

## REPARTITION GRANULOMETRIQUE ET MINERALOGIQUE DES SEDIMENTS DE SURFACE DANS LA FRANGE LITTORALE DE GABES ENTRE OUED MELAH ET OUED GABES

Mouldi BRAHIM, M BELLAGHA et A ATOUI

Institut National des Sciences et technologies de la Mer

Mouldi.brahim@instm.rnrt.tn

### ملخص

التوزيع الحبيبي و المعدني للرواسب السطحية في ساحل قابس بين واد المالح وواد قابس : لفهم ديناميكية الرواسب للشريط الساحلي الممتد من وادي ملاح وادي قابس ، أخذنا عينات من الرواسب السطحية التي يتراوح عمقها بين 0.3 و 23 مترًا لدراسة علم الحبيبات ومعادن الرواسب. تبين تحليلات المعلمات الحبيبية للرواسب السطحية أن رمال الشاطئ البحري لمنطقة قابس مغطاة بالرمال الناعمة والرمال المتوسطة والرمال الخشنة. تقع الرمال ذات الخشونة وضعيفة التدرجات في أعماق كبيرة ، بينما تصطف الرمال الجميلة ذات الحبيبات السفلية بالقرب من الشاطئ. رمال الضحلة لها حجم حبة موحد. لقد تحركوا بالملح والتعليق المتدرج في الأعماق الضحلة بين منطقة الانكسار (من 5 إلى 7 أمتار). ومن ناحية أخرى ، تحركوا عن طريق الدفع والتداول في أعماق أكبر من 7 أمتار. يوضح التحليل المعدني أن أكثر المعادن غير الصلبة وفرة هي الجبس والكوارتز والأراغونيت والكالسيت والمغنيسيوم والدولوميت الأقل أهمية

الكلمات المفتاحية: علم الحبيبات ، علم المعادن ، الرواسب ، ساحل قابس

### RESUME

Pour comprendre dynamique sédimentaire dans la frange littorale entre Oued Melah et Oued Gabès, des échantillons de sédiments de surface ont été prélevés entre 0.3m et 23 m de profondeurs pour étudier la granulométrie et la minéralogie des sédiments.

Les analyses des paramètres granulométriques des sédiments de surfaces, montre que la plage sous-marine de la région de Gabès est tapissée par des sables fins, des sables moyens et des sables grossiers. Les sables grossiers et mal classés sont localisés dans les milieux profonds aux niveaux des isobathes -20m et -23m, alors que les sables fins et bien classés tapissent les fonds inférieurs à 15m. Les sables des petits fonds entre 0.3 m et 23 m des petits fonds présentent une granulométrie uniforme. Ils se sont déplacés par saltation et par suspension gradée dans les faibles profondeurs entre la zone de déferlement (5-7 m) et le trait de côte. Par contre, ils se sont déplacés par charriage et par roulement dans les profondeurs supérieures à 7 m.

L'analyse minéralogique montre que les minéraux non argileux les plus abondants sont le gypse, le quartz, l'aragonite, la calcite, la calcite magnésienne et de moindre importance la dolomite.

**Mots clés :** granulométrie, minéralogie, sédiments, littoral de Gabès

### ABSTRACT

**Granulometric and mineralogical distribution of surface sediments in the littoral fringe of Gabes between oued Melah and Oued Gabes :** To understand Sedimentary dynamics in the littoral fringe between Oued Melah and Oued Gabès, sub-surface marine sediments were collected between the isobaths 0.3 and 23 m in order to study the grain size characteristics and the mineralogy of the sediments.

Analyses of the granulometric parameters of surface sediments show that the sands of the submarine beach of the Gabès region are covered by fine sands, medium sands and coarse sands. The coarse and poorly graded sands are located at great depths, while the fine and well-graded sands cover the bottom less than 15 m depth. The sands of the shallows have a uniform grain size. They moved by saltation and suspension graded in the shallow depths between the breaking zone (5-7m). On the other hand, they moved by thrusting and rolling in more than 7 m depth.

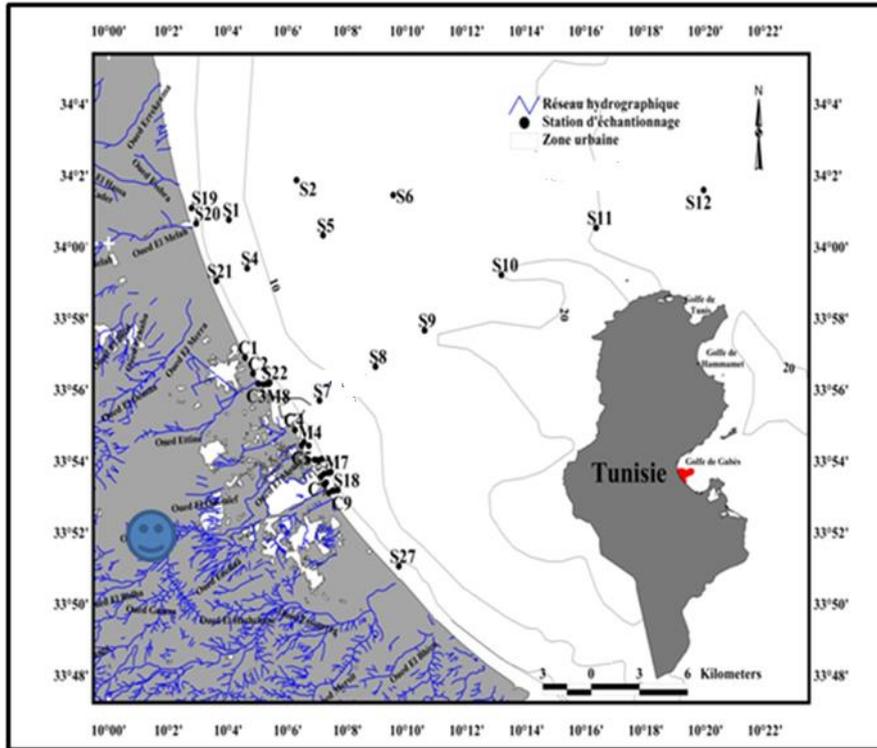
Mineralogical analysis shows that the most abundant non-clay minerals are gypsum, quartz, aragonite, calcite, magnesian calcite and less important dolomite.

