

# HYDRODYNAMISME ET SÉDIMENTATION DANS LE GOLFE DE GABES (TUNISIE)

par Claude POIZAT

Station marine d'Endoume 13-Marseille 7<sup>e</sup>

## SUMMARY

The present work shows the results of a sedimentologic study of samples dredged from the gulf of Gabès, Tunisia (April-May 1965). Special attention is paid to the statistic analysis of calcareous bioclastic fragments. The qualitative and quantitative distribution of fine mineral material of continental origin is analysed and allows one to put forward hypotheses on hydrodynamics. These hypotheses may explain how the coarse bioclastic fragments are carried away.

## ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Arbeit bringt die Ergebnisse einer sedimentologischen Untersuchung von Dredschproben aus dem Golf von Gabès, Tunesien (April-Mai 1965). Besonderes Interesse wird dabei der statistischen Analyse der Kalkfragmente organischen Ursprungs gewidmet. Die qualitative und quantitative Verteilung feiner mineralischer Substanz kontinentalen Ursprungs wird untersucht und erlaubt Hypothesen über die Wasserbewegung und Strömungen aufzustellen. Diese Hypothesen können den Transport der größeren Partikel organischen Ursprungs erklären.

## RESUME

Le présent travail donne les résultats d'une étude sédimentologique d'échantillons dragués dans le golfe de Gabès, Tunisie (Avril-Mai 1965). Un intérêt particulier est porté sur l'analyse statistique des débris bioclastiques calcaires. La répartition qualitative et quantitative d'un matériel minéral fin d'origine continentale, est analysée et permet de formuler des hypothèses sur l'hydrodynamisme. Ces dernières peuvent expliquer le transfert de débris bioclastiques grossiers.

## MATERIEL ET TECHNIQUES

Les sédiments analysés dans ce travail, ont été prélevés à la drague CHARCOT (PICARD, 1965), au cours de la mission du navire océanographique "Calypso" en Tripolitaine (Avril-Mai 1965). 38 échantillons sédimentaires avaient été récoltés, mais seuls, les résultats caractérisant des stations types sont exposés ci-après. Les techniques utilisées sont les suivantes : mesure de l'envasement, — tamisages, — calcimétries, — décalcifications, — analyse statistique des débris, particulièrement ceux d'organismes calcaires.

La teneur du sédiment en particules fines (**envasement**) apparaît comme un bon critère d'agitation du milieu. L'envasement est le pourcentage pondéral des particules fines dans le sédiment brut dessalé et séché. Cette fraction fine est isolée par tamisage du sédiment sous l'eau, à l'aide d'un tamis dont le côté de la maille a été mesuré à 0,037 mm. Elle colmate les interstices du sédiment ou "matrice" du sédiment ; c'est la "matrice" qui deviendra éventuellement le "ciment" de la future roche sédimentaire consolidée. Il y a en général défaut de la matrice dans les sédiments des zones lessivées. Au contraire, elle augmente en fonction d'un hydrodynamisme décroissant et peut, à la limite, représenter l'essentiel du sédiment.

L'analyse statistique des débris bioclastiques et minéraux consiste à examiner à la loupe, les divers fractiles d'un sédiment, isolés par tamisage sur 11 passoires et 22 tamis à module AFNOR. Le comptage de 250 à 300 débris pris au hasard dans chaque fractile permet le calcul des pourcentages numéraux puis pondéraux de chaque constituant (Algues Calcaires, Gastéropodes, Echinodermes, Ostracodes, Micas, Quartz, etc). La méthode est résumée dans un tableau (MASSE, 1968).

