

Le drainage de plage : une méthode douce de stabilisation d'un littoral meuble -Etude de cas aux Sables d'Olonne (Vendée).

Paul FATTAL¹, Patrice WALKER²

¹ Geolittomer – LETG – UMR 6554 du CNRS, IGARUN, chemin de la Censive
du Tertre BP 81227 – 44312 Nantes Cedex 3

paul.fattal@univ-nantes.fr

¹ Créocéan – La Rochelle - rue Chef de Baie 17000 LA ROCHELLE
walker@creocean.fr

Résumé

Face au risque d'érosion, la politique de défense contre la mer propose deux alternatives : la première met en œuvre une méthode de protection « dure » avec la réalisation d'ouvrages, alors que la seconde plus « douce » et plus récente propose des techniques comme le rechargement ou le drainage de la plage.

Cette dernière méthode a été choisie par la commune des Sables d'Olonne (Vendée) qui a mis en place, en 1999, le procédé ECOPLAGE[®] afin de réduire l'érosion constatée sur sa plage.

Le présent article fait la synthèse de six années de suivi morpho-sédimentaire destiné à évaluer l'efficacité de ce système.

Abstract

In order to protect the beach from the risk of erosion, beach defence policy offers two options: the first option involves “hard” protection techniques with the building of walls and barriers. The second option is more recent and “softer”: it involves techniques such as beach nourishment or beach drainage.

The town of *Les Sables d'Olonne*, in the *Vendée Département* on the Atlantic coast, opted for beach drainage and in 1999, had the *Ecoplage*[®] system installed in order to reduce the process of erosion observed on the beach.

This article sums up six years of morpho-sedimentary monitoring aimed at assessing the efficiency of the *Ecoplage*[®] system.

Mots clés : Ecoplage, Drainage, Erosion, Bilans sédimentaires.

1 Introduction

L'aléa érosion touche 35% des littoraux français. Dans les Pays de la Loire, sur les 368 km de côte 45% du linéaire est constitué de plages dont 47,7% sont en érosion (MATE, 1997). La plage des Sables d'Olonne fait partie de ces plages et elle aurait perdu près de 100 000 m³ de sédiments en 100 ans (divers sources).

L'érosion qui est due à des phénomènes naturels, peut être amplifiée par les activités humaines comme l'artificialisation du trait de côte. Pour pallier ces érosions, la commune des Sables d'Olonne a choisi une méthode douce qui consiste à mettre en place un système de drainage de la plage. Cette alternative au *Beach nourishment* ou rechargement, permet de garder le sédiment sur la plage en limitant les effets de la nappe de retrait (VESTERBY, 1994).

Le présent article fait la synthèse de plus de six années de suivi morpho-sédimentaire destiné à évaluer l'efficacité de ce système.

2 Le drainage de plage : contexte et principes

2.1 Le procédé Ecoplage[®] : une alternative douce

Les toutes premières expérimentations sur la perméabilité de la plage et la dynamique de la nappe remontent aux années 1940 (BAGNOLD, 1966). En 1981, alors que le *Danish Geotechnical Institute* (DGI) installe un drain sous la plage de Hirtshals (Danemark) pour approvisionner en eau de mer un centre de la mer, des dépôts de sable sont observés au droit du drain. Les scientifiques de l'Institut pensent que la quantité d'eau captée réduit les courants de reflux et les mouvements de *backwash*, favorisant ainsi l'engraissement de la plage. Le système est d'abord installé sur le littoral danois, puis proposé ailleurs dans le monde avec des degrés de réussite variables (COUTON, 1997 *in* FATTAL & PACAUD, 2005). Les résultats de ces différentes expérimentations sont malheureusement souvent partiels et les données quantifiées rares. En France, en avril 1999, le procédé Ecoplage[®] est installé pour une première expérimentation française sur la plage des Sables d'Olonne. Un suivi topographique est réalisé au rythme d'un minimum de deux campagnes par an (avec une interruption entre 2005 et 2007 pour des raisons contractuelles). Depuis, d'autres expérimentations et campagnes de mesures ont été réalisées, en Méditerranée (à Saint Raphaël et Sainte Maxime) et en Normandie (Villers-sur-Mer) (MER & LITTORAL, 2006).

