Document generated on 05/19/2025 4:28 a.m.

Géographie physique et Quaternaire

Contribution des vagues au transport des sédiments littoraux dans la région de Trois-Pistoles, estuaire du Saint-Laurent, Québec

The effect of waves on the transport of littoral sediments, Trois-Pistoles area, St. Lawrence estuary, Québec

Georges Drapeau and Rémy Morin

Volume 35, Number 2, 1981

URI: https://id.erudit.org/iderudit/1000441ar
DOI: https://doi.org/10.7202/1000441ar

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 note

Drapeau, G. & Morin, R. (1981). Contribution des vagues au transport des sédiments littoraux dans la région de Trois-Pistoles, estuaire du Saint-Laurent, Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, *35*(2), 245–251. https://doi.org/10.7202/1000441ar

Article abstract

In the Trois-Pistoles area wave action is less important because of the predominance of tides and drifting ice as sediment transport processes. The heterogeneity and poor sorting of surface sediments are indicative of the action of many sedimentological processes contributing to the distribution of surficial sediments. The influence of the tide (5m range) and of the drifting ice, whose activity lasts for some 100 days yearly, are relatively well known processes. The analysis of wave action is based on a model for threshold of sediment motion under waves developed by KOMAR and MILLER (1975) using wave data recorded offshore Trois-Pistoles. The wave action serves more to stir surficial sediments than to sort them because of the range of the tide. The formation of numerous spits in the area shows however that waves of higher intensity are contributing over long periods to the formation of the littoral zone. The action of waves at the interface between recent sediments and the underlying Goldthwait clays remains to be evaluated.

Tous droits réservés © Les Presses de l'Université de Montréal, 1981

This document is protected by copyright law. Use of the services of Érudit (including reproduction) is subject to its terms and conditions, which can be viewed online.

https://apropos.erudit.org/en/users/policy-on-use/

This article is disseminated and preserved by Érudit.

Érudit is a non-profit inter-university consortium of the Université de Montréal, Université Laval, and the Université du Québec à Montréal. Its mission is to promote and disseminate research.

https://www.erudit.org/en/

Géographie physique et Quaternaire, 1981, vol. XXXV, n° 2, p. 245-251, 5 fig.

CONTRIBUTION DES VAGUES AU TRANSPORT DES SÉDIMENTS LITTORAUX DANS LA RÉGION DE TROIS-PISTOLES, ESTUAIRE DU SAINT-LAURENT, QUÉBEC

Georges DRAPEAU et Rémy MORIN, respectivement I.N.R.S.-Océanologie et Département d'océanographie, Université du Québec à Rimouski, 310, rue des Ursulines, Rimouski, Québec G5L 3A1.

RÉSUMÉ Dans la région de Trois-Pistoles, l'action des vagues est moins importante en raison de la prédominance que prennent le glaciel et la marée dans le transport des sédiments littoraux de cette région. La disparité et le mauvais triage des sédiments de surface montrent que plusieurs processus sédimentologiques contribuent à la répartition des sédiments récents. L'influence de la marée dont le marnage atteint 5 m et celle des glaces flottantes dont l'activité dure environ 100 jours par année sont des processus relativement bien connus. L'analyse de l'action des vagues est basée sur le modèle de mise en mouvement des sédiments mis au point par KOMAR et MILLER (1975) en utilisant les données de vagues enregistrées au large de Trois-Pistoles. L'action prédominante des vagues consiste davantage à brasser les sédiments qu'à les trier à cause du balancement de la marée. La formation de nombreuses flèches dans la région montre cependant que les vagues d'intensité plus forte réparties sur de longues périodes contribuent à la construction des formes d'accumulation dans la région. Le rôle que jouent les vagues à l'interface entre les sédiments récents et les argiles de la mer de Goldthwait reste à déterminer.

ABSTRACT *The effect of waves on the transport of littoral sediments, Trois-Pistoles area, St. Lawrence estuary, Québec.* In the Trois-Pistoles area wave action is less important because of the predominance of tides and drifting ice as sediment transport processes. The heterogeneity and poor sorting of surface sediments are indicative of the action of many sedimentological processes contributing to the distribution of surficial sediments. The influence of the tide (5m range) and of the drifting ice, whose activity lasts for some 100 days yearly, are relatively well known processes. The analysis of wave action is based on a model for threshold of sediment motion under waves developed by KOMAR and MILLER (1975) using wave data recorded offshore Trois-Pistoles. The wave action serves more to stir surficial sediments than to sort them because of the range of the tide. The formation of numerous spits in the area shows however that waves of higher intensity are contributing over long periods to the formation of the littoral zone. The action of waves at the interface between recent sediments and the underlying Goldthwait clays remains to be evaluated.

