

## Les plages et les vasières des environs des embouchures des oueds Tahaddart et Gharifa (NW du Maroc) : dynamique morphosédimentaire et impact des aménagements sur leur évolution récente

Mohamed ACHAB \*

*Université Mohammed V – Agdal, Institut Scientifique, Département des Sciences de la Terre  
Av. Ibn Battota, B.P. 703, Agdal, 10090 Rabat, Maroc*

**Résumé.** Le site de Tahaddart se trouve sur la façade occidentale de la péninsule de Tanger (nord-ouest du Maroc). L'objectif principal de ce travail est de reconnaître du point de vue sédimentologique, géomorphologique et hydrodynamique les environnements littoraux actuels entre Oued Tahaddart et Oued Gharifa et d'évaluer l'impact des aménagements sur leur évolution et leur équilibre. Les analyses granulométriques montrent des distributions unimodales, avec prédominance des sables fins modérément bien classés au niveau des plages et un faciès mixte de sable et de vase dans les vasières. L'analyse morphoscopique montre la prédominance de la fraction terrigène représentée principalement par des grains de quartz et des minéraux lourds dont la majorité est de type émoussé luisant. Ces résultats reflètent la dynamique du milieu caractérisée par l'interaction des agents de la morphogénèse littorale, notamment l'énergie mise en jeu pour le transport et la distribution du sable le long de la plage et les vasières (la houle et les courants de marée), ainsi que la nature granulométrique des particules sédimentaires transportées par les oueds. Les observations de terrain montrent que le vent est un agent déterminant dans la distribution et transport des sédiments et tout particulièrement au niveau de la dune. L'étude de l'évolution du trait de côte, à l'aide des techniques de photo-interprétation et de l'analyse cartographique, ont permis de quantifier la tendance évolutive du trait de côte entre 1958 et 2008. Elle fait ressortir que la tendance générale est un recul du trait de côte qui a été estimé à -1,7 m/an.

**Mots clés :** site de Tahaddart, plages et vasières, dynamique côtière, impacts des aménagements, Maroc.

**Abstract.** *Beaches and mudflats surrounding the mouths of Tahaddart and Gharifa estuaries (NW of Morocco): morpho-sedimentary dynamics and impact of planning on their recent evolution.* The site of Tahaddart belongs to the western coast of the peninsula of Tangier (NW of Morocco). The main objective of this work is to recognize the coastal environments between Tahaddart and Gharifa estuaries, from the sedimentological, geomorphological and hydrodynamics point of view. On the other hand, it is to evaluate and estimate the impact of various planning and development done in the study zone on the evolution and balance of this ecosystem. The grain-size analysis shows unimodal distributions with predominance of sand generally fine and moderately well sorted on beaches, and mixed facies of sand and mud on the intertidal zones. The morphoscopic analysis shows the dominance of the terrigenous fraction represented mainly by quartz grains and heavy minerals whose majority is of sub-rounded and bright type. These data reflect the environmental dynamics characterized by the interaction of the coastal morphogenesis factors, including the energy involved in transport and distribution of sand along the beach and intertidal zone (the waves and tidal currents), and the grains-size nature of sedimentary particles transported by estuaries. Field observations show that the wind is a determinant agent in the distribution and transport of sediment particularly at the dune. The study of the coastline evolution using photo-interpretation techniques and mapping analysis allowed us to quantify the evolutionary trend of the coastline from 1958 until 2008. It shows that the general trend is a decline of coastline estimated to -1.7 m/year.

**Key words:** Tahaddart site, beaches & mudflats, coastal dynamics, impact of planning, Morocco.

### INTRODUCTION

Les rivages sableux sont des espaces fragiles et vulnérables où la pression humaine est devenue à la fois multiforme et profonde aggravant ainsi les risques que ces espaces peuvent encourir (Carter 1988, Paskoff 1998, Komar 1998, Pinot 1998, Legrain 2000, Doody 2001, Graham 2007). Au Maroc, les dégradations subies par ces espaces se sont accentuées, prenant des formes multiples (érosion, pollution, urbanisation, etc.). Une meilleure connaissance des atouts et des contraintes (naturelles et anthropiques) de ces milieux seraient appréciée et aiderait à définir les modes adéquats de gestion dans le but de garantir la durabilité des aménagements de ces espaces. D'autre part, ces zones côtières se présentent sous des

aspects diversifiés (plages, falaises, dunes, zones humides, etc.) constituent une importante richesse en ressources naturelles (biologiques et minéralogiques), jouent un rôle de levier au niveau économique (industriel, touristique, halieutique, ...) et sont des zones où se concentrent la population urbaine à l'échelle nationale (Snoussi & El Hafid Tabet 2000, Hannou 2003, Mansour 2003).

Le Bas Tahaddart est un site classé par le gouvernement marocain comme site d'intérêt biologique et écologique ; il est classé également site RAMSAR (Projet WWF International, Dakki *et al.*, 2003). Ce site conserve encore, en grande partie, ses caractéristiques naturelles originales, mais la pression des activités humaines et des usages sont à chaque fois plus intenses.

\* Adresse e-mail: achab@israbat.ac.ma

La zone d'étude a fait l'objet de plusieurs travaux multidisciplinaires (André & El Gharbaoui 1973, El Gharbaoui 1981, INRH 1991, Jaaidi *et al.* 1993, Guelorget et Lefebvre 1995, Orbi *et al.* 1997, Guerinich 1998, Hanssali 1998) et spécialisées (DRAPOR 2002, Massik *et al.* 2003, El Mrini 2004, Amharrak 2006, Nachite *et al.* 2008). Le présent travail se propose d'approfondir les connaissances sur le littoral de Tahaddart par l'étude des aspects morpho-sédimentaires des plages et des vasières des environs des embouchures des oueds (approches géomorphologique, sédimentologique et cartographique), d'une part, et d'analyser les facteurs régissant la distribution et le transport des sédiments (plages sableuses, estuaires et embouchures) et de caractériser la dynamique des phénomènes marins à la côte, d'autre part. Cette étude se penche également sur l'analyse de la stabilité des zones côtières en termes de recul et d'avancé du trait de côte. Enfin, une esquisse pour tenter d'estimer le niveau de l'impact des aménagements sur l'évolution et équilibre des systèmes côtiers.

### CARACTERISTIQUES DE LA ZONE D'ETUDE

#### Contexte géographique et géomorphologique

La zone d'étude se situe au nord-ouest du Maroc et occupe la partie septentrionale du littoral atlantique de la péninsule de Tanger entre 35° 30' et 35° 40' latitudes Nord et 5° 55' et 6° 01' longitudes Ouest (Fig. 1). Elle s'étend sur une superficie de 100 Km<sup>2</sup> ; sa limite nord est à quelque 15 km au sud de la ville de Tanger et sa limite sud se trouve à quelques kilomètres au nord d'Asilah. Le site de Tahaddart regroupe en fait deux bassins versants adjacents, séparés par la colline de "Haouta Ben Mediar", et dont les cours d'eau se rejoignent près de la côte pour former l'Oued Tahaddart. Il s'agit de l'Oued Mharhar, au Nord et de l'Oued El Hachef, au Sud. A ce système s'ajoute l'Oued Gharifa, localisé au Sud de l'Oued Tahaddart. L'arrière-pays de la région est constitué de collines basses et de plateaux peu élevés (collines Haouta Ben Médiar, colline

de Haouara, etc.) dont l'altitude varie de 50 à 228 m (Fig. 2). Le coté ouest correspond à une plaine alluviale basse et marécageuse caractérisée par l'étendue des dayas et des merjas qui occupent une grande partie de la zone littorale entre Tanger et Asilah.

Les unités lithologiques affleurant le long du domaine littoral sont d'âges différents allant du secondaire au quaternaire, avec prédominance des formations récentes et peu consolidées qui caractérisent le trait côtier du paysage littoral. L'influence de la structure et de la tectonique récente sur le tracé de la côte est mise en évidence par l'orientation générale nord-sud des unités structurales et par les faciès des divers niveaux stratigraphiques, en particulier, la mise en place de baies et de plages dans les marnes et dégagement de côtes rocheuses dans les grès et les calcaires (André & El Gharbaoui 1973, El Gharbaoui 1981).