2.2 Le contexte de la plage des Sables d'Olonne

2.2.1 La plage et les conditions de mer

La plage des Sables d'Olonne, aménagée depuis le XI^e siècle, est orientée au sud, et elle s'étend sur une superficie de 40 ha, au pied du remblai actuel. Le développement de la station balnéaire a entraîné l'urbanisation du front de mer et

la disparition de la dune bordière par la construction du remblai. Cette plage de fond de baie, enserrée entre la jetée du port à l'Ouest et un platier rocheux à l'Est, a un tracé en arc de cercle de 1 300 m et 70° d'ouverture. L'estran large de 250 à 290 mètres a une pente très faible (moyenne de 2,1%), plus marquée à l'ouest qu'à l'est. Le sable fin à très fin domine (Dmoy 0,18 mm) et au voisinage de la jetée, les sédiments deviennent progressivement plus grossiers (Dmoy > 0,3mm), laissant place à des graviers et galets au pied de l'ouvrage. À pleine mer, par des coefficients de marée de 70 et plus (4,4 m de marnage en vive-eau), la majeure partie de la plage et de ce qui reste du haut de plage est submergée et les vagues viennent battre le pied du remblai. La surface centrale est parcourue par des rides et de petites cuvettes de stagnation de l'eau (bâche). Lorsque la plage est érodée, la nappe phréatique littorale inonde à basse mer de vastes superficies.

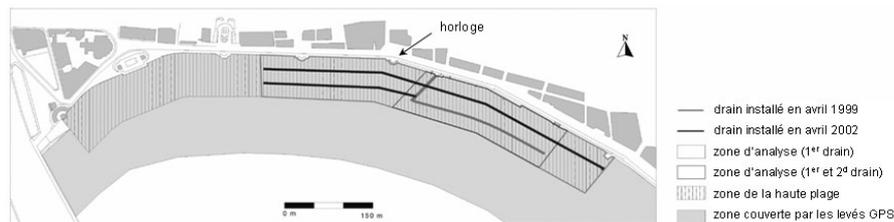


Fig.1. Carte de localisation et position des drains sur la plage

L'analyse statistique des conditions hydrométéorologiques du secteur montre une dominance des vents d'ouest (1951-2005 à l'île d'Yeu). D'orientation comprise entre 230 et 340°, pendant 35% à 50% du temps, principalement de mai à décembre (FATTAL & PACAUD, 2005), les vitesses sont inférieures à 7 m/s pendant 71% du temps, et entre 8 et 17 m/s pendant 28% du temps. Les houles dont les périodes sont généralement comprises entre 6 et 10 secondes dans le secteur, empruntent 3 types de directions : ouest à nord-ouest pour 37% du temps, ouest pour 26% et sud-ouest pour 14% (CHAUVEAU, 1973). Ces deux dernières sont les plus érosives (COUTON, 1997 *in* FATTAL & PACAUD, 2005). Les données sur les hauteurs des houles varient selon les auteurs. COUTON (1997, *in* FATTAL & PACAUD, 2005) indique des houles qui seraient au large inférieures à 1,25 m pendant 40% du temps (contre 65% pour le CETMEF et Météo France) et comprises entre 1,25 et 2,5 m pendant 50% du temps (20% pour le CETMEF...). Pour les 10% restants, celles-ci seraient supérieures à 2,5 m. Enfin, le courant côtier provoqué par la marée a ici une direction nord-est à marée montante, et une direction sud-sud-est à marée descendante, avec des vitesses

inférieures à 0,15-0,20 m/s. La vitesse maximale du courant combinée à celle de la houle est inférieure à 0,5 m/s (SHOM).

