

**Évolution morpho-sédimentaire de la barre de déferlement :
un exemple dans le golfe du Saint-Laurent, Québec**
**Morpho-Sedimentological Evolution of a Breaker Bar: An
Example in the Gulf of St. Lawrence**
**Evolución morfodinámica y sedimentológica de una barra de
rompiente: un ejemplo en el Golfo del San Lorenzo**

Nathalie Ross and Bernard Long

Volume 43, Number 3, 1989

Le VI^e Congrès de l'Association québécoise pour l'étude du
Quaternaire

URI: <https://id.erudit.org/iderudit/032790ar>

DOI: <https://doi.org/10.7202/032790ar>

[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

Ross, N. & Long, B. (1989). Évolution morpho-sédimentaire de la barre de déferlement : un exemple dans le golfe du Saint-Laurent, Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 43(3), 377–388. <https://doi.org/10.7202/032790ar>

Article abstract

The Mingan area shoreline (North Shore of the Gulf of St-Lawrence) is characterized by five parallel nearshore bars from the beach to a depth of 12 m. These bars are related, in the classification of Greenwood and Davidson-Arnott (1979), to the bars described by Evans (1940) and Homma and Sonu (1962). This bar type is different from the ridge and runnel defined by King and Williams (1949). The first bar of the Mingan area, which is studied in this paper is particular in that it is partially exposed at low tide level and submitted to breaking waves at high tide level. The study includes surface sediment sampling, coring and topographic survey. Upper beach sediments consist of well sorted fine to medium sand whereas lower beach sands are coarse grained and poorly sorted. The trough is made up of coarse material and fine sand transferred from the top of the bar. Sediments from landward slope, crest and seaward slope are medium grained and moderately well sorted. The crest of the bar is eroded to a depth of 20 cm to 25 cm under storm wave action. During post-storm regime, the bar shifts from storm profile to post-storm profile in response to longshore currents with transport sediments. Then, the depth of reworking is reduced to 5 cm on the crest of the bar and 15 cm on both landward and seaward slopes.

ÉVOLUTION MORPHO-SÉDIMENTAIRE DE LA BARRE DE DÉFERLEMENT: UN EXEMPLE DANS LE GOLFE DU SAINT-LAURENT, QUÉBEC

Nathalie ROSS et Bernard LONG, INRS-Océanologie, 310, allée des Ursulines, Rimouski, Québec G5L 3A1.

RÉSUMÉ Le littoral de la région de Mingan (moyenne Côte-Nord du golfe du Saint-Laurent), se caractérise par un ensemble de cinq barres d'avant-côte parallèles se succédant depuis le littoral jusqu'à une profondeur de 12 m. Ces barres s'apparentent, selon la classification de Greenwood et Davidson-Arnott (1979), aux barres décrites par Evans (1940) et Hom-ma et Sonu (1962). Ce type de barres diffère des crêtes et sillons pré-littoraux tels que définis par King et Williams (1949). La première barre du système de Mingan, qui fait l'objet de ce travail, représente un type particulier; elle est partiellement exondée à marée basse et soumise au déferlement des vagues à marée haute. L'étude comprend un échantillonnage des sédiments de surface, des prélèvements de carottes et des relevés topographiques. Le haut de plage est composé de sable fin à moyen bien trié et le bas de plage, de sable grossier et mal classé. Le creux est constitué de matériel très grossier et de sable fin provenant du transfert sédimentaire de la barre vers le creux. Les sédiments de la crête et des pentes marine et terrestre de la barre sont constitués de sable moyen, modérément à bien classé. Le sommet de la barre s'érode sur une épaisseur de 20 à 25 cm sous l'action des houles de tempête et une fraction de sédiments fins se dépose dans le creux. Par temps calme, la barre tend à reprendre son profil initial (avant tempête) sous l'action des courants de marée et de dérive littorale qui siègent dans le creux et qui transportent le sédiment parallèlement à la côte. Les épaisseurs de remaniement sont alors réduites (5 cm sur la crête et 15 cm au bas de la pente terrestre et sur la pente marine).

ABSTRACT *Morpho-sedimentological evolution of a breaker bar: an example in the Gulf of St. Lawrence.* The Mingan area shoreline (North Shore of the Gulf of St. Lawrence) is characterized by five parallel nearshore bars from the beach to a depth of 12 m. These bars are related, in the classification of Greenwood and Davidson-Arnott (1979), to the bars described by Evans (1940) and Hom-ma and Sonu (1962). This bar type is different from the ridge and runnel defined by King and Williams (1949). The first bar of the Mingan area, which is studied in this paper is particular in that it is partially exposed at low tide level and submitted to breaking waves at high tide level. The study includes surface sediment sampling, coring and topographic survey. Upper beach sediments consist of well sorted fine to medium sand whereas lower beach sands are coarse grained and poorly sorted. The trough is made up of coarse material and fine sand transferred from the top of the bar. Sediments from landward slope, crest and seaward slope are medium grained and moderately to well sorted. The crest of the bar is eroded to a depth of 20 cm to 25 cm under storm wave action. During post-storm regime, the bar shifts from storm profile to post-storm profile in response to longshore currents with transport sediments. Then, the depth of reworking is reduced to 5 cm on the crest of the bar and 15 cm on both landward and seaward slopes.

RESUMEN *Evolución morfodinámica y sedimentológica de una barra de rompiente: un ejemplo en el Golfo del San Lorenzo.* El litoral de la región de Mingan (sector medio de la costa norte del San Lorenzo), se caracteriza por un conjunto de cinco barras litorales paralelas, las cuales van desde el litoral hasta una profundidad de 12 m. Dichas barras pueden caracterizarse según la clasificación de Greenwood y Davidson-Arnott (1979) como las barras descritas por Evans (1940) y Hom-ma y Sonu (1962). Este tipo de barras difiere de crestas y corredores prelitorales tal como lo definiría King y Williams (1949). La primera barra, objeto de este estudio, representa un tipo en particular; ella está emergida a marea baja y expuesta a la rompiente de las olas a marea alta. El estudio comprende un muestreo de sedimentos de superficie, toma de testigos y mediciones topográficas. El sector alto de la playa está compuesto por arena de talla fina a intermedia bien clasificada y el sector bajo por arena gruesa mal clasificada. La depresión entre la playa y la barra está constituida por material grueso además de arena fina proveniente del transporte sedimentario de la barra. Los sedimentos de la pendiente terrestre, de la cresta y de la pendiente marina están constituidos por arena fina a intermedia, la cual se presenta de moderada a bien clasificada. La cresta de la barra se erosiona hasta un espesor de 20 a 25 cm bajo la acción de olas de tempestad, cuando esto ocurre, una fracción de sedimentos finos se adiciona a la grava de la depresión. Durante los periodos de calma, la barra tiende a recuperar su perfil inicial (antes de la tempestad) bajo la acción de corrientes de marea y de deriva litoral presentes en la depresión, las cuales transportan los sedimentos en forma paralela a la costa. Por otro lado, los espesores son retrabajados y reducido (5 cm sobre la cresta y 15 cm bajo la pendiente terrestre y sobre la pendiente marina).

INTRODUCTION

Les barres d'avant-côte sont des structures communes le long des côtes sableuses. Leur origine est attribuée, de façon générale, au transfert d'énergie entre les houles et le fond marin. Ces structures présentent des formes variées qui ont été étudiées à de nombreux sites, notamment le long des côtes australiennes (Wright *et al.*, 1979; Short, 1979), sur les bords de la Méditerranée (King et Williams, 1949) et de la mer Noire (Zenkovitch, 1967), sur la côte est américaine (Sonu, 1973; Hayes, 1969) et au Nouveau-Brunswick (Davidson-Arnott et Greenwood, 1976).

Les barres d'avant-côte représentent un des éléments caractéristiques des littoraux sableux du pourtour du golfe de Saint-Laurent, où elles s'alignent généralement parallèlement à la côte (Davidson-Arnott et Greenwood, 1976; Greenwood et Mittler, 1979; Owens et Frobél, 1977, Long *et al.*, 1984; Long et Hudier, 1987a,b; Ross, 1989). Le site choisi pour cette étude est une plage de la moyenne Côte-Nord, qui a fait l'objet de plusieurs études du transport littoral et de l'hydrodynamisme (Long et Cataliotti-Valdina, 1981; Boczar-Karakiewicz *et al.*, 1983; Long et Drapeau, 1983; Hudier, 1986).