**Keywords:** granulometry, mineralogy, sediments, Gabès coastline

### PRESENTATION DE LA ZONE

.Le golfe de Gabès fait partie de la côte orientale de la Tunisie en mer Méditerranée. Il occupe la plus grande partie du littoral Est tunisien compris entre la ville de Sfax et l'île de Djerba. Il est limité au Nord par l'archipel et les hauts fonds des Kerkennah, à l'Ouest et au Sud par le continent, sa limite Est étant délimitée par la rupture de pentes du plateau

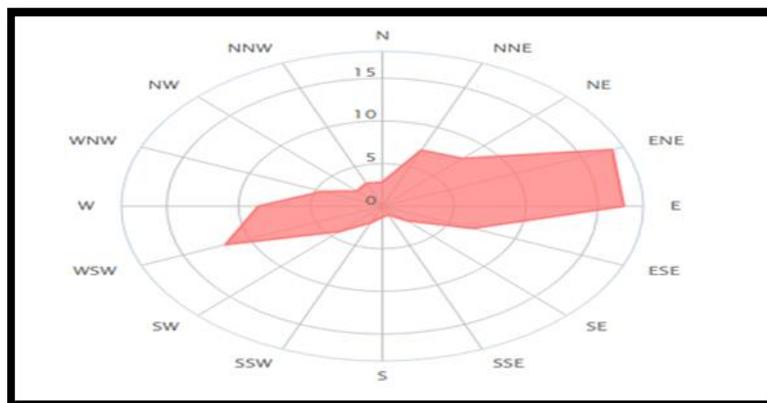
continental aux environs de 200 m. Notre secteur d'étude se localise au niveau du littoral de la région de Gabès et se limite au nord par l'oued El Malah et au sud par l'oued Gabès. Il est situé à entre 34°00.552' et 33°53.007' de latitude Nord et entre 10°02.930' et 10°19.940' de longitude Est (Figure 1). Ce littoral est influencé directement par des oueds et notamment les oueds : El Melah, Demna, Ettine, Gabès, Essouareg, et El Fard.



**Figure 1 :** Localisation des stations de prélèvements des sédiments de surface dans le littoral de Gabès.

Les principales formations géologiques qui affleurent le long du littoral sont d'âge Mio-pliocène ou quaternaire. Les dépôts du quaternaire récent sont très développés tout au long de la zone côtière de la Tunisie orientale. Dans le continent et près de la zone côtière de la zone d'étude apparaissent les formations quaternaires avec une prépondérance aux dépôts d'âges pléistocène supérieur et moyen avec un faciès calcaire sableux très coquilliers et des grès calcaires oolitiques (Ben Ouedzu, 1983 et 1984). Par, sa durée, sa vitesse et sa direction, le vent joue un rôle important dans l'évolution géomorphologique

du littoral. A la côte, les vents dominants sont alternativement des secteurs Est et Ouest. Les vents les plus forts soufflent partiellement des secteurs Nord -Nord Ouest, Nord Nord-est et Est (figure 2). En été, les vents secs et chauds (sirroco) soufflent fortement et transportent des sédiments au-delà des côtes. Près de 69% des vents soufflent à une vitesse de 1 à 5m/s. Dans 26% des cas, la vitesse est comprise entre 6 et 10 m/s. La vitesse du vent est rarement supérieure à 17m/s (SOGREAH,2002 et [www.windfinder.com](http://www.windfinder.com)).



**Figure 2 :** Rose des vents (direction et fréquence) [www.windfinder.com](http://www.windfinder.com)

La houle au large de Gabès est de secteur Est à Est-Sud-Est. Ces houles sont générées par les fetchs de secteur Est à Est-Nord-Est, elles subissent d'importantes réfractions dans le golfe de Gabès sous

l'effet du plateau continental très important. Ces houles s'orientent vers l'intérieur du golfe (figure 3). Elles arrivent près des côtes de Gabès du secteur Est à Nord-Est (MEDD, 2008b).

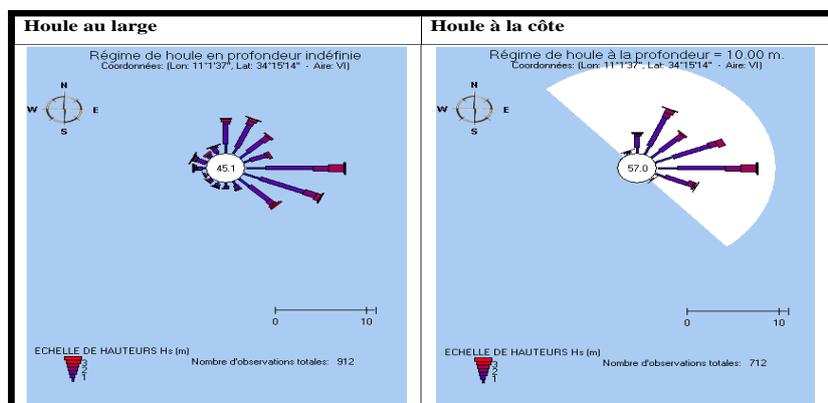


Figure 3. Rose des houles dans le golfe et sur les côtes de Gabès (tirée de MEDD, 2008b)

Les courants mesurés dans la région de Gabès (GCT, 2005). Les directions dominantes de ces courants sont le Nord et le Sud avec une vitesse moyenne de l'ordre de 20 cm/s. Néanmoins, il convient de mentionner qu'il s'agit d'une série temporelle de courant de 10 jours. Les courants existants au fond du golfe de Gabès sont principalement générés par la propagation de la marée (SGTE-LCHF, 1978). Le long des côtes de Gabès, les courants de flot sont dirigés vers le Nord et les courants de jusant sont dirigés vers le Sud, tout en restant parallèle à la côte.

L'analyse des séries temporelles obtenues dans la zone de Ghannouch a permis de montrer le marnage important (230cm) et la présence des courants de marée assez forte de l'ordre de 15 cm.s<sup>-1</sup> et dont la direction s'alterne entre le Nord-ouest et l'Est-Nord-est. En outre, les courants de basse fréquence (houle, vent et pression) sont de l'ordre de 10cm.s<sup>-1</sup> lors de la

période de l'enregistrement entre le 31 janvier et le 12 avril 2018 (Brahim et al, 2019).

