

## REPARTITIONS GRANUOMETRIQUES ET MINERALOGIQUES DES SEDIMENTS DE SURFACE DANS LE GOLFE DE TUNIS

Mouldi BRAHIM<sup>1\*</sup> et A. CHKIOUA<sup>1</sup>

1 : Institut National des Sciences et Technologies de la Mer-28, rue 2 mars 1934, Salammbô, 2025 Tunis

\*mouldi.brahim@instm.rnrt.tn

### ملخص

إنتشار حجم ونوعية الرواسب السطحية بخليج تونس: مكنتنا نتائج تحاليل حجم ونوعية الرواسب السطحية بخليج تونس التي أخذناها من أعماق مختلفة والتي تمتد من سيدي علي المكي إلى الوطن القبلي ساعدتنا على معرفة أصلها وكيفية حملها وترسيبها ومكنتنا دراسة حجم الرواسب أنها من أصل ترايبي دخيل كما مكنتنا الدراسة المعدنية من إدراك وجود علاقة واضحة بين الرواسب الحديثة بخليج تونس والمكونات الجيولوجية المحيطة بها كما بينت لنا أن جميع إنتشار الرواسب تخضع لديناميكية أساسها حركة التيارات الإجمالية للبحر الأبيض المتوسط والتيارات المتأتية من الأمواج. الكلمات المفاتيح: خليج تونس، الرواسب السطحية، النوعية، الحجم، الديناميكية.

### RESUME

Les résultats des analyses granulométriques et minéralogiques des sédiments de surface du golfe de Tunis, prélevés à différentes profondeurs entre Sidi El Mekki et le Cap Bon, ont permis d'identifier l'origine de ces sédiments et de préciser les modes de transport et de dépôt. L'étude granulométrique a montré que les matériaux détritiques dans le golfe de Tunis sont d'origine continentale. L'étude minéralogique a permis de mettre en évidence une nette relation entre le stock sédimentaire récent du golfe de Tunis et les formations géologiques bordières. La répartition des sédiments grossiers et fins dans le golfe de Tunis est contrôlée par les courants généraux de la méditerranée. Le passage des courants généraux dans le golfe conditionne la présence d'une zone centrale caractérisée par une teneur en fraction fine très élevée (>90%). Plus près des côtes, la répartition est plutôt contrôlée par les courants orbitaux des houles. A l'entrée du petit golfe et au voisinage de Ghar El Melh, les courants sont relativement forts et l'on retrouve une fraction importante de sédiments grossiers.

**Mot clés:** Golfe de Tunis, sédiments de surface, minéralogie, granulométrie, dynamique,

### ABSRRACT

**distributions of size and mineralogical of the sediments of surface to broad of the gulf of Tunis :** the results of the grain size and mineralogical analysis of the sediments of surface of the gulf of Tunis, taken with various depths between Sidi El Mekki and the Cap Bon, made it possible to identify the origin of these sediments and to specify the means of transport and deposit. The granulometric study showed that the detritus materials in the gulf of Tunis are of continental origin. Mineralogical study A made it possible to highlight a clear relation between the recent sedimentary stock of the gulf of Tunis and the bordering geological formations. The distribution of the coarse and fine sediments in the gulf of Tunis is controlled by the general currents of the Mediterranean. The passage of the general currents in the gulf conditions the presence of a central zone characterized by a content of fine fraction very high (>90%). The distribution of the sediments, in the gulf of Tunis, is also related to the currents generated by the swell. At the entry of the small gulf and the vicinity of Ghar El Melh, the trajectory of these currents conditions the presence of the zones characterized by important proportions in coarse fraction.

**Key word:** Gulf of Tunis, sediments of surface, mineralogy, granulometry, dynamics

### PRESENTATION DU GOLFE DE TUNIS ET OBJECTIFS DU TRAVAIL

Le golfe de Tunis est situé entre les deux parallèles 36°42' et 37°10' et les deux méridiens 10°15' et 11°5' (figure 1). Il se situe entre le climat sub-humide et le climat semi-aride à nuance maritime.

Les vents dominants les plus forts qui soufflent dans le golfe de Tunis sont de secteur Ouest à Nord-Ouest. La période hivernale est marquée par des vents forts et fréquents, du secteur Nord et Ouest. Alors que pendant la période estivale, des vents moins forts et

moins fréquents soufflent du secteur Est et Sud-Est (Ben Charrada, 1997). Les vents de secteur Nord Est, même s'ils sont moins fréquents, engendrent des houles de secteurs Nord Est ayant le plus grand effet sur la dynamique sédimentaire.

La morphologie sous-marine des régions situées à l'ouest et au sud est caractérisée par un fond sableux ou sablo- vaseux. La côte orientale du golfe est caractérisée par un fond soit rocheux, soit sableux,

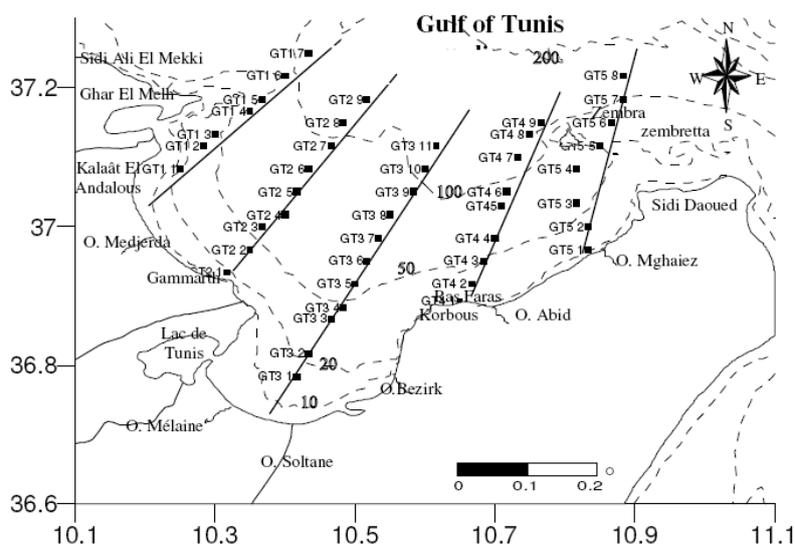


Figure 1 : Localisation des stations de prélèvements des sédiments superficiels au large du golfe de Tunis

soit détritique (El Arim, 1996 ; Ben Cherrada, 1997 ; Oueslati, 2004).

