

LA DYNAMIQUE SEDIMENTAIRE DANS LA BAIE DE MONASTIR

Mouldi BRAHIM*, A ATOUI et M. R. BEN ALI

Institut National des Sciences et Technologies de la Mer.

*mouldi.brahim@instm.rnrt.tn

ملخص

ديناميكية الرواسب في الشريط الساحلي لخليج المنستير: ان عديد الأنشطة الصناعية وصيد الأسماك في خليج المنستير تساهم في فقدان التوازن البيئي البحري. حاليا الاتجاه نحو ضعف وتدهور الشريط الساحلي. والهدف من هذا العمل هو تحديد العوامل الطبيعية والبشرية وتقييم أثارها وذلك باستخدام تحليل الرواسب السطحية لتوضيح ديناميكية الرواسب في الشريط الساحلي لخليج المنستير. ويبين تحليل حجم الجسيمات للرواسب السطحية للحافة الساحلية لخليج المنستير أن الشريط الساحلي المغمور بالماء مبطنة بالرمال المتوسطة والرمال الناعمة ، التي عادة ما تكون مصنفة بدرجة متوسطة ومتدرجة بدرجة سيئة. هذه الرمال تتحرك ،أساسا ، عائمة في الماء او متجرة في قاع البحر. يوضح توزيع حجم الرواسب السطحية على طول الصورة العرضية لميناء المنستير في البحر ، حتى عمق 17 م ، تناقص تدريجي للساحل إلى البحر المفتوح. عادة ما تكون المنحنيات اللوغاريتمية التراكمية للرواسب السطحية للشاطئ تحت الماء أكثر انتشارا في شكل ، مما يشير إلى ان الرمال متوسطة الحبيبات و ديناميكية المياه غير قوية. تظهر التحليلات المعدنية أن هذه الرمال تتكون أساسا من الكوارتز والكالسيت. يأتي الكوارتز بشكل رئيسي من الأراضي الجيولوجية المتاخمة للساحل ، ومدخلان الاودية وطاقة الرياح من المناطق الساحلية. الكالسيت يأتي من ركام القش في منطقة الدراسة ومدخلان الاودية. يعتمد نقل الرواسب السطحية في الماء بشكل رئيسي على الرياح و الامواج.

كلمات مفاتيح : تحليل الرواسب السطحية- ديناميكية الرواسب- الكالسيت- الرمال- خليج المنستير

RESUME

La baie de Monastir est sollicitée par plusieurs activités industrielles et de pêche qui contribuent à son démaigrissement. Actuellement la tendance est plutôt vers la fragilisation et la dégradation de la côte. L'objectif de ce travail est d'identifier les facteurs naturels et anthropiques et d'apprécier leurs effets, en utilisant des méthodes d'analyses granulométriques et minéralogiques des sédiments de surface afin de préciser la dynamique sédimentaire dans la frange littorale de la Baie de Monastir.

L'analyse granulométrique des sédiments superficiels de la frange littorale de la baie de Monastir, montre que la plage sous-marine est tapissée par des sables moyens et sables fins, généralement modérément classés et mal classés. Ces sables se déplacent, essentiellement, par saltation, roulement et suspension gradée.

La répartition granulométrique des sédiments de surface le long d'un profil transversal du port de Monastir vers le large, jusqu'à 17 m de profondeur, montre un granoclassement décroissant de la côte vers le large. Les courbes cumulatives semi-logarithmiques des sédiments de surface de la plage sous-marine, ont, en général, la forme d'un S plus au moins étalé qui indique des sables à classement moyen et un milieu plus ou moins agité.

Les analyses minéralogiques montrent que ces sables sont constitués essentiellement de quartz et de la calcite. Le Quartz provient, essentiellement, des terrains géologiques limitrophes du littoral, des apports détritiques terrigènes et des apports éoliens en provenance des zones bordières. La calcite provient des débris coquilliers dans le secteur d'étude et des apports détritiques terrigènes. Le transport des sédiments de surface dans la zone est tributaire essentiellement du vent et de la houle.

Mots clés : Granulométrie, minéraux, Dynamique sédimentaire, Baie de Monastir.

ABSTRACT

Sedimentary dynamics in Monastir Bay of the Tunisian waters: The Bay of Monastir is subjected to several industrial and fishing activities that contribute to the loss of biodiversity. Currently the trend is towards the pollution and the degradation of the coast. The objective of this work is to identify the principal natural and anthropogenic factors controlling the ecosystem functioning and to appreciate their effects, by using granulometric and mineralogical surface sediment analysis methods in order to specify the sedimentary dynamics in the coastal fringe of the Bay of Monastir.

Particle size analysis of the superficial sediments of the coastal fringe of Monastir Bay shows that the submarine beach is lined with medium sands and fine sands, which are generally moderately classified and poorly graded. These sands move, essentially, by saltation, rolling and gradual suspension.

The grain size distribution of the surface sediments along a transverse profile of the port of Monastir offshore, up to 17 m depth, shows a decreasing gradation of the coast to the open sea. The cumulative semi-logarithmic

curves of the surface sediments of the underwater beach are generally in the form of a more or less spreading S, which indicates medium-grained sands and a more or less agitated environment.

Mineralogical analyzes show that these sands consist essentially of quartz and calcite. Quartz comes mainly from geological land bordering the coast, terrigenous detrital inputs and wind energy from the coastal areas. The calcite comes from shelly debris in the study area and terrigenous detrital inputs. The transport of surface sediments in the area is mainly dependent on wind and swell.

Key words: Particle size, minerals, sedimentary dynamics, Monastir Bay.