Les objectifs principaux de ce travail sont de déterminer les caractéristiques sédimentaires du secteur à l'étude et de suivre l'évolution morphologique d'une barre de déferlement. Les effets d'une tempête du sud-ouest, survenue au milieu de la campagne de terrain (26 juillet 1986), pourront être évalués. L'étude s'appuie sur des données obtenues lors de trois campagnes d'échantillonnage de sédiments de surface, de prélèvements de carottes et de mesures topographiques (profils de plage, piquets).

DESCRIPTION DU SITE À L'ÉTUDE

Le secteur à l'étude est formé d'un littoral sableux orienté WNW-ESE et fortement soumis aux houles, entre l'embouchure

de la rivière Saint-Jean et la Longue Pointe de Mingan, au nord-ouest du détroit de Jacques Cartier (fig. 1).

Les sédiments constituant cette zone, des sables moyens en majorité, proviennent soit de la rivière Saint-Jean (après avoir subi un étalement vers l'est le long des côtes par les houles), soit de l'érosion de formations littorales plus anciennes (Long et Cataliotti-Valdina, 1982).

La zone infratidale est formée d'une plate-forme peu profonde de 14,4 km de longueur, 2 km de largeur, inclinée de 0,65°. Elle est caractérisée par la présence de cinq barres d'avant-côte qui se disposent parallèlement au littoral depuis le bas de plage jusqu'à une profondeur de -12 m (Boczar-Karakiewicz *et al.*, 1983).

La première barre, qui fait l'objet de cette étude, peut se présenter selon la hauteur de la marée, comme une barre de déferlement ou comme une plage, ce qui lui confère un caractère particulier.

CONDITIONS HYDRODYNAMIQUES

La marée, de type semi-diurne, a une amplitude variant de 1 m en mortes-eaux à 2,4 m en vives-eaux (Cataliotti-Valdina et Long, 1983). Elle crée des courants littoraux alternatifs, parallèles à la ligne de rivage qui portent à l'ouest en flot et à l'est en jusant. Sur le système de barres, en vives-eaux, l'intensité de ces courants varie de 24 à 50 cm/s en flot et de 30 à 40 cm/s en jusant (tabl. I). En mortes-eaux, les courants ont des intensités qui varient de 15 à 20 cm/s en flot et 15 à 28 cm/s en jusant (Long et Drapeau, 1983). Durant un cycle de marée, la vitesse du courant est supérieure au seuil de transport des particules sableuses (20 cm/s) pendant 3 heures en marée de vives-eaux et 40 minutes en marée de mortes-eaux. Entre la plage et la première barre, par temps calme en vives-eaux, les courants ont une intensité maximale de 0,65 m/s en fin de marée descendante et de 0,30 m/s en début de marée montante.

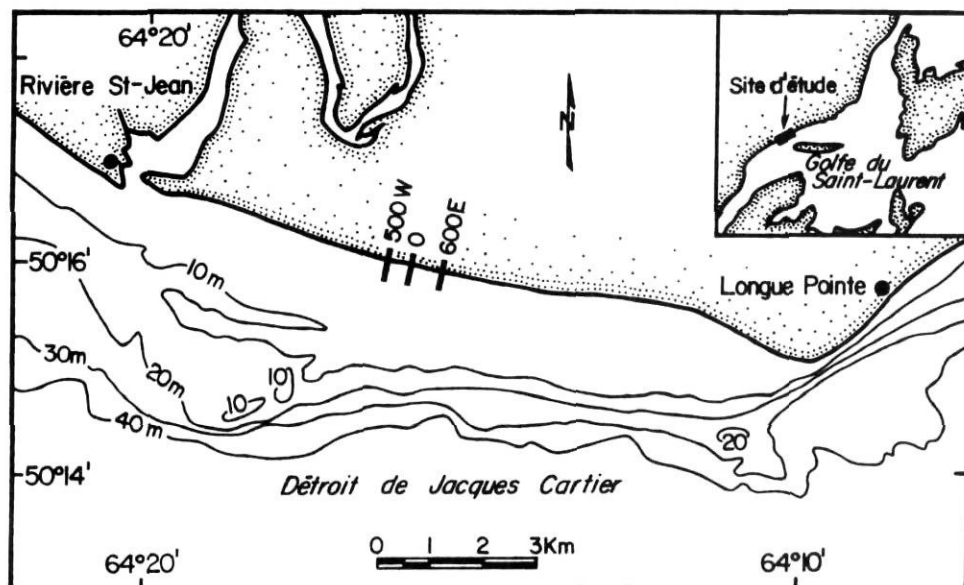


FIGURE 1. Localisation du site à l'étude. Les profils se situent de chaque côté d'une ligne centrale (ligne «0»), de 500W à 600E, à 100 m d'intervalle.

Location of the study area. The profiles extend from 500W to 600E of a central line (line «0») with an interval of 100 m.

TABLEAU I
Vitesses moyennes des courants de marée

	Vives-eaux		Mortes-eaux		Tempête Flot	Profondeur (m)
	Flot	Jusant	Flot	Jusant		
2 ^e creux	24 cm/s	31 cm/s	18 cm/s	15 cm/s	50 cm/s	7,0
3 ^e creux	50 cm/s	30 cm/s	20 cm/s	15 cm/s	51 cm/s	6,0
4 ^e creux	33 cm/s	41 cm/s	15 cm/s	28 cm/s	54 cm/s	10,0

La zone à l'étude est soumise aux houles de l'ouest-sud-ouest (fetch de 230 km) ou du sud-ouest (fetch de 120 km). Elles ont des périodes comprises entre 6 et 8 s (Hudier, 1986) et leurs hauteurs sont de 2 m en moyenne et ne dépassent pas 4 à 5 m en période de tempête (Long et Chapalain, 1985). Ces conditions se retrouvent, de façon générale, une fois par mois en été et deux fois par mois en automne, de septembre à novembre (Long *et al.*, 1986). Durant ces périodes, l'incidence des houles crée de forts courants littoraux, qui se concentrent principalement sur la pente terrestre de la première barre à marée basse et dans le premier creux à marée haute. Dans le creux, ces courants sont unidirectionnels et peuvent atteindre 1 m/s à 1,6 m/s (Hudier, 1987) et sur la crête de la barre de déferlement, pour des incidences ouest-sud-ouest (fetch de 230 km) et sud-ouest (fetch de 120 km), ils sont unidirectionnels et atteignent alors respectivement des vitesses de 1,70 m/s et 1,35 m/s.

De façon générale, la barre de déferlement est soumise tant aux houles du large, de plus en plus asymétriques à l'approche de la côte, qu'aux courants de marée et de dérive littorale. Étant découverte à marée basse, la barre joue le rôle de plage durant les tempêtes. Elle est alors soumise au jet de rive.

MÉTHODES

Deux séries de 12 profils de plage ont été effectuées perpendiculairement à la barre : une première au début de la campagne et une seconde après le passage d'une tempête survenue dix jours plus tard. Le relevé topographique a été réalisé selon la méthode préconisée par Emery (1961) et Owens (1977), en utilisant la borne repère 80L418 du Service géodésique du Canada comme niveau de référence. Sur une ligne centrale, perpendiculaire à la barre, une série de tiges métalliques fixes a permis de mesurer quotidiennement, entre le 17 et le 30 juillet 1986, les variations topographiques. Un relevé bathymétrique, réalisé à l'aide d'un sondeur Raytheon, a permis de définir la morphologie de l'ensemble du système de barres.

Dans le but de connaître la variation spatiale des sédiments de surface, 144 échantillons ont été prélevés sur le site étudié à l'aide d'une benne de type Ponar en mer ou d'une truelle sur les zones découvertes. De plus, la ligne centrale a été échantillonnée à trois reprises, permettant ainsi de tracer une

évolution sédimentaire dans le temps. Les échantillons ont été traités selon les méthodes préconisées par Berthois (1975) et Rivière (1977). La fraction sableuse a été analysée sur une colonne de tamis au quart de phi. Par la suite, les paramètres statistiques (moyenne, écart type, dissymétrie, acuité) ont été calculés par la méthode des moments.