De point de vue géomorphologique, l'estuaire de Tahaddart atteint l'Océan Atlantique en longeant un cordon dunaire, construit sur une flèche littorale d'orientation nord-sud déviant ainsi le tracé du fleuve vers le Sud et protégeant la zone marécageuse des intrusions marines (Jaaidi *et al.* 1993). Le lit de l'estuaire se caractérise par une asymétrie qui se traduit par la variabilité de la topographie de ses deux rives droite (ouest) et gauche (est) (Fig. 3). Les pentes sont fortes sur les berges concaves et faibles à modérées sur les berges convexes (Guelorget & Lefebvre 1995, Rapport INRH 1991). Au sud de Tahaddart, l'Oued Gharifa décrit à son tour des méandres libres dans une large vallée et son estuaire est occupé par un schorre aménagé en polders. La slikke présente deux rives aux formes dissymétriques. La berge sous le vent a un profil convexe tandis que la berge au vent, est modelée en une série de croissants dont la concavité est liée à l'amplitude des oscillations de la marée. Le cordon littoral ferme de larges plaines alluviales qui pénètrent profondément à l'intérieur des vallées.

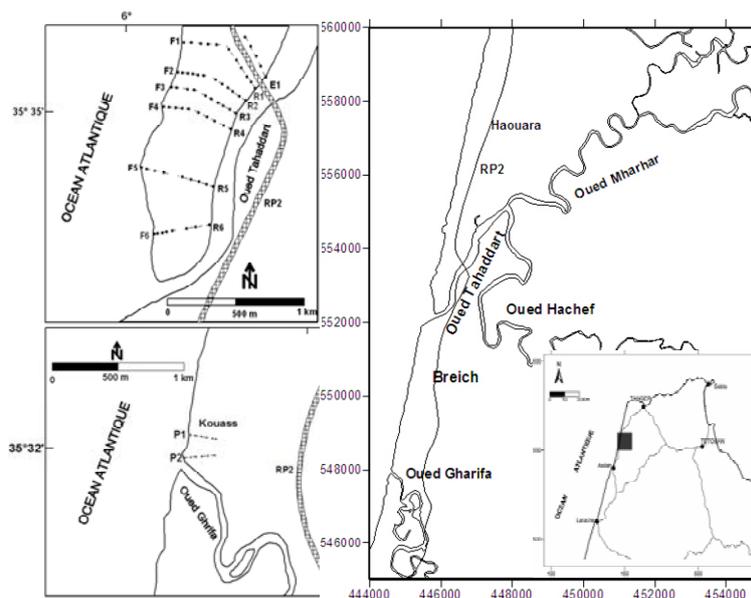


Figure 1 : Carte de situation géographique et profils de plage effectués dans la zone d'étude

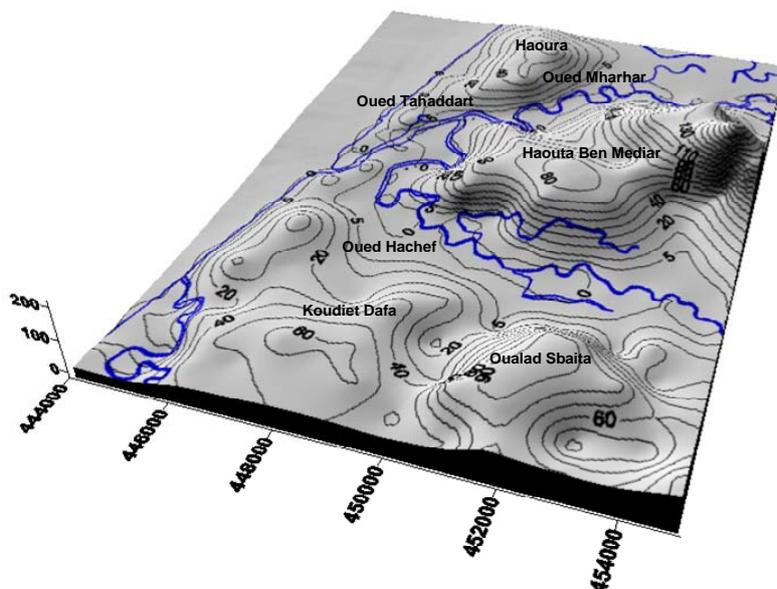


Figure 2 : Modèle en 3D du relief de la zone d'étude réalisée à l'aide du logiciel Surfer à partir de la carte topographique El Manzla au 1/50.000.

### Climat et réseau hydrographique

Le climat de la zone d'étude est sub-humide avec un hiver humide et doux et un été sec et chaud qui s'étend sur cinq mois, de mai à septembre. (Karrouk 1990). Les précipitations sont relativement fortes, avec une moyenne annuelle de 765 mm. la moyenne mensuelle est élevée en décembre (132 mm) et est faible en juillet et août (<2 mm). La température moyenne annuelle est de 18°C, la température moyenne maximale étant de 20°C et la minimale de 16,2°C. Les vents les plus fréquents dans la région du site soufflent des secteurs est (42,4%), est nord-est (15,8%) et ouest (9,5%) (Données de la station météorologique de l'aéroport de Tanger). La vitesse moyenne mensuelle du vent est de 4 à 9 m/s, les maxima étant enregistrés en mars. Des vents violents peuvent parfois souffler dans la région et leur vitesse peut dépasser 130 Km/h.

De point de vue hydrologique, l'Oued Tahaddart est le plus grand cours d'eau du Tangérois ; son bassin versant s'étend sur une surface de 1190 km<sup>2</sup> (LPEE/CRR/EE 2001a). Le réseau hydrographique est composé de deux entités principales : l'Oued Mharhar qui occupe la partie Nord et sur lequel a été construit le barrage Ibn Batouta en 1977, et l'Oued El Hachef qui occupe la partie Sud du bassin et sur lequel a été construit le barrage du 9 Avril en 1995 (Fig. 4). Plus au sud, l'Oued Gharifa possède un bassin versant de dimensions plus réduites. Dans sa partie estuarienne, longue d'environ 14 Km, l'oued serpente en de larges sinuosités. Le régime des écoulements est fortement lié au climat et plus particulièrement au régime des précipitations. Le débit moyen de l'Oued Tahaddart est de 2,3 m<sup>3</sup>/s (LPEE/CRR/EE 2001b).

Les plaines alluviales des oueds Tahaddart et Gharifa sont périodiquement inondées par les eaux de crues et celles du flux océanique, et tout particulièrement lorsqu'il y a conjonction entre les dépressions atlantiques et les marées

de vives eaux des équinoxes. En période sèche, les cours des oueds de Tahaddart et Gharifa sont envahis, par les eaux marines pendant le flot. Mais, en période de fortes précipitations, le cours inférieur est déversé sur une vaste superficie par des apports d'eaux douces. Ces phénomènes entraînent le maintien sur place d'un volume d'eau considérable qui empêche totalement la remontée du flot d'eau marine vers l'amont (Orbi *et al.* 1997).

### Contexte hydrodynamique

Le régime hydrodynamique est dominé par l'action des fortes houles atlantiques et des tempêtes. Au niveau du site de Tahaddart, la houle provient presque exclusivement (plus de 90%) du secteur nord-ouest/ouest-sud-ouest. La houle provenant de l'ouest-nord-ouest est la plus fréquente (>60%). Les hauteurs les plus fréquentes (40%) se situent entre 0,5 m et 1 m. Les hauteurs supérieures à 4 m restent peu fréquentes, représentant moins de 2%, et proviennent surtout du secteur ouest. La période de ces houles varie de 3 à 16 s et les plus fréquentes sont celles de 3 à 4 s (>90%) (Fig. 5). D'autre part, le littoral du site de Tahaddart est parcouru en direction du sud ouest par une dérive littorale dominante engendrée par des houles ouest-nord-ouest et dont la vitesse maximale ne dépasse pas 0,5 noeuds (El Gharbaoui 1981). Les houles du secteur ouest peuvent également engendrer une dérive littorale secondaire orientée du Sud vers le Nord. La turbulence du déferlement, très intense, alimente la dérive littorale en matériaux sableux qui sont redistribués dans l'estuaire par les courants de marée, et qui peuvent alimenter la courbure de la pointe de la flèche littorale (Orbi *et al.* 1997). La marée semi diurne est mésotidale ; le flot porte au Nord et le jusant au Sud. Le marnage moyen de 1m en mortes eaux et de 3 m en vives eaux (ONE 2002) semble être suffisant pour assurer le renouvellement des eaux de l'estuaire de Tahaddart favorisé par ses caractéristiques morphologiques (profondeur moyenne de 6 m) (Guelorget & Lefebvre 1995).

