux Sédiments de Saint-Pierre à des sables fluvioglaciaires est progressif (Brodeur et Allard, 1985). Dans la région de Québec, des sables sous-jacents au Till de Gentilly (ou l'équivalent) sont épais. Ainsi, à la pointe Saint-Nicolas, on observe 20 m de sable stratifié au-dessus de silts stratifiés à débris végétaux et sous une rudite fluvioglaciaire et le till supérieur (LaSalle *et al.*, 1977). Faute d'étude d'ensemble, l'origine exacte des Sables des Vieilles-Forges reste à établir. Le faciès lacustre semble peu épais. L'origine exacte de l'épandage de type deltaïque (type fluviatile ou type proglaciaire ?) reste à confirmer. Enfin, il est



a: argile sg: sable grossier
 l: limon gr: gravier
 sf: sable fin ga: galet
 sm: sable moyen bl: bloc

FIGURE 3. Lithologie de la partie inférieure de la coupe de Fort-Jacques-Cartier

Lithology of the lower part of the Fort-Jacques-Cartier section.



a: argile sg: sable grossier
 l: limon gr: gravier
 sf: sable fin ga: galet
 sm: sable moyen bl: bloc

FIGURE 4. Lithologie de la partie moyenne de la coupe des chutes de la rivière Jean-Larose, près de Beaupré.

Lithology of the middle part of the section of the falls of Rivière Jean-Larose near Beaupré.

probable que le faciès proglaciaire sommital varie substantiellement. Il semble beaucoup plus important dans la région de Québec au détriment des faciès sous-jacents.

FACIÈS TARDIFS ENTRE LA SOUS-SÉQUENCE ET LE TILL DE GENTILLY : LA ZONE SILTEUSE DE DONNACONA

À Donnacona, une zone composée de silt, de 3,5 m d'épaisseur, est intercalée entre les Sables des Vieilles-Forges et le Till de Gentilly (Clet *et al.*, 1991). L'origine de cette unité reste à définir. L'unité ne semble pas être une écaille de matériel entraînée par le glacier. Elle évoque une sédimentation dans un plan d'eau dont les caractéristiques ne sont pas connues. Elle pose le problème de la transition entre les faciès lacustres et l'arrivée du glacier dans la vallée du Saint-Laurent, au début du Wisconsinien classique.

En conclusion à cette description des unités, il semble que la sous-séquence Saint-Pierre - Vieilles-Forges soit continue, avec peut-être une lacune intraformationnelle au sommet des sables fluviatiles tardifs du Saint-Pierre. Du point de vue stratigraphique, la sous-séquence est emboîtée dans l'Argile de La Pérade et repose parfois sur le Till de Lévrard (Lamothe, 1989). Elle est recouverte généralement par le Till de Gentilly ou, localement, par des lits silteux sous le Till de Gentilly, notamment à Donnacona. Ces rares indices d'épisodes immédiatement pré-glaciaires indiquent que l'englaciation au début du Stade de Trois-Rivières est un épisode complexe. Ils semblent confirmer que le Lac de La Vérendrye n'était pas directement en contact avec les glaciers, du moins dans la vallée moyenne du Saint-Laurent. Les corrélations proposées dans cet article semblent bien établies. Toutefois, il n'est pas impossible que la stratigraphie des séquences pré-Gentilly

soit encore plus complexe. L'amalgame d'unités fluviatiles et lacustres d'âges différents ne peut pas être totalement exclu.

ANALYSE POLLINIQUE ET BIOSTRATIGRAPHIE

CONTENU POLLINIQUE DE L'ARGILE DE LA PÉRADE

L'Argile de La Pérade résulte d'une transgression marine antérieure à l'épisode des Sédiments de Saint-Pierre (Occhietti *et al.*, 1996). Sur le diagramme pollinique de la coupe de Saint-Pierre-les-Becquets (fig. 5), la palynozone inférieure à concentration pollinique très faible indique un apport lointain. Puis, peu à peu, les paysages sont colonisés par une végétation herbacée ouverte, réceptive à des apports aériens importants (forts pourcentages de *Pinus*). La phase suivante correspond à l'afforestation de la vallée avec développement des arbres pionniers tels que *Betula* bientôt remplacés par une pessière dans laquelle *Abies* est bien implanté. Les arbres thermophiles (surtout *Quercus*) sont abondants pendant une courte période avant la stabilisation de la forêt boréale. À Sainte-Anne-de-la-Pérade (fig. 6), l'argile marine plus condensée montre un diagramme comparable avec toutefois davantage d'herbacées hygrophiles.

CONTENU POLLINIQUE DES SÉDIMENTS DE SAINT-PIERRE

À la base, dans les sables grossiers de la zone D1 (Pierreville, fig. 7, et Saint-Pierre-les-Becquets, fig. 8), une forêt à *Picea* dominant, *Betula* et *Pinus* forme le paysage végétal ; *Alnus rugosa* puis les ptéridophytes colonisent les rives. Peu de taxons sont retrouvés et la concentration est faible (entre 1000 et 2500 grains par gramme), résultats confirmant un transport important des différentes particules.

SI-PIERRE-LES-BECQUETS, Coupe du Fleuve
Argile de La Pérade
(M.Clet, 1992)

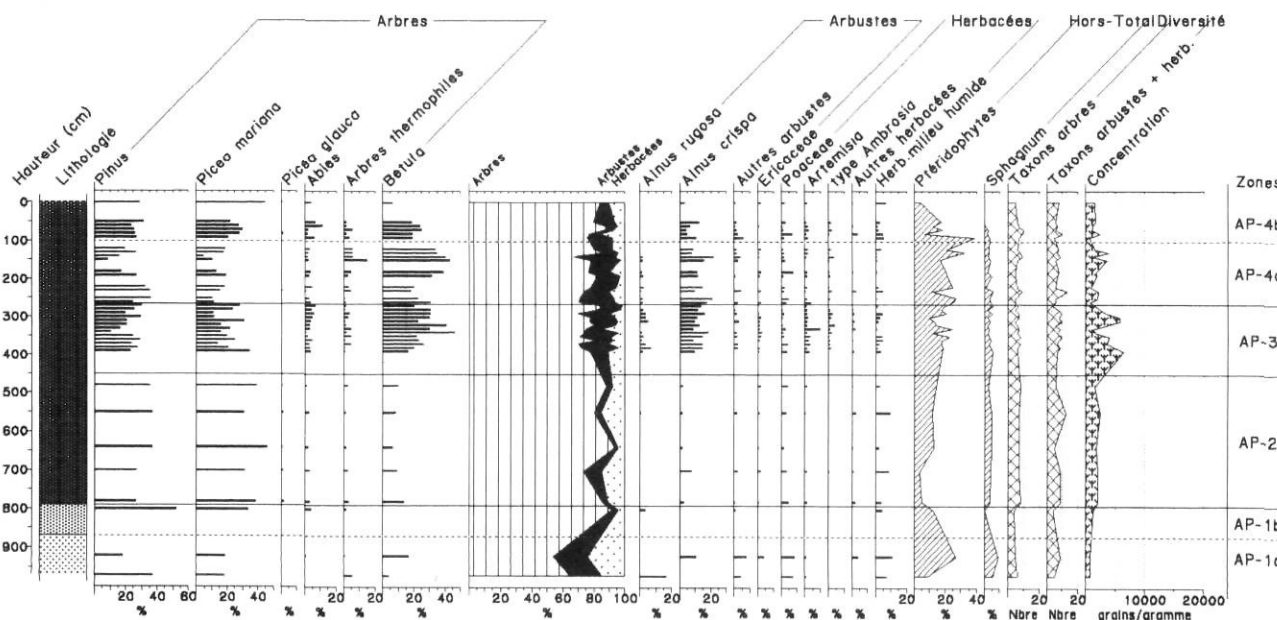


FIGURE 5. Diagramme palynologique de l'Argile de La Pérade au site de Saint-Pierre-les-Becquets. Pollen diagram of the La Pérade Clay at Saint-Pierre-les-Becquets.

SAINTE-ANNE-DE-LA-PERADE
Argile de La Pérade
(M.Clet, 1992)

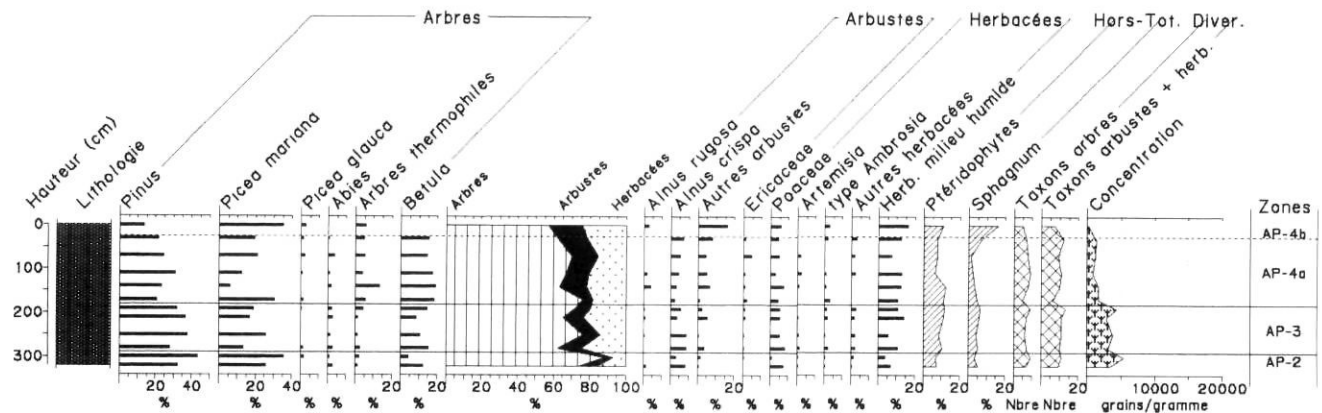


FIGURE 6. Diagramme palynologique de l'Argile de La Pérade au site de Sainte-Anne-de-la-Pérade. *Pollen diagram of the La Pérade Clay at Sainte-Anne-de-la-Pérade.*

PIERREVILLE
(M.Clet, 1986)

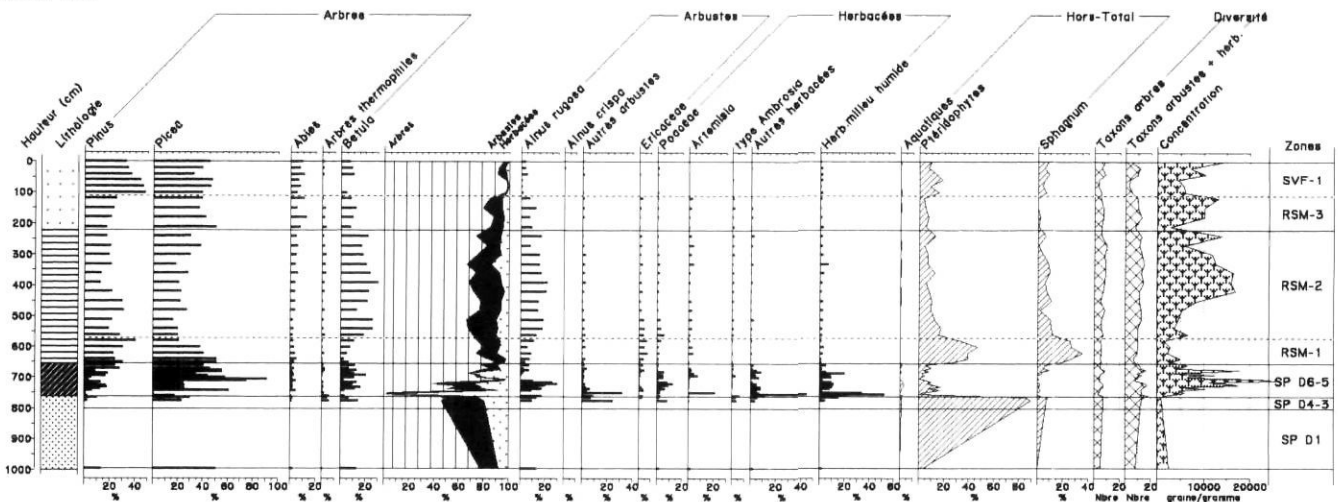


FIGURE 7. Diagramme palynologique de la sous-séquence Saint-Pierre - Vieilles-Forges, à Pierreville. *Pollen diagram of the Saint-Pierre - Vieilles-Forges sub-sequence at Pierreville.*

Au-dessus, dans la zone sablo-silteuse D2 (Saint-Pierre-les-Becquets, fig. 8), contenant de nombreux débris organiques, le milieu végétal est peu diversifié : *Picea* est dominant dans la forêt boréale et les rives sont recouvertes de fougères. Peu de taxons d'arbres ou d'herbacées ont été retrouvés malgré une concentration plus forte (5000 grains/g en moyenne et jusqu'à 20 000 grains/g).

