

L'anse aux Canards, île d'Orléans, Québec : évolution holocène et dynamique actuelle

The Anse aux Canards. Île d'Orléans, Québec: Holocene evolution and present-day dynamics

L'Anse aux Canards, Île d'Orléans, Québec: Holozän Entwicklung und heutige Dynamik

Michel Allard

Volume 35, Number 2, 1981

Morphologie littorale et marine

URI: <https://id.erudit.org/iderudit/1000433ar>

DOI: <https://doi.org/10.7202/1000433ar>

[See table of contents](#)

Publisher(s)

Les Presses de l'Université de Montréal

ISSN

0705-7199 (print)

1492-143X (digital)

[Explore this journal](#)

Cite this article

Allard, M. (1981). L'anse aux Canards, île d'Orléans, Québec : évolution holocène et dynamique actuelle. *Géographie physique et Quaternaire*, 35(2), 133–154. <https://doi.org/10.7202/1000433ar>

Article abstract

A tidal marsh 640 m wide and 1 km² in area was studied at Anse aux Canards near the downstream end of Orléans Island. The bay is opened to the northeast onto "le chenal de l'île d'Orléans" and the St. Lawrence middle estuary. A natural section in a stream bank provides a stratigraphic record of the tidal marsh evolution. At the bottom, a glacio-marine till dated 11,200 years BP may be correlated to a last glacial ice advance in the Goldthwait Sea following the topographic trend of the St. Lawrence River Valley. The next stratigraphic unit is made of intertidal sands and gravels dated 1220 years BP. Overlying them are muds belonging to a tidal flat environment and including thin peat beds which have been dated from 790 to 1500 years BP. Pollen analysis of the peat reveals that regional vegetation at the time of deposition was characteristic of the Laurentian maple forest (*Aceretum sacchari*). Macro-remains analysis indicates a marsh vegetation identical to today's and typical of a fresh water tidal environment. The last stratigraphic surface unit consists of an intertidal marsh deposit. On the present marsh surface, five geomorphic zones have been identified; they represent wide topographic features of low vertical amplitude. Patterns of ice-made pans and "schorre-rafts" as well as areas of erosion and sedimentation on the marsh surface can be associated with the processes of schorre-ice break-up and melting at spring, which are regulated by the tidal oscillations. The lower tidal marsh boundary has retreated some 60 m from 1963 to 1978 as evidenced by the study of aerial photographs.

L'ANSE AUX CANARDS, ÎLE D'ORLÉANS, QUÉBEC : ÉVOLUTION HOLOCÈNE ET DYNAMIQUE ACTUELLE

Michel ALLARD, Département de géographie, université Laval, Sainte-Foy, Québec G1K 7P4.

RÉSUMÉ Un estran large de 640 m et d'une superficie de 1 km² a été étudié à l'anse aux Canards, près de l'extrémité aval de l'île d'Orléans. L'anse est ouverte au nord-est et donne à la fois sur le chenal de l'île d'Orléans et sur l'estuaire moyen du Saint-Laurent. Une coupe naturelle permet une reconstitution stratigraphique de l'évolution de l'estran. À la base, un diamicton glacio-marin daté de 11 200 ans BP peut être associé à une dernière avancée glaciaire dans la mer de Goldthwait et canalisée dans l'axe du Saint-Laurent. Viennent ensuite des sables et graviers déposés en zone intertidale et datés de 1220 ans BP. Par-dessus, on retrouve des sédiments intertidaux attribués à un environnement de slikke et contenant de petits lits de tourbe fossilisés et datés de 790 ans BP à 1500 ans BP. L'analyse pollinique de cette tourbe indique que la végétation régionale au temps du dépôt était caractéristique de l'érablière laurentienne. L'analyse de macro-restes révèle aussi que la végétation littorale était la même qu'aujourd'hui et typique d'une zone intertidale en eaux douces. Les matériaux du schorre constituent la dernière unité stratigraphique en surface. Cinq zones géomorphologiques correspondant à de larges, mais modestes dénivellations topographiques, ont été identifiées à la surface du schorre. Les concentrations de mares glacielles et de radeaux de schorre ainsi que les aires d'érosion et d'accumulation peuvent être en grande partie associées aux modalités du déglacement printanier en fonction du gradient-inondation. Par interprétation de photos aériennes, on note que le schorre a reculé de quelques dizaines de mètres à sa limite inférieure entre 1963 et 1978.

ABSTRACT *The Anse aux Canards. Île d'Orléans, Québec: Holocene evolution and present-day dynamics.* A tidal marsh 640 m wide and 1 km² in area was studied at Anse aux Canards near the downstream end of Orléans Island. The bay is opened to the northeast onto "le chenal de l'île d'Orléans" and the St. Lawrence middle estuary. A natural section in a stream bank provides a stratigraphic record of the tidal marsh evolution. At the bottom, a glacio-marine till dated 11,200 years BP may be correlated to a last glacial ice advance in the Goldthwait Sea following the topographic trend of the St. Lawrence River Valley. The next stratigraphic unit is made of intertidal sands and gravels dated 1220 years BP. Overlying them are muds belonging to a tidal flat environment and including thin peat beds which have been dated from 790 to 1500 years BP. Pollen analysis of the peat reveals that regional vegetation at the time of deposition was characteristic of the Laurentian maple forest (*Aceretum sacchari*). Macro-remains analysis indicates a marsh vegetation identical to today's and typical of a fresh water tidal environment. The last stratigraphic surface unit consists of an intertidal marsh deposit. On the present marsh surface, five geomorphic zones have been identified; they represent wide topographic features of low vertical amplitude. Patterns of ice-made pans and "schorre-rafts" as well as areas of erosion and sedimentation on the marsh surface can be associated with the processes of schorre-ice break-up and melting at spring, which are regulated by the tidal oscillations. The lower tidal marsh boundary has retreated some 60 m from 1963 to 1978 as evidenced by the study of aerial photographs.

ZUSAMMENFASSUNG *L'Anse aux Canards, Île d'Orléans, Québec: Holozän Entwicklung und heutige Dynamik.* Ein 640 m breiter Strand, von 1 km² Oberfläche wurde an der Anse aux Canards, am flussabwärts gelegenen Ende der Orléans Insel studiert. Die Bucht ist nach Nord-Osten offen, und liegt gleichzeitig an der Fahrwinde und der mittleren Flussmündung des Skt. Lorenz Stromes. Ein natürlicher Schnitt erlaubt die stratigraphische Wiederherstellung der Entwicklung des Starndes. An der Basis kann ein glazio-mariner Till, datiert 11200 Jahre v.u.Z. einem letzten Eisvorschub im Goldthwait Meer entlang der Axe des Skt Lorenz Stromes beigeordnet werden. Danach kommen der Sand und das Geröll, die im Gezeitenaum hinterlassen wurden, datiert 1220 Jahre v.u.Z. Über diesen findet man die Schlikke des Wattenmeeres, welche dünne Torfschichten enthalten, die von 790 bis 1500 Jahren v.u.Z. datiert wurden. Pollenanalysen des Torfes zeigen das die regionale Vegetation zur Zeit der Ablagerung dem charakteristischen, lorentischen Ahornwald (*Aceretum Sacchari*) entspricht. Die Analyse der Makro-Reste zeigt eine Marschvegetation die der heutigen entspricht und typisch für eine Frischwasser Gezeiten Umwelt ist. Die letzte stratigraphische Oberflächeneinheit besteht aus einer Gezeiten-Marsch-Ablagerung. An der heutigen Marschoberfläche, wurden fünf geomorphische Zonen identifiziert. Muster von glaziellen Pfannen, Schorre, sowohl als auch Gegenden von Erosion und Sedimentation an der Marschoberfläche können den Vorgängen des Schorre Eisbruches und dem Tauen im Frühling beigeordnet werden. Die untere Wattgrenze hat sich von 1963-1978 ca 60m durch Erosion zurückgezogen, wie sich aus Luftaufnahmen ersehen lässt.

INTRODUCTION

Les connaissances sur la géomorphologie littorale des rives du Saint-Laurent demeurent encore fragmentaires malgré des études spécifiques portant tantôt sur l'activité glacielle (DIONNE, 1968a, b et c, 1969a et b, 1971, 1972, 1979; CHAMPAGNE, 1978; ALLARD et CHAMPAGNE, 1980) tantôt sur le régime sédimentaire estival (SERODES, 1978; d'ANGLEJAN *et al.*, 1981). La répartition et la dynamique de la végétation littorale, liées de près à la géomorphologie, ont aussi été abordées de façon relativement détaillée; notons pour la région étudiée les travaux de LACOURSIÈRE (1969), LACOURSIÈRE et GRANDTNER (1971 et 1972), B. GAUTHIER (1977) et GAUTHIER et LAVOIE (1973). Les marais littoraux laurentiens ont par ailleurs fait l'objet de considérations en tant qu'écosystèmes (J. GAUTHIER *et al.*, 1980). La dynamique des masses d'eau de l'estuaire et des sédiments en suspension est mieux documentée (CENTREAU, 1975; OUELLET et CERCEAU, 1976; d'ANGLEJAN et SMITH, 1973; d'ANGLEJAN et BRISEBOIS, 1978; CREMER, 1979; KRANCK, 1979; SILVERBERG et SUNDBY, 1979; SOUCY *et al.*, 1976) que celle des zones intertidales (D'ANGLEJAN *et al.*, 1981).

Le but de la présente contribution est de donner un aperçu de l'évolution récente (holocène) et de la dynamique actuelle d'un estran représentatif tant des conditions hydro-dynamiques et glacielles de l'estuaire moyen que de l'environnement géomorphologique et quaternaire des îles et de la rive sud Saint-Laurent.

MÉTHODES DE RECHERCHE

L'analyse d'une coupe naturelle le long de la rivière du Moulin, cours d'eau traversant l'estran de l'anse aux Canards, a permis l'étude d'une séquence stratigraphi-

que reconstituant l'évolution du site depuis la déglaciation jusqu'à aujourd'hui. Le relevé de la coupe s'accompagne de datations au ^{14}C sur des coquillages et des lits de tourbe fossilisés ainsi que d'analyses de grains de pollen et de macro-restes végétaux.

De nombreuses visites sur le terrain, échelonnées du printemps 1976 à l'automne 1980, ont été effectuées au cours des diverses saisons. Il nous est apparu que l'été était la saison idéale pour observer la répartition écologique des plantes et délimiter les milieux intertidaux, mais que l'automne et le printemps permettaient de mieux étudier la morphologie de détail parce que l'absence de couvert végétal dense permet alors d'observer les micro-falaises, les rigoles, les marelles et les bourrelets. Le mois de mai est aussi le temps de l'année où les contrastes et la répartition des micro-formes apparaissent le plus nettement sur les photographies aériennes. L'interprétation d'images prises en 1963, 1964, 1969, 1972, 1978 et 1979, presque toutes à marée basse, a été fort utile pour comprendre les mécanismes d'évolution du rivage (tabl. I).

Un transect topographique précis a été levé au théodolite tandis qu'un programme en langage A.P.L. a été conçu pour calculer les fréquences et les durées de submersion de tous les différents niveaux de l'estran. Ce programme utilise comme données initiales les prédictions ou les lectures horaires des niveaux d'eau au port secondaire du Saint-François de l'île d'Orléans pour l'année 1979. Les altitudes, dans le présent travail, ont comme niveau de référence le zéro marégraphique local (Service hydrographique du Canada, carte n° 1232, 1980) qui correspond à un niveau inférieur aux plus basses mers. Par rapport à ce zéro des navigateurs, le niveau moyen de la mer est à 3 m.

Diverses analyses ont été faites au laboratoire: granulométrie par la méthode de la pipette (FOLK, 1974;

TABLEAU I

Liste des photographies aériennes utilisées

Numéro	Date	Heure	Échelle	Émulsion	Marée ¹
Q63 309-77	25 mai 1963	16 h 27	1/20 008	panchromatique	1,8 m ↗
Q64 104-73	26 mai 1964	15 h 15	1/18 960	"	2,4 m ↗
Q66 327-22	3 août 1966	8 h 08	1/40 000	"	4,48 m ↘
Q69 317-24	9 juin 1969	9 h 34	1/15 840	"	1,5 m ↗
Q70 177-170	7 novembre 1970	12 h 10	1/40 000	"	4,0 m ↘
Q72 300-47	25 mai 1972	9 h 58	1/15 198	couleur	1,19 m ↘
A37 272-15	9 octobre 1975	fin de l'avant-midi	1/70 400	couleur	approx. 3,0 m ↘
A37 271-15	9 octobre 1975	<i>idem</i>	1/70 400	IRFC	<i>idem</i>
A37 570-59	26 avril 1978	11 h 05	1/9 300	IRFC	4,0 m ↘
Q79 340-175	31 août 1979	7 h 56	1/22 500	panchromatique	1,73 m ↗

1. Niveau d'eau à l'heure de la prise de vue, par rapport au zéro local; ↘ marée descendante, ↗ marée montante.

MORIN, 1973), teneurs en eau, en carbonates et en débris organiques selon des méthodes de pesées comparatives (MORIN, 1973).