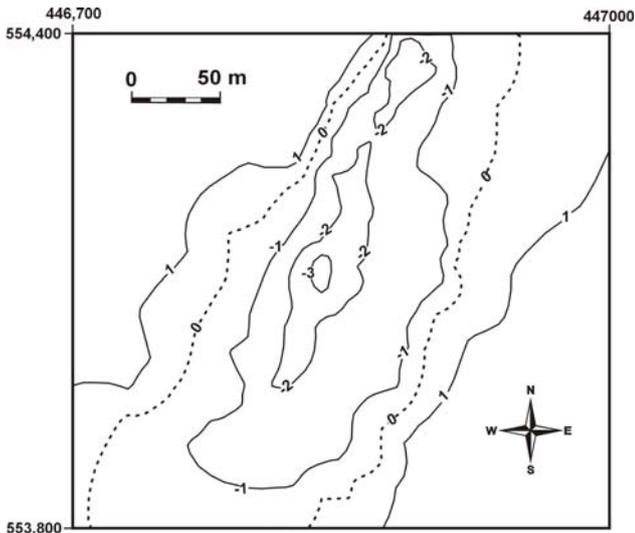


Figure 3 : Topographie de l'estuaire de Tahaddart en amont du pont Mohamed V (LPEE / CEH, 1997, modifié)

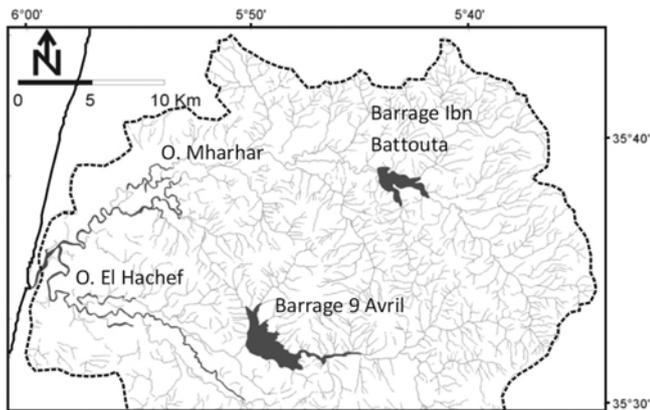


Figure 4 : Carte du réseau hydrographique du bassin versant de Tahaddart (source : Agence du Bassin Hydraulique du Loukkos).

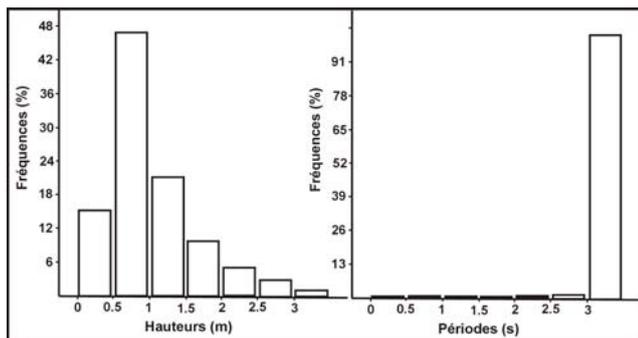


Figure 5 : Histogrammes des hauteurs et des périodes des houles pour l'année 2006 (Données de la Direction des côtes de l'Andalousie, Espagne.).

## MATERIEL ET METHODES

### Echantillonnage et Profils de plage

La caractérisation sédimentologique des plages et estuaires de la zone d'étude a été réalisée sur des échantillons prélevés à basse mer en 2007 et 2008. Un total de 75 prélèvements superficiels de sable a été effectué dans différentes parties de l'estuaire de Tahaddart (plage, flèche

littorale, schorre, slikke, etc.), ainsi qu'au niveau de la plage de Kouass de part et d'autre de l'estuaire de l'Oued Gharifa. Dans le but d'individualiser les deux composantes du transport sédimentaire, longitudinale et transversale, 15 profils perpendiculaires au rivage (fleuve et mer) orientés est-ouest ont été effectués comme suit : neuf profils dans le secteur nord (E1, R1, R2, R3, R4 et F1, F2, F3, F4), quatre profils dans le secteur sud (R5, R6 et F5, F6), et deux profils (P1 et P2) sur la rive droite de la plage de Kouass (Fig. 1). Chaque profil a fait l'objet de quatre prélèvements au moins dans des espaces littoraux différents (estran, mi-estran, pied de dune, et dune). L'échantillon sableux est prélevé en surface sur quelques millimètres. Le positionnement a été réalisé à l'aide d'un GPS de type 315 Magellan.

L'étude de la composante longitudinale était basée sur l'analyse de l'évolution de la moyenne obtenue pour les différents niveaux échantillonnés de chacun des profils. L'étude de la composante transversale tient compte de chacun des niveaux d'échantillonnage en analysant la moyenne obtenue pour chacun de ces niveaux sur l'ensemble des profils.

### Analyses granulométriques et morphoscopiques

L'étude des caractéristiques granulométriques des sédiments permet d'accéder à des informations sur la dynamique de transport des sédiments des continents vers le milieu marin (Passega 1963, Degiovanni 1972). Des variations granulométriques au sein des apports sédimentaires peuvent refléter différents types de processus tels que le mélange de populations sédimentaires d'origines et de granulométries différentes ou des mécanismes sélectifs se produisant lors du transport ou du dépôt (Blanc & Froget 1979, Liu & Zarillo 1989, Suanes *et al.* 1996).

Les échantillons prélevés ont fait l'objet d'une granulométrie sur une colonne de tamis à mailles carrées de norme AFNOR comprise entre 0,063 mm et 2 mm et d'une observation des refus de tamis à la loupe binoculaire et leur caractérisation sédimentaire. Les données granulométriques brutes, ont été traitées par le logiciel GRADIST (version 4.0) qui a permis de calculer les paramètres statistiques les plus usuels (médiane, mode, moyenne graphique, écart type, asymétrie (skewness), etc.). Les paramètres granulométriques sont calculés selon la méthode de Folk et Ward (1957).

L'analyse morphoscopique des sables de plage et les sédiments des vasières a été réalisée à l'aide d'une loupe binoculaire (x 40) et d'un microscope à faible grossissement. Elle permet la recherche de la nature de l'agent de transport en analysant la nature de l'usure des grains. Les principaux composants recherchés sont le quartz, les minéraux lourds, les fragments de roches, les foraminifères et les coquilles de mollusques.

### Analyse cartographique et photo-interprétation

L'analyse cartographique et spatiale ainsi que la cinématique de l'évolution du trait de côte de l'estuaire de Tahaddart ont été basées sur la photo-interprétation des

images satellite et de photographies aériennes verticales récentes et géoréférencées couvrant la zone d'étude (Crowell *et al.* 1993, Pajak & Leatherman 2002), et leur comparaison avec la carte topographique El Manzla (1/50000ème) de 1961 qui était basée sur des photographies aériennes de 1958. D'autre part, nous avons cartographié l'évolution de la position de trait de côte du site de Tahaddart depuis 1958 jusqu' à 2008, afin de quantifier la tendance évolutive du trait de côte et de calculer les taux d'érosion et de sédimentation produits à moyen terme (50 ans). Pour cela, nous avons utilisé le logiciel Arc View GIS de la société ESRI. Vu l'erreur liée à l'identification de la position du trait de côte qui est généralement influencée par les variations des marées, nous avons utilisé la localisation des pieds des dunes comme référence de positionnement (Boak & Turner 2005, Nachite *et al.* 2008).

## RESULTATS ET DISCUSSION

### 1. Caractéristiques morphologiques

#### *Plages sableuses du site de Tahaddart*

Les profils topographiques transversaux de ces plages montrent trois grandes unités géomorphologiques qui se caractérisent par leurs comportements dynamiques et sédimentaires (Achab *et al.* 2009) :

i) La plage émergée s'étend du pied de dune à la limite supérieure de l'estran (Photo 1A). Elle est bien développée au niveau de la flèche littorale et réduite de part et d'autre de l'estuaire de Tahaddart. Cette zone est alimentée tantôt par les sables de la plage sous-marine, tantôt par les sables dunaires.

ii) L'estran sableux présent de part et d'autre de l'Oued Tahaddart correspond à la zone de balancement de la marée. Il est large sauf au niveau de la flèche littorale (Photo 1B & 1C). Le bas estran se caractérise également par la présence des rides d'oscillations de marée et même des encroûtements calcaires qui tapissent l'estran sud de la rive droite de Tahaddart. L'estran sableux montre aussi des galets de tailles variables de part et d'autre des estuaires de Tahaddart et de Gharifa.

iii) La plage sous-marine, ou immergée subit continuellement l'action des vagues (Degiovanni 1972, Chamley 1988, Weber 1989, Paskoff 1992) ce qui est à l'origine de la formation de petites barres sous-marines dans la zone de déferlement du côté de l'océan de la flèche littorale. Ce phénomène s'observe parfois au niveau de la plage de Kouass sur la rive droite de l'oued Gharifa (Photo 1D). Les plages sont généralement dissipatives accusant des pentes faibles, mais dans certaines zones de la flèche littorale, en particulier le secteur sud, la pente de la plage est importante. Cette variation morphodynamique et topographique des côtes meubles a été signalée dans d'autres régions (Blanc 1976, Wright & Short 1984).

