

Article

« Stratigraphie et Quaternaire de l'île aux Coudres, estuaire moyen du Saint-Laurent, Québec »

Denis Brodeur et Michel Allard

Géographie physique et Quaternaire, vol. 39, n° 2, 1985, p. 183-197.

Pour citer cet article, utiliser l'information suivante :

URI: <http://id.erudit.org/iderudit/032601ar>

DOI: 10.7202/032601ar

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

STRATIGRAPHIE ET QUATERNAIRE DE L'ÎLE AUX COUDRES, ESTUAIRE MOYEN DU SAINT-LAURENT, QUÉBEC

Denis BRODEUR et Michel ALLARD, Département de géographie et Centre d'études nordiques, Université Laval, Sainte-Foy, Québec G1K 7P4.

RÉSUMÉ La stratigraphie de l'île aux Coudres est représentée par trois coupes naturelles affleurant dans le secteur de la pointe de la Prairie, sur la côte nord-ouest de l'île. La découverte d'un horizon organique, à mi-hauteur des coupes, permet d'attribuer au Wisconsinien moyen une partie des unités stratigraphiques de l'île. La coupe composite comprend, de la base au sommet, sept unités: unité n° 1: sédiments sablo-graveleux stratifiés, associés à une plaine d'épandage fluvio-glaciaire; unité n° 2: série de rythmites glacio-lacustres, argilo-silteuses; unité n° 3: sables fluviaux stratifiés passant graduellement à un faciès de sédiments lacustres ou de plaine alluviale; unité n° 4: sédiments organiques phytogènes comprenant de la tourbe compactée et des morceaux de bois aplatis, datés entre 34 430 et 26 400 ans BP, associés à un épisode terrestre, caractérisé par une plaine alluviale boisée et tourbeuse à caractère boréal; unité n° 5: sables stratifiés avec des déformations glacio-tectoniques; unité n° 6: till et sédiments de contact glaciaire, associés à l'avancée glaciaire de Gentilly; unité n° 7: sédiments littoraux d'eau peu profonde de la mer de Goldthwait. L'épisode marin post-glaciaire a donné au relief de l'île une grande partie de son aspect actuel depuis 9800 – 9400 ans BP, soit depuis le Goldthwaitien III. Une série de radiodatations ^{14}C est publiée. Les informations suggérées par l'analyse pollinique et l'analyse des diatomées d'échantillons provenant des unités stratigraphiques n°s 2 et 4 permettent de mieux préciser leurs paléoenvironnements. Les corrélations possibles avec des unités stratigraphiques du Quaternaire des basses terres du Saint-Laurent et de la région de Québec sont discutées.

ABSTRACT *Quaternary stratigraphy of Île aux Coudres, Middle St. Lawrence Estuary, Québec.* The Quaternary stratigraphy of Île aux Coudres has been surveyed in three sections in the immediate vicinity of Pointe de la Prairie, on the northwestern side of the island. Gullying exposed in the sections an organic layer that has been dated as from Middle Wisconsinan. From base to top, the composite section may be subdivided into seven units: unit No. 1: stratified gravelly sands probably belonging to a glaciofluvial outwash; unit No. 2: silty and clayey glacio-lacustrine rhythmites; unit No. 3: stratified fluvial sands that grade upwards into a lacustrine or alluvial plain facies; unit No. 4: compressed peat beds containing wood. This unit yield finite ^{14}C dates between 34 430 and 26 400 years BP and represents a terrestrial episode characterized by a woody and peaty alluvial plain of boreal type. Unit No. 5: stratified sands deformed by glaciotectionic structures; unit No. 6: till and ice-contact sediments of the Gentilly Stade of the Wisconsinan; unit No. 7: shore sediments of the Goldthwait Sea. Emergence of the island from Goldthwait Sea began by 9800 – 9400 years BP. Much of the relief of Île aux Coudres consists of raised marine landforms from this episode. Some ^{14}C dates are presented. Pollen and diatom analysis of samples from units Nos. 2 and 4 allow to go further into details about their paleoenvironments. Possible correlations with stratigraphic units of the St. Lawrence Lowland and Québec area are also discussed.

ZUSAMMENFASSUNG *Schichtung und Quaternär der île aux Coudres, mittlerer Sankt-Lorenz Gezeitenfluss, Québec.* Die Schichtung der île aux Coudres wird durch drei natürliche Schnitte dargestellt, die im Gebiet der Spitze von La Prairie, an der Nord-Westküste der Insel zusammenlaufen. Die Entdeckung eines organischen Horizonts in mittlerer Höhe der Schnitte gestattet, einen Teil der Schichtungs-Einheiten der Insel dem mittleren Wisconsin zuzuordnen. Der vielschichtige Schnitt besteht von der Basis bis zur Spitze aus sieben Einheiten: Einheit Nr.1: sandig-kiesige, geschichtete Sedimente, die mit einer fluvio-glazialen Schwemmebene in Verbindung gebracht werden; Einheit Nr.2: eine Reihe von glazialen Ton-Schlamm See-Rythmiten; Einheit Nr.3: geschichteter Flußsand, der allmählich in ein Fazies von See-sedimenten oder das einer Schwemmelebene übergeht; Einheit Nr.4: organische phytogene Sedimente, die zusammengepreßten Torf und abgeflachte Holzstückchen enthalten, und die auf zwischen 34 430 und 26 400 Jahre v.u.Z. datiert werden, in Verbindung mit einer Land-Episode, die durch eine bewaldete Schwemmelebene und Torfebene von nördlichem Typus charakterisiert ist; Einheit Nr.5: geschichteter Sand mit glazial-tektonischen Deformationen; Einheit Nr.6: Till und Eis-kontakt-Sedimente, die mit dem glazialen Vorstoß von Gentilly in Verbindung gebracht werden; Einheit Nr.7: Küstensedimente aus wenig tiefem Wasser des Goldthwait-Meeress. Die marine post-glaziale Episode hat seit 9800-9400 Jahren v.u.Z., d.h. seit dem Goldthwait III, dem Relief der Insel einen großen Teil seines heutigen Aussehens gegeben. Eine Reihe von Radiodatierungen ^{14}C wird vorgestellt. Die Pollenanalyse und die Analyse der Kieselalgen, aus Proben der Schichteneinheiten Nr.2 und 4, geben Informationen, die es ermöglichen, ihre Vorzeitumgebungen genauer zu definieren. Die möglichen Korrelationen mit den Schichtungseinheiten des Quaternär im Tiefland des Sankt Lorenz-Stroms und des Gebiets um Québec werden diskutiert.

INTRODUCTION

Les publications récentes sur le Quaternaire du Québec méridional montrent l'importance de la région du moyen estuaire du Saint-Laurent, à la fois pendant la phase de l'englacement du Wisconsinien supérieur et au cours de la déglaciation qui suivit (OCCHIETTI, 1982). En effet, la progression du glacier continental depuis les plateaux du bouclier a dû nécessairement entraîner un blocage de l'estuaire, ce qui a eu des conséquences importantes sur la stratigraphie du Québec méridional. Peu de données ont été recueillies sur la rive septentrionale, notamment dans Charlevoix, et dans les îles, permettant de situer de façon détaillée le contexte quaternaire de cette région.

L'île aux Coudres est localisée dans le moyen estuaire du Saint-Laurent (DIONNE, 1963), à environ 90 km en aval de Québec. BRODEUR (1982) et BRODEUR et ALLARD (1980, 1983a, 1983b) ont décrit la morphologie de l'île, ses plates-formes rocheuses littorales et tenté, à la lumière des données alors disponibles, d'en esquisser le contexte quaternaire.

La présente contribution fait état des unités stratigraphiques relevées récemment dans l'île. La présence dans les coupes d'un banc de rythmites argilo-silteuses et d'une couche organique datant vraisemblablement, selon les âges ^{14}C , du Wisconsinien moyen, nous apparaît susceptible de faire avancer les connaissances sur la stratigraphie du Quaternaire du Québec méridional. Compte tenu de la localisation stratégique du site relativement à la dynamique de l'inlandsis et du système fluvial du Saint-Laurent, un souci de détail dans la description des unités stratigraphiques nous est apparu comme un impératif.

CONTEXTE PHYSIOGRAPHIQUE ET GÉOLOGIQUE

Bien que située près de la rive nord de l'estuaire, l'île aux Coudres appartient géologiquement au domaine des Appalaches. Elle est en effet localisée au front des nappes appalachiennes. La ligne de Logan passe sous les eaux du passage de l'île aux Coudres, entre l'île et la terre ferme (ST-JULIEN et HUBERT, 1975). Les formations appalachiennes locales sont représentées par deux séquences de roches détritiques cambro-ordoviciennes dont le contact est souligné par une faille de chevauchement. Le tracé de cette faille divise l'île dans le sens de la longueur. Du côté nord-ouest de la faille domine un faciès microgréseux qui correspond aux plus hauts reliefs de l'île, soit des collines rocheuses d'allongement SW-NE; le plus haut sommet atteint 102 m d'altitude. Du côté sud-est de la ligne de faille domine un faciès flyschique à travers lequel sont disposés des bancs conglomératiques à éléments calcaires ou gréseux (RONDOT, 1969, 1977). Bien que l'île s'inscrive dans le rayon de l'astrolème de Charlevoix, on n'y retrouve pas les manifestations tectoniques qui y sont associées (RONDOT, 1979).

Les plateaux de Charlevoix, distants d'à peine 5-10 km, sont composés de gneiss charnockitiques, de paragneiss, d'amphiboles, de mangérites et d'anorthosites (LAURIN et SHARMA, 1967). Fait important, des calcaires ordoviciens (groupe de Trenton) sont disposés en lambeaux dans le fond de la vallée du Gouffre à l'intérieur du Bouclier. De plus, des

affleurements de ces calcaires sont aussi accrochés aux escarpements des failles normales immédiatement en face de l'île.

Le passage de l'île aux Coudres est profond, en moyenne d'une quarantaine de mètres, avec quelques fosses dont la profondeur dépasse 60 m (PÉCHES ET OCÉANS CANADA, 1980). La salinité de l'eau est d'environ 13‰. Les sédiments de fond sont très grossiers en raison des forts courants de marée. Des réflecteurs sismiques sous les fonds y ont déjà été interprétés comme pouvant être des tills associés à des positions morainiques connues dans les basses terres du Saint-Laurent et datant du Wisconsinien supérieur; d'autres couches réflectrices ont été associées à des argiles, certaines goldthwaitiennes, certaines d'âge indéterminé (NOTA et LORING, 1964; LORING et NOTA, 1973; D'ANGLEJAN et BRISEBOIS, 1974; BRISEBOIS, 1975; CENTREAU, 1975; et CREMER, 1979).

Le Quaternaire de Charlevoix est connu de façon générale, mais tout de même fragmentaire, à la suite des travaux de MAWDSLEY (1927), CHAGNON (1969), RONDOT (1969, 1972, 1974) et POULIN (1976), en grande partie résumés par DIONNE (1977). Les basses terres de la rive sud de l'estuaire ont été étudiées plus en détail par GOLDTHWAIT (1911, 1912, 1913, 1933), LEE (1962, 1963), GADD (1964), DIONNE (1972), LOCAT (1977, 1978), MARTINEAU (1977), LASALLE *et al.* (1980) et LORTIE et GUILBAULT (1984). Aucun de ces travaux n'a encore fait mention de dépôts antérieurs au dernier épisode glaciaire.

