

Evaluation du recul du trait de cote sur une portion du littoral atlantique marocain de Mohammedia—Assessment of coastal retreat on a portion of the Moroccan Atlantic coastline at Mohammedia

Fatima Sbai, Mustapha Labraimi, Mohammed Haddane

► **To cite this version:**

Fatima Sbai, Mustapha Labraimi, Mohammed Haddane. Evaluation du recul du trait de cote sur une portion du littoral atlantique marocain de Mohammedia—Assessment of coastal retreat on a portion of the Moroccan Atlantic coastline at Mohammedia. Pangea infos, Société Géologique de France, 2004, 41-42, pp.25-32. insu-00946959

HAL Id: insu-00946959

<https://hal-insu.archives-ouvertes.fr/insu-00946959>

Submitted on 14 Feb 2014

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Evaluation du recul du trait de côte sur une portion du littoral atlantique marocain de Mohammedia

Assessment of coastal retreat on a portion of the Moroccan Atlantic coastline at Mohammedia

Fatima SBAI (1), Mustapha LABRAIMI (2), Mohamed HADDANE (1)

(1) Ministère de l'Energie et des Mines, Direction de la Géologie, B.P. 6208, Quartier administratif Agdal, Rabat, Maroc.

(2) Université Mohammed V, Faculté des Sciences, Département des Sciences de la Terre, B.P. 1014, Rabat, Maroc.

E-mail : sbai.fatima1@caramail.com

Résumé

Le littoral de Mohammedia, sur la côte atlantique du Maroc, est caractérisé par une forte urbanisation. Il présente une morphologie très variée avec une alternance de côtes rocheuses et de côtes sableuses. L'étude de photographies aériennes ainsi que l'analyse des profils topographiques de plages levés au cours d'un cycle annuel ont permis d'évaluer le recul que connaît cette portion du littoral atlantique marocain, du fait des contraintes naturelles et anthropiques.

Mots clés : Maroc, recul, profil, falaise, plage, géomorphologie littorale, évolution du trait de côte, érosion, profils de plage, photographies aériennes.

Abstract

The Atlantic coastline of Morocco at Mohammedia is characterised by heavy urbanization. It shows very variable morphology with alternating rocky and sandy beaches. The study of aerial photographs and the analysis of topographic profiles of beaches surveyed during an annual cycle have allowed the assessment of the retreat happening in this portion of the Moroccan Atlantic coastline, as well as natural and anthropic constraints.

Key words: Morocco, retreat, profile, cliff, beach, coastal geomorphology, coastal evolution, erosion, beach profiles, aerial photographs.

INTRODUCTION

L'érosion des littoraux est un phénomène général dans le monde (Paskoff, 1985). Elle se matérialise par des écroulements de falaises et par le démaigrissement des plages. Les causes de l'érosion sont variées et les principales sont :

a) L'épuisement du stock sédimentaire côtier

L'apport en sables ou en galets vers le littoral a considérablement diminué au cours de ce siècle du fait :

- des travaux d'équipement (barrages) sur les fleuves qui constituent des pièges à sédiments ;
- du changement climatique (sécheresse) diminuant la charge solide des rivières ;
- de l'extraction clandestine de sables pour les besoins de la construction.

b) le relèvement du niveau de la mer

Il est essentiellement lié au réchauffement du climat sous l'effet de serre, qui provoque une fonte partielle des glaciers et l'expansion thermique de la tranche d'eau superficielle des océans et des mers.

INTRODUCTION

Coastline erosion is a global and general phenomenon (Paskoff, 1985). It is characterised by cliff collapses and beach recessions. There are several causes of erosion and the main ones are:

a) Depletion of coastal sedimentary stock

Input of sand or pebbles towards the coastline has significantly decreased during this century due to:

- *building of dams on rivers which then form sediment traps;*
- *climate change (drought) decreasing the solid load of rivers;*
- *illegal extraction of sand for building needs.*

b) The rise of sea level

It is essentially related to climate warming as a result of the greenhouse effect, which provokes partial melting of glaciers and thermal expansion of the upper layer of seas and oceans.

c) L'action anthropique

Elle peut accélérer les phénomènes d'érosion par la construction d'ouvrages (ports, barrages, ...) ou par des aménagements de front de mer (routes littorales, parkings, promenades, poste de secours, ...) qui empiètent sur le milieu côtier naturel et le modifient.