Tableau n° 1

Numéro des fractiles	Pourcentage pondéral de chaque fractile	Constituants : A, B, C, D, . . . . N.	
		Pourcentage numéral des constituants A, B, . . . . N	Pourcentage pondéral correspondant
1	$p_1$	$A_1, B_1, C_1, D_1, \dots N_1$	$p_1 A_1, p_1 B_1, \dots p_1 N_1$
2	$p_2$	$A_2, B_2, C_2, D_2, \dots N_2$	$p_2 A_2, p_2 B_2, \dots p_2 N_2$
3	$p_3$	$A_3, B_3, C_3, D_3, \dots N_3$	$p_3 A_3, p_3 B_3, \dots p_3 N_3$
n	$p_n$	$A_n, B_n, C_n, D_n, \dots N_n$	$p_n A_n, p_n B_n, \dots p_n N_n$

Dans ce tableau, nous appelons A, B, C, D, . . . . N, les constituants bioclastiques reconnus dans un échantillon sédimentaire, —  $A_1, B_1, C_1, D_1, \dots N_1$ , les pourcentages numéraux correspondants et calculés si possible, sur 300 débris, —  $p_1, p_2, p_3, \dots p_n$ , les pourcentages pondéraux des fractiles 1, 2, 3, . . . n, par rapport à la fraction sédimentaire grossière (dimensions supérieures à 0,037 mm) qui, seule peut subir les opérations de tamisage. Les pourcentages pondéraux des divers constituants sont alors cumulés jusqu'à la dimension 0,100 mm, en-dessous de laquelle, il devient impossible de discriminer les débris. Ainsi, la somme ( $p_1 A_1 + p_2 A_2 + p_3 A_3 + \dots p_n A_n$ ), où "n" est le numéro de fractile 0,100 mm, ramenée à la teneur du sédiment brut en  $\text{CaCO}_3$ , exprime le **pourcentage absolu** du constituant A dans l'ensemble de l'échantillon. Les mêmes opérations sont exécutées pour les constituants B, C, D, . . . . N. Cette façon de faire est valable dans la mesure où la plus grande partie du calcaire du sédiment est d'origine bioclastique ; c'est d'ailleurs le cas pour le golfe de Gabès, car aucun élément calcaire d'origine lithoclastique n'a été observé. Nous entendons par **pourcentage absolu** d'un constituant (minéral ou bioclastique), le pourcentage pondéral représenté par ce constituant dans l'échantillon brut séché = 100 %. Par exemple, à la station 1931, nous avons calculé : Pélécy-podes (24 %), — Gastéropodes (4 %), — Scaphopodes (1 %), — Echinodermes (5 %), — Ostracodes (2 %), — Foraminifères (5 %), — Fibres rouies de Posidonies (4 %), — Quartz > 0,037 mm (7 %), — Micas > 0,037 mm (1 à 2 %), — Minéraux < 0,037 mm, y compris argiles (46 %). . . . soit un total voisin de 100 %.

#### CONDITIONS GENERALES

Le golfe de Gabès (Tunisie) est situé à l'extrémité sud-occidentale du compartiment "Tunisie orientale-Sicile" (CASTANY, 1955). Dans ces parages, la marge continentale est recouverte par "d'importants sédiments plio-quaternaires, masquant les structures antérieures" (BOURCART et GLANGEAUD, 1954). Cette région fonctionne au Quaternaire comme une aire épicontinentale en relation avec des lagunes (CASTANY, 1953).