LE CONTEXTE PHYSIQUE

Le rivage actuel de l'anse aux Canards (fig. 1) correspond à la partie externe d'une ancienne baie beaucoup plus vaste en forme de U ouvert au nord-est. Une falaise morte, la falaise Micmac, taillée dans les roches appalachiennes (DIONNE, 1963; LOCAT, 1977 et 1978) en constitue les limites internes (fig. 1 et 23). Des dépôts meubles marins et littoraux anciens recouvrent la plate-forme qui, supposons-nous, constitue le plancher rocheux local. Tandis que quelques affleurements rocheux sont présents près des parois latérales, on ne retrouve que des dépôts au centre de la baie; ceci laisse supposer que la plate-forme y est un peu plus déprimée.

Ces dépôts meubles étagés à quelques mètres au-dessus du niveau des grandes marées constituent une basse terrasse correspondant au niveau Mitis sur la côte sud du Saint-Laurent (fig. 2). D'après DIONNE (1977) ce niveau daterait de 2000 à 3000 ans BP.

Drainant une large portion de l'île d'Orléans, la rivière du Moulin dévale en cascade la falaise morte dans le coin ouest de l'ancienne baie; puis elle longe la paroi nord-est jusqu'à l'estran actuel dans lequel elle a entaillé un chenal profond de 2,5 m et large d'une dizaine de mètres. Cet encaissement de la rivière dans la batture révèle une épaisseur de dépôts de l'ordre de 3 m sous l'estran au centre de l'anse, tandis que de part et d'autre la plate-forme affleure ou n'est localement recouverte que de quelque 30 cm de vases souvent passagères. BEAUBIEN (1973) considère d'ailleurs l'estran étudié comme étant essentiellement une plate-forme rocheuse littorale recouverte de sédiments estuariens.

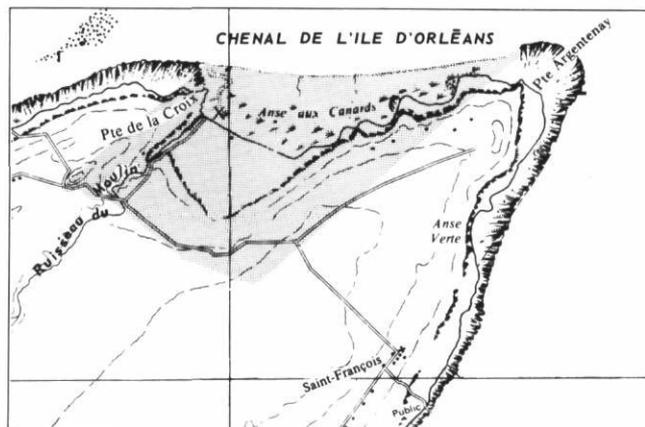
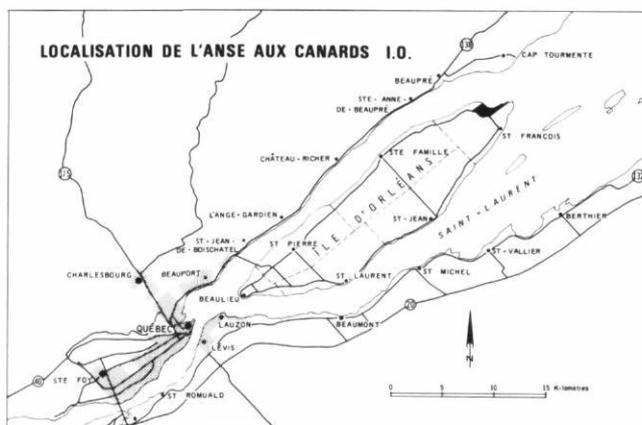
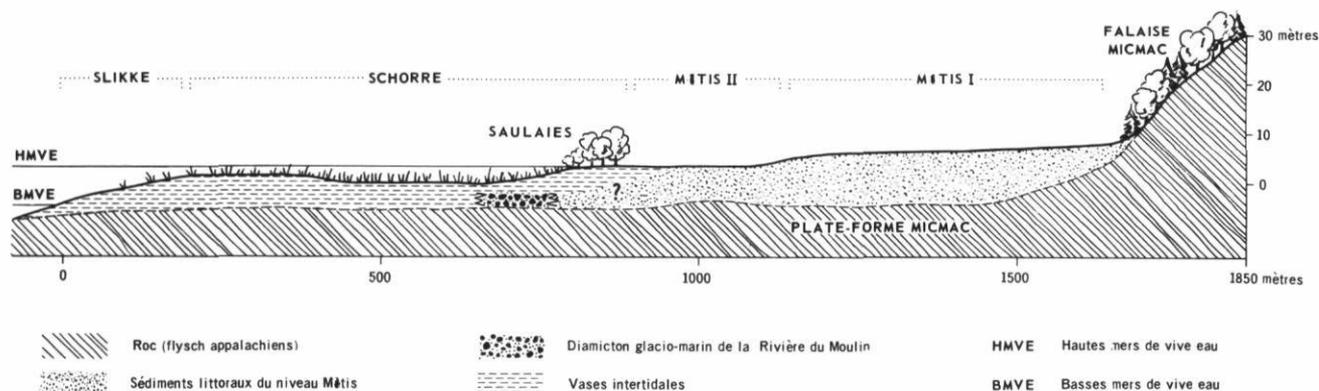


FIGURE 1. Localisation de l'anse aux Canards et du site de la coupe étudiée (X). Location map of Anse aux Canards and site (X) of the stratigraphic section described in the text.



Laboratoire de cartographie, Département de géographie, Université Laval

FIGURE 2. Coupe schématique transversale de l'anse aux Canards. Schematic cross-section of Anse aux Canards.

Les roches locales consistent en schistes argileux avec des interlits de calcarénite, des conglomérats calcaires, des grès quartzitiques et des grès calcaires appartenant aux nappes de charriage appalachiennes (SAINT-JULIEN et OSBORNE, 1973). Les roches sont fortement diaclasées et les strates ont en général une direction nord-est avec un pendage moyen de 42° vers le sud-est.

L'estran large de 640 m et d'une superficie de 1 km² est soumis à des marées moyennes de 4,5 m d'amplitude. Les marées de vive-eau peuvent atteindre une amplitude de 6,85 m (CANADA, 1981). L'anse aux Canards fait face au nord-est et donne sur le chenal de l'île d'Orléans (anciennement appelé le Bras Nord) où les courants de marées atteignent des vitesses de l'ordre de 0,76 m/sec. (CENTREAU, 1975). Le flot pénétrant dans le chenal envahit progressivement l'estran sous la forme d'une mince nappe qui détermine ainsi un régime de courants propre à la zone intertidale. Lorsque le vent souffle du nord-est, de petites vagues de 30 à 60 cm de hauteur balaient la surface de l'estran avec la montée du plan d'eau. Lors du baissant, le schorre est drainé par 16 rigoles parallèles les unes aux autres (fig. 9). La partie inférieure du schorre et la slikke sont affectées par le jusant s'écoulant selon l'axe du chenal fluvial comme en témoignent par temps calme les rides de courants longitudinales en surface des vases.

Les vents dominants soufflent du sud-ouest mais alternent, surtout au printemps et en automne, avec de forts vents de tempête de l'est et du nord-est. C'est de ce côté, sur lequel est ouvert l'anse, que le fetch est maximal, soit 48 km jusqu'à l'île aux Coudres. Cependant, les vagues dépassent rarement 60 cm de hauteur (observation visuelle), car elles sont atténuées par la très faible pente de la zone infra-littorale. Elles peuvent quand même provoquer la remise en suspension de vases fraîches, non consolidées, et découper de petites micro-falaises à la limite inférieure du schorre. Les vagues contribuent ainsi à la turbidité des eaux.

L'anse aux Canards est située immédiatement en amont de la zone de mélange estuarienne, en eaux douces (OUELLET et CERCEAU, 1976; SILVERBERG et SUNDBY, 1978). Par contre, les eaux du chenal de l'île d'Orléans sont turbides et bordées d'estrans vaseux. Des concentrations moyennes de sédiments en suspension de 50 mg/L y ont été mesurées; des pics de concentration atteignent 100 mg/L (CENTREAU, 1975). Immédiatement en aval de l'extrémité orientale de l'île d'Orléans, le maximum de turbidité de l'estuaire contient des concentrations de sédiments en suspension de 40 à 300 mg/L en surface et de 100 à 450 mg/L près du fond (SILVERBERG et SUNDBY, 1978). Selon les mêmes auteurs (p. 947-948), l'existence de transports sédimentaires entre le chenal de l'île d'Orléans et le bouchon vaseux de l'estuaire est probable.

La température moyenne annuelle à Québec est de 5,1°C (WILSON, 1971). Cinq mois, de novembre à mars, ont une moyenne inférieure à 0°C. La glace de rive commence généralement à se former entre la mi-novembre et le début de décembre. En janvier, l'estran est entièrement recouvert d'environ 1,5 m de glace et il est progressivement dégagé entre la troisième semaine de mars et la fin d'avril par suite du réchauffement saisonnier et de l'action mécanique des grandes marées (ALLARD et CHAMPAGNE, 1980). L'englacement est favorisé par d'importantes chutes de neige (en moyenne 330 cm par année).

LE QUATERNAIRE

LA PLATE-FORME MICMAC ET LA GLACIATION

La plate-forme rocheuse qui longe le Saint-Laurent et sur laquelle reposent les dépôts littoraux date vraisemblablement du pré-Wisconsinien (LASALLE, 1972).

Un poli glaciaire, dont les stries et les nervures sont orientées vers le nord-est (fig. 3), a été conservé sur un affleurement situé dans le prolongement de la pointe de la Croix (fig. 1) à la limite des basses mers. En plus d'indiquer l'âge relativement ancien de la plate-forme, ce poli révèle que la dernière masse glaciaire à occuper le secteur du moyen estuaire s'écoulait vers le nord-est (DIONNE, 1974; VEILLETTE, 1979), certainement vers la mer de Goldthwait, et canalisée dans la rainure laurentienne.

STRATIGRAPHIE DE L'ESTRAN

Une coupe dans la concavité d'un méandre de la rivière du Moulin permet une reconstitution stratigra-



FIGURE 3. Affleurement rocheux poli et strié par le glacier à la limite des basses mers. Le poli n'a pas encore été détruit par l'atération et l'érosion littorale.

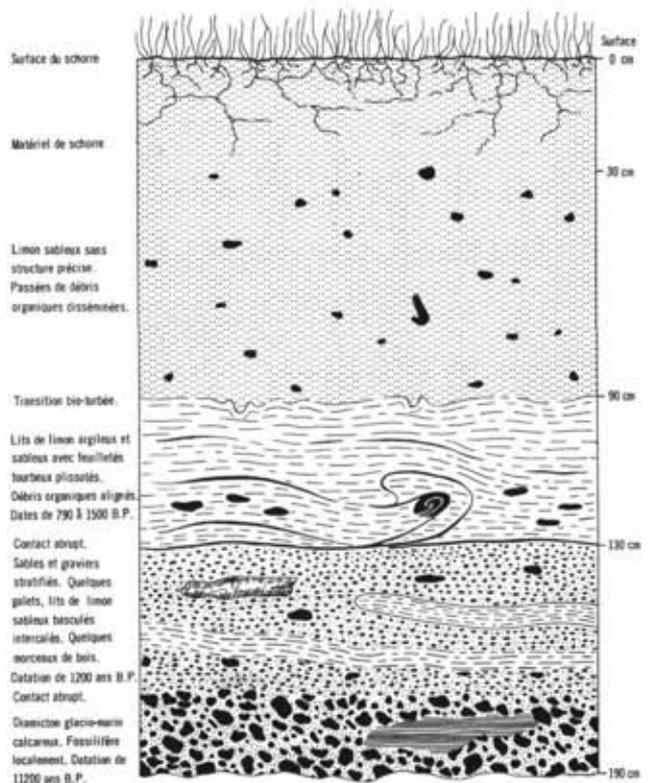
Glacial striations and polish on a rock outcrop at the low-water line. The glaciated surface has not yet been destroyed by weathering and shore erosion.

phique de l'estran (fig. 4 et 5). De la base au sommet, on trouve un diamicton glacio-marin dont l'épaisseur totale est inconnue (l'extension en profondeur de la coupe étant déterminée par le lit de la rivière), environ 40 cm de sables et graviers, 40 cm de limon argileux stratifié contenant de petits lits de tourbe et, jusqu'en surface, 90 cm de vases intertidales.