Les sédiments quaternaires pré-goldthwaitiens recensés à l'île aux Coudres sont confinés au secteur de la pointe de la Prairie (fig. 1). La configuration de l'escarpement rocheux, aujourd'hui fossilisé, créait, au moment de leur sédimentation, un rentrant largement ouvert sur le nord-ouest et a pu constituer un piège à sédiments. Là sont restés accrochées les séquences quaternaires de l'île qui ont échappé aux phases érosives ultérieures, en particulier celle du creusement du proto-estuaire.

Pour le reste, le Quaternaire de l'île est représenté par les dépôts littoraux minces de la mer de Goldthwait, par une plaine d'argile marine sur une partie de l'île et par une tourbière récente (*i.e.* post-émersion) dans le sillon central déprimé de l'île (BRODEUR, 1982).

MÉTHODOLOGIE

Le relevé de la coupe principale de la pointe de la Prairie a été effectué à l'été 1979. Les unités stratigraphiques furent décrites sur place et des échantillons prélevés dans chacune d'entre elles pour fins d'analyses granulométriques. Les penchages sédimentaires ainsi que l'orientation des strates et des micro-failles ont été mesurés au moyen d'une boussole à clinomètre Brunton. Aucun débris datable par les méthodes radiométriques ne fut alors trouvé.

Deux autres coupes adjacentes, mises en évidence par un ravinement récent, furent étudiées, de façon plus détaillée, à l'automne 1983 et au début de l'été 1984. Dans le texte, nous désignerons ces coupes sous les vocables de «coupe du ravin amont et coupe du ravin aval de la pointe de la

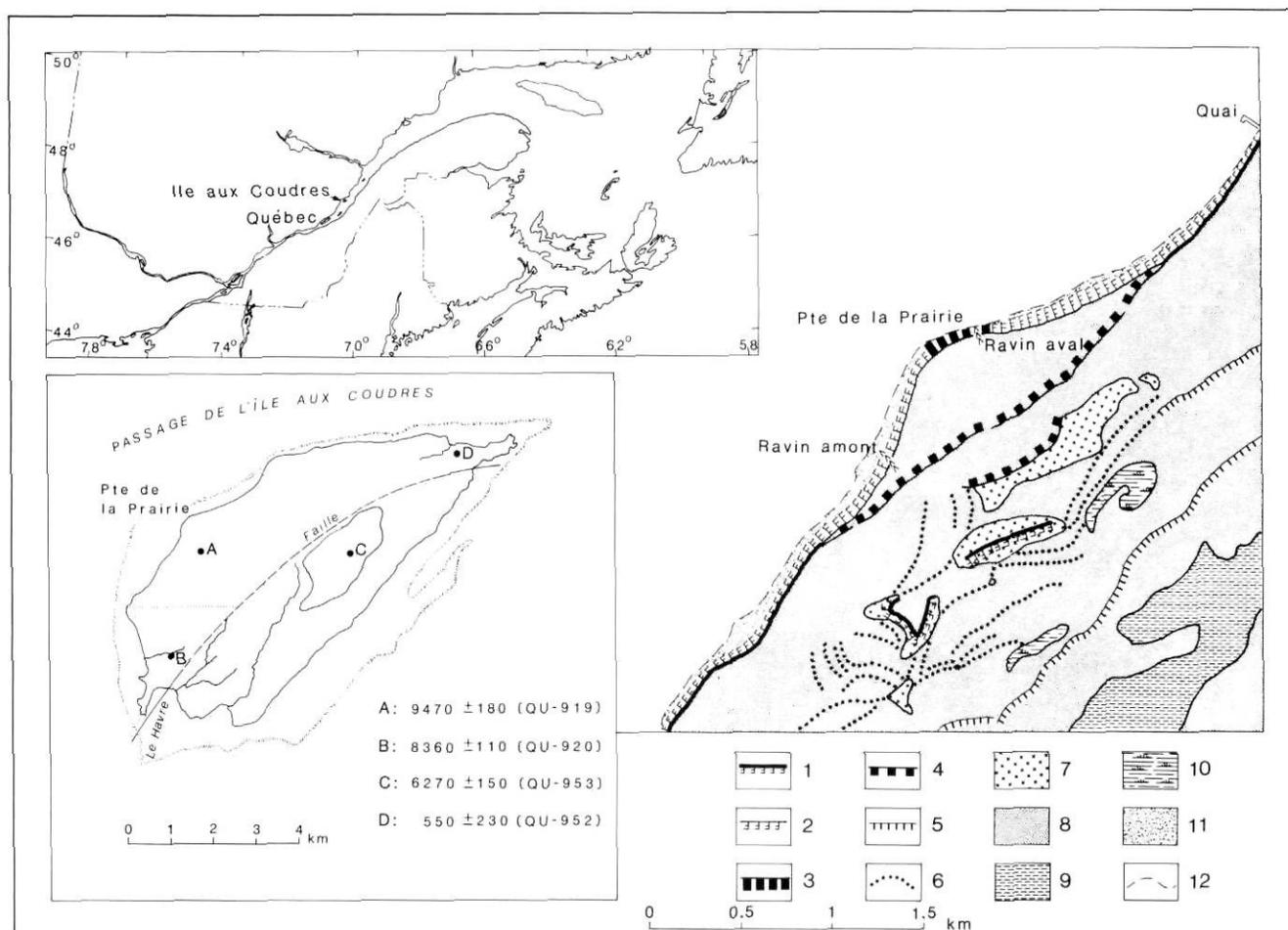


FIGURE 1. Localisation de l'île aux Coudres et des coupes stratigraphiques de la pointe de la Prairie. Légende: 1) falaise rocheuse morte; 2) falaise meuble morte; 3) falaise meuble vive; 4) talus contrôlé par la roche en place; 5) talus de terrasse marine; 6) cordon littoral ou crête de plage; 7) roche en place (micro-grès); 8) sables et graviers littoraux goldthwaitiens; 9) argile silteuse goldthwaitienne; 10) tourbière; 11) terrasse d'accumulations Mitis; 12) ligne des plus hautes eaux.

Location of Île aux Coudres and stratigraphic sections of Pointe de la Prairie. 1) Ancient rocky cliff; 2) ancient unconsolidated cliff; 3) active unconsolidated cliff; 4) rock scarp; 5) wave cut scarp; 6) sand bar or beach ridge; 7) siltstone outcrops; 8) Goldthwait Sea gravels and sands; 9) Goldthwait Sea clays; 10) peat bog; 11) Mitis aggradational terrace; 12) high water line.

Prairie». Ces récents relevés de terrain ont permis la mise à jour d'un horizon contenant de la matière organique, de la tourbe et des macro-restes de bois comprimés. Des échantillons provenant des coupes du ravin amont et de la pointe de la Prairie ont été soumis pour datation au ^{14}C , identification des macro-restes, analyse pollinique et diatomifère.

La coupe stratigraphique de la pointe de la Prairie englobe toute la série de l'île aux Coudres, tandis que les deux coupes adjacentes fournissent des éléments complémentaires. Les unités stratigraphiques de la coupe du ravin amont sont plus épaisses et celles du ravin aval, mieux pourvues en sédiments glaciaires (till) (fig. 2). Nous présentons la séquence d'ensemble, facile à reconstituer à partir des trois coupes.

Les mesures d'altitude des lignes de rivage ont été obtenues au moyen d'un altimètre anéroïde dans le secteur de l'île compris entre Le Havre (Îlette d'en Haut) et la gravière du

sommet de l'île. Les altitudes ont été corrigées et ramenées au niveau moyen de la mer.

La photo-interprétation des dépôts meubles de l'île a donné lieu à la réalisation d'une carte morpho-sédimentologique dont certaines unités ont été datées au ^{14}C (BRODEUR, 1982).

STRATIGRAPHIE DE LA POINTE DE LA PRAIRIE

Le contact entre les dépôts quaternaires et le roc sous-jacent n'est pas visible, le pied de la coupe étant situé au niveau des marées hautes qui viennent saper la base de la falaise lors des tempêtes (fig. 3). De bas en haut, la série de l'île aux Coudres comprend sept unités stratigraphiques (fig. 4).

Unité n° 1

Près de 12 m de sables stratifiés disposés en gouttières contenant des stratifications mineures entrecroisées, consti-

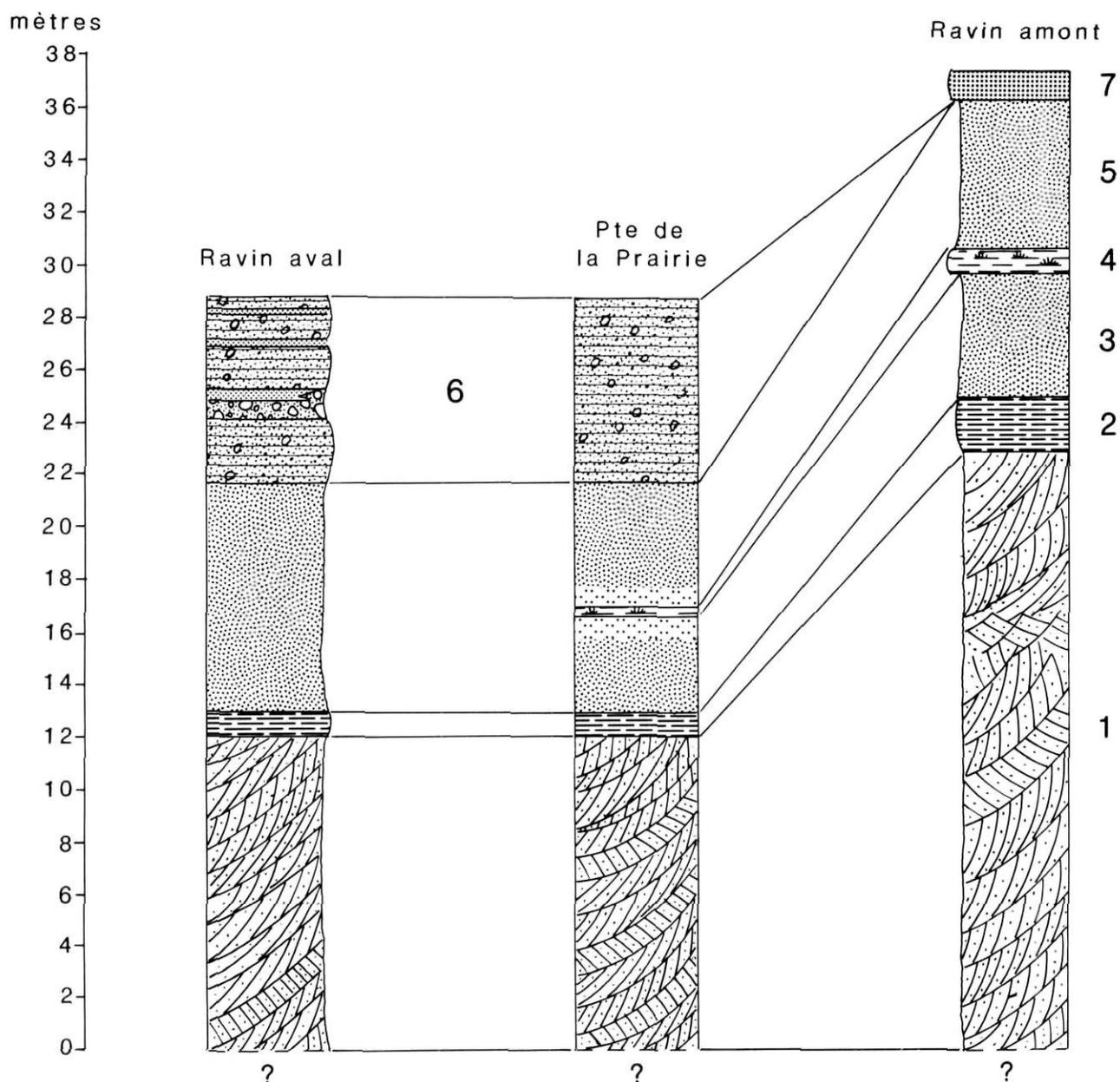


FIGURE 2. Coupes stratigraphiques de la pointe de la Prairie: 1) sédiments sablo-graveleux stratifiés; 2) rythmites glacio-lacustres argilo-silteuses; 3) sables fluviaux stratifiés; 4) sédiments organiques phytogènes; 5) sables stratifiés avec déformations glaciotectioniques; 6) till et sédiments de contact glaciaire de Gentilly; 7) sédiments littoraux d'eau peu profonde de la mer de Goldthwait.