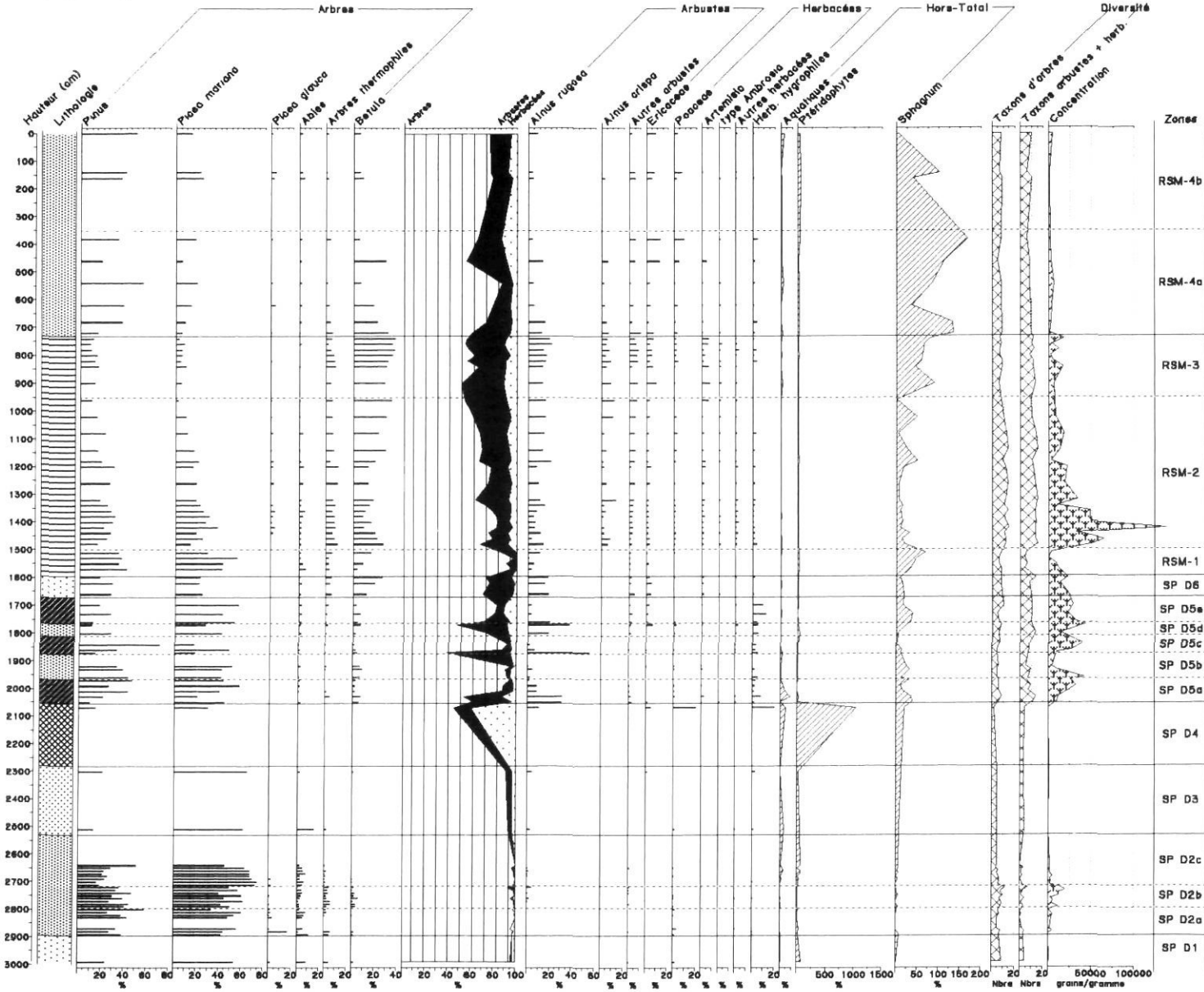
Dans la lithozone silteuse D3, il n'y a pas de débris organiques (Saint-Pierre-les-Becquets, fig. 8). Les rares spectres sont caractérisés par une abondance de fougères qui masque le reste de la végétation. Il y a très peu de taxons d'arbres et aucun taxon d'arbre thermophile. Par contre, le nombre de taxons d'herbacées s'accroît légèrement, ce qui semble lié à la colonisation de bancs plus argileux par des plantes aquatiques ou de bord des eaux. La concentration est également faible.

Au-dessus, dans la zone D4 (silt argileux gris-verdâtre aux Vieilles-Forges, fig. 9, et à Saint-Pierre-les-Becquets, fig. 8),

les pourcentages de *Pinus* s'accroissent ; ils peuvent être même plus importants que ceux de *Picea*. *Alnus* occupe les berges et les sphaignes commencent à se développer, préparant le milieu à une tourbification. La colonisation des berges, soulignée par l'abondance des ptéridophytes, entraîne une augmentation du nombre de taxons, à la limite entre la zone argileuse et la zone tourbeuse. La concentration dépasse ponctuellement 15 000 grains/g.

La lithozone D5 formée de un à trois lits de tourbe compactée, interstratifiés de sables et de sables silteux représente le faciès repère des Sédiments de Saint-Pierre (Saint-Pierre-les-Becquets, fig. 8 ; Les Vieilles-Forges, fig. 9 ; Pierreville, fig. 7). *Picea*, *Pinus* et de nouveau *Picea* sont les taxons dominants. Les berges sont parfois recouvertes de fougères ou bien d'*Alnus*. La concentration devient importante (entre 20 000 et 50 000 grains/g) dans les lits tourbeux également favorables à l'apparition de nouveaux taxons d'herbacées. Malgré l'accumulation de matière organique et le développe-

SAINT-PIERRE-LES-BECQUETS
Ensemble des unités
(M. Clet, 1986-1987)



FIGURES 8. Diagramme palynologique de la sous-séquence Saint-Pierre - Vieilles-Forges, à Saint-Pierre-les-Becquets. (Les diagrammes des trois coupes : base des Sédiments de Saint-Pierre, tourbe D5, rythmites supérieures, ont été réunis sur une même figure.)

Pollen diagram of the Saint-Pierre - Vieilles-Forges sub-sequence at Saint-Pierre-les-Becquets (single diagram with : Saint-Pierre Sediments, peat D5 and upper rhythmites).

LES VIEILLES-FORGES
(M Clet, 1986)

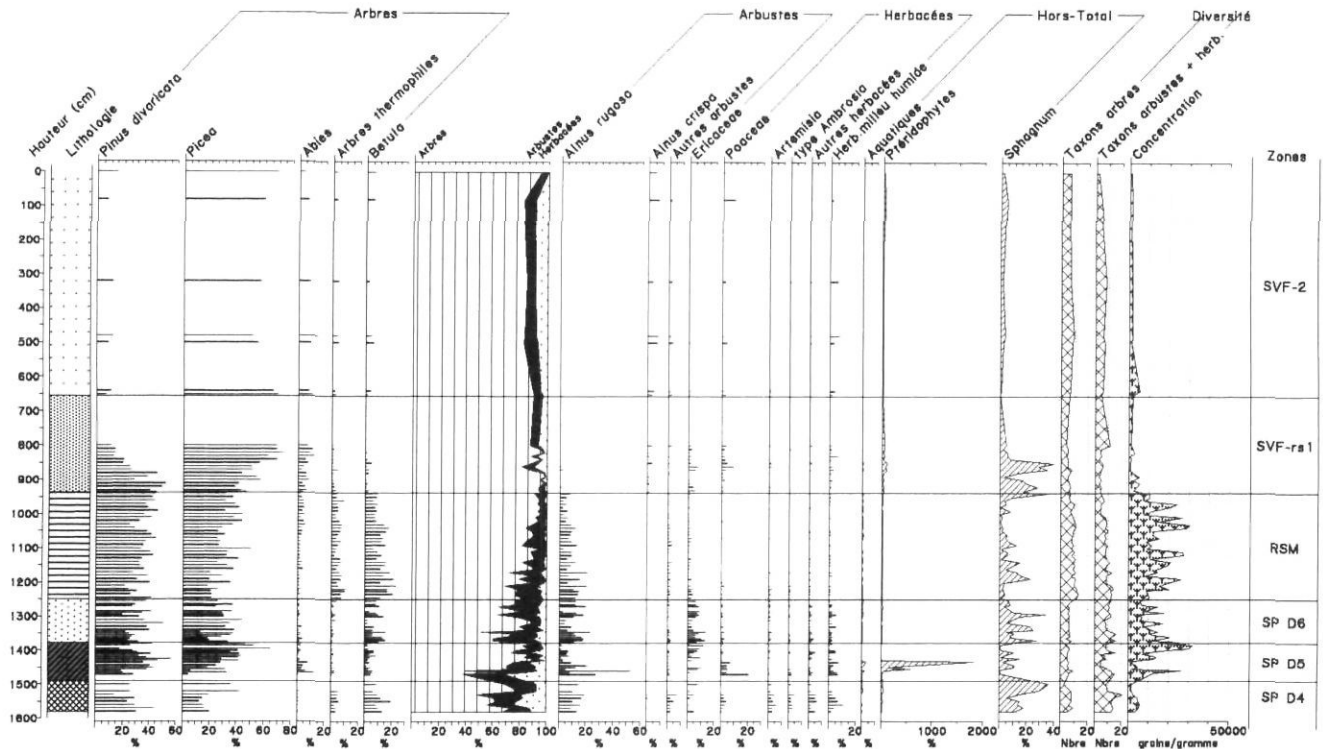


FIGURE 9. Diagramme palynologique de la sous-séquence Saint-Pierre - Vieilles-Forges, aux Vieilles-Forges.

Pollen diagram of the Saint-Pierre - Vieilles-Forges sub-sequence at Vieilles-Forges.

ment de tourbières, les pourcentages de *Sphagnum* sont moins élevés que dans la zone précédente.

