

ETUDE DE L'HYDRODYNAMIQUE SEDIMENTAIRE DE LA LAGUNE DE BIZERTE

Mouldi BRAHIM, B. BEJAOUI et A. ATOUI

1. Laboratoire du milieu marin : Institut National des Sciences et Technologies de la Mer.
28, rue du 2 mars 1934, 2025, salammbô. Tunisie.

ملخص

دراسة هيدروديناميكية الرواسب ببحيرة بنزرت: بينت نتائج تحاليل الرواسب السطحية المستخرجة من أعماق مختلفة ببحيرة بنزرت نوعية الرواسب و ماهية العوامل و الظواهر المساهمة في تنقلها و ترسيبها. كما بينت دراسة الرواسب أن المعادن الديتريكية من أصل اليابسة و الرواسب المتأتية من التعرية الساحلية. وأبرزت الدراسة أن التيارات البحرية المتكونة بمفعول الرياح هي العنصر الأساسي في ديناميكية الرواسب. **كلمات مفاتيح:** بحيرة بنزرت، الرواسب السطحية، نوعية و حجم الرواسب، ديناميكية.

RESUME

Les résultats des analyses granulométriques des sédiments de surface de la lagune de Bizerte, prélevés à différentes profondeurs, ont permis d'identifier la nature de ses sédiments et de préciser les facteurs et les phénomènes qui interviennent dans leur transport et leur dépôt. L'étude sédimentologique a montré que les matériaux détritiques d'origine continentale et les sédiments provenant de l'érosion des côtes sont soumis à une dynamique qui est contrôlée essentiellement par l'action des courants dus essentiellement aux vents.

Mots Clés : lagune de Bizerte, Sédiment de surface, Granulométrie, Dynamique sédimentaire.

ABSTRACT

Study of the sedimentary hydrodynamics of the Bizerte lagoon- Tunisia : The results of the grain size analysis of the sediments of surface of the lagoon of Bizerte, taken with various depths, made it possible to identify has natural its sediments and to specify the factors and the phenomena which intervene in their transport and their deposit. The sedimentological study showed that the detrital materials of continental origin and the sediments coming from the coastal erosion are subjected to a dynamics which is controlled primarily by the action of the currents due primarily to the winds

Key words: Bizerte Lagoon, Surface sediment, Granuometry, Sediment dynamics.

OBJECTIFS

La lagune de Bizerte est considérée comme un système ayant des caractéristiques hydrodynamiques, morphologiques et sédimentologiques qui sont variables dans le temps et dans l'espace.

Les données hydrodynamiques (Harzallah, 2003 ; Béjaoui et Harzallah, 2005) ont permis d'avancer que le secteur d'étude est une zone de haute énergie. Le fort hydrodynamique va favoriser non seulement le brassage des sédiments mais aussi la mobilisation permanente des dépôts superficiels.

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

MATERIEL ET METHODES

1. Cadre général

La lagune de Bizerte est située à l'extrême nord de la Tunisie, entre 37° 08' et 37° 15' de latitude Nord et entre 9° 45' et 9° 57' de longitude Est (figure 1). Elle

communique au Nord avec la mer Méditerranée par un chenal de navigation et à l'Ouest avec le lac Ichkeul à travers l'oued Tinja. Elle constitue un bassin de forme elliptique de superficie égale à 128 km² qui reçoit plusieurs cours d'eau qui sont les oueds El Merdj et Abbés au Nord, les oueds Merazig et Halima au Nord - Ouest, les oueds Soula et Tinja à l'Ouest, les oueds Guenniche, El Hella, Djedara et El Khima, à l'Est et les oueds Guennine, Ben Hassine, Douamis, El Gouraya, Garek, Tliba et Chegui au Sud.

La lagune est limitée au Nord par de petits bassins côtiers, au Sud par la basse vallée de la Mejerda, à l'Est par les bassins versant de la région côtière de Ras El Jebel et, à l'Ouest, par la Garaât Ichkeul avec laquelle elle communique par l'oued Tinja. Ce dernier est un chenal sinueux, peu profond, de quelques mètres de large et de 5 km de long et qui alimente la lagune de Bizerte en eau pendant la saison pluvieuse (Kallel, 1989). La lagune de Bizerte communique au Nord avec la mer méditerranée par un chenal de 7 km de longueur, de largeur variant de 250 m, au niveau du littoral, à 750 m, au voisinage de la lagune, et de 12 m de profondeur.

L'installation des barrages à l'amont du lac Ichkeul a affecté fortement cet équilibre naturel faisant varier son bilan hydrique. Le total des apports d'eau douce a chuté

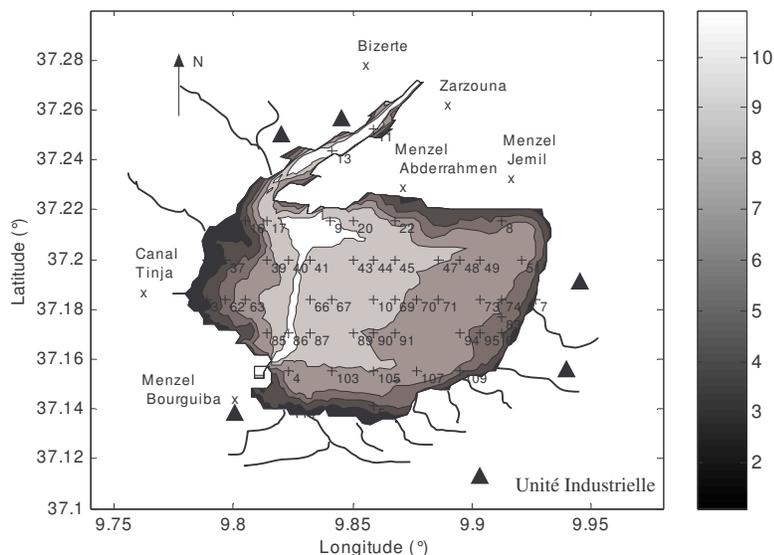


Figure 3 : Stations de prélèvement des sédiments superficiels et carte bathymétrique de la lagune de Bizerte

Nous avons procédé ensuite à un tamisage à sec de la fraction grossière durant 20 minutes sur une série de tamis de type AFNOR dont les mailles varient de 2000 µm à 63 µm (2000 µm, 1400 µm, 630 µm, 500 µm, 250 µm, 180 µm, 125 µm, 100 µm et 63 µm).