Stratigraphic sections of Pointe de la Prairie: 1) stratified gravelly sands; 2) silty and clayey glacio-lacustrine rhythmites; 3) stratified fluvial sands; 4) compressed peat beds containing wood; 5) stratified sands deformed by glaciotectionic structures; 6) till and ice-contact sediments of the Gentilly ice advance; 7) shore sediments of the Goldthwait Sea.

tuent la première unité stratigraphique. Des lits de minéraux lourds accentuent le litage des strates mineures. Le sommet de l'unité se situe à 14,96 m au-dessus du niveau moyen de la mer. Il s'agit de sables grossiers, mal classés, dont certaines lentilles se composent de petits graviers. Le pendage sédimentaire moyen des strates mineures est de 25° et la direction moyenne est de 073°. Le paléocéoulement se faisait donc vers le NE, dans le même sens que le système hydrographique du Saint-Laurent actuel, de part et d'autre de l'île aux Coudres.

Dans la coupe du ravin amont de la pointe de la Prairie, l'unité affleure sur une puissance de 22,95 m. À 15,25 m de la base, on trouve un banc de sédiments clastiques composé de sables grossiers et de graviers à structures sédimentaires entrecroisées, d'une épaisseur de 1,80 m. L'unité n° 1, dans cette coupe, indique un écoulement variant entre 035° et 071° avec des pendages sédimentaires respectifs de 25° et 11°. Le dépôt est constitué de sédiments hétérogènes: le matériel précambrien domine largement par rapport aux quelques élé-



FIGURE 3. Vue générale des coupes de la pointe de la Prairie et du ravin aval (à gauche). La flèche indique le banc de rythmites de l'unité n° 2.

View of the Pointe de la Prairie section and the downstream gully section (at the left side of the picture). Arrow points to the rhythmites of unit No. 2.

ments paléozoïques (schistes appalachiens). Dans cette section, le sommet de l'unité se situe à 26,84 m au-dessus du niveau moyen de la mer.

D'après leur texture et le type de structures sédimentaires, ces sables graveleux pourraient appartenir à un système fluvial peu profond, anastomosé et en aggradation ou à une plaine d'épandage fluvio-glaciaire.

Unité n° 2

Une série de rythmites argilo-silteuses, vraisemblablement lacustres ou glacio-lacustres, sans macro-fossiles, d'une puissance voisine de 1 m témoigne d'une phase limnique. Le dépôt est très compact et se débite en polyèdres aux faces d'altération oxydées. Ces sédiments peuvent être associés à des varves fines (ASHLEY, 1975, p. 306; REINECK et SINGH, 1980, p. 127-128), diatactiques (SAURAMO, 1923; READING, 1978, p. 422), caractérisées par des lits argileux sombres plus épais que les lits sablo-silteux clairs (fig. 5). En effet, les «lits d'été» sont gris clair à brun clair et sont composés de sables moyens à fins et de limons granoclassés. L'épaisseur moyenne de ces lits est de 1 mm et moins, quoique certains lits mesurent 2 mm, voire 4 mm d'épaisseur. Ces lits sont calcareux. Pour leur part, les «lits d'hiver» sont gris à gris foncé. Ils sont constitués de particules fines de la taille des argiles ($M_z = 9,10 \text{ }\mu\text{m}$), très mal classées. L'argile de ces rythmites ne réagit pas au contact de l'HCl (10%). Dans la falaise, nous avons dénombré 202 couplets d'une épaisseur moyenne oscillant entre 3 mm et 7 mm. Les couplets du sommet et de la base ont sensiblement la même épaisseur moyenne, soit 5,5 mm.

Dans le cas de la coupe du ravin amont, les rythmites affleurent sur 2 m d'épaisseur. Quatre cent vingt couplets ont été comptés sur une hauteur de 1,31 m. Ces rythmites présentent les mêmes caractéristiques sédimentologiques que celles décrites ci-dessus. Les lits de varves sont basculés de 10° vers le fleuve. Trois échantillons prélevés dans cette

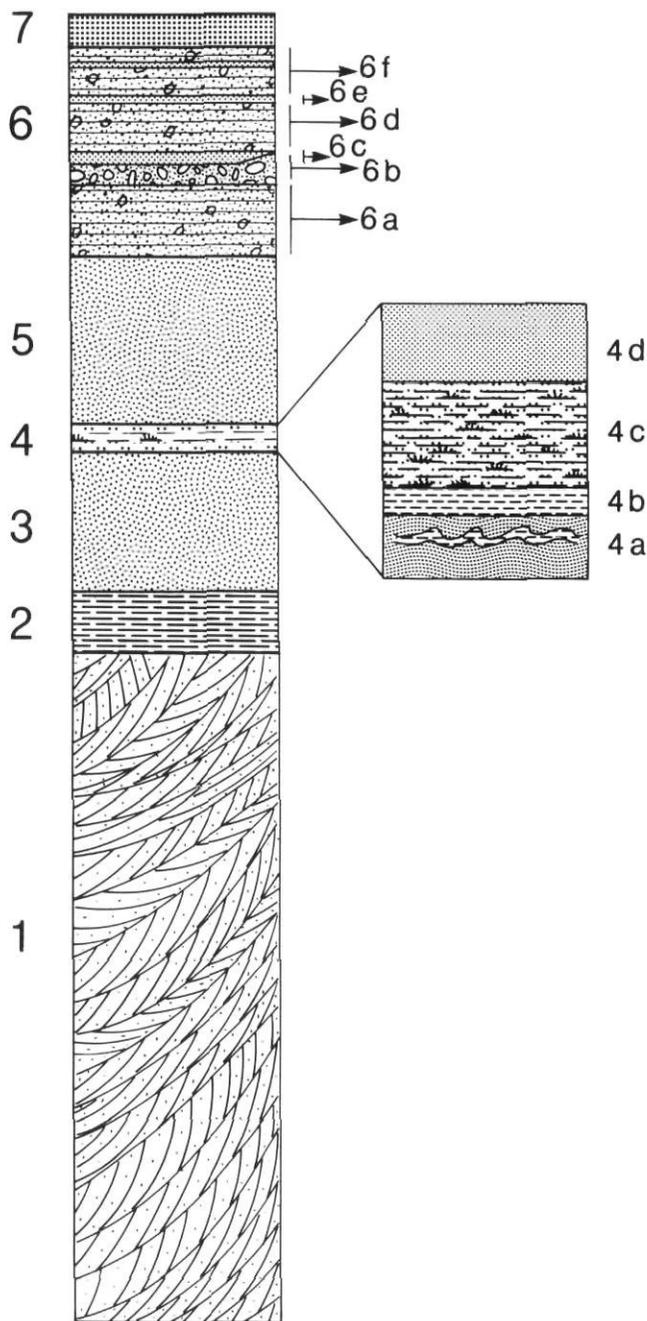


FIGURE 4. Coupe composite des sédiments quaternaires de l'île aux Coudres.

Composite section of Quaternary deposits of Île aux Coudres.

coupe, respectivement à la base, au milieu et au sommet de l'unité, ont été analysés pour leur contenu en micro-fossiles et en grains de pollen.

Même à l'échelle microscopique, ces sédiments d'eau calme apparaissent presque azoïques. En effet, parmi les trois échantillons recueillis, seuls ceux du centre et du sommet de l'unité ont livré une flore diatomifère qui s'est révélée pauvre (tabl. I), peu diversifiée, dominée à plus de 79% par *Achnanthes minutissima*. Cette espèce cosmopolite est souvent très



FIGURE 5. Rythmites glacio-lacustres argilo-silteuses (unité n° 2).
Silty and clayey glaciolacustrine rhythmites (unit No. 2).

abondante dans des eaux bien oxygénées. Elle est strictement confinée aux eaux de salinité inférieure à 0,5‰. L'absence de diatomées saumâtres ou marines confirme le caractère dulcicole des eaux, déjà suggéré par celle des foraminifères (G. Lortie et D. Scott, communications personnelles).

Ces trois échantillons, analysés pour leur contenu pollinique, sont insuffisants pour effectuer une reconstitution de la dynamique du paysage végétal environnant durant les siècles qu'à duré le lac dont les eaux étaient peut-être retenues par une masse de glace en aval de l'île aux Coudres. Les concentrations polliniques sont de l'ordre de 400 à 1800 grains/cm³. Le pollen arboréen atteint 37% à 58% du total et augmente apparemment de la base au sommet, tandis que le pollen herbacé se maintient entre 27% et 43% (tabl. II). Les espèces dominantes et dont l'apport est probablement régional sont l'épinette noire, l'aulne crispé, les cypéracées et les lycopodes; le pin gris était peut-être présent vers la fin de cet épisode. À noter la présence de *Salix herbacea*, à caractère arctique, et de *Pediastrum boryanum*, une algue verte planctonique d'eau douce. Les spectres polliniques correspondent à une forêt boréale relativement fermée, tandis que les rives du lac pouvaient être bordées de fens ou de marais. Prises telles qu'elles, les concentrations polliniques suggèrent que le pay-

sage terrestre des environs de l'île aux Coudres était occupé par les épinettes, et non par le glacier, ni par la toundra ou le désert périglaciaire. Toutefois, dans l'éventualité où ces concentrations peuvent ne résulter que de processus sédimentaires, il est possible qu'elles soient peu représentatives du paysage végétal environnant. Par ailleurs, la plus grande épaisseur des lits d'hiver suggère de longues saisons glacielles. Les carbonates détritiques, présents uniquement dans les lits d'été, indiquent un apport estival local, par exemple, de la vallée de la rivière du Gouffre et de l'érosion des calcaires présents sur les rives.

Unité n° 3

D'une puissance de 3,70 m, l'unité sus-jacente est formée de sables stratifiés qui passent graduellement à des sédiments lacustres sableux ou à des sédiments fluviaux de plaine alluviale caractérisée par un courant régulier et lent. Dans les premiers mètres, la stratification est intermittente et accompagnée de déformations erratiques consistant en d'occasionnelles petites failles de chevauchement et en empreintes de charge.

