



Impact du drainage de plage en zone macrotidale L'exemple de Villers-sur-mer, résultats préliminaires

(a) (b)
Jean-michel Couton et Franck Levoy

(a)
*Doctorant, « Morphodynamique Continentale et Côtière », Université de Caen,
02.31.36.22.36, jmcouton@geos.unicaen.fr*

(b)
*Maître de Conférences – HDR-, UMR 6143, « Morphodynamique Continentale et Côtière »,
Université de Caen, 02.31.36.22.23, levoy@geos.unicaen.fr*

Résumé

Afin de déterminer les impacts morpho-sédimentaires d'un dispositif de drainage de plage expérimentale, une instrumentation a été déployée sur la plage de Villers-sur-mer (Calvados) depuis mai 2003. Celle-ci permet d'enregistrer en continue les facteurs dynamiques : houles, courants, marée, vent, nappe phréatique et de suivre l'évolution morphologique au moyen de levés DGPS et photographiques. Après 9 mois de fonctionnement, au cours de périodes d'agitation modérée à forte, la tendance à l'accrétion de la zone traitée est quatre fois supérieure à celle des zones non traitées.

Abstract

To determine the impacts of a dewatering system, a specific instrumentation has been deployed on the Villers-sur-mer's beach (French Channel Coast) since May 2003. Records of waves, currents, tide, wind, underground water oscillations have been obtained, and surveys with shore profiles by using DGPS and photographs to quantify beach changes. After 9 month running, during moderate and strong wave climates, the moderate accretion on the treated section is greater than on the others sections non treated.

1.Introduction

Le drainage de plage est une technique récemment utilisée pour stopper l'érosion des plages de sable. Son principe est de rabattre la nappe à l'intérieur de la plage au moyen d'un drain pour favoriser les processus d'infiltration dans la zone du swash, et ainsi renforcer l'accrétion. Cette technique appliquée sur plus de 30 sites dans le monde, (10% sont localisés dans des environnements macrotidaux) montre des résultats différents. La commune de Villers-sur-mer (Calvados) a souhaité s'équiper de ce système pour préserver sa plage contre une érosion lente mais continue. Pour tenir compte de l'environnement macrotidale du site villersois, une installation expérimentale à double drain a été mise en place au premier semestre 2003. Cette expérimentation fait l'objet d'un suivi afin de déterminer scientifiquement les impacts morpho-sédimentaires du drainage de plage en zone macrotidale.

Cet article décrit le site d'étude, et rappelle les processus hydro-sédimentaires du drainage de plage. L'installation expérimentale de Villers-sur-mer, et la méthodologie déployée pour le suivi

sont ensuite exposées. Enfin, après neuf mois de fonctionnement, la comparaison des évolutions entre la zone traitée et celles adjacentes non équipées du dispositif de drainage est présentée.

2.Présentation du site d'étude.

Située en partie orientale de la baie de Seine, la plage Mermoz orientée Nord-Nord-Est Sud-Sud-Ouest ($\sim 25^\circ$), connaît un abaissement continu des profils de plage malgré une batterie d'épis en maçonnerie longs de 130 à 170 mètres.

La zone de plage suivie comporte 3 sections séparées par des épis, une section Ouest longue de 190 mètres, une section centrale équipée du drainage de plage, longue de 323 mètres et une section Est longue de 360 mètres (figure 1). Les sections Ouest et centrale se composent d'un haut estran large de 50 à 70 mètres dont la pente varie de 7 à 10%, tandis que la section Est à un haut estran large de 120 à 140 mètres dont la pente est d'environ 4% (figure 3). Les moyens et bas estrans sont marqués par la présence de 2 à 3 séries de barres et de bâches dont la pente n'excède pas 4% (figure 3).

Une rupture de pente est présente entre les hauts et moyens estrans, matérialisée par un cordon de galets et de sables grossiers, ainsi que par la résurgence de la nappe phréatique. Son écoulement inonde le fond des bâches, entaille les barres et forme le long des épis de larges chenaux. Les sédiments de la haute plage sont moyens et hétérogènes avec des graviers, des galets et des débris coquilliers. Ils sont fins et relativement bien classés en bas de plage.