Pour chaque échantillon, nous avons établi une courbe granulométrique sur un diagramme semi-logarithmique ayant pour abscisse le diamètre (µm) et a pour ordonnée le pourcentage cumulé de refus. Quelques indices et paramètres de classement d'ordre numériques sont déterminés

RESULTATS

1. Analyse des échantillons

Nous avons calculé le pourcentage de la fraction grossière (>63µm) et de la fraction fine (<63µm). Les résultats obtenus montrent une importante variation du taux des deux fractions, fines et grossières (Figure 4a). En effet, le pourcentage de la fraction fine varie entre 4.6 et 100 % et celui de la fraction grossière est compris entre 0 et 95 %.

Dans la lagune de Bizerte, la répartition de la fraction fine (diamètres des grains < 63 µm) et de la fraction grossière (diamètres des grains > 63 µm) a permis de distinguer des sédiments formés essentiellement de sables, de sables vaseux, de vase sableuse ou de vase. La granulométrie des sédiments de surface est répartie suivant quatre zones distinctes (figure 4a) :

- les zones profondes de la lagune sont caractérisées par des sédiments fins (vases). Les vases occupent également la zone Ouest et plus particulièrement celle soumise à l'influence directe des apports solides arrachés par les oueds drainant les bassins versants qui entourent la dépression formée par le lac Tinja au sud jusqu'à la station conchylicole de Menzel Jamil à l'Est.

- une zone centrale caractérisée par de la vase sableuse. C'est un mélange de la vase avec des sables fins. Cette zone est contournée par de la vase à l'exception du nord où elle est contournée par des sables fins du côté de Menzel Abderrahmen.

- le long des rives du lac, les sédiments ont généralement une granulométrie grossière et les pourcentages de sables sont les plus élevés et dépassent les 75 %. Ces sables présentent une granulométrie moyenne de l'ordre de 250 µm.

- une zone à l'Est de la lagune avec un pourcentage de sable variant entre 25 et 50%. C'est un faciès sablo vaseux.

Nos résultats montrent une relative évolution de la répartition des sédiments de surface de la lagune pendant ces deux dernières décennies (Soussi, 1983 et 1985) qui relève des sédiments de surface répartis selon une organisation grossièrement concentrique affectée par les apports continentaux au sud de la lagune. La granulométrie varie, depuis celles des vases situées principalement dans le centre du bassin à celles des sables fins périphériques. Les vases sont très fortement chargées en matières organiques (Soussi, 1985).

Au cours de ce travail nous déduisons que les vases envahissent la partie Est de la lagune, en particulier au niveau de la station de conchyliculture de Menzel Jamil (Station 49). Les principales sources d'apports de sédiments dans la lagune de Bizerte, sont d'après Kamens et al (1984 et 1989), les suivantes :

- les boues non calcaires et sables charriés par l'oued Tinja en provenance du lac Ichkeul ;
- les sables en provenance des organismes marins calcaires,

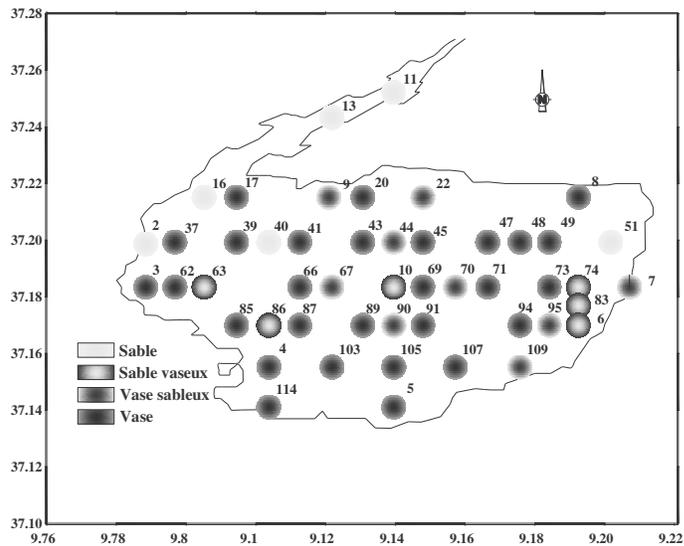


Figure 4a : Carte de la répartition des proportions de la fraction fine et de la fraction grossière dans la lagune de Bizerte

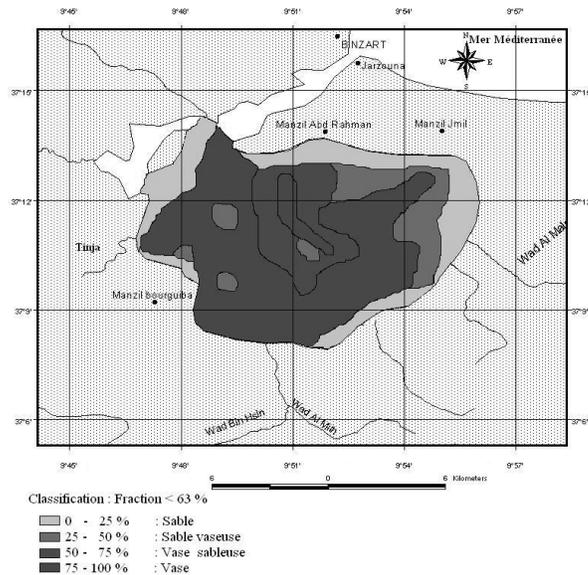


Figure 4b : Carte de la répartition par interpolation des proportions de la fraction fine et de la fraction grossière dans la lagune de Bizerte

- les matériaux solides résultant de l'érosion du sol des terres cultivées environnantes et qui sont transportés par les cours d'eau,

Le vent qui fournit le silt et les composés argileux, et les apports en provenance de la méditerranée sont d'autres sources d'apports sédimentaire dans la lagune, mais ils sont de moindre importance (Kamens et al. 1984).