## MATERIELS ET METHODES

### Campagnes d'échantillonnage des sédiments

Nous avons effectué deux campagnes d'échantillonnage de sédiments marins au niveau du littoral de Gabès entre l'Oued Melah et l'oued Gabès. Une campagne a été effectuée entre 30 octobre et 03 septembre 2017 à bord d'une barque côtière de l'Institut National des Sciences et Technologies de la Mer à l'aide d'une benne de type Ven Van pour prélever des sédiments dans les profondeurs comprises entre 2 et 23 m. Une deuxième campagne a été effectuée le 13 avril 2018 à pied pour prélever des sédiments à des profondeurs de 0.3m. La position de chaque station a été enregistrée à l'aide d'un GPS de type Radar (tableau I). Un total de 43 échantillons de sédiments a été collecté.

Tableau I: Les coordonnées géographiques des stations des prélèvements de sédiments dans les petits fonds (Gabès 2018)

Station	Profondeur (m)	Lat (d, m)	Long (d, m)	D50>63 µm	D50<63 µm
1	9.0	34° 00.657' N	10° 04.025' E	99.88	0.12
2	14.0	34° 01.767' N	10° 06.295' E	95.68	4,32
4	10.0	33° 59.299' N	10° 04.640' E	94.17	5,83
5	15.0	34° 00.223' N	10° 07.185' E	98.78	1,22
6	17.0	34° 01.349' N	10° 09.534' E	90.71	9,29
7	7.3	33° 55.595' N	10° 07.063' E	99.962	0,038
8	14.8	33° 56.545' N	10° 08.939' E	90.80	9,20
9	19.3	33° 57.560' N	10° 10.586' E	69,12	30,88
10	22.0	33° 59.113' N	10° 13.159' E	60,2	39,8
11	22.0	34° 00.433' N	10° 16.335' E	84.94	15,06
12	23.0	34° 01.491' N	10° 19.940' E	61,831	38,169
13	2.0	33° 53.934' N	10° 06.898' E	99,39	0,61

14	5.0	33° 53.926' N	10° 07.000' E	98,63	1,37
15	7.0	33° 53.955' N	10° 07.140' E	99,11	0,89
16	2.0	33° 53.068' N	10° 07.498' E	99,62	0,38
17	5.0	33° 53.071' N	10°07.554' E	99,55	0,45
18	7.0	33° 53.085' N	10°07.677' E	99,55	0,43
19	3.3	34° 00.985' N	10° 02.779' E	92,88	7,12
20	2.7	34° 00.552' N	10° 02.930' E	98,77	1,23
21	5.1	33° 58.944' N	10° 03.602' E	99,71	0,29
22	6.3	33° 56.099' N	10° 05.394' E	98,63	1,37
24	4.7	33° 54.332' N	10° 06.706' E	98,98	1,02
27	4.0	33° 50.958' N	10° 09.722' E	98,4	1,6
M1	11,3	33° 53.296' N	10° 07.288' E	97,61	2,39
M2	7.0	33° 54.529' N	10° 06.780' E	93,15	6,85
M3	5.0	33° 54.450' N	10° 06.666' E	95,311	4,689
M4	2.0	33° 54.430' N	10° 06.541' E	99,821	0,179
M5	2.0	33° 53.547' N	10° 07.218' E	99,763	0,237
M6	5.0	33° 53.571' N	10° 07.354' E	99,57	0,43
M7	7.0	33° 53.593' N	10° 07.445' E	95,16	4,84
M8	2.0	33° 56.045' N	10° 05.177' E	99,57	0,43
M9	5.0	33° 56.063' N	10° 05.296' E	98,85	1,15
M10	7.0	33° 56.065' N	10° 05.367' E	97,23	2,77
C1	0,3	33° 56.797' N	10° 04.573' E	99,968	0,032
C2	0,3	33° 56.352' N	10° 04.837' E	99,988	0,012
C3	0,3	33° 56.072' N	10° 05.010' E	99,90	0,10
C4	0,3	33° 54.773' N	10° 06.245' E	99,51	0,49
C5	0,3	33° 54.331' N	10° 06.461' E	99,86	0,14
C6	0,3	33° 53.934' N	10° 06.692' E	99,83	0,17
C7	0,3	33° 53.464' N	10° 07.118' E	100	0
C8	0,3	33° 53.240' N	10° 07.238' E	99,983	0,017
C9	0,5	33° 53.007' N	10° 07.373' E	99,988	0,012

### Méthodes d'analyses des sédiments

Afin d'étudier la distribution et le mode de transport des sédiments de surface des petits fonds du littoral de Gabès, les échantillons prélevés ont fait l'objet d'analyse granulométriques et minéralogique couvrant toute la zone du littoral entre 2 et 23 m de profondeur.

Les sédiments prélevés de la plage sous-marine de la frange littorale de Gabès 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  $\mu\text{m}$ ). 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 :

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

avec :

$n$  : nombre entier  $\lambda$  : 1,54A°  $d$  : distance de deux plans réticulaires  $\theta$  : angle d'incidence

### Détermination des minéraux non argileux

La détermination de la minéralogie non argileux a été réalisée par diffraction aux rayons X selon « la méthode de poudre » dans le laboratoire de la géologie appliquée à l'environnement dans la Faculté des Sciences de Tunis. 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 des faciès sédimentaires

Les analyses granulométriques et minéralogiques des échantillons prélevés dans les petits fonds du littoral de Gabès ont permis de déterminer les faciès et la répartition des sédiments en relation avec la morphologie et l'hydrodynamique de la zone étudiée.

Les sédiments de surface dans le littoral de Gabès présentent une fraction grossière ( $> 63 \mu\text{m}$ ) qui varie entre 60 et 100% (tableau 2). La fraction fine ( $< 63 \mu\text{m}$ ) présente des teneurs faibles, comprises entre 0 et 40% (tableau 2). Les teneurs de la fraction fine sont inférieures à 40%. Les fortes teneurs de la fraction fine sont localisées aux niveaux des stations 9, 10 et 12 (tableau II) qui sont localisés dans les profondeurs supérieures à 15 m. Nous observons donc un tri granulométrique des sables en fonction des profondeurs et de l'action de la houle qui transporte les sables les plus grossiers vers le côté et évacue les sables les plus fins vers le large par le courant sagittal lors de déferlement.