Le golfe de Tunis est caractérisé par un cadre hydrographique important présenté par les lagunes, les lacs, les sebkhas et les réseaux hydrographiques tels que les oued Medjerda, Méliane, Soltane, Bezirk, Abid et Mghaiez.

La dynamique sédimentaire d'un tel système dépend des conditions d'érosion, de transport et de dépôt qui sont contrôlées par l'action des courants, des houles et des vents.

Le golfe de Tunis, objet de cette étude, n'échappe pas à ce phénomène d'instabilité sédimentaire et correspond à un équilibre dynamique qui se modifie sans cesse sous l'influence des facteurs naturels et des aménagements en amont et en aval de la frange côtière du golfe.

Ce travail a pour objectifs d'identifier la granulométrie et la nature des sédiments de surface, les facteurs et les phénomènes qui contrôlent la dynamique sédimentaire dans le golfe de Tunis et de préciser l'origine, le mode de transport et les conditions de dépôt des sédiments de surface à travers une approche sédimentologique et minéralogique.

#### TECHNIQUES ET METHODES D'ANALYSES UTILISEES

Une campagne océanographique a été effectuée à bord du bateau océanographique 'Hannibal' de l'Institut National des Sciences et Technologies de la Mer (INSTM) du 04 au 08 août 2004.

Pendant cette campagne, nous avons effectué des prélèvements de sédiments de surface au large du golfe de Tunis, entre 20 et 200m de profondeur. Au

total 44 échantillons situés sur cinq radiales ont été prélevés à l'aide d'une drague. La localisation des stations de prélèvements des échantillons a été effectuée par le GPS du bateau Hannibal (Figure 1).

#### ANALYSES GRANULOMETRIQUES

Nous avons séparé la fraction fine (< 63 µm) de la fraction grossière (> 63 µm) par le tamisage humide du sédiment total sur un tamis de type AFNOR.

##### Granulométrie de la fraction grossière

Nous avons procédé à un tamisage à sec de la fraction grossière (> 63 µm) sur une série de tamis de type « AFNOR » pendant 20 minutes. Les diamètres du tamis varient entre 63µm et 2000µm (2000, 1400, 1000, 630, 500, .250, 180, 125, 100 et 63 µm).

##### Granulométrie de la fraction fine

La micro granulométrie a été effectuée à l'aide du "Granulat Meter laser" sur la fraction inférieure à 63 µm. C'est une technique utilisée pour la détermination de la répartition des particules argileuses et de silts. Le but est de déterminer, non seulement, le pourcentage de la fraction fine argileuse inférieure à 4µm, mais aussi le volume des particules fines et leurs pourcentages cumulés. L'appareil utilisé est le "granulomètre laser Masterseizer" lié à un logiciel de traitement des données (Delaune et al, 1991).

Le principe consiste à introduire l'échantillon dans la cellule de l'appareil. Un faisceau laser émis par une source passe dans cette cellule et mesure le volume des particules circulant à travers cette cellule Le

logiciel informatique calcule le pourcentage cumulé

des refus et donne une courbe micro-granulométrique. La gamme de volumes des particules mesurées est comprise entre 0,01 µm et 3000 µm.

Les résultats fournis par le « granulomètre laser Masterseizer » sont représentés sous forme de courbes cumulatives dans un diagramme semi-logarithmique

#### Minéralogie des argiles

Les minéraux argileux ont été analysés par un diffractomètre aux rayons X. Cette méthode consiste à utiliser la diffraction d'un faisceau monochromatique de rayons X par les plans réticulaires, selon la loi de Bragg :

$$n\lambda' = 2d \sin(\alpha)$$

n : entier naturel ;  $\lambda'$  : 1,54 Å ; d : distance de deux plans réticulaires ;  $\alpha$  : angle d'incidence

La préparation des échantillons a été effectuée selon la méthode suivante :

- Décarbonatation de la fraction fine (<63µm) à l'aide de l'acide chlorhydrique 0.1 N jusqu'à pH = 2,5
- Lavage à l'eau distillée
- Attaque à l'eau oxygénée pour éliminer la matière organique
- Lavage et défloculation par centrifugation à 2500 t/mn, pendant 15 mn.

La fraction inférieure à 43 µm est séparée des échantillons après défloculation et décantation. Les agrégats sont préparés sur des lames de verre à partir de la suspension argileuse à l'état naturel, à l'état glycolé et à l'état cuit à 550°C. Ils sont ensuite passés à la diffraction.

Le pourcentage semi quantitatif de chaque minéral argileux a été déterminé à l'aide du rapport de la longueur du pic principal sur la somme des longueurs des pics de l'ensemble des minéraux identifiés.

#### Minéralogie du sédiment total

La détermination de la minéralogie globale des sédiments a été effectuée par diffraction aux rayons X selon ' la méthode de poudre'. Cette méthode consiste à irradier l'échantillon brut finement broyé dans l'espace angulaire compris entre 2 et 52°, en utilisant la radiation K $\alpha$  du cuivre. Les minéraux sont reconnus par la suite sur le diffractogramme grâce à leurs raies caractéristiques.

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

#### Nature et répartition des faciès sédimentaires

L'analyse granulométrique des sédiments de surface prélevés a permis de déterminer le pourcentage de la fraction grossière (D> 63 µm) et de la fraction fine (D< 63 µm)

La répartition de la fraction fine (figure 2) montre que ce pourcentage varie de 10 à 99%. Il est

inférieur à 52% au niveau de quelques échantillons seulement (station GT52, GT53, GT57, GT31, GT16 et GT17).

Ces teneurs faibles en fraction fines sont présentes dans les échantillons prélevés près de la côte Ouest, au niveau du cap du

Ghar El Melh et autour de l'île de Zembra. Nous pouvons déduire que ce faible pourcentage de la fraction fine est dû à une énergie assez forte près du fond qui transporte les particules les plus fines. La dynamique est donc assez forte au voisinage de Ghar El Melh. Par contre le faible pourcentage de la fraction fine constaté au voisinage de Zembra est dû à l'existence d'un fond rocheux.

Le faciès argileux qui présente des pourcentages de la fraction fine supérieure à 80% est présent presque dans la plupart des sédiments prélevés au large du golfe à des profondeurs supérieures à 50m. Ces sédiments fins sont déposés donc par décantation en présence de faibles énergies dans les grandes profondeurs.