#### *Zone intertidale de l'estuaire de Tahaddart*

Au niveau de cette zone qui se situe juste derrière le pont Mohammed-V, trois unités morphologiques sont distinguées (Fig. 6) :

i) Le chenal correspond à la zone de l'oued toujours immergée même à basse mer.

ii) La slikke. Elle se trouve inondée à chaque flot et se présente sous forme de bancs convexes vers le ciel, où la végétation est quasi absente. Elle est parcourue par les chenaux qui drainent les vasières durant le jusant. La slikke constitue aussi une zone de stockage des particules fines par suspension graduée et décantation. Sa limite supérieure est marquée par un petit abrupt de quelques décimètres et à pente douce qui correspond à l'érosion latérale due à la migration des chenaux. Cette attaque donne naissance à une microfalaise d'érosion (Guilcher 1979).

iii) Le schorre. Il correspond à un vaste espace en amont du pont Mohamed V, en continuité directe avec le milieu franchement continental. Il n'est atteint et recouvert qu'au cours des marées à fort coefficient ou lors des tempêtes. Contrairement à la slikke, ce domaine d'anciennes vases consolidées poreuses est recouvert de végétation basse. La partie la plus interne n'est pratiquement jamais atteinte par la mer.

### 2. Caractéristiques granulométriques

Dans ce travail, nous avons groupé nos résultats selon les deux composantes du transport sédimentaire: longitudinale et transversale. Nous avons travaillé sur les valeurs moyennes, de manière à faire ressortir l'évolution du comportement granulométrique des sédiments et leur dynamique de transport.

#### 2.1. Site de Tahaddart

##### *Plages sableuses de l'Oued Tahaddart*

Les résultats relatifs à la granulométrie moyenne des échantillons de sable prélevés dans les différentes parties de la plage nord de la rive droite de l'Oued Tahaddart montrent une distribution granulométrique unimodale (Tabl. 1, Fig. 7). La classe modale apparaît à 2,5 phi (0,17 mm) et représente 60% de la totalité des fréquences. Le mode et la médiane (2,24 phi, 0,21 mm) indiquent la prédominance des sables fins, ces deux paramètres caractérisent les conditions moyennes de dépôt et de l'énergie de courant. L'écart type, la géométrie de l'histogramme des fréquences, ainsi que la pente de la courbe cumulative indiquent que les sables sont modérément classés. Les autres paramètres granulométriques montrent une distribution leptokurtique et une asymétrie vers les très grossiers. Ces résultats révèlent l'importance du classement réalisé au cours du transport par les agents de tri, essentiellement les courants de marée.

Au niveau de la plage sud de la rive droite de l'Oued Tahaddart, les résultats des analyses granulométriques des sables ne montrent pas de grandes différences avec ceux du secteur nord. La distribution est unimodale et le mode (2,5 phi) représente 64% de l'ensemble des fréquences observées. Ce sont des sables généralement fins, modérément bien classés, avec une asymétrie vers les très grossiers. Le classement de ces sables pourrait être en

relation avec l'effet de l'action des courants de marée et le vent dans le processus de tri et de distribution des particules sédimentaires. La distribution transversale de

ces paramètres, montre que la taille des grains des sables diminue de l'estran (sables moyens modérément classés) vers la dune (sables fins bien classés).

Tableau I : Paramètres granulométriques des sables prélevés au niveau des plages de la zone d'étude

Zone de prélèvement de sédiments	Mode (phi)	Médiane (phi)	Asymétrie	Ecart type (phi)	Kurtosis
Rive droite (Oued Tahaddart)	2.53	2.23	-0.31	0.77	1.1
Flèche littorale (Oued Tahaddart)	2.5	2.31	-0.18	0.62	1.05
Rive droite (Oued Gharifa)	2.5	2.38	-0.24	0.52	5.2



Photo 1 : Unités géomorphologiques caractéristiques du littoral de Tahaddart. A : Plage émergée au niveau de l'estuaire de Tahaddart ; B & C : Estran sableux (estuaire de Tahaddart & flèche littorale) ; D : Plage sous marine adjacente à l'estuaire de Gharifa

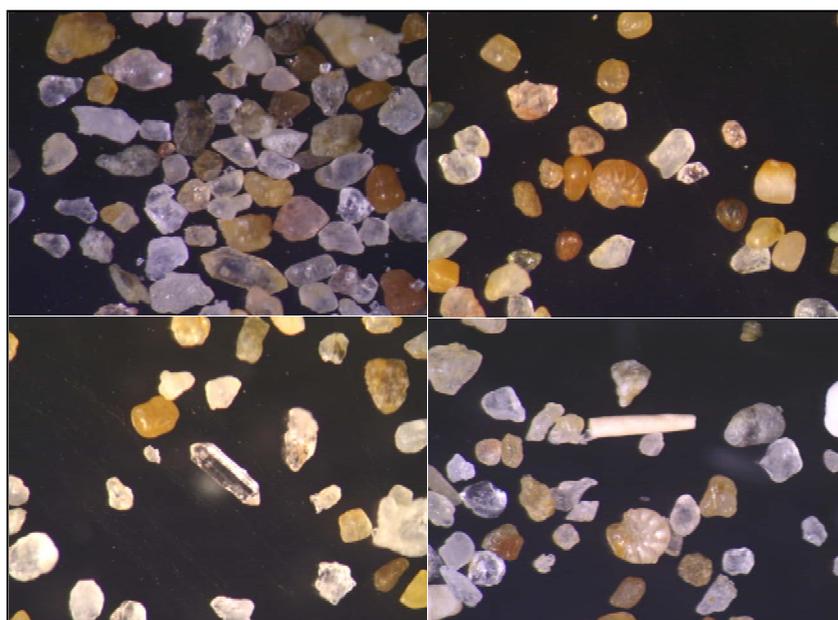


Photo 2 : Sables de plage de l'Oued Gharifa vue à la loupe binoculaire (x40). Ils sont de nature variée, riches en quartz, en zircon et en grenat. Ils montrent la prédominance des grains EL sur les NU. La fraction bioclastique est représentée par des fragments de mollusque et quelques foraminifères. L'état des grains témoigne de la diversité des agents d'usures côtières.

La répartition transversale des paramètres granulométriques montre que la taille des grains des sables augmente de l'estran (sables fin modérément classés) vers le pied de dune (sables moyens mal classés), puis diminue au niveau de la dune (sables fins modérément bien classés) (Fig. 8). L'évolution longitudinale de ces paramètres montre des résultats comparables à ceux observés pour la distribution transversale (Fig. 9). En effet le classement et la moyenne évoluent d'une manière inverse, le classement étant meilleur pour les sables fins et mauvais pour les sables moyens.

**Flèche littorale de Tahaddart**

La granulométrie moyenne des sables prélevés du secteur nord de la flèche de Tahaddart se caractérise par une distribution granulométrique unimodale (Tabl. I, Fig. 7). La classe modale apparaît à 2.5 phi et représente 65% de la totalité des fréquences. Ce sont des sables fins, modérément classés à bien classés, avec une asymétrie vers les très grossiers. Les sables de plage du secteur sud sont également semblables à ceux du secteur nord, avec prédominance des sables bien classés et une asymétrie vers les grossiers. Les distributions transversales et longitudinale des paramètres granulométriques des sables ne montrent pas de grandes variations, car les sables sont généralement de granulométrie fine et ont tendance à être bien classés (Fig. 10). Ces paramètres reflètent l'importance de l'action du vent et de la houle dans les différentes parties géomorphologiques de la flèche de Tahaddart. Dans ce secteur, le vent est un agent déterminant dans la distribution et le transport des sédiments et particulièrement au niveau de la dune. La dérive littorale joue un rôle très important dans le transport et la distribution des sables au niveau du bas estran. D'une manière générale, il est possible de confirmer que ces sables évoluent vers un état d'équilibre par rapport aux processus dynamiques qui contrôlent le transport des particules sédimentaire le long de la flèche de Tahaddart.