**Tableau II:** Pourcentages des fractions fines ( $\%<63 \mu\text{m}$ ) et grossières ( $\%>63 \mu\text{m}$ ) des sédiments superficiels des petits fonds dans le littoral de Gabès

Station	Prof.(m)	Lat (d, m)	Long (d, m)	d>63 $\mu\text{m}$	D<63 $\mu\text{m}$
1	9.0	34° 00.657' N	10° 04.025' E	99.88	0.12
2	14.0	34° 01.767' N	10° 06.295' E	95.68	4,32
4	10.0	33° 59.299' N	10° 04.640' E	94.17	5,83
5	15.0	34° 00.223' N	10° 07.185' E	98.78	1,22
6	17.0	34° 01.349' N	10° 09.534' E	90.71	9,29
7	7.3	33° 55.595' N	10° 07.063' E	99.962	0,038
8	14.8	33° 56.545' N	10° 08.939' E	90.80	9,20
9	19.3	33° 57.560' N	10° 10.586' E	69,12	30,88
10	22.0	33° 59.113' N	10° 13.159' E	60,2	39,8
11	22.0	34° 00.433' N	10° 16.335' E	84.94	15,06
12	23.0	34° 01.491' N	10° 19.940' E	61,831	38,169
13	2.0	33° 53.934' N	10° 06.898' E	99,39	0,61
14	5.0	33° 53.926' N	10° 07.000' E	98,63	1,37
15	7.0	33° 53.955' N	10° 07.140' E	99,11	0,89
16	2.0	33° 53.068' N	10° 07.498' E	99,62	0,38
17	5.0	33° 53.071' N	10° 07.554' E	99,55	0,45
18	7.0	33° 53.085' N	10° 07.677' E	99,55	0,43
19	3.3	34° 00.985' N	10° 02.779' E	92.88	7,12
20	2.7	34° 00.552' N	10° 02.930' E	98.77	1,23
21	5.1	33° 58.944' N	10° 03.602' E	99.71	0,29
22	6.3	33° 56.099' N	10° 05.394' E	98.63	1,37
24	4.7	33° 54.332' N	10° 06.706' E	98.98	1,02
27	4.0	33° 50.958' N	10° 09.722' E	98,4	1,6
M1	11,3	33° 53.296' N	10° 07.288' E	97,61	2,39
M2	7.0	33° 54.529' N	10° 06.780' E	93,15	6,85
M3	5.0	33° 54.450' N	10° 06.666' E	95,311	4,689
M4	2.0	33° 54.430' N	10° 06.541' E	99,821	0,179
M5	2.0	33° 53.547' N	10° 07.218' E	99,763	0,237
M6	5.0	33° 53.571' N	10° 07.354' E	99,57	0,43
M7	7.0	33° 53.593' N	10° 07.445' E	95,16	4,84
M8	2.0	33° 56.045' N	10° 05.177' E	99,57	0,43
M9	5.0	33° 56.063' N	10° 05.296' E	98,85	1,15
M10	7.0	33° 56.065' N	10° 05.367' E	97,23	2,77
C1	0,3	33° 56.797' N	10° 04.573' E	99,968	0,032
C2	0,3	33° 56.352' N	10° 04.837' E	99,988	0,012
C3	0,3	33° 56.072' N	10° 05.010' E	99,90	0,10
C4	0,3	33° 54.773' N	10° 06.245' E	99,51	0,49

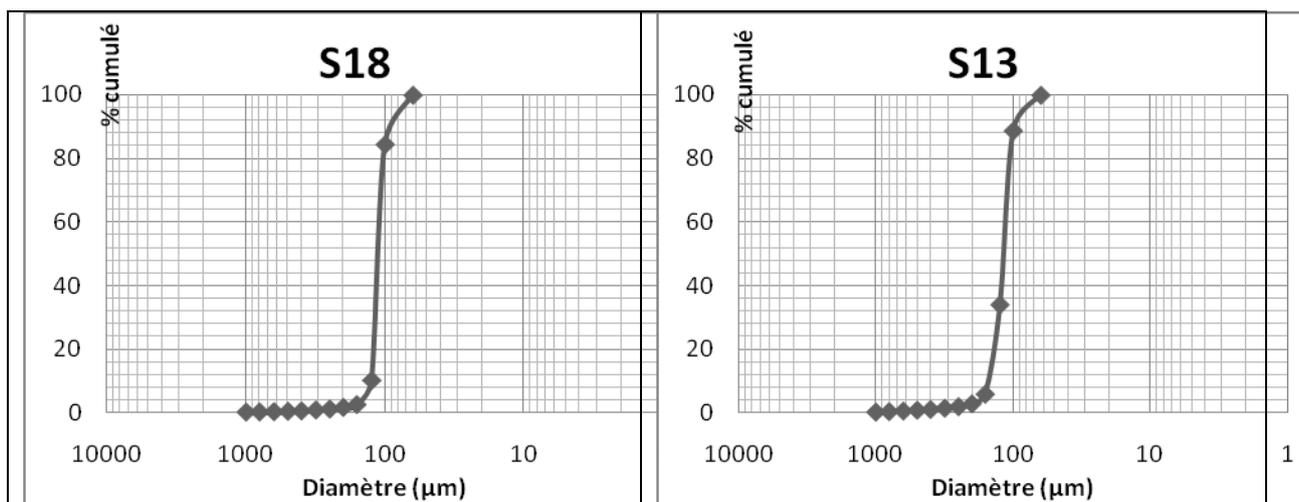
<b>C5</b>	0,3	33° 54.331' N	10° 06.461' E	99,86	0,14
<b>C6</b>	0,3	33° 53.934' N	10° 06.692' E	99,83	0,17
<b>C7</b>	0,3	33° 53. 464' N	10° 07.118' E	100	0
<b>C8</b>	0,3	33° 53.240' N	10° 07.238' E	99,983	0,017
<b>C9</b>	0,5	33° 53.007' N	10° 07. 373' E	99,988	0,012

**Analyse granulométrique de la fraction grossière**

**A. Courbes cumulatives**

La plupart des sédiments prélevés dans le littoral de Gabès sont caractérisés par des courbes cumulatives ayant la forme d'un S à forte pente (Figure 2), ou bien