INTRODUCTION

Les vagues sont le principal agent de transport des sédiments sur les littoraux des océans et des mers intérieures. L'énergie dissipée par les vagues déferlant sur les rivages dépasse de beaucoup les autres sources d'énergie. Dans ces conditions, il existe plusieurs modèles (SILVESTER, 1974) pour relier l'action des vagues au transport des sédiments. Dans la région de Trois-Pistoles située sur la rive sud de l'estuaire maritime du Saint-Laurent, le rôle des vagues est beaucoup moins prépondérant en raison de l'importance du glaciel et de la marée. Le rôle de ces processus étant relativement bien connu dans cette région, nous avons cherché à préciser celui des vagues.

LE LITTORAL DE LA RÉGION DE TROIS-PISTOLES

La rade de Trois-Pistoles est située sur la rive sud du Saint-Laurent à une soixantaine de kilomètres en amont de Rimouski. Le littoral est composé de secteurs rocheux entrecoupés de plages et comprend de vastes schorres et slikkes. On y trouve aussi plusieurs îles et îlots auxquels s'accrochent des flèches littorales. La zone intertidale atteint de trois à cinq kilomètres de largeur par endroits. La rivière Trois-Pistoles se déverse dans l'estuaire du Saint-Laurent à peu près au centre de cette zone côtière (fig. 1).

Les marées de vives eaux atteignant cinq mètres, les processus estuariens de sédimentation y jouent un rôle important. D'autre part, la période glacielle étant d'environ 100 jours par année, les glaces flottantes constituent un des principaux agents sédimentologiques dans les zones littorales. Le transport, l'érosion et la sédimentation glaciels ont été mis en évidence récemment par DIONNE (1968a, 1968b, 1969, 1970, 1971, 1972a, 1972b, 1972c). Par ailleurs, GAUTHIER (1978) a caractérisé la slikke et le schorre de l'Isle-Verte en se référant au marnage et à la flore et PRAT (1933) a étudié les diverses zones de végétation dans la région de Trois-Pistoles et a souligné le rôle des glaces flottantes.

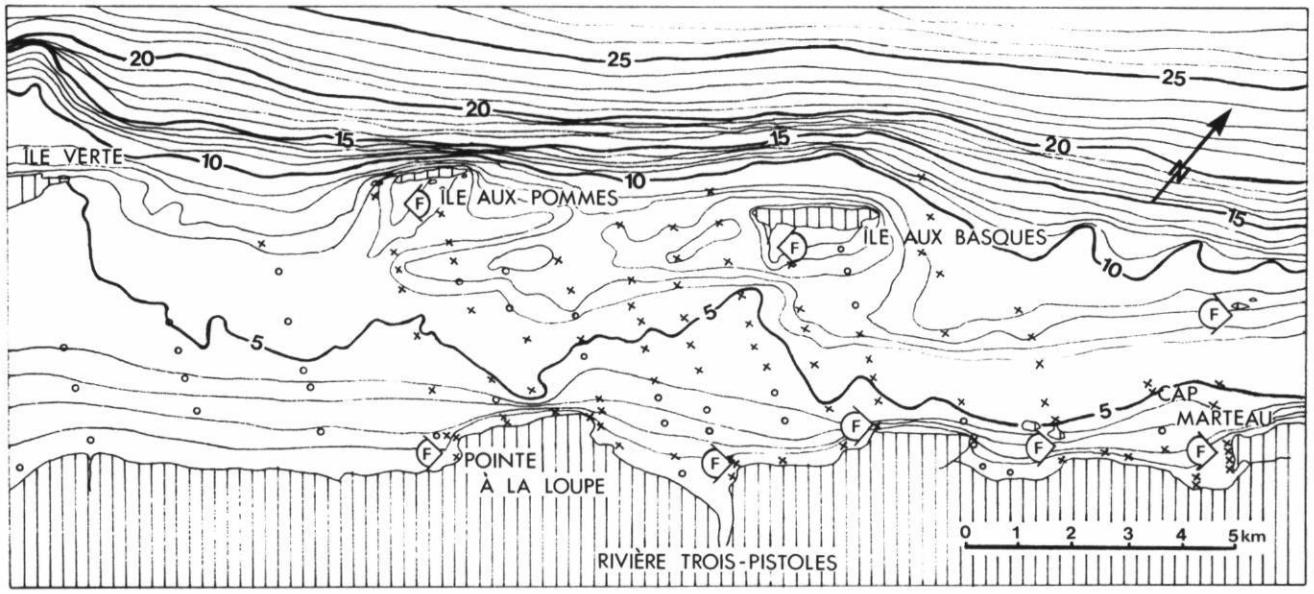

FIGURE 1. Carte de localisation de la région étudiée. Les contours bathymétriques sont en mètres. La position des échantillons de sédiments récents est indiquée par des X et des O, les O identifiant les endroits où les sédiments récents recouvrant les argiles de la mer de Goldthwait n'ont pas plus de 5 cm d'épaisseur. La localisation des flèches est indiquée par la lettre F.

Location map of the studied area. Bathymetric contours are in metres. The sampling location of recent sediments is indicated by symbols X and O, the O identifying the areas where the recent sediments covering the Goldthwait Sea Clays are no more than 5 cm thick. The location of spits is shown by the letter F.