PRESENTATION DE LA ZONE

La zone d'étude est située entre 35°45,631' et 35°37,600' de latitude Nord et 10°49,519' et 11°02,731' de longitude Est, entre Monastir et Bekalta, situé sur la côte orientale de la Tunisie (figure 1),

La zone est délimitée par des terrains miopliocènes quaternaires relativement plats, avec cependant une légère variabilité de la topographie représentée principalement par la falaise de Monastir (Oueslati, 1992 ; Paskoff et Sanlaville, 1983) au nord (25 m au sommet) et les collines tyrrhéniennes de Ksibet El Mediouni au sud (12 m au sommet).

La frange littorale constitue le réceptacle de multiples émissaires d'eaux usées des zones urbaines, en particulier ceux de Khnis et de Ksibet El Mediouni qui se jettent en de nombreux points le long du rivage

ainsi que ceux de la ville de Monastir qui sont rejetés au Nord du port

Dans la frange littorale, la topographie sous-marine est irrégulière avec une bathymétrie généralement faible (Oueslati, 1992). L'examen de la carte marine et l'analyse de profils bathymétriques font apparaître les caractères suivants :

l'existence d'un platier, essentiellement en face de Khnis et de Ksibet El Mediouni, où la bathymétrie ne dépasse pas 3 m à 2 km du rivage. Ce platier est tapissé par un herbier lacustre à lagunaire (*Ruppia* sp. et *Zostera* sp.) jusqu'à l'isobathe -1 m, relayé par un herbier marin à lagunaire (*Cymodocea nodosa*). Au-delà de 3 m de profondeur, on trouve l'herbier de posidonies. Des algues telles que les ulves ou les entéromorphes sont présentes en quantités notables

Une série de hauts fonds constituant le prolongement du cordon tyrrhénien qui isole la lagune de Monastir de la mer. Ces hauts fonds s'individualisent notamment en face de Ksibet El Mediouni

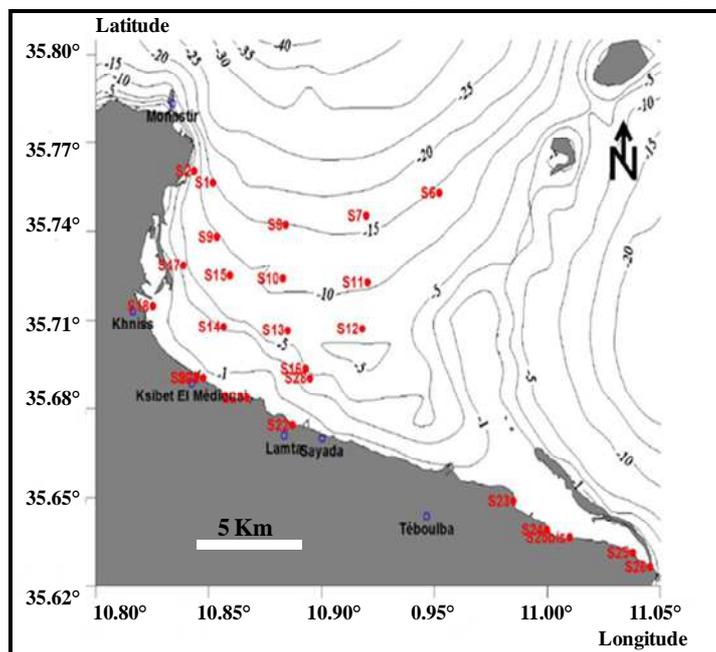


Figure 1 : localisation des stations de prélèvements des sédiments de surface dans la baie de Monastir

L'accumulation des produits de dragage des chenaux creusés dans la lagune de Monastir et déposés sur une distance de 1 km environ, parallèlement au rivage et en face de la passe sud de la lagune. Ces travaux d'aménagement ont été entrepris pour assurer une meilleure circulation des eaux de la lagune.

La baie de Monastir reçoit deux types d'eau terrestres : Des eaux pluviales en période de crue proviennent essentiellements de l'oued Khnis eaux usées traitées provenant de deux stations d'épuration El Frina (Monastir) et de Lamta, Sayada Bouhjar

Dans la région d'étude, entre Monastir et Békalta, cinq ports de pêche ont été construits à des périodes différentes.

L'analyse statistique des vents locaux (figure 2) montre que les vents dominants sont caractérisés par une vitesse comprise entre 1 et 5 cm.s^{-1} , et proviennent de trois directions principales de Ouest, Nord-Nord-Est et Est avec une probabilité d'occurrence de 10,7%, 8,5% et 7,6% respectivement. (Souissi et al., 2014).

Les statistiques des vents locaux font apparaître un régime saisonnier avec un caractère de brise. Au cours de l'année, plusieurs directions peuvent exister. Ce phénomène traduit une instabilité du vent au cours des saisons. À Monastir, les vents dominants sont des secteurs Nord, Nord-Nord-Est et Est. Ils sont généralement faibles, avec une vitesse qui ne dépasse pas 20 m.s^{-1} . La fréquence des vents calmes est de 7.6%. (OMM, 1961-1990)

Dans le cadre de la coopération Tuniso-espagnole, l'APAL (2010) a élaboré les roses des houles par le

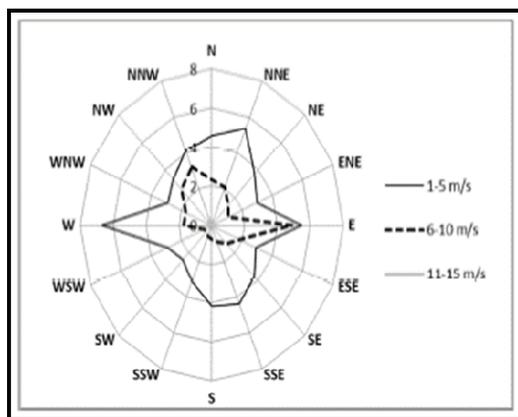


Figure 2 : Rose des vents (direction et fréquence), (1997-2006) (INM)