Le marnage, de 7,05 mètres par coefficient 95, classe la plage Mermoz parmi les environnements macrotidaux. Le cycle de la marée est dissymétrique avec un flot inférieur à 3 heures et un jusant supérieur à 7 heures. La durée de l'étale de pleine mer est supérieure à 2 heures et l'étale de basse mer est absente. Les courants de flots s'orientent à l'Est-Nord-Est alors que ceux du jusant se dirigent vers l'Ouest-Sud-Ouest. Leurs vitesses restent inférieures à 0,8m/s. Le littoral est exposé à toutes les houles de secteur nord avec une prédominance pour les houles de N-NW (plus de 70%). La hauteur significative annuelle est inférieure à 1 mètre, même si des houles de 3 mètres sont observées. Les périodes enregistrées ne sont qu'exceptionnellement supérieures à 7 secondes.

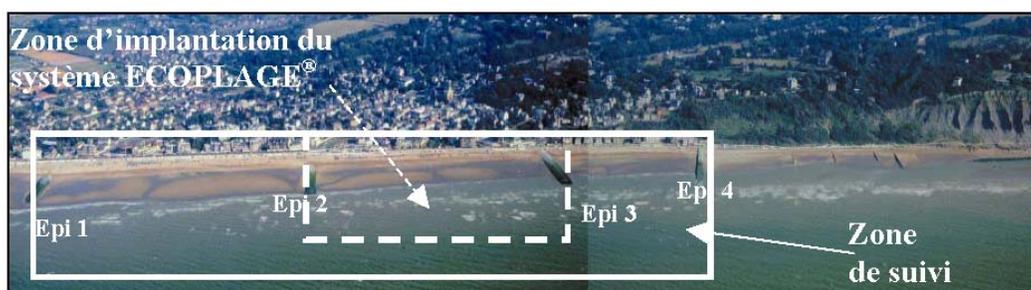


Figure 1: vue aérienne de la zone d'étude et de la zone traitée.

3.Présentation du drainage de plage et des processus impliqués.

Le procédé de drainage de plage développé par l'Institut Géotechnique Danois au début des années 1980 (Vesterby, 1987) se base sur le renforcement de l'infiltration de la lame de swash dans une plage dessaturée. Ainsi, l'accrétion se voit renforcée au dépend de l'érosion (Duncan,

1964, Waddell, 1976, Turner, 1993). Concrètement, un drain gravitaire installé parallèlement au trait de côte, crée un cône de dépression qui rabat la nappe plus profondément sous la plage. L'eau présente dans le drain s'écoule par gravité vers un puits de pompage via un collecteur.

Lorsque le niveau est suffisamment haut, des pompes se déclenchent pour évacuer l'eau. Celle-ci, filtrée par le sable peut servir à des activités de thalassothérapie (Chigazaki, Japon), ré-oxygéner l'eau de lagune (Thornsminde, Danemark), servir à des activités aquacoles (Hirtshals, Danemark) ou être rejetée en mer, si aucune utilisation n'est nécessaire (Les Sables d'Olonne, France).

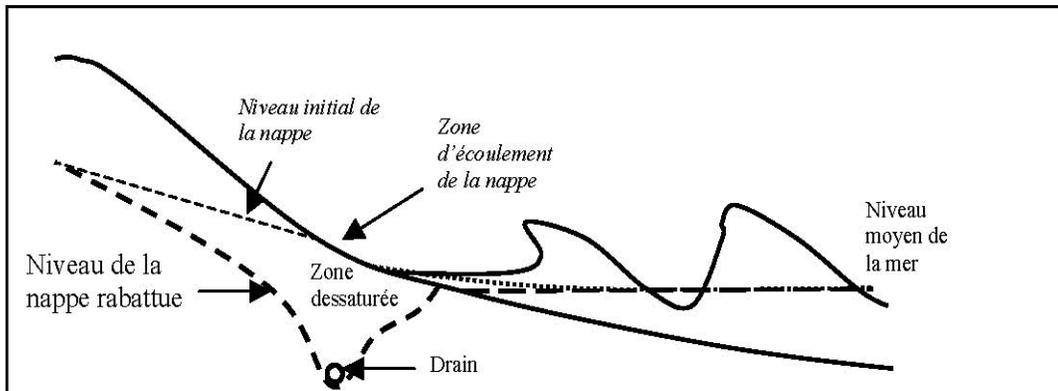


Figure 2: Schéma de principe d'une nappe rabattue par drainage de plage, vue en coupe (d'après Vesterby, 1987)

Ce procédé de drainage de plage, mondialement appelé Beach Management System[®] est commercialisé en France sous le nom ECOPLAGE[®]. Seuls 3 sites équipés sont situés dans des environnements macrotidaux : Newquay-Towan Bay, 1994 (Royaume-Uni), Les Sables d'Olonne (France), 1999 et 2002, Villers-sur-mer, 2003 (France).