2.2.2 Caractéristiques géologiques de la zone drainée et géométrie du dispositif

La pose des drains aux Sables d'Olonne s'est déroulée en deux temps (fig.1). Une première phase a permis l'installation d'un premier drain qui s'étend sur 300 m, situé à 70 m du remblai, au droit de l'horloge et posé à une profondeur de 2 m CM (avril 1999). Le second, posé en avril 2002 est double, avec un premier drain de 300 m situé à 60 m du remblai, dans le quasi prolongement du drain de 1999. L'autre, d'une longueur de 700 m est situé à 30 m du remblai (afin de favoriser l'accumulation des sédiments au plus près de l'ouvrage). Lors de l'étude de faisabilité du système, réalisée en 1997, dix forages de reconnaissance géologique ont été effectués avec pour trois d'entre eux un équipement piézométrique. Les coupes lithologiques montrent que le sable fin bien trié est sur une épaisseur de 0,5 à 0,6 mètre par rapport au terrain naturel. À l'Ouest de la section de plage choisie pour le premier drain, il a été observé, en profondeur, une couche de sable argileux (profondeur max. de 1,70 m CM – épaisseur de 0,5 à 0,9 m) ainsi qu'un horizon de tourbe noire (profondeur max. de 1,34 m CM). Ces couches, ainsi que le niveau élevé de la nappe (le niveau dépasse largement la ligne de marée pendant 50% du cycle des marées) confèrent à une zone située à l'Est un aspect mouillé. Les essais de pompage qui ont été effectués, ont confirmé un coefficient de perméabilité $k = 1-1,5 \times 10^4$ m/s, qui permet un fonctionnement correct mais « réduit » du système Ecoplage® (VESTERBY et *al.*, 2000). Toutefois, afin d'assurer un meilleur drainage, les concepteurs ont décidé de mettre en place dans la couche argileuse des sillons drainants, remplis de sable, disposés parallèlement au drain principal et destinés à faire converger l'eau vers ce drain.

Selon le concepteur du procédé, VESTERBY (et *al.*, 2000), le système doit entraîner une stabilisation avec un nouveau profil de plage dont le point de rupture de pente en haut de plage sera repoussé vers la mer (DGI, 1997). Il affirme qu'il y aura, à terme, une accrétion en haut de plage et estime que la largeur sera augmentée de 10 m à marée haute. Enfin, il considère qu'à marée basse, la plage sèche du front de plage augmentera aussi de 20 à 30 m.

3 Matériels et méthodes

La reconnaissance bathymétrique ainsi que celle par sonar à balayage latéral a été réalisée en décembre 2001 à l'aide d'un équipement de marque DOWTY, type WIDESCAN 2. Les profils espacés au plus de 150 m permettent de garantir une couverture continue de l'ensemble de la rade avec une portée latérale de 100 m de part et d'autre du poisson remorqué. La fréquence d'émission acoustique est de

100 kHz. La nature des faciès acoustiques a été déterminée par des prélèvements d'échantillons de sédiments, effectués à la benne Van Veen, en 23 stations choisies après une première interprétation des sonogrammes. Le suivi topographique a été réalisé avec un GPS différentiel mono-fréquence, puis bi-fréquence de marque DASSAULT-SERCEL et TRIMBLE, type 5700. Le rythme des levés topographiques (approximativement 3 200 points à chaque campagne) du domaine intertidal est de deux par an, en avril après la période hivernale et en septembre en fin de période estivale. Toutes les données recueillies en X, Y, Z, sont filtrées puis ensuite interpolés par la méthode de krigeage. Les grilles d'interpolation sont utilisées pour créer des cartes en courbes de niveau du 3D, mais aussi pour calculer des bilans volumétriques.