MATERIELS ET METHODES

Mode de prélèvement et campagnes d'échantillonnage

Quatre campagnes d'échantillonnage des sédiments de surface ont été réalisées dans le littoral de la baie de Monastir. Une campagne côtière a été effectuée le 31 mai 2016 le long du rivage de la baie pour prélever des sédiments à pied dans les faibles profondeurs qui ne dépassent pas 1m. Trois campagnes ont été effectuées pendant le mois d'octobre 2016 pour prélever des sédiments de

biais du modèle SMC (Système de Modélisation Côtière). Les houles qui attaquent la côte de Monastir viennent en grande partie du secteur Nord-Est (figure 3). Elles sont généralement générées par des vents souvent forts et fréquents. A l'approche de la côte de Monastir et vers une profondeur de 5m, la houle s'amortit de 2/3. Ceci est dû à la présence d'un important herbier de posidonies dans cette région (LCHF, 1978). Au large de Ksibet el Médiouni, la hauteur des vagues, de direction Nord-Nord-Est, est en moyenne de 2,7 m, et elle est de l'ordre de 1,2m après réfraction. Aux abords de Té Boulba, les houles annuelles présentent une hauteur de 1,1m. Les houles décennales ont une hauteur estimée à 1.3m. Au niveau du littoral de Békalta, la houle provenant du Nord-Est, de l'Est et du Sud-est, a une hauteur plus importante, de l'ordre de 2.2m (HP, 1995).

Dans la région de Monastir, le marnage est en moyenne de 40 cm. La marée, dans le secteur d'étude, est de type semi-diurne. L'amplitude maximale observée est de 0.50m (LCHF, 1978).

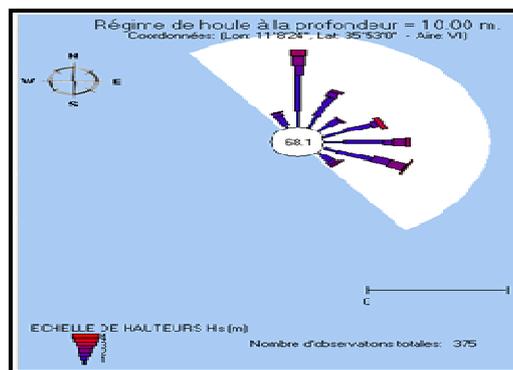


Figure 3 : Rose de la houle à la côte d'après le SMC (IHE, 2008)

surface des petits fonds entre 2 et 17 m de profondeur (figure 1 ; tableau I). Au total 24 échantillons ont été collectés. Nous avons effectués les prélèvements des sédiments de surface des petits fonds à l'aide d'une barque côtière. La collecte des échantillons a été effectuée à l'aide des plongeurs de l'Institut National des Sciences et Technologies de Mer. La position de prélèvement de chaque échantillon a été effectuée par un GPS (Global Positioning System) de type Radar. La profondeur de chaque point de prélèvement des sédiments a été effectuée par un profondimètre.

Tableau I : Les coordonnées géographiques des stations de prélèvements des sédiments de surface dans la baie de Monastir

Station	Date	Latitude	Longitude	Profondeur (m)
S1	19/10/2016	35°45,631'	10°51,125'	17,2
S2	19/10/2016	35°45,631'	10°50,618'	10,8
S6	26/10/2016	35°45,191'	10°57,131'	12,0

S7	26/10/2016	35°44,709'	10°55,184'	15,5
S8	26/10/2016	35°44,533'	10°53,054'	14,8
S9	26/10/2016	35°44,291'	10°51,022'	10,4
S10	26/10/2016	35°43,441'	10°52,968'	10,7
S11	26/10/2016	35°43,370'	10°54,986'	10,3
S12	5/10/2016	35°42,423'	10°55,082'	7,1
S13	5/10/2016	35°42,387'	10°53,108'	5,7
S14	5/10/2016	35°42,453'	10°51,403'	3,4
S15	5/10/2016	35°43,497'	10°51,571'	5,9
S16	31/5/2016	35°44,646'	10°50,060'	1
S17	5/10/2016	35°43,712'	10°50,337'	5,3
S18	31/5/2016	35°42,884'	10°49,519'	1
S20	31/5/2016	35°41,429'	10°50,856'	1
S21	31/5/2016	35°41,012'	10°52,014'	1
S22	31/5/2016	35°40,477'	10°53,234'	1
S23	31/5/2016	35°38,944'	10°59,103'	1
S24	31/5/2016	35°38,346'	10°59,989'	1
S25	31/5/2016	35°37,882'	11°02,269'	1
S25bis	31/5/2016	35°38,197'	11°00,594'	1
S26	31/5/2016	35°37,600'	11°02,731'	1
S28	5/10/2016	35°41,421'	10°53,696'	6.2

Méthodes d'analyses des sédiments

Afin d'étudier la distribution et le mode de transport des sédiments de surface des petits fonds de la baie de Monastir, les échantillons prélevés ont fait l'objet d'analyse granulométriques et minéralogique couvrant toute la zone du littoral entre 1 et 17 m de profondeur.

Les sédiments prélevés de la plage sous-marine de la frange littorale de la baie de Monastir ont fait l'objet d'analyses granulométriques (Folk, 1966 ; Folk and Ward, 1957) et minéralogiques (Deng et al., 2009 ; Rivière, 1953, 1975).