LES SÉDIMENTS RÉCENTS

Les sédiments de surface récents, dont la taille est inférieure à 8 mm, de l'ensemble de la zone comprise entre la série d'îles (île Verte, île aux Pommes, île aux Basques) depuis l'Isle-Verte jusqu'au cap Marteau, ont été étudiés par MORIN (1981). Ces travaux mettent en évidence la disparité des sédiments de surface récents, leur faible corrélation avec la profondeur d'eau et leur mauvais triage (fig. 2).

Si les processus de transport des sédiments reliés à l'action des glaces flottantes sont facilement explicables dans la région, les processus hydrodynamiques sont plus difficiles à caractériser. Le concept d'entropie relative a été utilisé par MORIN (1981) pour évaluer, au moyen d'une méthode objective, quelle information peut être tirée de l'analyse granulométrique (< 8 mm) des sédiments de la zone littorale. L'entropie relative suppose comme principe de base (PELTO, 1954; MILLER et KAHN, 1962) qu'on obtient peu d'information d'un sédiment dont toutes les classes de taille sont réparties uniformément; ce qui implique que plusieurs processus sédimentologiques sont susceptibles d'avoir contribué au transport des différentes fractions du sédiment échantillonné. D'autre part, on associe à un processus unique le transport des sédiments dont la granulométrie est concentrée dans une seule classe principale. De plus, l'entropie relative est indépendante de la taille moyenne des sédiments, un élément important dans la région de Trois-Pistoles. L'entropie relative a été utilisée entre autres par PELLETIER (1974) pour interpréter la répartition des sédiments de surface de la baie de Fundy. Dans la région de Trois-Pistoles, la mesure de l'entropie relative (fig. 2) confirme que plusieurs processus contribuent à la répartition des sédiments de surface récents. L'approche la plus efficace est donc de considérer chacun des processus séparément et la présente contribution porte spécifiquement sur le rôle des vagues.

LE RÔLE DES VAGUES

Dans la région de Trois-Pistoles, la course (fetch) la plus longue est celle des vents en provenance du nord-est, mais les vents les plus fréquents et les plus efficaces soufflent de l'ouest (ENVIRONNEMENT CANADA, 1975). Des relevés de vagues ont été effectués au large de Trois-Pistoles au cours de l'été et l'automne 1974 (INRS-OCÉANOLOGIE et ENVIRONNEMENT CANADA, 1974). Les mesures effectuées au moyen d'un système *Wave Rider* sont fournies à la figure 3. Ces données sont caractéristiques du climat annuel des vagues, compte tenu de la couverture de glace en hiver qui entrave la formation de vagues.

Pour les fins de la présente analyse, tel qu'illustré à la figure 3, le régime des vagues est divisé en trois

