



## ETUDE GRANULOMETRIQUE ET MINERALOGIQUE DES SEDIMENTS SUPERFICIELS DU LITTORAL DE SAÏDIA ET DE L'ESTUAIRE DE LA MOULOUYA (NORD-EST DU MAROC)

BELLAHBIB N<sup>1</sup>, REZQI H<sup>1</sup>, OUJIDI M<sup>1</sup>, BENGAMRA S<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire des Géosciences Appliquées, Département de Géologie, Faculté des Sciences, Université Mohammed Premier Oujda, Maroc.

<sup>2</sup>Ecole Nationale des Sciences Appliquées d'Al Hoceima, Université Mohammed Premier, Oujda. Maroc.

*bellahbib\_n@yahoo.fr*

### RESUME

La zone d'étude qui fait partie du littoral de Saïdia, est constituée de deux parties, une partie fluviatile entre le pont de la rocade et l'embouchure de la Moulouya sur une longueur de 5 km et une partie littorale entre le port plaisance de Saïdia et le port de pêche maritime de Cap de l'Eau. Les prélèvements en mer (L1 à L25) ont été faits selon des radiales orientées perpendiculairement à la ligne de rivage. La distance moyenne entre deux radiales est d'environ de 1,2 km et entre deux prélèvements successifs est d'environ 800m. Les prélèvements en rivière (F1 à F5) ont été faits dans le lit mineur de l'Oued Moulouya avec un espacement de 550 mètres.

Suite à cette campagne océanographique, la caractérisation sédimentologique des prélèvements s'est basée sur des essais granulométriques, minéralogiques, morphoscopiques et calcimétriques.

L'étude granulométrique a montré que ces sédiments sont constitués essentiellement de sables moyennement classés. Quant à la morphoscopie des quartzs, elle a relevé la prédominance des grains de sable non usés à l'Ouest de l'estuaire de la Moulouya résultant de l'érosion marine des falaises calcarenitiques et la prédominance des émoussés luisants à l'Est de l'estuaire

traduisant l'importance du remaniement marin et l'effet de l'hydrodynamisme de la dérive littorale vers l'Est de la plage.

L'analyse minéralogique des sables révèle l'abondance des quartzs sur le reste des minéraux tels que les feldspaths, les chlorites, les micas et les fragments de roches. Alors que l'analyse calcimétrique montre que la totalité des sédiments étudiés contiennent des teneurs qui avoisinent les 40% en carbonates  $\text{CaCO}_3$ , cela est du essentiellement à la prédominance des débris de coquilles dans les sédiments particulièrement au niveau de l'estrain marin.

**Mots clés :** littoral de Saïdia, sédiments superficiels, granulométrie, minéralogie, morphoscopie, calcimétrie.

## **ABSTRACT**

The study area which is part of the Saïdia littoral consists of two parts: a fluvial portion between the bypass bridge and the mouth of the Moulouya river over a length of 5 km and littoral part between the Saïdia Marina port and the port of marine fisheries of Cap de l'Eau. Sea (L1 to L25) withdrawals have been made according to the radial oriented perpendicularly to the shore line. The average distance between two radial is of approximately 1,2 Km and between two successive samples is about 800 m. sampling in the river ( F1 to F5) were made in the minor bed of Oued Moulouya with 550 metres spacing.

Following this oceanographic campaign, the sedimentological characterization of samples is based on granulometric, mineralogical, morphoscopic and calcimetric tests.

The granulometric study showed that these sediments consist essentially of moderately graded sands. As to the morphoscopy of quartz, revealed the prevalence of the NU type to the west of the estuary of Moulouya river resulting from erosion of the cliffs calcarenitic and the predominance of the EL type, to the east of the estuary indicating an important marine reworking and the effect of the hydrodynamics of the littoral drift to the East of the beach.

The mineralogical analysis of sands reveals the abundance of quartz on the rest of minerals such as feldspar, chlorite, mica and fragments of rocks. While the calcimetric analysis shows that all of the studied sediments contain levels which

are around 40% in carbonate  $\text{CaCO}_3$  it is of essentially to the predominance of debris from shells in sediments specially at the level of the marine estrain.

**Key words:** Saïdia littoral, superficial sediment, granulometry, mineralogy, morphoscopy, calcimetry.

## INTRODUCTION

Les études granulométriques et minéralogiques des sédiments de surface des zones côtières de la méditerranée ont fait l'objet de nombreux travaux, principalement par (Boughaba, 1992), (El Arrim, 2001), (El Hatimi et al., 2002), (El bouzidi et al., 2004), (Achab et al., 2005), sur la baie de Tanger, et par (Gutierrez-mas et al., 1996 et 1999), (Achab, 2000) et (Achab et al., 1999b, c; 2002 et 2003) sur le golfe et la baie de Cadix. Des études sédimentologiques similaires ont été réalisées au Maghreb, en particulier sur le Golfe de Tunis (El Arrim, 1996), la baie d'Alger, (Maouch, 1987) et la baie d'Al Hoceima (Gensous & Tesson, 1979).

Le littoral méditerranéen marocain situé entre le port de Saïdia et le port de Cap de l'eau subit d'importantes modifications suite aux activités humaines et notamment l'extension urbaine et la réduction du couvert forestier. Les plages sableuses qui le forment ne sont interrompues dans leur partie médiane que par l'embouchure de la Moulouya (R. Raynal, 1961). Cette embouchure étroite n'est ni un estuaire ni un delta du fait de son évolution tectonique et morphodynamique : le lent soulèvement à l'Holocène moyen et supérieur (H. Zarki, 1999) ; (H. Zarki et al., 2004), la réduction des apports de la Moulouya et l'efficacité de l'érosion marine (M. Snoussi et al., 2002) ont limité la sédimentation et empêché la formation d'un delta, sans pour autant permettre le fonctionnement d'un estuaire.

Ce littoral connaît une pression anthropique croissante et notamment une extension urbaine exceptionnelle au dépend du couvert forestier existant. A cet effet, ce travail vise la détermination des impacts négatifs sur la dynamique sédimentaire et l'équilibre naturel de la zone côtière de Saïdia en se basant sur la caractérisation granulométrique et minéralogique des sédiments, ainsi que les facteurs de contrôle de la distribution et du transport des dépôts superficiels du littoral de Saïdia, D'un autre coté le présent travail a pour objectif d'établir

l'état de l'environnement avant l'urbanisation intense que va connaître ce milieu naturel afin de contribuer à la préservation du littoral de Saïdia.