La granulométrie consiste à déterminer le pourcentage des grains en fonction de la dimension des grains. Pour les sables, on procède à un tamisage à sec de la fraction grossière ($d > 63 \mu\text{m}$) sur une série de tamis de type Afnor dont les mailles sont en progression géométrique du bas vers le haut (63, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250 μm). Pour chaque fraction grossière ($> 63 \mu\text{m}$), on a tracé une courbe cumulative semi-logarithmique qui représente le pourcentage cumulatif du refus en fonction du diamètre correspondant des grains du sédiment. A partir de chaque courbe granulométrique des indices granulométriques sont calculés (Folk, 1966 ; Folk and Ward, 1957).

Les analyses minéralogiques consistent à déterminer les minéraux argileux et non argileux par diffraction aux rayons X, en utilisant un diffractomètre muni d'un monochromateur à anticathode de cuivre qui sert à émettre la radiation $K\alpha$ du cuivre.

Cette méthode consiste à utiliser la propriété de diffraction d'un faisceau monochromatique de rayons X par les plans réticulaires, en se basant sur la loi de Bragg :

$$n\lambda = 2d \sin \theta$$

avec :

n : nombre entier λ : 1,54Å d : distance de deux plans réticulaires θ : angle d'incidence

Détermination des minéraux non argileux

La détermination de la minéralogie globale des sédiments est réalisée 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

Répartition de faciès sédimentaire

L'analyse granulométrique des sédiments de surface prélevés a permis de déterminer le pourcentage de la fraction grossière ($> 63 \mu\text{m}$) et de la fraction fine ($< 63 \mu\text{m}$) (tableau II, figure 4).

Les sédiments prélevés des petits fonds dans la Baie de Monastir sont formés essentiellement par une fraction grossière, Le pourcentage de la fraction grossière ($d > 63 \mu\text{m}$) des échantillons prélevés varie entre 94,72% et 100%. La fraction fine pour chaque échantillon est faible par rapport à la fraction grossière (tableau II).

Tableau II: Localisation des stations de prélèvements et pourcentage de la fraction fine et de la fraction grossière dans la Baie de Monastir

Station	Date	Latitude	Longitude	Profondeur	>63 µm (%)	<63 µm
S1	19/10/2016	35°45,631'	10°51,125'	17,2	95,07	4,93
S2	19/10/2016	35°45,631'	10°50,618'	10,8	93,52	6,48
S6	26/10/2016	35°45,191'	10°57,131'	12,0	--	--
S7	26/10/2016	35°44,709'	10°55,184'	15,5	96,10	3,90
S8	26/10/2016	35°44,533'	10°53,054'	14,8	96,87	3,13
S9	26/10/2016	35°44,291'	10°51,022'	10,4	97,42	2,58
S10	26/10/2016	35°43,441'	10°52,968'	10,7	97,25	2,75
S11	26/10/2016	35°43,370'	10°54,986'	10,3	98,27	1,73
S12	05/10/2016	35°42,423'	10°55,082'	7,1	96,03	3,97
S13	05/10/2016	35°42,387'	10°53,108'	5,7	97,42	2,58
S14	05/10/2016	35°42,453'	10°51,403'	3,4	98,76	1,24
S15	05/10/2016	35°43,497'	10°51,571'	5,9	95,94	4,06
S16	31/05/2016	35°44,646'	10°50,060'	1	99,88	0,12
S17	05/10/2016	35°43,712'	10°50,337'	5,3	97,72	2,28
S18	31/05/2016	35°42,884'	10°49,519'	1	99,00	1,00
S20	31/05/2016	35°41,429'	10°50,856'	1	100	0,00
S21	31/05/2016	35°41,012'	10°52,014'	1	100	0,00
S22	31/05/2016	35°40,477'	10°53,234'	1	99,91	0,09
S23	31/05/2016	35°38,944'	10°59,103'	1	99,96	0,04
S24	31/05/2016	35°38,346'	10°59,989'	1	98,76	1,24
S25	31/05/2016	35°37,882'	11°02,269'	1	99,72	0,28
S25bis	31/05/2016	35°38,197'	11°00,594'	1	98,41	1,59
S26	31/05/2016	35°37,600'	11°02,731'	1	100	0,00
S28	05/10/2016	35°41,421'	10°53,696'	6,2	95,41	4,59