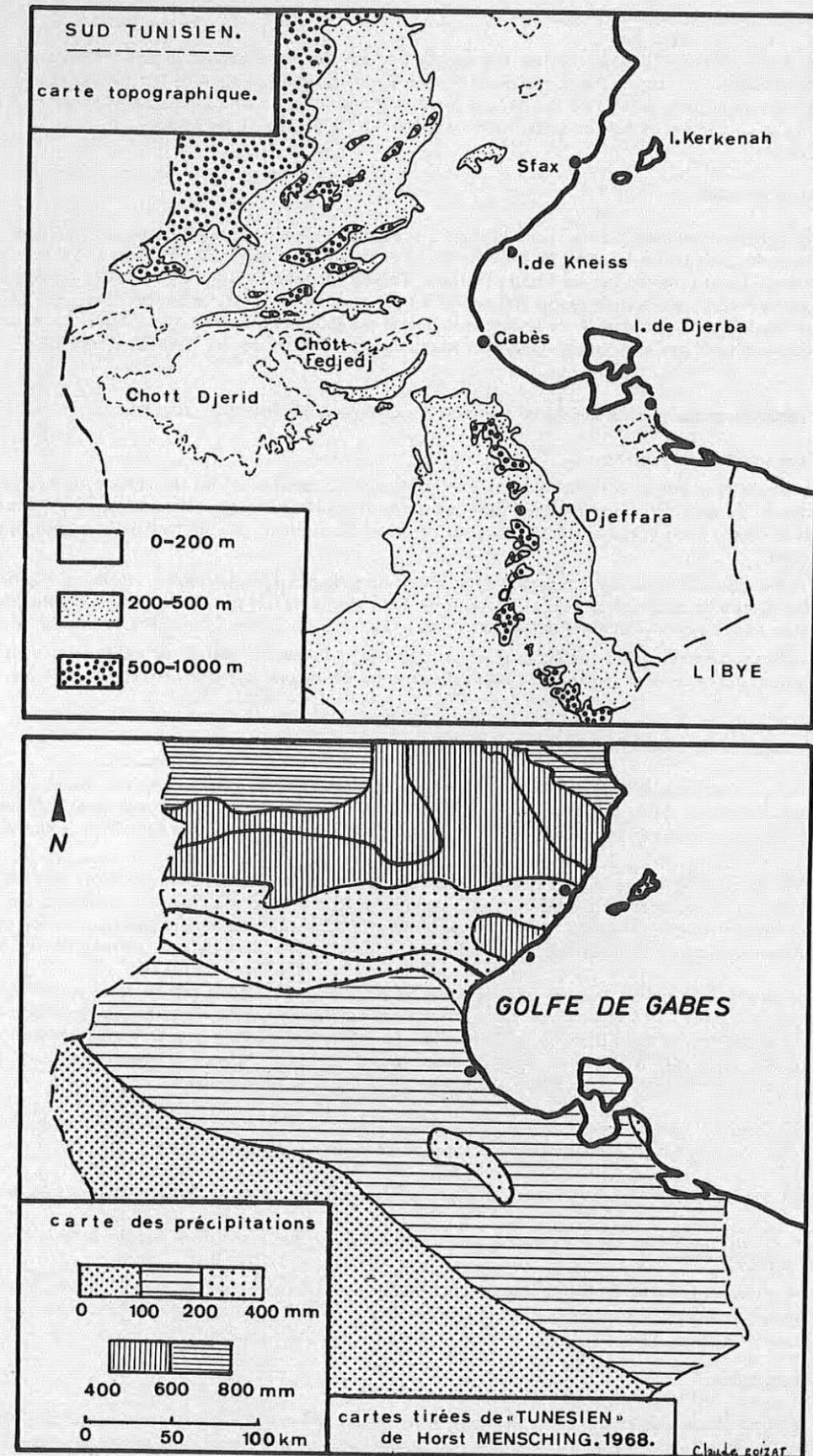


Planche I

### 1.- Description géographique sommaire.- (planche I).-

Le golfe de Gabès s'étend d'Ouest en Est sur une centaine de km. Sa partie sud-occidentale est coupée des influences du large par l'île de Djerba (25 km de long). L'archipel des îles Kerkenah, situé au Nord de la région étudiée, délimite avec la côte tunisienne une vaste passe de 15 à 20 km de large et de faible profondeur (10 à 15 m). La petite île de Kneiss (3 km de long) fait face à la côte septentrionale du golfe, entre les localités de la Skhirra et de Maharès.