## CADRE GEOGRAPHIQUE ET GEOLOGIQUE REGIONAL

Le littoral de Saïdia comporte plusieurs unités morphologiques telles que la plaine de Saïdia, l'oued Moulouya, l'embouchure de la Moulouya et des falaises calcarénitiques mortes à proximité de la plage s'étendant entre l'embouchure et Cap de l'eau.

L'embouchure de la Moulouya correspond à un complexe de zones humides d'environ 3 000 ha, situé à l'extrême Nord-Est du Maroc, entre les latitudes 34°40N et 35°08N et entre les longitudes 02°10W et 02°50W (Dakki et al. ,2003).

Administrativement, le site se trouve à la limite nord de la province de Berkane (communes de Madagh et de Boughriba) et à l'Est de la province de Nador (commune de Ras El Ma). La Moulouya constitue la limite entre les deux provinces, bien qu'il se trouve pratiquement à la sortie ouest de la ville de Saïdia (Fig. 1).

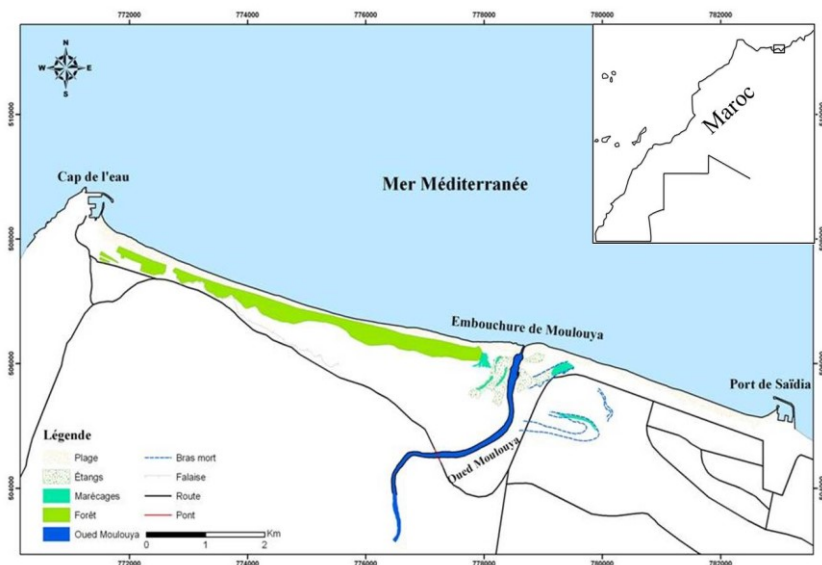
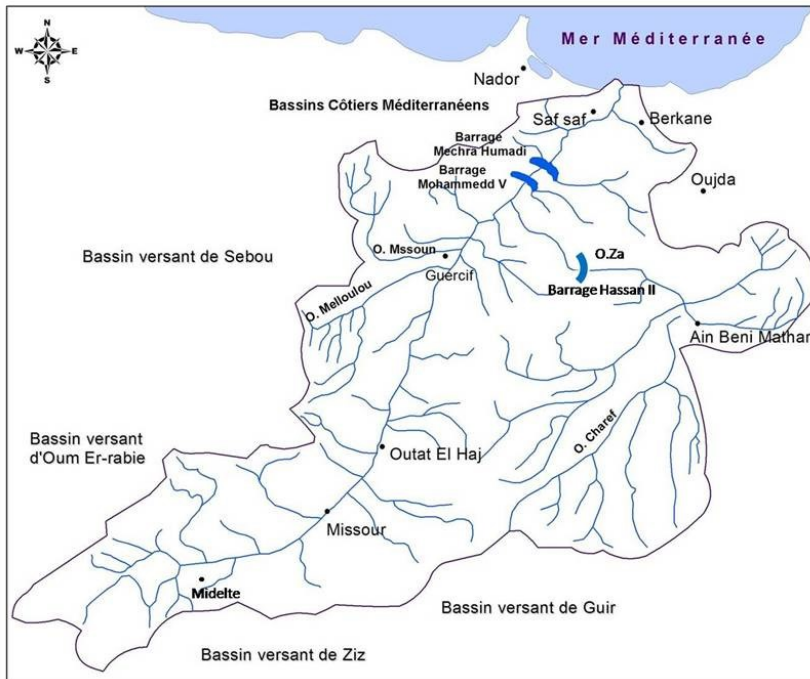


Figure 1 : Situation géographique de la zone d'étude.

La Moulouya draine un bassin versant d'une superficie 55 000 km<sup>2</sup> (Snoussi, 2002) (Riad, 2003), (El ghali et al., 2004). Ce bassin versant couvre presque la totalité de l'oriental Marocain. Géographiquement, il s'inscrit entre les latitudes 32° 18' et 35° 8' Nord et entre les longitudes 1° 11' et 5° 37' Ouest (Riad, 2003).

De point de vue hydrologique, ce bassin versant est partagé en trois zones : la haute Moulouya (Midelt, Zaïda), la moyenne Moulouya (région de Missouri, Outat El Haj) et la basse Moulouya (Guercif, Berkane, Saïdia) (Fig. 2). Il dispose actuellement de quatre grands barrages : barrage Mohammed V d'une capacité de 331 millions de m<sup>3</sup> ; barrage Mechraâ Hammadi d'une capacité de 6 millions de m<sup>3</sup> ; barrage Hassan II sur l'oued Za d'une capacité de 275 millions de m<sup>3</sup> ; barrage Engil d'une capacité de 12 millions de m<sup>3</sup> (El ghali et al., 2004) (Fig. 2).



**Figure 2 :** Réseau hydrographique du bassin versant de la Moulouya.

La grande étendue et la diversité des reliefs du bassin versant de la Moulouya font que le climat est très variable d'une région à une autre. Néanmoins, on peut

distinguer deux zones climatiques bien distinctes (Riad, 2003). La frange méditerranéenne, située au Nord, est caractérisée par un climat semi-aride avec deux saisons : un hiver doux et peu pluvieux allant d'octobre à mai et un été sec et chaud s'étalant de juin à septembre. Le reste du bassin versant est caractérisé, généralement, par un climat aride où les précipitations sont très faibles et où la période sèche s'étale sur une grande période de l'année. Les hivers y sont souvent rigoureux, longs et froids, marqués parfois par des températures minimales négatives alors que les étés sont très chauds. Les hautes barrières montagneuses du Moyen Atlas et du Rif privent cette zone du bassin des influences océaniques riches en pluies. Vers le Nord, les chaînes de Béné Snassèn empêchent les pluies de pénétrer à l'intérieur du bassin.