Les courants giratoires formés au centre du golfe de Tunis et qui ont des faibles vitesses à la surface sont la cause principale de la sédimentation par décantation en présence de faible énergie (Brahim et al. 2007). Ceci explique la répartition de la fraction fine dans les grandes profondeurs.

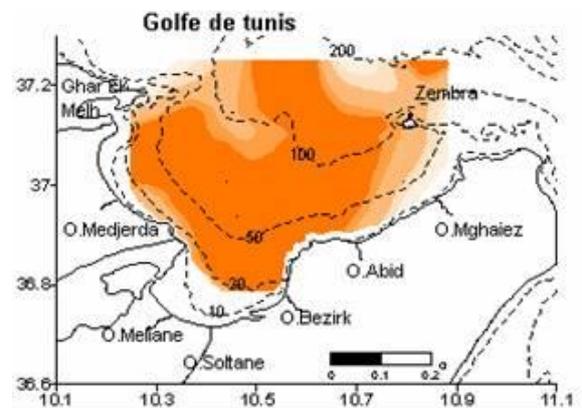


Figure 2 : Carte de la répartition de la Fraction fine des sédiments superficiels au large du golfe de Tunis

#### Granulométrie de la fraction grossière des sédiments superficiels

Nous avons tracé les courbes cumulatives semi-logarithmiques pour tous les échantillons et nous avons calculé les indices granulométriques pour connaître la nature de sédiments, leurs classements et leurs origines. Le mode de déplacement est déterminé par le diagramme de Passega (1957).

#### Courbes cumulatives

Les courbes cumulatives semi-logarithmiques des sédiments superficiels prélevés au large du golfe de Tunis ont des formes plus ou moins hétérogènes.

Cette différence est due à la variation de la dynamique et aux différents apports dans le golfe de Tunis.

Les sédiments prélevés aux alentours de Zembra et Zembretta (Stations GT48, GT49, GT52, GT53, GT57 et GT58) sont caractérisés par des courbes cumulatives ayant la forme d'un S peu régulier et plus au moins étalé (figure 3). Leur allure indique qu'il s'agit des sables homogènes à classement moyen dans un milieu plus ou moins agité. Les échantillons GT16 et GT17 situés au niveau de la flèche de Ghar El Melh respectivement à 93m et 148m de profondeur sont aussi représentés par des courbes ayant la forme d'un S. Il s'agit donc d'un milieu agité à forte énergie.

La plupart des sédiments de surface prélevés au large du golfe de Tunis sont caractérisés par un faciès parabolique, indiquant une hétérogénéité du stock sableux (figure 4). Ce faciès caractérise la majorité des échantillons prélevés. Il correspond à des sédiments déposés par excès de charge et caractérise les sables triés au cours d'un transport dans un milieu à forte énergie.

Quelques échantillons présentent des courbes cumulatives semi-logarithmiques assimilables à des droites, présentant un faciès logarithmique (Figure 5). Ce faciès indique un dépôt par excès de charge lorsque la vitesse des courants diminue et se présente au niveau de deux stations GT33 et GT35 situées au centre du petit golfe et la station GT 43.

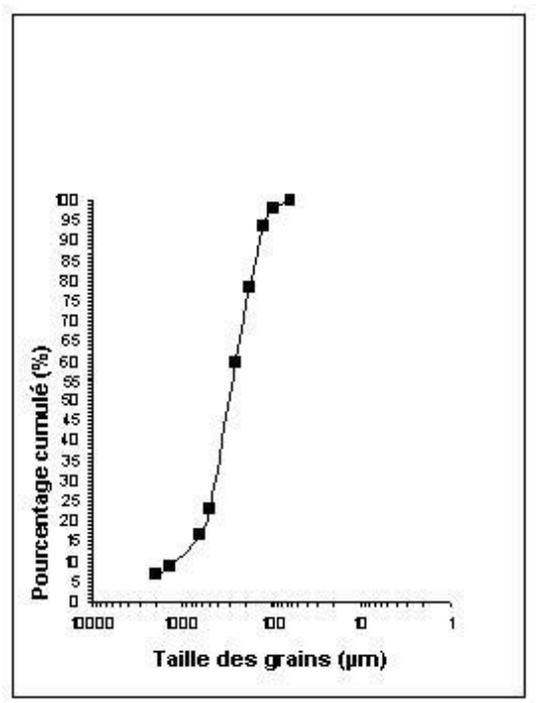


Figure 3 : courbe granulométrique des sédiments superficiels sous forme de S au niveau de la station GT 57

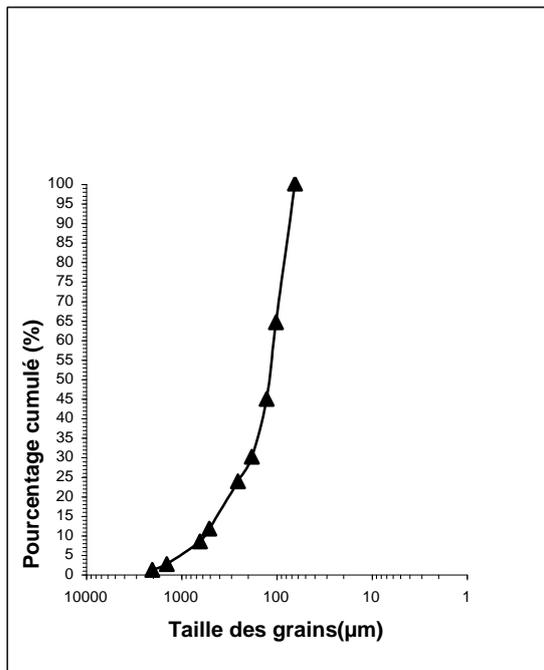


Figure 4 : courbe granulométrique des sédiments superficiels sous forme parabolique au niveau de la station GT 42

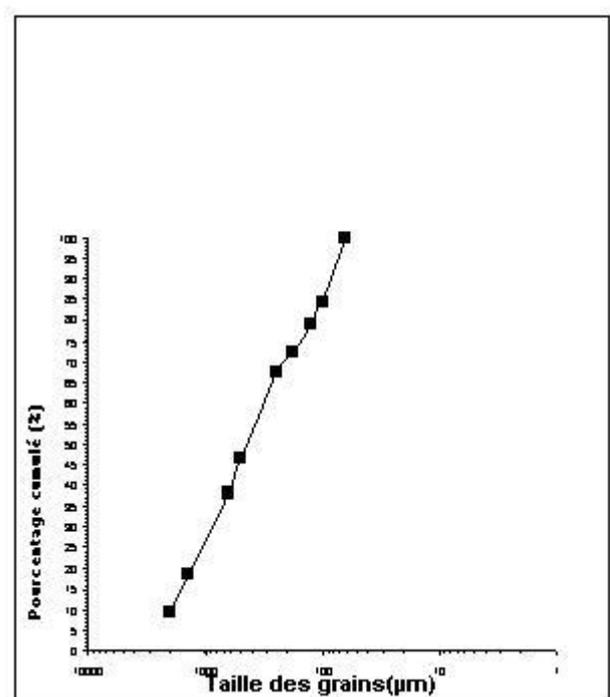


Figure 5 : courbe granulométrique des sédiments superficiels de faciès logarithmique au niveau de la station GT 43

**Indices granulométriques**

A partir des courbes cumulatives, nous avons calculé les indices granulométriques des sédiments superficiels prélevés au large du golfe de Tunis.