**Zone intertidale de l'estuaire de Tahaddart**

Cette zone est constituée de dépôts fins argileux plus ou moins riches en calcaire biogène. Ces vasières se situent dans la partie supérieure de l'étage littoral dont l'ensemble présente une succession des milieux à faciès très caractéristique (Chamley 1988). Les dépôts s'effectuent essentiellement lors du flot et au début du jusant. L'accumulation de sédiments fins se produit par décantation des particules en suspension lors des étales. Dans cette zone, la répartition et le transport des sédiments se trouvent contrôlés par la dynamique des courants de marée (El Mrini 2004, Nachite *et al.* 2008).

L'analyse granulométrique des sédiments superficiels prélevés au niveau de la zone intertidale de l'estuaire de Tahaddart met en évidence des faciès sédimentaires à granulométrie variable. Au niveau du schorre, prédomine un faciès sableux, caractérisé par des teneurs en sables moyens supérieures à 70%, le complément étant constitué par des sables fins. Les sédiments de la slikke, sont dominés par un faciès mixte composé par un mélange de sable et de vase dont la teneur en sables fins est supérieure à 80%, alors que la fraction silto-argileuse ne dépasse pas

20% dans la majorité des cas. Le chenal, se caractérise par la dominance des sédiments fins de nature vaseuse et de couleur gris. La fraction sableuse y est également présente, avec des proportions inférieures à 20%.

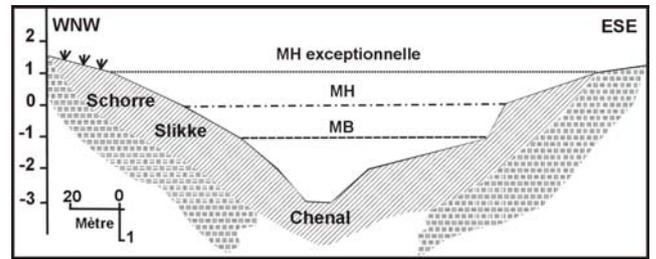


Figure 6 : Coupe schématique montrant les trois unités morphologiques caractéristiques de l'estuaire de Tahaddart (juste en amont du pont Mohammed V). MH : marée haute, MB : marée basse.

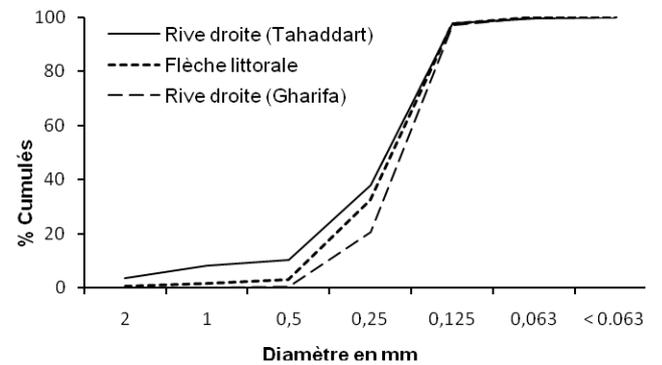


Figure 7 : Courbes granulométriques moyennes des sables des plages de la zone d'étude.

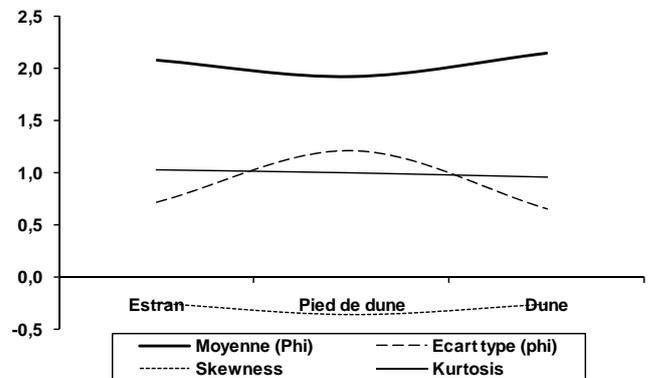


Figure 8 : Évolution Transversale des paramètres granulométriques des sables de la rive droite de l'Oued Tahaddart.

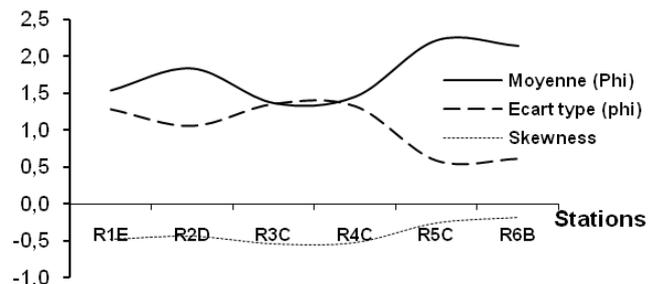


Figure 9 : Évolution longitudinale des paramètres granulométriques des sables le long de l'estran sableux de la rive droite de l'Oued Tahaddart.

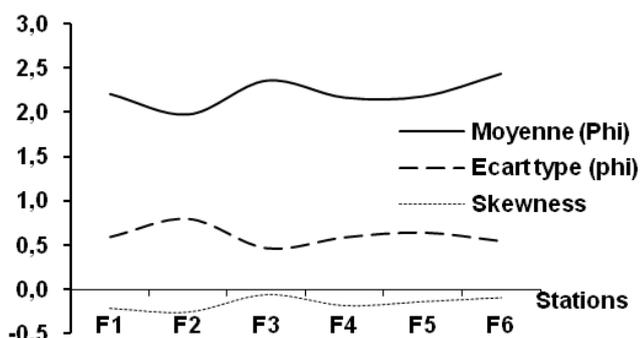


Figure 10 : Évolution longitudinale des paramètres granulométriques des sables le long de la flèche littorale de Tahaddart

## 2.2. Site de Gharifa

### Plage sableuse de l'Oued Gharifa

Sur la rive droite de l'oued Gharifa, la distribution granulométrique est unimodale, le mode (2,5 phi) représente 74% des fréquences. Ce sont des sables fins, modérément classés à bien classés, avec une asymétrie vers les fractions grossières et différent peu de ceux de l'estuaire de Tahaddart ce qui témoigne d'une dynamique dont les caractéristiques (énergie, agents et sens de transport) sont comparables dans les deux estuaires. Les variations transversales des paramètres granulométriques sont peu significatives, car les sables sont homogènes de granulométrie fine et assez bien classés, notamment au niveau de la dune. Les caractéristiques granulométriques de ces sables reflètent en général l'action du régime hydrodynamique du milieu, notamment l'énergie mise en jeu pour le transport et la distribution du sable le long de la plage (houle et courants).

## 3. Analyse morphoscopique

L'analyse morphoscopique de la fraction sableuse des échantillons des estuaires de Tahaddart et de Gharifa a montré la présence de deux types de constituants : (i) les terrigènes, représentent la fraction dominante dans la majorité des cas (80%) et sont composés principalement par des grains de quartz, des minéraux lourds et des fragments de roches ; et (ii) les constituants bioclastiques (20%) sont composés particulièrement de fragments de mollusques et foraminifères (Tabl. II). Cependant, les sables de ces deux sites se distinguent par la composition minéralogique de la fraction lourde. En effet, les sables de la plage de Tahaddart sont très riches en hématite et

magnétite, alors que ceux de Gharifa sont riches en zircon et en grenat (photo 2 & 3). Les grains de quartz sont dominés successivement par les grains émoussés luisants (EL), non usés (NU) et les ronds mats (RM). Des traces d'usure et de cassures ont été observées sur la majorité des grains émoussés luisants et sur certains grains anguleux. Au niveau des schorres et des slikkes, les bioblastes (différentes tailles) et les débris de végétaux sont relativement abondants. Il y a également des fragments de roches de tailles et de natures variables. Les grains de quartz sont aussi très abondants dont la majorité est de type EL.

## 4. Cinématique du trait de côte

L'analyse des différents types de documents cartographiques relatifs à la frange littorale du site de Tahaddart, pour la période 1958-2008, fait ressortir des changements notables dans la configuration de ce littoral et montre que l'érosion des plages au niveau du site s'est produite à des vitesses variables. Le taux moyen global de recul des côtes sableuses a été estimé à plus de 85 m, soit de -1,7 m/an, alors que celui d'avancé est de l'ordre de 0,64 m/an.