## **IMPACT DES AMENAGEMENTS SUR LA DYNAMIQUE LITTORALE ET LES APPORTS SEDIMENTAIRES**

### ***L'impact des barrages sur l'oued Moulouya***

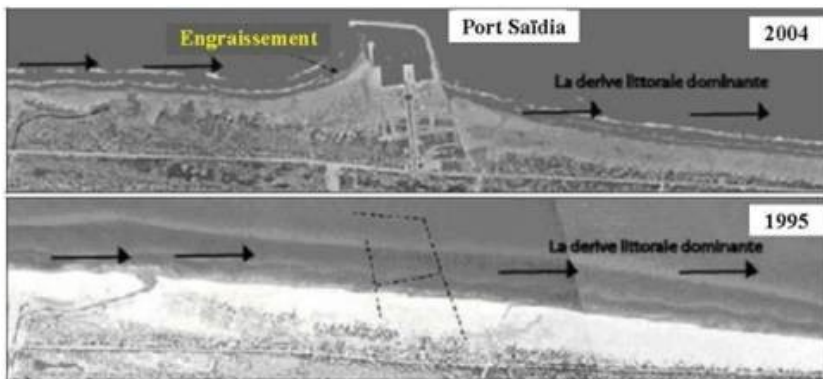
Les barrages construits sur la Moulouya ont fortement réduit les débits et la charge sédimentaire du fleuve, mais il faut aussi tenir compte des longues périodes de sécheresse, comme celle des années 1980, qui ont fortement accentué les étiages dans le bassin versant. Selon (Snoussi et al., 2002), la réduction du débit de la Moulouya atteindrait 47 % et celle de l'apport sédimentaire 93 %. Ainsi, avant l'installation des barrages, les apports sédimentaires au littoral s'élevaient à  $12 \times 10^6$  tonnes par an en moyenne, soit une dégradation spécifique de  $240 \text{ t/km}^2/\text{an}$  dans le bassin versant, par contre ils ne dépasseraient guère  $0,84 \times 10^6$  tonnes par an depuis leur mise en service. Toutefois ces apports sédimentaires sont probablement plus importants, car les barrages subissent un envasement croissant qui limite le stockage et favorise l'expulsion d'une quantité croissante de sédiments fins. En outre, la forte variabilité interannuelle de la charge sédimentaire rend les mesures difficiles et les résultats imprécis (Pont et al., 2002).

## **L'IMPACT DES DIGUES PORTUAIRES SUR LE LITTORAL.**

Les digues portuaires interrompent le transport sédimentaire par la dérive littorale et peuvent favoriser l'ensablement des ports, comme l'a montré, (Charrouf, 1989) pour de nombreux ports de la côte atlantique marocaine. D'après cet auteur, tous les ports construits après les années 1980, connaissent un ensablement important et nécessitent un entretien par des dragages très coûteux.

Le port de Saïdia (Fig. 3) est soumis à un ensablement important du fait de l'orientation de son entrée. D'une part, le port joue un rôle d'obstacle pour le transit sédimentaire en provenance de l'oued Moulouya. D'autre part, le littoral entre l'embouchure de l'oued Moulouya et Cap de l'Eau est linéaire et de direction ENE-WSW et les transits sédimentaires liés à la dérive littorale de sens Est sont donc dirigés vers l'entrée de ce port.

Une fois construit, ce port de plaisance a été soumis à un ensablement important et cela est dû à son orientation vers l'ouest. Si son entrée avait été orientée vers l'est, l'ensablement aurait été moins important.



**Figure 3 :** Effet du port de plaisance de Saïdia sur le transit sédimentaire. (Vues extraites des missions aériennes Saïdia 2004 et 1995) (Bouabdellah et Larue, 2009).

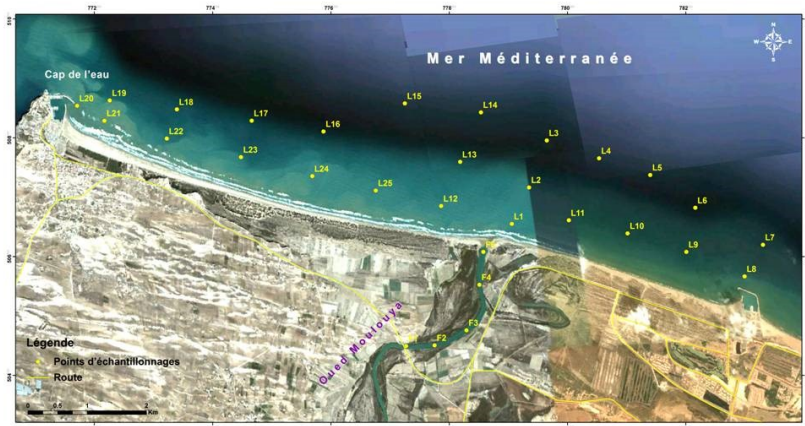
## MATERIEL ET METHODES

### Echantillonnage

Le travail de terrain, réalisé en 2008 a consisté un prélèvement de 30 échantillons de sédiments superficiels (profondeur d'environ 10 cm) à l'aide d'une benne Van Ven (Fig. 4).

Les prélèvements en mer (L1 à L25) ont été faits d'une façon précise selon des radiales orientés perpendiculairement à la ligne de rivage et cela dans la zone comprise entre le Port de Saïdia et le Port de Cap de l'eau (environ 12 km). La distance moyenne entre deux radiales juxtaposés d'environ de 1200 m et entre deux prélèvements successifs est d'environ 800 m.

Les prélèvements en rivière (F1 à F5), ont été faits le long de l'Oued entre le pont de la rocade méditerranéenne et l'embouchure avec un espacement de 550 m (Fig. 4).