2. Granulométrie de la fraction grossière des sédiments

Pour déterminer l'origine, le mode de transport et les conditions de dépôt des sédiments de surface prélevés dans la lagune de Bizerte, nous avons procédé à l'analyse granulométrique de la fraction grossière de ces

sédiments. Les résultats obtenus ont permis d'établir des courbes cumulatives et de calculer les différents indices granulométriques.

3. Analyse des courbes cumulatives

Les sédiments prélevés dans la Lagune de Bizerte sont caractérisés par des courbes cumulatives ayant plusieurs formes :

- Les courbes ayant la forme d'un S à forte pente, bien redressé et bien régulier malgré l'existence de légères différences dans leurs allures (figure 5b) et par un faciès parabolique (figure 5d). Ce faciès caractérise la quasi-totalité des sédiments prélevés dans les profondeurs comprises entre 8 et 10m. Une telle forme des courbes

montrent qu'en un stock sédimentaire homogène et des conditions d'énergie adoptées à la charge transportée.
 - les sédiments (stations 7, 9, 13, 16, 39, 47, 105) dont les courbes cumulatives semi-logarithmiques sont assimilables à des droites, présentent un faciès logarithmique (figure 5a). Il s'agit de prélèvements entre l'isobathe -7m et l'isobathe -9m, où la pente du fond est la plus faible. Ce faciès indique un mode de transport par

les courants et un dépôt par excès de charge lorsque la vitesse de ces courants diminue,
 - des sédiments à faciès hyperbolique (Figure 5c). Ils se sont déposés par décantation dans un milieu calme où l'hydrodynamisme est faible pour les remettre en suspension. Ses sédiments sont formés essentiellement par les sédiments fins (< 63µm).

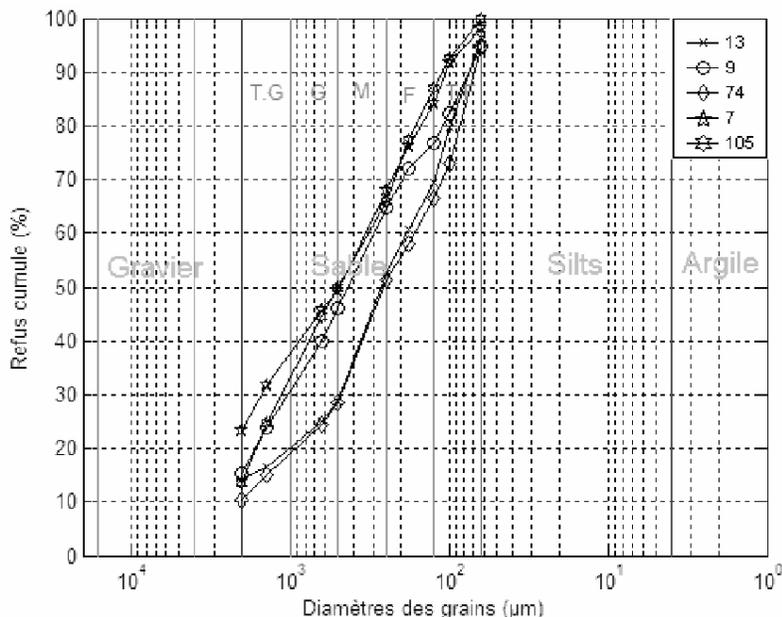


Figure 5a : Courbes granulométriques des sédiments superficiels présentant un faciès logarithmique.

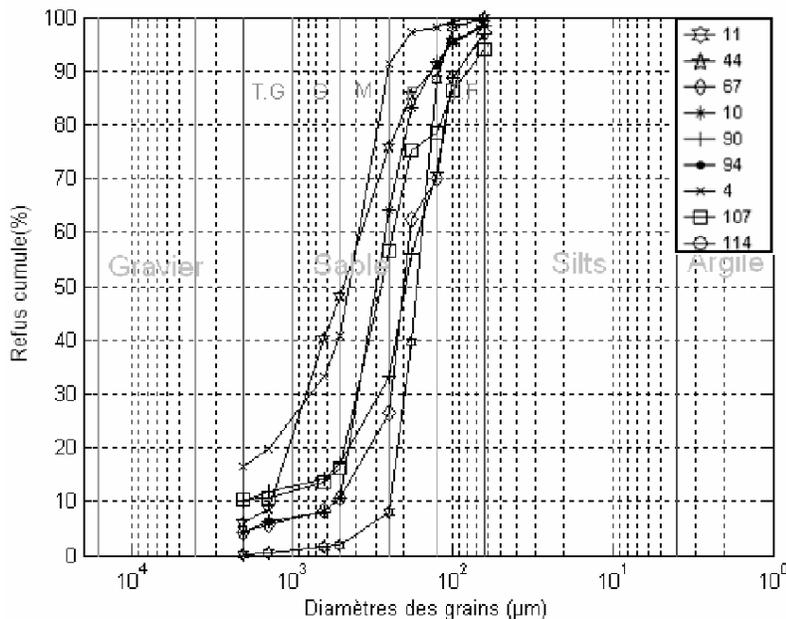


Figure 5b : Courbes granulométriques des sédiments superficiels présentant un faciès en forme de S.