### 2.- Topographie continentale.-

Le golfe de Gabès est ceinturé par une zone littorale à topographie monotone (altitude partout inférieure à 200 m). La côte occidentale du golfe (entre les villes de Gabès et de La Skhirra) est en communication vers le SW avec le grand Erg Oriental, par un large couloir occupé par les Chotts Djerid et Fedjedj (planche I). Tout cet ensemble est dominé au Nord et au Sud-Est, par des reliefs plus accusés (entre 200 et 500 m) qui canalisent les vents de secteur Sud-Ouest (vent du désert ou Simoun). Ces reliefs, situés à proximité de la côte méridionale du golfe, s'en écartent franchement en direction du territoire Libyen, délimitant une large zone aplanie (Djeffara) empruntée par les vents du Sud (vent du Fezzan).

### 3.- Conditions météorologiques et phénomènes de transport des matériaux continentaux (planche I).

Trois faits importants sont à retenir :

3-1.- Les précipitations annuelles, faibles et variables d'une année à l'autre, sont plus abondantes sur les régions bordant la côte septentrionale du golfe (plus de 200 mm d'eau) que sur les régions méridionales (MENSCHING, 1968). Les cours d'eau (oueds) de la zone Nord, donc mieux alimentés, on peut penser qu'ils amènent plus de matériel à la mer (alluvions) que ceux de la zone Sud.

3-2.- Il y a une saison sèche en Été et une saison humide en Hiver. Pendant la saison sèche, les chotts (Djerid et Fedjedj par exemple) sont sujets à un assèchement plus ou moins total. Il en résulte de très forts phénomènes de déflation, les chotts étant débarrassés de leurs éléments meubles par les vents (SASSI, 1962). Ce matériel est partiellement entraîné en mer.

3-3.- Des pluies torrentielles (BOIS, 1939) attaquent et ravinent les formations sédimentaires littorales, de nature argilo-sableuse. Les alluvions des oueds sont représentées essentiellement par des limons et des sables (CASTANY, 1953).

### 4.- Topographie sous-marine et bathymétrie (planche II, fig. 1).

La grande monotonie topographique des régions littorales se retrouve en-dessous du niveau de la mer. Le golfe de Gabès, en effet, est caractérisé par la faible pente de ses fonds. On peut y distinguer cependant 2 zones topographiquement différentes et isolées l'une de l'autre par un seuil NW-SE. Celui-ci, qui ne descend pas en-dessous de - 25 m, joint l'île de Djerba à l'île de Kneiss.

4-1.- Au SW de ce seuil, la topographie des fonds est compliquée par la présence de dômes et de cuvettes. Les dômes qui correspondent à des "Oncoïdes" à *Cladocora*, font remonter le fond à moins de 20 m de la surface. Les cuvettes atteignent des profondeurs voisines comprises entre - 25 et - 30 m. Nous distinguons quatre grandes cuvettes, dont la situation géographique par rapport à l'île de Djerba, a une influence hydrodynamique déterminante (planche III, fig. 4).

4.1.1.- Une cuvette méridionale "nourrie par les oueds du Sud" dont les apports sont canalisés par un chenal SE-NW, de profondeur comprise entre - 15 et - 25 m. Cette cuvette est coupée manifestement de l'influence directe du large par l'île de Djerba et sa large ceinture d'Herbiers de Posidonies. La limite inférieure de ceux-ci, dans l'ensemble du golfe de Gabès, a été tracée à partir des observations directes effectuées en cours de mission. Les chenaux entaillant ces Herbiers et figurés sur les cartes ont été tracés à titre d'hypothèse (planche II, fig. 2 et planche III).

4-1-2.- Une cuvette "ramifiée centrale" qui fait d'ailleurs communiquer à travers le seuil Kneiss-Djerba, les fonds occidentaux avec les fonds orientaux (chenal Sud-Nord, de profondeur inférieure à - 25 m).

4-1-3.- Une cuvette côtière "enclavée dans les Herbiers" face au littoral de La Skhirra (côte occidentale du golfe).

4-1-4.- Une cuvette située au SE de la précédente, en-dessous de la limite inférieure des Herbiers de Posidonies, face au littoral de la Skhirra.