La côte de Mohammedia, longue de 12 km, est située sur le littoral atlantique marocain (fig. 1). Elle est comprise entre les longitudes 7°20' et 7°30' et les latitudes 33°44' et 33°38'.

Elle est caractérisée par un estran de largeur très variable avec une fourchette allant de 28,07 m à 273,79 m. Dans cette région le marnage peut atteindre 3,53 m en période de vives-eaux exceptionnelles (Charrouf, 1989).

Cette zone côtière a été aménagée par diverses implantations touristiques et balnéaires qui ont conduit à fixer les dunes littorales. Cette zone aménagée constitue le prolongement de la plus grande implantation industrielle du Maroc, la ville de Casablanca.

c) Anthropic action

This might accelerate erosion by building works (bridges, dams, ...) or by development of the sea front (coastal roads, car parks, promenades, first aid posts, ...) which encroaches upon and alters the natural coastal environment.

Mohammedia's coastline, 12 km in length, is located on the Moroccan Atlantic coast (Fig. 1). It is between longitude 7°20' and 7°30' and latitude 33°44' and 33°38'.

It is characterised by a foreshore with a very variable length from 28.07m to 273.79m. In this area, the tidal range can reach 3.53 m in periods of exceptional spring tides (Charrouf, 1989).

This coastal zone has been developed by various tourist and seaside complexes, which lead to the fixing of coastal dunes. This built-up zone forms an extension of the largest industrial development in Morocco, the city of Casablanca.

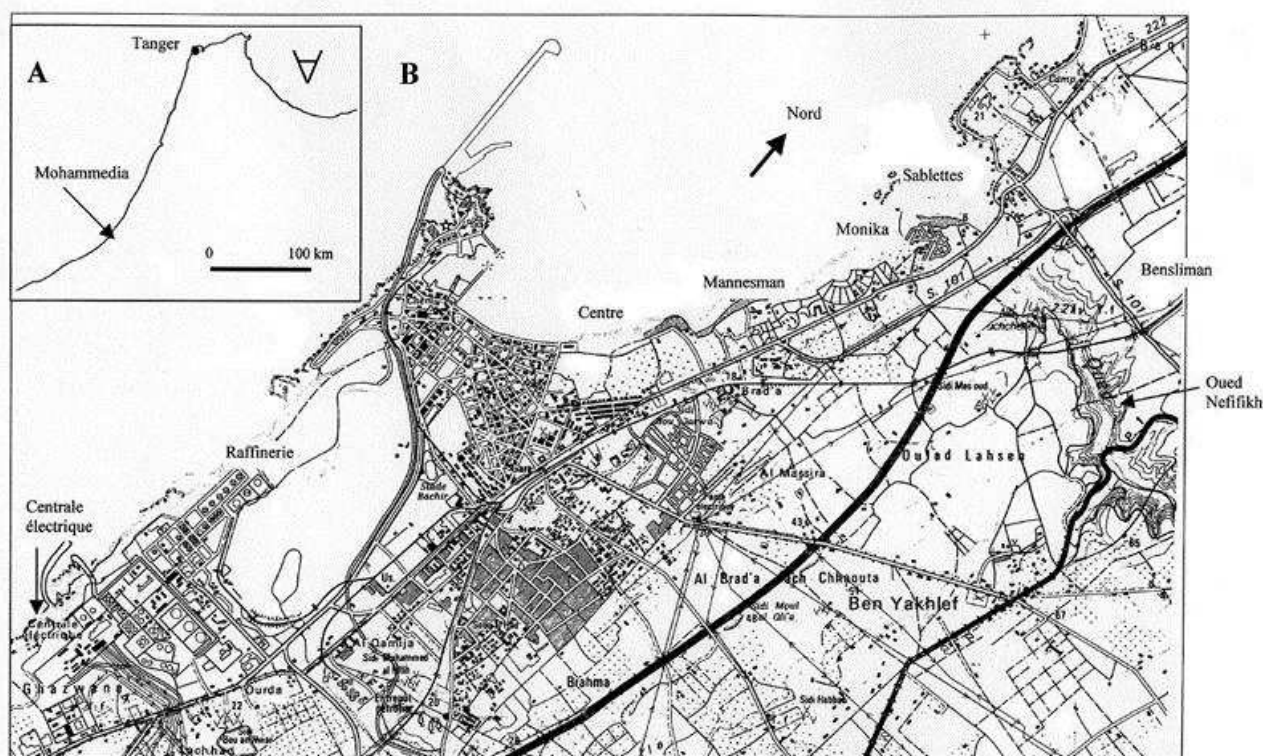


Fig. 1 – A. Localisation du secteur étudié au Maroc. B. Carte de situation des stations étudiées.
A. Location of surveyed sector in Morocco. B. Location of surveyed stations.