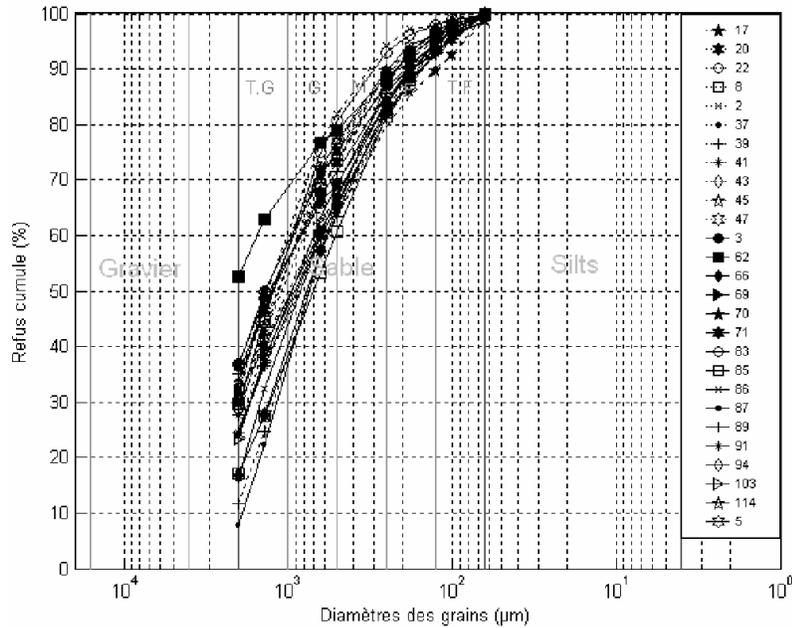


Figure 5c: Courbes granulométriques des sédiments superficiels présentant un faciès hyperbolique.

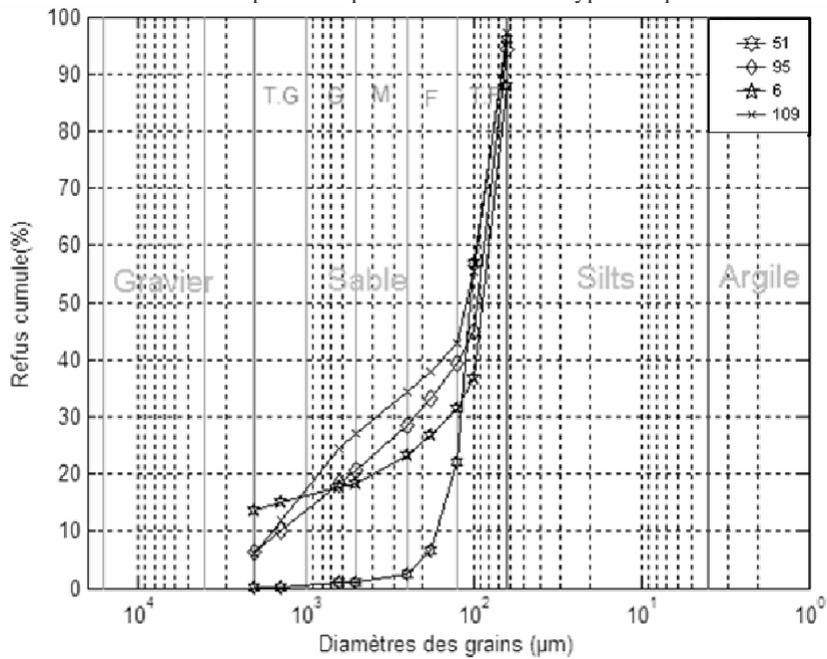


Figure 5d: Courbes granulométriques des sédiments superficiels présentant un faciès parabolique.

4. Indices granulométriques

La figure 7 présente les indices granulométriques exprimés en unité (ϕ). L'échelle ϕ est une unité de mesure définie par la relation suivante :

$$\phi = -3,32119 \log(D(mm))$$

Pour la suite $\phi_{i \leq i \leq 100}$ représente la taille des grains en ϕ correspond à ($i\%$) du poids cumulé.

1. La Moyenne et la Médiane

La moyenne (M_z) définit la taille moyenne des grains (Folk et Word, 1957):

$$M_z = \frac{Q_{16} + Q_{50} + Q_{84}}{3}$$

La Médiane (M_d) représente la taille des grains Q_{50} . La moyenne s'étale entre les valeurs $-0,465 \phi$ et $3,22 \phi$ indiquent une présence spatiale de sables fins à grossiers (figure 6)

- Les sables grossiers forment la majorité des stations de prélèvement (71%).
- Les sables moyens ont presque la même fréquence de présence (14 %).
- La fréquence la plus faible est observée pour les sables fins, localisée principalement à l'Est de la lagune où les vitesses des courants sont faibles (Harzallah, 2003).

La carte de la répartition des sables (figure 6) suivant leur taille moyenne montre la dominance des sables grossiers qui couvrent la zone côtière tandis que les sables moyens aux sables fins sont plutôt répartis au centre de la lagune de Bizerte et dans la zone Sud en face des sources d'apports terrigènes.

Ecart type

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

$$So = \frac{Q_{84} - Q_{16}}{3} + \frac{Q_{95} - Q_5}{6,6}$$

Le classement de sable, en se référant à la mesure de la dispersion autour de la moyenne, est le suivant: nous constatons que l'écart type des courbes, représentant les sables de la lagune de Bizerte, est supérieur à 0,5 φ dans la majorité des cas. Les sables sont donc modérément à très mal classés, sauf au niveau de la station 51 à l'Est de la lagune où les sables sont bien classés. Les sables de la lagune ont des origines variées et parviennent de différents endroits du bassin versant.