4-2.- Au NE du seuil, la topographie des fonds est plus simple et la pente relativement plus accentuée. Un vaste thalweg E-W, infléchi vers le NW, amène l'isobathe des - 40 m à moins de 15 km du littoral de Maharès (côte Nord du Golfe).

### 5.- Les "Forces Agissantes".

Outre la présence de houles et de vagues liées aux vents dominants, le golfe de Gabès est caractérisé par l'existence d'un phénomène de marée. Ce phénomène est assez peu accentué, quoi que variable dans le temps et dans l'espace. Les marnages les plus fréquemment relevés atteignent 0,80 m, mais des valeurs extrêmes de 2 m sont observées de temps à autre (MENSCHING, 1968), liées semble-t-il à des baisses barométriques et à de forts vents de secteurs Est, Nord-Est et Sud-Est. Cette marée est à l'origine de courants de fond et de surface ; au moment du flot, par exemple, il y a pénétration des masses

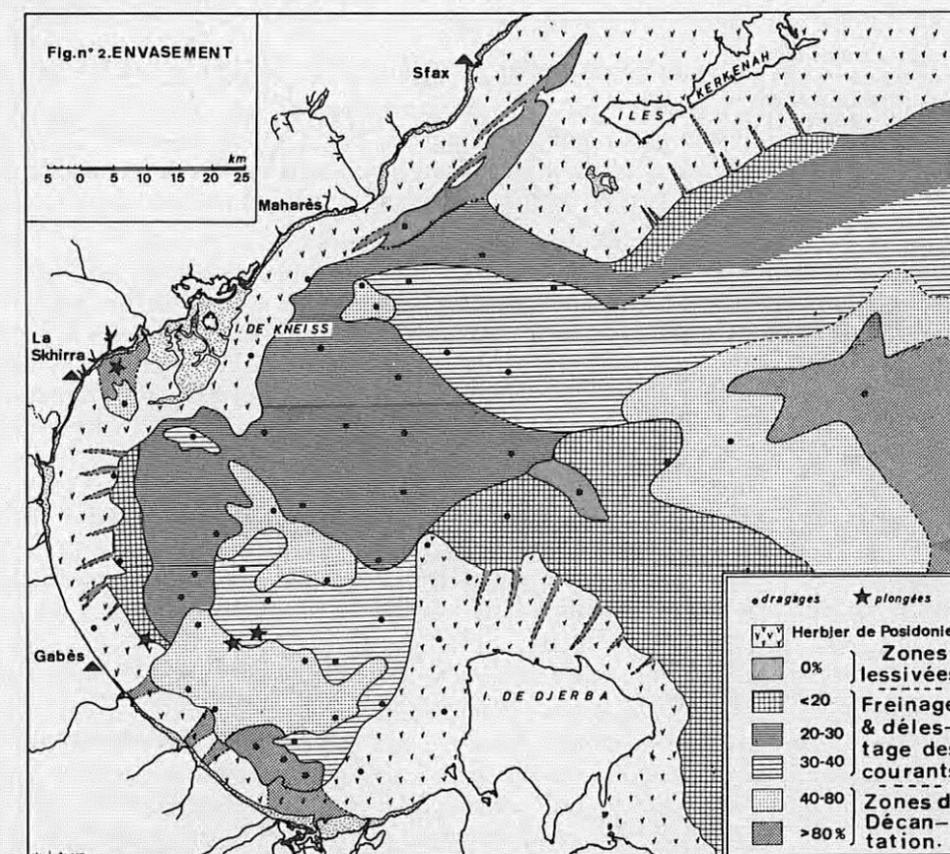
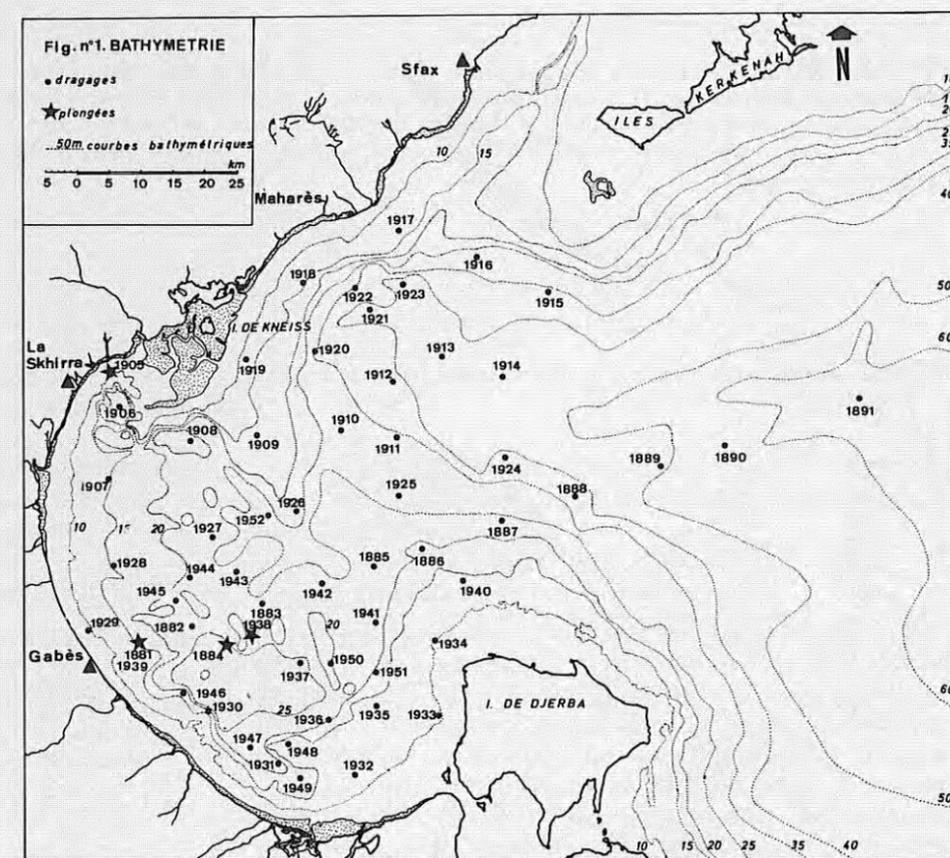