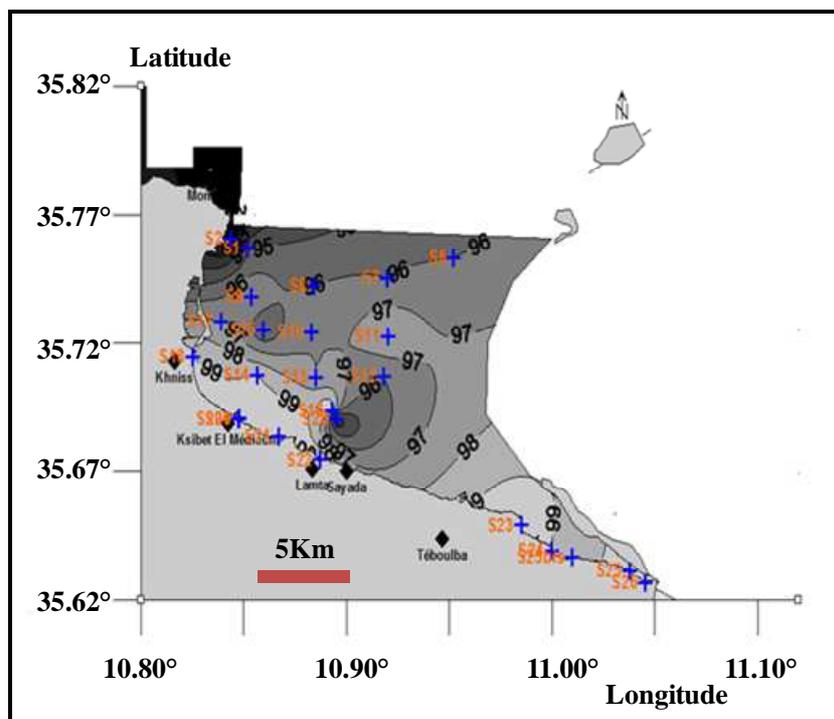


Figure 4 : Répartition de la fraction grossière des sédiments dans la Baie de Monastir

La fraction grossière

Les courbes cumulatives

Les courbes en forme de S

La majorité des sédiments prélevés dans la Baie de Monastir est caractérisée par des courbes cumulatives ayant la forme d'un S peu régulière et plus au moins étalé. Les courbes en forme d'un S à forte pente, ou

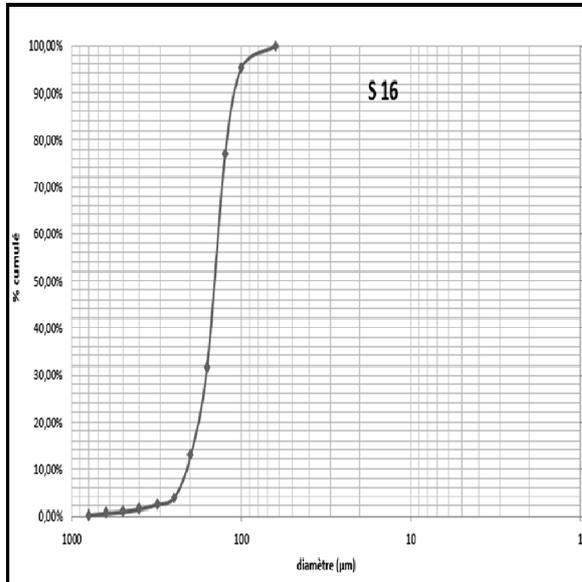


Figure 5 : Courbe en forme de S plus au moins étalée (S16)

Courbe en forme Hyperbolique

Les échantillons qui présentent un faciès hyperbolique (figure 6) sont localisés dans les plus grandes profondeurs supérieur à 10 m. Ce type de présentation est localisé au niveau des deux stations S6 et S11. Il montre une hétérogénéité du stock sableux. Ses sédiments sont donc déposés par décantation dans un milieu calme où l'hydrodynamique est assez lente pour les remettre en suspension.

Indices granulométriques des sables

Les indices granulométriques pour chaque échantillon analysés sont mentionnés dans le tableau III.

Moyenne :

Les valeurs de la moyenne de tous les échantillons varient à l'échelle phi de 0,5 à 2.8 Le sable fin est majoritaire, il présente 56% des échantillons, le sable moyen présente 43% alors que le sable grossier est présent seulement au niveau de la station S15. Nous constatons que la présence des sables moyens est localisée en face de la pointe de Monastir. Dans le reste de la zone étudiée les petits fonds sont couverts par des sables fins (figure 7) qui indique une dynamique plus faible.

bien la forme d'un S plus au moins étalé (figure 5) indique qu'il s'agit de sables bien classés dans un milieu plus au moins agité avec évacuation des particules fines vers le large par les houles. Une telle forme des courbes montre aussi qu'on a un stock sédimentaire homogène dans les petits fonds et des conditions d'énergie adaptées à la charge transportée.

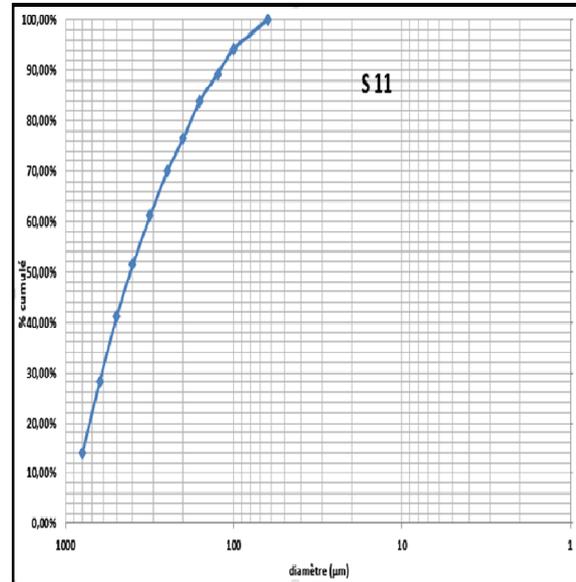


Figure 6 : Courbe en forme Hyperbolique (S11)

Les courants dans la Baie de Monastir est tributaire de l'effet de la houle de secteur Nord-Est et de moindre importance par l'effet de la marée qui reste toujours faible et ne dépassant pas les 40 cm (Abdennather et Boukthir, 2006 ; Molines, 1991)

Écart type :

Les valeurs de la l'écart type, comprises entre 0.28 et 2.72 permettent de différencier les groupes de sables suivants :

- Les sables mal classés
- Les sables modérément classés

Les échantillons prélevés dans les petits fonds de la Baie de Monastir sont mal classés à modérément classés (tableau III). Ce ci indique que la zone étudiée est soumise à une dynamique variable plus au moins importante.