**Figure 4 :** Situation géographique des points de prélèvement sur une photo extraite de Google earth 2010.

### Analyse granulométrique

L'analyse granulométrique a été faite sur 100 grammes de sédiment séché dans 1 étuve à 105 °C. Pour chaque échantillon nous avons utilisé une colonne de 8

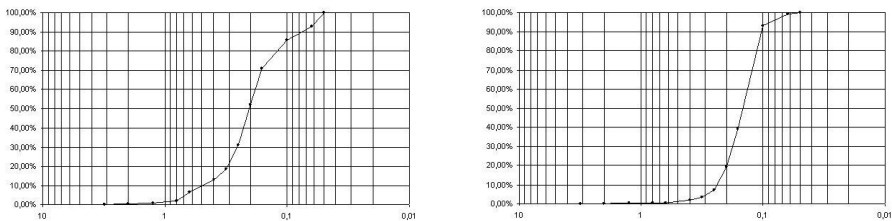


tamis de la série selon la norme (Afnor), dont les mailles sont : 3,15 ; 2 ; 1,25 ; 0,8 ; 0,63 ; 0,4 ; 0,315 ; 0,25 ; 0,2 ; 0,16 ; 0,1 ; 0,063 ; et < 0,063 mm.

Chaque échantillon fait l'objet de 20 minutes de vibration avec une vitesse de secousses modérée de 20 secousses par seconde pour empêcher la cassure des grains de sédiment.

Chaque refus de tamis est ensuite pesé, au dixième de gramme près. Ces valeurs sont reportées sur un graphe comportant ; en coordonnées (en échelle arithmétique logarithmique) les poids cumulés et séparés en pourcentage de l'échantillon, et en abscisse, l'échelle logarithmique des mailles des tamis (Fig. 5).

Les résultats ont été interprétés selon les démarches sédimentologiques classiques (Folk, 1966), (Friedman, 1978).



Courbe cumulative de l'échantillon F5

Courbe cumulative de l'échantillon L2

**Figure 5 :** Courbes granulométriques des sédiments du site F5 et L2.

A partir des graphes obtenus après tamisage, il est possible de calculer quelques paramètres simples, informant sur les caractéristiques des sables :

## **RESULTATS ET DISCUSSIONS**

### **Coefficient de classement STDV de Friedman (déviation standard)**

L'écart type (Standard déviation) définit le degré de classement du sédiment.

$$STDV = 84\phi - 16\phi/4 + 95\phi - 5\phi/6,6$$

Les STDV des sédiments étudiés se répartissent en quatre classes. Ainsi l'échantillon F5 de l'embouchure est passablement classé, L'échantillon L11 est assez bien classé et le reste des échantillons présente une qualité de sables bien à très bien classés (Fig. 6).

En générale, les sables du littoral sous marin de Saïdia, sont des sables bien classés et dépendent de l'hydrodynamisme du littoral. Elles sont déposées dans un milieu peu agité (moyenne énergie) et de profondeur qui dépasse les 4 mètres.

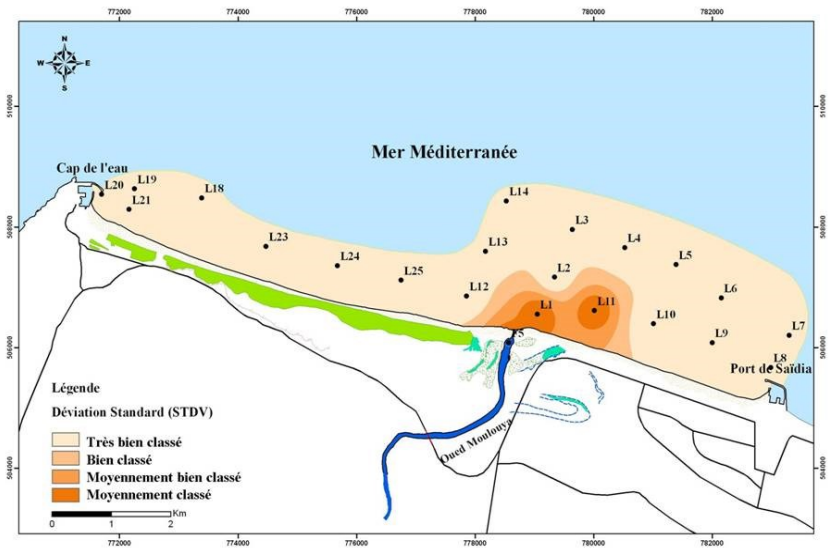


Figure 6 : Carte de variation spatiale de l'indice de classement STDV.

### Indice d'Asymétrie de Trasck (S)

Il exprime l'asymétrie de la courbe des fréquences simples par rapport à la médiane ( $Md = Q2$  : est la valeur d'un diamètre tel que 50% de l'effectif total se place de part et d'autre). Trois cas se présentent :

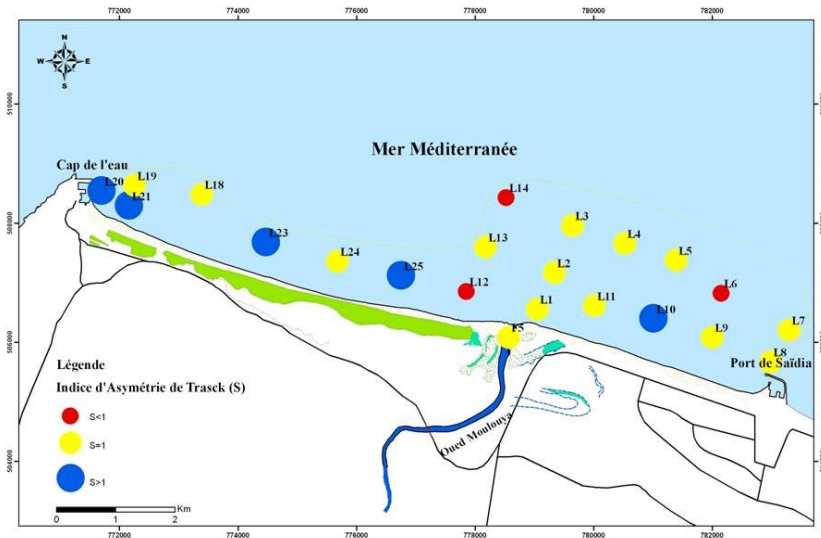
- $S = 1$  : le mode coïncide avec la médiane ( $Q2$ ), et la courbe de fréquence simple est symétrique.
- $S > 1$  : le classement est maximal du côté des fins, alors que la fraction grossière est étalée.

- $S < 1$  : le classement est maximum du coté des grossiers, la fraction fine est très étalée.

La majorité des échantillons et surtout au niveau de la partie qui s'étale de l'embouchure vers l'intérieur de la plage,  $S = 1$ , donc le mode coïncide avec la médiane ( $Q_2$ ) et la courbe de fréquence est simple et symétrique. Ces échantillons correspondent à des dépôts par des courants tractifs dont la compétence diminue par excès de charge. C'est un dépôt brut sans remaniement après la sédimentation (Fig. 7).