Le diamicton basal consiste en un matériel hétérométrique gris affecté parfois de teintes rosâtres dues à la présence de poussières de roches rosâtres dues à la présence de poussières de roches rosâtres appalachiennes. La matrice est argilo-limoneuse; le matériel est très compact et calcaire. Des galets striés sont présents dans le dépôt qui contient des passées riches en fragments de coquilles; on y reconnaît les espèces suivantes: *Balanus hameri*, *Hiatella arctica* et *Macoma calcarea*. Nulle part le contact de cette unité stratigraphique avec la plate forme rocheuse (ou une unité intercalée) n'a été observé.

Deux datations au radiocarbone ont été effectuées sur les débris coquilliers. La première, effectuée sur 52,2 gr de débris coquilliers, a donné un âge de 9690 ± 130 ans BP (QU-921)¹; cet âge ne correspond évidemment pas à aucun événement glaciaire connu des basses terres du Saint-Laurent et une contamination de l'échantillon lors du prélèvement en est probablement la cause. La raison la plus plausible de cette contamination semble être l'incorporation au matériel daté de quelques fragments de coquillages modernes lors de l'échantillonnage qui s'est effectué dans des conditions très difficiles. Un second échantillonnage fut effectué avec beaucoup de précautions. La date obtenue est de 11200 ± 160 ans BP (QU-1027) (sur 58,7 gr de coquilles)². Cette date concorde très précisément avec l'événement glaciaire de Saint-Nicolas identifié par LASALLE *et al.* (1977). Cet événement consiste vraisemblablement en l'avancée d'une langue glaciaire, peut-être flottante ou semi-flottante, dans la mer de Goldthwait suivant l'axe du fleuve, quelque 200 à 300 ans avant la mise en place du complexe de Saint-Narcisse au nord de Québec. D'ailleurs, le faciès glacio-marin décrit plus haut est en tous points identique à celui du diamicton attribué à cette avancée dans la rainure laurentienne. L'écoulement glaciaire lié à l'événement de Saint-Nicolas a donc, selon toute vraisemblance, atteint le moyen estuaire.

Les graviers fins qui recouvrent le diamicton glacio-marin consistent principalement en petits cailloux plats de schistes et de grès en grande partie enduits de vase. On retrouve aussi quelques cailloux cristallins. Des tronçons discontinus de bancs de limon s'intercalent à travers les graviers (fig. 4); à l'extrémité amont de la coupe, deux de ces bancs limoneux furent relevés; à l'extrémité aval, à environ 20 m de distance, nous



Laboratoire de cartographie, Département de géographie, Université Laval.

FIGURE 4. Croquis de la coupe stratigraphique de la rivière du Moulin. Sketch of the Rivière du Moulin stratigraphic section.

n'avons retracé qu'un seul de ces lits, ou portion de lit, qui a visiblement subi un basculement dû à un glissement le long du versant du chenal. Quelques morceaux de bois sont dispersés dans les graviers et l'un d'entre eux, soumis pour datation, a donné un âge de 1220 ± 80 ans BP (QU-1190)³. Cette unité stratigraphique est attribuée à la sédimentation par la rivière du Moulin en zone intertidale. En effet, l'intercalation des lits de vase indique la présence d'un estran vaseux dans les environs immédiats.

L'unité stratigraphique suivante mesure 41 cm d'épaisseur. Elle est constituée de limons argileux comportant de minces lits sableux interstratifiés; la dernière couche au sommet de l'unité est bio-turbée. De petits lits, ou feuilletés, de débris végétaux de 5 mm à 1 cm d'épaisseur sont aussi intercalés (fig. 4 et 5) dans les sédiments. L'extension latérale des feuilletés est d'environ 22 m; ils ondulent, disparaissent localement et se présentent même à un endroit sous forme de « pli couché » (fig. 5c et 5d). À un endroit où la coupe est plus nette, quatre feuilletés superposés ont été échantillon-

1. Traitement préalable à HCl à 5%.

2. Traitement préalable à HCl à 5%.

3. Poids du bois daté: 14,5 gr. Traitement préalable NaOH (1%) et HCl (5%).



FIGURE 5a. Coupe stratigraphique de la rivière du Moulin. Des sédiments glacio-marins et graveleux à la base sont recouverts de 1,3 m de limons intertidaux.

Stratigraphic section in the bank of Rivière du Moulin. Glacio-marine sediments and gravel at the base of the section are covered by 1,3 m of intertidal mud.



FIGURE 5b. Gros plan illustrant le contact stratigraphique entre les sédiments graveleux et les vases intertidaux. Les feuillets tourbeux apparaissent à la hauteur de la truelle.

Close-up view of the stratigraphic contact between the gravels and the intertidal mud. The dark laminae by the hand-trowel are peat layers.



FIGURE 5c. Structure de déformation dans les feuillets tourbeux. *Deformation structure (slump) affecting the peat layers.*

FIGURE 5d. Vue rapprochée des lits de tourbe. Les taches sombres dans le haut de la photo sont des débris organiques dispersés dans le matériel du schorre.

Close-up view of the peat layers. Dark streaks near the top of the picture are organic debris disseminated throughout marsh deposits.



nés. Les quatre dates obtenues sont: 1230 ± 100 BP (QU-1011), 790 ± 90 BP (QU-1012), 1500 ± 100 BP (QU-1013) et 1070 ± 210 BP (QU-1014)⁴. L'analyse des grains

4. Les poids de débris végétaux datés sont respectivement de 20 g, 24,5 g, 19 g et 11,6 g. Les traitements préalables ont consisté en un lavage au NaOH (1%) et à HCl (5%).

de pollen et des macro-restes indique une composition de la végétation terrestre et intertidale presque identique à celle d'aujourd'hui. Entre les feuillets tourbeux, les limons contiennent également quelques débris végétaux dispersés et orientés suivant les plans de stratification; cette disposition indique probablement un dépôt dans une zone affectée de courants de fond et

suivi d'une compaction ultérieure sous le poids des sédiments accumulés par-dessus. Par comparaison avec les faciès actuels, il semble que la mise en place de cette unité stratigraphique se soit produite dans un environnement de slikke. En effet, les dépôts actuels de la slikke se distinguent de ceux du schorre par une moindre abondance de débris végétaux dispersés dans le faciès et par des passées finement stratifiées à l'occasion. C'est aussi à ce niveau de l'estran, le long de rigoles, que nous avons observé le dépôt de débris végétaux semblables aux dépôts fossilisés de cette unité stratigraphique (fig. 6).

Les bioturbations au sommet de l'unité révèlent l'implantation d'un couvert végétal, alors qu'elle constituait la surface du terrain, et marquent la transition avec le matériel de schorre sus-jacent.

La dernière unité stratigraphique de surface, épaisse de 90 cm, consiste en limons sableux d'apparence massive. La dispersion de nombreux débris organiques diffus et non alignés à travers les sédiments indique une sédimentation à travers la végétation, entre les tiges, donc dans un milieu de haute slikke et de schorre. On ne saurait actuellement dire si cette accumulation s'est faite selon un taux constant. Le faciès régulier suggère cependant une accumulation continue dont le taux moyen, compte tenu des datations, fut jusqu'à très récemment de l'ordre de 0,8 mm/an.

L'ANALYSE DU POLLEN ET DES MACRO-RESTES

Des correspondances chronologiques et des interprétations sur l'environnement estuarien d'autrefois peuvent être tirées des analyses effectuées sur les débris végétaux des lits de tourbe.

Les quatre échantillons ont révélé à l'analyse des assemblages polliniques relativement semblables entre eux (fig. 7) et représentatifs du domaine climacique de l'érablière laurentienne telle qu'elle apparaît dans le diagramme pollinique de Saint-Jean de l'île d'Orléans (RICHARD, 1971) et dans le diagramme standard pour le sud du Québec (RICHARD, 1977, t. 2, p. 106). Le diagramme de Saint-Jean provient d'une carotte prélevée dans la tourbière sise au centre de l'île, sur son plateau sommital. La proportion importante du hêtre (*Fagus* sp.) dans nos spectres, variant de 4% à 13%, indique selon les diagrammes cités en référence un âge se situant entre environ 4000 ans BP et 1000 ans BP. Le frêne noir (*Fraxinus nigra*), environ 2%, le sapin (*Abies balsamea*), environ 7%, l'orme (*Ulmus* sp.), 2%, le chêne (*Quercus* sp.), 3-4% et la pruche (*Tsuga* sp.) 15% apparaissent dans des proportions qui, si on les compare au diagramme de Saint-Jean, situent l'âge des quatre lits de tourbe près de la date de 1180 ± 100 ans BP (Gif-1758) présentée avec le diagramme de Richard. La correspondance entre ce diagramme et les



FIGURE 6. Petit glissement dans les boues fraîches sur le versant d'une rigole; haute slikke. Des débris végétaux ont été impliqués dans le glissement. D'autres débris non perturbés apparaissent à l'arrière-plan.

Small slope-failure along the bank of a tidal creek in the lower marsh area. Vegetal debris were included in the slump. Non-perturbed debris can be seen near-by.

spectres polliniques de l'anse aux Canards semble donc excellente et confirme la validité des datations au radio-carbone.

La présence de l'érable à sucre (*Acer saccharum*), dans des proportions typiques de 2 à 3%, associée aux espèces mentionnées plus haut certifie que les assemblages étudiés sont bien représentatifs de l'érablière laurentienne.

On retrouve dans les feuillets tourbeux le pollen des mêmes arbustes que dans le diagramme pollinique de Saint-Jean, et ce dans des proportions similaires. *Alnus rugosa* est le mieux représenté et compte pour 2% à 5% du total des grains. Comme cette espèce est présente de façon similaire dans la plupart des assemblages polliniques typiques de l'érablière laurentienne, ces forts pourcentages ne peuvent susciter d'interprétation bien fondée quant au milieu de dépôt des feuillets. Les saules (*Salix* sp.) et *Myrica gale*, qui sont des arbustes normalement abondants dans les marais littoraux du Saint-Laurent, sont, curieusement, beaucoup plus faiblement représentés dans ces échantillons de milieu littoral que dans la tourbière de l'île d'Orléans. Notons surtout que le schorre supérieur actuel de l'anse aux Canards est caractérisé par une saulaie, à la ligne de hautes mers de vives eaux (LACOURSIÈRE et GRANDTNER, 1971 et 1972) et que, par ailleurs, le site échantillonné se situe à la frange distale de la saulaie basse actuelle (fig. 2).

Dans un des lits échantillonnés, on note 8% de Cy-péracées; il faut probablement voir là l'indice de la pré-

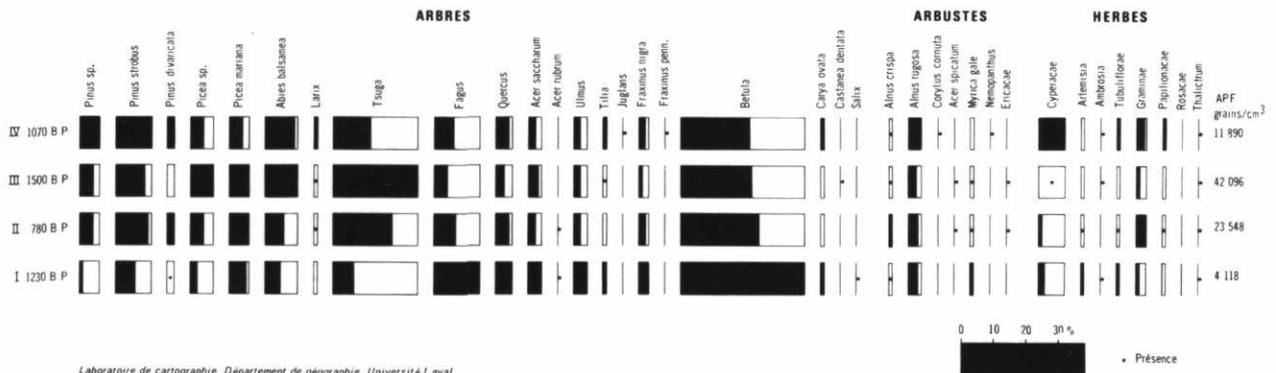


FIGURE 7. Spectres polliniques des feuilletts tourbeux.

Pollinic spectra of the peat layers.

sence dans les environs d'une prairie riparienne, fort possiblement de la scirpaie telle qu'on la rencontre aujourd'hui sur les schorres du moyen estuaire. D'autres Cypéracées abondent aussi dans ce milieu comme, par exemple, les genres *Eleocharis* et *Carex*. Les graminées sont présentes dans les quatre échantillons, bien que dans des proportions relatives plutôt faibles; cette persistance est peut-être, là aussi, un indice de la proximité d'un marais littoral. Notons enfin la simple présence, dans les quatre échantillons, du genre *Thalictrum* abondant le long des rives du Saint-Laurent (MARIE-VICTORIN, 1964).