4.L'installation expérimentale de Villers-sur-mer.

Les particularités morphologiques et marégraphiques de la plage Mermoz imposaient une installation différente de celles mises en place précédemment. Un double système de drains est installé sur la section centrale, l'un sur la haute plage (à environ 40 mètres devant la digue promenade à la cote IGN_{69} 0,60 m), l'autre sur la moyenne plage (à environ 70 mètres devant la digue promenade à la cote IGN_{69} -0,40 m). Chacun des drains, longs de 300 mètres, est relié à la station de pompage par son propre collecteur afin qu'il soit indépendant l'un de l'autre et puisse être régulé suivant la hauteur de la marée (figure 3 et 4). Le puits de pompage situé juste devant la digue promenade à une section de 4m² et une profondeur de 7 mètres. Deux pompes immergées de 300m³/h refoulent les eaux collectées depuis le puits de pompage vers un émissaire de rejet des eaux pluviales distant de 850 mètres. Les travaux sur la plage ont eu lieu de janvier à mars 2003 et la mise en route en automatique a été effectuée le 7 mai 2003.

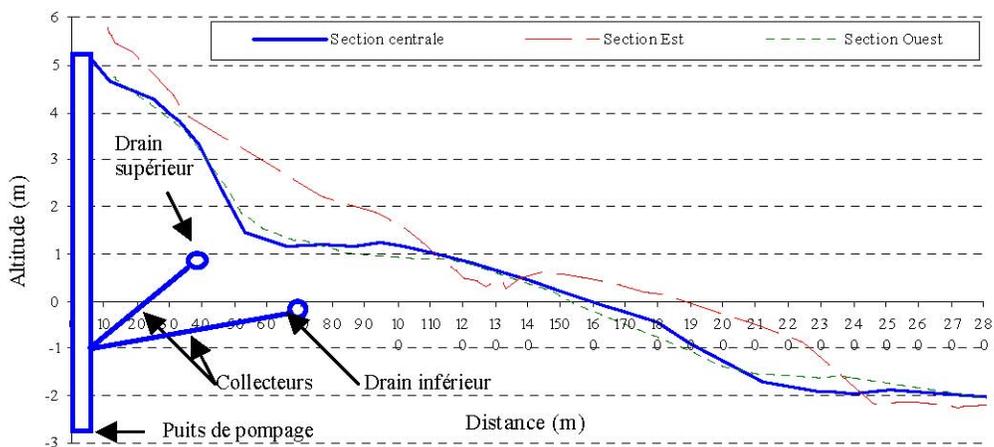


Figure 3 : Profils moyens des sections Ouest, Est et centrale ainsi qu'une vue en coupe des installations du système de drainage.

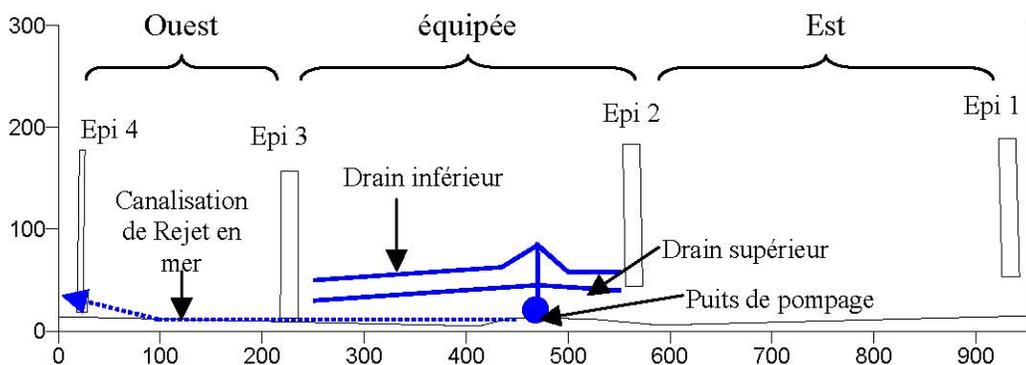


Figure 4: Vue en plan de l'installation du système ECOPLAGE® de Villers-sur-mer.