Dans la falaise, le contact entre les unités n°s 2 et 3 est très net et un peu ondulé; on y trouve également de petits cailloux disséminés. L'unité débute avec des sables bien stratifiés incluant de petites rides de courant. Dans ces dernières, le pendage des couches frontales est de 16° avec une direction de 138°. Le courant responsable de leur formation s'écoulait donc vers le SE. Plus haut, apparaît une zone de strates déformées, redressées en strates verticales au-dessus desquelles la stratification disparaît et d'où surgissent des petits cailloux limoneux non consolidés. Ces cailloux et la nature érosive du contact stratigraphique avec l'unité sous-jacente indiquent que, lors du passage du système lacustre au système fluvial, les courants ont érodé une tranche des rythmites préalablement déposées. Comme la granulométrie des sables de l'unité n° 3 suggère une faible profondeur d'écoulement, le lac préalable a dû soit se drainer, soit voir son niveau baisser, à moins que le changement du régime hydraulique n'ait été suffisamment rapide pour assurer un transport de sédiments de fond.

La stratification reprend ensuite avec des sables fins pour passer à des sables moyens à fins, moyennement bien triés. Les strates sont planes avec une inclinaison uniforme vers le SSE (159°). On relève également des petits lits de minéraux lourds d'environ 1 mm d'épaisseur, s'inclinant aussi dans une direction de 159°. Phénomène occasionnel dans ces sables, une faille de chevauchement indique que le dépôt a connu une poussée orientée vers le SW.

L'unité n° 3 est mieux développée et moins perturbée dans la coupe du ravin amont. Son épaisseur est de 4,75 m. Elle débute par des sables stratifiés à figures sédimentaires entrecroisées dans du matériel d'origine uniquement précambrienne. Près du contact avec les varves de l'unité n° 2, le pendage sédimentaire est de 11° vers 063°. Le contact entre les unités n°s 2 et 3 est très net; ce n'est pas un contact d'érosion. Les sables de l'unité n° 3 y sont très compacts et occasionnellement incrustés dans les varves. Vers le haut de l'unité, la stratification devient plane dans des sables moyens

TABLEAU I

Flore diatomifère d'échantillons des unités n^{os} 2 et 4

| Taxons | Rythmites (unité 2) | | Horizon organique (4c) |
|--|---------------------|--------|------------------------|
| | centre | sommet | |
| | % | % | % |
| <i>Achnanthes levanderi</i> Hust. | | | 0,20 |
| <i>Achnanthes minutissima</i> Kütz. | 98,00 | 79,48 | 43,38 |
| <i>Anomeoneis seriens</i> var. <i>brachysira</i> (Bréb. ex Kütz.) Hust | | | 0,41 |
| <i>Cymbella minuta</i> Hilse ex Rabh. | | | 1,65 |
| <i>Eunotia denticula</i> (Bréb.) Rabh. | | | 0,20 |
| <i>E. curvata</i> (Kütz.) Lagerst. | | | 1,23 |
| <i>E. praerupta</i> var. <i>inflata</i> Grun. | | | 0,41 |
| <i>Fragilaria pinnata</i> Ehr. | | | 0,67 |
| <i>F. virescens</i> Ralf. et var. <i>subsalina</i> Grun. | | 7,69 | 0,41 |
| <i>Frustulia rhomboides</i> var. <i>capitata</i> (A. Mayer) Patr. | | | 0,20 |
| <i>F. vulgaris</i> (Thwaites) De T. | | | 0,41 |
| <i>Gomphonema angustatum</i> var. <i>productum</i> Grun. | | | 16,52 |
| <i>G. gracile</i> Ehr. emend. V.H. | | | 0,41 |
| <i>G. grunowii</i> Patr. | | | 0,20 |
| <i>G. parvulum</i> Kütz. | | | 9,08 |
| <i>Navicula atomus</i> (Kütz.) Grun. | | 0,67 | |
| <i>N. cryptocephala</i> Kütz. | | | 0,20 |
| <i>N. radiosa</i> var. <i>tenella</i> (Bréb.) Grun. | 0,20 | 0,67 | 0,82 |
| <i>Nitzschia dissipata</i> (Kütz.) Grun. | 0,40 | | 0,82 |
| <i>N. fonticola</i> | | 1,28 | |
| <i>N. frustulum</i> var. <i>permunita</i> Grun. | | 1,70 | |
| <i>Nitzschia minuta</i> Bleish | 1,20 | | |
| <i>N. palea</i> (Kütz.) W. Smith et var. <i>debilis</i> (Kütz.) Grun | | | 1,23 |
| <i>Nitzschia</i> spp. | | 1,70 | 0,20 |
| <i>Pinnularia krockii</i> Grun. | | 0,67 | |
| <i>Pinnularia</i> spp. | | 4,27 | |
| <i>Stauroneis anceps</i> Ehr. | | | 0,41 |
| <i>S. thermicola</i> var. <i>lanceolata</i> Hust. | | | 1,64 |
| <i>Surirella ovata</i> Kütz. | | | 0,41 |
| <i>Synedra radians</i> Kütz. | | | 14,04 |
| <i>S. vaucheriae</i> Kütz. | | | 1,23 |
| <i>Tabellaria flocculosa</i> (Roth.) Kütz. | | | 0,41 |
| Valves comptées | 250 | 117 | 242 |

à fins avec des rides de courant orientées vers 085°. Le pendage sédimentaire du dernier mètre d'épaisseur de l'unité est de 12° vers 030°. Une poche d'argile, de taille métrique, contenant des débris végétaux a été observée près du contact avec l'unité sus-jacente à laquelle elle semble reliée. L'évolution future de la coupe devrait permettre de préciser s'il s'agit ou non d'un accident dans l'évolution du versant ou d'une déformation sédimentologique dont on pourrait déduire des informations paléoenvironnementales.

Unité n° 4

Cette unité très importante de la séquence apparaît, dans la falaise de la pointe de la Prairie, comme un lit de sable fin et de limon imprégné de matière organique noire englobant un horizon mince et discontinu de tourbe compactée et quelques morceaux de bois (fig. 6). Dans cette coupe, l'unité mesure 14-15 cm d'épaisseur. Par contre, même si elle disparaît presque par endroits, elle est continue et bien en évidence dans le ravin amont où, plus résistante à l'érosion que

les sables encaissants, elle se présente sous forme d'une corniche de 79 cm d'épaisseur. On distingue quatre sous-unités dans sa partie la plus épaisse (fig. 4 et 7) :

- Sous-unité n° 4a (base) : sable fin à moyen avec rides de courant composées de minéraux lourds indiquant un écoulement lent et régulier. Ce sable est suivi de lits de limons sinueux contenant de la matière organique. Vers le haut, les sables sont à granulométrie changeante. Dix-huit centimètres d'épaisseur en tout.
- Sous-unité n° 4b : matériel limoneux compact, de couleur brune, sur une épaisseur totale de 8 cm, surmonté d'un lit noir de matière organique compactée et feuilletée, interstratifiée de lits de 1 cm de sables grossiers gris lessivés.
- Sous-unité n° 4c : d'une épaisseur moyenne de 20-30 cm, cette sous-unité montre des variations latérales : matière organique noire dans du limon, tourbe compacte, lits de sables de 1 à 5 cm d'épaisseur, morceaux de bois aplatis.

TABLEAU II
Contenu pollinique d'échantillons des unités n^{os} 2 et 4

| Principaux taxons | Rythmites unité n ^o 2 | | | Horizon organique (4c) |
|---|----------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | Base | Milieu | Sommet | |
| ARBRES | % | % | % | % |
| <i>Picea</i> (indif.) | 4,6 | 5,0 | 3,4 | 2,5 |
| <i>Abies balsamea</i> | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,4 |
| <i>Cupressaceae</i> (indif.) | 0,0 | 0,0 | 0,3 | 0,0 |
| <i>Betula</i> (indif.) | 7,9 | 7,8 | 10,4 | 5,9 |
| <i>Picea cf. mariana</i> | 12,5 | 28,4 | 7,8 | 21,6 |
| <i>Pinus cf. divaricata</i> | 8,5 | 6,6 | 28,1 | 10,8 |
| <i>Pinus</i> (indif.) | 3,3 | 1,7 | 7,5 | 1,0 |
| ARBUSTES | | | | |
| <i>Aulus cf. crispa</i> | 25,2 | 3,1 | 5,5 | 23,1 |
| <i>Salix</i> type <i>herbacea</i> | 0,7 | 0,0 | 0,0 | 1,8 |
| HERBES | | | | |
| Gramineae | 7,9 | 5,7 | 6,5 | 1,2 |
| <i>Artemisia</i> | 0,7 | 1,2 | 1,3 | 1,0 |
| Cyperaceae | 14,1 | 31,3 | 20,0 | 24,3 |
| HORS SOMME | | | | |
| <i>Sphagnum</i> (indif.) | 4,3 | 0,9 | 1,6 | 0,0 |
| <i>Potamogeton</i> | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,2 |
| <i>Sparganium-Typha</i> | 0,0 | 0,0 | 1,6 | 0,2 |
| <i>Selaginella selaginoides</i> | 0,0 | 1,2 | 0,0 | 0,0 |
| <i>Spores monoletes</i> | 41,6 | 5,9 | 6,0 | 1,2 |
| <i>Lycopodium</i> type <i>annotinum</i> | 102,3 | 28,0 | 6,5 | 1,6 |
| <i>Lycopodium</i> type <i>obscurum</i> | 8,9 | 0,9 | 0,3 | 0,2 |
| <i>Pediastrum boryanum</i> var. <i>integrum</i> | 0,0 | 0,5 | 0,8 | 0,0 |
| <i>Pediastrum boryanum</i> var. <i>longicorne</i> | 0,0 | 0,2 | 1,6 | 0,0 |
| Résultat global | | | | |
| Pollen arboréen | 37,0 | 49,8 | 58,4 | 43,3 |
| Pollen arbustif | 26,6 | 4,3 | 6,8 | 25,9 |
| Pollen herbacé | 33,8 | 43,1 | 30,4 | 27,6 |
| Indéterminés | 2,6 | 2,8 | 4,4 | 3,1 |
| <i>Hors total</i> | 161,6 | 38,9 | 20,3 | 3,7 |
| | grains/cm ³ | grains/cm ³ | grains/cm ³ | grains/cm ³ |
| Somme pollinique | 305 | 422 | 385 | 510 |
| Concentration pollinique | 1731 | 3398 | 462 | 23805 |

● Sous-unité n^o 4d : 23 cm de sables à stratification horizontale passant de fins à moyens et devenant de plus en plus grossiers vers le haut.

Une discordance angulaire marque ensuite le contact avec l'unité n^o 5 sus-jacente.

Un pendage sédimentaire de 34° à la base de l'unité, dans la coupe de la pointe de la Prairie, indique un écoulement vers 122°.

Des morceaux de bois prélevés dans l'unité n^o 4 de la coupe de la pointe de la Prairie ont donné un âge radiocarbone de 30 220 ± 1060 BP (UL-12). D'autres morceaux provenant de la sous-unité n^o 4c de la coupe du ravin amont ont donné les résultats suivants : 28 170 ± 800 BP (I-13549), 34 430 ± 1770 BP (UL-11). Un échantillon de tourbe, du même site, fut aussi daté : 26 400 ± 960 BP (UL-10).