5. Coefficient de Skewness

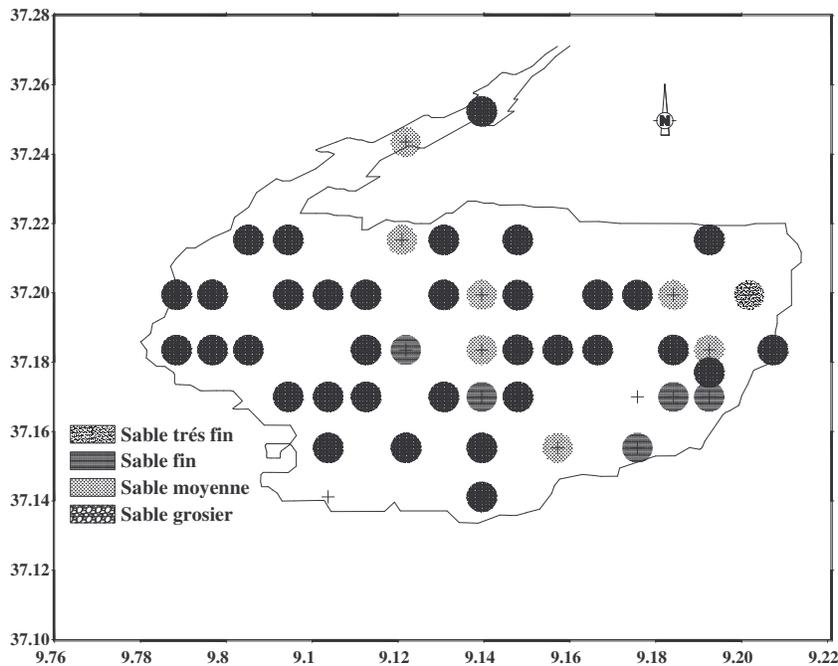


Figure 6 : Carte de la répartition des sables dans la lagune de Bizerte

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

$$Sk = \frac{(Q_{84} - Q_{50}) - (Q_{50} - Q_{16})}{2(Q_{84} - Q_{16})} + \frac{(Q_{95} - Q_{50}) - (Q_{50} - Q_5)}{2(Q_{95} - Q_5)}$$

Les courbes granulométriques sont très asymétriques vers les grossiers pour les échantillons des stations (90, 95, 6, 4 et 109),

- Les courbes granulométriques sont asymétriques vers les grossiers pour un nombre limité des stations 11, 13, 16, 67,74 et 83,
- Les courbes granulométriques sont presque symétriques pour les stations 9,44,48,49,51,10,7, 105,et 107,
- Les courbes granulométriques sont asymétriques vers les sables fins pour les stations 39, 63, 66, 69, 73, 85, 91 et 103,
- Les courbes granulométriques sont asymétriques vers les sables très fins pour les stations 99, 95, 6, 4 et 109.

6. Le coefficient d'uniformité

Le coefficient d'uniformité $U = \frac{d_{60}}{d_{10}}$, avec d_{60} est le diamètre des grains qui correspond à 60% du poids cumulé et d_{10} est celui qui correspond à 10% du refus cumulé. Le coefficient d'uniformité est inférieur à 2 pour la totalité des échantillons analysés, ceci relate une granulométrie des sédiments uniforme dans la lagune de Bizerte.

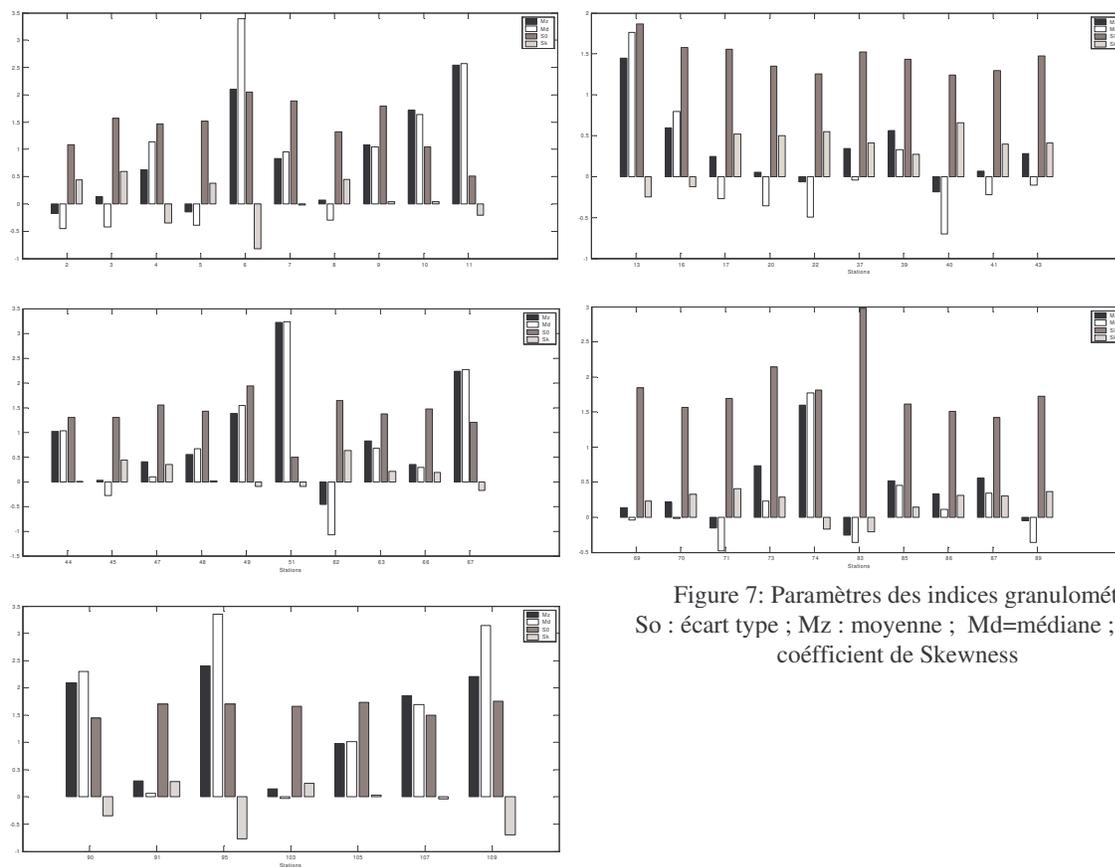


Figure 7: Paramètres des indices granulométriques.
So : écart type ; Mz : moyenne ; Md=médiane ; Sk :
coefficient de Skewness

7. Le diagramme de Passega

La position des points représentatifs des sédiments superficiels prélevés dans la lagune de Bizerte, sur le diagramme de Passega (Passega, 1957) (Figure 7) montre que les valeurs de la première fractile varient entre 149 µm et 3391 µm et les valeurs de la médiane varient de 95 µm à 2100 µm. Cette représentation a permis de montrer les différents modes de transport des sédiments dans la lagune de Bizerte:

- un transport des sédiments par saltation au niveau des stations (51 et 11) représenté sur le diagramme de Passega par le segment (RQ),
- un transport par saltation auxquels s'ajoutent quelques grains transportés par roulement pour les stations (67, 10, 90, 95 et 107) représenté par le segment (QP) du diagramme de Passega,
- un transport essentiellement par roulement et par suspension gradée représenté par la branche (OP) du diagramme de Passega. Les sédiments présentant ce mode de transport sont les sables des stations 4, 9 et 105,
- un transport exclusivement par roulement (branche ON) caractérisant les sédiments grossiers. Il présente la majorité des autres échantillons

8. Origine des Sables

Nous avons utilisé les diagrammes des indices granulométriques (Friedman, 1961) pour montrer les différentes origines des sables de la lagune. La figure 8 présente le coefficient d'acuité K ($K = \frac{(\phi_{95} - \phi_5)}{2,44(\phi_{75} - \phi_{25})}$) en fonction du coefficient de dissymétrie (Sk). Les sables prélevés de la lagune de Bizerte sont apportés en majorité par les cours d'eau. Cependant les sables prélevés au niveau des stations 11, 13, 16, 49, 51, 67, 74, 7, 90, 95, 6, 4, 107 et 109 parviennent des plages.

La figure 9 présente la répartition des sables selon le «Sorting» (So) et le coefficient de dissymétrie (Sk). La figure 10 présente la répartition des sables selon le «Sorting» (So) et la moyenne (Mz). Ces deux représentations montrent que seuls les sédiments des stations 11 et 51 sont des sables de plage par contre les sédiments des autres stations sont apportées par des rivières.

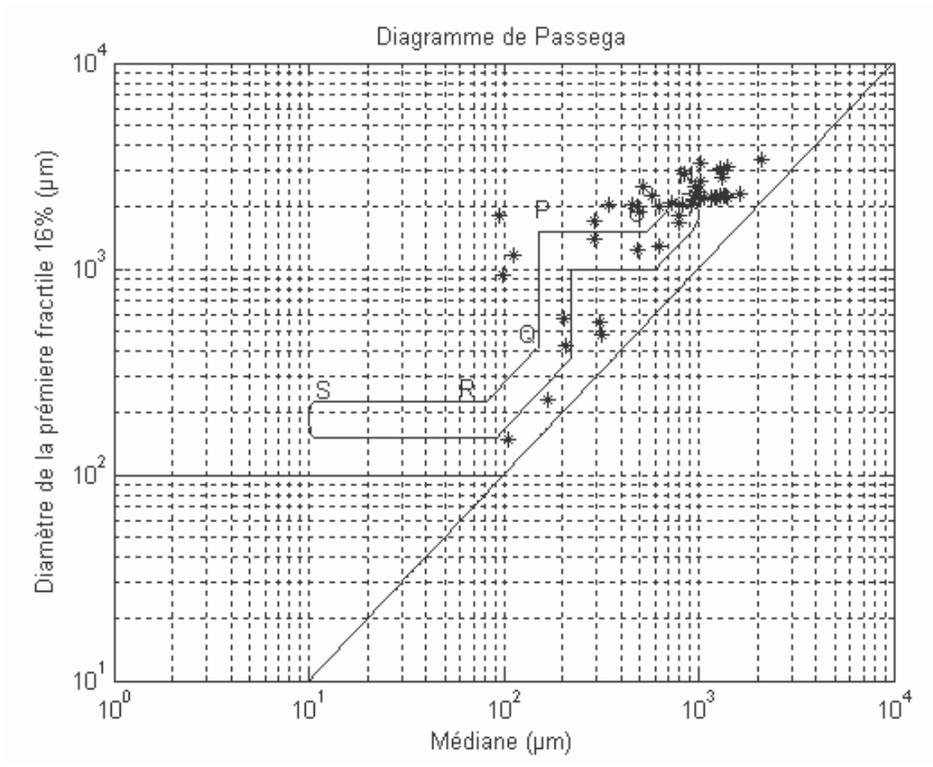


Figure 7 : Position des points représentatifs des sables prélevés de la lagune de Bizerte dans le diagramme de Passega