5.Méthodes et moyens déployés pour le suivi.

Pour déterminer scientifiquement les impacts provoqués par le drainage de plage, un enregistrement des facteurs dynamiques est réalisé en parallèlement d'un suivi de l'évolution morpho-sédimentaire du site.

5.1.L'enregistrement en continu des facteurs dynamiques

Un anémomètre à coupoles, une girouette et un capteur de pression, installés sur le poste de secours de la plage Mermoz enregistrent en continu les variations barométriques et les conditions de vent. Le niveau du plan d'eau est enregistré par un marégraphe de type Mors avec une valeur moyenne toutes les 15 minutes.

Les conditions hydrodynamiques, houles directionelles, courants orbitaux et courants moyens, sont enregistrés à partir d'un capteur de pression couplé à un courantomètre électromagnétique de type S4DW (InterOcéan).

La fréquence d'enregistrement est de 2hz avec une acquisition par burst de 18 minutes toutes les 60 minutes.

Deux piézomètres automatiques reliés à un enregistreur, relèvent toutes les 20 secondes les variations de la nappe le long d'un profil de plage sur la section traitée.

5.2.L'évolution morpho-sédimentaire

La topographie de l'ensemble de la zone étudiée est relevée mensuellement lors des marées de vives-eaux, au moyen d'un DGPS à différence de phases (DGPS TRIMBLE 4400 et 4700). Ces relevés d'environ 5000 points permettent de produire des Modèles Numériques de Terrains comparables entre eux. Neuf profils de plage (3 profils dans chacune des sections comprises entre les épis) sont également relevés, soit au tachéomètre, soit au DGPS, en mode « Stop&Go ». Aux relevés mensuels viennent s'ajouter des relevés de « suivis de tempête » sur plusieurs jours consécutifs. Ces relevés journaliers permettent de relativiser les évolutions mensuelles.

Chaque mois, lors des relevés, 30 échantillons de sédiments sont prélevés sur le haut, moyen et bas estran de l'ensemble de la zone d'étude le long de 10 profils. Leur analyse granulométrique permet de suivre les éventuelles modifications de faciès.

5.3.Le suivi photographique

Un suivi photographique est assuré par une webcam recomposant un panorama de la zone d'étude à chaque marée basse diurne. Des photographies aériennes au moyen d'un drone et des photographies ponctuelles pour illustrer des phases bien précises de l'évolution morpho-sédimentaire sont également réalisées.

6.Résultats comparés des mesures.

Après 9 mois de fonctionnement en automatique du système de drainage de plage, deux types de résultats apparaissent. Les premiers, visuels, concernent des modifications morphologiques et hydrologiques notables sur la zone traitée. Les seconds, d'ordre numérique, précisent l'impact du drainage sur la dynamique sédimentaire du site.

6.1.Les résultats visuels des modifications morphologiques et hydrologiques.

Tout d'abord, la nappe rabattue par le système de drainage de plage provoque un assèchement relatif visible sur la haute et moyenne plage ainsi que dans les chenaux d'écoulement qui entaillent la première barre. L'assèchement du moyen estran révèle une zone de plage dessaturée qui s'étend désormais vers la basse plage. Sur les zones adjacentes, la résurgence de la nappe se situe toujours entre 30 et 70 mètres devant la digue promenade et continue de créer sur le moyen et bas estran une zone de plage saturée.

Ensuite, Les mécanismes de déstabilisation et de recul de la haute plage semblent minimisés par la réduction des suintements à sa base.

Enfin, l'absence d'écoulement superficiel de la nappe dans les bâches et chenaux diminue l'énergie potentielle d'entraînement et de transport des sédiments lors du jusant.

6.2. Les résultats numériques de l'impact du drainage sur la dynamique sédimentaire.

Les Modèles Numériques de Terrain sont traités avec le logiciel Surfer. Les sections de plage (Ouest, centrale et Est) sont extraites pour constituer des espaces délimités par les épis et par deux lignes virtuelles situées l'une, en haut de plage à 25 mètres de la digue promenade, l'autre en bas de plage à 265 mètres (Le nettoyage mécanique quasi-quotidien de la haute plage impose la limite haute, celle du bas est définie par la surface commune à tous les MNT).