Indice d'asymétrie (Ski) :

L'indice d'asymétrie des sédiments varie de -0.01 à 0.52. Les échantillons qui présentent des courbes granulométriques très asymétriques vers les grossier sont localisés au niveau des échantillons (S2, S7, S8, S9, S10, S12, S14, S16, S17, S18, S20, S26 et S28). Les échantillons qui présentent des courbes granulométriques très asymétriques vers les fins sont localisés au niveau des stations (S6, S7 et S15) (tableau III).

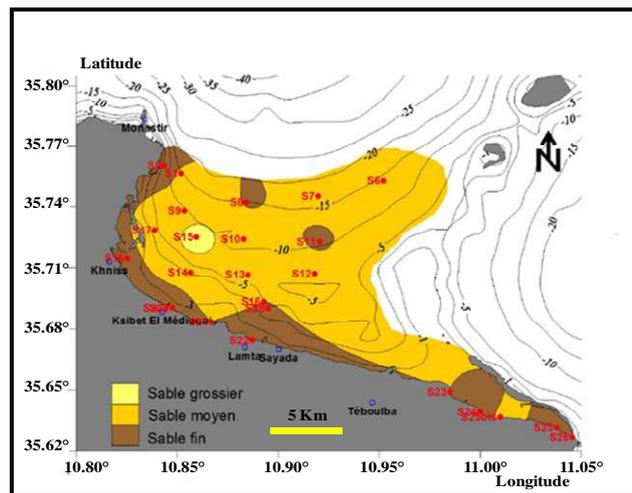


Figure 7 : Distribution spatiale des sables dans la Baie de Monastir

Tableau III: Indices granulométriques des sédiments

Station	Prof (m)	MZ (ϕ)	Médiane (μm)	SKI (ϕ)	Écart-type (ϕ)	U (ϕ)
S1	17,2	1,9 Sable moy	1,18	0,17 Asym.fins	0,71 mod. classé	0,35 uniforme
S2	10,8	2,4 Sable fin	1,08	-0,10 T.assy.grossier	0,89 mod. classé	0,22
S6	12,0	1,5 Sable moy	1,22	0,39 T asym.fin	0,72 mod. classé	0,4 uniforme
S7	15,5	1,6 Sable moy	1,17	0,40 T asym.fin	0,90 mod. classé	0,4 uniforme
S8	14,8	2,1 Sable fin	0,96	-0,16 T.assy.grossier	1,26 mal classé	0,30 uniforme
S9	10,4	1,7 Sable moy	0,93	-0,08 T.assy.grossier	0,98 mod. classé	0,35 uniforme
S10	10,7	1,6 Sable moy	0,75	-0,12 T.assy.grossier	0,95 mod. classé	0,41 uniforme
S11	10,3	2,3 Sable fin	0,46	0,11 Asym.fins	0,85 mod. classé	0,62 uniforme
S12	7,1	1,4 Sable moy	0,46	-0,01 T.assy.grossier	1,21 mal classé	0,58 uniforme
S13	5,7	1,4 Sable moy	1,03	0,24 Asym.fins	0,89 mod. classé	0,38 uniforme
S14	3,4	1,7 Sable moy	0,51	-0,04 T.assy.grossier	0,97 mod. classé	0,56 uniforme
S15	5,9	0,6 Sable gross	0,54	0,52 T asym.fin	1,37 mal classé	0,73 uniforme
S16	1	2,0 Sable fin	0,68	-0,20 T.assy.grossier	1,11 mal classé	0,38 uniforme
S17	5,3	1,5 Sable moy	0,66	-0,25 T.assy.grossier	1,11 mal classé	0,44 uniforme
S18	1	2,4 Sable fin	0,92	-0,27 T.assy.grossier	1,61 mal classé	0,28 uniforme
S20	1	2,4 Sable fin	0,63	-0,28 T.assy.grossier	1,25 mal classé	0,45 uniforme
S21	1	2,0 Sable fin	0,88	-0,35 Asym.grossier	1,04 mal classé	0,31 uniforme
S22	1	2,7 Sable fin	0,32	0,08 presque sym.	1,85 mal classé	0,68 uniforme

S23	1	2,0 Sable fin	1,04	-0,33 Asym.grossier	0,70 mod. classé	0,25 uniforme
S24	1	2,8 Sable fin	0,64	-0,37 Asym.grossier	1,38 mal classé	0,41 uniforme
S25	1	2,3 Sable fin	0,85	-0,22 T.assy.grossier	0,77 mod. classé	0,35 uniforme
S25bis	1	1,8 Sable moy	1,14	0,02 presque sym	0,77 mod. classé	0,28 uniforme
S26	1	2,2 Sable fin	0,73	-0,23 T.assy.grossier	1,37 mal classé	0,39 uniforme
S28	6.2	2,1 Sable fin	0,91	-0,04 T.assy.grossier	0,80 mod. classé	0,34 uniforme

Le coefficient d’uniformité (U) :

Le coefficient d’uniformité est inférieur à 2 pour tous les échantillons. Les sédiments de surface des petits fonds dans la Baie de Monastir présentent donc une granulométrie uniforme.

Le diagramme de Passega (1957)

La représentation, sur le diagramme de Passega (Passega, 1957), de la position des points représentatifs des sédiments superficiels à granulométrie uniforme dans le littoral de la baie de Monastir montre que les valeurs du premier centile varient entre 800 et 1000 µm et que les valeurs de la médiane varient entre 150 et 410 µm (figure 8).