Comparativement à la vaste majorité des diagrammes relevés dans la littérature, les fréquences polliniques des quatre échantillons sont très faibles. L'échantillon le plus riche en grains de pollen contient en effet 42 096 grains/cm³; en moyenne, les quatre échantillons ont une fréquence pollinique absolue de 20 413 grains/cm³. Ce chiffre, plus petit d'un ordre de grandeur que les concentrations rencontrées habituellement dans les lacs et les tourbières, permet de croire que les grains ont été concentrés sur le rivage à partir d'une aire de dispersion vaste et sur laquelle la pluie pollinique est largement disséminée. On peut donc en déduire qu'une grande partie des grains, au départ dispersés sur le fleuve et l'estuaire, ont dérivé jusqu'au site, entraînés par les courants, les vents et les vagues. Compte tenu des caractéristiques biogéographiques du Québec méridional drainé par le Saint-Laurent, on peut s'attendre à ce que les spectres polliniques et les fréquences polliniques relatives soient représentatifs du domaine climacique bordant les rives au moment du dépôt des débris végétaux sur le littoral; il s'agit, bien sûr, de l'érablière laurentienne.

Alors que le pollen reflète la végétation régionale d'il y a environ 1100 ans, les macro-restes fournissent une image nette de la végétation locale. Contrairement à nos attentes, aucun débris d'algues ne fut retrouvé dans les restes végétaux. Des aiguilles de conifères, des bourgeons, ainsi que des graines d'arbres et de plantes ont été identifiées. L'espèce la mieux représentée est

le cèdre (*Thuja occidentalis*). Viennent ensuite le sapin et le pin blanc (*Pinus Strobus*). Les graines de bouleau sont aussi nombreuses; il s'agit principalement du bouleau blanc (*Betula papyrifera*), mais on note aussi la présence du bouleau jaune (*Betula lutea*). Six bourgeons de saule (*Salix* sp.) furent retrouvés dans un des échantillons. Des restes de pruche, d'épinette (*Picea* sp.), d'if (*Taxus* sp.) et de mélèze (*Larix* sp.) ont aussi été retrouvés. Cet assemblage de débris végétaux terrestres correspond à une forêt riparienne très similaire à celle d'aujourd'hui. En effet, les barres rocheuses sur le littoral et les plages anciennes supportent, surtout à la pointe de l'île, une pinède à pin blanc. Les secteurs moins bien drainés et les grès calcaires supportent le cèdre en quantité, et on retrouve actuellement le sapin, les bouleaux et l'épinette sur la côte.

Compte tenu de la dimension et du poids des macro-restes en comparaison avec les grains de pollen, il est permis de croire que les débris végétaux d'origine terrestre contenus dans les feuilletts tourbeux proviennent du littoral immédiat de la baie. On peut imaginer les mécanismes suivants pour expliquer leur localisation actuelle en zone intertidale: chutes d'aiguilles et de branches directement sur l'estran, chutes d'arbres dans l'eau et, très probablement, érosion d'humus par les eaux courantes lors des débâcles de la rivière du Moulin et par les vagues lors de tempêtes coïncidant avec de très grandes marées. La baie est fermée sur trois côtés et elle reçoit les vents de tempête du nord-est. Ceci favorise l'accumulation des débris érodés sur ses rives.

Bien que plusieurs graines soient demeurées non identifiées, 10 genres de plantes aquatiques furent reconnus dont cinq jusqu'au niveau de l'espèce. Il s'agit de: *Typha*, *Eleocharis* (comprenant *E. palustris*), *Meynantes trifoliata*, *Naja flexilis*, *Carex*, *Bidens*, *Sagittaria* (comprenant *S. latifolia*), *Eupatorium*, *Zanichellia*, *Viola* et *Scirpus* (comprenant *S. validus*).

Ces plantes sont toutes présentes, voire abondantes sur le schorre actuel (GAUTHIER et LAVOIE 1973; LA-

COURSIÈRE et GRANDTNER, 1971, 1972). On peut donc conclure que les lits tourbeux contiennent des débris végétaux terrestres et ripariens d'origine presque exclusivement locale. Les espèces littorales présentes indiquent une salinité à peu près nulle au temps du dépôt comme cela est le cas actuellement et compte tenu de la granulométrie et du tri des sédiments intercalés (fig. 24 et tabl. III), les conditions hydrodynamiques et sédimentaires qui prévalaient il y a environ 1000 à 1200 ans BP semblent être demeurées à peu près les mêmes jusqu'à aujourd'hui.

Notons enfin que les âges ^{14}C obtenus s'étalent sur 700 ans et que la séquence des datations ne suit pas l'ordre stratigraphique. Les lits de tourbe ont été perturbés par des glissements (fig. 4 et 5c). Des apports d'humus de la rivière du Moulin sont possibles lors des crues fluviales. De même, les débris érodés le long de la côte au moment des tempêtes sont susceptibles d'être transportés dans le fond de l'anse aux Canards. Des reprises et des atterrissages de débris végétaux transportés par les glaces flottantes se produisaient aussi bien il y a 700 ans qu'aujourd'hui. Tous ces facteurs liés à la dynamique du milieu ont pu contribuer au mélange de débris d'âges variés.

L'ESTRAN ACTUEL

Dans l'ensemble, le schorre présente une surface presque horizontale. Toutefois, un profil topographique transversal effectué au théodolite a permis la mise en évidence d'ondulations très larges et de quelques décimètres d'amplitude verticale. Les altitudes le long de ce profil (fig. 8) ont été mesurées à partir du niveau de l'eau à 16 h 44, le 10 août 1979 (3,20 m) établi selon les prédictions de Pêches et Océan Canada (1979). Des difficultés techniques ont empêché l'utilisation du niveau réel observé ce jour-là à la station marégraphique voisine de Saint-François. Cependant, la comparaison pour d'autres jours de temps calme entre les données prédites et les données observées permet de croire que l'erreur d'estimation du niveau de référence pour l'ensemble du profil est inférieure à 20 cm. Quoiqu'il en soit, les différences relatives entre les divers points du profil demeurent exactes.

La surface du schorre s'incline assez rapidement, descendant de 6,8 m à la limite extrême des hautes mers à 4,8 m à 135 m de distance. Elle remonte ensuite

pour culminer vers 5,3 m suivant un bombement topographique très large. À 454 m de la ligne des plus hautes mers et à 4,85 m d'altitude, le schorre disparaît abruptement et fait place à la slikke. De là, l'altitude décroît rapidement jusqu'au lit de l'estuaire, environ 200 m plus loin. Du point de vue topographique, le schorre n'est donc pas tout à fait horizontal et ne s'incline pas vraiment de façon régulière, une pente contraire étant observable. Des caractéristiques comparables ont été relevées par VERGER (1968) dans certains schorres du littoral français.

Des ensembles de micro-formes correspondant aux dénivellations topographiques ont été relevés sur le terrain. En tout, cinq unités géomorphologiques ont été identifiées sur le schorre (fig. 9), tandis que la slikke peut être subdivisée en deux unités géomorphologiques (tabl. II).

LE SCHORRE

1) Zone A : Les saulaies

La frange boisée à la limite supérieure du schorre comprend une saulaie haute et une saulaie basse (fig. 2) ; les deux font ensemble une trentaine de mètres de largeur. Rarement inondée par la marée, cette zone se caractérise surtout par une végétation luxuriante développée sur un sol très mal drainé de type régosol gleyfié. Le mauvais drainage est dû au fait que cette zone reçoit l'égouttement des terres avoisinantes. L'écoulement de surface, au moment de la fonte des neiges et des périodes pluvieuses, est ralenti par les épaisses laisses de marées accumulées dans la zone B. La composition végétale et le sol de ces saulaies ont été décrits par LACOURSIÈRE (1969) et par LACOURSIÈRE et GRANDTNER (1971 et 1972).

2) Zone B : Les laisses de hautes mers

La zone des laisses de hautes mers (fig. 10), sise entre 5,5 m et 6 m d'altitude, atteint jusqu'à 77 m de largeur. Elle est caractérisée par une accumulation de débris végétaux et de bois de dérive comprenant aussi des apports minéraux. Il s'y développe en été une végétation herbacée abondante et variée qui tend à être envahie par de petits saules. La vase mélangée ou même parfois interstratifiée avec les joncs (fig. 11) peut être apportée par les flots. Toutefois la fonte sur place de la glace d'estran riche en vase apportée par les ma-

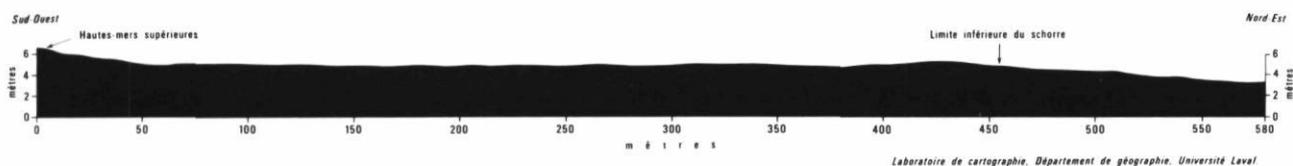


FIGURE 8. Profil topographique détaillé du schorre.

Detailed topographic section of the marsh.



FIGURE 9. Photo aérienne de l'anse aux Canards, prise le 25 mai 1972 à marée basse (échelle : 1/15 198). Les zones morphologiques A, B, C, D, E sont décrites dans le texte. Les détails de la morphologie sont mis en évidence par la faible hauteur du couvert végétal qui n'est qu'au tout début de la saison de croissance (original en couleur).

Aerial view of Anse aux Canards taken at low tide on May 25th 1972 (scale 1:15,198). Morphologic zones A, B, C, D, E are described in the text. Morphological details are evidenced by the very low height and density of the vegetal cover at the very beginning of the growing season (original in colours).

rées semble être le processus prépondérant de délestage de sédiments minéraux dans cette zone. Notons en effet qu'à cette altitude la durée, la fréquence et surtout la profondeur des submersions tidales durant la période de déglacement (tabl. II et fig. 20) sont trop faibles pour entraîner le soulèvement et le décollement de la glace qui fond sur place. Cependant, la zone est submergée assez souvent au cours de la saison glacielle (ALLARD et CHAMPAGNE, 1980) pour que des quantités notables de sédiments soient incorporés à la glace d'estran.

3) Zone C : La zone de transition

Cette zone, dont la surface s'incline de 5,5 à 5 m, fait la transition entre la zone B où aucune mare et aucun

radeau glaciels ne sont visibles et les zones D et E où abondent ces formes caractéristiques des rives du Saint-Laurent (DIONNE, 1968a, b, 1970, 1972). C'est donc à partir d'une altitude intermédiaire d'environ 5,3 m et à des niveaux plus bas que les marées ont la possibilité de soulever et de décoller la glace d'estran. Dans la partie supérieure de la zone, les marelles sont très rares et les radeaux à peine plus nombreux (fig. 12); leur nombre croît vers le bas. La diversité végétale est moindre qu'en zone B, mais plus grande qu'en zone D (LA-COURSIÈRE, 1969).

4) La zone D : la zone de sédimentation

Cette zone occupe l'aire déprimée relevée sur le profil topographique (fig. 8) et d'une altitude inférieure à

TABLEAU II
Zonation et caractéristiques topographiques de l'estran

	Altitude ¹	Submersions (1979)		Submersions déglacement		Largeur approximative		Caractéristiques
		Durée	Fréq.	Durée	Fréq.	1963	1972	
<i>Schorre</i>								
Zone A Saulaies	6 à 7 m	53 h	45	0	0	30 m	38 m	Horizon pédologique Ah. Végétation arborescente et variée
Zone B Laisses de marées	5,5 à 6 m	271 h	169	48 h	33	50 m	77 m	Diversité végétale. Aucune évidence d'activité glacielle récente. Passage graduel à la zone C.
Zone C Zone de transition	5 à 5,5 m	825 h	395	80 h	58	80 m	31 m	Diminution de la diversité végétale; radeaux glaciels dispersés. Mares peu abondantes. Passage graduel à la zone D.
Zone D Zone de sédimentation	4,8 à 5 m	1110 h	508	170 h	75	120 m	224 m	Aire très légèrement déprimée. Vase molle en surface recouvrant des mares glacielles. Source des rigoles. Scirpaie. Passage graduel à la zone E.
Zone E Zone d'érosion	5 à 5,3 m	825 h	395	80 h	58	240 m	170 m	Aire légèrement surélevée; mares glacielles nombreuses et profondes (marais troué); disséquée par les chenaux de marée. Scirpaie. Passage par micro-falaise (20 cm) à la haute slikke.
<i>Slikke</i>	4,9 à 0 m	960 h à 8760 h	455 à 705	150 h à 1128 h	68 à 91	120 m	131 m	Haute slikke consistant en 20 cm de vase molle sur une base consolidée d'où les rhizomes de scirpes croissent en été. Basse slikke consistant en 15 cm de vase très molle sur sable fin compact.