Pour aborder le problème de l'évolution du littoral dans la zone étudiée, nous avons opté pour deux approches différentes mais complémentaires :

- 1) l'analyse comparative des photographies aériennes prises en juin 1969 et en janvier 1983 ;
- 2) les études de terrain (observations et mesures), effectuées après des tempêtes et marées de vives eaux.

To discuss the issues of coastline evolution in this area, we opted for two different and complementary approaches:

- 1) Comparative analysis of aerial photographs taken in June 1969 and January 1983;
- 2) Field studies (observations and measurements), carried out after gales and spring tides.

Ces deux approches vont permettre d'évaluer les tendances évolutives du littoral de Mohammedia et de les comparer avec une évolution sur une année (1999-2000).

1. CADRE MORPHOLOGIQUE DE L'ETUDE

Entre le port de Mohammedia et l'embouchure de l'oued Nfifikh, la zone littorale de Mohammedia présente une morphologie très variée :

- les côtes rocheuses prédominent sur la rive droite de l'oued Nfifikh ;
- entre l'oued Nfifikh et le port pétrolier, on distingue deux segments séparés par un platier rocheux :
 - un segment Ouest qui présente une plage incurvée délimitée par un platier rocheux et par la digue de Mohammedia,
 - un platier rocheux central qui borde une zone urbanisée,
 - un segment Est qui présente une plage (plage Monika) limitée à l'ouest par le platier rocheux central.

2. METHODOLOGIE

2.1. Etude des photos aériennes

Les photographies aériennes disponibles pour cette étude sont celles prises lors des missions effectuées en juin 1969 (fig. 2) et janvier 1983 (fig. 3). Dans cette approche on ne tiendra compte ni du marnage ni des saisons, étant donné que la comparaison des deux missions se fera sur une falaise vive (photo 1). La méthode consiste dans un premier temps à mesurer la distance en plusieurs points entre le bord de la falaise et les bungalows construits sur cette dernière et, par la suite, à comparer les mesures.

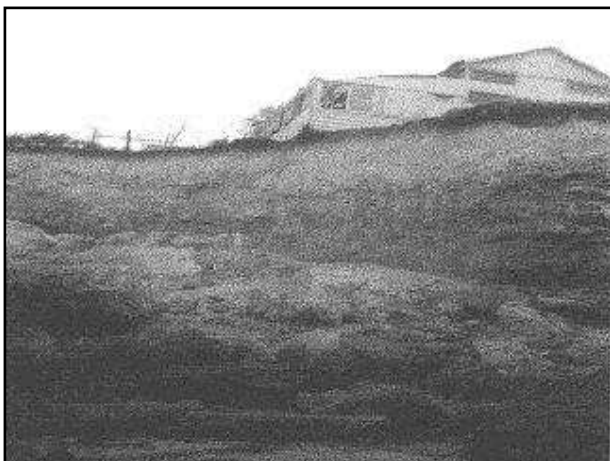


Photo 1 – Recul de la falaise (mission de 1999) au pied de la 14^e maison (voir fig. 6).

Retreating cliff (mission of 1999) at the foot of the 14th house (see Fig. 6).

These two approaches will allow the evaluation of the evolutionary trends of Mohammedia's coastline and the comparison of them with its changes during one year (1999-2000).