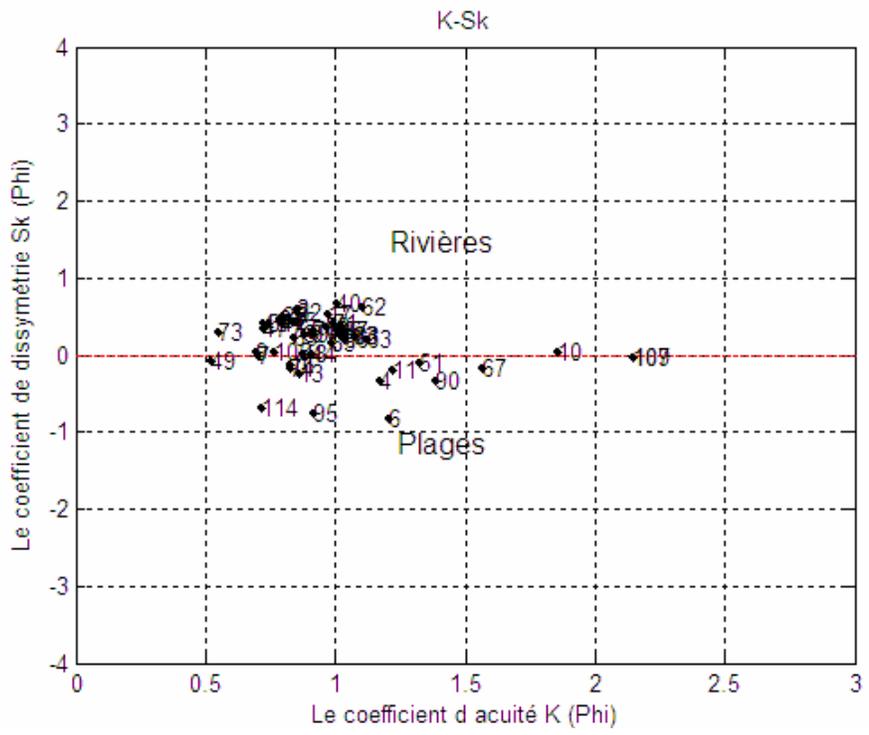


Figure 8 : Répartition des sables selon K-Sk

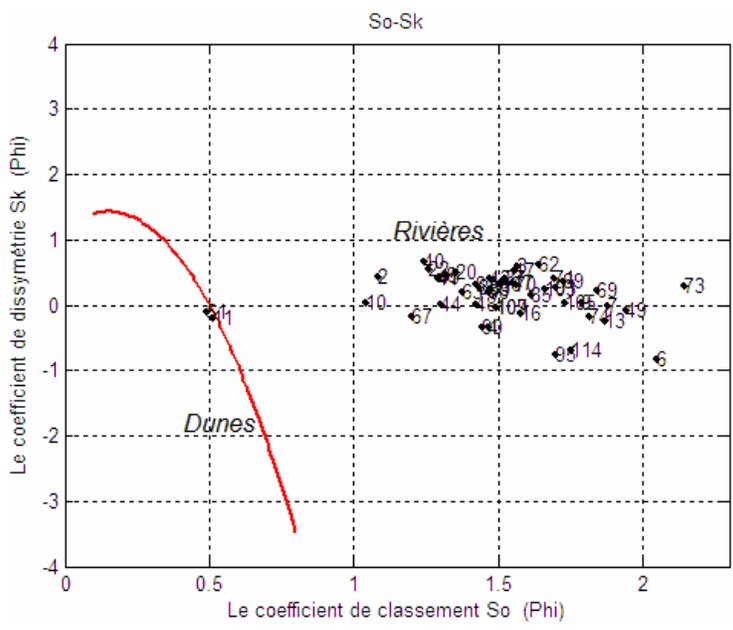


Figure 9 : Répartition des sables selon So-Sk

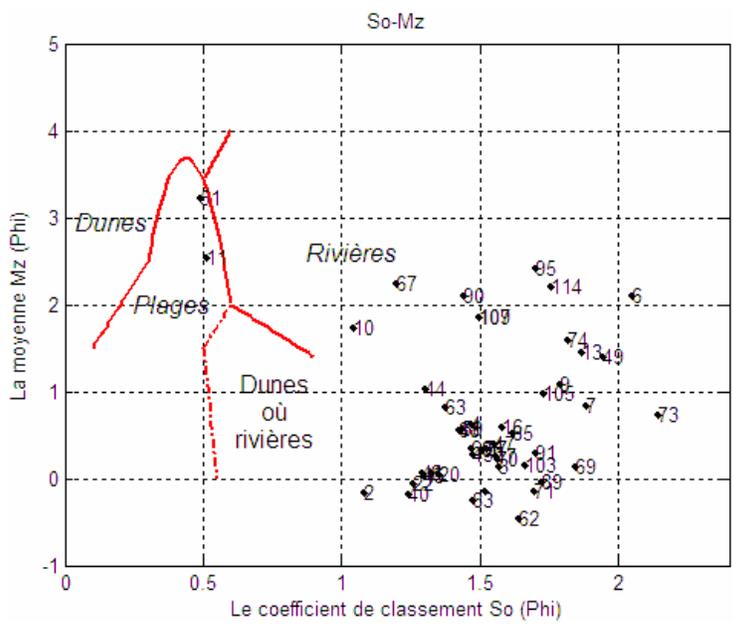


Figure 10 : Répartition des sables selon So-Mz

DISCUSSION

Le bilan d'eau est contrôlé essentiellement par l'échange des eaux dû à la marée (Harzallah, 2003), l'alimentation par les apports du lac Ichkeul par le biais du canal Tinja et avec moindre degré des apports saisonniers des rivières qui couvrent principalement le secteur Sud jusqu'à l'Est (ANPE, 1990).

La circulation générale dans la lagune de Bizerte est animée essentiellement par les vents ouest et nord-ouest qui balayent la surface de la lagune en accélérant la propagation suivant la direction Ouest-Est le long de la

côte sud et nord, un rappel centrale s'établi ce qui explique l'accumulation au centre et dans le canal de navigation des sédiments fins. En effet, Harzallah (2003) a montré que l'intensité de déplacement des eaux à la surface de la lagune est plus forte dans les bordures Ouest, Sud et Nord qu'en milieu et à l'Est de la lagune. Ce schéma de circulation favorise le renouvellement des eaux au niveau des rives Ouest, Sud et Nord et une zone de faible circulation au centre et à l'Est de la lagune. Cette même étude a montré aussi que les courants près du fond les plus intenses se trouvent le long des bordures Nord et Sud de la lagune. Une fois arrivé à l'Est de la

lagune, les eaux se plongent au fond et rebrousse leur chemin vers le secteur Nord-Est. Les courants du fond sont donc de sens opposés à ceux de la surface avec une faible intensité. Nos résultats d'analyses granulométriques montrent la présence essentielle des sédiments grossiers près des zones côtières en présence des courants du fond assez forts. Au Nord de la lagune les zones côtières sont érodées et ceci est dû à l'absence d'apports sableux continentaux et à l'intensité importante des courants. La formation de l'écran de sable fin observée (Figure 4b) dans la partie Est de la lagune est attribuée à la faible énergie de la houle qui est amortie par les faibles profondeurs au niveau de ce secteur. La faible pente du fond dans la zone sud-est, et la faible tension de cisaillement d'arrachement sont les deux causes essentielles de la présence des sables fins dans cette zone qui ne dépasse pas les 6 mètres de profondeurs.

Nos travaux montrent une certaine évolution de la répartition des sédiments de surface de la lagune par rapport aux travaux antérieurs présentés par Soussi (1983 et 1985). En effet il est constaté lors de cette étude que les vases couvrent principalement la partie Est de la lagune, en particulier au niveau de la station de conchyliculture de Menzel Jemil. Les sédiments de surface prélevés dans cette zone présentent plus de 75 % des sables fins (<63 µm).