1. Niveaux au-dessus du 0 local. Niveau moyen de l'eau à 3 m.

5 m. Des placages d'environ 10 cm de vase molle recouvrent la vase consolidée du schorre. La surface est affectée de mares glacielles, mais on n'y retrouve qu'une faible densité de radeaux de schorre (fig. 13). Seize rigoles parallèles (fig. 9) débutent dans cette zone et atteignent le fleuve en traversant la zone suivante. Les bouleversements annuels du sol par les glaces flottantes et la mobilité des vases fraîches empêchent l'organisation hiérarchisée du réseau de drainage en

zone D, de sorte que les limites des bassins de réception des rigoles fluctuent d'une année à l'autre.

5) la zone E: la zone d'érosion

À la zone de sédimentation succède, vers le large, une zone légèrement surélevée (5,3 m) où prédomine l'érosion. Le schorre est littéralement criblé de mares glacielles profondes et bien découpées (fig. 14) et est entaillé par les rigoles qui s'y enfoncent d'environ 60 cm.

La scirpaie américaine occupe cette zone et est interrompue par des colonies de sagittaires qui peuplent les versants des chenaux.

Le contact entre la zone E et la slikke, plus basse, est fort irrégulier, la bordure inférieure du schorre étant échancrée par l'érosion (fig. 15 et 16). Les arrachements glaciels sont en grande partie responsables des déchirures du tapis végétal qui exposent le substrat vaseux. Dans celui-ci continuent cependant de courir une grande partie des rhizomes de scirpe. L'érosion par les vagues d'une micro-falaise d'une vingtaine de centimètres de hauteur contribue aussi au recul de la bordure du schorre. L'érosion du tapis végétal met à jour des galets et de petits blocs glaciels autrefois incorporés aux

sédiments intertidaux (fig. 15). Quelques nouveaux cailloux glaciels y sont aussi délestés au printemps (fig. 16).

LA SLIKKE

De la bordure du schorre au niveau des basses mers, la slikke s'incline régulièrement selon une pente de 1,33%. À la fin du déglacement printanier, une couche de vase molle et fluide en recouvre la surface qui est aussi sillonnée de rainures glacielles, défoncées de cuvettes d'affouillement et affectée d'un réseau de petites crêtes de pression reproduisant le dessin des fissures de la glace d'estran (DIONNE, 1968b, c, 1969a, b, 1971). Cette vase molle se dépose sous la glace de batture durant l'hiver. Dès le départ du couvert glaciaire, elle est l'objet de remises en suspension par les vagues et les courants à un rythme dépendant largement du régime éolien. D'autres atterrissages ont lieu



FIGURES 10 à 17 inclusivement. Prises le 23 mai 1980 dans des conditions identiques à celles de la figure 9.

Photos taken on May 23rd 1980 in conditions identical to those of Fig. 9.

FIGURE 10. Les laisses de hautes mers de la zone B. Noter les jeunes saules de la zone A qui tendent à coloniser l'endroit.



FIGURE 12. Zone C. Noter la rareté des radeaux de schorre et les marelles peu profondes, probablement anciennes et en voie de comblement.

Zone C. Note the scarceness of schorre-rafts and the shallow pans, probably ancient ones being infilled by sedimentation.



Tidal debris of zone B. Note the invasion of this zone by young willows from zone A.

FIGURE 11. Vase et joncs interstratifiés dans la zone B. *Interstratified mud and vegetal remains in zone B.*



FIGURE 13. Zone D caractérisée par des marelles peu profondes et des placages minces de vases récentes. Les trous et le remaniement de surface au premier plan résultent du broutage du scirpe par les oies. *Zone D, typified by very shallow pans and dispersed veneers of recent mud. The pitted surfaces in foreground result from the grazing of Scirpus americanus roots by the white geese.*

durant l'interglaciel suivant les conditions végétales, hydrodynamiques et météorologiques. Deux subdivisions géomorphologiques ont été identifiées dans la slikke.

La haute slikke est caractérisée par une mince couche de vase reposant sur un substrat de sédiments limoneux plus ferme et compact. En majeure partie, ce substrat semble être le matériel du schorre en régression, en surface de laquelle le tapis végétal fut arraché. La figure 17, photo prise le 23 mai 1980, laisse voir ce



FIGURE 14. Zone E: schorre à marelles. Celles-ci sont profondes et datent du dernier déglacement.

Zone E; pitted marsh. The pans are deep and were made during the last ice break-up, one month before.



FIGURE 15. Contact entre le schorre et la slikke. Le passage se fait graduellement, et le tapis végétal est largement déchiré par les arrachements glaciels. Plusieurs petits blocs glaciels apparaissent; certains viennent d'être apportés, les autres sont exhumés par l'érosion.

Gradational contact between marsh and tidal flat. The soil cover is considerably ripped off by ice-raft erosion. Many boulders are strewn over the surface; some have been recently dropped; the others are exhumed by the erosion of the soil and vegetation cover.

substrat affleurant à travers la vase récente. C'est sur ce substrat encore riche en racines vivantes que croissent en été les nouvelles pousses de scirpe de la haute slikke. Celles-ci en poussant peuvent favoriser la sédimentation estivale (fig. 18). En effet, d'après des observations faites au cap Tourmente, SERODES (1978 p. 4) a noté que la sédimentation commence vers la fin juin alors que le scirpe atteint déjà 30 cm et se poursuit tout l'été pour atteindre un sommet durant septembre. La densité du couvert végétal demeure plus faible que celle du schorre. Quelques blocs glaciels partiellement envasés sont dispersés sur la haute slikke.

La basse slikke est virtuellement dénuée de couvert végétal. Les vases molles épaisses d'environ 20 cm (en juillet 1980) recouvrent un substrat compact composé de sable fin et moyen. Les blocs glaciels, plus nombreux, sont disposés majoritairement selon un alignement à la limite des basses mers. Une analyse de mobilité de ces blocs a révélé que les prises en charge et les transports dans cet alignement sont pratiquement inexistantes (CHAMPAGNE, 1978; ALLARD et CHAMPAGNE, 1980).

AUTRES TYPES DE FORMES ET DE PROCESSUS

La fréquentation de l'anse aux Canards par les oiseaux migrateurs, principalement la Grande Oie blanche (*Chen caerulescens atlantica*) à des impacts morpho-sédimentologiques directs sur l'estran. Les oies occupent l'anse de la mi-avril à la mi-mai et de la mi-octobre à la mi-novembre (fig. 19). Les rhizomes de scirpe américain sont une nourriture de choix et leur arrachement entraîne une perturbation profonde de la surface du schorre et de la haute slikke. Les scirpaies pures des zones D et E les attirent particulièrement et elles brou-



FIGURE 16. Vue détaillée de l'érosion du schorre à sa limite inférieure. Un petit bloc forme pilier sur le tapis végétal.

Close-up view of the erosion going-on at the lower limit of the marsh.



FIGURE 17. Vue d'ensemble de la slikke. On distingue nettement la boue compacte inégalement recouverte de boue fraîche en voie d'érosion.

The tidal flat. Consolidated mud is unequally covered by a veneer of fresh mud.

tent en particulier dans la micro-falaise du schorre et sur le pourtour des marelles. Leur activité morphologique principale consiste à ameublir les vases consolidées, ce qui les rend sensibles aux remises en suspension par les vagues et les courants (fig. 13 et 19).

La chasse étant permise à l'automne, les chasseurs se construisent des caches. Des mares d'environ 40 m de diamètre et 1 m de profondeur sont creusées par les riverains avec des tracteurs afin de faciliter la chasse à l'affût. Faisant partie intégrante du paysage, ces mares constituent des pièges à sédiments et sont graduellement comblées en quelques années; il est donc nécessaire de les entretenir ou d'en creuser de nouvelles. Une d'entre elles, creusée en 1963 près de la limite inférieure du schorre, est disparue avec la régression de celui-ci. En tout, nous avons compté qu'entre 1963 et 1972, il y avait en moyenne 7 mares, trois disparaissant et trois autres étant creusées. En 1979, il y avait 16 mares artificielles sur le schorre. L'entretien des affûts nécessite le déplacement d'une machinerie semi-lourde sur le schorre, ce qui cause des dégâts importants, car les traces subsistent pendant quelques années (fig. 19).

CORRÉLATION ENTRE LA MORPHOLOGIE ET LE GRADIENT-INONDATION

L'expression « gradient-inondation » fait référence à la fréquence, à la durée et à la profondeur d'immersion de la zone intertidale en fonction des niveaux topographiques et des hauteurs atteintes par les marées (LACOURSIÈRE et GRANDTNER, 1971 et 1972; GAUTHIER et LAVOIE, 1973). En vue de déterminer l'importance du gradient-inondation, un programme utilisant les niveaux d'eau horaires de Pêches et Océans Canada a été mis au point. Il permet de calculer précisément, pour n'importe quel niveau intertidal, le nom-



FIGURE 18. La slikke, le 17 juillet 1980. Une couverture d'environ 25 cm de vase fraîche la recouvre. Des peuplements dispersés de scirpe américain ont crû à partir des rhizomes en-dessous.

*July 17, 1980, 25 cm of fresh mud cover the tidal flat. Colonies of *Scirpus americanus* have regrown from the rhizoms in the underlying consolidated mud.*



FIGURE 19. Oies broutant sur l'estran le 15 octobre 1980; noter la turbidité de l'eau dans les zones broutées. On voit aussi des affleurements rocheux, une mare de chasseur comblée ainsi qu'une nouvelle et des traces de véhicules. (N & B tiré d'un original en couleurs; courtoisie du Service canadien de la faune.)

Geese grazing on the marsh; note the turbidity of water in the more densely grazed areas. Rock outcrops, a silted artificial pond, a new one and vehicle tracks can also be seen. (B & W reproduced from an original colour picture; courtesy of Canadian Wildlife Service.)

bre de submersions sous une tranche d'eau donnée, la durée de submersion, le nombre de fois que la marée atteint ce niveau et le nombre d'heures durant lesquelles le niveau d'eau se maintient au niveau topographique, ceci soit pour l'année, soit pour une période quelconque pouvant correspondre, par exemple, à la saison du déglacement ou à la saison de végétation. Les données relatives au schorre de l'anse aux Canards pour l'année 1979 et pour la période de déglacement de cette même année, soit du 15 mars au 30 avril, apparaissent à la figure 20 et au tableau II.

La photo aérienne du 26 avril 1978 (fig. 21) permet de démontrer l'importance des modalités de déglacement dans la zonation morphologique du schorre. On y voit une slikke bien déglacée, tout probablement à la suite de détachements massifs (DIONNE, 1970). La zone E du schorre est libre de glace et on y aperçoit aussi bien des radeaux de glace détachés et échoués que des étendues de glace d'estran continues; les décollements marginaux et les soulèvements par radeaux isolés de la glace d'estran dans cette zone permettent d'expliquer la grande concentration de marelles qu'on y retrouve. Sur cette photo, la zone D est couverte de glace d'estran boueuse, mais toutefois disloquée en grande partie par un réseau de fissures orientées parallèlement au rivage. Cette zone connaît donc des décollements marginaux, mais aussi beaucoup de fonte sur place d'où une moins grande fréquence des arrachements à l'origine des marelles. Dans la zone C, la glace d'estran est couverte de vase et de flaques d'eau, ce qui implique qu'elle fond presque entièrement sur place, d'où la rareté de micro-formes glacielles (fig. 22).

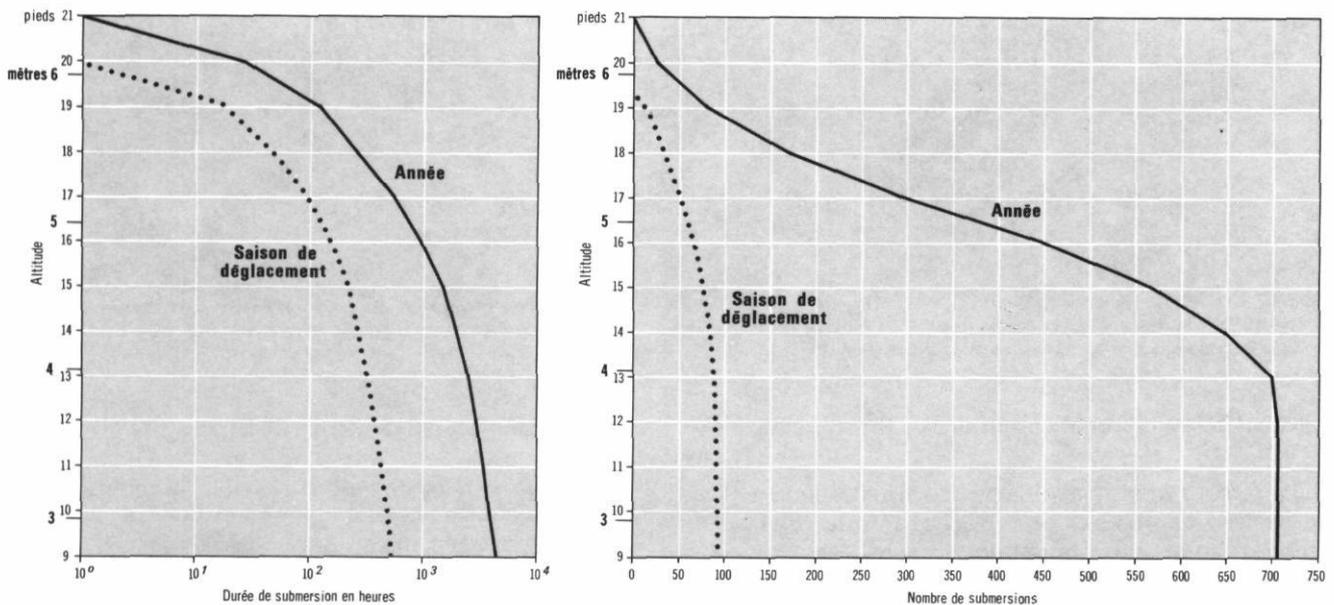
Les zones morphologiques identifiées précédemment correspondent donc aux modalités différentes de déglacement en fonction de la position sur l'estran. Au delà de 5,5 m d'altitude (zones B et A), la glace ne peut que fondre sur place compte tenu du faible nombre de submersions et de la brève durée d'inondation au cours de la saison de déglacement. Notons qu'à ce niveau, même s'il y a submersion, celle-ci n'implique que quelques centimètres d'eau, ce qui est insuffisant pour sou-

lever une glace d'environ 1 m d'épaisseur. Les zones C (5 à 5,5 m), D (4,8-5 m) et E (5-5,3 m) connaissent des submersions plus nombreuses, de plus longue durée et sous des tranches d'eau plus profondes, ce qui favorisent à la longue les arrachements glaciels.