### Les Plages de part et d'autre de l'estuaire de Tahaddart

Pour la période 1958-2008, la tendance générale du trait de côte a été vers l'érosion, avec un taux moyen plus élevé pour les plages situées au nord de l'estuaire de Tahaddart (plage de Haouara) par rapport à celles du sud (plages de Briech et Kouass) (Fig. 11A & 11C). En effet, le taux moyen global de recul enregistré pour la plage de Houara est de 167 m, soit de -3,34 m/an, alors que pour les plages de Briech et de Kouass, le taux d'érosion annuel reste relativement faible; il est respectivement de -0,41 m/an et -0,86 m/an. Cependant, au niveau de la plage de Briech, et pendant la même période, il y a eu localement des indices d'une zone de faible sédimentation, estimée de 2 m, soit de +0,04 m/an. Des travaux antérieurs, réalisés dans la zone d'étude (Amharrak 2006, Nachite *et al.* 2008), montrent que la tendance générale de ces plages sableuses, pour la période 1958-1992 était vers l'érosion, soit de 2,14 m/an à Haoura et de -1,74 m/an à Briech. Durant cette période, le taux moyen annuel de recul linéaire dans les deux plages a été de -1,94 m/an correspondant à une perte de 68 m de largeur en 35 ans. Ces données, indiquent donc, une accélération du taux d'érosion des plages du nord par rapport à celles du sud durant la période 1992-2008.

Tableau II : Résultats de l'analyse morphoscopique des sédiments prélevés au niveau des estuaires de Tahaddart et de Gharifa (xxx : très abondant, xx : assez abondant, x : moins abondant).

Zones de prélèvement	Fractions terrigènes			Fractions biogéniques		Etat d'usure du quartz		
	Quartz	Fragments de roche	Minéraux lourds	Mollusques	Foraminifères	Non usés	Émoussés luisants	Ronds mats
Gharifa : rive droite	xxx	x	xx	xx	x	xx	xxx	x
Gharifa : rive gauche	xxx	x	xx	xx	x	xx	xxx	x
Tahaddart : embouchure	xx	x	xxx	x	x	x	xxx	xx
Tahaddart : Rive droite	xxx	x	xx	xx	x	xx	xxx	x
Tahaddart : Le chenal	xx	x	x	xx	x	xx	xxx	x
Tahaddart : La slikke	xx	x	x	xxx	x	xx	xxx	x
Tahaddart : Le schorre	xxx	x	xx	xx	x	xx	xxx	x

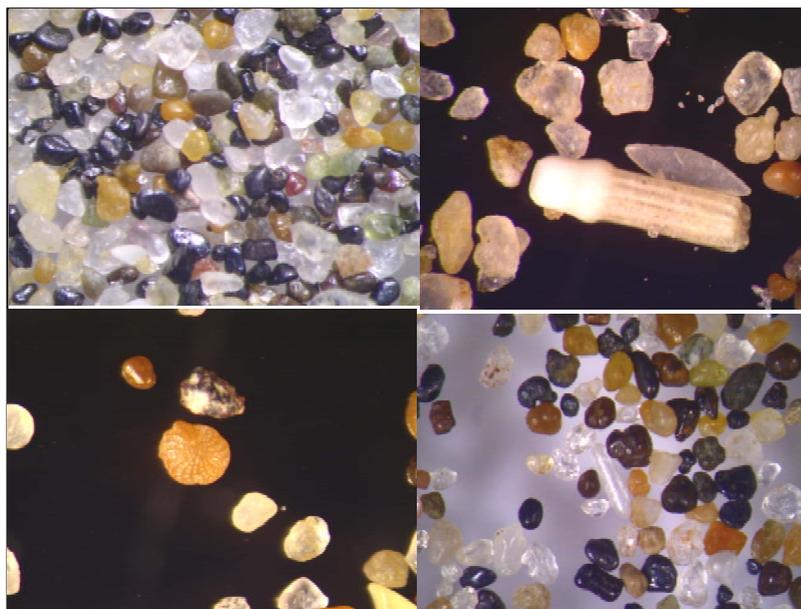


Photo 3 : Sables de plage d'oued Tahaddart vue à la loupe binoculaire (x40). Ils sont bien remaniés et riches en minéraux lourds, en particulier les hématites et les magnétites ; les grains terrigènes et bioclastiques témoignent de la variété des matériaux transportés par l'oued et de l'importance du transport effectué.

#### ***Flèche littorale et embouchure de Tahaddart***

L'évolution de la flèche littorale et de l'embouchure de Tahaddart se caractérise par une forte variabilité (Fig. 11B) et met en évidence une accrétion de la partie située au sud de la pointe de la flèche durant la période 1958-2008. Le taux moyen global de l'avancé de la flèche littorale (notamment la pointe de la flèche) est de 62 m, soit de +1,24 m/an). En revanche, sur la rive gauche, il y a un recul de l'ordre de 109 m, soit de -2,18 m/an. Cette évolution de la pointe de la flèche vers le Sud couplée avec un recul de la rive gauche de l'embouchure conduit au déplacement de l'embouchure vers le Sud par transit littoral et donc une diminution du taux de recul de la flèche en allant du Nord vers le Sud. Au niveau de l'estuaire de l'oued Gharifa, on observe également un déplacement de l'embouchure vers le sud de plus de 320 m durant les 50 dernières années, soit de 6,4m/an (Fig. 11D).

#### ***Estuaire de Tahaddart***

Au niveau de l'estuaire de Tahaddart, la tendance évolutive diffère entre les rives droite et gauche (Fig. 11B). Des phénomènes d'érosion ont été observés au niveau de la rive droite où le taux moyen du recul est de 55 m, ce qui donne un retrait de -1.1m/an. Au niveau de la rive gauche, il y a un engraissement total de 43 m, soit +0,87 m/an. D'une manière générale, le principal enjeu des rives de l'estuaire de Tahaddart est leur mobilité dans le temps, suite au phénomène d'érosion-dépôt dans un système de méandres. C'est ainsi que la rive droite qui montre une topographie concave s'érode, à cause de la présence des courants marins à forte énergie ; alors que son homologue gauche, à profil convexe, s'engraisse en présence d'une dynamique marine de faible énergie.

#### **4.- Les causes de l'instabilité du littoral de Tahaddart**

La frange littorale de Tahaddart est un environnement côtier dont l'évolution et l'équilibre dynamique dépendent à la fois des facteurs naturels de la morphogenèse littorale

et de l'impact des actions anthropiques. Les plages étudiées évoluent de façon très différente les unes par rapport aux autres. Leur orientation, leur morphologie et leurs caractéristiques granulométriques respectives impliquent une réponse différente des agents de la morphogenèse. Leur évolution naturelle va dépendre de deux facteurs importants dont les effets peuvent s'ajouter ou se soustraire (Paskoff 1998, Pedreros 2003). (i) les oscillations relatives du niveau marin au niveau du rivage en favorisant les phénomènes d'érosion côtière et (ii) les paramètres hydrodynamiques, notamment l'énergie déployée par le vent, au niveau de la flèche littorale et par les houles atlantiques dont la turbulence intense due au déferlement érode les côtes sableuses et alimente la dérive littorale. De ce fait, l'ensemble du système sableux change de configuration et de morphologie en donnant des zones d'accrétion et des zones d'érosion.