L'analyse pollinique et l'étude des macro-restes d'un échantillon de tourbe provenant de la sous-unité n^o 4c suggèrent une végétation de type boréal (tabl. II). L'épinette noire domine, parfois accompagnée de pin gris. La présence de *Salix herbacea* indique une couverture forestière ouverte, confirmée par l'abondance des cypéracées et par le caractère évidemment minérotrophe du milieu tourbeux. Les fragments de bois, les aiguilles et les graines de *Picea mariana*, les graines de carex et de potamots permettent de reconstituer pour l'unité n^o 4 un milieu de plaine alluviale. Cette plaine alluviale avait une nappe phréatique près de la surface, était parsemée de mares (lacs de tourbières, délaissés?), portait des arbres et était inondée sporadiquement par un écoulement assez dynamique pour charrier des sables.

L'analyse des diatomées concorde assez bien avec cette reconstitution. Parmi la flore d'eau douce, peu abondante

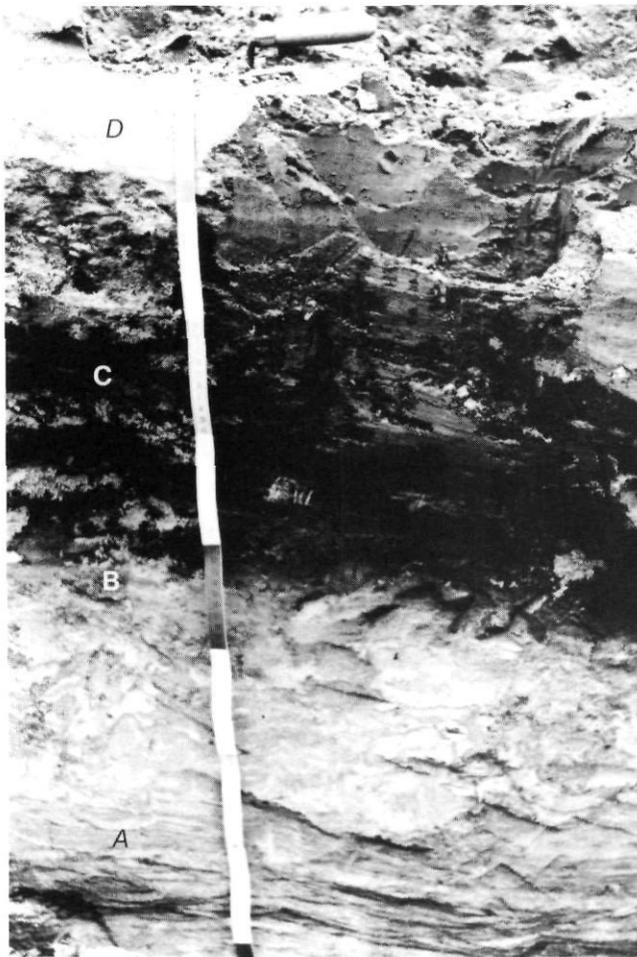


FIGURE 6. Contact entre les sables de l'unité n° 3 et la base des lits organiques de l'unité n° 4.

Contact between sands of unit No. 3 and the organic layers of unit No. 4.

mais assez bien diversifiée, on trouve essentiellement des taxons littoraux; les plus fréquents étant les épiphytes *Achnantes minutissima* (43,4%), plusieurs *Gomphonema* totalisant 26,2%. *Synedra radians* (14%) vit à l'état planctonique dans des eaux calmes, parfois sur le fond ou encore sur les plantes aquatiques peu profondes et riches en supports végétaux des berges d'un étang ou d'un cours d'eau (G. Lortie, communication personnelle).

Unité n° 5

L'unité n° 5 est représentée par 4,77 m de sables moyens à fins, stratifiés et moyennement bien classés. Les 2,65 premiers mètres de l'unité comprennent des sables à stratification non perturbée tandis que dans les 2,12 m suivants, plusieurs strates sont en position subverticale et montrent des lits bouleversés par la glaciotectonique. Ces perturbations semblent causées par la masse de glace, à l'origine du diamicton supérieur (unité n° 6). Un contact d'érosion net sépare les unités n° 5 et 6. De nombreuses petites failles de chevauchement, inclinées selon plusieurs plans, zèbrent ces sédiments sableux. Nous estimons que la poussée responsable des structures

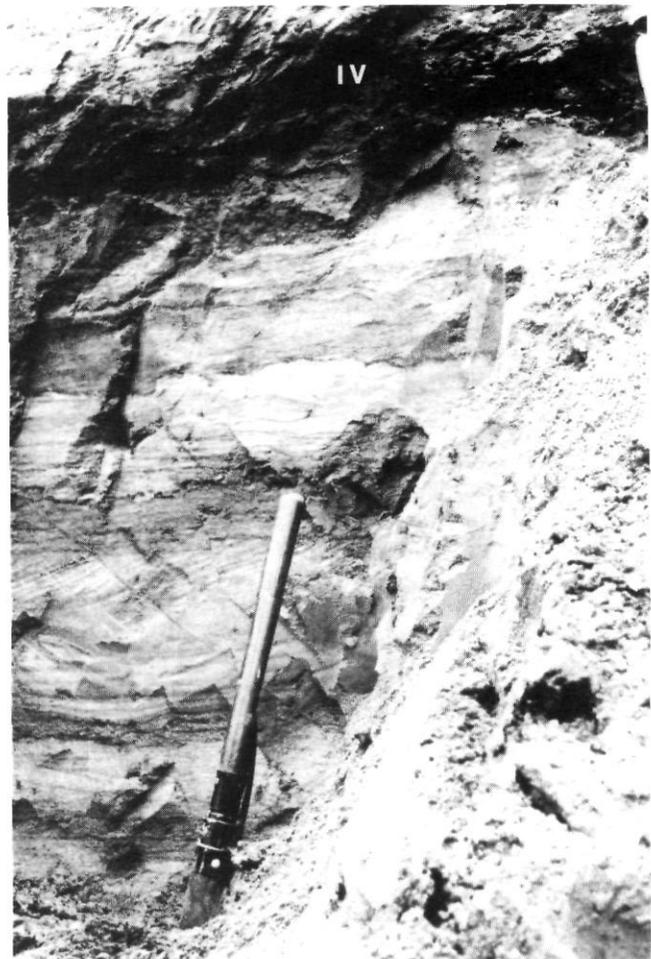


FIGURE 7. Détails de l'unité organique n° 4. Voir texte pour la description des sous-unités.

Details of organic unit No. 4. See text for description of sub-units.

de chevauchement venait du NE. On relève également des poches de limon ou de matériel fin, avec des structures en flammes orientées vers le SW (235°) et occasionnellement des cailloux.

Dans la coupe du ravin amont, cette unité d'une puissance de 5,80 m est constituée de sables moyens, très bien triés, avec des rides de courant et des lits entrecroisés (chenaux anastomosés). Le matériel est visiblement basculé vers 115° avec un pendage sédimentaire de 21°, et complètement perturbé par des failles normales et des failles chevauchantes. Les failles normales sont de faibles décrochements avec un pendage de 66°, les blocs affaissés étant du côté du fleuve. Une faille chevauchante importante, de 2° d'inclinaison et d'un chevauchement vers 149°, présente un décrochement horizontal de 20 cm. Le matériel est entièrement précambrien. On observe de nombreux lits de minéraux lourds et occasionnellement des petits lits de granules.

Ces sables représentent donc une période de sédimentation en milieu dynamique comparable à celle de l'unité n° 3. Il peut s'agir d'une seule longue période de sédimentation sa-

bleuse, ralentie pendant un certain temps ou localement interrompue par un épisode terrestre et d'entournement. Compte tenu de la nature glaciaire de l'unité sus-jacente, les déformations enregistrées dans les couches supérieures des sables sont vraisemblablement glaciotectioniques. L'orientation des chevauchements suggère que l'englaciation ultérieure venait du nord, plus probablement du NNW.

Unité n° 6

Cette unité consiste en matériaux de contact glaciaire comprenant en leur milieu un faciès de till de fond typique. Les diamictons de l'unité et les matériaux associés sont riches en blocs, hétérométriques et parfois stratifiés de façon discontinue. Dans la coupe de la pointe de la Prairie, le matériel se caractérise par des passées graveleuses (galets et cailloux subarrondis) dans une matrice sableuse avec des strates parfois ondulantes autour des galets et des blocs. Ces passées alternent avec des lits sableux d'une soixantaine de centimètres d'épaisseur. On rencontre également des petites passées de sables fins. La matrice du diamicton est de texture sablo-graveleuse (FOLK, 1974). Les strates sont subhorizontales (pendage inférieur à 5°) et leur direction ne peut être précisée. De minces lits de limon et de minéraux lourds sont intercalés à l'intérieur des strates. De gros blocs subarrondis s'individualisent ici et là dans le diamicton. Le matériel est surtout d'origine précambrienne avec des éléments de calcaires ordoviciens. Les formations appalachiennes sont absentes.

L'unité n° 6 est beaucoup mieux représentée dans la coupe du ravin aval. Dans l'ensemble, elle est constituée de lits de matériaux de contact glaciaire et d'un faciès de till de fond typique; argileux, compact, calcaireux, matrice fine avec sables, granules, cailloux et blocs isodiamétriques. On trouve également quelques passées de sables grossiers stratifiés, d'environ 10 cm d'épaisseur. De la base vers le sommet, l'unité n° 6 comprend six sous-unités :

- Sous-unité n° 6a (épaisseur indéterminée) : diamicton sableux, stratifié, comprenant des galets, des petits blocs précambriens et quelques calcaires ordoviciens. La stratification consiste en un mélange de passées tantôt sableuses tantôt argileuses, ces dernières étant nettement plus calcaireuses. Des galets non consolidés, à matrice argileuse, se mêlent aux sables. La trame de till indique un écoulement vers le SE (comptage sur 10 cailloux subanguleux de 6 à 10 cm de grand axe).

- Sous-unité n° 6b (60 cm) : till gris, silto-argileux, très compact, hétérogène et continu. Très calcaireux. Quelques cailloux calcaires striés. La trame de till indique aussi un écoulement glaciaire vers le SE.

- Sous-unité n° 6c (environ 40 cm) : poche constituée de sable moyen, bien trié, à stratification diffuse. Cette sous-unité est discontinue latéralement. Le matériel n'est pas calcaireux et se caractérise par des structures de courant, des strates perturbées, redressées et contorsionnées.

- Sous-unité n° 6d (1,50 m) : diamicton sableux, très caillouteux; avec quelques strates discontinues tantôt sableuses, tantôt silteuses. Présence de cailloux calcaires. En général, les cailloux sont plus nombreux que dans le till inférieur.

L'orientation moyenne des cailloux indique un écoulement glaciaire vers le SE.

- Sous-unité n° 6e (10-15 cm) : lit de sables grossiers, mal triés, à stratification subhorizontale, non calcaireux.

- Sous-unité n° 6f (1,50 m) : diamicton sablo-caillouteux, moyennement compact, avec des petits lits de sable diffus. Le tracé des strates épouse le contour des pierres. On trouve des cailloux et des galets mais pas de gros blocs. La matrice n'est pas calcaireuse. La trame du dépôt indique un écoulement glaciaire vers le SE.