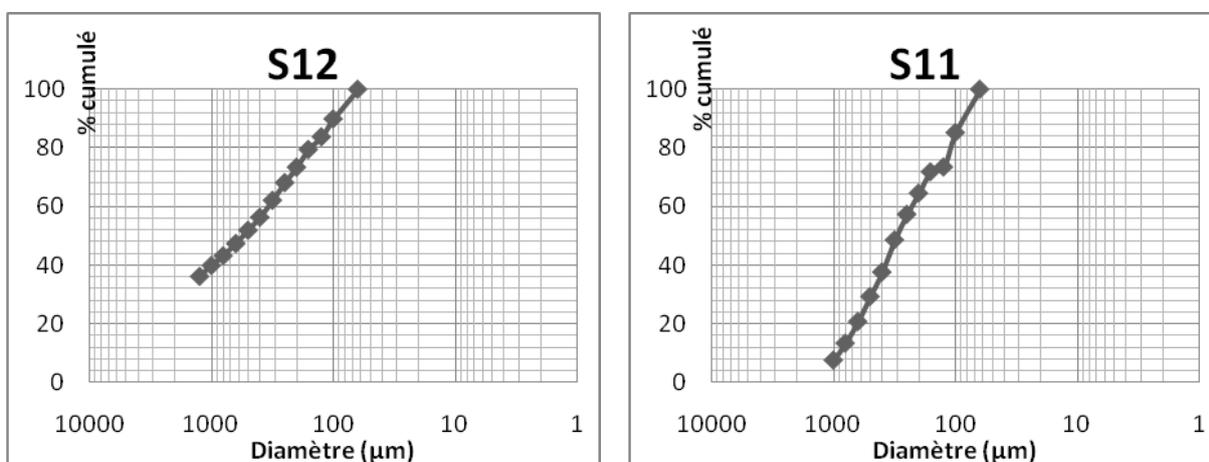
la forme d'un S plus au moins étalé (Figures 4) et par un faciès parabolique (Figure 5), indiquant une hétérogénéité du stock sableux. Il correspond à des sédiments déposés par excès de charge et caractérise les sables triés au cours d'un transport dans un milieu à forte énergie.



**Figure 4:** Courbes granulométriques en forme de S à forte pente.

Les courbes cumulatives semi-logarithmiques des sédiments de surface petits fonds sous-marin, ont, en général, des courbes en forme d'un S à forte pente bien redressé et bien régulier malgré l'existence de légères différences dans leurs allures (Figures 4) indiquant qu'il s'agit de sables bien classés dans un milieu peu 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 et des conditions d'énergie adaptées à la charge transportée. Ce type de transport est observé au niveau des stations S13, S14, S15, S16, S17, S18, S24, S27, M2, M3, M5, M6, M7, M8 et M10. Cependant, quelques échantillons dont les courbes cumulatives semi-logarithmiques sont assimilables à des droites, présentent un faciès logarithmique (Figure 5).



**Figure 5 :** Les sédiments présentant un faciès parabolique

Les sédiments présentant ce faciès ont été prélevé au niveau des deux stations S11 et S12 dans une profondeur entre 22 et 23 m, où la pente du fond marin 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.

Deux échantillons seulement présentent un faciès hyperbolique (Figure 6). Ils sont localisés au niveau des stations S2, S7, à une profondeur de 10 m. Ces sédiments sont donc déposés par décantation dans un milieu calme où l'hydrodynamique est faible pour les remettre en suspension.

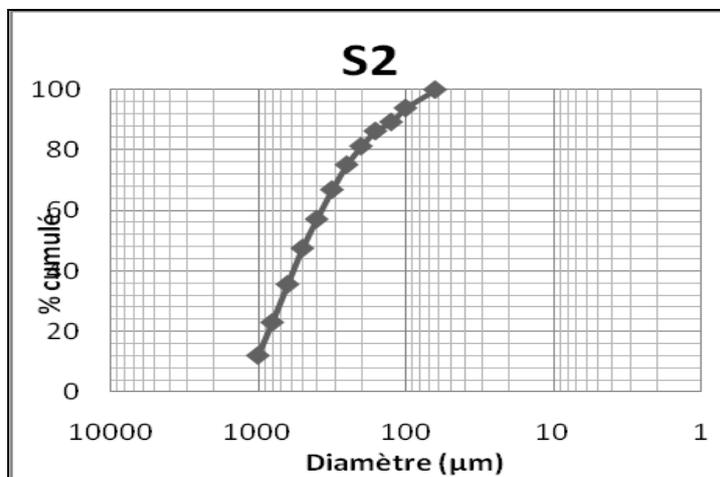


Figure 6: Faciès en forme hyperbolique

**B. Indices granulométriques des sables**

A partir de chaque courbe granulométrique des indices granulométriques sont calculés (Folk, 1957). Les indices granulométriques pour chaque échantillon analysés sont mentionnés dans le tableau 3 à l'échelle  $\phi$ .

**Echelle Phi :**

L'échelle phi ( $\phi$ ) qui correspond au pourcentage de poids cumulé est définie comme suit :

$$\phi(x) = [-\log(qx)] \times 3,3219$$

Avec qx : Taille des grains en mm correspond à x % du poids cumulé.

**La moyenne Mz**

La moyenne est calculée à partir de :

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

Les valeurs de la moyenne de tous les échantillons sont comprises entre 0.18 et 3.41  $\phi$ , ce qui indique que le fond est couvert par des sables grossiers, des sables moyens et sables fins. Les sables grossiers sont localisés aux niveaux des stations S7, S12, S21, C4 et C5. Les sables moyens couvrent le fond aux niveaux des stations S1, S2, S5, S10, S11, S20, S22, M1, C1 et C2. Les sables fins couvrent le reste de la zone étudiée

La taille des grains de sables ne montre pas un granoclassement. Les stations les plus profondes (S10 et S12) montrent des sables grossiers. Il n'existe pas, donc, un tri granulométrique, côte-large, effectué par les courants de houles. La zone entre le port de commerce et le port de pêche de Gabès présente des sables fins.

Tableau III: Indices granulométriques des sédiments

Station	Prof (m)	Mz (µm)	Mz ((( $\phi$ ))	Médiane (µm)	Ecart-type ( $\phi$ )	Ski ( $\phi$ )	Uniformité
1	09.0	450,0	1,339	320	0,788	-0,428	0,319
2	14.0	530,0	1,192	450	1,104	0,249	0,373
4	10.0	185,0	2,685	120	0,987	-0,409	0,250
5	15.0	303,3	1,845	250	0,791	-0,105	0,373
6	17.0	301,7	2,189	200	1,298	-0,175	0,175
7	07.3	906,7	0,182	950	0,452	0,406	0,708
8	14.8	290,0	2,053	210	1,067	-0,176	0,257
9	19.3	422,0	2,038	200	1,702	-0,362	0,078
10	22.0	695,0	1,472	290	1,895	-0,250	0,091
11	22.0	380,0	1,831	300	1,299	0,074	0,267
12	23.0	152,5	0,633	500	2,242	-0,148	0,047
13	02.0	128,3	2,977	120	0,280	0,212	0,774
14	05.0	125,0	3,023	130	0,403	-0,165	0,719