4 Résultats

4.1 La rade et la plage des Sables d'Olonne : une cellule sédimentaire fermée

4.1.1 Le domaine subtidal entre 0 et 15 m de profondeur

Les sondages au sonar à balayage latéral révèlent deux faciès principaux : des sables fins, qui recouvrent les plus vastes surfaces, et des fonds rocheux (fig.2). Ces derniers forment un massif homogène qui ferme la baie. L'énergie des houles ne peut emprunter que trois passages étroits. Ces chenaux, situés à quelques mètres en contrebas des reliefs rocheux, sont tapissés de sables grossiers dont la surface est modelée par des mégarides (fig.2). Les fonds de la rade et l'avant-plage des Sables d'Olonne sont caractérisés par la présence de sable fin et de quelques dépôts grossiers allongés en direction du chenal de la Rochepie ou de la plage de Tanchette. Les courbes granulométriques des sables déposés dans la dépression au Nord-Est de la ligne rocheuse sont très comparables à celles des sables de la grande plage. La présence de rides de longueur d'onde métrique, le plus souvent parallèles à la côte et constituées dans du sable grossier, permet d'affirmer que ces constructions sont liées à la dynamique des houles qui mobilise régulièrement jusqu'à 10 à 13 m CM de profondeur les sables moyens pour les entraîner vers les zones plus abritées. Par ailleurs, l'orientation des perpendiculaires aux crêtes de rides diverge en forme d'éventail avec un centre de pivotement placé approximativement dans le chenal séparant le Noura du Nouch ce qui s'apparente parfaitement à la réfraction progressive des vagues dans le secteur. L'analyse des indices dynamiques observés au sonar permet de proposer un schéma de circulation des sables fins à moyens (flèches, fig.2). Les quelques apports susceptibles de provenir du large se dirigent vers l'embouchure du chenal, ce qui est en accord avec la formation régulière d'une accumulation sur ce site, qui oblige à draguer la voie d'accès au port.



Fig.2. Formes sédimentaires et transports (source : Créocéan, 2002)

4.1.2 Modélisation des transports éoliens sur la haute plage

Le transport de sable sous l'action du vent, a été calculé pour le haut de plage, car depuis l'installation du système, la plage est plus sèche. Trois années complètes (1998-2001) de mesures de vent, précipitations et température, ont été prises en compte (105 000 données). Le calcul du transport sédimentaire s'appuie sur la formule classique de Bagnold, mise au point dans sa forme par THOMAS (& ZBIDDEN, 1989), pour les plages du littoral atlantique. L'humidité est prise en compte en cas de précipitations pluvieuses. L'ensemble des paramètres météorologiques conduit à établir une rose des transports éoliens potentiels (exprimée en $m^3/ml/an$), sur des sables exondés de 0,2 mm de granulométrie moyenne. L'analyse des flux sableux potentiels met en évidence une influence majeure des déplacements de sable entre le nord et l'est-nord-est. Une deuxième phase de calcul a pris en compte la morphologie de la plage en introduisant l'hypothèse d'un déplacement des sables secs sur la seule partie de la plage exondée à pleine-mer. Des compartiments d'orientation homogène (9 en tout) ont été déterminés. La longueur de chaque compartiment est mesurée parallèlement au rivage et considérée comme constante, alors que la largeur varie en fonction de la hauteur de marée et de la pente de la plage. Les volumes de sables déplacés entre les différents compartiments sont ensuite calculés sur l'ensemble de la période de mesure. Le remblai et la digue du chenal ont été considérés comme imperméables. Le résultat révèle, un bilan positif de transport des sables du bas vers le haut de la plage et un apport de près de $5\ 000\ m^3$ en trois ans. Les remontées les plus importantes ont été localisées au centre de la plage, au droit du drain. Par contre, les volumes transportés latéralement sont faibles, du fait de la largeur étroite de la partie exondée.