Les contacts entre toutes ces sous-unités sont graduels et interdigités. Tous les indices (lithologie cristalline et calcaires d'origine ordovicienne, orientation des galets et structures de chevauchement de l'unité sous-jacente) indiquent une origine NNW pour l'invasion glaciaire ayant recouvert les dépôts fluviaux et terrestres plus anciens.

Unité n° 7

On trouve l'unité n° 7 seulement dans la coupe du ravin amont de la pointe de la Prairie. Elle comprend 1 m de sables et de graviers littoraux goldthwaitiens à stratification grossière. Ce matériel littoral consiste en graviers schisteux en majeure partie d'origine appalachienne mélangés à des sables grossiers; les nombreux cordons soulevés de l'île en sont également constitués. C'est un faciès identique aux plages goldthwaitiennes de la rive sud du Saint-Laurent. La plus vieille datation obtenue sur des coquillages dans la même unité stratigraphique, ailleurs à l'île aux Coudres, est de 9470 ± 180 BP (QU-919), à environ 85 m d'altitude (BRODEUR, 1982).

PALÉOENVIRONNEMENTS

Le faciès de l'unité n° 1 suggère une mise en place du dépôt par un cours d'eau divaguant et à paléocéoulement vers l'ENE et le NE, c'est-à-dire similaire à l'écoulement actuel du Saint-Laurent. Nous ignorons ce qu'il y a sous cette unité. De plus, les sédiments de l'unité n° 1 n'étant pas fossilifères, il est difficile de les attribuer à un épisode quelconque. Il peut s'agir de sédiments fluviaux (épisode terrestre) ou fluvio-glaciaires (fin d'un épisode glaciaire). Avec les rythmites de l'unité n° 2, on passe brusquement à un milieu glacio-lacustre d'une durée de quelques centaines d'années. L'absence de foraminifères, de diatomées de milieu saumâtre et marin ainsi que le faciès suggèrent la présence d'un lac glaciaire. De toute façon, il est difficile d'imaginer une autre cause qu'un barrage glaciaire en aval de l'île aux Coudres pour expliquer la présence de ces sédiments d'eau douce. L'écoulement fluvial reprend ensuite avec des sables dont le changement graduel de faciès suggère un régime de plus en plus lent (unité n° 3). Succède une plaine alluviale boisée et tourbeuse soulignée par des sédiments organiques (unité n° 4). Les âges finis, obtenus sur de la tourbe compactée et des morceaux de bois aplatis, suggèrent un environnement non glaciaire entre 34 430 BP et 26 400 BP.

L'approche de l'invasion glaciaire du Wisconsinien supérieur se manifeste peut-être dans les sables de l'unité n° 5, lesquels représenteraient, dans ce cas, un sous-faciès dynamique de la formation de Deschaillons. Mais il est plus probable, compte

tenu de leur faciès, que les sables de l'unité n° 5 soient la continuité stratigraphique de l'unité n° 3. Les dépôts organiques de plaine alluviale de l'unité n° 4 représenteraient, selon cette interprétation, une phase de remblaiement ralentie à travers l'ensemble de la séquence sableuse. Cet épisode de plaine alluviale pourrait résulter soit d'apports sédimentaires diminués, soit d'une période de stabilité de la croûte terrestre ou encore de migrations latérales de méandres au cours d'une longue période de sédimentation sableuse en écoulement peu profond, dans un bassin légèrement subsident.

Les couches supérieures de l'unité n° 5 sont affectées par la glaciotectonique. Ces déformations, ainsi que les caractéristiques du matériel glaciaire de l'unité n° 6, ne laissent aucun doute quant à l'arrivée d'un glacier en provenance du bouclier proche. Compte tenu de l'étroitesse du passage de l'île aux Coudres, cet englacement a pu être localement très rapide et est susceptible d'avoir bloqué le drainage fluvial de la vallée du Saint-Laurent. Cette obturation du moyen estuaire pourrait être à l'origine des sédiments glacio-lacustres de Deschailions plus en amont (LASALLE *et al.*, 1977a et 1977b; OCCHIETTI, 1982).

CORRÉLATIONS ET DISCUSSIONS

Les corrélations avec d'autres unités stratigraphiques du Wisconsinien moyen et supérieur des basses terres du Saint-Laurent peuvent être envisagées selon deux approches: 1) par association avec les faciès des principales unités lithostratigraphiques déjà reconnues; 2) par corrélation suivant les déterminations radio-chronologiques.

Les sables fluviatiles et les dépôts organiques des unités n°s 3, 4 et 5 correspondent très bien à la description générale des sédiments de Saint-Pierre (TERASMAE, 1958; GADD, 1971; OCCHIETTI, 1982). Par ailleurs, l'unité n° 6, constituée de dépôts de contact glaciaire incluant un faciès de till de fond, correspond sans équivoque au till de Gentilly. De telles corrélations impliqueraient un âge très ancien pour les sables et graviers de l'unité n° 1 (fluvio-glaciaire), une possibilité de corrélation des varves de l'unité n° 2 avec les varves de Pierreville, une sédimentation sableuse alluviale de longue durée couvrant tout le Wisconsinien moyen avec un épisode terrestre et, finalement, l'avancée glaciaire du Wisconsinien supérieur.

D'autre part, les datations ^{14}C de l'île aux Coudres sont d'âge comparable à plusieurs autres obtenues, dans les basses terres du Saint-Laurent, sur trois catégories de spécimens.

Premièrement, il existe une série de datations ^{14}C finies sur des restes végétaux à pointe Saint-Nicolas, près de Québec: 36 560 \pm 4690 BP (QU-439), 28 375 \pm 775 BP (UGa-463) (LASALLE *et al.*, 1977a); 38 600 \pm 2000 BP (UQ-388) (OCCHIETTI, 1982). La valeur de ces datations est très souvent remise en question et, à la suite d'essais nombreux, LASALLE (1984) y a obtenu une date > 42 000 BP (GSC-3420). Plusieurs autres sites ont aussi produit des âges ^{14}C non finis: Beauport, >37 000 BP (GSC-1473); Beaupré, > 39 000 BP (GSC-1539) (LASALLE *et al.*, 1977a) et Rigaud, >42 000 BP (GSC-2932) (GADD *et al.*, 1981).

Dans tous ces cas, les auteurs concernés estiment que les unités stratigraphiques en cause correspondent proba-

blement aux sédiments de Saint-Pierre, datés entre 75 000 BP et 61 000 BP, soit au ^{14}C par enrichissement isotopique (74 700 \pm 2700 BP, QL-198; STUIVER *et al.*, 1978), soit par thermoluminescence (61 100 \pm 9200 BP; LAMOTHE, 1984). À la différence des sites de la région de Québec, où ont été datés des débris organiques transportés, celui de l'île aux Coudres est caractérisé par une tourbe déposée *in situ*. À moins d'erreurs sur les datations, les sédiments organiques de l'île aux Coudres (unité n° 4c) représentent un épisode non glaciaire, dans l'estuaire du Saint-Laurent, au Wisconsinien moyen.

Il n'apparaît pas que la méthode de datation affecte les résultats obtenus. La date de 28 170 \pm 880 BP (I-13459) fut en effet réalisée par comptage proportionnel sur le CO_2 tandis que celles de 26 400 \pm 960 BP (UL-10), 30 220 \pm 1060 BP (UL-11) et 34 430 \pm 1770 BP (UL-12) le furent par comptage en scintillation liquide sur le benzène.

Les datations ^{14}C sur des concrétions calcaires provenant des varves du lac Deschailions (34 900 \pm 1625 BP, QU-559; - 1350

36 280 \pm 2410, QU-279; 37 500 \pm 2300 BP, QC-357; HILLAIRES-MARCEL, 1979) et sur les concrétions striées dans le till de Gentilly (34 000 \pm 1800 BP, UQ-312; 36 400 \pm 3000 BP, UQ-494; - 1470; - 2400

posent un problème de corrélation entre deux faciès très dissemblables (plaine tourbeuse et alluviale et lac glaciaire), mais renforcent l'idée que les basses terres et l'estuaire du Saint-Laurent n'auraient pas connu d'englaciation générale pendant une très grande partie du Wisconsinien (LAMOTHE *et al.*, 1983).

Des coquillages provenant de sédiments glacio-marins de l'île d'Anticosti et datés de 36 000 \pm 3500 BP (UQ-553), fournissent un âge pour l'avènement d'une masse de glace dans le golfe du Saint-Laurent (GRATTON *et al.*, 1984). Comme le détroit d'Honguedo ne fut pas obstrué par l'inlandsis au Wisconsinien supérieur (GRATTON *et al.*, *loc. cit.*), l'avancée glaciaire représentée par le till de l'unité n° 6, à l'île aux Coudres, indique à tout le moins une obstruction glaciaire au niveau de l'estuaire moyen.

Compte tenu des considérations qui précèdent, les corrélations présentées au tableau III sont proposées en attendant que d'autres travaux permettent de vérifier davantage la chronologie absolue et d'inventorier d'autres sites qui permettront d'affiner la synthèse régionale. Le problème de la durée totale représentée par les épisodes non glaciaires de Saint-Pierre, de Deschailions et de l'île aux Coudres de même que celui de la durée de l'englacement représentée par le till de Gentilly restent encore à éclaircir (FULTON *et al.*, 1984). Un problème identique se pose pour la chronologie des provinces de l'Atlantique, en particulier avec les sables de Salmon River en Nouvelle-Écosse (38 600 \pm 130 BP, GSC-1440; GRANT et KING, 1984, p. 181).