Des carottes de 1,25 m et 0,5 m de longueur et de 7,5 cm de diamètre intérieur ont été prélevées perpendiculairement à la barre. Elles ont été décrites et échantillonnées. Les plus longues ont permis d'obtenir les caractéristiques des sédiments en profondeur et les plus courtes ont servi à estimer une épaisseur de remaniement superficiel.

CONTEXTE DE FORMATION DU SYSTÈME DE BARRES D'AVANT-CÔTE DE MINGAN

Le système de barres sableuses de Mingan appartient au groupe VI de la classification de Greenwood et Davidson-Arnott (1979). Ce groupe comprend des barres asymétriques (leur pente terrestre est plus abrupte) qui se disposent en séries de 4 à 5 barres parallèles au rivage, sur une distance de 1000 m. Les formes sédimentaires appartenant à ce groupe sont généralement stables. Ces structures se développent en zone subtidale sous l'action des houles d'énergie modérée en présence de brisants glissants et leur longueur d'onde augmente en direction du large. Des barres de ce groupe ont été décrites par Evans (1940) en bordure du lac Michigan, Homma et Sonu (1962) sur les côtes du Japon, Davidson-Arnott et Greenwood (1976) et Greenwood et Mittler (1979; 1985) sur les côtes du Nouveau-Brunswick. Dans la région de Mingan, le système forme un ensemble de cinq barres à peu près droites et parallèles à la ligne de rivage, de 1 à 4 m de hauteur entre la côte et l'isobathe - 12m.

De façon générale, les barres d'avant-côte se développent dans des environnements dominés par les houles. Dans la région de Mingan, les barres les plus au large sont mises en place par les houles progressives générées par le vent (Boczarski *et al.*, 1983). Cependant, dans la zone littorale, le régime des houles et des marées devient complexe du fait de la faible profondeur d'eau et de la topographie irrégulière. Le modèle de formation des barres littorales par les houles progressives s'applique donc difficilement à la barre de déferlement. Comme l'a démontré Bowen (1980), d'autres phénomènes tels que les ondes de bord (vagues de périodes

longues retenues le long du littoral) peuvent expliquer la présence de la première barre. En effet, en présence de houles obliques, l'établissement d'un courant d'arrachement stationnaire crée un système d'écoulement progressif parallèlement au rivage et peut se traduire par la formation d'une onde de bord (Symonds et al., 1982). Hudier (1987) a mis en évidence l'existence de ce phénomène dans la zone de déferlement de Mingan.

RÉSULTATS

1. CARACTÉRISTIQUES SÉDIMENTOLOGIQUES

a) Sédiments de surface

Dans la zone étudiée, chaque unité morphologique se distingue par les caractéristiques texturales propres des sédiments de surface. Trois grandes unités sont reconnaissables : le haut de plage, l'ensemble bas de plage-creux et la barre (fig. 2). Dans la première unité, les sédiments sont des sables moyens (0 à 2 phi) bien classés. Dans la partie supérieure de la deuxième unité, le bas de plage, les sables sont très grossiers (-2 à -3 phi) et mal classés. Dans la partie inférieure de cette deuxième unité, le creux, les sédiments sont constitués de deux populations distinctes, l'une prépondérante, très grossière (-3 à -3,5 phi), mal à très mal classée et l'autre, secondaire, constituée par des sables fins et des débris de coquilles et d'algues. Sur la troisième unité, les sédiments sont, en surface, plus homogènes. La pente terrestre de la barre est marquée par une brusque diminution de la taille du grain (-3 phi au bas de la pente à 1,5 phi sur la crête de la barre). Les paramètres granulométriques sur l'ensemble de la barre correspondent à un sable moyen, modérément bien classé.

Des teneurs élevées en matière organique et en carbonates (respectivement 0,9 % et 3,7 %) sont trouvées dans les sédiments du creux, où sont piégés des débris d'algues et de coquilles.

L'évolution sédimentaire diachronique met en évidence certaines modifications des paramètres granulométriques. L'effet de la tempête, se fait sentir surtout au niveau du creux où les sédiments prélevés lors du deuxième échantillonnage (période de tempête) ont des moyennes plus élevées que ceux récoltés avant la tempête (fig. 2). Ceci est dû à l'addition d'une fraction de sable fin au matériel grossier et aux galets qui occupent cette position de façon permanente. La tempête a peu d'effet sur le classement du sédiment. En effet, pour les trois jours d'échantillonnage, les valeurs d'écart type sont demeurées à peu près constantes sur l'ensemble du secteur étudié (fig. 3).

Sur les deux autres lignes échantillonnées (400E et 400W), les tendances sont similaires : les creux sont occupés par un sédiment grossier mal trié et la barre est formée de sable moyen bien classé.

Le diagramme de dispersion moyenne-écart type, tracé pour l'ensemble des échantillons de surface, permet de regrouper ceux-ci en fonction de leurs caractéristiques granulométriques.

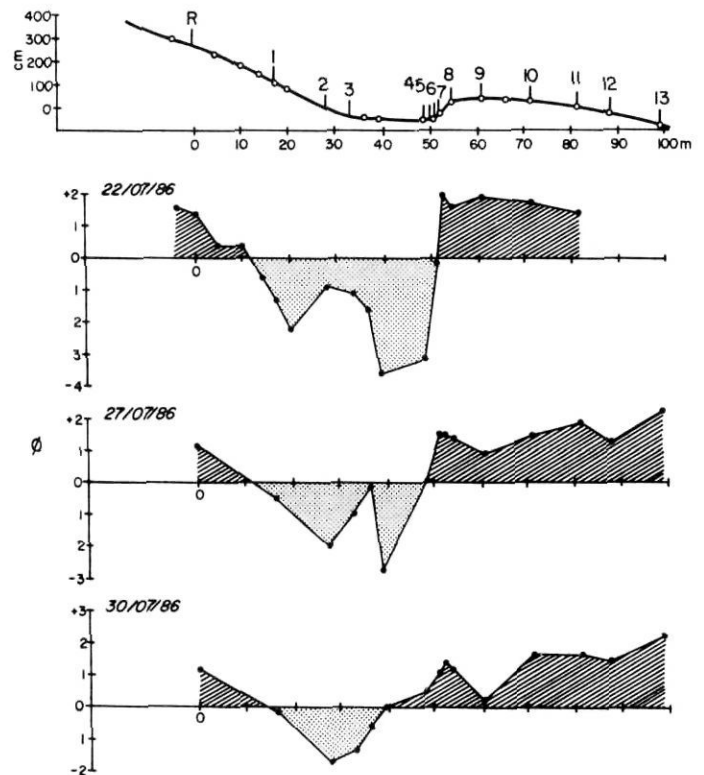


FIGURE 2. Variation de la moyenne (exprimée en phi) sur le profil «0» pour trois séries d'échantillonnage. La figure du haut illustre le profil topographique de la barre (par rapport au «0» des cartes marines) et la position des piquets. «R» est le piquet de référence. Les stations de prélèvement de sédiments sont représentées sur le profil topographique par des cercles.

Variation of mean (phi) along profile «0» for three sampling series. The upper part shows the topography of the bar (referred to Chart Datum) and positions of the rods. «R» is the reference rod. Location of sediments samples is illustrated by circles on the topographic profile.

Les échantillons du creux et ceux du bas de plage ont une répartition similaire et assez étalée (fig. 4), ce qui traduit la nature hétérogène de ces sédiments.

Les sables provenant du sommet de la barre, de la pente marine et de la pente terrestre occupent des positions bien regroupées. Ce sont des sédiments fins à moyens (leur moyenne varie de 0,25 à 2,0 phi), modérément à bien classés. Les différences entre les échantillons de ces trois zones sont peu accentuées sur le diagramme de dispersion. Toutefois, ceux de la pente marine semblent plus homogènes et un peu mieux triés que ceux de la crête et de la pente terrestre. Par ses caractéristiques granulométriques, le sable du haut de plage se rapproche nettement de celui de la barre.

Pour caractériser la fraction mobile du sédiment, celle qui se déplace réellement sous l'effet des conditions hydrodynamiques actuelles, les paramètres texturaux ont été recalculés en éliminant l'effet des galets. Cette procédure s'est avérée particulièrement utile dans le cas des sédiments du creux, ces derniers étant composés d'une fraction sableuse et d'une fraction très grossière constituée de galets de plusieurs centimètres de longueur.