1. MORPHOLOGICAL FRAMEWORK OF THE STUDY

Between Mohammedia's port and the mouth of the Nfifikh Wadi, the coastline zone of Mohammedia has a very variable morphology:

- *The rocky coast on the right bank of Nfifikh Wadi;*
- *Between Nfifikh Wadi and the oil port, we distinguish two segments, which are separated by a rocky platform:*
 - *A western segment which comprises a curved beach delimited by a rocky platform and Mohammedia's dike,*
 - *A central rocky platform which abuts an urbanized zone,*
 - *An eastern segment, which comprises a beach (Monika beach) delimited to the west by the central rocky platform.*

2. METHODOLOGY

2.1. Aerial photographs study

Aerial photographs available for this zone are those taken during missions carried out in June 1969 (Fig. 2) and January 1983 (Fig. 3). In this approach, we will not take into consideration either seasons or tidal range, given that comparison of both missions will be done on a live cliff (photo 1). The method consists initially of measuring the distance between several points between the edge of the cliff and the bungalows built on it and, consequently, to compare these measurements.



Fig. 4 – Mesure d'érosion à Helen Drive, USA (in Carter & Guy, 1988).
Measuring erosion in Helen Drive, USA
 (in Carter & Guy, 1988).

3. RESULTATS

De nombreuses observations et mesures des profils de plage, tout au long de l'année 1999-2000, ont montré que par endroits, la zone d'étude est sujette à un recul. Les deux types de formation littorale (plage et falaise) n'ont pas la même dynamique ni la même rapidité d'évolution ; nous les avons donc traités différemment.

31. La falaise

Le secteur à falaise est constitué d'un matériel tendre, calcaire qui surmonte les calcarénites quaternaires. Il est soumis à un recul (photos 1 et 2), qui peut atteindre en certains points 79,5 m en 14 ans (fig. 6), soit 5,7 m/an. Le recul moyen évalué le long du secteur étudié est de 3,2 m/an.

32. La plage

La plage la plus marquée par l'érosion marine est la plage Monika avec un recul qui peut atteindre 7,5 m/an dans des secteurs particulièrement exposés à l'action des vagues. La moyenne du recul est de 5,6 m/an.

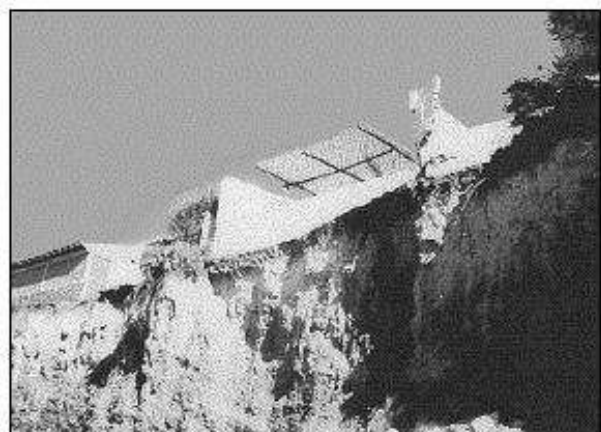


Photo 2 – Vestiges de la 16^e maison (voir fig. 6) construite en haut de la falaise (mission 1999).
Remains of the 16th house (see figure 6) built on top of the cliff.

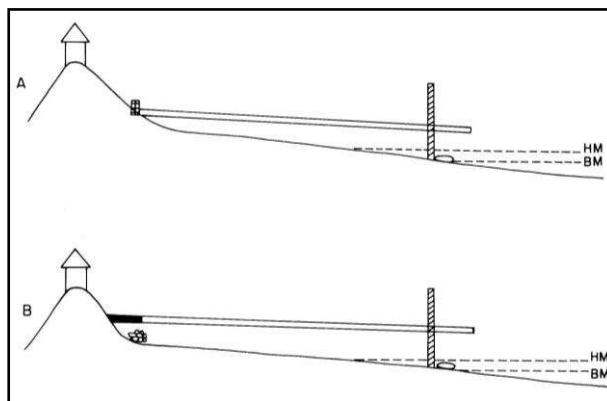


Fig. 5 – Mesure d'érosion par la méthode des points de repère.
Measuring erosion using the benchmark method
 HM = haute mer / high tide. BM = basse mer / low tide.

3. RESULTS

Many observations and measurements of beach profiles, throughout 1999-2000, have shown that, locally, the study zone has been subject to a retreat. Given that the two types of coastline (beach and cliff) do not have the same dynamic or rapidity of evolution, we have processed them differently.

31. Cliff

The sector with a cliff is formed by soft material, limestone overlying quaternary calc-arenites. It is subject to a retreat in some places (photos 1 and 2) of up to 79.5m in 14 years (Fig. 6), equal to 5.7m per year. The average retreat assessed along the surveyed sector is 3.2m per year.