Les silts sableux (D6) contenant de nombreux fragments de brindilles, représentent la dernière manifestation d'une sédimentation en eau courante (fig. 7, 8 et 9). *Pinus* est l'espèce dominante. Les berges sont colonisées par *Alnus* et les sphaignes se développent de nouveau sur le site des Vieilles-Forges. La diversité taxonomique ne présente pas de fluctuations et la concentration est moins forte que dans la zone précédente.

L'ensemble des Sédiments de Saint-Pierre, dans la vallée du Saint-Laurent, présente un caractère homogène. Une forêt boréale, peu diversifiée avec *Picea*, *Pinus* et *Betula* occupe l'ensemble des paysages émergés. À la base, le transport fluvial étant important, le remaniement de sédiments déposés antérieurement est possible. L'absence ou la rareté d'arbres thermophiles et la faible représentation d'*Abies* (de 4 à 6 %) confirment le caractère boréal de la végétation régionale. Ensuite, le grand développement de fougères, d'herbacées hygrophiles et d'arbustes, généralement *Alnus rugosa*, indique le début de la colonisation des berges par la végétation. Les arbres thermophiles sont toujours rares. Le nombre peu élevé de taxons d'arbres, la prépondérance des espèces telles que *Picea* ou *Pinus*, alors qu'il n'y a plus ni transport ni remaniement de sédiments, sont les indicateurs d'un climat relativement froid analogue à celui sévissant actuellement dans les zones de pessières au nord des Laurentides (Richard, 1995).

CONTENU POLLINIQUE DES RYTHMITES DU SAINT-MAURICE

À la base des Rythmites du Saint-Maurice, *Picea* devient l'espèce dominante dans la forêt boréale et les pourcentages de *Betula* diminuent, *Sphagnum* et les ptéridophytes se développent sur les rives.

Au-dessus, les rythmites sont formées de silts argileux stratifiés, où une sédimentation à deux saisons contrastées est mise en évidence. Cette variation saisonnière est particulièrement nette dans les silts sableux de Donnacona (Clet et al., 1991) et des Vieilles-Forges et se signale dans les spectres polliniques. À la base de cette unité, la forêt boréale est toujours prépondérante et *Pinus* et *Picea* sont tour à tour dominants. On observe cependant une amélioration climatique apparente ; sur tous les sites, le pourcentage de pollen d'arbres thermophiles augmente ainsi que leur nombre de taxons, alors que les herbacées ne semblent pas progresser (fig. 7, 8, 9, 10, 11). La concentration est forte (supérieure à 25 000 grains/g). Sur les marges du Lac de La Vérendrye (Donnacona, fig. 10), les pourcentages d'*Abies* sont particulièrement importants et caractéristiques de l'établissement d'une sapinière mésique, sous un climat humide (Clet et al., 1991). Toutes ces observations corroborent le fait que l'inondation de la vallée au cours de cet épisode lacustre a été progressive. Au début de la formation du Lac de la Vérendrye, après le dépôt des Sédiments de Saint-Pierre pendant un épisode boréal (les arbres thermophiles y étaient rares),

DONNACONA, diagramme condensé
(N.Morasse, 0-8 m, 1988)
(M.Clet, 8-17 m, 1986)

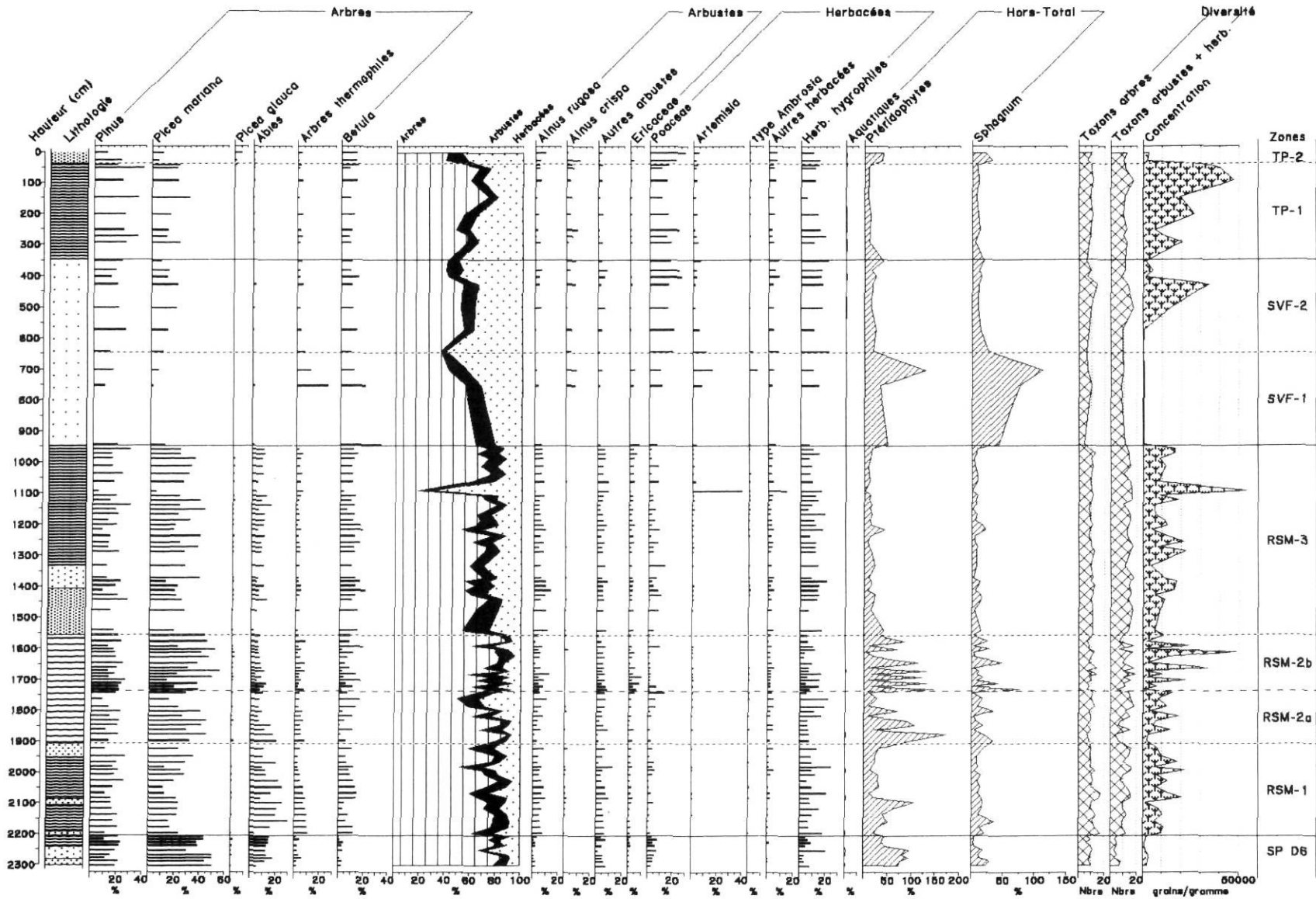


FIGURE 10. Diagramme palynologique condensé de la sous-séquence Saint-Pierre - Vieilles-Forges, à Donnacona. (Tous les échantillons étudiés, entre 9,5 et 23 m, ne sont pas représentés.)

Pollen diagram of the Saint-Pierre - Vieilles-Forges sub-sequence at Donnacona.

BEAUPRÉ, Coupe des chutes Jean-Larose
(M. Clet, 1992)

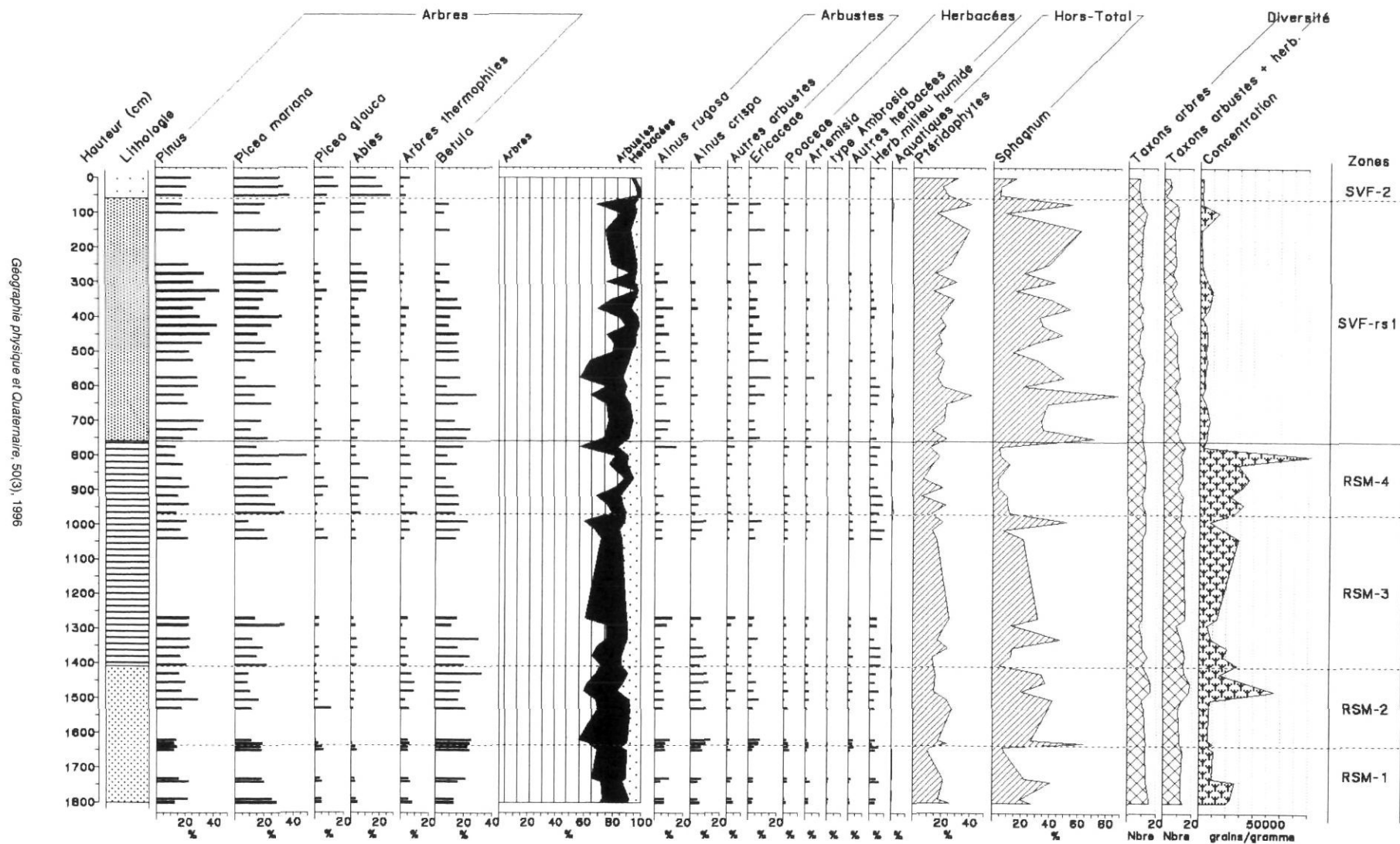


FIGURE 11. Diagramme palynologique des Rythmites du Saint-Maurice et des Sables des Vieilles-Forges au site des chutes de la rivière Jean-Larose, à Beaupré.