La représentation sur le diagramme de Passega, nous a permis de distinguer que les échantillons sont réparties selon deux modes de transports principales (figure 8). Les sables des petits fonds de la Baie de Monastir sont transportés selon deux modes de transport :

- Le segment PQ : Les sédiments sont transportés par saltation auquel s’ajoute un petit nombre de grains transportés par roulement. Ce mode de transport concerne les sédiments de surface au niveau des stations S1, S11, S13, S14, S15, S16, S18, S24, S25, et S25bis
- Le segment OP : Les sédiments qui sont transportés par roulement et par suspension gradée concernent tous les autres échantillons analysés.

Minéralogie

Minéraux non argileux

L’analyse minéralogique des sédiments superficiels par diffraction aux rayons X montre que les principaux minéraux non argileux sont essentiellement le Quartz et la Calcite (figure 9 ; tableau IV).

- Le Quartz est le minéral le plus dominant. Il présente les plus fortes teneurs qui varient entre 48% et 99% (tableau IV). Les teneurs du quartz diminuent en allant vers le large. Le Quartz aurait pour origines l’érosion de la formation géologique limitrophe, les apports éoliens et les apports fluviatiles terrigènes détritiques. Le Quartz aurait pour origines les sédiments plion-quatenaire, essentiellement les affleurements sablo-argileux des bassins versants dans toute la région, représentés par une série de reliefs, dont les formations sont entaillées par le réseau hydrographique (Oued Khniss). Ces oueds constituent des aires nourricières potentielles dans l’alimentation de l’engraissement des plages et des cordons littoraux.
- La Calcite présente des teneurs comprises entre 1% et 20% (tableau IV). Elle devient généralement, de plus en plus fréquente de la côte vers le large. La teneur en Calcite est, particulièrement, importante au niveau de S28, S6, S9 et S17 où le pourcentage varie entre 10 et 20 %. La calcite peut être expliquée par la présence des débris coquilliers dans le secteur d’étude et par les apports détritiques terrigènes.

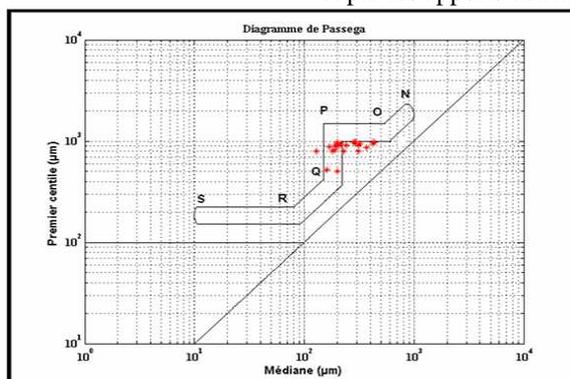


Figure 8 : Mode du transport des grains dans la baie de Monastir

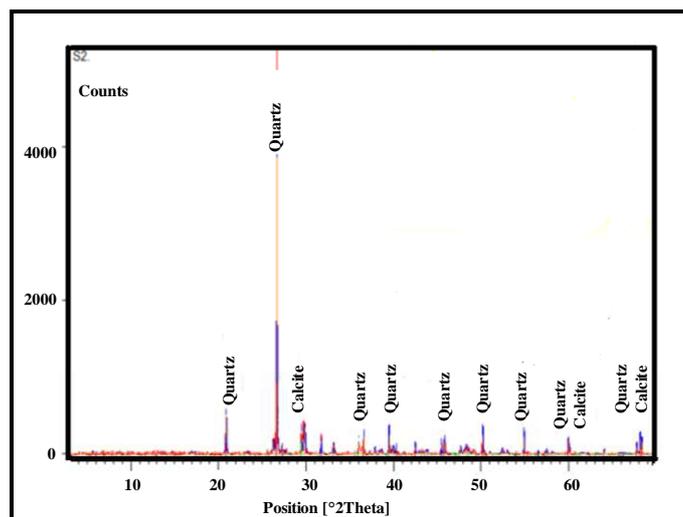


Figure 9 : Diffractogramme aux rayons X des minéraux non argileux (S2)

Tableau IV: Pourcentage des minéraux non argileux

Station	Date	Latitude	Longitude	Prof. (m)	Quartz (SiSO ₂)	Calcite CaCo ₃
S1	19/10/201	35°45,631'	10°51,125'	17,2	77	12
S2	19/10/201	35°45,631'	10°50,618'	10,8	68	18
S6	26/10/201	35°45,191'	10°57,131'	12,0	66.3	19.8
S7	26/10/201	35°44,709'	10°55,184'	15,5	80	10
S8	26/10/201	35°44,533'	10°53,054'	14,8	78	10
S9	26/10/201	35°44,291'	10°51,022'	10,4	73.3	10.9
S10	26/10/201	35°43,441'	10°52,968'	10,7	88	4
S11	26/10/201	35°43,370'	10°54,986'	10,3	94	3
S12	05/10/201	35°42,423'	10°55,082'	7,1	75	10
S13	05/10/201	35°42,387'	10°53,108'	5,7	79.8	9.1
S14	05/10/201	35°42,453'	10°51,403'	3,4	81.1	6.9
S15	05/10/201	35°43,497'	10°51,571'	5,9	72	12
S16	31/05/201	35°44,646'	10°50,060'	1	96	3
S17	05/10/201	35°43,712'	10°50,337'	5,3	60	13
S18	31/05/201	35°42,884'	10°49,519'	1	84	9
S20	31/05/201	35°41,429'	10°50,856'	1	85	10
S21	31/05/201	35°41,012'	10°52,014'	1	96	2
S22	31/05/201	35°40,477'	10°53,234'	1	99	1
S23	31/05/201	35°38,944'	10°59,103'	1	93	4
S24	31/05/201	35°38,346'	10°59,989'	1	90.9	7.1
S25	31/05/201	35°37,882'	11°02,269'	1	84	12
S25bis	31/05/201	35°38,197'	11°00,594'	1	93	5
S26	31/05/201	35°37,600'	11°02,731'	1	96	2
S28	05/10/201	35°41,421'	10°53,696'	6.2	48	20