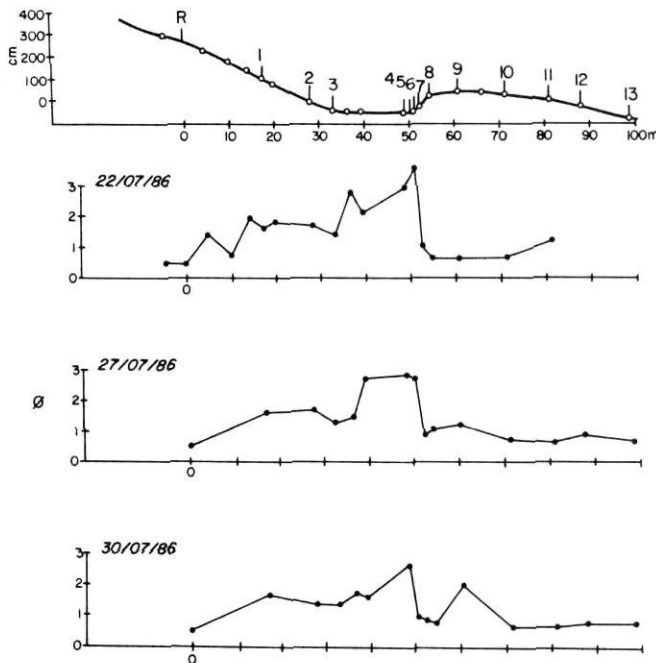


FIGURE 3. Variation de l'écart type (exprimé en phi) sur le profil «0» pour trois séries d'échantillonnage.

Variations of standard deviation (phi) along profile «0» for three sampling series.

L'effet de l'élimination des galets se fait sentir sur la moyenne et l'écart type. Dans le diagramme de dispersion (fig. 4), les sédiments provenant du creux, sans les galets, possèdent les mêmes caractéristiques que ceux de la pente terrestre et du sommet de la barre.

b) Séquences des dépôts

L'échantillonnage systématique effectué sur une série de carottes prélevées perpendiculairement à la barre, permet de tracer la répartition granulométrique en profondeur (fig. 5). Ce sont la moyenne, l'écart type et la dissymétrie qui caractérisent le mieux les sédiments.

La barre est constituée d'une assise grossière relique, d'une unité centrale dont les paramètres sont homogènes et d'une partie superficielle. L'unité basale est composée de sable moyen à très grossier contenant des graviers et des galets dont la moyenne varie entre -1 et 0 phi et l'écart type entre 1 et $2,4$. Ces sédiments profonds sont caractérisés par une dissymétrie nettement négative. Les échantillons du cœur de la barre ont des paramètres granulométriques constants. Ils correspondent à des sables moyens bien classés, à distribution symétrique ou dissymétrique vers les éléments grossiers. Dans cette partie, les structures sédimentaires sont également très homogènes. La partie centrale des carottes LPM 23 et LPM 15 présentent presque exclusivement des litages subhorizontaux. L'enveloppe superficielle, particulièrement sur les pentes marine et terrestre, est constituée de sédiments dont les caractéristiques sont variées. En effet, les séquences de dépôt de la pente terrestre (carotte LPM 13) sont formées d'une alternance de sable moyen modérément

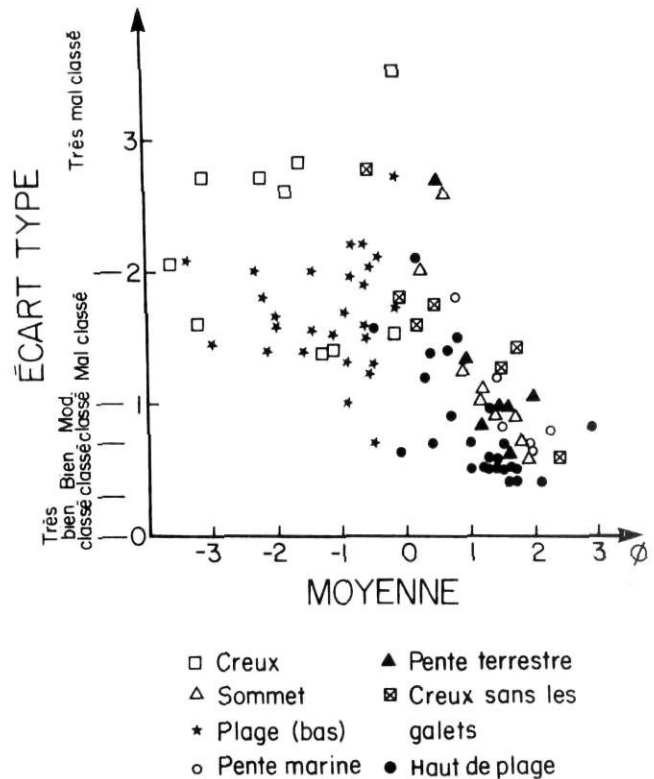


FIGURE 4. Diagramme de dispersion écart type - moyenne des prélèvements des sédiments superficiels.

Scatter plot of standard deviation versus mean for surface sediment samples.

classé et de sable grossier mal classé. Par opposition, la pente marine n'est formée que d'une séquence granodécroissante allant d'un sable très grossier et mal classé en profondeur à un sable moyen modérément classé en surface (carotte LPM 20).

2. DYNAMIQUE SÉDIMENTAIRE

a) Évolution du profil de la barre

La comparaison de deux séries de profil de plage (avant et après tempête) permet de constater un aplatissement de la barre du fait de l'érosion de la crête et d'un dépôt de sédiments fins dans le creux (fig. 6). Avant la tempête, la crête de la barre avait une élévation de $+0,5$ m (au dessus du zéro marégraphique) dans sa partie est et de $+0,75$ m dans sa partie ouest. Le creux situé entre la plage et la barre constituait un chenal d'écoulement parallèle au rivage, variant de $+0,50$ à $-0,50$ m d'ouest en est (fig. 7a). Après la tempête, la crête de la barre a été aplanie et son élévation dans la partie ouest n'atteint plus que sporadiquement l'élévation de $+0,75$ m. Le chenal d'écoulement n'a que très peu varié (fig. 7b).

Le bilan sédimentaire, résultant de l'action d'une tempête, fait apparaître quelques changements majeurs dans la répartition du stock sédimentaire constituant le littoral (fig. 7c). Les principales zones érodées sont situées au niveau de la crête et de la pente marine de la barre, la partie ouest du