Les échantillons du voisinage du trait de la plage (L10, L20, L21, L23 et L25) présentent un indice d'asymétrie  $S > 1$ . Cela signifie que le classement est maximal du coté des sables fins, et le milieu de dépôt est turbulent correspondant à la zone des vagues du milieu littoral.

Donc l'hydrodynamisme est assuré par des vagues.



**Figure 7 :** Carte de répartition de l'indice d'asymétrie de trasck (S).

### Diagramme de Passega

Ce diagramme permet de déterminer le mode de transport des sédiments. Il comporte un ensemble de segments appelés (patterns) en forme de chaussette, et qui représentent différents types de transport (Passega, 1957).

La répartition de l'ensemble des dépôts de l'embouchure de la Moulouya et le littoral de Saïdia, dessine un spectre d'un courant tractif dont on reconnaît facilement les segments QP et ON (Fig. 8).

Selon Passega, 1957 le terme de courant tractif désigne des courants transportant les sédiments au niveau d'une rivière, et les courants marins profonds qui suivent le fond.

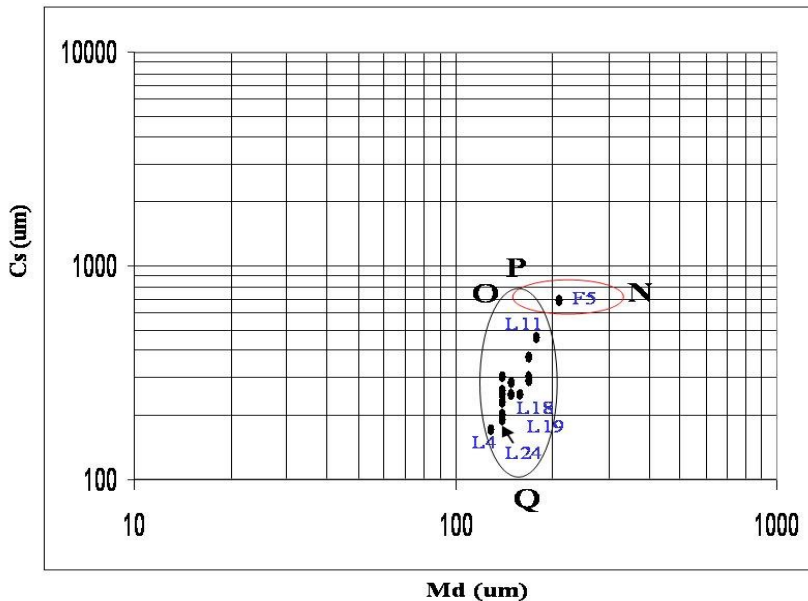


Figure 8 : Diagramme de Passega.

Le segment QP représente la totalité des sédiments de la plage sous-marine et qui sont en suspension gradée et roulement. Le segment ON représente les sédiments transportés par roulement, Ainsi, seul l'échantillon F5 de l'estuaire qui témoigne ce type de transport.

Le diagramme de Passega de nos dépôts, ressemble à celui des dépôts de tidal flat (Passega, 1957) en zone de balancement des marées.

### **Les diagrammes de combinaison (STDV- Mz) et (Mz – Ski)**

**Le diamètre moyen (Mz)** représente la taille moyenne des grains. Il se calcule à partir de formule de (R.L. Folk et W.C Ward, 1957).

**L'asymétrie (Skewness) : Ski** mesure la déviation absidiale de la distribution selon la courbe de Gauss.

Ces diagrammes sont conçus pour distinguer des sables appartenant à des environnements sédimentaires actuels différents (Friedman, 1967), (Moiola et Weiser, 1968). La meilleure différenciation semble s'effectuer lorsque ces sables sont soumis à des mécanismes de transport nettement différents tels que le transport oscillatoire par les vagues et le transport unidirectionnel par les rivières, le vent, la marée et les courants marins de fond (up weling).

La plupart des paramètres granulométriques utilisés ont des valeurs des sédiments transportés par un courant oscillatoire (vagues) (Fig. 9). Ainsi nuage de points situé dans le secteur représentant des dépôts de plage (Friedman, 1967) et (Moila et al., 1968).

Par ailleurs, l'échantillon F5 présente des valeurs d'un transport par courant unidirectionnel de la Moulouya ce qui montre que les sédiments de l'embouchure ne sont pas soumis à l'action des vagues. Tandis que, les échantillons L18 et L19 pourraient être d'origine dunaire et remaniés par les vagues. Cette origine réside dans l'érosion marine de la falaise côtière se trouvant à l'Ouest de la Moulouya et qui est constituée de dunes calcarénitiques.

### **Diagramme Qdphi de KRUMBEIN**

Ce diagramme montre bien que les sédiments étudiés sont des sables de plage marine, mais de provenance dunaire et fluviale (Fig. 10).

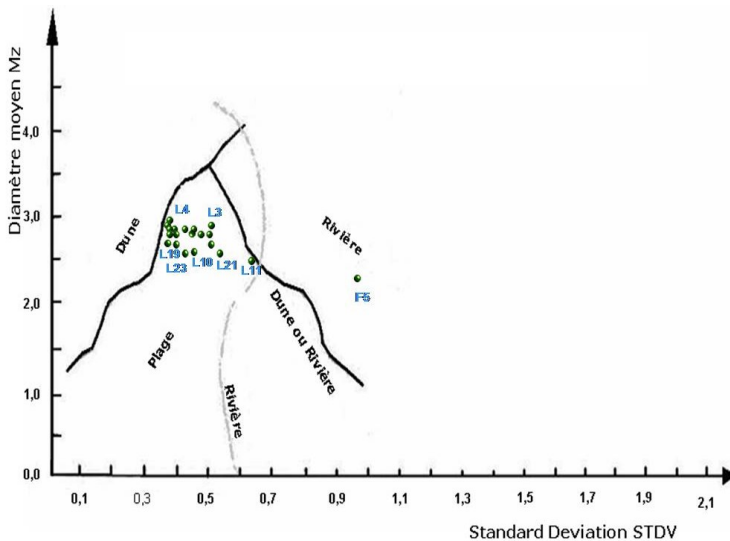


Figure 9 : Diagramme de Friedman conjuguant les indices granulométriques STDV/MZ (Friedman, 1961).