LE GLACIAIRE RÉCENT ET LE POST-GLACIAIRE

Avant la dernière glaciation, le relief était composé de crêtes rocheuses, d'accumulations du Wisconsinien moyen

TABLEAU III

Tableau corrélatif, île aux Coudres et basses terres du Saint-Laurent

| CENTRE DES BASSES TERRES DU ST-LAURENT ¹ | VILLE DE QUÉBEC ET RÉGION ¹ | BEAUPRÉ ² | ÎLE AUX COUDRES |
|---|--|---|---|
| Sédiments du proto-Saint-Laurent | Sédiments du proto-Saint-Laurent | Sables de hautes terrasses | Tourbière de l'île aux Coudres Sables éoliens |
| Sédiments marins (argile et sable) | Sédiments marins (argile et sable) | Sédiments glacio-marins de St-Nicolas | Argile marine |
| Sédiments varvés | Sédiments varvés | | Sédiments marins (argile et sable) |
| Till de Gentilly | Till de Québec | Till de St-Édouard | Till, dépôts de contact glaciaire et matériel proglaciaire |
| Sédiments glacio-lacustres de Deschaillons | Sédiments varvés (Beaupré) | Sédiments varvés de Beaupré | Till et dépôts de contact glaciaire |
| Sables alluviaux et tourbe Sédiments de St-Pierre (74 700 + 2700) – 2000 | Sédiments de l'anse aux Hirondelles; sables et graviers fluviaux. Apports organiques fluviaux > 42 000 BP | Sables et graviers stratifiés avec apports organiques > 39 000 BP | Sables de plaine alluviale avec épisode terrestre entre 36 000 et 26 000 BP |
| Sédiments varvés de Pierreville | | Sédiments varvés | Sédiments varvés |
| Till de Bécancour | Till de pointe St-Nicolas | | Sables et graviers de plaine d'épandage fluvio-glaciaire (fin Bécancour?) |
| Varves du Cap Lévrard | | | |

¹ d'après LASALLE (1984):² reconstitué à partir des coupes schématiques de LASALLE *et al.* (1977, p. 72) et la synthèse d'OCCHIETTI (1982, p. 24).

ou inférieur et, probablement, d'une plate-forme rocheuse littorale périphérique, laquelle est maintenant fossilisée le long de l'estuaire du Saint-Laurent sous des dépôts glaciaires et marins (DIONNE, 1974; LASALLE, 1972; ALLARD, 1981), et en particulier sous les dépôts de la terrasse Mitis (BRODEUR, 1982, p. 56). Cette plate-forme a été remodelée depuis l'émergence post-glaciaire et semble en équilibre avec les conditions hydrodynamiques actuelles là où elle s'étend en zone littorale (BRODEUR et ALLARD, 1983a). Quelques dépôts pouvant être des tills furent aussi trouvés au pied de falaises rocheuses de l'île, mais le manque de netteté des coupes incite à la prudence. En 1978, le décapage de la plate-forme rocheuse à la hauteur des crues de tempêtes laissait voir des queues de rat d'orientation moyenne NE (049°). Cette orientation, mesurée aussi sur le littoral de l'île d'Orléans (ALLARD, 1981), ainsi qu'à l'île aux Oies (VEILLETTE, 1979) et plus en aval dans l'estuaire (DIONNE, 1974; LOCAT, 1977) est attribuable au dernier écoulement glaciaire dans l'axe de l'estuaire. Malheureusement, la surface de l'affleurement de l'île aux Coudres a été géoliffractée et érodée en moins d'un an après sa mise à nu.

Les données permettant d'établir la chronologie de la mer de Goldthwait sur la rive nord du Saint-Laurent, en particulier

entre Québec et Tadoussac, sont fragmentaires et comportent quelques datations qui ont donné lieu, selon DIONNE (1977), à des interprétations erronées. LASALLE *et al.* (1977a) et DIONNE (*loc. cit.*) datent la submersion à environ 12 500 à 12 800 BP pour la région de Baie-Saint-Paul — La Malbaie. Au cours de cette invasion marine, l'île aux Coudres fut profondément submergée. En effet, l'altitude atteinte par la mer de Goldthwait avoisinait les 190 m (peut-être 200 m), alors que le sommet de l'île atteint 102 m. Après la réavancée de Saint-Narcisse (ca 11 000 BP), le niveau marin atteignait encore 150 m (RONDOT, 1974; POULIN, 1976).

L'édification des formes d'accumulations littorale de l'île aux Coudres débute au moment de l'émergence des plus hauts sommets vers 9800 ± 150 BP (GSC-1500), en étendant jusqu'à l'île le niveau de 100 m de Tadoussac (DIONNE, 1977). Vers 9470 ± 180 BP (QU-919), le niveau marin à l'île aux Coudres devait être voisin de 85 m (BRODEUR, 1982).

Deux types de faciès caractérisent les dépôts associés à la mer de Goldthwait: un faciès d'eau peu profonde et un faciès d'eau profonde. Les dépôts de plages anciennes constituent les matériaux les plus répandus de l'île aux Coudres et forment les principaux appareils littoraux: cordons, flèches

et plages soulevées. Ces sédiments présentent une stratification grossière où alternent des lits de sables et des lits de granules-gravelles. Ils sont hétérogènes (64% de cailloux appalachiens pour 36% de précambriens). Les gravières les plus élevées de l'île révèlent un pendage sédimentaire plus accentué, soit 14° et 15°, comparativement aux sites situés à des niveaux inférieurs comme la terrasse Mitis (5° à 6°) reposant sur une ancienne plate-forme rocheuse. Deux orientations prédominantes: 272° à 275°, soit vers le passage de l'île aux Coudres et 052° à 060°, soit vers la pointe aval de l'île.

Les dépôts d'argiles marines associées à la mer de Goldthwait sont localisés dans le sillon central de l'île, entre les deux principales crêtes rocheuses et forment une plaine occupée au centre par une tourbière boisée. L'argile silteuse est grise, massive, fossilifère (*Balanus* sp., *Balanus hameri*, *Hemithyris psittacea*, *Neptunea despecta tornata*, *Nuculana pernula*) et parsemée de nombreux blocs précambriens délestés par les glaces flottantes. Une datation au ¹⁴C effectuée sur des fragments de *Balanus hameri* de 7 cm de longueur, non en position de vie et à environ 15 m d'altitude, a donné un âge de 8360 ± 110 BP (QU-920). Cette date correspond à un niveau marin plus élevé, peut-être un peu plus de 30 m (BRODEUR, 1982, p. 118-119; LORTIE et GUILBAULT, 1984).

Un échantillon tourbeux a été recueilli, pour datation au ¹⁴C, à 3,7 m de profondeur dans ce qui nous a semblé être, après plusieurs sondages, la partie la plus profonde de la tourbière. L'altitude du matériel prélevé se situe à 31 m. La radiodatation a fourni un âge de 6270 ± 150 BP (QU-953), soit un âge minimal pour le retrait de la mer à l'altitude de 30 m. L'analyse pollinique d'un centimètre cube du même matériel a révélé une végétation régionale correspondant à une forêt ouverte d'épinettes et de sapins. Selon P. Richard (communication personnelle), il pourrait s'agir d'une forme ouverte de la pessière à bouleau blanc, ou d'un complexe de mosaïque (sapinières — pessières ouvertes). Les terrasses les plus importantes, formées lors de l'émersion de l'île, se trouvent aux altitudes comprises entre 67-70 m, 39-40 m, 22-23 m, ainsi qu'entre 6-8 m (terrasse Mitis du secteur NE) et 6-9 m (terrasse Mitis du secteur SW). Les altitudes des principales lignes de rivage sont: 85 m, 60 m, 57 m, 45 m, 42 m, 36 m, 30 m, 23-24 m, 17 m, 12 m; le fond d'une petite tourbière sise à 6 m d'altitude, entre deux cordons littoraux, a été daté à 550 ± 230 BP (QU-952). La majorité des niveaux marins ne sont pas datés et les quelques dates obtenues pour l'île aux Coudres ne permettent pas l'établissement d'une courbe d'émersion.

CONCLUSION

La découverte de dépôts organiques dans les coupes stratigraphiques de la pointe de la Prairie concrétise, d'une part, l'importance de la région du moyen estuaire du Saint-Laurent au cours du Wisconsinien et, d'autre part, la position stratégique de l'île aux Coudres qui a enregistré différents paléoenvironnements. Les datations ¹⁴C obtenues sur des débris organiques *in situ* permettent de fixer un repère chronologique pour les sédiments de la base des coupes. Les dépôts meubles les

plus anciens de l'île aux Coudres semblent ainsi remonter, en âge, à la fin de l'épisode glaciaire de Bécancour (Wisconsinien inférieur). Le faciès glacio-lacustre sus-jacent à ces dépôts correspond vraisemblablement aux sédiments varvés de Pierreville. L'unité stratigraphique n° 4 présente des difficultés de corrélation avec la stratigraphie traditionnelle des basses terres du Saint-Laurent. En effet, son faciès est comparable à celui des sédiments de Saint-Pierre, alors que les âges ¹⁴C finis rapportent la mise en place du dépôt à l'épisode glacio-lacustre de Deschaillons. En attendant que des découvertes ultérieures aient lieu dans la région limitrophe de l'île aux Coudres, ce qui permettrait éventuellement de confirmer ou d'infirmer la valeur de nos datations ¹⁴C, nous proposons que les unités stratigraphiques n°s 3-4-5 représentent une longue période de sédimentation sableuse, avec un épisode terrestre s'inscrivant au Wisconsinien moyen, caractérisé par une plaine alluviale boisée et tourbeuse à caractère boréal. Les sédiments glaciaires trouvés dans la partie supérieure des coupes correspondent à l'avancée glaciaire de Gentilly.

Des corrélations chronostratigraphiques régionales de la fin du Quaternaire semblent possibles avec le sud du Québec. La stratigraphie de l'île aux Coudres implique aussi l'extension des limites spatiales de certaines unités lithostratigraphiques des basses terres centrales de la vallée du Saint-Laurent. Cependant, la stratigraphie wisconsinienne de l'île aux Coudres sera mieux comprise lorsque des recherches plus poussées auront été effectuées dans Charlevoix ainsi que dans l'ensemble de la région du moyen estuaire du Saint-Laurent.

Les étapes de l'émersion des terres sont aussi difficiles à dater; seuls des repères approximatifs peuvent être déduits. C'est néanmoins l'épisode marin du Goldthwaitien III qui a donné au relief de l'île aux Coudres une grande partie de son aspect actuel, depuis 9800 — 9400 ans BP.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier sincèrement toutes les personnes qui ont contribué, dans leur domaine de recherches respectif, à la réalisation de cet article. Notre gratitude s'adresse particulièrement au professeur Pierre Richard, du Service à la recherche en analyse pollinique du Département de géographie de l'Université de Montréal, pour l'analyse des grains de pollen et des macro-restes, de même que pour ses commentaires concernant les analyses; à M. Guy Lortie, du Centre d'études nordiques de l'Université Laval, pour l'identification des diatomées et l'interprétation paléoenvironnementale des assemblages des échantillons soumis; au Dr. David B. Scott, du Centre de géologie marine de l'Université de Dalhousie, pour l'analyse des foraminifères des échantillons soumis par l'entremise du professeur Jean-Claude Dionne, du Département de géographie de l'Université Laval; à madame Andrée Lecours, du Laboratoire de datation ¹⁴C du Centre d'études nordiques de l'Université Laval, qui a réalisé les datations au radiocarbone. Nous tenons également à remercier le professeur Germain Tremblay, du Département de géographie de l'Université Laval, pour sa visite sur le terrain. Enfin, que les lecteurs critiques de la revue soient remerciés

pour leurs commentaires et suggestions à la lecture du manuscrit. Madame Claire Daigle a dactylographié le texte final.