Pollen diagram of the Saint-Maurice Rhythmites and the Vieilles-Forges Sands at the falls of the Rivière Jean-Larose, near Beaupré.

une amélioration climatique s'est fait sentir. Et comme on ne constate pas de gradient significatif entre les différents sites de ce lac, l'augmentation des arbres thermophiles est sensible partout, ce qui exclut un apport distal de grains de pollen venant du sud ou des Grands Lacs.

Vers le sommet de la séquence, à Saint-Pierre-les-Becquets (fig. 8) et Pierreville (fig. 7), les pourcentages de *Betula* augmentent, alors que ceux des arbres thermophiles diminuent. La concentration reste importante. La diversité taxonomique totale est toujours élevée.

CONTENU POLLINIQUE DES SABLES DES VIEILLES-FORGES

Au-dessus, la dégradation climatique amorcée aux sommets des rythmites se poursuit. Les pourcentages d'arbres thermophiles décroissent encore, sauf à Donnacona où ils proviennent apparemment d'un remaniement. Les pourcentages de *Picea* s'accroissent de façon variable, notamment sur le site des Vieilles-Forges (fig. 9). Puis, dans les zones supérieures seulement représentées à Donnacona (fig. 10), les pourcentages de grains de pollen de Poaceae et d'espèces arctiques (*Artemisia*, par exemple) ainsi que le nombre de taxons d'herbacées augmentent. La concentration et la diversité taxonomique des arbres diminuent nettement. *Sphagnum* et les fougères se développent à nouveau sur les rives indiquant un milieu de sédimentation plus calme et une dégradation climatique nette.

CONTENU POLLINIQUE DES LITS SILTEUX SUPÉRIEURS ET DU TILL DE GENTILLY

Au sommet des sables existe localement un faciès silteux précédant la mise en place du Till de Gentilly. Le milieu de sédimentation est plus profond et plus calme et correspond à un faciès d'englaciation, sans doute un lac glaciaire dans lequel les pourcentages de graminées et de plantes herbacées augmentent jusqu'à l'établissement d'un paysage de toundra (Donnacona, fig. 10). Les lits silteux supérieurs sont dans la même position stratigraphique que les turbidites de Parisville observées au cap Charles (Bernier et Occhietti, 1990). Au-dessus, les échantillons analysés montrent que le Till de Gentilly semble stérile.

Cette analyse pollinique conduit à plusieurs conclusions :

a) Les diagrammes polliniques de la sous-séquence des différents sites montrent pratiquement la même évolution verticale et les mêmes fluctuations ; ils confirment ainsi la lithostratigraphie établie sur le terrain.

b) Il n'y a pas de grande variation du contenu pollinique entre le sommet de l'Argile de la Pérade et la base des Sédiments de Saint-Pierre, de part et d'autre de la lacune d'érosion. Cette uniformité permet d'envisager la succession dans le temps des deux unités. Toutefois, elle peut également masquer une importante lacune.

c) Les zones biostratigraphiques établies par la palynologie ne coïncident pas toujours avec les faciès lithologiques (tabl. III). Ceci s'applique particulièrement à la limite inférieure et supérieure des Rythmites du Saint-Maurice et confirme les observations du site de Donnacona (Clet *et al.*, 1991). L'étude palynostratigraphique met ainsi en évidence les limites de la

lithostratigraphie continentale pour reconstituer les événements paléoenvironnementaux et la climatostratigraphie, ce qui confirme la nécessité d'associer la biostratigraphie à la lithostratigraphie.

COMPARAISON DU CONTENU POLLINIQUE DE LA SOUS-SÉQUENCE AVEC CELUI D'AUTRES UNITÉS PLÉISTOCÈNES ET HOLOCÈNES

DOMAINES DE LA VÉGÉTATION ACTUELLE

D'après la carte de la végétation du Québec-Labrador, établie par Richard (1993, 1995), les différents sites présentés dans cet article, Pierreville et Saint-Pierre-les-Becquets sur la rive sud du Saint-Laurent, les Vieilles-Forges, Sainte-Anne-de-la-Pérade et Donnacona sur la rive nord, sont localisés dans le domaine de l'Érablière à Tilleul. Ce domaine est caractérisé par la présence d'une trentaine de taxons d'arbres pour la plupart thermophiles : par exemple, *Acer*, *Tilia*, *Carya*, *Ulmus*, *Quercus*. Les sites de Beaupré et de l'île aux Coudres, plus au nord-est, sont situés dans le domaine actuel de la Sapinière à Bouleau jaune qui est défini par une vingtaine de taxons d'arbres parmi lesquels les arbres thermophiles sont moins bien représentés. Ces différents domaines végétaux ont un rapport direct avec les zones climatiques ; la reconstitution des paléoenvironnements va se rapporter à ces conditions actuelles.

SÉQUENCE TARDIGLACIAIRE ET HOLOCÈNE

Comparée à l'évolution pollinique de la fin du Wisconsinien et de l'Holocène au Québec méridional établie par Richard (1993, 1994), la variation du contenu pollinique de la sous-séquence antérieure au Wisconsinien classique de la vallée du Saint-Laurent montre que la végétation n'a pas dépassé le stade forestier de la forêt boréale. Cependant, avant l'épisode fluviatile des Sédiments de Saint-Pierre, en tenant compte du diagramme pollinique de l'Argile de La Pérade à Saint-Pierre-les-Becquets (fig. 5) et à Sainte-Anne-de-la-Pérade (fig. 6), un optimum climatique correspondant à une brève phase à *Quercus* et *Corylus* a été identifié au cours de l'invasion de la Mer de Cartier. Et, après l'épisode fluviatile des Sédiments de Saint-Pierre, une phase à *Abies*, de quelques centaines d'années, est représentée peu après le début de l'inondation de la vallée par le Lac de La Vérendrye. Cette phase à *Abies* peut refléter une augmentation des précipitations dans un contexte plus maritime avec, par conséquent, des contrastes saisonniers moins accentués, d'après l'exemple actuel de la sapinière du Bas-du-Fleuve et de la Gaspésie (Richard, 1988). L'augmentation du pourcentage de grains de pollen de *Quercus* pourrait exprimer également un léger redoux.

SABLE DE LOTBINIÈRE ET VARVES DE DESCHAILLONS

Le Sable de Lotbinière affleure à la base des coupes du secteur de Deschaillons, le long du Saint-Laurent. Sa position stratigraphique sous les Varves de Deschaillons et le Till de Lévrard a été démontrée par Lamothe (1989). Le contenu pollinique du Sable de Lotbinière (Clet et Occhietti, 1994 ; fig. 12) est peu distinct, à ce stade des analyses, de celui des

TABLEAU III

Assemblages polliniques et interprétations paléoclimatologiques associées à l'Argile de La Pérade et à la séquence supérieure de la vallée du Saint-Laurent

Lithostratigraphie	Événements	Végétation	Assemblages polliniques	Nbre de taxons d'arbres	Dynamique de l'évolution des paléoenvironnements
Argiles, silts et sables (marin)	Mer de Champlain				
Varves de Danville (glacio-lacustre)	Lac Candona				
Till de Gentilly (glaciaire)	Stade de Trois-Rivières	Stérile			
Turbidites de Parisville (proglaciaire)	Lac proglaciaire	Toundra Toundra forestière	Graminées, <i>Pinus</i> , <i>Betula</i> , Cypéracées <i>Pinus</i> , <i>Picea mariana</i> , Graminées, Cypéracées	7 7	Herbacées Apports éoliens (<i>Pinus</i>)
Sables des Vieilles-Forges (lacustre)	Lac de La Vérendrye	Toundra arbustive Pessière Pessière à <i>Abies</i>	<i>Pinus</i> , <i>Picea mariana</i> , Graminées, Cypéracées <i>P. mariana</i> , <i>Pinus</i> , <i>Alnus crispa</i> <i>P. mariana</i> , <i>Pinus</i> , <i>Abies</i>	5 7 8	Développement des herbacées Détérioration de la forêt boréale et accroissement des arbustes
Rythmites du Saint-Maurice (lacustre)		Forêt ouverte Bétulaie Sapinière	<i>Pinus</i> , <i>P. mariana</i> , <i>Betula</i> <i>Betula</i> , <i>Pinus</i> , <i>Picea</i> <i>Picea</i> , <i>Pinus</i> , <i>Abies</i>	14 15 13	Forêt ouverte Accroissement des arbres thermophiles dans les sapinières
Sédiments de Saint-Pierre (fluviale)	Événement des Becquets	Pessière et végétation de rives (Ptéridophytes et <i>Sphagnum</i>)	<i>Picea</i> = <i>Pinus</i> , <i>Alnus rugosa</i> , <i>Betula</i>	10	Accroissement de la pessière Colonisation des rives Pollen transporté par les vents (conifères) et les courants
			<i>P. mariana</i> , <i>Pinus</i> , <i>Alnus rugosa</i>	8	
			<i>P. mariana</i> , <i>Alnus rugosa</i> , <i>Pinus</i> , <i>Betula</i>	8	
			<i>P. mariana</i> , Cypéracées, Graminées, <i>A. rugosa</i>	8	
		<i>Picea mariana</i> , <i>Pinus divaricata</i>	7		
D1	Forêt ouverte	<i>Picea mariana</i> , <i>Pinus divaricata</i>	5		
Contact d'érosion					Érosion fluviale
Argile de la Pérade (marin)	Mer de Cartier	Pessière à <i>Abies</i> Afferestation Toundra arbustive Toundra	<i>Picea mariana</i> , <i>Pinus</i> , <i>Betula</i> <i>Betula</i> , <i>Pinus</i> , <i>P. mariana</i> , <i>Alnus crispa</i> <i>Picea</i> = <i>Pinus</i> , <i>Betula</i> Cypéracées <i>Pinus</i> , <i>Picea</i> , Cypéracées, <i>Alnus crispa</i>	13 11 9 4 à 8	Établissement de la forêt boréale Colonisation des rives Apports éoliens et remaniements du pollen

DESCHAILLONS, sable et varves
(M.Clet, 1990)