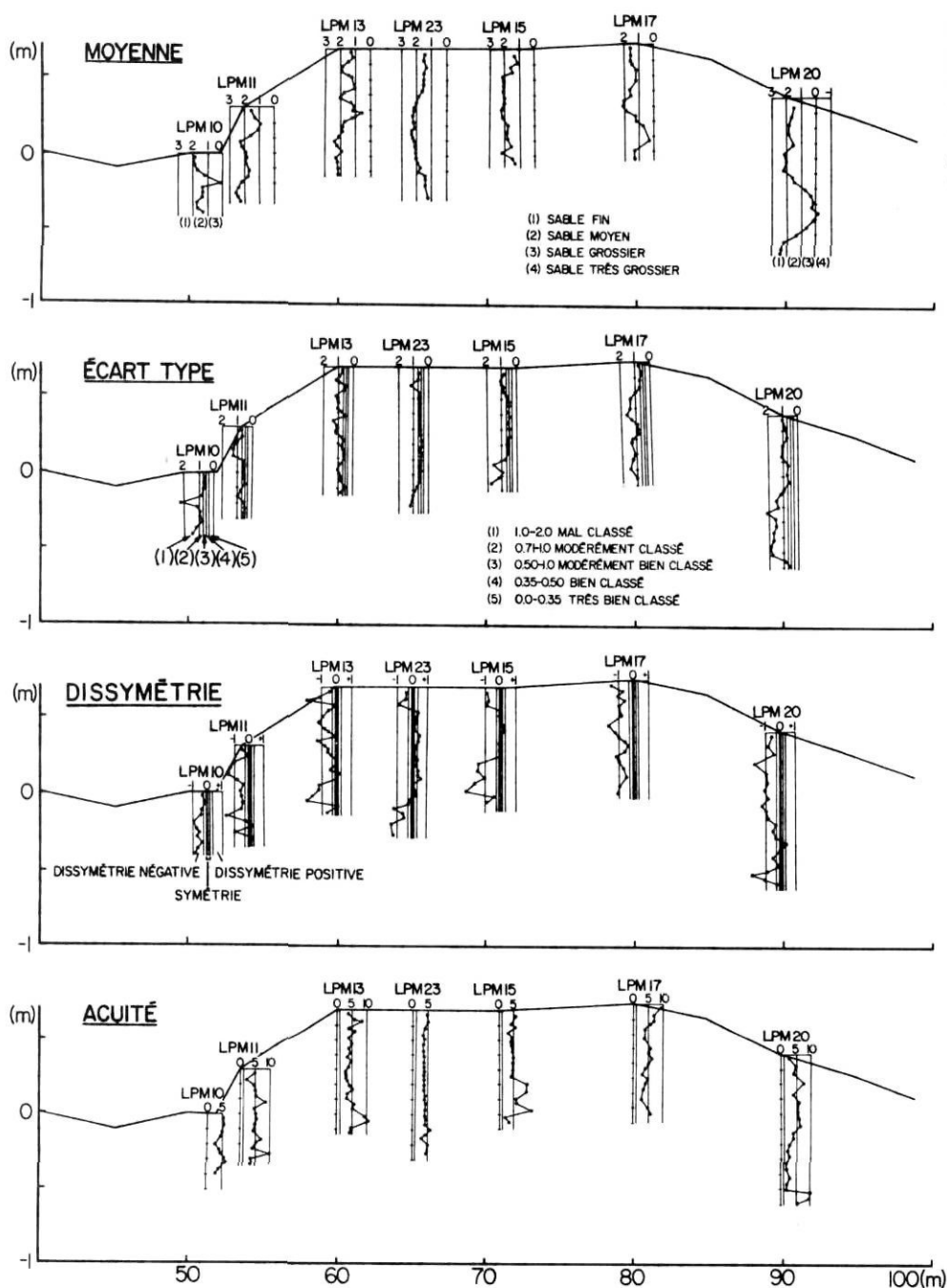


FIGURE 5. Caractéristiques granulométriques des sédiments en profondeur d'après les carottages effectués dans la barre (profil «0»).

Granulometric characteristics of sediments collected from cores driven in the bar (profile «0»).

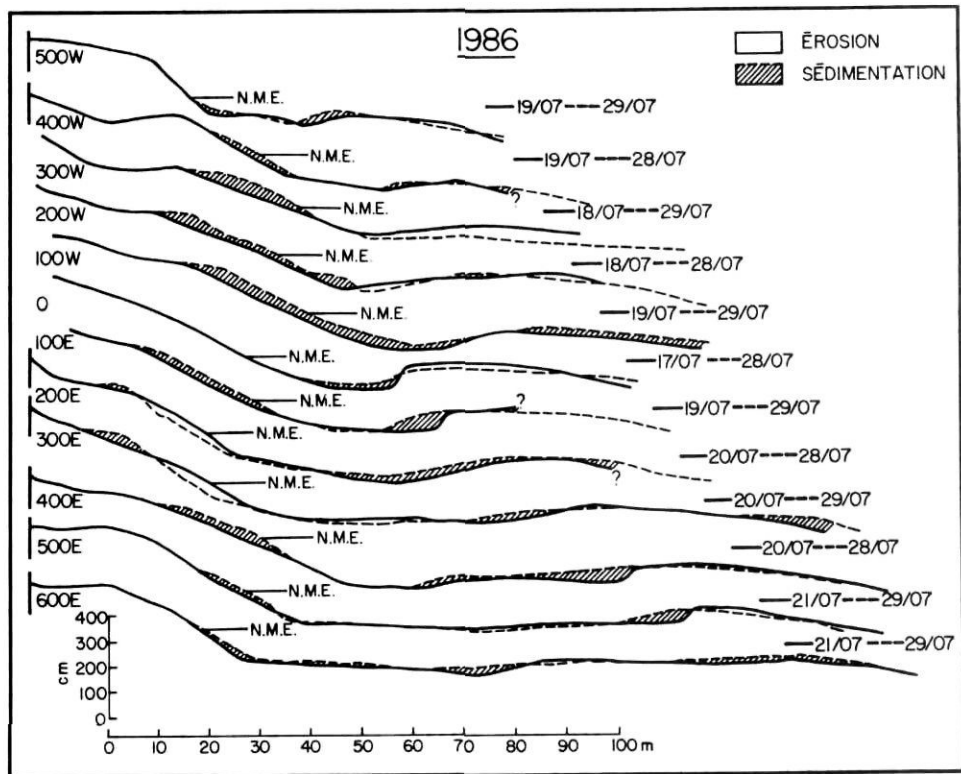
secteur étant plus touchée que la partie est. Par contre, la plage n'a été érodée que sur la partie est. Cette érosion différentielle du littoral est due à sa topographie originelle. En effet, la houle, en transférant une partie de son énergie par l'intermédiaire des forces de frottement sur le fond (contrainte de cisaillement), a tendance à éroder préférentiellement les parties les plus élevées du relief. Ainsi, la crête ouest située à +0,75 m a été érodée de manière plus importante que la crête située à +0,50 m. Par contre, l'énergie de la houle arrivant à la plage sera plus importante dans la partie est de la zone à l'étude et il en résultera une érosion plus intensive de la plage.

La ligne centrale (ligne «0»), dont le profil a été mesuré tous les jours à l'aide d'une série de piquets, révèle de façon plus précise les mêmes tendances. En période calme, la barre est à peu près stable. Les ajustements morphologiques se traduisent par des ablations ou des dépôts de l'ordre de 5 à 10 cm. En période de tempête, les mouvements sédimentaires s'intensifient (tabl. II). L'ablation est alors de 20 à 25 cm au sommet de la barre et l'accumulation est du même ordre d'épaisseur dans le creux. Par la suite, la barre tend à reprendre son profil initial (fig. 8).

Pour l'ensemble de la période, tous les piquets situés dans le creux et sur la pente terrestre indiquent des bilans sédi-

FIGURE 6. Profils topographiques avant et après tempête. La tempête est survenue le 26 juillet 1986. Le niveau de référence est le zéro des cartes marines.

Pre-storm and post-storm beach profiles. The storm occurred on July 26, 1986. Heights are referred to Chart Datum.



TABEAU II

Valeurs de l'accumulation (+) ou de l'ablation (-) en centimètres au niveau des piquets implantés sur la barre, pour la période du 17 au 30 juillet 1986

	PIQUETS ¹												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
17/18	+5	+4	0				-2	-2	0	+2	+2	+2	-1
18/19	+5	-3	-2				-1	0	0	0	0	-1	0
19/20	-4	0	+2				+1	0	+2	+1	0	-1	+1
20/21	-1	0	0				+1	+1	-1	-1	+2	+1	0
21/22	-4	+1	+2				+2	+2	+2	0	-5	-6	0
22/23	-3	+1	-2				+3	-2	0	+1	0	+2	+6
23/24	+3	-2	0				+17	0	+3	-3	-2	-4	-1
24/25	+5	-2	0	+1	+1	+7	+6	+1	-3	-3	-4	+3	+14
25/26	+2	+1	+2	+16	+22	+12	-27	-8	—	-7	-4	+12	—
26/27	+4	+2	+1	+8	+7	+1	+12	-2	—	-8	+5	+3	—
27/28	-1	-2	0	-18	-14	+5	+21	-1	-1	+3	+1	+2	-2
28/29	-2	+1	+1	+4	+4	+1	-1	0	0	+3	-1	+1	+1
29/30	-7	-10	0	+2	-3	-2	-1	0	-2	0	+3	-4	0

(1) La position des piquets est illustrée à la figure 2.

mentaires positifs (15 à 30 cm). Tout le sommet de la barre est caractérisé par une intense érosion, surtout dans la partie la plus proche de la pente terrestre. Les bilans sédimentaires aux emplacements des piquets implantés sur la plage se caractérisent par de faibles variations.

b) Détermination de la couche de remaniement superficielle

Une épaisseur de remaniement peut être estimée à partir de la comparaison de deux séries de carottes, prises sur la

barre à deux jours d'intervalle (fig. 9). Des horizons repères sont identifiables sur les deux séries (1 et 2), permettant de tracer les niveaux stratigraphiques équivalents.

Entre les deux échantillonnages (carotte A1 et A2), le bas de la pente terrestre a subi un dépôt de 15 cm, constitué d'une alternance de lits fins pendant à 20° vers la côte (fig. 10). Ces sables reposent sur un lit de gravier qui constitue un niveau repère.