CONCLUSION GENERALE

L'analyse granulométrique des sédiments superficiels de la frange littorale de la baie de Monastir, montre que la plage sous-marine est tapissée par des sables

moyens et sables fins, généralement modérément classés et mal classés. Ces sables se déplacent, essentiellement, par saltation, roulement et suspension graduée. Ils sont déposés dans un milieu peu agité avec évacuation des particules fines vers le

large par les courants de retour. Les sables modérément classés localisés à 2 m et à 20 m de profondeur sont déposés dans un milieu plus agité.

La répartition granulométrique des sédiments de surface le long d'un profil transversal du port de Monastir vers le large, jusqu'à 20 m de profondeur, montre un granoclassement décroissant de la côte vers le large. Les courbes cumulatives semi-logarithmiques des sédiments de surface de la plage sous-marine, ont, en général, la forme d'un S plus au moins étalé. Ceci montre qu'on a un stock sédimentaire homogène et des conditions d'énergie adaptées à la charge transportée.

Les analyses minéralogiques servent à mieux caractériser et mieux comprendre la dynamique des sédiments dans la baie. Elles montrent que ces sables sont constitués par deux minéraux principaux qui sont le Quartz et la Calcite. Le Quartz provient, essentiellement, des terrains géologiques limitrophes du littoral, des apports détritiques terrigènes et des apports éoliens en provenance des zones bordières. Les oueds constituent des aires nourricières potentielles dans l'alimentation de l'engraissement des plages et des cordons littoraux en quartz. La teneur en Calcite augmente, généralement, de la côte vers le large. Elle aurait pour origine les apports détritiques terrigènes et surtout les débris coquilliers au large.

Le point le plus important à soulever est l'existence d'une configuration naturelle défavorable à la circulation et à l'évacuation de la charge polluante au large. Cette situation a été accentuée par des aménagements qui ont été décidés, et réalisés sans une véritable étude d'impact sur l'environnement de la baie. Les rejets de masses d'eaux douces polluées par des charges organiques importantes sont en grande partie responsables de l'eutrophisation du milieu au niveau de la frange littorale et de la surabondance de la production organique au niveau de la baie observée sur terrain.

BIBLIOGRAPHIE

- Abdennadher J., Boukthir M. (2006), Numerical simulation of the barotropic tides in the Tunisian shelf and the strait of Sicily. *J. Mar. Syst.* 63, 162–182p.
- A.P.A.L, (2009). Données de mesures des courants au Large du Sahel. Données fournies par l'APAL sur des mesures de courant au large en 1998.
- A.P.A.L, (2010). Étude de la frange littorale de Monastir - Stratégie de réhabilitation. Rapport Phase I: Version provisoire. Etude. 171p.
- Deng, Y., White, G.N., Dixon, J.B., 2009. *Soil Mineralogy Laboratory Manual*. 11th ed. Published by the authors, Department of Soil and Crop Sciences. Texas A&M University, College Station, Texas, pp. 77843–2474.
- Folk R and Ward W. (1957). Brazors river bors, a study in the significance of grain size parameters. *J. Sedim. Petrol.*, Vol. 27, pp 3-26.
- Folk R. L (1966): Review of grain-size parameters. *Sedimentology*, Oxfordm. Vol. 6. pp13-27.
- IHE, (2008). Étude réalisée par le bureau d'étude IHE (Ingénierie de l'Hydraulique de l'Équipement et l'environnement. Étude de la frange littorale de la Baie de Monastir-Stratégie de réhabilitation. Rapport phase1, 453p.
- Hidrothecnica Portuguesa (HP), (1995). Étude générale pour la protection du littoral tunisien, Rapport I-II-III-IV et V, Ministère de l'Équipement Tunisien, 300 p. http://eusoiils.jrc.ec.europa.eu/esdb_archive/Eu_DASM/africa/maps/afr_tncpd1.htm.
- L.C.H.F (1981) – Protection des plages sud de Tunis. 1ère partie : diagnostique sédimentologique. Minis. Equip. Tunisie, Rapp. Int.
- Molines J.M. (1991), Modelling the barotropic tides in the Strait of Sicily and Tunisian shelf. *Oceanologica Acta*, Vol. 14(3), 241-252p
- Oueslati A. (1992). La falaise de Monastir (Tunisie orientale) : Exemple d'une falaise à évolution rapide et complexe. *Revue Tunisienne de Géographie*, N°21/22, pp. 206-216.
- Paskoff R, Sanlaville. P, (1981). Tyrrhénian deposits and neotectonics at Monastir, Tunisia. *Zeit. Geomorph. Suuppl.-BD.* 40, Berlin, pp. 183-192
- Paskoff R. (1981). L'érosion des côtes. Collection « Que sais-je », n°1302. Paris, 128p.
- Passéga R. (1957). Analyses granulométriques, outil géologique pratiqué. *Revue de l'institut Français du pétrole*, XVII, vol n°11, pp. 1489-1498.
- Rivière, A., 1952. Expression analytique générale de la granulométrie des sédiments meubles. *Bull. Soc. Géol. Fr.* 61, 155.
- Rivière, A., 1953. Méthode d'interprétation des granulométries des sédiments meubles. *Rev. Inst. Fr. du Pétrole et Annales des combustibles liquides*, vol. 8, pp. 102–1952.