Géographie physique et Quaternaire, 50(3), 1996

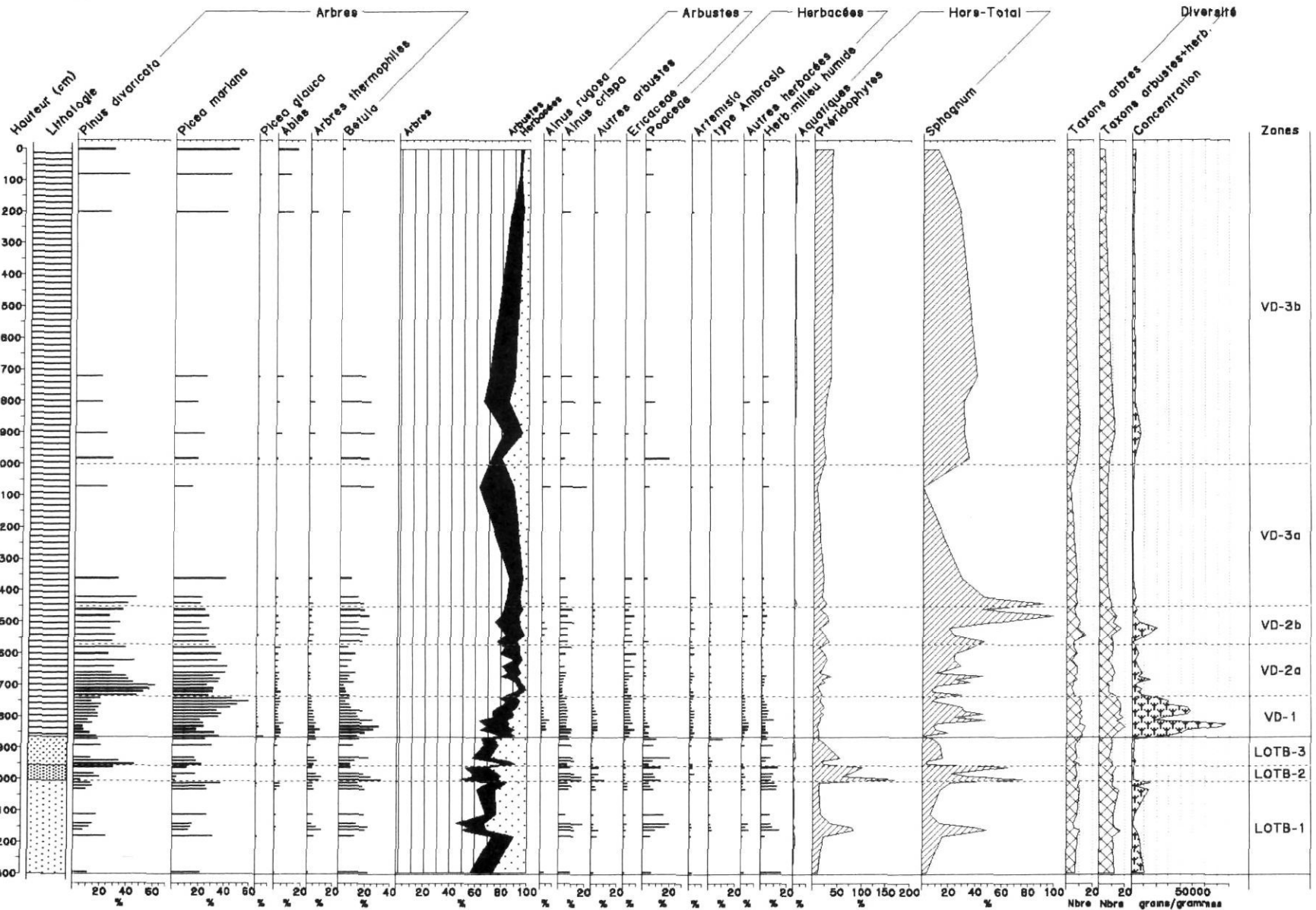


FIGURE 12. Diagramme palynologique du Sable de Lotbinière et des Varves de Deschailions, coupes de la briqueterie de Deschailions.

Pollen diagram of the Lotbinière Sand and the Deschailions Varves at the Deschailions brickyard sections.

Sédiments de Saint-Pierre. Dans les deux cas, la présence d'une forêt boréale à *Pinus-Picea* peut être évoquée. La diversité taxonomique est aussi peu variée dans les deux unités, qui correspondent toutes deux à des épisodes d'âges différents de type interstadaire. Entre les Varves de Deschaillons et les Rythmites du Saint-Maurice, l'échelle de temps représentée par les sédiments est très différente. Les Rythmites du Saint-Maurice au ravin du stratotype des Sédiments de Saint-Pierre, de 12 m d'épaisseur et au nombre de 1 010 (Besré et Occhietti, 1990), correspondent à environ 2-2,5 m de la zone inférieure des Varves de Deschaillons, dans laquelle les varves ont en moyenne 2 mm d'épaisseur (Gadd, 1971 ; Hillaire-Marcel et Pagé, 1981). Dans les deux cas, la forte concentration pollinique représente l'inondation d'une forêt boréale sur les basses terres de la vallée du Saint-Laurent. Néanmoins, les Rythmites du Saint-Maurice montrent un net accroissement des pourcentages de pollen d'*Abies* et d'arbres thermophiles, alors que le contenu pollinique des Varves de Deschaillons ne varie pas par rapport au Sable de Lotbinière sous-jacent. Le Lac de La Vérendrye ne peut donc être associé à une détérioration climatique par rapport à l'épisode fluviatile des Sédiments de Saint-Pierre (Interstade des Becquets).

FORMATION DE MASSAWIPI DANS LES APPALACHES DU QUÉBEC MÉRIDIONAL

Il n'existe actuellement pas d'étude détaillée à maille de 10 cm dans les formations non glaciaires des Appalaches du Québec méridional. Les premières études polliniques, très fragmentaires, mentionnées dans MacDonald et Shilts (1971), indiquent une végétation boréale associée à la Formation de Massawipi. Sur cette base, ces auteurs ont mis en corrélation la Formation de Massawipi et les Sédiments de Saint-Pierre. Compte tenu du contexte paléogéographique et avec le paradigme de l'époque qui présumait que les Rythmites du Saint-Maurice étaient stériles, Occhietti (1982) a proposé de limiter la corrélation à la partie supérieure des Sédiments de Saint-Pierre. Aujourd'hui, les faciès en question de la Formation de Massawipi seraient plutôt associés aux zones supérieures des Rythmites du Saint-Maurice ou même aux Sables des Vieilles-Forges. Plus récemment, des graines extraites de sédiments fluviatiles des coupes de la rivière des Plante indiqueraient un climat aussi chaud qu'aujourd'hui (Lamothe *et al.*, 1992). De cette observation, ces auteurs attribuent à la Formation de Massawipi une longue durée de la fin de l'optimum du Sangamonien jusqu'au début du stade isotopique 4. Il semble donc nécessaire de faire l'étude détaillée de cette unité avant de pouvoir établir des corrélations solides avec les unités de la vallée du Saint-Laurent.

FORMATION DE POINTE-FORTUNE

Les Sédiments de Pointe-Fortune ont été attribués au Sangamonien par Anderson *et al.* (1990). L'ensemble des macrofossiles et des grains de pollen reflètent un milieu interglaciaire pendant lequel les arbres thermophiles se sont bien développés et la présence de *Carya*, *Quercus*, *Fagus*, *Acer*, *Tilia* et de *Liquidambar* témoignent de conditions climatiques plus chaudes qu'actuellement. La séquence supérieure ne présente jamais un tel assemblage.

CONCLUSION SUR LES COMPARAISONS

En conclusion, les zones polliniques de la séquence Saint-Pierre - Vieilles-Forges confirment que la végétation de cet intervalle a conservé les caractéristiques d'une forêt boréale. Seules les zones à *Abies* de l'Argile de La Pérade sous-jacente et à la base des Rythmites du Saint-Maurice indiquent deux brefs épisodes plus humides et plus doux. L'intervalle est donc rigoureusement interstadaire. La biostratigraphie de la sous-séquence Saint-Pierre - Vieilles-Forges peut maintenant servir de référence. Elle montre que les corrélations intra- et inter-régionales doivent désormais reposer sur des critères biostratigraphiques plus précis que ceux retenus jusqu'à présent. Elle peut également être utilisée pour distinguer les Varves de Deschaillons des Rythmites du Saint-Maurice.

INTERPRÉTATION PALÉOENVIRONNEMENTALE

PHASE D'ÉROSION À LA BASE DES SÉDIMENTS DE SAINT-PIERRE.

Le contact d'érosion à la base des Sédiments de Saint-Pierre est attribué à une phase d'érosion par le système fluviatile de la vallée du Saint-Laurent pendant l'Interstade des Becquets (tabl. I et III). Par analogie avec l'encaissement du réseau hydrographique de la vallée au cours de l'Holocène, cette phase d'érosion correspond au réajustement glacio-isostatique et eustatique qui a suivi la fin de l'épisode glaciaire immédiatement antérieur, c'est-à-dire le Stade de Nicolet (Lamothe, 1989). Le paléo-réseau hydrographique s'est encaissé dans l'Argile marine de La Pérade et a tronqué diverses unités plus anciennes. Le niveau relatif de drainage est à environ 10 m au-dessus du niveau marin actuel, d'après l'altitude de cette surface d'érosion. Ceci implique que la vallée du Saint-Laurent à la fin de cette phase d'érosion était affaissée par glacio-isostasie d'environ 20 m, c'est-à-dire de cette hauteur (+10 m) ajoutée à la différence de niveau eustatique par rapport à l'actuel. En effet, le contenu pollinique confirme le caractère interstadaire de l'Argile de La Pérade et des Sédiments de Saint-Pierre, ce qui oblige à admettre un niveau eustatique plus bas que l'actuel. Si l'on admet que l'Interstade des Becquets est contemporain du sous-stade isotopique océanique 5a, le niveau eustatique était de l'ordre de -13 m (Bloom *et al.*, 1974 ; Harmon *et al.*, 1978). Une corrélation avec le sous-stade isotopique 5c ou le début du stade isotopique 3 impliquerait respectivement un niveau eustatique de -15 m ou nettement inférieur (Occhietti, 1982). L'affaissement isostatique, enregistré par le contact d'érosion et les sables sus-jacents, est probablement le résultat de l'interruption de la rééquilibration glacio-isostatique postglaciaire par le maintien d'une surcharge glaciaire sur le Bouclier canadien.

LES SÉDIMENTS DE SAINT-PIERRE

D'après les diagrammes polliniques des différents sites étudiés, la végétation de la vallée du Saint-Laurent a peu changé au cours de l'Interstade des Becquets. Par contre, des changements de faciès dans les Sédiments de Saint-Pierre sont observés. Quatre épisodes de sédimentation semblent se succéder dans l'axe de la vallée : a) une phase

fluviatile à forte énergie, caractérisée par des sables moyens à grossiers et un pavage basal de cailloux (zone D1) ; b) une phase d'inondation progressive de la vallée représentée par des faciès silteux stratifiés, observés à Pierreville, Saint-Pierre-les-Becquets, les Vieilles-Forges et le Moulin de Lotbinière (zones D2 à D4) ; c) cette phase culmine par un réseau de tourbières (zone D5) d) une phase de reprise d'érosion intraformationnelle (zone D6). La forêt boréale s'est maintenue pendant ces quatre phases mais, lors des phases d'inondation, les fougères et les arbustes ripicoles se sont développés épisodiquement sur les berges (D5). Lorsque l'érosion a repris, pendant l'épisode D6, les berges ont été détruites entraînant dans la plupart des cas l'élimination de la végétation herbacée des rives. La pessière est alors bien développée, à la fin de cet épisode (D6), et la végétation est semblable sur l'ensemble des sites, avec toutefois des variations locales : les *Pinus* sont plus développés aux Vieilles-Forges ; les arbustes à Saint-Pierre-les-Becquets et les fougères à Donnacona (SP-D6, fig. 14). Ces corrélations sont visualisées sur la figure synthétique qui tient compte de la répartition générale de la végétation dans les différentes zones polliniques dans lesquelles les valeurs moyennes des pourcentages de chaque taxon ont été utilisées (fig. 15).

Il faut noter que cette interprétation, qui donne un sens général aux changements verticaux de faciès (Occhietti, 1982), diffère de l'interprétation proposée par Gadd (1971) qui attribue les lits de tourbe à des tourbières développées dans des bras morts du réseau hydrographique. Nous pensons que la série de faciès observée dans l'axe de drainage reflète le comblement progressif de la vallée par suite de la stabilisation du niveau relatif de drainage, hypothèse évoquée par Occhietti (1982). La zone D6 semble indiquer une reprise d'érosion dans la vallée, avant l'inondation du Lac de La Vérendrye. La durée et l'importance de cette phase reste à déterminer. Il s'agit soit d'une lacune d'érosion majeure (Lamothe, 1989), soit d'une phase d'érosion intraformationnelle (Ferland et Occhietti, 1990b) sans connotation chronologique importante. Nous pensons qu'il n'y a pas de lacune importante entre les deux unités.