32. Beach

Monika is the beach most marked by erosion, with a retreat up to 7.5m per year in the sectors particularly exposed to wave action. The average retreat is 5.6m per year.

4. DISCUSSION

Avant de discuter les résultats obtenus lors de cette étude, il est nécessaire de faire un rappel.

La falaise par définition est un versant littoral façonné dans des roches dures ou assez dures et évoluant principalement en réaction à l'attaque de sa base par la mer (Pinot, 1995) ; elle est aussi soumise à l'action d'autres agents (la pluie, le tassement, divers glissements). Ainsi, une falaise est une formation dynamique qui n'est jamais en équilibre et qui ne peut que reculer.

Le recul des falaises se fait de différentes manières, selon 3 modalités (Pinot, 1995) : l'effondrement, l'éboulement et le fluage.

- L'effondrement est le glissement de toute une masse de sédiments qui conserve souvent sa structure et son couvert végétal. Le pan de falaise glisse le long d'un plan de faille. Parfois, plusieurs effondrements se produisent, parallèles les uns aux autres et on obtient un relief en gradins ou en marches d'escalier. L'effondrement se produit brutalement quand le sous-sol est saturé en eau, indépendamment de l'existence plus ou moins nette d'un plan de faille. Une période de fortes pluies faisant suite à un épisode très sec est propice à ce phénomène.
- L'éboulement est le départ, souvent brutal lui aussi, d'une masse appréciable de matériaux qui se désagrègent en tombant, créant un tas informe au pied de la falaise, une sorte de cône d'éboulis désordonné. Il se produit quand il n'y a pas de plan de faille net, mais une multitude de fentes qui déstructurent le sol.
- Le fluage résulte de la saturation en eau du sédiment, le plus souvent lorsqu'il s'agit de lœss : la fraction argileuse du lœss gonfle et obture les pores entre les éléments limoneux ; l'eau qui arrive (et qui fait gonfler les argiles) ne peut plus s'évacuer, et l'ensemble se met à couler en masse. La coulée boueuse peut partir de n'importe quel niveau, du haut de la falaise comme du bas ; mais on la discerne bien plus clairement lorsqu'elle part du haut : elle dévale alors le versant, y creusant souvent un chenal étroit, puis s'étale en bas, sur la plage, en y formant un beau cône régulier et lisse.

Dans la zone de Mohammedia, c'est surtout un recul par éboulement des falaises que nous avons constaté étant donné que le secteur à falaise ne présente aucune zone de faille et que le matériel est une calcarénite.

Les plages sont par définition des formes littorales d'accumulation de sable ou de galets apportés par les vagues et les courants marins. Mais un renversement de

4. DISCUSSION

Before discussing the results obtained during this study, it is necessary to summarise:

A cliff by definition is a coastal slope shaped in hard or very hard rocks and mainly developing as a reaction to attack, at the base, by the sea (Pinot, 1995); it is also subject to action by other erosional agents (rain, subsidence, various landslides). Thus, a cliff is a dynamic formation, which is never stable and is always retreating.

Cliffs retreat in different ways, according to three processes (Pinot, 1995): collapse, crumbling and creeping.

- *Collapse is a slide of a whole mass of sediment, which often preserves its structure and vegetation cover. The mass slides along a fault plane. Several collapses take place, sometimes, parallel to each other, which produce a bench or stair-like relief. The collapse is sudden when the underground is saturated in water, and independent of the existence of a more or less sharp fault plane. A period of heavy rains following a drought is propitious for this phenomenon.*
- *Crumbling is the release, often sudden, of an appreciable mass of material, which disintegrates while falling, creating a shapeless pile at the foot of the cliff, a sort of a chaotic talus cone. It forms when there is not a sharp fault plane, but a multitude of cracks, which destroy the ground.*
- *Creeping results from the saturation of sediments in water, more often when they are loess: the clay part in loess swells up and closes up pores between loamy components; water (which makes the clays swell) can not drain off any more, and the whole mass starts to flow. The muddy flow can move from any level, from the upper part of the cliff as well as from its bottom; but it is more clearly visible when derived from the upper part: it tears down the slope, often digging a narrow channel, and then spreads at the bottom, on the beach, forming a regular, smooth cone.*

In the Mohammedia area, we noted that the retreat of the cliffs is mainly by crumbling, given that the cliff does not present any fault zone and that the material is a calc-arenite.