**La moyenne**

La moyenne est calculée à partir de :

$$Mz = \mu = (F 16 \% + F50 \% + F84 \%) / 3$$

avec F quantile en unité  $\phi$  pour caractériser la granulométrie du sable (Folks et Word, 1957)

Les valeurs de la moyenne, comprises entre 0,32 et 3,59 permettent de distinguer les catégories de sables suivantes :

- des sables fins et très fins,
  - des sables grossiers,
  - des sables moyens.
- Les sables fins et très fins sont présents dans la zone Ouest du golfe de Tunis. A l'Est du Golfe, les sables fins sont présents uniquement au niveau de la station GT46 à 94 mètres de profondeur. les sables moyens sont localisés dans la partie Est du golfe. Nous remarquons également la présence d'une bande de sables moyens au niveau de la flèche de Ghar El Melh (Figure 6).
- les sables grossiers sont localisés dans les stations GT33, GT35, GT45 et GT47 à des profondeurs comprises entre 40 et 100 mètres.

#### **Ecart type**

Il est d'usage de calculer le « sorting index » défini par :

$$\sigma = ((\phi_{84} - \phi_{16}) / 4) + ((\phi_{85} - \phi_{5}) / 6,6)$$
 pour caractériser le type de classement du sable (Folk et Word, 1957).

Les valeurs de l'écart type sont comprises entre 0,32 et 1,89. Elles permettent de différencier les groupes de sables suivants :

- Les sables bien classés.
- Les sables modérément classés.
- Les sables mal classés.

Les échantillons prélevés au large du golfe de Tunis sont mal classés à l'exception de quelques échantillons localisés au centre du golfe de Tunis et qui sont modérément classés.

Au centre du petit golfe et à 15mètres de profondeur, la station GT31 est caractérisée par de sables bien classés

#### **Skewness**

Le coefficient d'asymétrie (Ski) est calculé à partir de la formule suivante :

Ski=Le Skewness présente des valeurs allant de -0,75 à 0,79, indiquant quatre groupes de distribution granulométrique :

- Distribution granulométrique très asymétrique vers les sables grossiers.
- Distribution granulométrique asymétrique vers les sables grossiers.
- Distribution granulométrique symétrique au niveau de deux stations GT23 et GT17 à des profondeurs respectives de 56m et 148m.
- Distribution granulométrique très asymétrique vers les sables fins au niveau des stations GT33, GT35, GT45 et GT47 a des profondeurs comprises entre 40 et 100 mètres.

#### **Coefficient d'uniformité**

Le coefficient d'uniformité  $U = d_{60}/d_{16}$ , avec  $d_{60}$  est le diamètre des grains qui correspond à 60% du poids cumulé et  $d_{16}$  est celui qui correspond à 16% du poids cumulé

Le coefficient d'uniformité présente des valeurs inférieures à 2, la granulométrie du sable dans le golfe de Tunis est donc uniforme.

#### **Diagramme de Passega**

La représentation, sur le diagramme de Passega, (Passega, 1957) de la position des points représentatifs des sédiments superficiels prélevés dans le golfe de Tunis (figure 6), montre que les valeurs du premier centile varient entre 340 $\mu$ m et 1900 $\mu$ m et les valeurs de la médiane varient de 140 $\mu$ m à 900 $\mu$ m.

En effet nous pouvons subdiviser le mode de transport selon 4 zones bien distinctes :

- Le transport se fait surtout par charriage et par roulement dans la zone située entre 50 et 100 mètres de profondeur dans toute la zone prospectée. Le transport par charriage est observé au niveau des stations GT43 et GT53 au voisinage de 50 mètres de profondeur. Le transport par roulement est constaté au niveau des stations GT33 et GT35 situés à des profondeurs respectives de 39m et de 57m. Ce mode de transport est la conséquence d'une hydrodynamique assez importante. Il semble que les courants profonds arrivent du côté de Ghar El Melh et longent l'isobathe -50 m pour sortir du côté du Cap Bon.

- Entre 15 et 50 mètres de profondeur, le transport se fait par suspension. Les sédiments de surface sont vaseux. Cette zone est située entre la côte et le large. Nous distinguons que la suspension est gradée au niveau des stations GT 11, GT 12, GT 13, GT 14, GT 21 et GT 42. La suspension est uniforme au niveau de la station GT 31, zone située au centre du petit golfe de Tunis. L'hydrodynamisme dans cette zone est assez fort pour mettre en suspension les sédiments fins.

- Dans la zone profonde et au milieu du golfe, le transport se fait par suspension. La suspension homogène est signalée au centre du golfe. En effet les suspensions les plus fines sont transportées de la côte vers le large sous l'effet des courants de surface et vont être décantées pendant les périodes calmes.

- Autour de Zembra et Zembretta, le transport se fait par saltation. En effet la circulation autour de cette zone est giratoire et les origines des courants sont hétérogènes.

#### **Granulométrie de la fraction fine des sédiments superficiels**

Le dépouillement des courbes microgranulométriques et le calcul du pourcentage du silt et d'argile ont permis d'identifier les différents faciès micro granulométriques et leurs répartitions.

**Faciès micro granulométrique**

Les courbes granulométriques cumulatives semi-logarithmiques se ressemblent et ont la même allure. Elles présentent toutes un point d'inflexion qui correspond au passage de l'argile au silt (figure 7). Elles montrent l'hétérogénéité des stocks sédimentaires (Rivière, 1977).