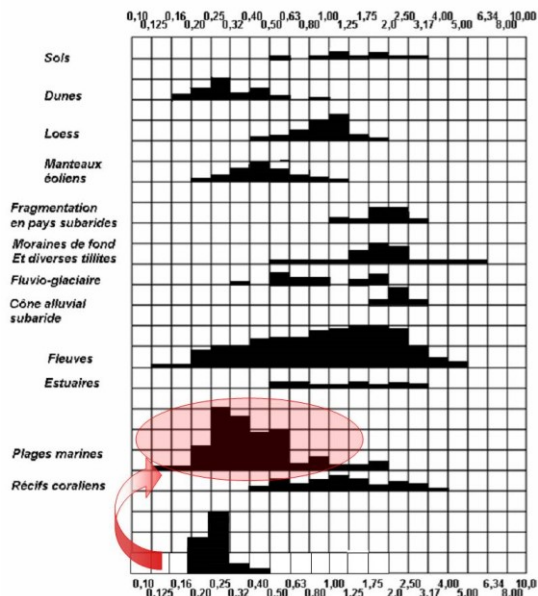


Figure 10 : Diagramme Qdphi de KRUMBEIN.

## **Analyse morphoscopique**

Si la granulométrie nous permet de connaître les processus intervenant dans le transport et le dépôt des sédiments, la Morphoscopie ou étude de la surface des grains de quartz, quant à elle, nous permet de préciser l'amplitude de ces processus et l'intensité des facteurs mis en jeu ; elle permet aussi de retracer l'histoire et les conditions de transport de ces grains.

(L. Le Ribault, 1977) définit la morphoscopie comme un moyen aidant à la «détermination statistique des différents types de quartz dans les dépôts sableux». Plus largement, la morphoscopie s'attache à observer les diverses traces visibles à la surface des quartzs détritiques en vue d'en déterminer l'origine et les milieux traversés.

(Cailleux, 1942) propose le classement de l'ensemble des quartzs en trois catégories

- Les non-usés (NU) correspondant à un sable proche de sa source de matériel.
- Les émoussés luisant (EL) caractéristique d'un transport par voie aquatique.
- Les ronds mats (RM) signent d'un milieu à dynamique éolienne.

La morphoscopie des quartzs a été réalisée sous la loupe binoculaire (grandissement 40x). Le comptage et la détermination des grains ont été effectués sur 2200 grains environ. Les pourcentages relatifs des non usés (NU), des ronds mats (RM), des émoussés luisants (EL), des émoussés luisants picotés (EP) (Fig.11), ont été calculés d'après la méthode proposée par (Cailleux, 1943).

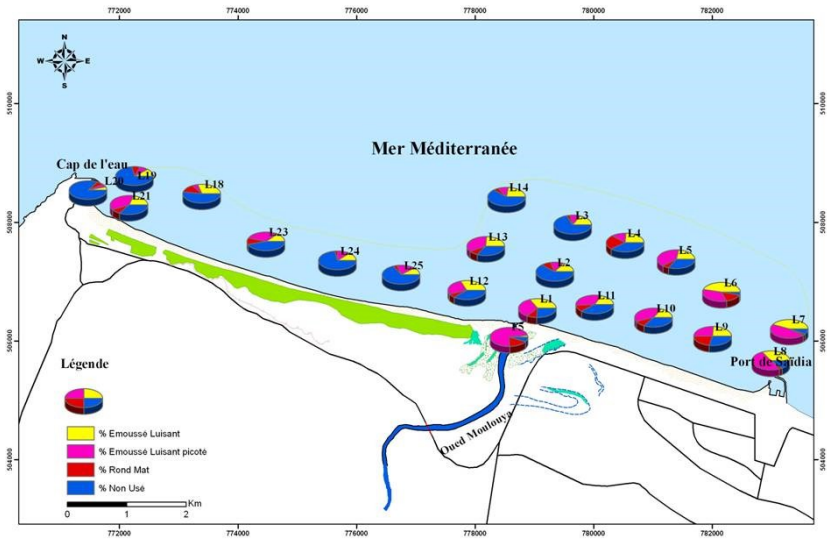
L'examen morphoscopique montre la dominance des grains non usés avec une moyenne de 42,13 % notamment dans la partie Ouest de l'embouchure (Fig. 11), Cela met en évidence l'érosion marine des falaises calcarénitiques (dunes éoliennes consolidés) entre l'embouchure et Cap de l'Eau.

Les émoussés luisants picotés ont un pourcentage moyen de 27,5 %, et se présentent en grande quantité au niveau de l'embouchure, ce qui explique l'agitation de ce milieu.

Les émoussés luisants se présentent en faible pourcentage dans la partie Ouest par contre ils sont dominants dans la partie Est, leur pourcentage est de 21,45%. Donc on peut déduire que l'usure par la mer est dominante sur la rive droite de

l'oued par l'effet de la dérive littorale, ( $EL > 30\%$  pour L1, L2, L6, L7, L8, L12) qui transporte les sédiments de l'Ouest vers l'Est. Cette situation explique bien l'ensablement du port de plaisance de Saïdia.

Les ronds mats se présentent en faible pourcentage 8,90 % en moyenne, Elles proviendraient de l'érosion marine des falaises calcarénitiques (dunes éoliennes) et qui ne sont pas encore retravaillées par les vagues pour devenir des EL.



**Figure 11** : Carte de la répartition spatial des grains émoussé luisants, émoussé luisant picotés, les ronds mats et les non usés.

### Analyse minéralogique

L'étude minéralogique a été réalisée aussi à l'aide d'une loupe binoculaire (40x) et sur la fraction 0,630 à 0,315 mm.

Elle a été effectuée sur 100 grains de chaque échantillon pour déterminer leur composition minéralogique, et notamment le pourcentage de quartz, chlorites, pyroxènes, calcites, micas,...

En effet, le cortège minéralogique des sables est composé en moyenne de :

- Quartz : le minéral le plus dominant avec une teneur moyenne de 40 %
- Micas : présentent un pourcentage moyen de 16 %



- Chlorites : 21%
- Calcite : 17 %
- Pyroxènes : 04 %
- Et autres minéraux indéterminés et des fragments de roches présentent un pourcentage moyen de 2 %.

La composition minéralogique au niveau de l'embouchure de la Moulouya et le littoral de Saïdia est riche et diversifiée, elle est marquée par la dominance Quartz, chlorites, calcite et micas (Fig. 12).



**Figure 12 :** Carte de la répartition spatiale des principaux minéraux composant dans les sédiments superficiels de la plage sous-marine de Saïdia.