4.2 Evolution topographique de la plage depuis l'installation des drains

4.2.1 Tendances à la stabilisation

Depuis 1976, deux fois par an, des profils transversaux à la plage sont réalisés (Direction Départementale de l'Équipement au niveau de chantier) complétés par

des campagnes de levés à la station complète NIKON (pour 10 profils) ainsi qu’au GPS sur l’ensemble de la plage (depuis 1998) (FATTAL & PACAUD, 2005).

L’analyse des profils, puis des volumes d’érosion et d’accrétion fournis à l’aide des données GPS pour la période considérée montre des variabilités saisonnières, annuelles et de moyen terme. À l’échelle des saisons, il existe des phases d’engraissement et de démaigrissement de la plage. Généralement, c’est en été que l’on observe des accumulations ainsi que la migration du sable vers la haute plage, alors qu’en hiver, avec les vagues destructrices, les sédiments sont transférés vers le bas estran. L’analyse comparée des profils d’avril et de septembre montre nettement, depuis 1999, les dépôts estivaux au pied de la digue. Le gain moyen est de l’ordre de 12 000 m³ (moyenne des gains par année entre 1999 et 2005) et le volume gagné sur la zone Ecoplage[®] semble plus significatif qu’ailleurs. À l’inverse, de l’été à l’hiver, il y a généralement perte de sédiments et semble t-il, plus dans la zone Ecoplage[®]. Toutefois, le schéma mérite d’être nuancé et toute la plage n’a, en réalité, pas le même comportement. L’exhaussement d’été est plus marqué dans la partie centrale, dans la zone des drains, et à l’est de la plage. Ces observations sont à mettre en relation avec les transports sédimentaires observés par petit fond. Les variabilités annuelles dépendent, quant à elles, essentiellement des conditions météorologiques qui ont dominé au cours de l’année. Ainsi, les années 1999, 2000, 2002 et 2003 particulièrement agitées, ont provoqué des érosions. Ainsi, entre septembre 2002 et septembre 2003, la plage a perdu 10 089 m³. En revanche, les successions de périodes clémentes, comme c’est le cas depuis 2003, ont favorisé la sédimentation de 9 900 m³ entre septembre 2003 et septembre 2004 et de 8 527 m³ entre septembre 2004 et septembre 2005. De même, la comparaison d’un hiver sur l’autre confirme aussi ces gains pour la période « calme ». Sur les profils, les dépôts en haute plage sont de l’ordre de 0,5m.

Tableau 1. Tendances sur le moyen terme.

Période	Bilan plage (m ³)	Surface		Bilan zone drainée (m ³)	Surface	
		(m ²)	cm ³ /m ²		(m ²)	cm ³ /m ²
avril 1999/avril 2003	-8 171	220 030	-3,7	-4 731	71 952	-6,6
avril 1999/avril 2004	1 174	238 058	0,5	705	71 955	1
avril 1999/juin 2005	21 626	191 952	11,3	9 479	71 753	13,2

Enfin, l’analyse des résultats sur le moyen terme, montre des phases d’érosion et de sédimentation. Les tempêtes qui ont affecté la zone entre avril 1999 et avril 2003 expliquent des pertes de 8 171m³ (tableau 1). En revanche, entre avril 1999

et avril 2004, les gains sont d'abord faibles ($1\,174\text{m}^3$) et deviennent beaucoup plus importants entre avril 1999 et juin 2005 ($21\,626\text{m}^3$).

Un autre facteur vient conforter l'analyse de la stabilisation. En effet, pour trois profils réalisés à la station complète NIKON, la largeur des fuseaux de variations ont été évalués pour les périodes antérieures et postérieures à la pose des drains (FATTAL ET PACAUD, 2005). Dans les deux cas retenus, le fuseau qui est de 1 mètre pour la période antérieure à la mise en place des drains (ce qui signifie $75\,000\text{m}^3$ mobilisables), est depuis Ecoplage[®] réduit de moitié, malgré les tempêtes de 1999 (PACAUD, 2000).