L'importance du gradient-inondation dans la répartition des groupements végétaux ripariens a déjà été démontrée par LACOURSIÈRE (1969) et par LACOURSIÈRE et GRANDTNER (1971, 1972). Influençant les modalités du déglacement printanier, surtout dans la partie supérieure du schorre, la gradient-inondation régit aussi en grande partie la répartition des micro-formes glacielles à la surface du schorre.

L'ÉVOLUTION RÉCENTE

Un recul de la limite du schorre est observable en faisant la comparaison de photos aériennes prises entre 1963 et 1978 (fig. 23). Les modalités d'érosion évoquées plus haut ont fait reculer cette limite d'environ 60 m durant ces années. N'ont été retenues pour fins de comparaison que les photos aériennes laissant voir sans équivoque et le plus clairement possible le contact schorre-slikke, soit celles des printemps 1963, 1972 et 1978. Les positions successives de cette ligne de contact géomorphologique (fig. 23) ont été tracées en ramenant les photos à la même échelle à l'aide d'un agrandisseur optique de précision et en utilisant des repères terrestres stables, principalement des affleurements rocheux. Le taux moyen de recul fut de 4,9 m/an de



Laboratoire de cartographie, Département de géographie, Université Laval

FIGURE 20. Fréquence et durées des submersions par niveaux pour l'année et la période de déglacement; 1979.

Frequency and duration of tidal submersions per heights for the year and the break-up season; 1979.

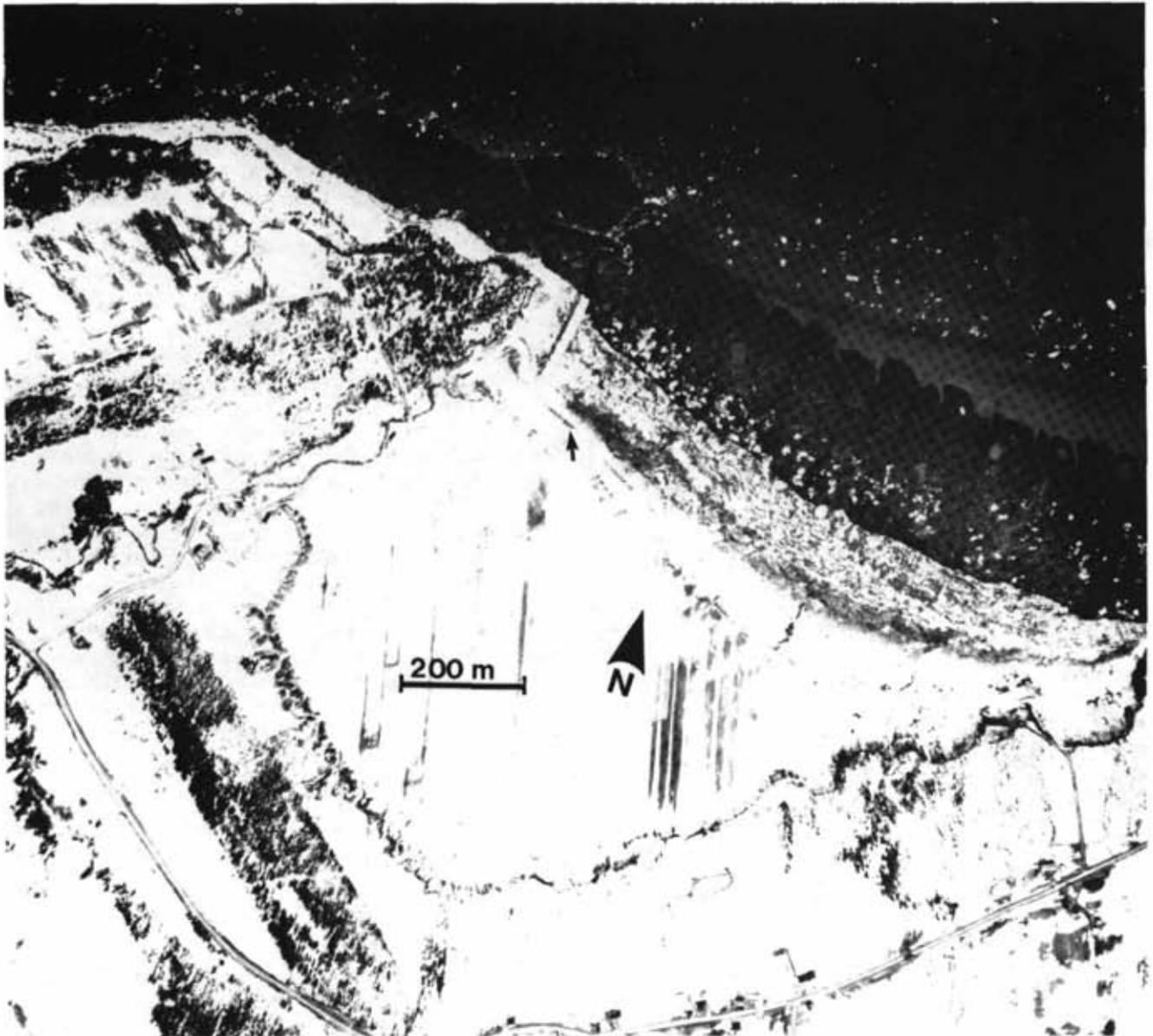


FIGURE 21. Photo aérienne prise le 26 avril 1978. (N & B tiré d'un cliché original en infra-rouge couleurs.) La flèche indique un bourrelet de vase déposé à la limite des hautes mers sur le pied de glace.

Aerial photograph taken on April 26th 1978. (B & W reproduction on an original infrared colour image.) The arrow indicates a mud layer deposited on the ice-foot at the high water line.

1963 à 1972, alors qu'il ne fut que de 2,7 m/an de 1972 à 1978.

La largeur approximative des zones morphologiques de l'estran en 1963 et en 1972 apparaît au tableau II. Établies aussi par photo-interprétation, ces données révèlent quelques tendances générales. La zone d'érosion (zone E) a rétréci d'environ 70 m, alors que la slikke s'est élargie de 11 m et la zone de sédimentation (zone D) de plus de 100 m. La zone des saulaies et celle des laisses de marées (zones A et B) se sont élargies

respectivement de 18 et 27 m. Ces gains semblent devoir être attribués à la progression de la végétation arbustive et à la sédimentation dans la partie supérieure du schorre. La zone de transition (zone C) a perdu du terrain en raison des gains des zones B et D.

Les tendances générales d'évolution de l'anse aux Canards, de 1963 à 1978, se résument donc à une érosion à la limite inférieure du schorre et à une certaine accrétion à sa marge supérieure. Les facteurs à invoquer pour expliquer cette double tendance sont encore



FIGURE 22. Glace d'estran achevant de fondre sur place sur le schorre, le 14 avril 1980. Elle fut submergée plusieurs fois.

April 14th 1980. Shore ice melting on the marsh after being submerged several times.

imprécisés. La partie supérieure du schorre est protégée de l'érosion glacielle par sa position altitudinale, et les marées y apportent des vases et des débris végétaux. Par contre, l'érosion à la frontière inférieure du schorre est plus difficilement explicable.

D'après les données marégraphiques à long terme publiées par DOHLER et KU (1970), il semble peu probable qu'une fluctuation positive significative du niveau des eaux en soit responsable. La fréquence des tempêtes automnales et printanières au cours de ces années pourrait être une cause de même que les dragages des chenaux de navigation qui ont pu modifier la puissance des vagues, la vitesse des courants, et le bilan sédimentation-érosion. Un autre facteur à prendre en considération serait l'accroissement de la population d'oies blanches. Environ 3 000 à la fin du XIX^e siècle, elles étaient 40 000 en 1969-1970 lors de la création de la réserve faunique du cap Tourmente et environ 200 000 en 1980⁵. Quand on sait le travail de destruction résultant du broutage intensif dans les scirpaies, surtout le long des micro-falaises et sur la haute slikke, l'action des oies, aidant la détérioration du tapis végétal et la remise en suspension des vases, ne saurait être ignorée. À la réserve du cap Tourmente, sur la rive opposée, SERODES (1978, p.u.) a observé que l'arrivée massive des oies à l'automne, aidée peut-être par les premières gelées, entraîne l'effondrement du couvert végétal et est suivie de l'érosion de la vase accumulée au cours de l'été. Cette érosion se poursuivrait jusqu'à la fin novembre. Par contre, selon cet auteur, le bilan serait finalement positif, tendant vers l'accrétion.

5. Données fournies par le Service canadien de la faune, Environnement Canada, Québec, 1980.

ASPECTS SÉDIMENTOLOGIQUES

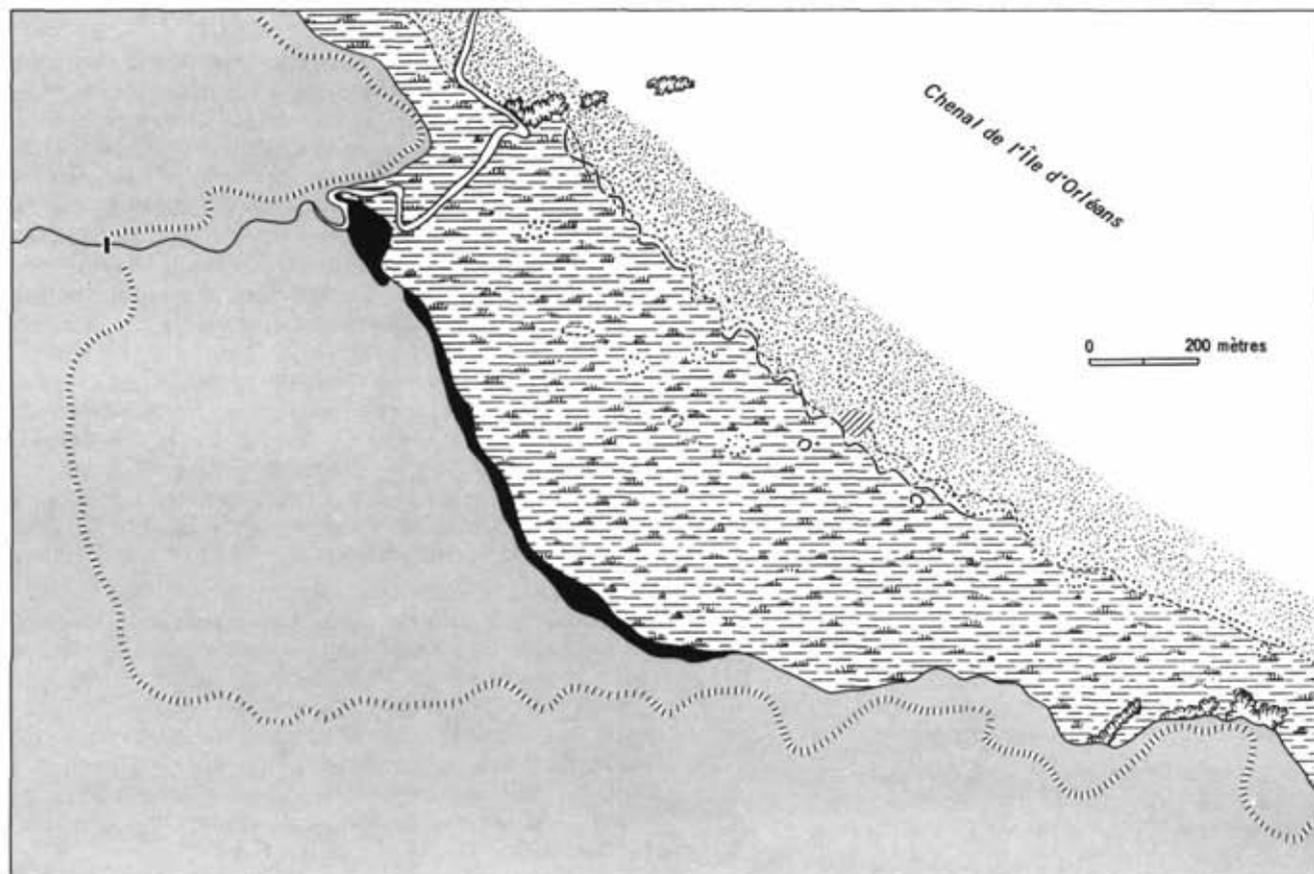
Les structures et les figures sédimentaires sont peu nombreuses et peu variées dans les vases de la zone intertidale. En coupe, les sédiments limoneux ont en général un aspect massif; des débris végétaux y sont disséminés en profondeur et on trouve parfois des lamines dans des passées sableuses. Selon REINECK et SINGH (1975, p. 359) et FREY et BASAN (1978, p. 154) ce faciès est caractéristique des estrans vaseux. Les lamines contiennent généralement quelques débris végétaux orientés et compactés parallèlement aux plans de stratification. VAN STRAATEN (1954, p. 33) mentionne que dans la mer des Wadden les débris organiques ainsi disposés sont en partie apportés de la mer et par les cours d'eau et en partie fournis par le schorre lui-même. Les analyses de grains de pollen et de macrorestes effectuées à l'anse aux Canards corroborent cette affirmation. D'après les mêmes auteurs, les lamines seraient propres aux chenaux de marée et à la slikke.