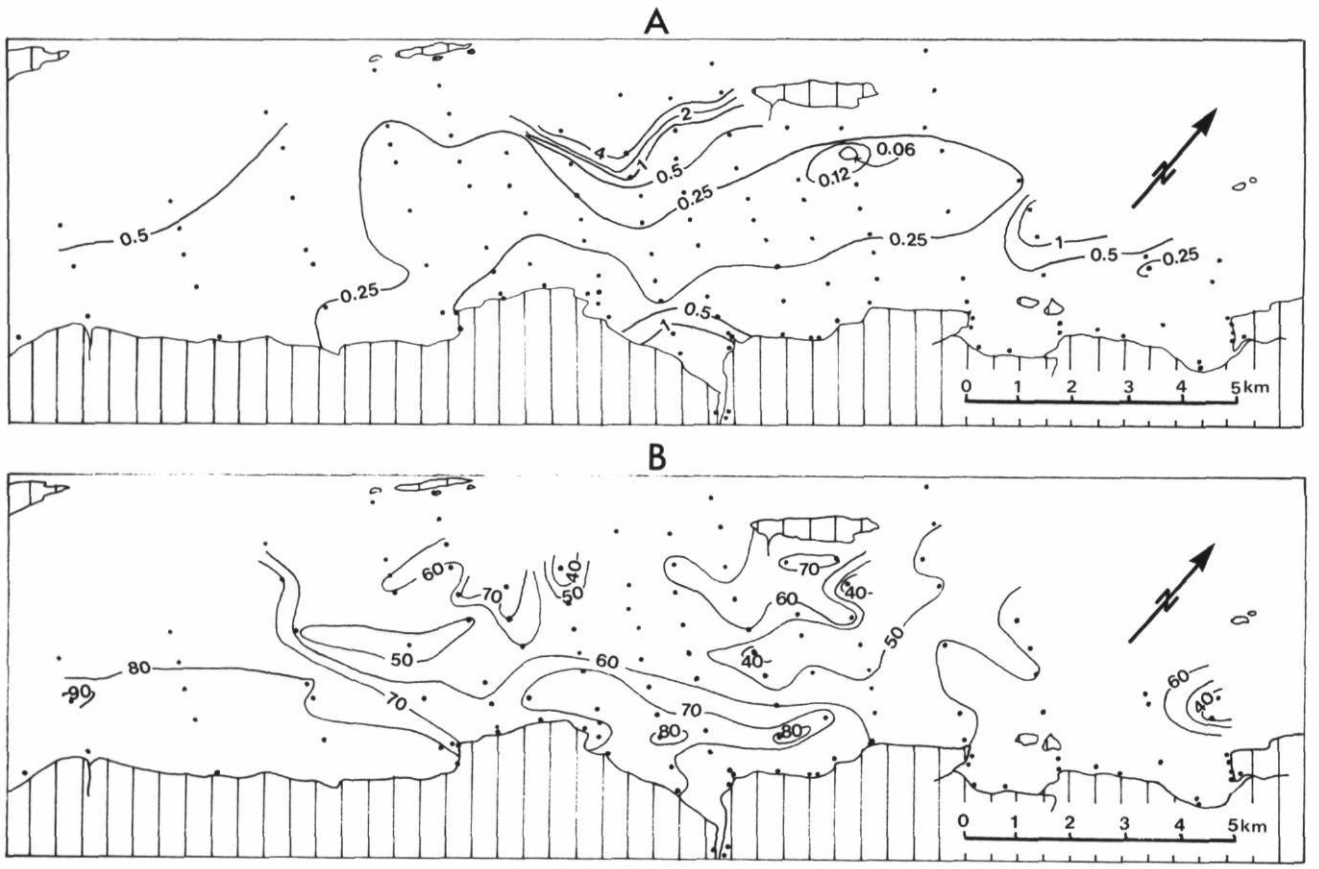

FIGURE 2. A) Répartition de la taille moyenne des sédiments récents (< 8 mm). La localisation des échantillons est indiquée par des points et les contours sont en millimètres. B) Entropie relative. Les mesures d'entropie relative sont exprimées en pourcentage de l'entropie maximale. Les valeurs plus élevées indiquent que les sédiments sont moins bien triés et qu'un plus grand nombre de processus ou des conditions plus variables auraient contribué au transport de ces sédiments comparativement à ceux dont les valeurs sont plus basses et qui seraient reliés à des processus de sédimentation plus spécifiques.

A) Distribution of mean grain size of recent sediments (< 8 mm). The location of samples is shown by dots and the contours are in millimetres. B) Relative entropy. The measurements of relative entropy are expressed as percentages of the maximum entropy. The higher values indicate that the sediments are less well sorted and that a larger number of processes or more changing conditions would be responsible for the transport of sediments. Lower values would result from more specific processes of sedimentation.

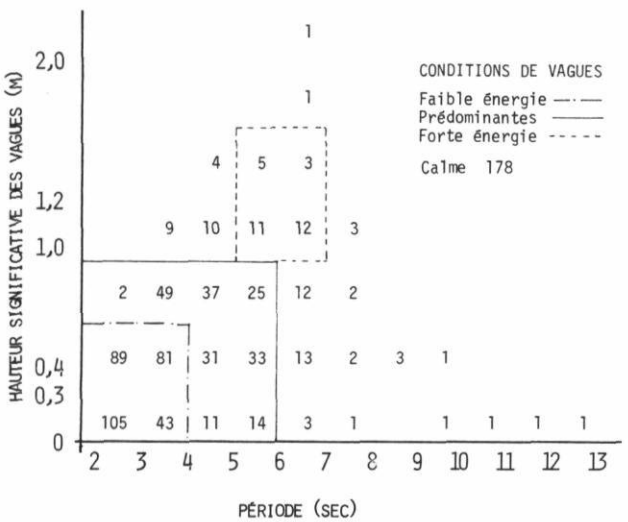

FIGURE 3. Spectre des vagues. Hauteur significative des vagues (m) en fonction de la période (sec.) enregistrées en 1974 à la station 57 au large de Trois-Pistoles. Les chiffres sur le diagramme indiquent le nombre de séquences de mesures enregistrées pour différentes combinaisons de hauteur et de période de vagues. En plus, 178 séquences de calme ont été enregistrées.

Wave spectrum. Significant wave height (m) and period (sec.) recorded in 1974 at station 57 offshore Trois-Pistoles. The figures on the diagram indicate the number of records for different combinations of wave heights and periods. 178 periods of calm were also recorded.

catégories: a) conditions de faible activité (318/798) qui prévalent 40% du temps et qui sont caractérisées par des vagues d'une période moyenne de 3 secondes et d'une hauteur moyenne de 0,3 m; b) conditions des vagues prédominantes dans la région (520/798), c'est-à-dire celles qui prévalent les deux tiers du temps; elles sont caractérisées par une période moyenne de 4 secondes et une hauteur moyenne de 0,4 m; c) enfin l'action des vagues les plus fortes est identifiée à des vagues d'une période de 6 secondes et une hauteur de 1,2 m. Les enregistrements montrent aussi que l'estuaire est calme 22% (178/798) du temps dans la région de Trois-Pistoles.