Ces faciès micro granulométriques sont des sédiments relativement fins constitués par l'association d'une fraction ultra-fine de granulométrie hyperbolique avec une fraction moins fine logarithmique ou parabolique. Deux variantes peuvent être distinguées :

La fraction hyperbolique ultra fine de l'argile (diamètre < 4 µm) ne présente qu'un faible pourcentage de la microgranulométrie totale. Cette fraction présente un faciès hyperbolique. Ces sédiments sont piégés dans les milieux calmes. Ils

représentent le matériel interstitiel des sédiments plus gros qui ont une vitesse de chute plus grande et qui sont déposés dans un premier temps par décantation (Rivière, 1977).

La fraction hyperbolique fine (diamètre > 4 µm) qui caractérise le silt, présente le pourcentage le plus important de la masse totale de la microgranulométrie.

Le lien entre ces deux fractions présente une forme parabolique et sépare les deux fractions. Ce-ci explique la présence d'une suspension graduée dans la colonne d'eau. Les suspensions les plus grossières ont tendance à se déposer les premières. Les

suspensions les plus fines rejoignent les plus grossières et finissent par les recouvrir plus tard (Rivière, 1977).

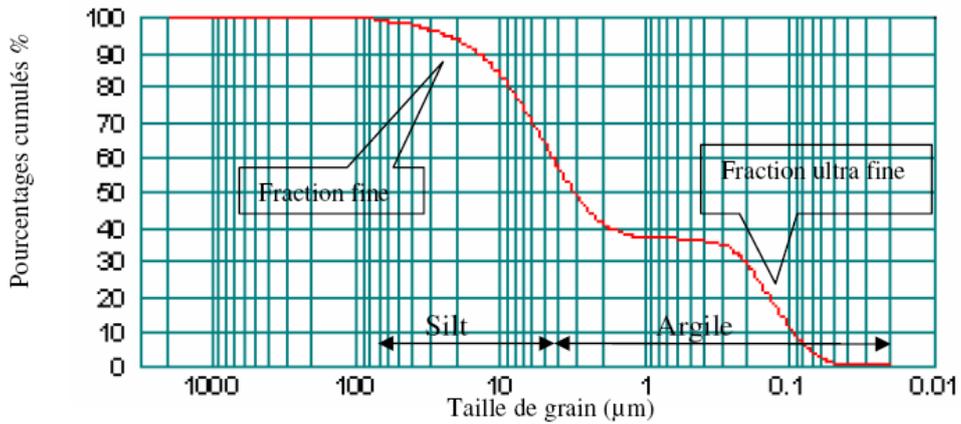


Figure 6 : Diagramme de Passega des sédiments superficiels prélevés au large du golfe de Tunis

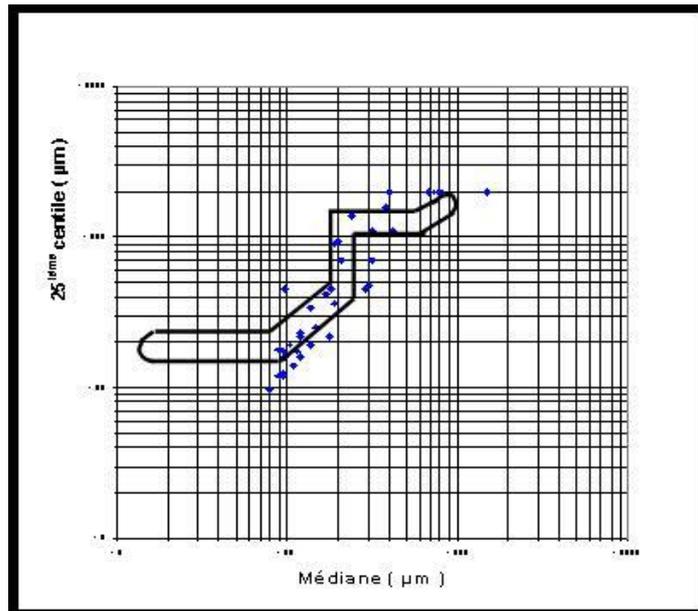


Figure 7: Courbe micro granulométrique des sédiments superficiels prélevés du large du golfe de Tunis au niveau de la station GT11

**Composition de la fraction fine**

L'interprétation de la micro granulométrie de la fraction fine des sédiments superficiels prélevés au large du golfe de Tunis a permis d'identifier essentiellement deux types de minéraux : l'argile et le silt.

Les variations quantitatives de ces fractions fines permettent de constater que les proportions de l'argile montre une évolution assez sensible (Figure 8).

D'après les teneurs des différentes composantes de la fraction fine nous remarquons que le pourcentage de l'argile est plus important que celui du silt. Le pourcentage de l'argile varie de 40% à 66% et celui du silt de 34% à 60%. Seuls les échantillons des stations GT57 et GT29, situés respectivement au Nord de l'île de Zembra et au voisinage de la flèche de Ghar El Melh, présentent des taux relativement faibles en argiles (42% et 46%).

Les teneurs les plus élevées en **Silt** (58% et 54%) sont enregistrées respectivement aux stations GT57 et GT29, alors que l'échantillon GT21 qui est situé au voisinage de Gammarth, présente le plus faible teneur en silt (24%). La répartition du silt montre que la teneur est plus importante dans la partie Est du golfe (figure 9).

Les teneurs les plus élevées en **argiles** sont enregistrées au niveau des stations GT31 et GT21 situés à des profondeurs respectives de 15 m et 17 m. Ces sédiments sont prélevés dans les zones des embouchures de l'oued Medjerda, le petit golfe et la flèche de Ghar El Melh où la proportion en fraction fine est aux alentours de 60%. Les échantillons GT57 et GT29, situés à des profondeurs respectives de 97 m et 135m, présentent des taux relativement faibles en argiles (42% et 46%). (Figure 9)

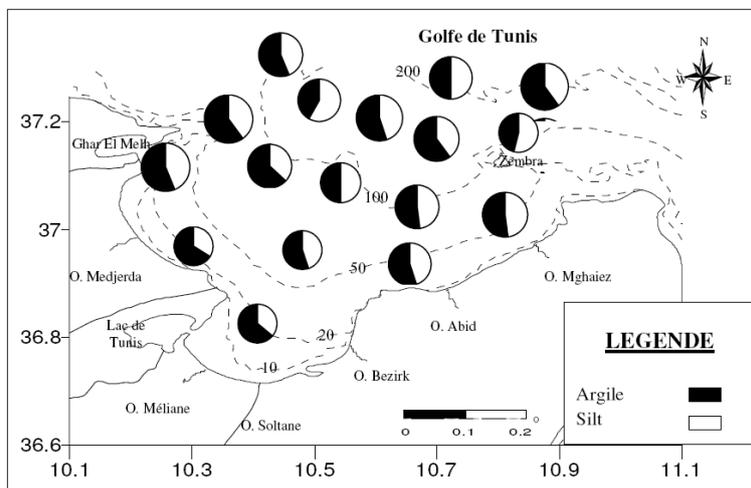


Figure 8 : Répartition de la fraction fine des Silts et argiles au large du golfe de Tunis