Les volumes sont ensuite calculés par la méthode des trapèzes, et leur évolution rapportée à la surface. L'ensemble des relevés est comparé à celui du 15/05/2004, date du premier relevé après la mise en route du système de drainage (Figure 6).

Deux périodes se différencient : une première période de mai à fin août 2003 et une seconde de septembre 2003 à janvier 2004.

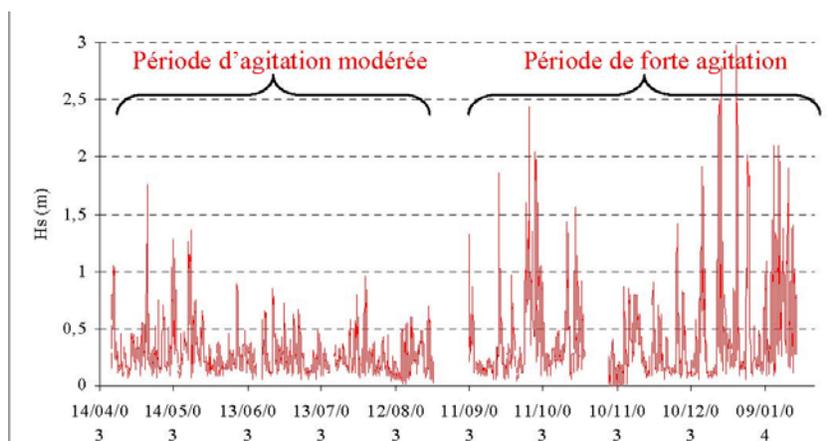


Figure 5 : Houles enregistrées entre le 18/04/2003 et le 21/01/2004 au moyen d'un capteur S4DW

La première période, de mai à août 2003, est marquée par une agitation modérée (H_s moy = 0,29 mètre) et de très rares houles supérieures à 1,0 mètre (Figure 5). Les sections Ouest et Est évoluent de façon identique alternant érosion et accrétion donnant une élévation moyenne pour la zone Ouest de 0,02 mètre et de 0,01 mètre pour la zone Est (Figure 6). La zone traitée a enregistré des phases d'érosion et d'accumulation différentes et dans de moindres proportions. L'élévation sur cette période est de 0,03 mètre.

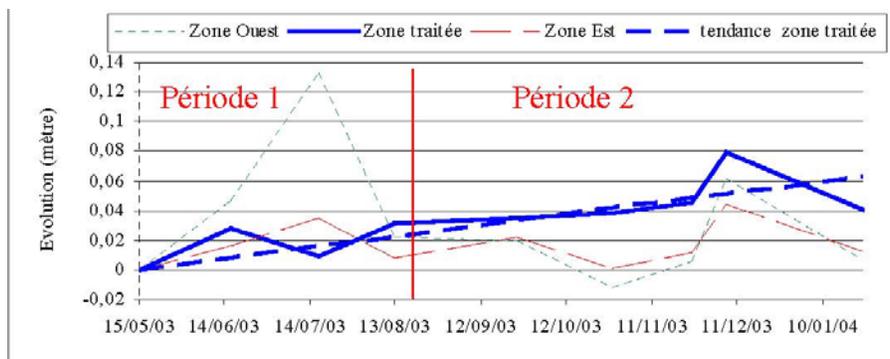


Figure 6 : Evolution des sections suivies : Ouest, centrale et Est, selon les Modèles Numériques de Terrains relevés entre le 23/01/2003 et le 24/01/2004, comparés au relevé du 15/05/2003, ainsi que la tendance de la zone traitée.

La seconde période, de septembre 2003 à janvier 2004, est marquée par une agitation plus forte (H_s moy = 0,46 mètre) avec de nombreuses houles supérieures à 1,0 mètre, atteignant parfois 3,0 mètres (Figure 5). La période allant du 14/12/2003 au 21/01/2004 connaît un surcroît d'énergie développée par des houles ayant une hauteur significative moyenne de 0,60 mètre.

Les sections Ouest et Est sont soumises alternativement à des phases d'érosion et d'accrétion approximativement identiques avec néanmoins, pour la section Ouest, des fluctuations plus importantes. L'évolution pour l'Ouest est une diminution de l'accrétion de 0,015 mètre alors qu'une accrétion de 0,004 mètre est enregistrée pour l'Est. La zone traitée connaît, de septembre 2003 à décembre 2003, une phase d'accrétion croissante, puis une phase d'érosion de décembre 2003 à janvier 2004. La résultante pour cette seconde période est une accrétion de 0,01 m.