Planche II

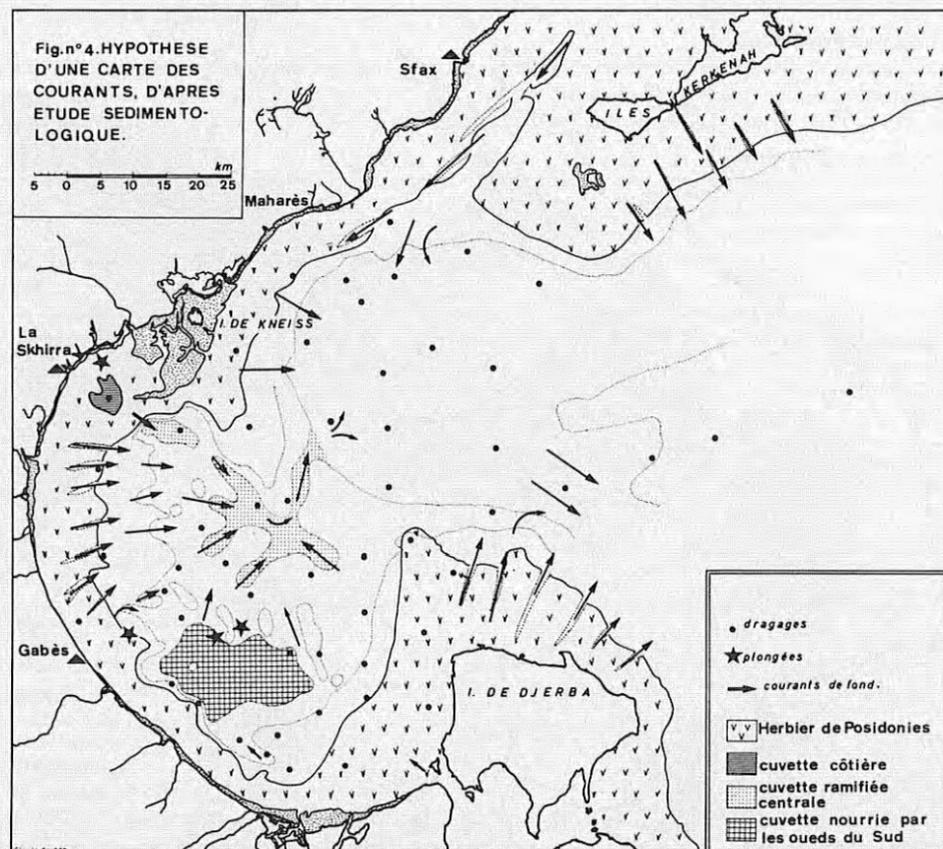
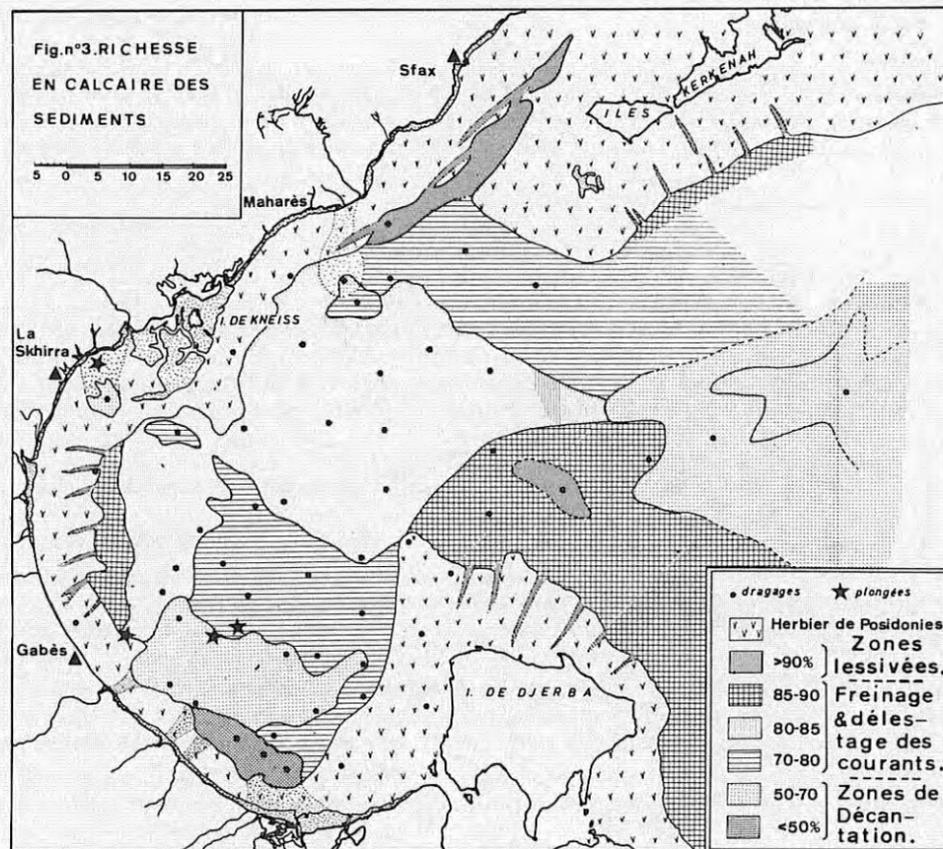


Planche III

d'eau, du SW vers le NE dans la passe entre la côte tunisienne et les îles Kerkenah. Le mouvement s'inverse au jasant.