15	07.0	143,3	2,832	140	0,441	-0,143	0,568
16	02.0	111,7	3,169	110	0,232	-0,020	0,823
17	05.0	113,3	3,150	110	0,232	-0,130	0,856
18	07.0	110,0	3,188	110	0,203	0,029	0,840
19	03.3	172,7	2,794	110	0,992	-0,438	0,250
20	02.7	403,3	1,612	290	1,126	0,319	0,500
21	05.1	666,7	0,664	600	0,561	0,078	0,580
22	06.3	450,0	1,342	400	0,993	0,213	0,424
24	04.7	130,0	2,979	110	0,543	-0,404	0,575
27	04.0	120,0	3,090	110	0,454	0,001	0,579
M1	11,3	573,3	1,006	500	0,913	0,146	0,410
M2	07.0	95,7	3,417	99	0,336	0,090	0,720
M3	05.0	138,3	2,926	120	0,734	-0,465	0,329
M4	02.0	276,7	2,051	250	0,853	0,140	0,360
M5	02.0	120,7	3,063	120	0,231	0,010	0,742
M6	05.0	125,0	3,016	120	0,254	-0,126	0,761
M7	07.0	101,0	3,330	110	0,288	0,404	0,820
M8	02.0	150,0	2,772	150	0,388	0,031	0,634
M9	05.0	171,7	2,625	170	0,582	-0,124	0,464
M10	07.0	143,3	2,906	120	0,703	-0,369	0,282
C1	00,3	266,7	1,776	300	0,463	-0,063	0,667
C2	00,3	270,0	1,767	300	0,404	-0,072	0,700
C3	00,3	201,7	2,151	210	0,484	0,056	0,574
C4	00,3	526,7	0,962	610	1,068	0,523	0,533
C5	00,3	556,7	0,786	610	1,128	0,235	0,371
C6	00,3	130,0	2,757	140	0,386	-0,081	0,684
C7	00,3	193,3	2,315	200	0,497	-0,033	0,581
C8	00,3	205,0	2,149	200	0,811	-0,442	0,302
C9	00,5	203,3	2,121	220	0,550	-0,006	0,526

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

$$Ski = (Q_{16} + Q_{84} - 2Q_{50}) / 2 (Q_{84} - Q_{16}) + (Q_5 + Q_{95} - 2Q_{50}) / 2 (Q_{95} - Q_5)$$

$(Q_{16} / 4) + ((Q_{85} - Q_5) / 6,6)$  pour caractériser le type de classement du sable (Folk et Word, 1957).

Suivant sa valeur, on distingue plusieurs types de sables :

- Sable très bien classé :  $\sigma < 0,35 \emptyset$  (au niveau des stations 13, 16, 17, 18, M2, M5, M6 et M7)

- Sable bien classé :  $0,35 \emptyset < \sigma < 0,5 \emptyset$  (au niveau des stations 7, 14, 15, M8, C1, C2, C3, C6 et C7)

- Sable modérément classé :  $0,5 \emptyset < \sigma < 1 \emptyset$  (au niveau des stations 1, 4, 5, 19, 21, 22, 24, M1, M3, M4, M9 et M10)

- Sable mal classé :  $1 \emptyset < \sigma < 2 \emptyset$  (au niveau des stations 2, 6, 8, 9, 10, 11, 20, C4 et C5)

- Sable très mal classé :  $2 \emptyset < \sigma < 4 \emptyset$  (au niveau de la station 12)

Les sables prélevés dans le littoral de la région de Gabès sont très bien classés à mal classés. La variation du classement indique que le milieu est influencé, selon les endroits, par des courants forts et des courants faibles. Ces sables sont déposés dans des milieux à fortes énergies quand le sable est mal classé

et dans des milieux à faibles énergie quand le sable est bien classé.

Les sables prélevés dans le littoral de Gabès, à des profondeurs supérieures à 7m sont mal classés. Les sables des profondeurs moyens entre 2 et 7m sont modérément à mal classés. Ces sables sont déposés dans un milieu agité. Il existe donc un courant près du fond à ces profondeurs. Les sables dans les faibles profondeurs à 0,3 m au voisinage du port de pêche sont bien classés. Ces sables sont déposés en présence des courants adaptés à la charge transportée.

#### **Le Skewness ou le coefficient d'asymétrie (Ski)**

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

$$Ski = (Q_{16} + Q_{84} - 2Q_{50}) / 2 (Q_{84} - Q_{16}) + (Q_5 + Q_{95} - 2Q_{50}) / 2 (Q_{95} - Q_5)$$

Il permet de déterminer la déviation de la courbe granulométrique par rapport à la courbe de Gauss. Les valeurs de Skewness varient entre -0.465 et 0.523  $\emptyset$

En fonction de sa valeur, on distingue :

▪  $-1 \emptyset < Ski < -0,30 \emptyset$  : Courbe très asymétrique vers les grossiers au niveau des stations (1,4, 9, 19, 24, M3 et M10) à différentes profondeurs de 2 à 19 m

- $-0,30 \varnothing < Ski < -0,10 \varnothing$  : Courbe asymétrique vers les grossiers au niveau des stations (6, 8, 10, 12, 14, 15, 17, M6 et M9) à des profondeurs entre 5 et 23 m
- $-0,10 \varnothing < Ski < 0,10 \varnothing$  : Courbe presque symétrique au niveau des stations (16, 18, 21, 27, M2, M5, M8, C1, C2, C3, C6, et C9) à des profondeurs qui varient entre 0.3 et 5m
- $0,10 \varnothing < Ski < 0,30 \varnothing$  : Courbe asymétrique vers les fins au niveau des stations (13, 21, 22, M1, M4 et C5) à des profondeurs qui varient entre 0.3 et 6m
- $0,30 \varnothing < Ski < 1 \varnothing$  : Courbe très asymétrique vers les fins au niveau des stations (20, M7 et C7) à des profondeurs entre 0.3 et 7m

Les courbes granulométriques présentent une asymétrie vers les grossiers au niveau des petits fonds

entre 2 et 19m tendent à devenir asymétriques et très asymétriques vers les profondeurs allant entre 0.3 et 7 m. Ceci témoigne l'existence d'un mélange de sables à des profondeurs différents sous l'effet de la houle et de la marée.

#### Diagramme de Passega

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 Gabès montre que les valeurs du premier centile varient entre 250 et 1500  $\mu\text{m}$  et que les valeurs de la médiane varient entre 99 et 950  $\mu\text{m}$  (figure 7).