ENTRAÎNEMENT DES SÉDIMENTS PAR LES VAGUES

L'effet des vagues, en particulier lorsque combiné à d'autres courants, est un moyen efficace de transport des sédiments. La modélisation de ce processus a été reprise par plusieurs chercheurs à partir du modèle de BAGNOLD (1946) et demeure un sujet complexe et controversé notamment à cause de la difficulté de préciser l'effet d'interface des courants orbitaux générés par les vagues. Le modèle récemment proposé par KOMAR et MILLER (1973) a été discuté par MADSEN et GRANT (1975) et a été amélioré (KOMAR et MILLER, 1975). Ces auteurs ont proposé les équations suivantes pour évaluer la vitesse critique d'entraînement des sédiments par les vagues:

$$\frac{\rho\, Um^2}{(\rho s - \rho)\, gD} = 0.21\ (d_0/D)^{1/2} \qquad (1)$$

$$\frac{\rho\, Um^2}{(\rho s - \rho)\, gD} = 0.463\ \Pi(d_0/D)^{1/4} \qquad (2)$$

ρ étant la densité de l'eau, Um la vitesse maximum du courant généré par la vague près du fond, ρs la densité des grains de sédiments, g l'accélération due à la gravité, D le diamètre des grains de sédiments et d_0 le diamètre orbital du mouvement de la vague.

L'équation (1) est utilisée lorsque le diamètre des grains de sédiments est inférieur à 0,5 mm et l'équation (2), lorsque le diamètre est supérieur à cette taille.

On peut d'autre part déterminer la valeur de Um et de d_0 dans les deux équations précédentes en se basant sur les relations suivantes:

$$Um = \frac{\Pi\, d_0}{T} = \frac{\Pi H}{T \sinh(2\Pi\, h/L)}$$

H étant la hauteur de la vague, T la période et L la longueur d'onde et h la profondeur d'eau.

En résumé, la vague et le diamètre des grains qu'elle est susceptible de mettre en mouvement sont reliés par les paramètres suivants:

$D = f(H, T, h, \rho, \rho s)$

La densité de l'eau (ρ) et des grains de sédiments (ρs) étant des valeurs constantes pour une région considérée, on peut déterminer un des paramètres D, H, T et h en fonction des valeurs attribuées aux trois autres. Pour ce faire, on peut utiliser, entre autres, l'algorithme mise au point par KOMAR et MILLER (1975). La figure 4 illustre les relations qui existent entre le diamètre des grains et la profondeur de mise en mouvement pour les différentes conditions de vagues qui prévalent dans la région de Trois-Pistoles.

Pour des conditions de vagues données, un profil d'équilibre du littoral s'établit en fonction de la taille des sédiments et de la pente du littoral. Ce sont les conditions typiques des littoraux océaniques. Dans la région de Trois-Pistoles, l'action des vagues étant relativement peu intense et le balancement de la marée considérable, l'effet des vagues est plus diffus.

L'effet de la marée sur l'action des vagues dans la région de Trois-Pistoles est illustré à la figure 5. À titre d'exemple, on considère la situation où des vagues d'une période de 4 secondes et d'une hauteur de 0,4 m prévalent. Pour des sédiments de 1 mm de diamètre la profondeur maximale de mise en mouvement par ce type de vague est de 2,3 m. Comme le montre la figure 5, la zone influencée par les vagues décrites plus haut pour des sédiments de 1 mm se déplace dans la zone littorale selon le niveau de la marée. Il en résulte que toute la zone intertidale et la frange supérieure de la zone infratidale sont soumises à l'action des vagues. En raison du balancement de la marée, l'action des vagues se trouve donc dispersée dans l'ensemble de la zone intertidale. Cette action est d'autant plus étalée que l'estran est plus large. Dans la région de Trois-Pistoles, la pente de la zone intertidale est très faible; elle varie de 3 à 5 m par kilomètre (MORIN, 1981), l'estran mesurant jusqu'à 5 km de largeur par endroits. Dans de telles conditions l'action des vagues sert davantage à brasser les sédiments qu'à les trier. C'est ce qui explique en partie le mauvais triage et le peu de cohérence entre la profondeur et la taille des sédiments.

LES FLÈCHES LITTORALES

Même si l'effet des vagues est généralement peu important et dispersé, plusieurs flèches littorales se sont néanmoins développées dans la région de Trois-Pistoles (fig. 1). La formation de ces flèches montre que lorsqu'un ensemble de conditions intervient, l'action des vagues devient importante. Les vagues atteignent occasionnellement dans la région des périodes de 6, 7 ou 8 secondes et des hauteurs dépassant un mètre (fig. 3). La capacité de transport de ces vagues est beaucoup plus importante que celle des vagues prédominantes; par exemple une vague