Pour la période comprise entre avril 1999 et juin 2005, les profils transversaux situés autour des drains, montrent des gains systématiques en haute plage ainsi qu'une rupture de pente entre haute plage et haut estran qui s'est décalée de plus de 10 mètres vers la mer. La rupture de pente décalée a aussi été observée sur les profils fournis par la DDE. Elle est de l'ordre de 15 mètres.

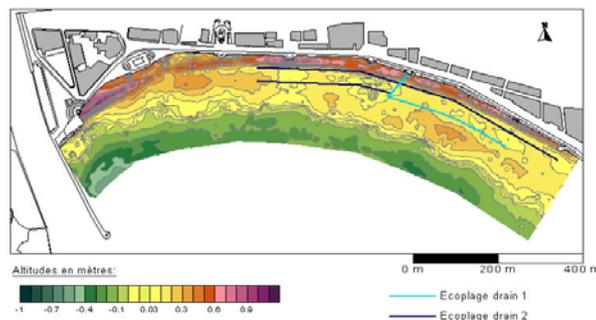


Fig. 3. Carte des cubatures entre avril 1999 et septembre 2005

4.2.2 Un assèchement patent

Depuis son fonctionnement, le système Ecoplage[®] a visiblement eu des effets sur la nappe phréatique présente sous la plage. À marée basse, les grandes nappes d'eau d'estran disparaissent au fur et à mesure que la marée descend. Ceci est confirmé par des photographies prises à intervalles de vingt minutes qui révèlent un net assèchement pendant le fonctionnement du système. L'assèchement est aussi confirmé par l'analyse des teneurs en eau des échantillons prélevés à la verticale du drain et à 30 m de part et d'autre de ce dernier. Sur une dizaine de profils transversaux, les résultats sont significatifs et les teneurs en eau des sédiments chutent de 50% au lieu des drains (PACAUD, 2000).

5 Discussion

Le résultat des calculs d'EHRHOLD (1999) dépend de la répartition spatiale des points de prélèvements et du rayon de recherche des points voisins pris en compte.

La maille adoptée a été de 250 m et le rayon de recherche de 500 m afin d'obtenir une bonne cohérence spatiale entre le domaine du large et la zone de la plage. Les conditions limites au modèle ont été définies et les vecteurs transports n'ont pas été calculés pour les prélèvements en bordure de zone (GAO ET COLLINS, 1992). Toutefois ceux-ci ont été utilisés pour des vecteurs de tendance. Tous les transports observés traduisent une situation observée pendant la campagne. La même analyse en fin d'hiver aurait pu conduire à un autre résultat.

Les volumes de déblais et de remblais issus des levés topographiques dépendent de la précision de la mesure du GPS. Rapportée à l'ensemble de la plage, la marge d'erreur (1 à 3 cm) peut aller jusqu'à 6 700 m³ (volume maximal).

Un autre argument doit lui aussi être pris en compte dans l'analyse. Il s'agit du dragage du chenal du port. Entre 1976, et 1990, le chenal a été approfondi par des dragages allant de la cote -2 CM, à la cote -3 CM. Depuis, généralement tous les quatre ans, le chenal est entretenu (14 000 m³ en moyenne) et les produits de dragages sont clapés au large, ce qui représente une perte sèche pour la baie. En 2002, les déblais (16 600 m³) issus du dragage, ont été clapés sur l'avant-côte. L'analyse granulométrique des sédiments a montré que les fines ne représentent qu'entre 10 et 35% de la masse du sédiment et que le reste est du sable fin, identique à celui de la plage. Au total, c'est plus de 12 000 m³ de sédiments qui ont alimenté la cellule, c'est-à-dire relativement près de la moitié des gains obtenus entre avril 1999 et juin 2005.