LES RYTHMITES DU SAINT-MAURICE

Au début de la sédimentation des Rythmites du Saint-Maurice (RSM-1, fig. 14, 15), la répartition de la végétation est différente de celle de l'épisode précédent (SP-D6). Sur l'ensemble des sites, les pourcentages de *Sphagnum* et des ptéridophytes deviennent élevés et une sapinière se développe à Donnacona, ce qui laisse supposer une sédimentation en milieu calme favorisant le développement des sphaignes. Du point de vue sédimentologique, les Rythmites du Saint-Maurice impliquent une sédimentation en milieu lacustre, de caractère saisonnier. Les fortes variations latérales de faciès, notamment l'importance des lits de sable interstratifiés observés à Donnacona (Clet *et al.*, 1991), à Sainte-Anne-de-la-Pérade et à Beupré (fig. 11) évoquent un lac peu profond, comblé sur ses marges par des épandages prodeltaïques à forte énergie. Rappelons que le seuil rocheux de Glens Falls, New York, vers 50 m d'altitude, représente l'exutoire naturel en cas de barrage de la vallée du Saint-Laurent. L'abondance de débris végétaux à la base des rythmites, qui ont permis une datation au ¹⁴C conventionnelle à Sainte-Anne-de-la-Pérade (>35 590 BP, Beta-28 404, ETH-4737, Ferland et Occhietti, 1990b ; tabl. II), et à Fort-Jacques-Cartier (fig. 13, tabl. II), confirme l'inondation des basses terres de la vallée par le Lac de La Vérendrye. Dans une étape ultérieure, (RSM-2, fig. 14, 15), la végétation évolue sur les berges du lac. Les sphaignes et les fougères sont progressivement remplacés par une végétation pionnière de *Betula* et d'*Alnus*, ce qui favorise le développement des arbres thermophiles et des herbacées hygrophiles. Il y a transformation progressive de l'aspect de la vallée, durant un intervalle suffisamment long pour entraîner des changements dans la végétation. Il n'y a donc pas eu un ennoiment rapide car les valeurs les plus élevées de la concentration pollinique se retrouvent dans l'ensemble de cette formation et non uniquement à la base comme cela a été observé dans les Varves de Deschaillons (fig. 12 ; Clet et Occhietti, 1994). Au sommet des rythmites, *Pinus* et *Picea* remplacent progressivement les arbres et arbustes pionniers et la sapinière est un peu plus importante sur l'ensemble de la vallée (RSM-3, fig. 14, 15). La rythmicité

FORT-JACQUES-CARTIER
(M Clet, 1989)

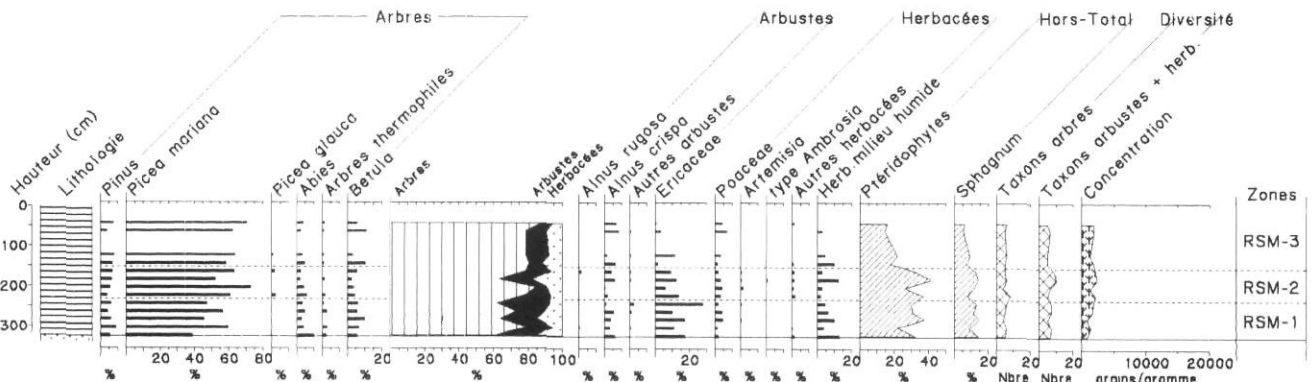


FIGURE 13. Diagramme palynologique des Rythmites du Saint-Maurice au site de Fort-Jacques-Cartier.

Pollen diagram of the Saint-Maurice Rhythmites at the Fort-Jacques-Cartier site.

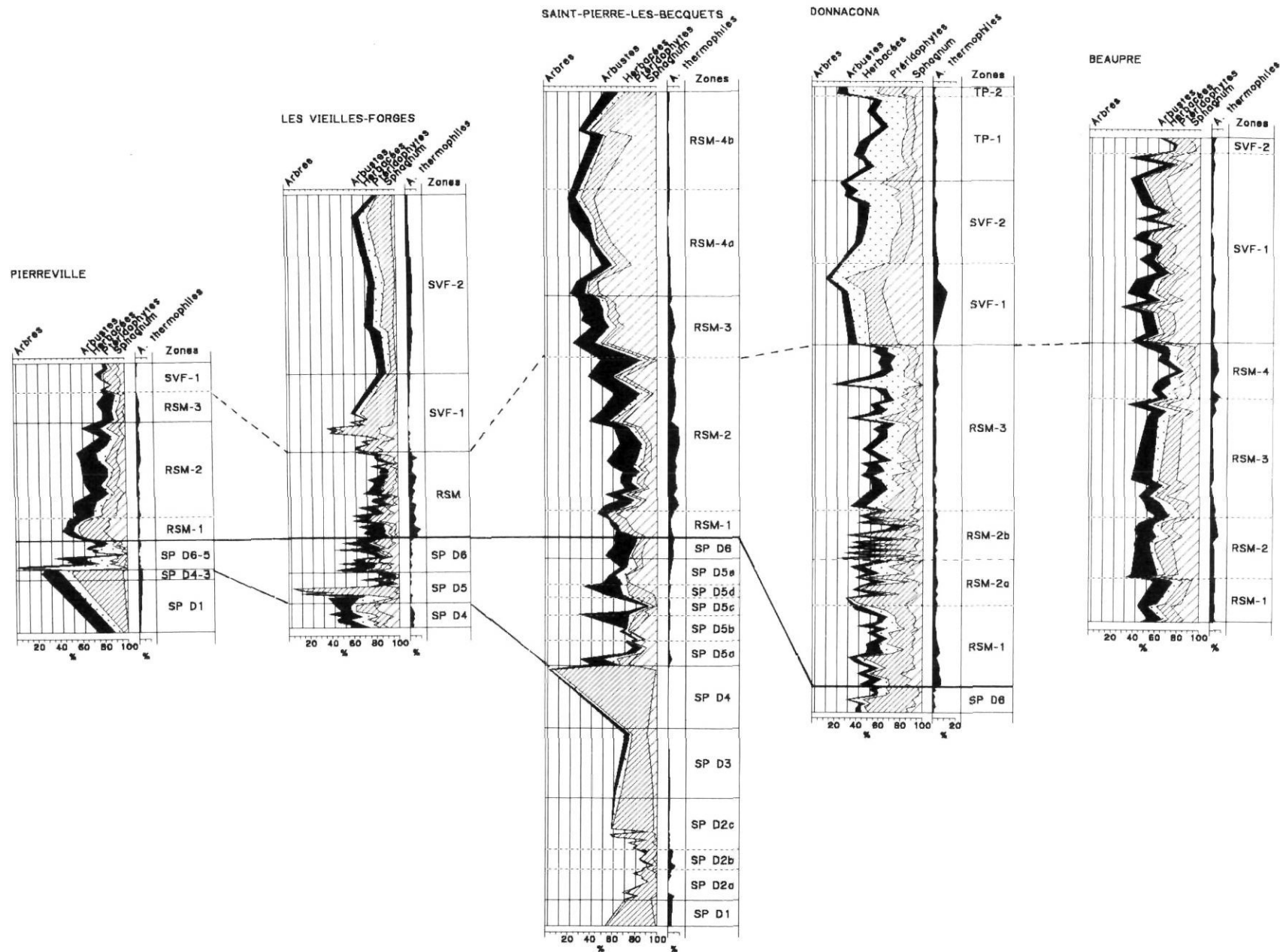


FIGURE 14. Corrélations entre les principaux sites étudiés d'après les variations de l'ensemble de la végétation et évolution des arbres thermophiles (RSM = Rythmites du Saint-Maurice ; SP = Sédiments de Saint-Pierre).

Correlations between the palynozones of the main studied sites.

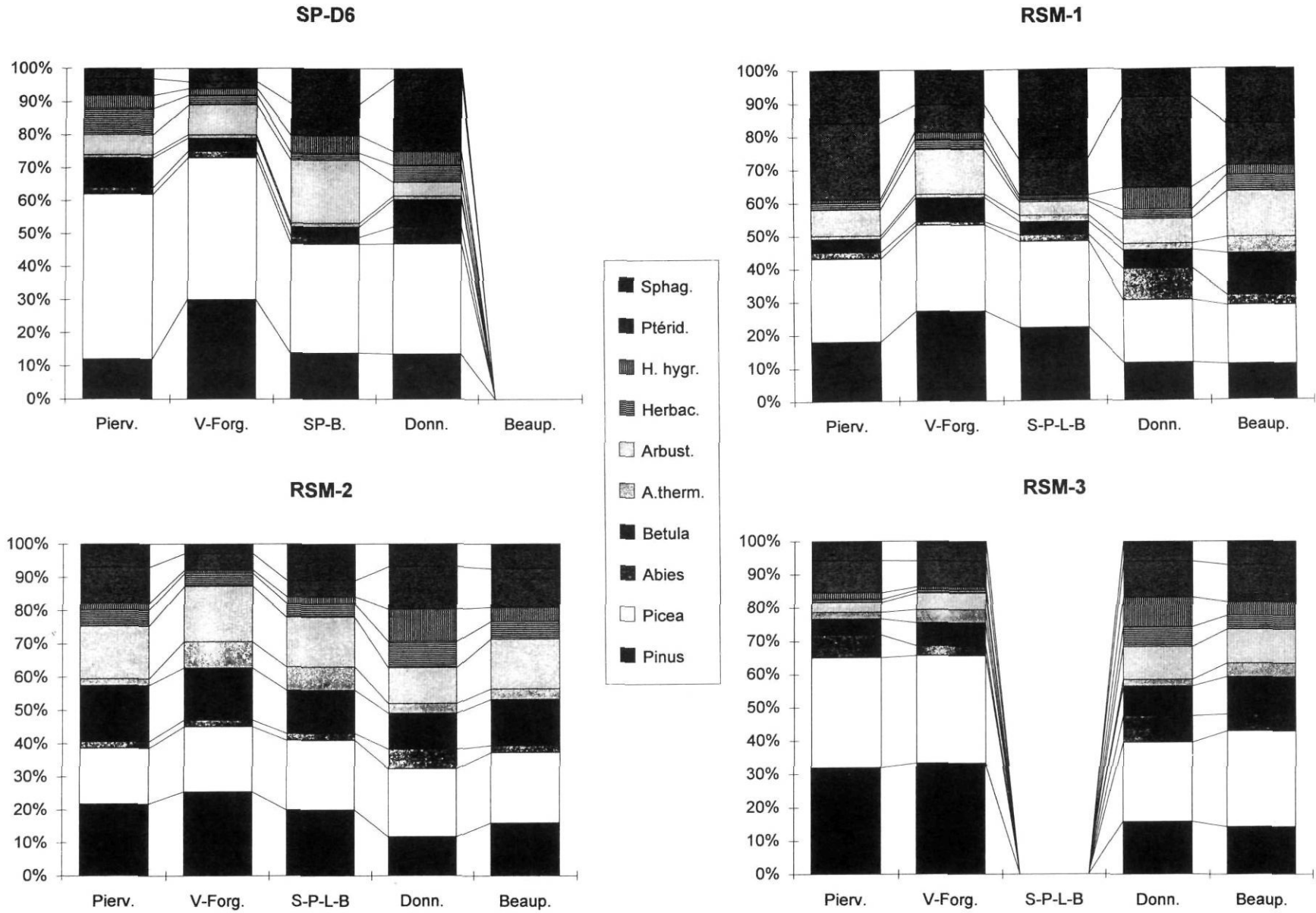


FIGURE 15. Répartition de la végétation dans les principaux sites étudiés au sommet des Sédiments de Saint-Pierre et dans les Rythmites du Saint-Maurice. (Pierv : Pierreville ; V-Forg. : Vieilles-Forges ; S-P-L-B. : Saint-Pierre-les-Becquets ; Donn. : Donnacona ; Beaup. : Beaupré). L'ordre des trames dans la légende reflète celui des graphiques.