Quelques rides de courant ou d'oscillation apparaissent de temps à autres en surface. Lorsque le vent est du nord-est, les vagues laissent au baissant de petites rides d'oscillation à la surface du schorre inférieur (zone E). Par temps calme, le jusant y imprime au contraire des rides de courant longitudinales parallèles au fleuve. Cette variabilité des structures sédimentaires en fonction des conditions hydrodynamiques est commune aux estrans en général (REINECK et SINGH, 1978, p. 356).

Quelques échantillons ont fait l'objet d'analyses (tabl. III). Les échantillons 1 à 5 ont été prélevés au droit du schorre, à divers endroits et à diverses profondeurs. Le matériel est relativement compact; la teneur moyenne en eau étant de 28,5%. La proportion de carbonates varie de 1,4% à 4,8%. À l'exception d'un échantillon, la teneur en débris organiques va de 2,9% à 4,8%. Les courbes granulométriques (fig. 24, nos 1, 3 et 4) confirment l'homogénéité du matériel du schorre.

Les vases fraîchement déposées et mobilisables se distinguent aisément par leur très faible degré de compaction et leur teneur élevée en eau. À la surface de la slikke, cette vase contient de 57% à 76% d'eau. Un échantillon de vase fraîche recueilli sur le versant d'une rigole (n° 7) a donné une teneur en eau de 38,5% seulement; cette différence est attribuable au meilleur drainage existant sur les versants des chenaux à marée basse.

L'échantillon n° 10 provient des limons compactés sous la vase molle de la haute slikke. Ses caractéristiques identiques à celles des matériaux de schorre appuient l'hypothèse d'un recul récent de la limite du schorre. L'échantillon n° 11 fut prélevé dans la coupe stratigraphique entre deux lits de tourbes à 1,3 m de profondeur. Datant d'il y a 1100 ans, il est identique aux sédiments actuels.



.....	Falaise Micmac		Slikke	-----	1963	○	Limite intérieure du schorre	Affûts
	Saulaie		Affleurements rocheux	-----	1972	-----	○		
	Schorre		Chute	-----	1978	-----	○		
									Affût disparu

Laboratoire de cartographie, Département de géographie, Université Laval.

FIGURE 23. Fluctuations de la limite intérieure du schorre de 1963 à 1978.

Fluctuations at the border of the tidal marsh from 1963 to 1978.

La granulométrie des sédiments de l'anse aux Canards se compare très bien à celle de sédiments intertidaux d'autres régions (VAN STRAATEN, 1954; VERGER, 1968) ainsi qu'avec celle des suspensions du moyen estuaire du Saint-Laurent (CENTREAU, 1975; SILVERBERG et SUNDBY, 1978; KRANCK, 1979). Malheureusement, les analyses granulométriques ayant été interrompues trop tôt, les courbes ne représentent qu'un peu plus de la moitié des distributions, et l'interprétation qu'on peut en tirer s'en trouve limitée. Notons en passant que de tels sédiments sont plus justement représentés en graphique semi-logarithmique qu'en coordonnées gaussiennes (RIVIÈRE, 1977, p. 34).

SYNTHÈSE ET DISCUSSION

Une plate-forme rocheuse ancienne, visible dans le prolongement littoral des crêtes rocheuses appalachiennes, constitue l'assise sur laquelle reposent les sédiments finiglaciaires et holocènes de l'estran. Mis en évidence par un poli et des stries relevés au niveau des basses mers, le dernier écoulement glaciaire régional s'est fait du sud-ouest vers le nord-est suivant la direction générale de l'estuaire. Un diamicton glacio-marin daté de 11 200 ans BP peut être associé à cette dernière influence glaciaire. À l'anse aux Canards, les dépôts marins intertidaux reposent sur le diamicton, com-

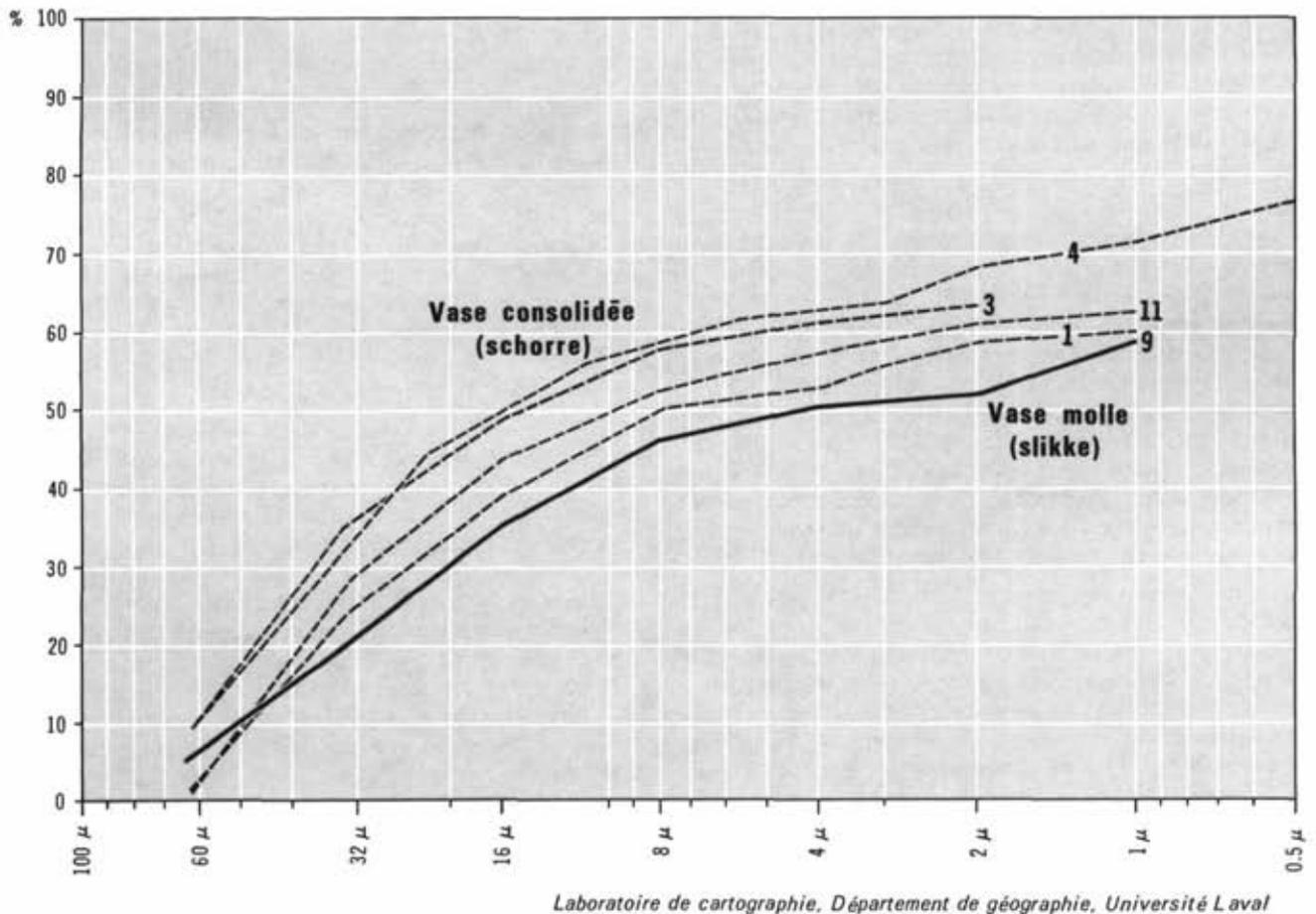


FIGURE 24. Courbes granulométriques de vases intertidales. Les numéros d'échantillon correspondent à ceux du tableau III. *Grain-size distribution curves of intertidal mud. Sample numbers are the same as in table III.*

TABLEAU III

Caractéristiques sédimentologiques des vases de l'anse aux Canards

N	Origine de l'échantillon	Teneur en eau % eau/poids humide	Teneur débris organiques % organique/poids sec	Teneur en carbonates % CO ₃ /poids sec
1	Schorre, 80 cm de profondeur	29,2%	3,9%	1,8%
2	Schorre, 20 cm profondeur	32,1%	4,8%	4,8%
3	Schorre, 40 cm profondeur	23,4%	2,9%	3,8%
4	Schorre, 150 cm profondeur	26,4%	12,32%	3,8%
5	Schorre, 180 cm profondeur	31,1%	4,53%	1,4%
6	Haute slikke, vase fraîche en surface	57,6%	4,8%	7,3%
7	Vase fraîche dans un marigot à la frontière du schorre	38,5%	1,68%	1,6%
8	Vase molle sur la slikke	63,7%	2,0%	—
9	Vasse molle, niveau de la basse mer (slikke)	75,8%	6,0%	1,6%
10	Boue compacte sous la vase molle, haute slikke	22,7%	2,7%	1,0%
11	Limon entre les feuillets tourbeux (âge, environ 1100 ans)	26,4%	3,1%	7,6%

me le suggère la séquence stratigraphique étudiée. D'autres dépôts d'estran, ailleurs le long des rives du Saint-Laurent, reposent parfois sur des diamictons de faciès comparable, mais peut-être glaciels et non glaciaires, ainsi que sur des argiles goldthwaitiennes ou des sables marins de l'Holocène (DIONNE, 1968a, b, 1972, 1979).

Les dépôts intertidaux ont commencé à s'accumuler dans l'anse, il y a environ 1160 années BP (moyenne de cinq datations au radiocarbone), par la mise en place près de l'embouchure de la rivière du Moulin de sables et graviers dans lesquels des bancs de vase et des morceaux de bois de dérive indiquent un dépôt dans la zone de balancement des marées. Les limons sus-jacents, qui comportent des lits de tourbe, ont été associés à un milieu de slikke ou de schorre inférieur à cause de leur ressemblance avec les dépôts relevés actuellement à ce niveau. La dernière unité en surface est constituée du matériel de schorre.

La séquence des dépôts intertidaux suggère donc que, depuis environ 1160 ans, le site de la coupe est passé d'un niveau de basse marée à un niveau de haute marée. Ce changement de conditions locales peut s'expliquer par l'abaissement du niveau marin relatif consécutivement au relèvement isostatique. La présence de petits gradins de plage dans les dépôts littoraux de la terrasse Mitis, ayant donné lieu à la désignation de Mitis I et II (fig. 2), reflète cette émergence progressive du littoral. Le milieu de slikke d'il y a quelque 1100 ans peut être associé à la plage Mitis II, localisée à 100 m en amont et à une altitude d'environ 3 m. L'émergence aurait ainsi fait déplacer la zone intertidale vers le large.

L'engraissement de la zone intertidale consécutif à une importante sédimentation est une autre cause qui, seule ou conjointement avec l'émergence des terres, a pu favoriser le passage du site stratigraphique d'un milieu de marée basse à un milieu de marée haute.