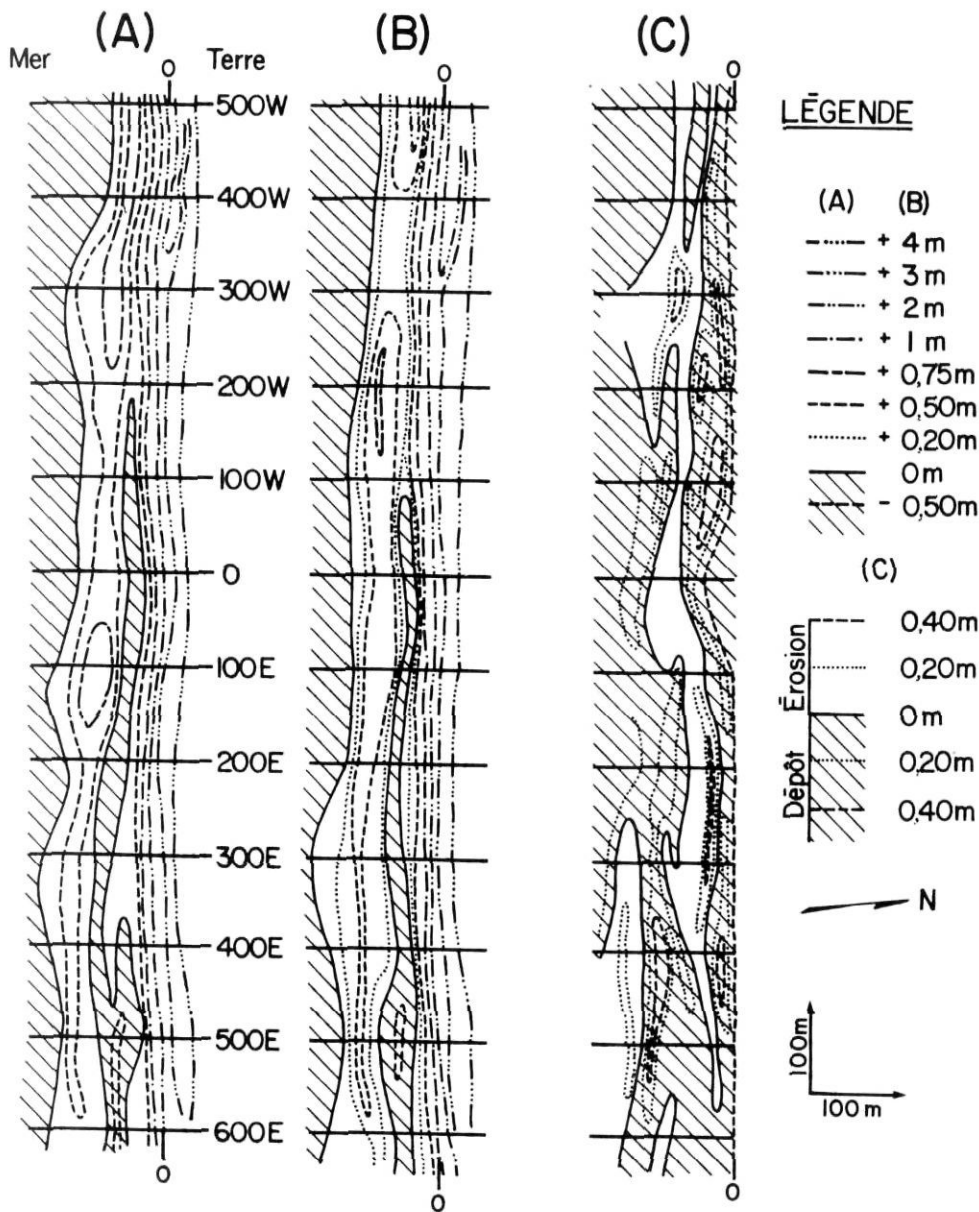


FIGURE 7. Évolution topographique de la barre de déferlement: (A) avant tempête; (B) après tempête (les courbes bathymétriques sont en mètres par rapport au zéro des cartes marines); (C) variations topographiques. Le «0» indique la position de la ligne de référence.

Topographic evolution of the breaker bar: (A) pre-storm; (B) post-storm (bathymetric contours are in metres, referred to Chart Datum); (C) topographic variations. «0» indicates baseline location.

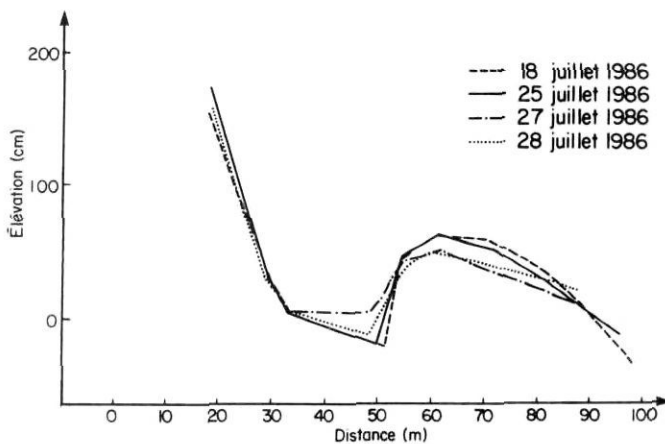


FIGURE 8. Variations morphologiques de la barre (profil «0»).
Morphologic variability of the bar (profile «0»).

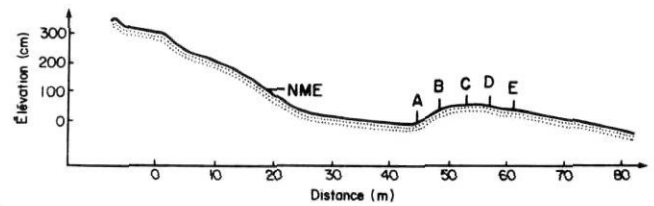


FIGURE 9. Positions des carottes de la série A à E sur le profil «0». Le niveau de référence est le zéro des cartes marines.
Location of cores A to E on profile «0». Heights are referred to Chart Datum.