A summary of the mean percentages of vegetation reconstruction in Saint-Pierre Sediments and Saint-Maurice Rhythmites. (Pierv Pierreville V-Forg. : Vieilles-Forges ; S-P-L-B. : Saint-Pierre-les-Becquets ; Donn. : Donnacona ; Beaup. Beaupré). The order in the legend of the zones is the same as in the graphs.

annuelle est corroborée par le contraste net et régulier des lits d'été (clairs et sablo-silteux) et des lits d'hiver (sombres et argileux). Besré et Occhietti (1990) concluaient à une alimentation mixte du lac par des eaux du réseau hydrographique amont et par des eaux de fonte glaciaire. Aujourd'hui, compte tenu des figures d'érosion à la base des lits de printemps-été, des microstructures dans ces lits sableux (Besré et Occhietti, 1990) et du contenu pollinique, nous pensons que l'alimentation mixte était fortement influencée par un régime nival. En effet, les spectres polliniques n'évoquent pas de refroidissement climatique par rapport à l'épisode fluvial antérieur au Lac de La Vérendrye mais plutôt une augmentation des précipitations et un léger redoux. Par conséquent, les apports d'eau de fonte glaciaire devaient être distaux (calotte de glace sur le Nouveau-Québec et peut-être glaciers locaux sur les Appalaches et les Laurentides), tandis que l'ensemble du bassin versant était soumis à un régime nival accentué, caractérisé par de fortes précipitations neigeuses hivernales et une fonte rapide au printemps. À noter l'absence ou la rareté des cailloux de délestage dans ces rythmites, ce qui implique l'absence d'icebergs glaciaires et la faible importance des processus glaciels.

Le comptage des rythmites (Besré et Occhietti, 1990) montre une variation latérale diachronique des faciès à rythmites (Rythmites du Saint-Maurice) et des faciès lacustres sableux (Sables des Vieilles-Forges). On dénombre plus de rythmites à Saint-Pierre-les-Becquets qu'à Pierreville ou que sur les marges du paléo-lac aux Vieilles-Forges, à Donnacona et à Saint-Sylvère (Hétu *et al.*, 1995). Ceci impliquerait que le Lac de La Vérendrye était comblé sur les marges par des prodeltas et des deltas, ce qui est corroboré par la différence du rapport d'épaisseur des lits été-hiver constatée entre les sites et par la croissance diachronique de ce rapport : les lits d'été augmentent d'épaisseur relative et absolue vers 200 ans après le début de la sédimentation lacustre locale aux Vieilles-Forges et vers 650 ans à Saint-Pierre-les-Becquets. L'ensemble de ces faits converge vers une durée minimale de plus de 1000 ans du Lac de La Vérendrye, incluant le comblement progressif de celui-ci et une stabilité de la hauteur relative du plan d'eau. L'origine du lac reste à préciser. S'agit-il d'un lac de barrage glaciaire en aval de Beaupré, en contradiction apparente avec le message pollinique ? S'agit-il d'un lac attribuable à un enfoncement glacio-isostatique différentiel avec une surcharge glaciaire à l'ouest ou au nord-ouest de la région du moyen estuaire du Saint-Laurent ? S'agit-il d'une remontée du niveau eustatique à l'origine de l'occlusion sédimentaire du moyen estuaire et d'un lac de réseau fluvial peu profond et rapidement comblé ? Il reste actuellement trop d'inconnues pour répondre de façon démonstrative à ces hypothèses. D'après les données disponibles, le Lac de La Vérendrye semble représenter une succession de paléoenvironnements : lac inondant progressivement la vallée du Saint-Laurent dans un contexte de plus grande humidité et de léger redoux, puis lac en cours de comblement avec apports plus proximaux dans un contexte de dégradation climatique. L'hypothèse de la présence concomitante de glaciers locaux et d'une forêt boréale dans la vallée est plausible. On peut même admettre qu'une augmentation des précipitations pendant des hivers moins rigoureux (pas

de phénomènes glaciels) et d'étés plus frais peut favoriser l'accumulation de neige sur les reliefs laurentidiens et appalachiens. L'influence d'une compensation glacio-isostatique est certaine, d'après l'altitude actuelle des affleurements dans cette région de relative stabilité tectonique. Une surcharge glaciaire plus accentuée vers l'ouest, à l'origine d'un enfoncement différentiel, est compatible avec les travaux récents sur les écoulements glaciaires précoces (Parent *et al.*, 1995). L'hypothèse d'une occlusion du réseau de drainage par suite d'une remontée eustatique rapide dans une vallée faiblement affaissée par glacio-isostasie implique plutôt une invasion marine dont on n'a pas de preuves.

LES SABLES DES VIEILLES-FORGES

Nous venons de voir que la base des Sables des Vieilles-Forges peut représenter des faciès prodeltaïque et deltaïque en milieu lacustre. Ces faciès ont été sédimentés dans le Lac de La Vérendrye. Ils sont associés à Donnacona (Clet *et al.*, 1991) à une détérioration climatique suffisamment importante pour entraîner des changements dans la végétation. Les spectres polliniques sont représentatifs d'une toundra arbutive, avec un accroissement des pourcentages d'herbacées. Le faciès supérieur, plus grossier, est stérile.

CONCLUSION

L'analyse sporo-pollinique à maille fine et l'étude des variations latérales de faciès de la sous-séquence des Sédiments de Saint-Pierre - Rythmites du Saint-Maurice - Sables des Vieilles-Forges contribue à préciser les paléo-environnements qui ont précédé l'englacement généralisé des basses terres du Saint-Laurent, au Wisconsinien classique (stades isotopiques 4-3-2 ?).

L'épisode de sédimentation des Sédiments de Saint-Pierre succède à une invasion marine postglaciaire d'origine glacio-isostatique, la Mer de Cartier. Le contenu sporopollinique de l'Argile de La Pérade sédimentée pendant cet épisode marin indique la recolonisation végétale du bassin versant jusqu'à un bref optimum climatique à *Abies* et arbres thermophiles suivi de l'établissement d'une forêt boréale à *Pinus-Picea*. Cet optimum climatique relatif de l'intervalle compris entre le Stade de Nicolet (attribué au sous-stade isotopique 5b) et le Stade de Trois-Rivières (attribué aux stades 4-3-2) précéderait l'épisode des Sédiments de Saint-Pierre.

Une forêt boréale à *Pinus-Picea*, sans variations importantes, et des conditions climatiques interstadières plus fraîches qu'aujourd'hui se sont maintenues pendant tout l'épisode des Sédiments de Saint-Pierre ou Interstade des Becquets caractérisé par la sédimentation de faciès sableux, silteux et le développement de tourbières. La lithostratigraphie détaillée et les variations latérales de faciès indiquent un changement des conditions de sédimentation et de drainage dans la vallée du Saint-Laurent. En effet, après la phase d'érosion majeure inférieure, attribuée au relèvement glacio-isostatique, le niveau relatif de drainage de la vallée semble s'être stabilisé, ce qui est à l'origine d'une phase de comblement. L'épisode se termine par une reprise d'érosion intra-formationnelle.

L'épisode du Lac de La Vérendrye succède à l'épisode fluvial et fluvialacustre de Saint-Pierre. Les données sporopolliniques des Rythmites du Saint-Maurice témoignent d'une phase initiale d'inondation de la forêt boréale des basses terres du Saint-Laurent, suivie d'un changement de la pessière boréale en sapinière, avec accroissement de la proportion d'arbres thermophiles, puis d'un retour à la pessière et, enfin, de l'ouverture progressive de celle-ci. La sapinière indique une augmentation des précipitations et une légère amélioration climatique. D'après ces données polliniques et le contraste entre les lits d'été et d'hiver des rythmites, les apports détritiques du lac seraient d'origine double, des apports distaux d'eau de fonte glaciaire et des apports du bassin versant en régime nival. Le niveau du Lac de La Vérendrye semble être resté stable ; le lac a duré plus de 1000 ans. Il a été progressivement comblé par des prodeltas et deltas latéraux.

Les Sables des Vieilles-Forges représentent une unité composite. Sur les marges de l'axe de drainage, la zone inférieure a été sédimentée sous forme d'épandages prodeltaïques et deltaïques dans le Lac de La Vérendrye, en même temps que la zone supérieure des Rythmites du Saint-Maurice. Un important corps sédimentaire à caractère deltaïque puis proglaciaire a ensuite été sédimenté dans la vallée du Saint-Laurent.

REMERCIEMENTS

Tous nos remerciements vont à Pierre Ferland, François Besré, François Bernier et Dominique Harmand qui nous ont généreusement aidés sur le terrain. Simonne Guermont, qui a préparé les échantillons pour l'analyse pollinique, au laboratoire du CNRS à Caen et Nicole Morasse, du laboratoire Jacques-Rousseau, qui a analysé les échantillons du sommet de la coupe de Donnacona, nous ont également apporté leur collaboration efficace. Les auteurs remercient Michel Lamothe et un lecteur anonyme pour leurs suggestions qui ont permis d'améliorer cet article.