L'évolution du littoral de Tahaddart est également liée à des facteurs anthropiques, notamment l'intensification des activités industrielles et l'urbanisation croissante et galopante qu'a connue la province de Tanger après l'indépendance. Ces activités socio-économiques ; ont conduit à la mise en place, ces dernières années, d'un certain nombre d'infrastructures et de travaux de construction et de nombreux ouvrages le long du littoral de Tahaddart, conduisant ainsi à des modifications dans la distribution des sédiments et à une dégradation de l'environnement naturel de ces zones (Amharrak 2006, Nachite *et al.* 2008). Dans la zone d'étude, certaines actions anthropiques peuvent avoir un lien direct avec ce déséquilibre et de là entraîner le recul du trait de côte. Parmi ces actions nous citons :

i) Le barrage Ibn Battouta (capacité de 45 millions m<sup>3</sup>) sur l'Oued Mharhar mis en service en 1977 pour l'alimentation en eau potable et l'irrigation (Agence du Bassin Hydraulique du Loukkos *com. pers.*). Ce réservoir

a réduit les débits liquide et solide, ce qui s'est traduit par un déficit dans le stock sédimentaire arrivant à la côte qui a été estimé à 0,55 millions de m<sup>3</sup>/an (Agence du Bassin Hydraulique du Loukkos *com. pers.*). Ce qui peut se traduire par un déficit moyen de quelques 17 millions de m<sup>3</sup> de sédiments, pour le site de Tahaddart.

ii) Le barrage du 9 Avril (capacité de 360 millions m<sup>3</sup>) sur l'Oued El Hachef, installé depuis 1995 (Agence du Bassin Hydraulique du Loukkos *com. pers.*), va accentuer l'effet dû au barrage Ibn Battouta sur les zones humides et la zone côtière.

iii) Reboisement du cordon dunaire entre Haouara et Tahaddart (protection de la route principale RP2 des invasions sableuses). Cette intervention anthropique pourrait ralentir et parfois interrompre les échanges sédimentaires entre les dunes (réserves de sable) fixées et les autres unités de la plage.

iv) L'extraction du sable des plages situées au nord du littoral de Tahaddart, notamment le site de Haouara (extraction abusive de plus de 5000 m<sup>3</sup> de sable marin par jour) a favorisé le démaigrissement direct de la plage et une diminution du stock sédimentaire (LPEE/CRR/EE, 2001b). Ce déficit sédimentaire peut expliquer également l'accélération du taux d'érosion enregistré au niveau du secteur nord de ce littoral pendant la période 1958-2008.

v) L'installation en 2004 de deux grandes infrastructures au niveau de l'estuaire de Tahaddart (centrale thermique en

aval et viaduc de l'autoroute en amont) qui avaient consommés de larges vasières de la zone humide. Les travaux d'endiguement de cours d'eau et de drainage des vasières, notamment à Briech et Haouara constituent également des aspects de dégradation des zones humides de Tahaddart.

## CONCLUSION

1- La dynamique du littoral de Tahaddart est soumise à une double influence marine et fluviale et les plages évoluent de façon très différente. Leur orientation, leur morphologie et leurs caractéristiques sédimentologiques impliquent une réponse différente des agents de la morphogénèse. Les agents de transport sédimentaire agissent différemment en fonction des unités géomorphologiques de la plage : le vent est un agent déterminant dans la distribution et le transport des sédiments en particulier au niveau de la dune. La dynamique des courants de la marée et celle de la dérive littorale joue un rôle très important dans le transport et la répartition des sables au niveau du bas estran. La morphoscopie des sables de plage montre des grains de nature variée et remaniée, et riches en quartz, minéraux lourds et fraction bioclastique. La nature et l'état des grains témoignent de la diversité des agents d'usures côtières et de la variété des matériaux transportés par les oueds.

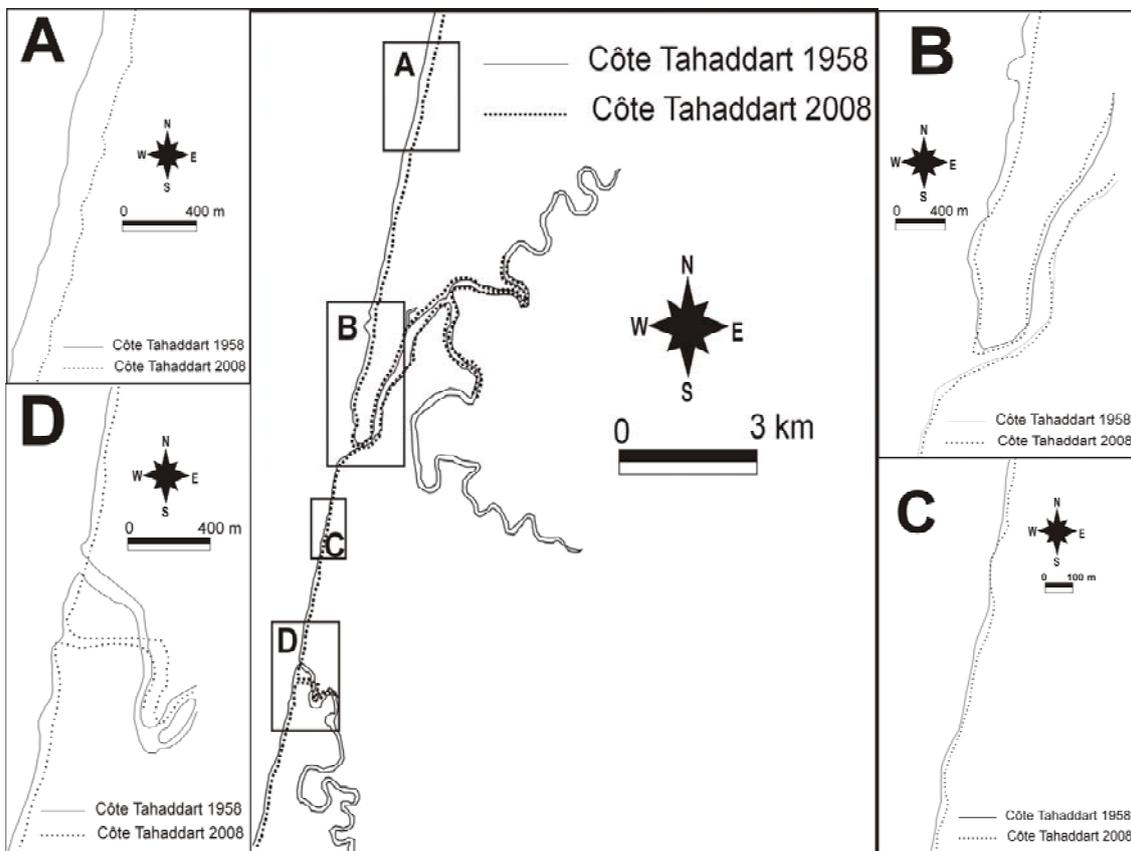


Figure 11 : Evolution du trait de côte au niveau du site de Tahaddart entre 1958-2008. A : Plage de Haouara, B : Flèche littorale et embouchure de Tahaddart, C : Plage de Briech, D : plage de Kouass et embouchure de oued Gharifa.

2- L'étude qualitative et quantitative de l'évolution du trait de côte de la frange littorale comprise entre oued Tahaddart et oued Gharifa indique clairement que la tendance générale est vers l'érosion, avec un taux moyen annuel de -1,7 m/an. Cette évolution érosive de la côte s'est produite temporellement à des vitesses variables, mais également avec une variation spatiale qui se traduit par un taux moyen de recul plus élevé au niveau des plages situées au nord du site de Tahaddart qu'au sud. Ce qui peut expliquer la migration vers le sud de la pointe de la flèche littorale de Tahaddart, ainsi que le déplacement des embouchures des estuaires de Tahaddart et de Gharifa sous l'effet d'une dérive littorale principale qui porte du nord vers le sud. L'instabilité du littoral de Tahaddart dépend à la fois des facteurs naturels de la morphogénèse littorale et à l'impact des actions anthropiques notamment l'installation des barrages au niveau des oueds et de l'extraction abusive des sables destinés à la construction qui a accéléré le phénomène d'érosion côtière.

#### Remerciements

Ce travail a été financé par le projet WADI de la Commission Européenne Contrat n° INCO-CT-2005-015226-Wadi. Je remercie l'évaluateur anonyme pour ses remarques et commentaires qui ont contribué à l'amélioration du manuscrit. Je remercie également Mr. A. Bayed et Mme N. M'hammdi de l'Institut Scientifique (Rabat) et Mr. E.B. Jaaidi de la Faculté des Sciences (Rabat) pour leur aide et disponibilité.