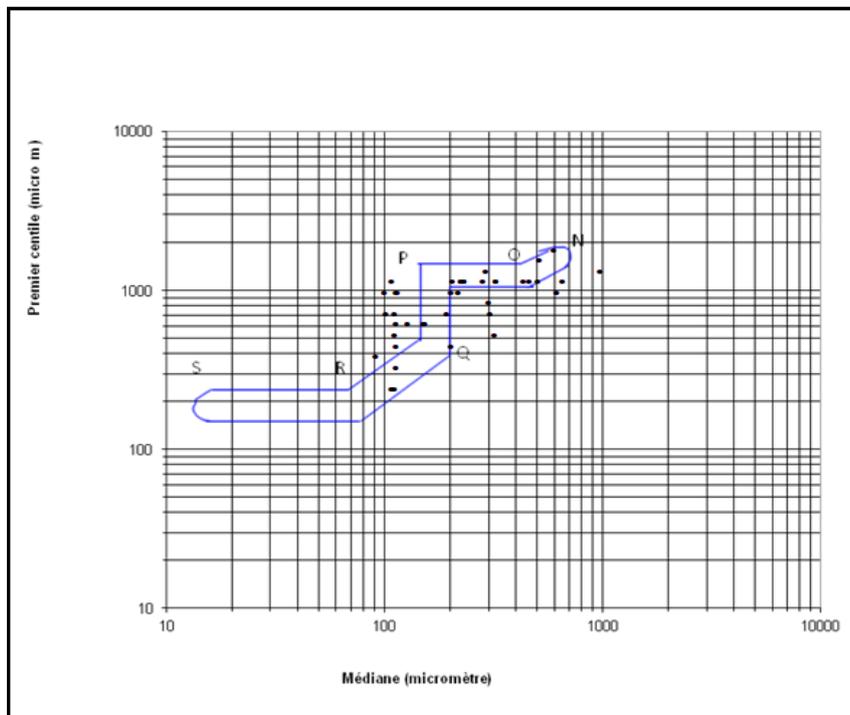


Figure 7: Diagramme de Passega

Les sables de la plage sous-marine de la région de Gabès sont déplacés selon plusieurs modes de transport :

- Des sédiments sont transportés par saltation au niveau des stations 4, 24, M3, M6, M7, M8, M9 et M10. Les dépôts des sédiments transportés par saltation sont localisés après la zone de déferlement de la houle dans les petites profondeurs.
- Des sédiments sont transportés par suspension gradé au niveau des stations 13, 14, 15, 16, 17, 18, 27, M2 et M5. Les dépôts des sédiments transportés par suspension gradé sont localisés aussi dans des profondeurs inférieures à 5 m, après la zone de déferlement de la houle.
- Des sédiments sont transportés par charriage au niveau des stations 1, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 20, 22, M4.

Ces dépôts sont localisés surtout dans des profondeurs supérieures à 10 m en amont de la zone de déferlement de la houle.

- Des sédiments sont transportés par roulement au niveau des stations 7, 12, 21 et M1. Ces dépôts sont localisés à différentes profondeurs souvent supérieures à 5m de profondeurs.

#### Minéralogie des sédiments non argileux.

L'analyse minéralogique, réalisé par diffraction aux rayons X, des sédiments prélevés dans le littoral de la région de Gabès, a permis d'identifier les principaux minéraux non argileux : le gypse qui représente le pourcentage le plus dominant au voisinage du complexe chimique de Ghannouch, le quartz, la calcite, la calcite magnésienne, l'aragonite et la

dolomite (figure 8). La répartition des pourcentages semi-quantitatifs de ces minéraux montre que le gypse, Le quartz et la calcite sont les minéraux les plus abondants.

Le gypse est présent dans plusieurs échantillons, essentiellement ceux prélevés à des profondeurs inférieures à 20m surtout en face de la zone

industrielle de Ghannouch. Ce minéral pourrait avoir deux origines :

- Les apports par les cours d'eau qui drainent des formations gypseuses (Oued Gabès, Oued Akarit, etc...)
- Les rejets industriels de phosphogypse dans cette zone.

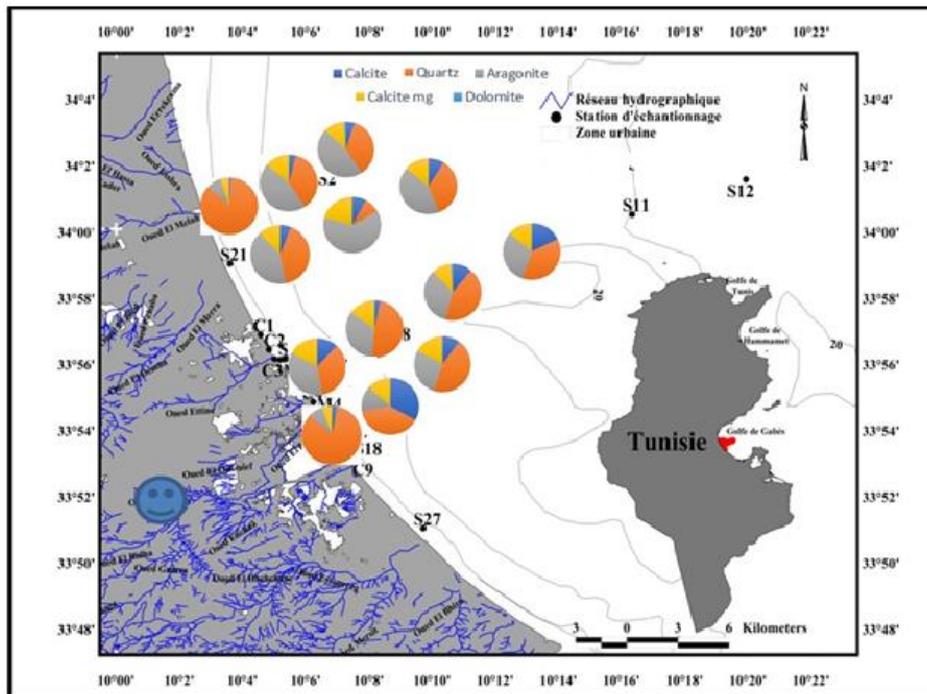


Figure 8: Répartition des minéraux non argileux entre Oued Melah et Oued Gabès

**Le Quartz**

Le Quartz est le minéral le plus dominant. Il est présent avec des teneurs variant de 9% à 99%. Sa teneur diminue, généralement, en allant de la côte vers le large. Ce minéral aurait pour origine les affleurements quaternaires de l'arrière-pays. Les cours d'eau tels que Oued El Melah et Oued Gabès peuvent également participer à l'apport en matériaux détritiques quartziques (Miossec et Paskoff, 1979 ; Oueslati, 2004). Ces oueds constituent des aires nourricières potentielles dans l'alimentation de l'engraissement des plages et des cordons littoraux.