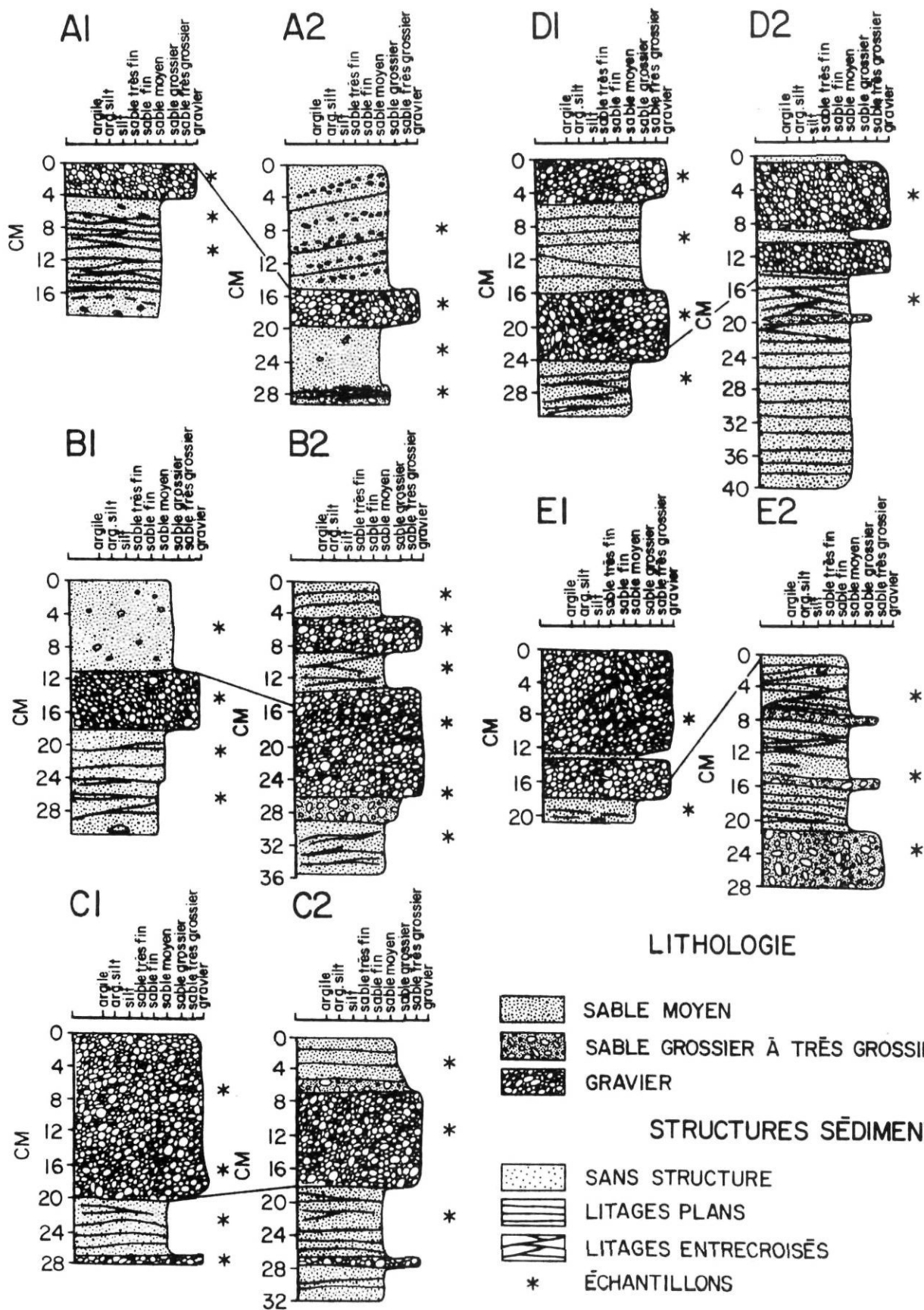


FIGURE 10. Description stratigraphique comparée des carottes prélevées sur le profil «0». L'échelle horizontale illustre la granulométrie des sédiments. L'échelle verticale indique la profondeur en centimètres. Les astérisques marquent la position des échantillons analysés et les lignes de raccordement indiquent les niveaux stratigraphiques équivalents.

Comparative stratigraphic description of the cores on profile «0». Horizontal scale shows sediment grain size. Vertical scale indicates depth in centimetres. Location of analysed samples is marked by an asterisk and the solid line shows the equivalent stratigraphic position.

Dans le haut de la pente terrestre (carotte B1 et B2), les 11 premiers centimètres ont été érodés entre les deux campagnes de carottage. Ils étaient constitués par des sables moyens à grossiers massifs contenant quelques galets. Par la suite, 13 cm d'une alternance de sable moyen lité vers la côte et de sable très grossier contenant des galets se sont déposés (fig. 10). Le niveau repère est un lit de sable très grossier dont les paramètres statistiques sont similaires dans les deux carottes. Ce cycle d'érosion et de dépôt se traduit par un bilan positif de 2 cm. La présence de lits dirigés vers la côte souligne la construction de la barre à partir de la pente marine et non à partir de la plage.

La carotte C1, située sur la crête de la barre, montre un sable fin à moyen, dans lequel apparaissent des stratifications entrecroisées faiblement inclinées vers le nord. Ce sable est recouvert de gravier. Ces deux unités, séparées par un contact très net, sont également visibles dans la carotte C2. Le lit de gravier a été érodé sur 9 cm; par dessus ce lit, s'est déposé un horizon de 6 cm de sable moyen lité vers la mer (fig. 10).

La pente marine (carotte D et E) est marquée par une érosion importante. Dans la carotte D1, cette érosion enlève 16 cm de gravier et de sable moyen à grossier lité. Des sables à litages entrecroisés de faible amplitude (de l'ordre du centimètre), présents dans les deux carottes, constituent un niveau repère (fig. 10). Lors du premier échantillonnage, la carotte E1 est composée d'un gravier surmontant un sable moyen à litages entrecroisés. Au cours du deuxième échantillonnage (E2), le gravier n'est plus observé dans la carotte, ce qui indique une érosion de 18 cm de ce lit grossier (fig. 10).

DISCUSSION

Les paramètres texturaux sont généralement reconnus comme de bons indicateurs d'environnement de dépôt (Friedman, 1961, 1967; Greenwood, 1969; Blatt *et al.*, 1980). Dans le contexte de la barre de déferlement de Mingan, chaque point du profil se distingue par des caractéristiques granulométriques spécifiques. Ainsi, les sédiments de la barre sont des sables moyens, unimodaux et bien classés et ceux du creux sont très grossiers, plurimodaux et mal classés. Sur le haut de plage, le sable est plus fin et mieux trié que vers le bas estran, reflétant ainsi la dissipation de l'énergie des vagues sur la plage.

La présence d'une fraction de sable fin dans les sédiments grossiers du creux, phénomène qui s'amplifie pendant les périodes agitées, semble indiquer la migration des sédiments de la barre vers le creux sous l'action des houles déferlantes. Cette fraction fine possède en effet les mêmes caractéristiques sédimentaires que le sable du sommet de la barre. Ceci confirme les échanges qui s'effectuent entre la barre et le premier creux.

La barre de déferlement est un système dynamique qui répond constamment aux fluctuations énergétiques à court terme comme à long terme. Les changements de hauteur, de période et de direction des vagues incidentes entraînent des modifications importantes de la morphologie de la barre. Long et Hudier (1987a,b) ont mis en évidence, à l'aide de

jauges nucléaires, une sédimentation de 8 cm en 3 heures suivie d'une érosion de 10 cm dans la journée suivante.

En période calme, les mouvements sédimentaires de l'ordre de 5 cm à 10 cm, révélés précédemment à l'aide des mesures effectuées sur les piquets, peuvent être dus aux variations énergétiques au cours du cycle de marée. Sur la crête de la barre, le remaniement s'effectue sous la forme de cycles d'érosion-sédimentation mis en évidence par Hudier (1986) à l'aide de jauges nucléaires, mesurant à toutes les 20 secondes les variations du niveau du fond, sur une période de 9 jours. Dans le bas de la pente terrestre, l'alternance de lits fortement inclinés vers la côte témoigne d'une migration du sédiment. Les tempêtes entraînent une érosion du sommet de la barre et une accumulation, par avalanche, sur son flanc terrestre. Les courants irrotationnels engendrés par la houle, de plus en plus asymétriques à l'approche de la barre, favorisent la migration du sédiment vers la côte. Les plus importantes fluctuations se manifestent sur la pente terrestre. Cette partie de la barre représente une zone instable qui se modifie continuellement sous l'action des courants engendrés tant par la houle que par la marée. La pente forte et la sursaturation en eau contribuent à provoquer de brusques transports de sédiments vers le bas de la pente. La plage, quant à elle, ne subit que peu de changements, ce qui montre l'effet de brisec-lame exercé par la barre.

Quand les conditions hydrodynamiques redeviennent calmes, le profil reprend sa forme initiale sous l'action des courants longitudinaux qui sont particulièrement actifs dans le creux. Il y a donc oscillation entre le profil de tempête et le profil post-tempête, non seulement au niveau de la plage comme ceci a été défini par Hayes et Boothroyd (1969), mais sur tout l'ensemble barre de déferlement-creux-plage.

CONCLUSION

De façon générale, chaque zone de la barre et de la plage se distingue par les caractéristiques texturales des sédiments de surface. Les sédiments de la barre sont constitués de sable moyen, unimodaux et bien triés tandis que ceux du creux sont grossiers, plurimodaux, mal triés et contiennent des fragments de matière organique et de coquilles.

Sous l'action des houles de tempêtes, la barre s'érode sur une épaisseur de 20 à 25 cm et un dépôt de sédiments fins du même ordre d'épaisseur se produit dans le creux. En période calme, les ajustements morphologiques de la barre aux variations de l'énergie de la houle sont moins importants (5 à 10 cm).

L'ampleur des remaniements est évaluée à partir de la comparaison de deux séries de cinq carottes prises sur la barre. Le bas de la pente terrestre est caractérisé par un dépôt de 15 cm, sous la forme de sable lité pendant vers la côte, ce qui confirme la migration de sable de la barre vers le creux. La crête est le siège de cycles d'érosion — sédimentation qui se manifestent par des remaniements affectant une couche de 5 à 10 cm. La pente marine est le siège de variations plus importantes (16 à 18 cm).