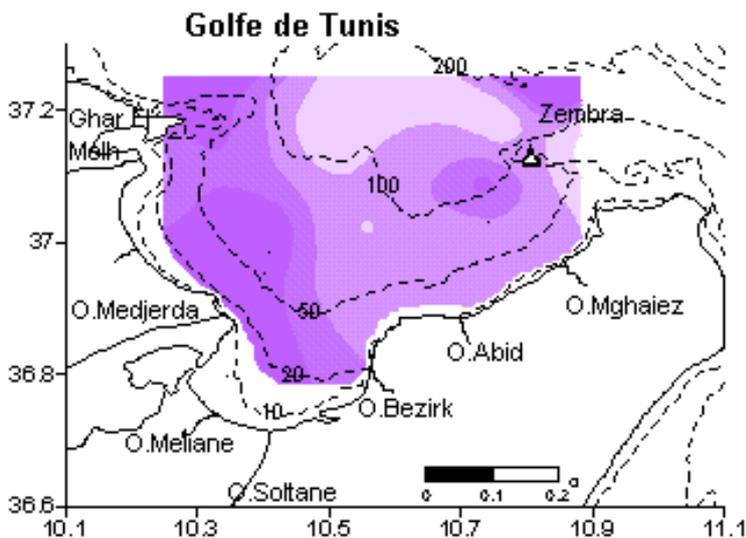


Figure 9 : Carte de la répartition de l'argile au large du golfe de Tunis

### MINÉRALOGIE DES SEDIMENTS

#### Minéraux non Argileux

L'analyse minéralogique, par diffraction aux rayons X, des sédiments prélevés au large du golfe de Tunis, a permis d'identifier les minéraux non argileux suivants : le quartz, la calcite et la dolomite. Les variations quantitatives de ces minéraux non argileux permettent de constater que les proportions de la calcite et du quartz sont relativement élevées, alors que celle de la dolomite est présente seulement dans quelques échantillons (figure 10)

L'analyse de la répartition de ces minéraux non argileux permet de constater que la calcite est le minéral le plus abondant avec une teneur qui varie de 26% à 86%. Cependant la dolomite ne forme qu'un faible pourcentage du stock des minéraux non argileux avec une teneur qui varie de 2% à 13%. Le quartz a un pourcentage qui varie de 13% à 79% (Figure 10). L'analyse de la répartition des proportions de ces minéraux a permis de déduire les observations suivantes :

La **dolomite** est présente dans quelques sédiments superficiels, essentiellement au centre du golfe de Tunis et au voisinage de Gammarth, avec un pourcentage qui varie de 1 à 13%. Ce minéral aurait pour origine les formations lithologiques qui affleurent dans l'arrière pays (Nord de la Tunisie et Ghar El Melh). Les teneurs relativement fortes sont enregistrées à proximité de la lagune de Ghar El Melh (Figure 10). La dolomite pourrait avoir deux origines :

- Précipitation directe à partir de l'eau de mer (Badiozamani, 1973 ; Mackenzi et al., 1980 Sass et Kartz, 1982 ; Grec et Sibley ; Land, 1985 ; Shatkay et Magaritz, 1987 in El Arrim, 1996).
- Elle peut être synthétisée par certains organismes marins, principalement les algues et les foraminifères.

Le **Quartz** présente des teneurs relativement fortes, variant de 13 à 74%. Ce minéral aurait pour origine les affleurements quaternaires de l'arrière pays. A l'embouchure de l'oued Mghaiez, la teneur en quartz est aux environs de 70% (Figure 10). Il semble donc que l'oued Mghaiez, a un rôle important dans l'apport de ce minéral dans le golfe. La **calcite** est le minéral non argileux le plus abondant dans la majorité des sédiments de surface dans le golfe, avec des proportions variant de 26 à 86%. La répartition de ces teneurs permet de différencier trois zones : (Figure 10)

- Une zone bordant la totalité du littoral ouest du golfe et la zone Nord de Zembra, où la teneur en calcite dépasse 70%.
- Une zone qui s'étend à l'embouchure de l'oued Abid et celle de l'oued Mghaiez, où la teneur est inférieure à 40% ;
- Une zone qui borde les deux premières zones vers le large. Elle est caractérisée par une homogénéité des teneurs en calcite avec des valeurs inférieures à 40% et caractérise le centre du golfe de Tunis.

La calcite aurait deux origines possibles dans le golfe de Tunis:

- une origine chimique par précipitation directe de la calcite à partir des eaux chargées en  $\text{HCO}_3^-$  et  $\text{Ca}^{++}$
- l'autre est organogène, par l'intervention d'organismes à test calcaire.

#### Minéraux Argileux

L'analyse minéralogique par diffraction aux rayons X a été effectuée sur la fraction inférieure à  $2 \mu\text{m}$  des sédiments prélevés au large du golfe de Tunis. La détermination des minéraux argileux a été effectuée après traitement de l'échantillon.

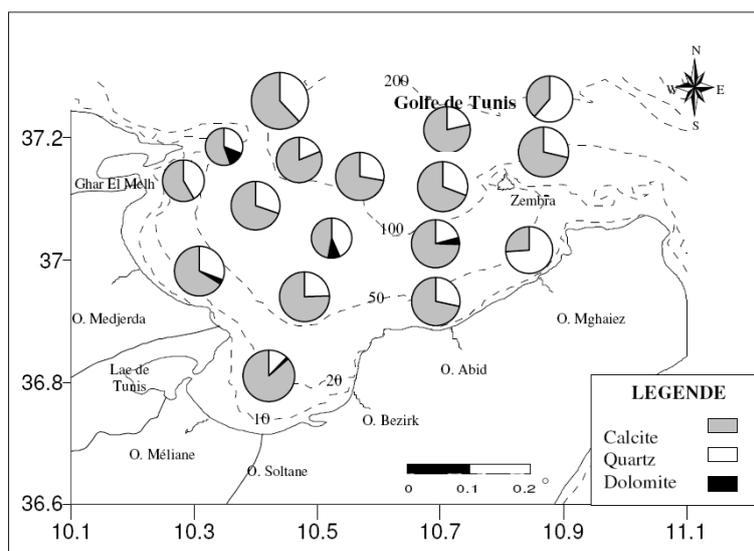


Figure 10 : Répartition des minéraux non argileux dans les sédiments de surface prélevés au large du golfe de Tunis.