#### Références

- Amharak M., 2006. *Evolution récente (occupation du sol et trait de côte) et impacts anthropiques au niveau de l'Estuaire de Tahaddart (Maroc Nord Occidental)*. Mémoire de DESA, Univ. Abdelmalek Essaadi, Faculté des Sciences Tétouan, 46 p.
- André A. & El Gharbaoui A., 1973. Aspect de la morphologie littorale de la péninsule de Tanger, *Rev. Géogr. Maroc*, 23-24, 57-76.
- Blanc J.J., 1976. Evolution du profil des plages et phénomènes d'érosion littorale. *Téthys*, 7(2-3), 299-306.
- Blanc J.J. & Froget C., 1979. Présentation d'une méthode d'analyse sédimentaire dynamique appliquée aux plages. L'exemple du littoral de la Camargue. *Bull. B.R.G.M.*, 2, 91-102.
- Boak E. & Turner I., 2005. Shoreline definition and detection: a review. *J. Coastal Res.*, 21(4), 688-703.
- Crowell M., Leatherman S.P. & Buckley M., 1993. Shore-line change rate analysis: long term versus short term data. *Shore and Beach*, 61(2), 13-20.
- Carter R.W.G., 1988. *Coastal environments*. Academic Press (Ed.), New York, 617 p.
- Chamley H., 1988. *Les milieux de sédimentation*. BRGM éditions, 173 p.
- Dakki M., El Agbani M.A., Marraha M., Guerinech A. & Mouati N., 2003. *Fiche descriptive du complexe du Bas Tahaddart. Projet d'Inscription de nouveaux sites marocains sur la liste Ramsar des Zones Humides d'Importance Internationale*. WWF International – HCEFLCD – Inst. Sci., Rabat, Projet n°9E0702.01, 15 p.
- Degiovanni C., 1972. Essai d'interprétation hydrodynamique de la granulométrie des sédiments sableux, plage de Pramouquier, Var (France). *The Mediterranean Sea, a natural sedimentation laboratory*, 305-320.
- Doody J.P., 2001. *Coastal Conservation and Management: an Ecological Perspective*. Kluwer Academic Publishers, Boston, USA, 308 p.
- DRAPOR., 2002. *Etude d'impact sur l'environnement des dragages des sables dans l'embouchure de l'Oued Tahaddart*. Rapport de la Société de Dragage des Ports, 22194\M1\E\Rapport-AO, CID, 23 p.
- El Gharbaoui A., 1981. La terre et l'homme dans la péninsule tingitane : étude sur l'homme et le milieu naturel dans le Rif Occidental. *Trav. Inst. Sci.*, série Géologie & Géographie Physique, 15, 1-439.
- El Mrini A., 2004. *L'estuaire de Tahaddart (Province de Tanger – Maroc nord occidental) : Etudes préliminaires*. Mém. DESA, Univ. Abdelmalik Essaadi, Fac. Sciences, Tétouan, 52 p.
- Folk R.L. & Ward W.C., 1957. Brazos River bar: a study in the significance of grain-size parameters. *J. Sediment. Petrol.*, 27, 3-26.
- Guerinech A., 1998. *Habitats naturels et valeurs écologiques du complexe de zones humides du bas Tahaddart (province de Tanger) : approche descriptive et cartographique*. Mémoire Diplôme d'ingénieur des Eaux et Forêts, Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs, Salé, 84 p.
- Guelorget O. & Lefebvre A., 1995. *L'estuaire de Tahaddart : Organisation et fonctionnement*, 19 p.
- Guilcher A., 1979. *Précis d'hydrologie marine et continentale*. 2<sup>ème</sup> édition, Masson, Paris, p. 344.
- Graham E., 2007. Man's Impact on the Coastline. *J. Iberian Geology.*, 34(2), 167-190.
- Hannou E., 2003. *Aménagement du territoire et développement du littoral : Cas de la partie septentrionale du Maroc*. TS7 Coastal Zone Management; 2nd FIG Regional Conference, 2-5 décembre 2003, Marrakech (Maroc), 13 p.
- Hansali H., 1998. *Contribution à l'étude socio-économique et mode d'utilisation de la zone humide littorale de Tahaddart en vue de son aménagement (région nord-ouest marocaine)*. Mémoire Diplôme d'ingénieur des Eaux et Forêts, Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs, Salé, 117 p.
- INRH, 1991. *Structure hydrobiologique de l'estuaire de Tahaddart (Maroc)*. Rapport scientifique établi par l'Institut National de Recherche Halieutique (Casablanca) et le Laboratoire d'Hydrobiologie Marine (Montpellier). MERCI D'AJOUTER LE NOMBRE DE PAGES.
- Jaaidi E., Ahmamou M., Zougary R., Charthe B., EL Moutchou, Malek F. & Naim K., 1993. Le littoral méditerranéen entre Tétouan et Ceuta et atlantique entre Tanger et Asilah (Maroc). Impact des aménagements portuaires sur la dynamique côtière : cas des ports de M'diq, Restinga-Smir, Tanger et Asilah. In Berriane M. & A. Laouina (Eds) *Aménagement littoral et évolution des côtes : Actes du Symposium de Tétouan-Tanger-Rabat*, 21-33.
- Karrouk M.S., 1990. Aperçu sur les mécanismes climatiques rifains. *Rev. Fac. Lettres, Tétouan, "le Rif, l'espace et l'homme"*, 4, 4<sup>ème</sup> année, 11-36.
- Komar P.D., 1998. *Beach processes and sedimentation*. Prentice-Hall Englewood Cliffs, NJ, 544 p.
- Legrain D., 2000. *Le conservatoire du littoral*, Actes sud : Ed. locales de France (Conservatoire du littoral), Paris, 109 p.

- Liu J.T. & Zarillo G.A., 1989. Distribution of grain sizes across a transgressive shoreface, *Mar. Geol.*, 87, 121-136.
- LPEE/CEH., 1997. *Plan bathymétrique de l'estuaire de Tahaddart au 1/1000ème*. Rapport interne.
- LPEE/CRR/EE., 2001a. *Régime des marées et influence des vents, Centrale thermique de Tahaddart*. Rapport interne.
- LPEE/CRR/EE., 2001b. *Etude des apports solides et diagnostique sédimentologique du site de la centrale thermique de Tahaddart*. Rapport interne.
- Massik Z., Lakhdar I. & Zizah S., 2003. Impact d'une activité de dragage de sables sur la faune et la flore de l'estuaire de Tahaddart (Cas de l'estuaire de Tahaddart). *Colloque International sur les sables et Environnement (Solution Alternatives)*. Casablanca, Maroc, 1-21 p
- Mansour M., 2003. Environnements littoraux et aménagement durable : Apport de l'information spatiale. *TS7 Coastal Zone Management; 2nd FIG Regional Conference*, Morocco. Marrakech (Maroc), 11 p.
- Nachite D., Bekkali R., Macias A. & Anfuso G., 2008. *El estuario de Tahaddart: las bases para una gestión integrada de un espacio en plena transformación*. Service de Publication de l'Université de Cadix (Espagne), 33 p.
- ONE. 2002. *Rapport d'Etude d'Impact sur l'Environnement de la Centrale à Cycles Combinées de Tahaddart*, volume II, Rapport Final, 186 p.
- Orbi A., Lakdar J.I. & Zidane H., 1997. Etude préliminaire de l'estuaire de l'Oued Tahaddart (Automne 1995-printemps et automne 1996). *Travaux et Documents de l'Institut National de Recherche Halieutique*. 104, 1-82.
- Pajak M.J. & Leatherman S., 2002. The high water line as shoreline indicator. *J. Coastal Res.*, 18(2), 329-337.
- Pedrerros R., 2003. *Impact du changement climatique sur les zones côtières*. Rapport BRGM/RP-52803.
- Passega R., 1963. Analyses granulométriques, outil géologique pratique. *Rev. Inst. français pétrole*, XVIII (11), 1489-1499.
- Paskoff R., 1992. *Côtes en danger. Pratique de la géographie*, Masson, Paris, 250 p.
- Paskoff R., 1998. *Les littoraux : impact des aménagements sur leur évolution*. 3e édition, A. Colin, Paris, 257p.
- Pinot J.P., 1998. *La gestion du littoral: 1. Littoraux tempérés: côtes rocheuses et sableuses*. Collection Propos. Institut Océanographique, Paris, tomes 1 & 2, 760 p.
- Projet WWF International "*Inscription de nouveaux sites marocains sur la liste Ramsar des zones humides d'importance internationale*". HCEFLCD/Inst. Sci./WWF International/Bur. Ramsar, 15p.
- Snoussi M. & El Hafidi Tabet A., 2000. Integrated coastal zone management programme –Northwest African region case. *Ocean and Coastal Management*, 43-10.
- Suarez S., Arnoux-Chiavassa S., Bony P., Bruzzi C., Buffet R., Provansal M. & Fraunié P., 1996. Evaluation of coastal sediment transport. *MEDDELT Final Report*, Univ. Aix-Marseille I., 13p.
- Weber O., 1989. Les agents dynamiques et le transport sédimentaire dans la zone côtière. *Bull. Inst. Géol. Bassin d'Aquitaine*, Bordeaux., 45, 23-36.
- Wright L.D. & Short A.D., 1984. Morphodynamics variability of surf zones and beaches: a synthesis, *Mar. Geol.*, 56, 93-118.