De façon générale, la barre se modifie sous l'effet des variations de l'intensité de la houle mais tend à reprendre le profil initial sous l'action des courants de marée et de dérive littorale. Ces courants, particulièrement actifs dans le creux, transportent le sédiment parallèlement à la côte.

L'ensemble du système de barres d'avant-côte de Mingan semble stable puisque les profils bathymétriques de l'automne et du printemps ne montrent pas de différences notables (Long *et al.*, 1984). Cette caractéristique, combinée aux paramètres morphologiques du système (nombre de barres, hauteur, longueur d'onde) et aux conditions hydrodynamiques du milieu, classent l'ensemble des barres sableuses de Mingan dans le groupe VI de la classification de Greenwood et Davidson-Arnott (1979). Cependant, les résultats de l'étude ont montré que la barre de déferlement a un caractère mobile qui la distingue des barres plus au large. Ce comportement la rapproche plus particulièrement de certaines structures moins stables, illustrées par Hayes (1969) et Sonu (1973) le long de la côte est des États-Unis.

Plusieurs facteurs interviennent dans la modification du profil de la barre, notamment les caractéristiques des vagues incidentes et l'action des courants longitudinaux. À ceux-ci s'ajoute également la présence même de la barre qui joue un rôle fondamental dans son propre équilibre.

REMERCIEMENTS

Ce travail a été subventionné par le Conseil de recherche en sciences naturelles et en génie du Canada, le Fonds pour la formation de chercheurs et l'aide à la recherche du Québec et par la compagnie SNEA (P). Nous tenons à remercier les lecteurs critiques de la revue dont les suggestions ont contribué à améliorer le texte final.

RÉFÉRENCES

- Berthois, L., 1975. Les roches sédimentaires: études sédimentologiques des roches meubles. Doin, Paris, 278 p.
- Blatt, H., Middleton, G. V. et Murray, R., 1980. *Origin of sedimentary rocks*. 2nd edition, Prentice-Hall, 782 p.
- Boczar-Karakiewicz, B., Long, B. F. et Drapeau, G., 1983. Formation and modification of a system of sand bars by progressive gravity waves in the presence of tide, p. 37-51. In B.J. Holden, éd., *Proceedings of the Canadian Coastal Conference*. Vancouver 1983.
- Cataliotti-Valdina, D. et Long, B. F., 1983. Évolution du débit liquide et de la charge d'un estuaire sub-boréal: Rivière Saint-Jean. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 20: 184-194.
- Greenwood, B. et Mittler, P. R., 1979. Structural indices of sediment transport in a straight wave-formed nearshore bar. *Marine Geology*, 32: 191-203.
- 1985. Vertical sequence and lateral transitions in the facies of a barred nearshore environment. *Journal of Sedimentary Petrology*, 55: 366-375.
- Hayes, M. O., 1969. Coastal environments, northeastern Massachusetts and New Hampshire. *Eastern SEPM Guidebook*, p. 245-265.
- Hayes, M. O. et Boothroyd, 1969. Storms as modifying agents in the coastal environment, p. 94-95. In *Abstracts with Program for 1969, Part 7*, Geological Society of America.
- Hom-Ma, M. et Sonu, C., 1962. Rhythmic patterns on longshore bars related to sediment characteristics, p. 248-278. In *Proceedings of the 7th Conference on Coastal Engineering*. The Hague.
- Hudier, E., 1986. Mise au point de la jauge nucléaire: applicabilité à l'étude du transport sédimentaire dans la zone de déferlement. Mémoire de maîtrise, Université du Québec à Rimouski, 133 p.
- 1987. Dynamique sédimentaire dans la zone de déferlement (Longue Pointe de Mingan — Golfe du Saint-Laurent). Doctorat d'université, École supérieure de Mécanique, Université de Nantes, 253 p.
- Davidson-Arnott, R. D. G. et Greenwood, B., 1976. Facies relationships on a barred coast, Kouchibouguac Bay, New Brunswick, Canada, p. 149-168. In R. A. Davis et R. L. Ethington, éd., *Beach and Nearshore Sedimentation*. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Paper 24.
- Emery, K. O., 1961. A simple method of measuring beach profiles. *Limnology and Oceanology*, 9: 90-93.
- Evans, O. F., 1940. The low and ball of the shore of Lake Michigan. *Journal of Geology*, 48: 467-511.
- Friedman, G. M., 1961. Distinction between dune, beach and river sands from their textural characteristics. *Journal of Sedimentary Petrology*, 31: 514-529.
- 1967. Dynamic processes and statistical parameters compared for size frequency distribution of beach and river sands. *Journal of Sedimentary Petrology*, 37: 327-354.
- Greenwood, B., 1969. Sediment parameter and environment discrimination: an application of multivariate statistics. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 6: 1347-1357.
- Greenwood, B. et Davidson-Arnott, R. G. D., 1979. Sedimentation and equilibrium in wave-formed bars: a review and case study. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 16: 312-332.
- King, C. A. M. et Williams, W. W., 1949. The formation and movement of sand bars by wave action. *Geographical Journal*, 112: 70-85.
- Long, B. F. et Cataliotti-Valdina, D., 1981. Caractéristiques sédimentologiques et hydrodynamiques des zones estuariennes et littorales des rivières Romaine et Saint-Jean. *Rapport INRS pour Hydro-Québec*, 4 tomes, 544 p.
- 1982. Évolution post-glaciaire de la bordure nord du détroit Jacques Cartier, Golfe du Saint-Laurent, Québec, Canada. 11^e Congrès international de sédimentologie. Hamilton, Abstracts Book, p. 93.
- Long, B. F. et Chapalain, G., 1985. Les variations topographiques des barres d'avant-côte: mise en évidence des mouvements par utilisation d'une jauge nucléaire, p. 73-88. In D. L. Forbes, éd., *Canadian Coastal Conference*. St. John.
- Long, B. F. et Drapeau, G., 1983. Évolution du transport sédimentaire par traceurs radioactifs sur la zone infralittorale de la basse Côte Nord du Saint-Laurent, p. 201-216. In B. J. Holden, éd., *Canadian Coastal Conference*. Vancouver.
- Long, B. F. et Hudier, E., 1987a. Les jauges nucléaires en dynamique sédimentaire: un exemple d'emploi dans l'étude du déferlement, p. 647-661. In *International Symposium on the Use of Isotopes Techniques in Water Resource Development*. Vienne, IAEA.
- 1987b. Évolution spatio-temporelle de la morphologie de la barre de déferlement, p. 145-159. In Y. Ouellet, éd., *Canadian Coastal Conference*. Québec.

- Long, B. F., Boczar-Karakiewicz, B. et Drapeau, G., 1984. Transport sédimentaire dans un système de barres d'avant côte. Abstract Book c.04-11, 27th International Geological Congress, Moscou.
- Long, B. F., Koutitonsky, V. et Farnole, P., 1986. Havre-Saint-Pierre, base marine multifonctionnelle. Étude hydrodynamique et sédimentologique du site. Rapport INRS pour Travaux publics Canada, 122 p.
- Owens, E. H., 1977. Temporal variations in beach and nearshore dynamics. *Journal of Sedimentary Petrology*, 47: 168-190.
- Owens, E. H. et Frobel, D. H., 1977. Ridge and runnel systems in the Magdalen Islands, Québec. *Journal of Sedimentary Petrology*, 47: 191-198.
- Rivière, A., 1977. Méthodes granulométriques. Techniques et interprétation. Masson, Paris, 170 p.
- Ross, N., 1989. Formation et évolution spatio-temporelle d'une barre de déferlement en milieu micro à mésotidal dominé par les houles. Mémoire de maîtrise, Université du Québec à Rimouski, 255 p.
- Short, A. D., 1979. Three dimensional beach-stage model. *Journal of Geology*, 87: 553-571.
- Sonu, C. J., 1973. Three dimensional beach changes. *Journal of Geology*, 81: 42-64.
- Symonds, G., Huntley, D. A. et Bowen, A. J., 1982. Two-dimensional surf beat long wave generation by a time-varying breakpoint. *Journal of Geophysical Research*, 81: 492-498.
- Wright, L. D., Chappel, J., Thom, B. G., Bradshaw, M. P. et Cowell, P., 1979. Morphodynamics of reflective and dissipative beach and inshore systems: Southeastern Australia. *Marine Geology*, 32: 105-140.
- Zenkovitch, V. P., 1967. Processes of coastal development. Oliver and Boyd, London, 738 p.