Les résultats sont indiqués sur les trois diffractogrammes :

- Echantillon brût ( Nr ),
- Echantillon glycolé ( Gl),
- Echantillon cuit à 550 °C ( Ct ).

L'analyse des argiles a permis d'identifier les minéraux argileux suivants : la kaolinite, l'illite et le smectite (Figure 11).

Les variations quantitatives de ces minéraux argileux permettent de constater que les proportions de la kaolinite, l'illite et la smectite sont relativement constante.

la **kaolinite** est le minéral le plus abondant (Figure 11). Elle présente une teneur comprise entre 30 % et 69 %. Nous remarquons que cette teneur est faible dans les zones bordant tout le littoral à l'exception de la zone de Ras Fartas (<40%). Elle devient plus importante en allant vers le centre du golfe et atteint un pourcentage >60% au large (Figure 11). Sa

présence indique que son dépôt se fait par décantation dans les milieux les plus calmes.

L'**illite** présente une teneur comprise entre 19% et 50%. Nous remarquons que la teneur en Illite est faible (<35%) dans la majorité des échantillons. La teneur est importante à l'embouchure de l'oued Abid et dans le côté Est de l'île de Zembra (Figure 11). Compte tenu de sa flottabilité, sa présence en faible pourcentage indique que le milieu est peu agité et le mode de transport se fait généralement par suspension.

La **smectite** est le minéral le plus rare. Il présente un pourcentage compris entre 7% et 37%. Sa teneur dépasse 30% dans la zone Ouest du golfe et à l'embouchure de l'oued Mghaiez. Nous remarquons une faible teneur au voisinage du Korbous et à l'embouchure de l'oued Abid où le pourcentage est inférieur à 10%. Au centre du golfe, la teneur du smectite est comprise entre 10% et 20% (Figure 11).

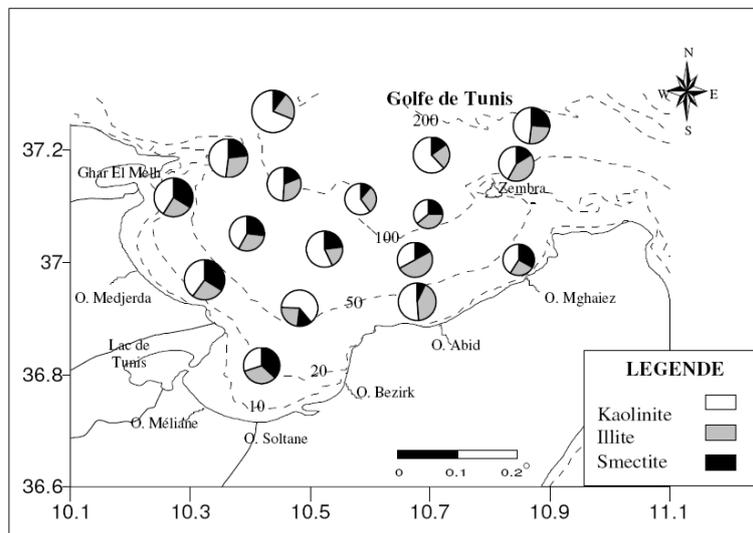


Figure 11 : Répartition des minéraux argileux dans les sédiments de surface prélevés au large du golfe de Tunis

### CONCLUSION GENERALE

Dans l'ensemble, les sédiments de surface sont très homogènes tant par la proportion des fractions fines et grossières, que par celles des minéraux argileux et non argileux.

La répartition, dans l'espace, des pourcentages de deux fractions granulométriques fine et grossière, ne montre pas de grano-classement évident. Elle, indique, cependant, l'individualisation de quatre zones plus ou moins bien différenciées, en considérant la variation du taux de la fraction fine :

- Une zone où le pourcentage en fraction fine est très élevé (>90%), localisée au milieu du secteur d'étude. Cette zone se situe entre les deux isobathes, 20 et 100 m. Dans cette zones la pente est faible et les isobathes sont éloignées.

- Une deuxième zone qui longe le littoral entre Oued Medjerda et Oued Bezirk qui est caractérisée par une fraction fine comprise entre 80 et 90% avec des bassins de dépôts caractérisés par des pourcentages de la fraction fine compris entre 50 et 80%. Cette zone est située dans la profondeur inférieure à 20 m.

- Une troisième zone qui longe le littoral entre oued Mghaiez et Zembra caractérisée par une fraction fine comprise entre 30 et 50% avec un bassin de dépôt caractérisé par un pourcentage de la fraction fine aux environs de 30%.

- Une Quatrième zone qui caractérise la flèche de Ghar El Melh au nord-ouest du golfe de Tunis. Le taux de la fraction fine est compris entre 80 et 90%.

L'analyse des courbes cumulatives et l'interprétation des résultats du calcul des indices granulométriques

relatifs à la fraction grossière (>63µm), montrent l'existence de quatre faciès sédimentaires :

\* Un faciès parabolique, qui caractérise des sables triés au cours d'un transport dans un milieu à forte énergie. Il concerne la plupart des sédiments de surface prélevés.

Un faciès logarithmique, qui indique un dépôt par excès de charge dans un milieu plus calme que le précédent. Il concerne les sédiments prélevés à l'entrée de la Baie.

\* Un faciès hyperbolique qui caractérise des sédiments qui se déposent par décantation en milieu calme.

\* Un faciès ayant la forme d'un S peu régulière et plus ou moins étalé qui caractérise les sédiments homogènes à classement moyen et un milieu plus ou moins agité. Il concerne les sédiments prélevés au alentours de l'île de Zembra et au niveau de la flèche de Ghar El Melh.

Les résultats de l'analyse minéralogique des sédiments de surface prélevés, montre l'association, en proportion très variable, des minéraux non argileux tels que le quartz, la calcite et la dolomite.