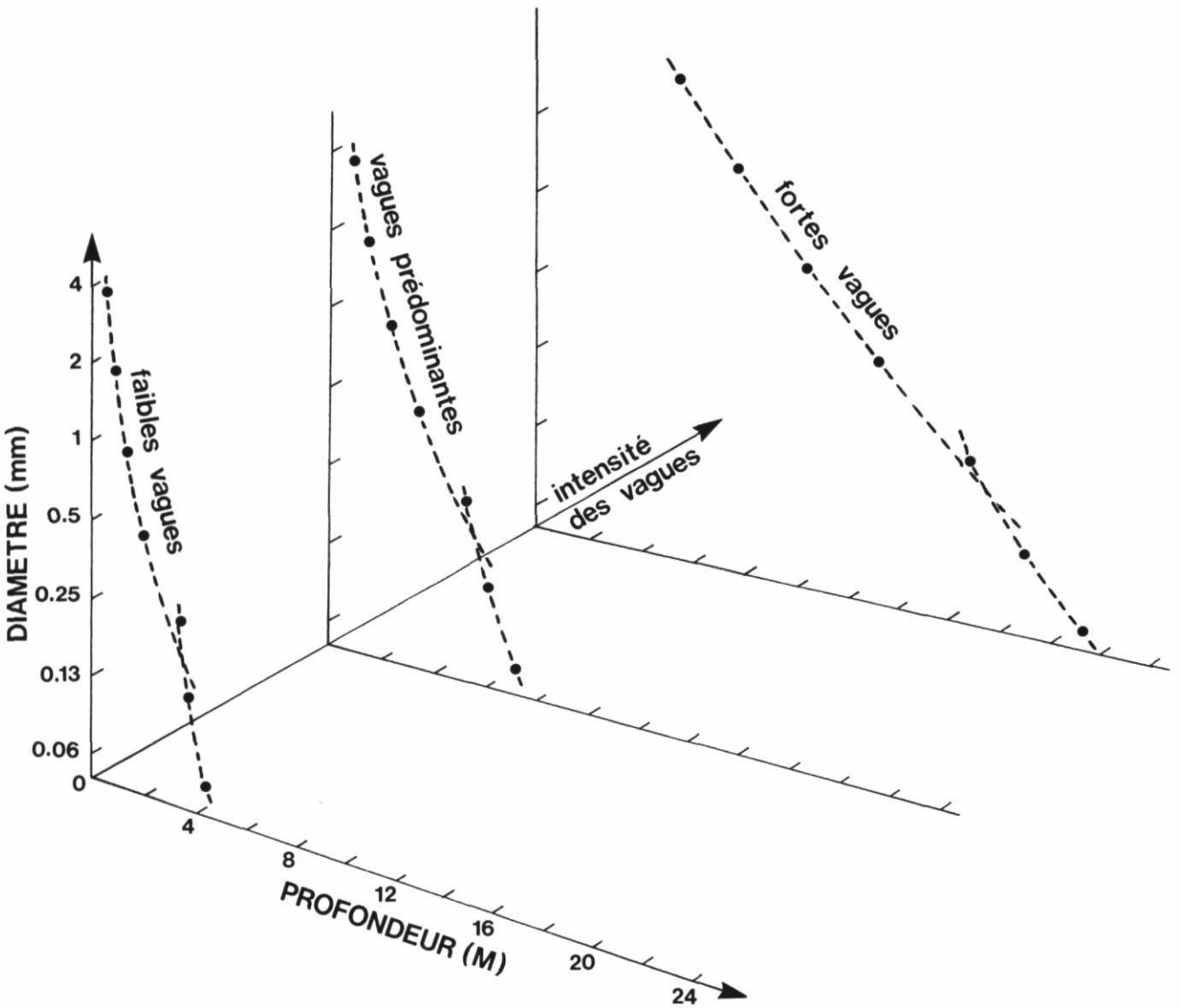

FIGURE 4. Action des vagues. Diagramme montrant la relation entre les trois paramètres: 1) diamètre des grains de sédiments, 2) intensité des vagues, et 3) profondeur de la mise en mouvement des grains. Le diamètre des grains varie en fonction de l'axe vertical en augmentant vers le haut. La profondeur de mise en mouvement des grains augmente en s'éloignant de l'origine des axes. L'intensité des vagues augmente en s'éloignant de l'origine. Les trois courbes qui apparaissent sur le diagramme représentent les conditions de vagues discutées dans le texte. Le fait que des équations différentes soient utilisées pour des grains plus gros et plus petits que 0,5 mm explique que tous les points d'une série ne puissent être rassemblés par une même courbe.

Wave action. Diagram showing the relationship between three parameters: 1) Diameter of sediment grains, 2) wave intensity, and 3) water depth of threshold of sediment motion. The grain size diameter is shown by the vertical axis and increases upward. The water depth of threshold of sediment motion increases away from the origin of the axes as does the wave intensity. The three curves shown on the diagram are for the wave conditions discussed in text. The fact that different equations are used for grains finer and coarser than 0,5 mm explains that all the points of a series are not linked by the same curve.

d'une période de 6 secondes et d'une hauteur de 1,2 m entraîne des grains de 4 mm à une profondeur de 5,5 m (fig. 4). Lorsque des vagues de cette nature concordent avec la haute mer, et encore mieux les marées de vives eaux, elles sont en mesure de transporter les sédiments en grande quantité jusqu'au haut de plage pour former des cordons et des flèches littorales qui demeurent hors d'atteinte dans des conditions ordinaires de vagues et de marées. Des datations au ^{14}C pour les flèches du cap Marteau et de la pointe à la Loupe (MORIN, 1981) indiquent que ces formes d'accumulation sont très stables et existent depuis plu-