Quoiqu'il en soit, le prélèvement de carottes jusqu'au substrat rocheux en zone infra-tidale, ainsi que l'étude d'autres sites littoraux s'avèrent à notre avis indispensables à une meilleure compréhension des fluctuations passées du niveau relatif et des changements de régimes sédimentaires.

Les données sédimentologiques et paléobotaniques (pollen et macro-restes) indiquent que depuis le début de la formation de la batture, il y a plus d'un millénaire, les conditions climatiques et la turbidité des eaux sont demeurées comparables à celles d'aujourd'hui, tandis que la zone de mélange des eaux douces et salées s'est maintenue en aval de l'île d'Orléans.

Le gradient-inondation étant un élément important des modalités de déglaciation, il influence largement la répartition des formes glacielles à la surface du schorre

et contribue à la zonation de l'estran en unités géomorphologiques.

Tandis qu'une certaine sédimentation associée à la colonisation par des plantes ripariennes est en cours dans le haut du schorre, sa marge inférieure a connu un recul depuis deux décennies. La cause réelle de cette régression n'est pas évidente; néanmoins, cette période coïncide avec des changements apportés au milieu naturel, comme les dragages de la voie navigable et la protection de l'avifaune qui s'est traduite par un accroissement considérable de la population d'oies. L'impact de ces interventions humaines sur le milieu n'a fait l'objet d'aucune évaluation précise.

GAUTHIER et LAVOIE (1973) et CENTREAU (1975) considèrent l'anse aux Canards comme une aire de sédimentation et d'engraissement plutôt que d'érosion à cause de sa position relativement protégée dans un rentrant de l'estuaire et par suite de la présence de polluants modernes (BPC et autres détergents) dans les vases de la batture. L'observation suivie de l'évolution de cette batture amène à nuancer cette prise de position et considérer que l'anse aux Canards est plutôt une aire de transition des sédiments qui, bien que susceptible d'en retenir une certaine quantité, a actuellement un bilan sédimentaire nul ou légèrement négatif. C'est aussi le cas de la baie de Sainte-Anne (La Pocatière) qui est un vaste estran de la rive sud de l'estuaire (d'ANGLEJAN *et al.*, 1981). SILVERBERG et SUNDBY (1978) envisagent la possibilité que les rives («*margins*», p. 948) du chenal de l'île d'Orléans puissent constituer une source de sédiments contribuant au maximum de turbidité du Saint-Laurent en aval de l'île d'Orléans; cette hypothèse va dans le même sens que nos observations sur la dynamique de l'anse aux Canards.

REMERCIEMENTS

L'auteur remercie sincèrement les personnes et les organismes qui ont contribué aux analyses. Les datations au radiocarbone ont été faites au Laboratoire de géochronologie du ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec grâce à la collaboration de MM. Louis Barrette et Pierre LaSalle. Les analyses polliniques furent faites au Service à la recherche en analyse pollinique du Département de géographie de l'université de Montréal sous la direction de M. Pierre Richard. Les macro-restes végétaux ont été analysés au laboratoire de M. John H. McAndrews du Musée royal de l'Ontario. Les illustrations furent dessinées au Laboratoire de cartographie du Département de géographie de l'université Laval par Mme Isabelle Diaz. MM. Yves Bégin, Denis Brodeur et Fernando Sheriff ont contribué de façon inestimable aux levés de terrain. Les critiques et les conseils prodigués par le rédacteur de ce numéro spécial furent largement appréciés de l'auteur, qui tou-

tefois conserve la responsabilité des interprétations et des opinions émises.

RÉFÉRENCES

- ALLARD, M. et CHAMPAGNE, P. (1980): Dynamique glacielle à la pointe d'Argentenay, île d'Orléans, Québec, *Géogr. phys. Quat.*, 34 (2): 159-174.
- ANGLEJAN, B. d', INGRAM, R.G. et SAVARD, J.P. (1981): Suspended sediment exchanges between the St. Lawrence estuary and a coastal embayment, *Marine Geol.*, 40: 85-100.
- ANGLEJAN, B. d' et BRISEBOIS, M. (1978): Recent sediments of the St. Lawrence estuary, *J. Sed. Petrol.*, 48: 951-964.
- ANGLEJAN, B. d' et SMITH, E.C. (1973): Distribution, transport and composition of suspended matter in the St. Lawrence estuary, *Can. J. Earth Sci.*, 10: 1380-1396.
- BEAUBIEN, P. (1973): *Contribution à la géographie physique de l'île d'Orléans, Co. Montmorency*, Québec, Univ. Laval, Dép. de géogr., thèse de maîtrise non publ., 130 p.
- CANADA (1980): *Cap d'Éboulis à l'île St-Michel*, Pêches et Océans Canada, Serv. hydrographique, carte marine n° 1232, 1/50 000.
- (1981): *Table des marées et courants du Canada, Volume 3; fleuve Saint-Laurent et rivière Saguenay*, Pêches et Océans, Serv. hydrographique, 39 p. (publ. annuelle).
- CANADA et ÉTATS-UNIS (1980): *A Greater Snow Goose Management Plan*, Canadian Wildlife Service and United States Fish and Wildlife Service, Draft, 63 p.
- CENTREAU (1975): *Étude de la qualité des sédiments en suspension entre Québec et Trois-Pistoles*, Univ. Laval, rapport de recherche soumis aux Service de protection de l'environnement du Québec, 154 p.
- CHAMPAGNE, P. (1978): *Évolution littorale et dynamique glacielle. Pointe d'Argentenay, île d'Orléans*, Québec, Univ. Laval, Dép. de géogr., thèse de maîtrise non publiée, 124 p.
- CREMER, M. (1979): Influence de l'histoire géologique du fleuve Saint-Laurent sur ses aspects morphosédimentaires actuels, *Bull. Inst. Géol. bassin d'Aquitaine*, 26: 5-41.
- DIONNE, J.-C. (1963): Le problème de la terrasse et de la falaise Micmac, *Rev. can. Géogr.*, 17 (1-2): 9-25.
- (1968a): Schorre morphology on the south shore of the St. Lawrence estuary, *Amer. J. Sci.*, 266 (5) 380-388.
- (1968b): Morphologie et sédimentologie glacielle, littoral sud du Saint-laurent, *Zeitsch. Geomorph.*, Suppl. bd. 7: 56-84.
- (1968c): Action of shore ice on the tidal flats of the St. Lawrence Estuary, *Maritime Sediments*, 4 (3): 113-115.
- (1969a): Érosion glacielle littorale, estuaire du Saint-Laurent, *Rev. Géogr. Montr.*, 23 (1): 5-20.
- (1969b): Tidal flat erosion by ice at La Pocatière, St. Lawrence Estuary, *J. Sed. Petrol.*, 39 (3): 1174-1181.
- (1970): *Aspects morpho-sédimentologiques du glacial, en particulier des côtes du Saint-Laurent*, Québec, Env. Canada, Rapp. inform. Q-FX-39, 324 p.
- (1971): Érosion glacielle de la slikke, estuaire du Saint-Laurent, *Rev. Géomorphol. dyn.*, 20 (1): 5-21.
- (1972): Caractéristiques des schorres des régions froides, en particulier de l'estuaire du Saint-Laurent, *Zeitsch. Geomorph.*, Suppl. Bd. 13: 131-162.
- (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 rech. for. des Laurentides, Serv. can. des forêts, Env. Canada, 22 p. (bilingue)
- (1977): La mer de Goldthwait au Québec, *Géogr. phys. Quat.*, 31 (1-2): 61-80.
- (1979): Les blocs d'estran à Saint-Fabien-sur-Mer, estuaire maritime du Saint-Laurent, Québec, *Maritime Sediments*, 15(1): 5-13.
- DOHLER, G.C. et KU, L.F. (1970): Presentation and assessment of tides and water level records for geophysical investigations, *Can. J. Earth Sci.*, 7: 607-625.
- FOLK, R.L. (1974): *Petrology of sedimentary rocks*, Hemphill, Austin (Texas), 182 p.
- FREY, R.W. et BASAN, P.B. (1978): Coastal salt marshes, in Davis, A.R. (édit.), *Coastal sedimentary environments*, p. 101-159, Springer-Verlag, New York.
- GAUTHIER, B. (1977): *Recherches des limites biologiques du Saint-Laurent (Phytogéographie du littoral)*, Québec, Univ. Laval, thèse de doctorat ès Sc. non publ., 233 p.
- GAUTHIER, B. et LAVOIE, V. (1973): *Étude préliminaire de la végétation du littoral; «Bras Nord» de l'île d'Orléans*, Québec, Univ. Laval, Agriculture et Alimentation, Centreau, 81 p.
- GAUTHIER, J., LEHOUX, D. et ROSA, J. (1980): *Les marécages intertidaux dans l'estuaire du Saint-Laurent*, Env. Canada, Serv. can. faune, 81 p.
- KRANCK, K. (1979): Dynamics and distribution of suspended particulate matter in the St. Lawrence Estuary, *Naturaliste can.*, 106(1): 163-173.
- LACOURSIÈRE, E. (1969): *Étude écologique de la végétation riparienne entre Sainte-Famille et la pointe Argentenay à l'île d'Orléans*, Québec, Univ. Laval, thèse de maîtrise non publ., 150 p.
- LACOURSIÈRE, E. et GRANDTNER, M.M. (1971): Contribution à l'étude écologique de la végétation riparienne de l'île d'Orléans, *Naturaliste can.*, 98: 443-459.
- (1972): Les groupements végétaux ripariens entre Sainte-Famille et la pointe d'Argentenay, île d'Orléans, Québec, *Naturaliste can.*, 99: 469-507.
- LASALLE, P. (1972): *Interglacial sediments in the Quebec City area*, 24^e Congrès intern. Géol., Résumés, p. 372-373.
- LASALLE, P., MARTINEAU, G. et CHAUVIN, L. (1977): *Morphologie, stratigraphie et déglaciation dans la région de Beauce-Monts Notre-Dame-Parc des Laurentides*, Québec, Min. Rich. nat., DPV-516, 74 p.
- LOCAT, J. (1977): L'émersion des terres dans la région de Baie-des-Sables-Trois-Pistoles, Québec, *Géogr. phys. Quat.*, 31 (3-4): 297-306.
- (1978): *Le Quaternaire de la région de Baie-des-Sables-Trois-Pistoles*, Québec, Min. Rich. nat., DPV-605, 64 p.

- MARIE-VICTORIN, Frère (1964): *Flore laurentienne*, Presses de l'Université de Montréal, 2^e éd., 925 p.
- MORIN, F. (1973): *Quelques analyses physiques des sols; méthodes de terrain*, Comm. géol. Can., dossier public 172, 81 p.
- OUELLET, Y. et CERCEAU, J. (1976): Mélange des eaux douces et salées du Saint-Laurent; circulation et salinité. *Cah. de CENTREAU* (Univ. Laval), 1(4): 57 p.
- REINECK, H.-E. et SINGH, I. B. (1975): *Depositional sedimentary environments*, Springer-Verlag, New York.
- RICHARD, P. (1971): Two pollen diagrams from the Quebec City Area, Canada, *Pollen et Spores*, 13(4): 523-559.
- (1977): *Histoire post-wisconsinienne de la végétation du Québec méridional*, Serv. de la rech., Dir. gén. des forêts, Min. des Terres et forêts du Québec, t. 1, XXIV + 312 p., t. 2, 142 p.
- RIVIÈRE, A. (1977): *Méthodes granulométriques. Techniques et interprétations*, Masson, Paris, 170 p.
- SAINT-JULIEN, P. et OSBORNE, F.F. (1973): *Géologie de la région de la ville de Québec*, Québec, Min. Rich. nat., rapp. DP-205, 30 p.
- SILVERBERG, N. et SUNDBY, B. (1978): Observations in the turbidity maximum of the St. Lawrence estuary, *Can. J. Earth Sci.*, 16: 939-950.
- SERODES, J. B. (1978): *Qualité des sédiments et de la végétation de l'estuaire moyen*, Communication au Symposium sur l'océanographie de l'estuaire du Saint-Laurent, Univ. du Québec à Rimouski, 12-14 avril 1978, 13 p.
- SOUCY, A., BÉRUBÉ, Y., TROUDE, J.P. et MERIC, R.H. (1976): Évolution des suspensions et sédiments dans l'estuaire moyen du Saint-Laurent, *Cah. de CENTREAU* (Univ. Laval), 1(5): 1-67.
- VAN STRAATEN, L.M.J.U. (1954): Composition and structure of recent marine sediments in the Netherlands, *Leidse Geol. Medel.*, 19: 1-110.
- VEILLETTE, D. (1979): *Esquisse géomorphologique de l'île-aux-Oies*, Laval, mém. de bacc. non publ., 61 p.
- VERGER, F. (1968): *Marais et wadden du littoral français. Étude de géomorphologie*, Bordeaux, Biscaye, 541 p.
- WILSON, C.V. (1971): *Le climat du Québec*, première partie, Atlas climatique, Canada, Serv. météorol., Études climatologiques II.