**Le carbonate de calcium**

Le carbonate de calcium, CaCO<sub>3</sub>, contenu dans les échantillons acquis dans la frange littorale entre Oued Melah et oued Gabès apparaît sous deux formes cristallines (Ben Amor et al. 2003, 2007) :

- La calcite naturellement stable dans des conditions ordinaires est la forme la plus courante de carbonate de calcium
- L'aragonite n'est vraiment stable qu'à haute pression et à haute température et se transforme lentement en calcite après des dizaines/centaines de

millions d'années à la température ordinaire (James et al, 2005).

Dans les échantillons, l'aragonite varie entre 8% et 63%. Les concentrations les plus importants sont situées dans les petits fonds. En particulier, aux niveaux des stations S1, S2 et S5 et S10

La forme la plus stable de carbonate de calcium est la calcite. Elle varie entre 1% et 33% dans les échantillons prélevés dans les petits fonds situés entre Oued Melah et Oued Gabès (en particulier de la côte au large). Les origines de ce minéral observées dans la zone d'étude proviennent des contributions continentales détritiques.

La calcite magnésienne varie entre compris entre 1% et 21%. Ce minéral est le résultat d'une substitution partielle du Ca par Mg (0,1 Mg et 0,9 Ca) (Mose et Mackenzie, 1990). Les concentrations les plus importantes se trouvent au niveau des échantillons S5 et S10. Ce minéral peut être transporté par les oueds limitrophes.

La dolomite est rare dans les échantillons analysés. Elle représente 1% au niveau de l'échantillon S9 à 20m de profondeur. Ce minéral aurait pour origine les formations lithologiques qui affleurent dans l'arrière-pays.

## CONCLUSION GENERALE

La dynamique sédimentaire dans le littoral entre Oued Melah et Oued Gabès est influencée par plusieurs facteurs naturels. Parmi ces paramètres naturels, nous pouvons noter, la topographie du fond, les vents, la houle et la marée peuvent jouer aussi un rôle important pour l'amortissement de l'énergie de la houle et le piégeage des sédiments.

Les sables de la plage sous-marine de la région de Gabès sont tapissés par des sables fins, des sables moyens et des sables grossiers. Les sables grossiers et mal classés sont localisés dans les grandes profondeurs, alors que les sables fins bien classés tapissent les fonds près du rivage.

Les sédiments, dans les faibles profondeurs, sont déposés par excès de charge et caractérisent les sables triés au cours d'un transport dans un milieu à forte énergie. Les sédiments sont déposés par décantation dans les profondeurs supérieures à 20 m.

Les sables des petits fonds présentent une granulométrie uniforme. Ils se sont déplacés par saltation et suspension gradée dans les faibles profondeurs entre la zone de déferlement (5-7m) et le trait de côte. Par contre, ils se sont déplacés par charriage et par roulement dans les profondeurs supérieures à 7 m.

Les minéraux non argileux les plus abondants sont le Quartz qui provient essentiellement de l'érosion des formations géologiques limitrophes et des apports éoliens et hydriques, la Calcite qui a pour origine les apports détritiques et les débris des coquilles, le gypse qui pourrait avoir deux origines, soit les apports par les cours d'eau qui drainent des formations gypseuses (Oued Gabès, Oued Akarit, etc...) soit les rejets industriels de phosphogypse dans cette zone.

## BIBLIOGRAPHIE

- BRAHIM Mouldi, A ATOUI et C.SAMMARI, 2019. Traitements des séries chronologiques dans le littoral de Gabès. Bull. Inst. Natn. Scien. Tech. Mer de Salammbô (Accepté 2019).
- Ben Ouezdou H., 1983. Etude morphologique et stratigraphique des formations quaternaires dans les alentours du golfe de Gabès. Thèse de spécialité, Faculté des lettres et des Sciences humaines de Tunis, 220p.
- Ben Ouezdou H., 1984. Stratigraphique des dépôts quaternaires continentaux du Golfe de Gabès (Sud Tunisien). C.R.Acad.Sc.Paris, t.299, série II, n°19, pp 1351-1354.
- 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 et 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.
- GCT., 2005 Rapport bibliographique, Dossier présenté par le groupement IHE- INSTM pour le compte du GCT 14/12/10 page 17.MEDD, 2008b. Etude de faisabilité environnementale et socio-économiques du développement industriel dans la zone de la Skhira (Etude réalisée par IHE)
- Miossec, J.M., Paskoff, R., 1979. L'érosion des plages dans le sud tunisien : exemples à Jerba (côte est et sud-est) et à Zarzis. Revue Tunisienne de Géographie 2, 137-155.
- Passega R. (1957). Analyses granulométriques, outil géologique pratiqué. Revue de l'institut Français du pétrole, XVII, vol n°11, pp. 1489-1498.
- Mose, E., Mackenzie, K., 1990. Geochemistry of Sedimentary Carbonates, Book, first ed. Elsevier Science
- Oueslati, A., 2004. Littoral et aménagement en Tunisie. Des enseignements de l'expérience du vingtième siècle et de l'approche géoarchéologique à l'enquête prospective. Faculté des Sciences humaines et Sociales Tunis. ISBN 534p.
- Passega R. (1957). *Texture as characteristic of clastic deposition*. Ann. Assoc. Petrol. Géol. Vol. 41, pp 1952-1984.
- 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
- Riviere, A, 1977. Methodes granulometriques technique et interpretation. Edit. Masson, Paris, p. 167.
- Sammari C., Koutitonsky V.G., Moussa M. 2006. *Sea level variability and tidal resonance in the Gulf of Gabes, Tunisia*. Continental Shelf Research, 26, pp 338-350. doi: 10.1016/j.csr.2005.11.006 162
- SGTE-LCHF, 1978. Etude des ports de pêche côtière. Etudes Hydrauliques, 56 pp.
- SOGREAH, 2002. Protection des ressources marines et côtières du Golfe de gabès. Rapp.Phase I : Diagnostic-Min Env. Tunisie, tapp.Int, 184p.