Beaches are by definition the accumulation of sand or pebbles brought by waves and sea currents. But, a reversal has occurred in their evolution. Indeed, lots of

tendance s'est produit dans leur évolution. En effet, beaucoup d'entre elles sont actuellement en cours de démaigrissement et de recul, et ceci est dû essentiellement au déficit en sédiment dans le domaine côtier.

La zone d'étude présente de nombreux exemples de déséquilibre liés à des aménagements du littoral implantés à mauvais escient :

- la construction de la grande digue du port pétrolier qui a eu un impact sur la dérive littorale ;
- le développement de plusieurs lots de maisons de grande superficie sur les dunes et par endroits sur la haute plage.

L'emplacement des divers équipements balnéaires a imprudemment empiété sur le domaine côtier (photos 3 et 4). En effet, ils ont été en majorité construits sur la dune bordière. Pour essayer de mettre les constructions ou les sentiers en bordure de plage à l'abri de l'attaque frontale des vagues, des murs de protection ont été implantés sur l'arrière-plage.

Les divers aménagements s'opposent donc aux échanges de sables indispensables à un bon équilibre entre l'estran et la dune qui constitue une réserve de sables. Ces murs réduisent aussi la largeur de l'estran et diminuent le pouvoir de dissipation de l'énergie des vagues, ce qui a pour effet de concentrer l'énergie du déferlement et de renforcer l'agitation de l'eau. Aussi, ces équipements accélèrent-ils l'érosion de la plage.



Photo 3 – Exemple d'échec d'aménagement :
les restes d'anciens escaliers, plage Monika.
*Example of failed development:
remains of old stairs, Monika beach.*

La nature joue aussi un rôle dans le déséquilibre sédimentaire des plages, étant donné que le Maroc connaît depuis plusieurs années une sécheresse qui influe sur l'apport des oueds en matériaux détritiques.

L'évolution de la zone côtière de Mohammedia constitue un exemple frappant du manque d'étude d'aménagement préalable, nécessaire avant toute construction. En effet, une étude géologique et sédimentologique aurait

them are currently in a state of retreat and recession. This is essentially related to a sediment deficit in the coastal domain.

The study zone presents many examples of imbalance related to coastline development which were badly planned:

- *The building of the big dike of the oil port, which had an impact on coastline drift;*
- *The development of several large house plots on dunes and locally on the upper beach.*

The siting of various seaside facilities has unwisely encroached upon the coastal domain (Photos 3 and 4). Indeed, they have been mostly built on coastal dunes. To try and protect buildings or paths next to the beach from attack by the waves, protective walls have been built on the upper-beach.

The various developments hinder the movement of sand essential to a good balance between the foreshore and the dune, which forms a reserve of sand. The walls also reduce the width of the foreshore and the dissipation of the waves' energy, the effect of which is to concentrate the surf energy and increase the agitation of the water. As a matter of fact, these processes also speed up beach erosion.



Photo 4 – Vestiges d'une corniche installée sur la haute plage,
plage Monika.
*Remains of a cornice installed in the upper beach,
Monika beach.*

Nature also plays a role in the sedimentary imbalance of beaches, given that Morocco has been subject to many years of drought, which influences the input of detrital material from wadis.

The evolution of the coastal zone of Mohammedia is a striking consequence of the lack of an appropriate development study, which is necessary prior to any building work. Indeed, a geological and sedimentary study

pu montrer la fragilité du matériel qui forme les falaises quaternaires et par conséquent, la probabilité d'éboulement de blocs. Une étude d'impact aurait aussi pu montrer la fragilité des constructions balnéaires vis-à-vis du domaine marin.

5. CONCLUSION

La dégradation de plages telles que celles de Mohammedia semble irréversible. On peut prendre ce type de plage comme exemple pour décider l'interdiction de toutes constructions sur une largeur égale à trente fois la vitesse moyenne annuelle du recul de la côte (Paskoff, 1985) et adopter une stratégie qui tienne enfin compte des réalités de la nature. □

could have shown the fragility of the material that forms the quaternary cliffs and, therefore, the probability of collapse. An impact study could have shown the fragility of the seaside buildings in relation to the marine erosion.