Le quartz et la calcite sont présents dans tous les échantillons, avec des pourcentages pouvant atteindre respectivement, 74% et 86%. La calcite longe le littoral avec des pourcentages dépassant le 70%. Elle est représentée essentiellement par des éléments biogènes (coquilles de mollusques et autres).

La répartition spatiale de la dolomite montre une zone d'accumulation le long de la frange Ouest du golfe de Tunis, on note une nette diminution du pourcentage en se déplaçant latéralement du Nord-Ouest vers le Sud-Est. La dolomite est identifiée dans les sédiments de surface au niveau des isobathes -50 m et -100m et au niveau de cap Gammarth.

L'ensemble de ces minéraux non argileux a pour origine les formations géologiques bordières.

Les résultats des analyses de la fraction argileuse montrent, en proportions variables, les minéraux kaolinite, smectite et illite.

La kaolinite est présente dans tous les échantillons analysés avec des proportions variant de 30% à 69%. Ce minéral est hérité des formations géologiques bordières. Sa présence indique un dépôt par décantation dans les milieux les plus calmes.

L'illite est également présente dans tous les échantillons de sédiments analysés. Il a un fort pouvoir de flottabilité et tend à se déposer dans les secteurs les plus calmes.

- Le smectite est faiblement représenté au niveau de la zone de Korbous. Le dépôt de ce minéral de taille très faible s'effectue, en général, à la faveur d'un phénomène de floculation électro-chimique ou organo-minéral.

La distribution de ces minéraux argileux obéit donc à deux facteurs principaux, l'un physico-chimique et

l'autre hydrodynamique. Les minéraux qui ont échappé à la sédimentation précoce, sont entraînés vers le large pour se déposer par décantation.

La répartition des sédiments dans le golfe de Tunis est donc contrôlée par les courants généraux de la méditerranée, les courants de la houle et les apports des cours d'eau.

Les résultats des analyses granulométriques et minéralogiques des sédiments de surface du golfe de Tunis, prélevés à différentes profondeurs entre Sidi El Mekki et le Cap Bon, ont permis d'identifier l'origine de ces sédiments et de préciser les modes de transport et de dépôt. L'étude granulométrique a montré que les matériaux détritiques dans le golfe de Tunis sont d'origine continentale. L'étude minéralogique a permis de mettre en évidence une nette relation entre le stock sédimentaire récent du golfe de Tunis et les formations géologiques bordières. La répartition des sédiments grossiers et fins dans le golfe de Tunis est contrôlée par les courants généraux de la méditerranée. Le passage des courants généraux dans le golfe conditionne la présence d'une zone centrale caractérisée par une teneur en fraction fine très élevée (>90%). Plus près des côtes, la répartition est plutôt contrôlée par les courants orbitaux des houles. A l'entrée du petit golfe et au voisinage de Ghar El Melh, les courants sont relativement forts et l'on retrouve une fraction importante de sédiments grossiers.

## BIBLIOGRAPHIE

- Added A., BEN Mammou A., Abdeljaoued S. et Essonni N. (2003) – Caractérisation géochimique des sédiments de surface du golfe de Tunis. Bull. Inst. Natn. Scien. Tech. Mer de Salammbô, Vol 30, 2003. 135-142.
- Alsharhan A.S. and A.A.El-Sammak (2004)- Grain size Analysis and Characterisation of sedimentary Environments of the United Arab Emirates Coastal Area. Journal of Coastal Research, Vol.20, No. 2, 2004. 464-477.
- Béjaoui B.; brahim M. Ben Mouelli I. et raïs S. (2002) – Modélisation de l'évolution du trait de côte et de la protection du littoral dans le golfe de Tunis. Bull. Inst. Natn. Scien. Tech. Mer de Salammbô, Vol 29, 2002. 41-52.
- Ben Charrada R. (1997) – Etude hydrodynamique et écologique du complexe golfe-lac de Tunis, contribution à la modélisation de l'écosystème pélagique des eaux côtières de Tunis. Thèse de Doctorat en génie Hydraulique. ENIT. 400p.
- Delaune M.; reiffsteck M. Et feller C. (1991) – L'analyse de sols et sédiments à l'aide du microgranulomètre « Sedigraph 5000 ET » Comparaison avec la méthode « pipette Robinson ». Cah. Orstom, sér. Pédol., vol. XXVI, n°2, 1991: 183-189.

- 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. 208p.
- Folk R.L et Word W. (1957) – Braser rivers bars, a study in the significance of grain size parameters. *J. Sedim. Petrol*, vol 27; pp 73-93.
- I.N.M (2004) – Données climatiques et statistique annuelle des vents
- Kouki A. ( 1984) – Contribution à l'étude de la dynamique sédimentaire dans le petit golfe de Tunis. Thèse de Doctorat en 3<sup>ème</sup> cycle, spécialité : Géologie ( sédimentologie marine). Université de Nantes. 168p.
- Migniot C. (1988) – Manuel sur l'hydrodynamique sédimentaire et l'érosion et sédimentation du littoral. Cours ENTPE – Fac. Sci. ORSAY. 159 pages.
- Nouri Y (1979) – Aspect géomorphologique et évolution récente de la côte du Golfe de Tunis. Mémoire de C.A.R. Faculté des lettres et des sciences humaines Tunis. 89p.
- Oueslati A. (2004): Littoral et aménagement en Tunisie. 260-306p
- Paskoff R. (1981) – L'érosion des côtes. Collection 'Que sais je', n°1302. Paris 128p.
- Paskoff R. (1985) – Problème d'utilisation des ressources et d'adaptation aux contraintes des milieux naturels. Exemple tunisien. Vol I., Publ. Univ. Tunis, 227p.
- Paskoff R. (1994) – Les littoraux : Impact des aménagements sur leur évolution. 2<sup>ème</sup> édition, 256p.
- Passega R. (1957) – Texture as characteristic of clastic deposition. *Ann. Assoc. Petrol. Géol. V.* 41,pp. 1952-1984.
- Riviere A. (1977) – Méthodes granulométriques technique et interprétation. Edit. Masson, Paris, 167p.
- Sammari C. Millot C. Taupier I. Stefani A. and Brahim M. (1999) - Hydrological Characteristics in the Tunisian-Sardinia-Sicily area during spring 1995. *Deep-Sea Research I* 46 (1999) 1671-1703.
- Sliti M. (1984) – Contribution à l'étude de la dynamique de la morphologie littorale dans le golfe de Tunis. DEA. Science de la terre, option : eau et environnement. Faculté des sciences Tunis. 56p.