Entre mai 2003 et janvier 2004, la zone traitée a donc connue une élévation moyenne de 0,04 mètre, tandis que les zones Ouest et Est ont une résultante moyenne sur les deux zones de $0,01 \times 10^{-3}$ mètre. Pour la zone traitée la moyenne quadratique des écarts à la tendance est de 14×10^{-3} mètre, tandis que pour les sections Ouest et Est elles sont respectivement de 48×10^{-3} mètre et 15×10^{-3} mètre.

Une tendance semble se dessiner par ailleurs sur la section traitée avec une accrétion moyenne de 0,8 cm /mois. Sur les autres sections, l'évolution altimétrique moyenne de la plage montre une alternance de phases d'érosion et d'accrétion ne permettant pas de mettre en évidence une réelle tendance évolutive.

7. Conclusion

L'objectif de cette étude est d'évaluer les impacts morpho-sédimentaires du système de drainage sur la section centrale de la plage de Villers-sur-mer située en environnement macrotidale. Le rabattement de la nappe phréatique provoque l'assèchement de la haute et moyenne plage, des modifications morphologiques positives sur la stabilisation du profil de haute plage et une probable réduction du transport sédimentaire vers le large par les écoulements dans les chenaux.

L'analyse des MNT permet d'évaluer les variations de volumes de chacune des sections de plage suivies avec et sans drain. Depuis la mise en service du dispositif de drainage, la tendance à l'accrétion de la zone traitée est 4 fois supérieure à celle des sections Ouest et Est, non équipée du dispositif ECOPLAGE[®].

Ces tendances devront être confirmées sur une période plus longue, et complétées par une analyse plus fine des variations morpho-sédimentaires le long des profils de plage dans chaque section étudiée.

8. Références

1. Baird, A.J. Horn, D.P. (1996) - Monitoring and modelling groundwater behaviour in sandy beaches. *Journal of Coastal Research* 12(3), pp 630-640.
2. Bruun, P. (1989) - The coastal drain: What can it do or not do? *Journal of Coastal research*, 5 (1), pp123-125.
3. Butt, T. Russel, P. (2000) - Hydrodynamics and cross-shore sediment transport in the swash zone of natural beaches: a review. *Journal of coastal reaserch*. 16 (2) pp255-268.
4. Curtis, W.R. Davis J.E. (1998) Field Evaluation/Demonstration of a Multisegmented Dewatering System for Accreting Beach Sand in a High-Wave-Energy environment.

Construction Productivity advancement research (CPAR) program. Report from US Army Corps of Engineers Waterways Experiment Station.

5.Duncan, J.R. (1964) - The effect of water table and tide cycle on swash-backwash, sediment distribution, and beach profile development: *Marine geol.*, 2, pp186-197.

6.Elfrink, B. Baldock, T. E. (2002) - Hydrodynamics and sediment transport in the swash zone: A review and perspectives. *Coastal Engineering*, 45, pp149-167.

7.Levoy, F., Anthony, E.J., Monfort, O., and Larsonneur, C. (2000) - The morphodynamics of megatidal beaches in Normandy, France. *Marine Geology*, 171, pp39-59.

8.Li, L., Barry, D.A., Pattiaratchi, C.B. Masselink, G. (2002) - BeachWin: modelling groundwater effects on swash sediment transport and beach profile changes. *Environmental Modelling and Software*, 17(3), pp313-320, ED 1376.

9.Nielsen P. (1997) - Coastal groundwater dynamics. *Coastal dynamics*. pp546-555.

10.Turner I. (1993) - Water table outcropping on macrotidale beaches: A simulation model. *Marine Geology*, 115, pp227-238

11.Turner, I. Leatherman S.P. (1997) - Beach dewatering as a soft engineering solution to coastal erosion - a history and critical review, *Journal of Coastal Research* 13 (4), pp1050-1063.

12.Vesterby, H. (1987) - "Method of Causing Sedimentation of Solid Material Transported in a body of water such as a lake, a sea, or an Ocean". Letters of Patent.

13.Waddel, E. (1976) - Swash – groundwater - beach profile interactions. *Soc. Econ. Paleontol. Mineral., Spec.Publ.*, n°24 pp115-125.