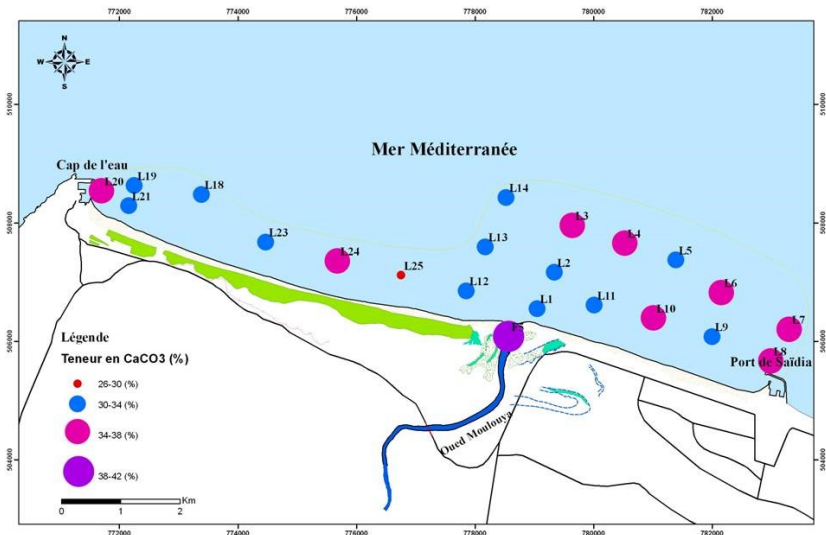
### Teneur en carbonates

La teneur en carbonates est déterminée par la méthode du calcimètre. Elle tend à reconnaître le pourcentage de carbonates  $\text{CaCO}_3$  dans chaque sédiment. Le calcimètre utilisé est celui de Bernard.

La répartition spatiale des teneurs en carbonates dans les échantillons étudiés, montre des valeurs modérées et variables entre un maximum de 42% au niveau

de l'estuaire (F5) et un minimum de 30 % au niveau de la plage sous-marine (L25).

La carte de variation du pourcentage de  $\text{CaCO}_3$  (Fig. 13), montre généralement une évolution décroissante, de l'estran vers le rivage sauf à l'embouchure qui présente une teneur élevée par rapport aux autres points de prélèvement. Ceci s'explique par le fait que l'estran pourrait être riche en éléments bioclastiques (débris de coquilles).



**Figure 13 :** Carte de répartition de la teneur en  $\text{CaCO}_3$  dans les sédiments superficiels de la plage sous-marine de Saïdia.

## CONCLUSIONS

Au terme de ce travail, les résultats obtenus nous ont permis de caractériser les sédiments de surface de l'embouchure de la Moulouya et de la zone sub-tidale s'étendant entre le port de Saïdia et le Cap de l'Eau.

L'étude granulométrique par tamisage nous a montré qu'il s'agit de sable, de taille moyenne bien classée en concordance avec un milieu peu profond soumis à l'influence des vagues contrairement aux faciès de l'embouchure de la Moulouya sont passablement classés traduisant une influence fluviale très marquée.

La morphoscopie des quartzs des sédiments superficiels traduit un contraste entre les zones Ouest et EST de l'estuaire. En effet la première est caractérisée par la dominance des non usés alors que la seconde montre une prédominance des grains émoussés luisants.

Le faible pourcentage des NU au niveau de l'embouchure et leur dominance dans la partie Ouest confirment que les sables littoraux proviennent principalement de l'érosion marine des falaises calcarénitiques situés au niveau de Cap de l'eau. Ils témoignent également de l'existence d'une dérive littorale de l'Ouest vers l'Est.

La composition minéralogique moyenne au niveau du littoral de la baie de Saïdia est riche et diversifiée, Elle est marquée par la dominance du Quartz (41%), des chlorites (20%), des micas (15%), la calcite (17%), les pyroxènes (5%) et d'autres minéraux et fragments de roches en faibles quantités (2%).

La calcimétrie a montré que les taux de carbonates dans les sédiments étudiés, sont modérés et variables entre 42% au niveau de l'estuaire et 30 % au niveau de la plage sous-marine. Ceci s'explique par le fait que l'estran est plus ou moins riche en éléments bioclastiques et en fragments calcaires alors que les sédiments flux sont riches en carbonates qui proviennent de l'érosion chimiques des formations géologiques jurassiques du bassin versant de la Moulouya.

Les différents aménagements dans le bassin versants de la Moulouya et notamment les barrages ont diminué l'apport sédimentaire à la côte de Saïdia, ce qui a transformé l'embouchure de la Moulouya à un estuaire, les aménagements littoraux (port) influencent l'hydrodynamisme et le transport des sédiments le long de la plage par piégeage des sables.

L'hydrodynamisme des sédiments par la dérive littorale vers l'Est, est le facteur responsable de l'envasement du port de plaisance de Saïdia qui a l'entrée tournée vers l'Ouest.

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

ACHAB K. (2000). Word Order, Topicalization And Alternation Of State In Berber. Papier Présenté Au 5<sup>ème</sup> Colloque International Sur Les Langues Afro-Asiatiques, Université Paris VII.