RÉFÉRENCES

- Anderson, T.W., Matthews, J.V., Jr., Mott, R.J., et Richard, S.H., 1990. The Sangamonian Pointe-Fortune site, Ontario-Québec border. *Géographie physique et Quaternaire*, 44 : 271-287.
- Andrews, J.T. et Miller, G.H., 1980. Reply to comment on "Keewatin Ice Sheet Reevaluation of the traditional concept of the Laurentide Ice Sheet" and "Glacial erosion and ice sheet divides, northeastern Laurentide Ice Sheet, on the basis of the distribution of limestone erratics". *Geology*, 8 (10) : 468.
- Balescu, S. et Lamothe, M., 1994. Comparaison de TL and IRSL age estimates of feldspar coarse grains from waterlain sediments. *Quaternary Geochronology*, 13 : 437-444.
- Bernier, F. et Occhietti, S., 1990. Le complexe glaciaire de Cap-Charles et la question des tills dans la vallée moyenne du Saint-Laurent. *Géographie physique et Quaternaire*, 44 (2) : 173-180.
- Bernier, F. et Occhietti, S., 1991. Nouvelle séquence glaciaire antérieure aux Sédiments de Saint-Pierre, Sainte-Anne-de-la-Pérade, Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 45 (1) : 101-110.
- Besré, F. et Occhietti, S., 1990. Les Varves de Deschaillons, les Rythmites du Saint-Maurice et les rythmites de Leclercville, du Pléistocène supérieur de la Vallée moyenne du Saint-Laurent (Québec). *Géographie physique et Quaternaire*, 44 (2) : 181-198.
- Bloom, A.L., Broecker, W.S., Chappell, J.N.A., Matthews, R.K. et Mesolella, K.J., 1974. Quaternary Sea level fluctuations on a tectonic coast : New $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ Dates from the Huon Peninsula, New Guinea. *Quaternary Research*, 4 : 185-205.
- Boespflug, X., Long, B.F.N. et Occhietti, S., 1995. CAT-scan in marine stratigraphy : A quantitative approach. *Marine Geology*, 122 : 281-301.
- Brodeur, D., 1987. Île aux Coudres. In J.T. Gray et coll., *Processus et paléoenvironnements du Quaternaire dans la péninsule gaspésienne et dans le Bas Saint-Laurent. Excursion C4, XII^e Congrès INQUA*, Ottawa. Addenda, 20 p.
- Brodeur, D. et Allard, M., 1985. Stratigraphie et Quaternaire à l'île aux Coudres, estuaire moyen du Saint-Laurent, Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 39 (2) : 183-197.
- Clet, M., 1987. Palynology of sediments attributed to the St-Pierre Interval, p. 42-51. In M. Lamothe, éd., *Pleistocene stratigraphy in the St. Lawrence lowland and the Appalachians of Southern Quebec. A field-guide*, Université de Montréal, Collection Environnement et Géologie.
- Clet, M. et Occhietti, S., 1988. Palynologie des sédiments attribués à l'intervalle non glaciaire de Saint-Pierre (Québec, Canada). Étude préliminaire. Actes du X^e Symposium de l'APLF, Institut français de Pondichéry, Travaux de la section scientifique et technique, 25 : 185-196.
- 1994. Palynologie et paléoenvironnements des épisodes du Sable de Lotbinière et des Varves de Deschaillons (Pléistocène supérieur) de la vallée du Saint-Laurent. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 31 : 1474-1485.
- 1995. Palynologie des sédiments de la fin de l'optimum climatique de l'Interglaciaire Sangamonien, île aux Coudres, estuaire du Saint-Laurent, Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 49 (2) : 291-304.
- Clet, M., Occhietti, S. et Richard, P.H.J., 1991. Palynologie et lithostratigraphie du Pléistocène du site de Donnacona, vallée du Saint-Laurent, Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 45 (2) : 125-140.
- Dionne, J.-C. et Occhietti, S., 1996. Aperçu du Quaternaire à l'embouchure du Saguenay. *Géographie physique et Quaternaire*, 50 : 5-34.
- Dreimanis, A., 1977. Correlation of Wisconsin glacial events between the eastern Great Lakes and the St-Lawrence lowlands. *Géographie physique et Quaternaire*, 31 : 37-51.
- Dreimanis, A. et Karrow, P.F., 1972. Glacial history of the Great Lakes-St. Lawrence Region, the classification of the Wisconsin Stage, and its correlatives. 24th International Geological Congress, Montréal, Section 12 : 5-15.
- Elson, J.A., 1969. Late Quaternary marine submergence of Québec. *Revue de géographie de Montréal*, 23 : 247-250.
- 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 (2) : 159-172.
- 1990b. Révision du stratotype des Sédiments de Saint-Pierre et implications stratigraphiques, vallée du Saint-Laurent, Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 44 (2) : 147-158.
- Fullerton, D.S., 1980. Preliminary correlation of post-Erie Interstadial events (16 000-10 000 radiocarbon years before present), central and eastern Great Lakes region and Hudson, Champlain, and St. Lawrence Lowlands, U.S. and Canada. United States Geological Survey, Professional Paper 1089, 52 p.
- Fulton, R.J., 1984. Summary, p. 1-5. In R.J. Fulton, éd., *Quaternary stratigraphy of Canada. A Canadian Contribution to IGCP Project 24*. Geological Survey of Canada, Paper 84-10.
- Gadd, N.R., 1953. Interglacial deposits at St-Pierre, Québec (abstract). *Geological Society of America*, 64 : 1426.
- 1955. Pleistocene Geology of the Becancour Map-area, Quebec. Ph.D. Thesis, University of Illinois, 191 p.
- 1960. Géologie de la région de Bécancour, Québec (dépôts meubles). Commission géologique du Canada, Étude 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.
- éd., 1988. The Late Quaternary Development of the Champlain Sea Basin. Geological Association of Canada. Special Paper 35, 312 p.
- Gadd, N.R., Richard, S.H. et Grant, D.R., 1981. Pre-last-glacial organic remains in Ottawa valley. *In* Current Research, Part C, Geological Survey of Canada, Paper 81-1c : 65-66.
- Goery, C., 1988. Acquisition, gestion et représentation des données de l'analyse pollinique sur micro-ordinateur. Institut français de Pondichéry, Travaux de la section scientifique et technique. 25 : 405-416.
- Harmon, R.S., Schwarcz, H.P. et Ford, D.C., 1978. Late Pleistocene sea level history of Bermuda. *Quaternary Research*, 9 : 205-218.
- Héту, B., Occhietti, S., Richard, P.J.H. et Larouche, A.C., 1995. Dépôts de versant pléistocènes associés aux Rythmites du Saint-Maurice, vallée du Saint-Laurent, Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 49 (2) : 275-289.
- Hillaire-Marcel, C., 1979. Les mers postglaciaires du Québec : quelques aspects. Thèse de doctorat d'État, Université de Paris VI, 293 p.
- Hillaire-Marcel, C. et Pagé, P., 1981. Paléotempératures isotopiques du lac glaciaire de Deschailions, p. 273-298. *In* W.C. Mahaney, éd., *Quaternary Paleoclimate*. Geo Books, University East Anglia, Norwich.
- Hillaire-Marcel, C. et Causse, C., 1989. Chronology Th/U des concrétions calcaires des varves du lac glaciaire de Deschailions (Wisconsinien inférieur). *Canadian Journal of Earth Sciences*, 26 (5) : 1041-1052.
- Karrow, P.F., 1957. Pleistocene geology of the Grondines map-area, Québec. Ph.D. dissertation, University of Illinois, Urbana, 97 p.
- . 1984. Quaternary stratigraphy and history, Great Lakes-St. Lawrence region, p. 137-153. *In* R.J. Fulton, éd., *Quaternary Stratigraphy of Canada. A Canadian Contribution to IGCP Project 24*. Geological Survey of Canada. Paper 84-10.
- . 1989. Quaternary geology of the Great Lakes subregion, p. 348-374. *In* R.J. Fulton, éd., *Quaternary Geology of Canada and Greenland*. Geological Survey of Canada, 1.
- Lamothe, M., 1984. Apparent thermoluminescence ages of St. Pierre Sediments at Pierreville, Québec, and the problem of anomalous fading. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 21 : 1406-1409.
- . 1989. A new framework for the Pleistocene stratigraphy of the central St.Lawrence Lowland, Southern Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 43 (2) : 119-129.
- Lamothe, M., Parent, M. et Shilts, W.W., 1992. Sangamonian and early Wisconsinian events in the St.Lawrence Lowland and Appalachians of southern Quebec, Canada, p. 171-184. *In* P.U. Clark and P.D. Lea, éd., *The Last Interglacial-Glacial Transition in North America*. Geological Society of America, Special Paper 270.
- LaSalle, P., 1984. Quaternary stratigraphy of Quebec : A review, p. 155-171. *In* R.J. Fulton, éd., *Quaternary Stratigraphy of Canada. A Canadian Contribution to IGCP Project 24*. Geological Survey of Canada, Paper 84-10.
- 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, DPV 516, 74 p.
- McDonald, B.C. et Shilts, W.W., 1971. Quaternary stratigraphy and events in southeastern Québec. *Geological Society of America Bulletin*, 82 : 683-698.
- Muller, E.H., 1964. Quaternary section at Otto, New York. *American Journal of Sciences*, 262 : 461.
- 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, 227 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 (1-2) : 15-49.
- . 1989. Quaternary geology of St-Lawrence Valley and adjacent Appalachian subregion, p. 374-417. *In* R.J. Fulton, éd., *Quaternary Geology of Canada and Greenland*. Geological Survey of Canada 1.
- . 1990. Lithostratigraphie du Quaternaire de la vallée du Saint-Laurent : méthode, cadre conceptuel et séquences sédimentaires. *Géographie physique et Quaternaire*, 44 (2) : 137-145.
- Occhietti, S. et Clet, M., 1989. The last interglacial/glacial group of sediments in the Saint-Lawrence valley, Québec, Canada. *Quaternary International*, 3/4 : 123-129.
- Occhietti, S., Long, B., Clet, M., Boesflug, X. et Sabeur, N., 1995. Séquence de la transition Illinoien-Sangamonien : forage IAC-91 de l'île aux Coudres, estuaire moyen du Saint-Laurent, Québec. *Revue canadienne des sciences de la Terre*, 32 : 1950-1964.
- Occhietti, S., Balescu, S., Lamothe, M., Clet, M., Cronin, T., Ferland, P. et Pichet, P., 1996. Late Sangamonian glacio-isostatic Sea in the St. Lawrence Valley, Canada and USA. *Quaternary Research*, 45 : 128-137.
- Parent, M. et Occhietti, S., 1988. Late Wisconsinian deglaciation and Champlain Sea invasion in the St.Lawrence Valley, Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 42 : 215-246.
- Prest, V.K., 1977. General stratigraphic framework of the Quaternary in Eastern Canada. *Géographie physique et Quaternaire*, 31 (1-2) : 7-14.
- Richard, P.J.H., 1988. Végétation du Québec-Labrador : formations et grands domaines. Département de géographie, Université de Montréal. Carte murale.
- . 1993. Origine et dynamique postglaciaire de la forêt mixte au Québec. *Review of Paleobotany and Palynology*, 79 : 31-68.
- . 1994. Postglacial paleophytogeography of the eastern St. Lawrence River watershed and the climatic signal of the pollen record. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, 109 : 137-163.
- . 1995. Le couvert végétal du Québec-Labrador il y a 6000 ans BP : essai. *Géographie physique et Quaternaire*, 49 (1) : 117-140.
- Stuiver, M., Heusser, C.J. et Yang, I.C., 1978. North American glacial history extended to 75 000 years ago. *Science*, 200 : 16-21.
- Terasmae, J., 1958. Contributions to Canadian Palynology, pt 2 : Non-glacial deposits in the St. Lawrence Lowlands, Quebec. Geological Survey of Canada, 46 : 13-28.
- Vail, P.R., Colin, J.-P., Du Chene, J., Kuchly, J., Mediavilla, F. et Trifilieff, V., 1987. La stratigraphie séquentielle et son application aux corrélations chronostratigraphiques dans le Jurassique du bassin de Paris. *Bulletin de la Société géologique de France*, 8, III-7 : 1301-1321.
- Veillette, J.J. et Nixon, F.M., 1984. Sequence of Quaternary sediments in the Bélanger sand pit, Pointe-Fortune, Québec-Ontario. *Géographie physique et Quaternaire*, 38 : 59-68.