5. CONCLUSION

The degradation of beaches such as those at Mohammedia appears to be irreversible. We can take this type of beach as an example to encourage the banning of any building in an area equal to thirty times the annual average speed of retreat of the coast (Paskoff, 1985) and to adopt a strategy, which will finally take into consideration the realities of nature. □

Références bibliographiques

- CARTER Charles H. & GUY Donald E. Jr. (1988) – Coastal erosion: processes, timing and magnitudes at the bluff toe. – *Marine Geology*, 84, 1/2, p. 1-17.
- CHARROUF L. (1989) – Les problèmes de l'ensablement des ports marocains sur le littoral atlantique. Leur impact sédimentologique sur le littoral. – Thèse, Orsay, 271 p.
- CHARROUF L. (1991) – Problèmes d'ensablement des ports marocains sur la façade atlantique. – *Houille blanche*, n° 1, Grenoble, p. 49-71.
- HOWA H. (1987) – Le littoral du nord Médoc (Gironde). Evolution d'une côte sableuse en érosion. – Thèse d'état, Univ. Bordeaux, n° 146, 280 p.
- PASKOFF R. (1998) – Les littoraux. Impacts des aménagements sur leur évolution. – Masson géographie, 3^e éd., Paris, 260 p.
- PINOT J.-P. (1995) – Les paysages littoraux et leur gestion. – Fac. Sci. Sociales, Univ. Bretagne occidentale, Brest, 180 p.

NDLR

Référence complémentaire : *Géographies* (2004-3, Septembre 2004), bulletin réalisé et édité par l'Association de Géographes Français (AGF) et publié avec le concours du Centre National de la Recherche Scientifique.
Prix 25 euros. ISSN 0004-5322. En vente auprès de AGF, 191 rue Saint-Jacques, 75005 Paris. Tél/Fax (+33) 01 45 29 13 40.
Consultable à la bibliothèque du CIFEG, Orléans.

I. AMENAGEMENT DES LITTORAUX ET CONSÉQUENCES GÉOMORPHOLOGIQUES

Communications présentées le 14/12/2002 lors de la séance organisée par l'AGF à Brest (Université de Bretagne occidentale).

- B. MAINET – Introduction.
- N. BERNARD, Y. BOUVET, R.-P. DESSE – Espaces récréatifs du Rio de La Plata (Argentine, Uruguay).
- E. BRETON – Loisirs et gestion des aires littorales protégées de la France de l'Ouest.
- A. MIOSSEC – Aménagement et gestion du littoral : les géographes et le droit.
- M. ROBIN, C. HAUHOUOT, K. AFFIAN, P. ANOH, A. ALLA DELLA, P. POTTIER – Risques côtiers en Côte d'Ivoire.
- J. L'HER – Activités du CETMEF dans l'aménagement du littoral.
- S. COSTA, R. DAVIDSON – Ouvrages transversaux portuaires et impacts hydrosédimentaires à Dieppe (Haute Normandie, France).
- S. SUANEZ – Morphodynamique et phénomènes rétroactifs en baie de Saint-Michel-en-Grève (Côtes d'Armor, France).
- A. HÉNAFF – Protection des littoraux de la Région Bretagne depuis 1949.
- Y. LAGEAT – Géomorphologie et gestion des littoraux.

II. LES LITTORAUX SABLEUX ET DUNAIRES

Communications présentées le 11/10/2003
lors de la séance organisée par l'AGF à l'Université de Lille

- Y. BATTIAU-QUENEY – Introduction.
- R. PASKOFF – De l'abondance à la pénurie en sédiments.
- M.-H. RUZ – Modèles conceptuels de la formation des dunes bordières.
- Y. BATTIAU-QUENEY – Haut de plage et front dunaire.
- P. LANOY-RATEL – La bunker archéologie (Nord - Pas-de-Calais, France).
- M. TEKIN – Un type original de dunes embryonnaires (Pas-de-Calais, France).
- S. VANHEE – Transport éolien et notion de fetch sur les plages à barres intertidales (Côte d'Opale, France).
- P. STEPHAN, S. SUANEZ – Cordons dunaires de Tréduder et de Saint-Michel-en-Grève (France).
- Y. PETIT-BERGHEM – Biogéographie des dunes de l'ouest du Cotentin (Normandie, France).