- ACHAB M. & GUTIÉRREZ MÁ S J.M. (2005). Nature and distribution of the sand fraction components in the Cadiz bay bottoms (SW Spain). *Revista de la Sociedad Geologica de España.*, 18 (3-4), 133-143pp.
- ACHAB M. & GUTIÉRREZ MAS J.M.( 2002). Analysis of terrigenous components present in the sand fraction of Cadiz bay bottoms (SW Spain). *Thalassas.*, 18 (1), 9-17 pp.
- ACHAB M., GUTIÉRREZ MÁ S J.M., MORAL CARDONA J.P., PARRADO ROMÁN J.M., GONZALEZ CABALLERO J.L. & LOPEZ AGUAYO F. (1999). Relict and modern facies differentiation in the Cadiz bay sea bottom recent sediments. *Geogaceta*, 27, 187-190 pp.
- BOUABDALLAH M. & LARUE J.P., (2009). Evolution du littoral de la baie de Saïda : Dynamique naturelle et impact des aménagements (Maroc Oriental). *Géographie Physique et Environnement*, Volume III, 2009, 113 pp.
- BOUGHABA A. (1992). Les littoraux meubles septentrionaux de la péninsule de Tanger (Maroc). *Géomorphologie et effet de l'intervention anthropique sur leur environnement*. Thèse de doctorat, Université de Nantes, France, 348 pp.
- CAILLEUX A., (1942). Les actions éoliennes périglaciaires en Europe. *Mém. Soc. Géol. Fr.* 41, 1e176 (In French).
- CAILLEUX A., (1943). Distinction des sables marins et fluviaux. *Bull. Ass. Géog. Fr.* n° 127, 19-23pp.
- CHARROUF L., (1989). Les problèmes des ports marocains sur la façade atlantique, leur impact sédimentologique sur le littoral. Thèse de Doctorat de l'Université Paris Sud, Centre d'Orsay, 307 pp.
- DAKKI M., avec la coll. B. EL FELLAH & M. FEKHAOUI, B. EL HOUADI, A. BENHOUSA (2003). Diagnostic pour l'aménagement des zones humides du Nord-Est du Maroc : 1. Embouchure de la Moulouya, 52 pp.
- EL ARRIM A. (1996). Etude d'impact de la dynamique sédimentaire et des aménagements sur la stabilité du littoral du Golfe de Tunis. Diplôme de Doctorat de Spécialité en Géologie. Faculté des Sciences. Tunis. 208pp.
- EL BOUZIDI R, LABRAIMI M & ZOURARAH B. (2004). Morphological evolution and spatio-temporal variability of the longshore drift system in the bay of Tangier (Morocco). *Journal of African Earth Sciences.* 39. 527-534 pp.
- EL GHALI A., EL KASSIMI A., & GHANNAMI M., (2004). Stratégie d'amélioration du service de l'eau et impacts sur les performances de l'irrigation dans le périmètre de la Moulouya. *Projet INCO-WADEMED, Actes du Séminaire Modernisation de l'Agriculture Irriguée*, Rabat, du 19 au 23 avril 2004, 12 pp.

*Etude granulométrique et minéralogique des sédiments superficiels du littoral de Saïdia et de l'estuaire de la Moulouya (nord-est du Maroc)*

- EL HATIMI I., ACHAB M. ET EL MOUMNI B., (2002). Impact des émissaires et canalisation sur l'environnement de la baie de Tanger : approche pluridisciplinaire. Bull. Inst. Sci. Rabat. 24: pp 49-58
- EL ARRIM A., (2001). Contribution à l'étude du littoral de la baie de Tanger (Rif Nord occidental-Maroc). Approches sédimentologique, géochimique et impact de la dynamique sédimentaire, Thèse de Doctorat national, Université Abdelmalek Essaadi, Faculté des Sciences et Techniques, Tanger, 150 pp.
- FOLK R.L., (1966). A review of grain size parameters. *Sedimentology* 6, 73–93 pp.
- FOLK RL, WARD WC. (1957). Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology* 27: 3–26pp.
- FRIEDMAN G.M., (1961). "The Lag in Effect of Monetary Policy," *Journal of Political Economy*, Vol. 69(5), 447–466 pp.
- FRIEDMAN G.M., (1967). Dynamic processes and statistical parameters compared for size frequency distribution of beach and river sand. *J. Sediment. Petrol.* 37, 327e354pp.
- FRIEDMAN G.M., AND SANDERS, J.E., (1978). *Principles of Sedimentology*. Wiley & Sons, 792 pp.
- GENSOUS B. & TESSON M. (1979). Morphologie et sédiments de la baie d'Al Hoceima. *Mines Géologie et Energie.*, Rabat, 46, 127-134 pp.
- Gutierrez-MAS J. M., HERNANDEZ-MOLINA F. J., LOPEZ-AGUAYO F., (1996). Holocene sedimentary dynamics on the Iberian continental shelf of the Gulf of Cadiz SW Spain). *Cont. Shelf Res.*, 16, 1635-1653.
- KRUMBEIN W.C., (1934). Size frequency distribution of sediments. *Journal of Sedimentary Petrology* 4, 65–77.
- KRUMBEIN W.C., (1941). Measurements and geological significance of shape and roundness of sedimentary particles. *J. Sediment. Petrol.* 11, 64e72pp.
- KRUMBEIN W.C., Pettijohn F.J., (1938). *Manual of Sedimentary Petrography* Appleton-Century-Crofts, New York, 549pp
- LE RIBAULT L., (1977). *L'exoscopie des quartz*. Paris, Masson Ed.
- MAOUCH S. (1987). Mécanismes hydrosédimentaires en baie d'Alger (Algérie) : Approche sédimentologique, géochimique et traitement statistique. Thèse. Doc. 3ème Cycle, Univ. Perpignan, 214pp.
- MOIOLA R.J. AND WEISER D. (1968). Textural parameters: An evaluation. *Jour. Sed. Petrol.*, v.38(1) ,45-53 pp.
- PASSEGA R. (1957). Textures as characteristic of clastic deposition. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 9, 1952-1984, 41, 32 pp.

- PONT D., Simonnet J.P. et Walter A.V., (2002). Medium-term changes in suspended sediment delivery to the ocean: consequences of catchment heterogeneity and river management (Rhône river, France). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol 54, 18pp.
- RAYNAL R., (1961). *Plaines et piedmonts du bassin de la Moulouya*. – Inframar., Rabat, 617pp.
- RIAD S., (2003). *Typologie et analyse hydrologique des eaux superficielles à partir de quelques bassins versants représentatifs du Maroc*. Thèse de doctorat, université Ibn zohr, Agadir, 147 pp.
- SNOUSSI M., HAIDA S. & IMASSI S., (2002). Effects of the construction of dams on the Moulouya and the Sebou rivers (Morocco). *Regional Environmental Change*, n° 3, 7 pp.
- SNOUSSI M. (2002). The severity of ruin in the Markov-Modulated risk models. *Bulletin of the Swiss Association of Actuaries*, 31-43pp.
- TRASK P. D., (1932). *Origin and environment of source sediments of petroleum: Houston* (Gulf Publishing Co.).
- ZARKI H., (1999). *Evolution de la sédimentation fluviale en Basse Moulouya (Maroc) au cours de l'Holocène*. Thèse inédite présentée à l'Université François Rabelais-Tours pour l'obtention du doctorat de l'Université de Tours en Géologie de Surface, 370 pp.
- ZARKI H., MACAIRE J.J., BECK C. ET DE LUCA P., (2004). Morpho-sedimentary evolution of the lower Moulouya (Nord-Eastern Morocco) during middle and upper Holocene. Seismicity and neotectonic effects. *Geodinamica Acta*, Vol. 17 (3), 205-217.