RÉFÉRENCES

- ALLARD, M. (1981): L'anse aux Canards, île d'Orléans, Québec: évolution holocène et dynamique actuelle, *Géographie physique et Quaternaire*, 35(2): 133-154.
- ASHLEY, G.M. (1975): Rhythmic sedimentation in glacial lake Hitchcock, Massachusetts-Connecticut, in JOPLING, AV. et McDONALD, B.C., édit., *Glaciofluvial and glaciolacustrine sedimentation*, Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Spec. Publ. n° 23, Tulsa, Oklahoma, p. 304-320.
- BRISEBOIS, M. (1975): *Distribution des sédiments récents dans l'estuaire moyen du Saint-Laurent*, thèse de maîtrise en Sciences non publiée, Marine Sciences Centre, McGill University, Montréal, 166 p.
- BRODEUR, D. (1982): *Morphologie et histoire quaternaire de l'île aux Coudres*, thèse de maîtrise non publiée, Département de géographie, Université Laval, Québec, 271 p.
- BRODEUR, D. et ALLARD, M. (1980): Mesures de profils de la plate-forme rocheuse à l'île aux Coudres, *Annales de l'ACFAS*, 47(1): 115, (résumés des communications).
- (1983a): Les plates-formes littorales de l'île aux Coudres, moyen estuaire du Saint-Laurent, Québec, *Géographie physique et Quaternaire*, 37(2): 179-195.
- (1983b): Données stratigraphiques sur le Quaternaire de l'île aux Coudres, moyen estuaire du Saint-Laurent, *Annales de l'ACFAS*, 50(1): 122, (résumés des communications).
- CENTREAU (1975): *Étude de la qualité des suspensions du fleuve Saint-Laurent entre Québec et Trois-Pistoles*, Centre de recherches sur l'eau, Université Laval, Québec, Rapport CRE-75/14, tomes I et II, 154 p.
- CHAGNON, J.-Y. (1969): *Étude des phénomènes d'érosion et des dépôts de surface dans la région de Baie-Saint-Paul — Saint-Urbain, comté de Charlevoix*, Ministère des Richesses naturelles du Québec, Étude spéciale n° 3, 31 p.
- CREMER, M. (1979): Influences de l'histoire géologique du fleuve Saint-Laurent sur ses aspects morpho-sédimentaires actuels, *Bulletin de l'Institut géologique du Bassin d'Aquitaine*, Université de Bordeaux, 26: 5-41.
- D'ANGLEJAN, B. et BRISEBOIS, M. (1974): First subbottom acoustic reflector and thickness of recent sediments in the upper Estuary of the St. Lawrence River, *Canadian Journal of Earth Sciences*, 11: 232-245.
- DIONNE, J.-C. (1963): Vers une définition plus adéquate de l'estuaire du Saint-Laurent, *Zeitschrift für Geomorphologie*, 7(1): 37-47.
- (1972): *Le Quaternaire de la région de Rivière-du-Loup/Trois-Pistoles, côte sud du Saint-Laurent, Québec*, Environnement Canada, Centre de recherches forestières des Laurentides, Rapport Infor. n° Q-F-X-27, 95 p., 22 fig.
- (1974): *Livret-guide de l'excursion sur l'action géologique des glaces sur la rive sud de l'estuaire du Saint-Laurent*, 23-24 avril 1974, Centre de recherches forestières des Laurentides, Service canadien des forêts, Environnement Canada, 22 p. (bilingue).
- (1977): La mer de Goldthwait au Québec, *Géographie physique et Quaternaire*, 31(1-2): 61-80.
- FULTON, R.J., KARROW, P.F., LASALLE, P. et GRANT, D.R. (1984): Summary of Quaternary Stratigraphy and History, Eastern Canada, in FULTON, R.J., édit., *Quaternary stratigraphy of Canada — A Canadian contribution to IGCP Project 24*, Geological Survey of Canada, Paper 84-10, Ottawa, p. 194-210.
- GADD, N.R. (1964): Moraines in the Appalachian region of Quebec, *Geological Society of America Bulletin*, 75(12): 1249-1254.
- (1971): *Pleistocene geology of the Central St. Lawrence Lowland*, Geological Survey of Canada, Memoir 359, Ottawa, 153 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, Ottawa, p. 65-66.
- GOLDTHWAIT, J.W. (1911): Plages soulevées du sud de Québec, *Commission géologique du Canada*, Rapport sommaire 1910, document n° 26-1911, p. 228-242.
- (1912): Repères de changements de niveau post-glaciaires dans le Québec et le Nouveau-Brunswick, *Commission géologique du Canada*, Rapport sommaire 1911, document n° 26-1912, p. 308-314.
- (1913): «Rivière-du-Loup: the post-glacial marine submergence» and «Bic: the post-glacial marine submergence», *12th International Geological Congress of Canada*, 1913, Guide Book n° 1, p. 66-77.
- (1933): The St. Lawrence Lowland, passages sélectionnés d'un manuscrit non publié, in GADD, N.R. (1971) *Pleistocene geology of the Central St. Lawrence Lowland*, Geological Survey of Canada, memoir 359, p. 113-153.
- GRANT, D.R. et KING, L.H. (1984): A stratigraphic framework for the Quaternary History of the Atlantic Provinces, Canada, in FULTON, R.J. *Quaternary stratigraphy of Canada — A Canadian contribution to IGCP Project 24*, Geological Survey of Canada, Paper 84-10, Ottawa, p. 174-191.
- GRATTON, D., GWYN, Q.H.J. et DUBOIS, J.M.M. (1984): Les paléoenvironnements sédimentaires au Wisconsinien moyen et supérieur, île d'Anticosti, golfe du Saint-Laurent, Québec, *Géographie physique et Quaternaire*, 38(3): 229-242.
- HILLAIRE-MARCEL, C. (1979): *Les mers post-glaciaires du Québec: quelques aspects*, thèse D. Sc., Paris, Université de Paris VI, 600 p.
- LAMOTHE, M. (1984): Apparent thermoluminescence ages of St. Pierre sediments at Pierreville, Quebec, and the problem of anomalous fading, *Canadian Journal of Earth Sciences*, 21(12): 1406-1409.
- LAMOTHE, M., HILLAIRE-MARCEL, C. et PAGÉ, P. (1983): Découverte de concrétions calcaires striées dans le till de Gentilly, basses-terres du Saint-Laurent, Québec, *Canadian Journal of Earth Sciences*, 20: 500-505.
- LASALLE, P. (1972): Interglacial sediments in the Quebec City area, *24^e Congrès International de Géologie*, résumés, p. 372-373.
- (1984): Quaternary stratigraphy of Québec: A review, in FULTON, R.J., édit., *Quaternary stratigraphy of Canada — A Canadian contribution to IGCP Project 24*, Geological Survey of Canada, Paper 84-10, Ottawa, p. 156-171.
- LASALLE, P., MARTINEAU, G. et CHAUVIN, L. (1977a): *Morphologie, stratigraphie et déglaciation dans la région de Beauce — Monts-Notre-Dame — Parc des Laurentides*, Ministère des Richesses naturelles du Québec, DPV-516, Québec, 74 p.

- (1977b): Géologie du Quaternaire près de Québec, in LASALLE, P. et BÉLAND, R., édit., *New England Intercollegiate Geological Conference*, Livret-guide pour les excursions dans la Province de Québec, Excursion A-9, p. A-9-1 — A-9-15.
- (1980): *Géologie du Quaternaire au sud de la ville de Québec (Thetford Mines, Beauce — Monts-Notre-Dame)*, Livre-guide de l'excursion du Colloque sur le Quaternaire IV, septembre 1980, Québec, Université Laval, 32 p.
- LAURIN, A.-F. et SHARMA, K.N.M. (1967): Carte géologique n° 1790: *Baie-Saint-Paul*, à 1/250 000, accompagnant le Rapport géologique n° 161, Ministère des Richesses naturelles du Québec, Québec.
- LEE, H.A. (1962): *Géologie de la région de Rivière-du-Loup — Trois-Pistoles, Québec (dépôts meubles)*, Commission géologique du Canada, Étude 61-32, Ottawa, 2 p., 1 carte.
- (1963): Pleistocene glacial-marine relation, Trois-Pistoles, Quebec, *Geological Society of America*, Spec. Paper n° 73, p. 195.
- LOCAT, J. (1977): L'émergence des terres dans la région de Baie-des-Sables — Trois-Pistoles, Québec, *Géographie physique et Quaternaire*, 36(3-4): 297-306.
- (1978): *Le Quaternaire de la région de Baie-des-Sables — Trois-Pistoles*, Ministère des Richesses naturelles du Québec, DPV-605, Québec, 64 p.
- LORING, D.H. et NOTA, J.G. (1973): *Morphology and sediments of the Gulf of St. Lawrence*, Fisheries Research Board of Canada, Bulletin 182, 147 p.
- LORTIE, G. et GUILBAULT, J.-P. (1984): Les diatomées et les foraminifères de sédiments marins post-glaciaires du Bas-Saint-Laurent (Québec): une analyse comparée des assemblages, *Le Naturaliste canadien*, 111: 297-310.
- MARTINEAU, G. (1977): *Géologie des dépôts meubles de la région de Kamouraska — Rivière-du-Loup*, Ministère des Richesses naturelles du Québec, DPV-545, Québec, 17 p.
- MAWDSLEY, J.B. (1927): *St. Urban Area, Charlevoix District, Quebec*, Geological Survey of Canada, memoir 152, 58 p.
- NOTA, D.J.G. et LORING, D.H. (1964): Recent depositional conditions in the St. Lawrence River and Gulf — A reconnaissance survey, *Marine Geology*, 2: 198-235.
- OCCHIETTI, S. (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.
- PÊCHES ET OCÉANS CANADA (1980): Carte marine n° 1233, *Cap aux Oies à Cap d'Éboulis*, carte à 1/50 000, édition 33 Aug 15'80, Service hydrographique du Canada, Ottawa.
- POULIN, P. (1976): *Le complexe morainique de Saint-Narcisse dans le secteur sud de la rivière Malbaie, interprétation paléoclimatique par l'analyse pollinique*, Québec, thèse de maîtrise non publiée, Département de géographie, Université Laval, Québec, 83 p.
- READING, H.G. (1978): *Sedimentary Environment and Facies*, Elsevier, New York, 557 p.
- REINECK, H.E. et SINGH, I.B. (1980): *Depositional Sedimentary Environments*, second, revised and updated edition, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg-New York, 549 p.
- RONDOT, J. (1969): *Géologie de la région de la rivière Malbaie*, Ministère des Richesses naturelles du Québec, Rapport préliminaire, R.-P.-576, 31 p.
- (1972): *Géologie de la région de la rivière du Gouffre*, Ministère des Richesses naturelles du Québec, Rapport préliminaire, R.-P.-605, 29 p.
- (1974): L'épisode glaciaire de Saint-Narcisse dans Charlevoix, Québec, *Revue de Géographie de Montréal*, 28(4): 375-388.
- (1977): Astroblème de Charlevoix et stratigraphie, in LASALLE, P. et BÉLAND, R., édit., *New England Intercollegiate Geological Conference*, livre-guide des excursions dans la Province de Québec, Excursion A-6, p. 1-24.
- (1979): *Reconnaissances géologiques dans Charlevoix-Saguenay*, Ministère des Richesses naturelles du Québec, DPV-682, Québec, 44 p., 2 cartes hors texte.
- ST-JULIEN, P. et HUBERT, C. (1975): Evolution of the Taconian Oregon in the Quebec Appalachians, *American Journal of Science*, 275A: 337-362.
- SAURAMO, M. (1923): *Studies on the Quaternary varve sediments in southern Finland*, Commission géologique de Finlande, Bulletin n° 60, 164 p.
- STUIVER, M., HEUSSER, C.J. et YANG, I.C. (1978): North American glacial history extended to 75 000 years ago, *Science*, 200(4337): 16-21.
- TERASMAE, J. (1958): Contributions to Canadian palynology, pt. 2; non-glacial deposits in the St. Lawrence Lowlands, Quebec, *Geological Survey of Canada*, Bulletin 46, p. 13-28.
- VEILLETTE, D. (1979): *Esquisse géomorphologique de l'Île-aux-Oies*, mémoire de baccalauréat non publié, Département de géographie, Université Laval, Québec, 61 p.