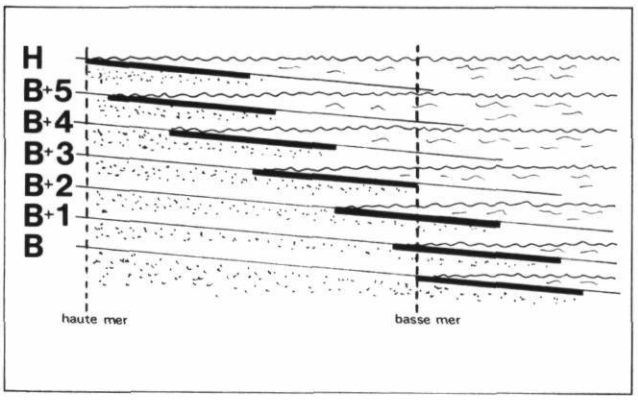

FIGURE 5. Schéma de l'effet de la marée sur l'action des vagues. Ce diagramme montre les conditions de mise en mouvement pour des sédiments de taille de 1 mm dans une situation spécifique où les vagues ont une période de 4 sec. et une hauteur de 40 cm. Dans ces conditions, les vagues mettent en mouvement les sédiments de cette taille jusqu'à une profondeur de 2,3 m. Dans ce schéma, le marnage est de 5 m et la phase de la marée est indiquée à gauche du diagramme (B = Marée basse; B + 1 = une heure après la marée basse, etc.). Le diagramme montre comment la marée disperse l'énergie des vagues dans toute la zone intertidale et la frange supérieure de la zone infratidale.

Diagram showing the effect of the tide on wave action. It shows specific conditions for 1 mm sediment grains agitated by waves 40 cm high and having a period of 4 seconds. In these circumstances the limit depth of motion of sediments of that size is 2,3 m. On that diagram the tidal range is 5 m and the phase of the tide is indicated on the left side (B = low tide; B + 1 = one hour after low tide, etc.) The diagram shows how the tide disperses tha wave energy over the whole intertidal zone and the upper portion of the subtidal zone.

sieurs siècles. Perchées sur le haut de plage, les flèches sont des constructions liées aux vagues les plus fortes, alors que la zone intertidale subit quotidiennement des modifications produites par toutes sortes de vagues.

CONCLUSION

Le rôle des vagues dans le transport des sédiments de surface récents dans la région de Trois-Pistoles est relativement bien défini maintenant. Il reste à déterminer dans quelle mesure l'action des vagues peut jouer un rôle à l'interface entre les sédiments de surface récents et les argiles sous-jacentes de la mer de Goldthwait.

Les mesures d'entropie relative montrent que les sédiments de surface récents, même sans considérer le gravier, les galets et les blocs, sont asujettis à plusieurs processus sédimentologiques ou du moins à des conditions très variables d'un même processus. Le balancement de la marée a pour effet de rendre variable l'action des vagues. Même pour des conditions de vagues constantes, le régime hydrodynamique change continuellement à un point donné du littoral. En fait, comme les conditions de vagues sont elles-mêmes changeantes, les conditions d'agitation des sédiments sont très variables, de sorte que les sédiments de surface susceptibles d'être mis en mouvement par les vagues sont en réajustement continuel d'équilibre hydrodynamique. Bien que soumis à un brassage continuel, ces sédiments ne sont pas nécessairement transportés sur de très grandes distances, puisque toutes les composantes de la marée sont cycliques et que même les conditions de vagues varient en fonction de cycles saisonniers. En considérant des intervalles encore plus longs dans le temps, on assiste à la formation des plages et des flèches.

La faible épaisseur (2-10 cm) des sédiments de surface récents est caractéristique de plusieurs régions du littoral de la rive sud de l'estuaire du Saint-Laurent (DIONNE, 1961, 1979). Dans la région de Trois-Pistoles, la moitié des sites d'échantillonnage (MORIN, 1981) sont recouverts de moins de 5 cm de sédiments récents. Le rôle que jouent les vagues à l'interface entre les sédiments récents et les argiles sous-jacentes de la mer de Goldthwait reste à déterminer. Plusieurs hypothèses, dont celle du profil d'équilibre, peuvent être avancées, mais elles ne pourront être vérifiées qu'à partir d'expertises sur le terrain.

REMERCIEMENTS

Ces travaux ont pu être réalisés grâce à des subventions de recherche du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada et de la Direction générale de l'enseignement supérieur du Québec, programme de Formation de Chercheurs et d'Action concertée. Les auteurs remercient M. Jean-Claude Dionne pour la lecture et les commentaires de ce texte.

RÉFÉRENCES

BAGNOLD, R. (1946) : Motion of waves in shallow water. Interaction between waves and sand bottoms, *Proc. Roy. Soc. London*, A-187, p. 1-18.