6 Conclusion

La rade des Sables d'Olonne forme un domaine relativement bien clos. Les sédiments meubles fins, bien triés, se déplacent le plus souvent perpendiculairement au rivage par l'action des houles. Si l'on prend les volumes déposés à l'entrée du chenal d'accès au port, on peut considérer que les volumes entrants dans la baie sont supérieurs à 5 000 m³/an, alors que la fuite de sédiments (hors dragages) est limitée. La cellule sédimentaire est globalement en équilibre et l'appauvrissement centennal de 100 000 m³ ne semble pas être établi de manière précise. Dans ce contexte général, le procédé Ecoplage[®] apporte une réponse satisfaisante, moins marquée pour la période allant de 1999 à 2003, et plus nette depuis. En effet, après la mise en place du second drain et depuis 2003, après une période favorable, le platier est recouvert de sable, la plage est stabilisée, le point de rupture de pente a été repoussé d'une dizaine de mètres vers la mer et la largeur de la plage à marée haute a augmenté d'au moins 10 m. Enfin l'assèchement de la partie drainée est net. En ce qui concerne l'accrétion en haute plage prévue par VESTERBY (et *al.*, 2000), elle apparaît généralement en fin de période estivale

pour disparaître en fin de période hivernale. Elle n'est pas flagrante pour la période 1999-2003, elle l'est plus depuis. Cette tendance à la sédimentation ne pourra être véritablement confirmée qu'après le passage de nouvelles tempêtes.

Références bibliographiques

- 1 BAGNOLD, R.A. (1966). *An approach of sediment transport model from general physics*. US Geol. Survey Prof. Paper., 422-I,
- 2 CHAUVEAU, M. (1973). *Essai de bilan sédimentologique de la baie des Sables d'Olonne*. Thèse de 3^{ème} cycle en géologie appliquée, Faculté des Sciences et techniques de l'université de Nantes, 98 p.
- 3 CREOCEAN (2002). *Etude sédimentologique de la grande plage*, Rapport d'Etude. DDE de la Vendée, 59 p.
- 4 DANISH GEOTECHNICAL INSTITUTE (1997). *Etude de faisabilité*. Rapport n°2 du 08/08/97. DDE Vendée.
- 5 EHRHOLD (1999). *Dynamique de comblement d'un bassin sédimentaire soumis à un régime mégalidal : exemple de la baie du Mont Saint-Michel*, thèse, Université de Caen, 271p.
- 6 FATTAL, P., PACAUD S. (2005). *Rapport de synthèse du procédé Ecoplage sur la plage des Sables d'Olonne*, Ville des Sables d'Olonne 20 p. (hors annexes).
- 7 GAO S., COLLINS M. (1992) *Net sediment transport patterns inferred from grain-size trends, based upon definition of "transport vectors"*, *Sedimentary Geology*, n°80, pp 47-60.
- 8 MATE, (1997). *La défense des côtes contre l'érosion marine*. Edition du Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, 142 p.
- 9 MER & LITTORAL, n°66, 2006
- 10 PACAUD, S. (2000). *La plage des Sables d'Olonne et le procédé Ecoplage® : un an de fonctionnement*, mémoire de DEA, IGARUN, 57 p.
- 11 RAPPORT DE LA DIRECTION DES SERVICES TECHNIQUES (1997). *Mise en œuvre du procédé « Ecoplage » sur la grande plage, étude de pré-faisabilité et de faisabilité*, Ville des Sables d'Olonne, 15 p.
- 12 THOMAS, Y.F., ZBIDEN, R.M. (1989). *Calcul de la charge solide en suspension à partir de l'imagerie C.Z.C.S*, Bulletin du centre de géomorphologie du CNRS, XXXVI, pp 33-38.
- 13 VESTERBY H. (1994). *Drainage de l'eau du front actif de la plage, l'expérience européenne*, édition inconnue, 14 p.
- 14 VESTERBY, H., MANGOR, K., REFSGAARD, A. (2000) *Modelling groundwater in beach profiles for optimising stabilising measures*, International coastal symposium 2000, Rotoruna, New Zealand, 7 p.