D'après cette étude, nous pouvons conclure que les régions côtières sont des régions à renouvellement intenses alors que la région centrale est une région de dépôt.

Un aperçu général sur la taille des grains et le pourcentage du sable fin montre une dominance de la vase, à fortiori la dominance des apports continentaux des bassins versants limitrophes. Les faibles échanges sédimentaires de la lagune avec la mer à travers le goulet sont en faveur d'un envasement de la dépression ellipso-lagunaire de Bizerte.

CONCLUSION

L'analyse granulométrique des sédiments de surface dans la lagune de Bizerte révèle une organisation grossièrement concentrique altérée par les apports continentaux. La granulométrie varie, depuis celles des vases situées principalement dans le centre du bassin à celles des sables grossiers périphériques. Nos résultats montrent une certaine évolution de la répartition des sédiments de surface de la lagune par rapport aux travaux présentés par Soussi (1983 et 1985). En effet il a été constaté lors de cette étude que les vases couvrent principalement la partie Est de la lagune, en particulier au niveau de la station de conchyliculture de Menzel Jemil.

La représentation des courbes cumulatives de la granulométrie des sédiments de surface de la lagune montre plusieurs formes d'allures et donc de dynamiques différentes. Les représentations graphiques prennent la forme d'un S peu régulier et étalé et par un faciès parabolique indiquant un stock sédimentaire homogène

et des conditions d'énergie adoptées à la charge transportée.

Au niveau des profondeurs moyennes (entre 4 et 8 m) et dans la zone Est où la pente du fond est la plus faible les sédiments sont représentés par des courbes cumulatives selon des droites qui indiquent un mode de transport par les courants de turbidité et un dépôt par excès de charge lorsque la vitesse de ces courants diminue.

Au centre de la lagune et dans les fortes profondeurs la sédimentation s'effectue par excès de charge quand les courants sont faibles et les échantillons des sédiments de surface sont représentés selon une forme hyperbolique.

Selon la représentation des indices granulométriques des sédiments analysés de la lagune de Bizerte l'origine des sables est essentiellement continentale. Ces sables sont transportés par les oueds du bassin versant de la lagune.

La dynamique sédimentaire dans la lagune de Bizerte est liée essentiellement aux courants qui sont dus aux vents dominant de secteurs Ouest et Nord-Ouest et par les apports continentaux du bassin versant

BIBLIOGRAPHIE

- ANPE, 1990- Etude préliminaire de l'écologie du lac de Bizerte. Rapport, Agence Nationale de Protection de l'Environnement, Tunis, 100 p.
- Bejaoui B. et Harzallah A., 2005- Modèle hydrodynamique de la lagune de Bizerte avec forçage saisonnier. Atelier de Modélisation des Écosystèmes Marins, organisé par l'INSTM, Tunis, 27-28 Septembre 2005.
- Harzallah A., 2003 - Transport des polluants dans la lagune de Bizerte simulé par un modèle de circulation de l'eau. Bull de l'Inst. Nat. Des Sci. Et Tech. de la Mer de Salammbô. Vol. 30. 115-133.
- Kallel M. R., 1989 - Hydrologie du lac de Bizerte. Rapp. Int. DGRE. Tunis, 41 p.
- Kamens J., Pilkey O., Heron D., Harbridge W., KEER F. ET Thornton S., 1989: The sedimentology of three Tunisian lagoon. Marine. Geology, Vol. 88, Amsterdam, 285-301.
- Kamens J., Pilkey O., Whalting P., 1984 - Etude sédimentologique des lacs de Bizerte et de Tunis. Notes Serv. Géol. N. ° 49, Off. Nat. Min. 5-25.
- Mamadou F., 1986: Environnement sédimentaire quaternaires et actuels des tourbières des niayes de la grande côte du Sénégal, Thèse de l'université de Dakar. Faculté des sciences, 38-43.
- Mansouri T., 1996 - Application de la télédétection et des systèmes d'information géographique à l'étude du fonctionnement hydrologique du lac de Bizerte et de son bassin versant. DEA. Fac. Sci Tunis, 93 p.
- Mathlouthi S., 1985 - Etude géomorphologique des environs du système lacustre de Bizerte. Thèse de 3ème cycle, Fac. Sci. Hum et Soc. Tunis, 87 p.
- Melki F., 1997 - Tectonique de l'extrême Nord-Est de la Tunisie (Bizerte - Menzel Bourguiba - Mateur). Evolution tectonique de blocs structuraux du

- crétacé supérieur au quaternaire. Thèse de Doct. Fac. Sci. Tunis, 213 p.
- Nouri Y., 1985 - Le lac de Bizerte et ses alentours. Essai de cartographie de l'environnement au 1/25000. Thèse de 3^{ème} cycle, Fac. Sci. Hum et Soc. Tunis, 186 p.
- Ouakad M., 2007 - Genèse et évolution des milieux laguno-lacustres du Nord-Est de la Tunisie (Garaet el Ichkeul, Lagunes de Bizerte et de Ghar el Melh. Thèse de Doctorat d'Etat Es-Sciences Géologiques. Université de Tunis El Manar. Faculté des Sciences de Tunis. 461 p.
- Ouakad M., 1982 - Evolution sédimentologique et caractères géochimiques des dépôts récents de la Garaât Ichkeul (Tunisie septentrionale). Thèse de Doct. de Spéc, Univ. Perpignan, 166 p.
- Soussi N., 1981 - Mécanismes de la sédimentation et évolution paléogéographique de la lagune de Bizerte (Tunisie) durant le quaternaire récent. Thèse de Doct. Spéc, Uni. Toulouse, 229p.
- Soussi N., Levy A., et Zaouali J., 1983 - La lagune de Bizerte : Sédimentologie et écologie des Foraminifères et Mollusques. Notes Serv. Géol. N.°47, Off. Nat. Mines, Tunisie, 27-40.