DIONNE, J.-C. (1961) : *La morphologie littorale de la côte sud de l'estuaire maritime du Saint-Laurent de Rivière-du-Loup à Matane*, Univ. Montréal, Dép. géographie, thèse maîtrise non publ., 284 p.

—— (1968a) : Morphologie et sédimentologie glacielles, côte sud du Saint-Laurent, *Zeitsch. Geomorph.*, Spec. Publ. n° 7, p. 56-84.

—— (1968b) : Schorre morphology on the south shore of the St. Lawrence Estuary, *Amer. Jour. Sci.*, vol. 266, n° 5, p. 380-388.

—— (1968c) : Action of shore ice on the tidal flats of the St. Lawrence Estuary, *Maritime Sed.*, vol. 4, n° 3, p. 113-115.

—— (1969) : Érosion glacielle littorale, estuaire du Saint-Laurent, *Rev. Géogr. Montr.*, vol. 23, n° 1, p. 5-20.

——— (1970) : *Aspects morpho-sédimentologiques du glaciel, en particulier des côtes du St-Laurent*, Québec. Serv. can. des Forêts, Lab. de Rech. forestières, Rapp. Inf. QFX-9, 324 p.

——— (1971) : Nature lithologique des galets des formations meubles quaternaires de la région Rivière-du-Loup/Trois-Pistoles, Québec, *Rev. Géogr. Montr.*, vol. 25, n° 2, p. 129-142.

——— (1972a) : *Le Quaternaire de la région de Rivière-du-Loup / Trois-Pistoles, côte sud de l'estuaire maritime du St-Laurent, Québec,* Environnement Canada, Centre de Rech. for. Laurentides, Rapp. Inf. QFX-27, 95 p.

——— (1972b) : Caractéristiques des schorres des régions froides, en particulier de l'estuaire du St-Laurent, *Zeitsch. Geomorph.* Suppl. Bd. n° 13, p. 131-162.

——— (1972c) : Caractéristiques des blocs erratiques des rives de l'estuaire du Saint-Laurent, *Rev. Géogr. Montr.*, vol. 26, n° 2, p. 125-152.

——— (1979) : *L'érosion des rives du Saint-Laurent : une menace sérieuse à l'environnement,* Québec, Environnement Canada, Dir. Terres, Rapp. interne non publ., 9 p.

ENVIRONNEMENT CANADA (1975) : *Normale au Canada* Tome 3, *Vent (1955-1972)*, Downsview (Ont.), Environnement atmosphérique, 144 p.

GAUTHIER, B. (1978) : Détermination de la slikke et application au benthos laurentin, Isle-Verte, Québec, *Géogr. phys. Quat.*, vol. 27, n° 4, p. 333-349.

INRS-OCÉANOLOGIE et ENVIRONNEMENT CANADA (1974) : *Waves recorded off Les Escoumins, Québec, Station 57*, Environnement Canada, Serv. des pêches et des sciences de la mer, Mar. Env. Data Service, Ottawa, 42 p.

KOMAR, P.D. et MILLER, M.C. (1973) : The threshold of sediment movement under oscillatory water waves, *Journ. Sed. Petrol.* vol. 43, n° 4, p. 1101-1110.

——— (1975) : On comparison between the threshold of sediment motion under waves and unidirectional currents with a discussion of practical evaluation of the threshold, *Journ. Sed. Petrol.*, vol. 45, n° 3, p. 697-703.

MADSEN, O.S. et GRANT, W.D. (1975) : The threshold of sediment movement under oscillatory waves : A discussion, *Journ. Sed. Petrol.*, vol. 47, n° 1, p. 360-361.

MILLER, R.L et KAHN, J.S. (1962) : *Statistical analysis in the geological science,* New York, John Wiley, 357 p.

MORIN, R.L. (1981) : *Contribution à la sédimentologie de la région de Trois-Pistoles*, Univ. du Québec à Rimouski, Dép. océanographie, thèse de maîtrise non publ., 118 p.

PELLETIER, B.R. (1974) : Sedimentary textures and relative entropy and their relationship to the hydrodynamic environment Bay of Fundy system, *in Offshore geology of Eastern Canada*, B.R. Pelletier, édit. Geol. Surv. Can., p. 77-95.

PELTO, C.R. (1954) : Mapping of multi component systems, *Journ. Geol.*, vol. 62, n° 5, p. 501-511.

POSTMA, H. (1967) : Sediment transport and sedimentation in the estuarine environment, *in Estuaries*, G.H. Lauff, édit., Washington, Amer. Ass. Adv. Sci. Publ. n° 83, p. 158-179.

PRAT, H. (1933) : Les zones de végétation et le faciès des rivages du Saint-Laurent, au voisinage de Trois-Pistoles, *Naturaliste can.*, vol. 60, n° 4, p. 93-136.

SILVESTER, R. (1974) : *Coastal Engineering II*, Amsterdam, Elsevier Scientific Publ., 338 p.