Les houles et les vagues se déplacent en général d'Est en Ouest et du Sud-Est au Nord-Ouest. La côte occidentale du golfe de Gabès et la côte septentrionale sont ainsi directement exposées (y compris îles Kerkenah) à ces phénomènes et aux courants qui en résultent. Au contraire, la côte méridionale, à l'abri de l'île de Djerba, ne subit que les effets d'une houle très réfractée. Il existe d'ailleurs, un courant de surface SE-NW lié aux vents de secteur Est, le long de la côte Nord de l'île de Djerba (CASTANY, 1955).

## RESULTATS

### 1.- Cartographie des zones sédimentaires en fonction de la teneur des sédiments en particules fines (envasement) et en carbonates.

Nous cherchons par cette méthode à distinguer les différents types de fonds en fonction de l'hydrodynamisme et à localiser les zones de dépôt de la fraction minérale d'origine continentale (planche II et III). Deux ensembles de faits sont à signaler :

#### 1-1.- Existence de 2 "pôles" d'envasement maximum (planche II, fig. 2).

Les fractions fines sédimentent en abondance, d'une part au débouché des "oueds du Sud" (mode calme dû à la situation topographique et géographique à l'abri de l'île de Djerba) et d'autre part, dans les fonds orientaux, en deçà de l'isobathe - 60 m (mode calme dû à la bathymétrie). Par ailleurs, l'envasement reste fort dans les cuvettes de la zone sud-occidentale du golfe, quoi que variable de l'une à l'autre, malgré des profondeurs identiques (25 à 30 m). En outre, les zones d'envasement faible ou nul, sont considérablement plus étendues géographiquement et bathymétriquement (jusqu'à - 50 m) dans les fonds situés à l'extérieur du seuil entre l'île de Kneiss et l'île de Djerba. Dans les fonds sud-occidentaux, l'envasement élevé se maintient même sur les Herbiers, à proximité du littoral de Gabès et de La Skhirra (observations faites en plongée scaphandre).

#### 1-2.- Existence d'une seule zone très appauvrie en carbonates (planche III, fig. 3).

La carence en carbonates est très accentuée dans les sédiments étalés au débouché des "oueds du Sud" (moins de 50 % de  $\text{CaCO}_3$ ). Cet appauvrissement des fonds en calcaire est lié aux apports détritiques continentaux ; il est moindre dans la zone orientale du golfe de Gabès. On signale dans un travail récent (Lucas *et al*, 1969) des valeurs encore plus faibles de la teneur des sédiments en  $\text{CaCO}_3$  (de l'ordre de 20 %).

En définitive, bien que recevant moins d'apports détritiques continentaux (précipitations faibles au Sud), les zones marines situées au Sud-Ouest du seuil Kneiss-Djerba sont plus envasées et moins riches en carbonates que les régions sous-marines à l'extérieur de ce seuil et mieux alimentées par les oueds (précipitations plus fortes au Nord). Le seuil Kneiss-Djerba délimite par conséquent deux zones sédimentaires hydrodynamiquement différentes ; c'est ce que confirme d'ailleurs ci-dessous, l'examen de la fraction minérale des sédiments.

### 2.- Fraction minérale et hydrodynamisme (planche IV).

Dans l'ensemble de ce travail, l'hydrodynamisme a été apprécié à partir des valeurs de l'envasement, - du mode de la fraction biodétritique grossière et de la fraction minérale grossière (dimensions  $> 0,037$  mm).

#### 2-1.- Répartition de la fraction minérale dans le golfe de Gabès.

La fraction minérale observée dans les sédiments meubles du golfe de Gabès a une origine détritique. Elle est constituée essentiellement par des particules quartzes et argileuses auxquelles s'ajoutent localement des Biotites, des Muscovites, des Feldspaths, des Grenats et des Zircons, ces minéraux restant toujours dans nos échantillons en infimes quantités. L'ensemble de ce matériel provient de la déflation éolienne et de l'érosion fluviale des formations sédimentaires continentales.

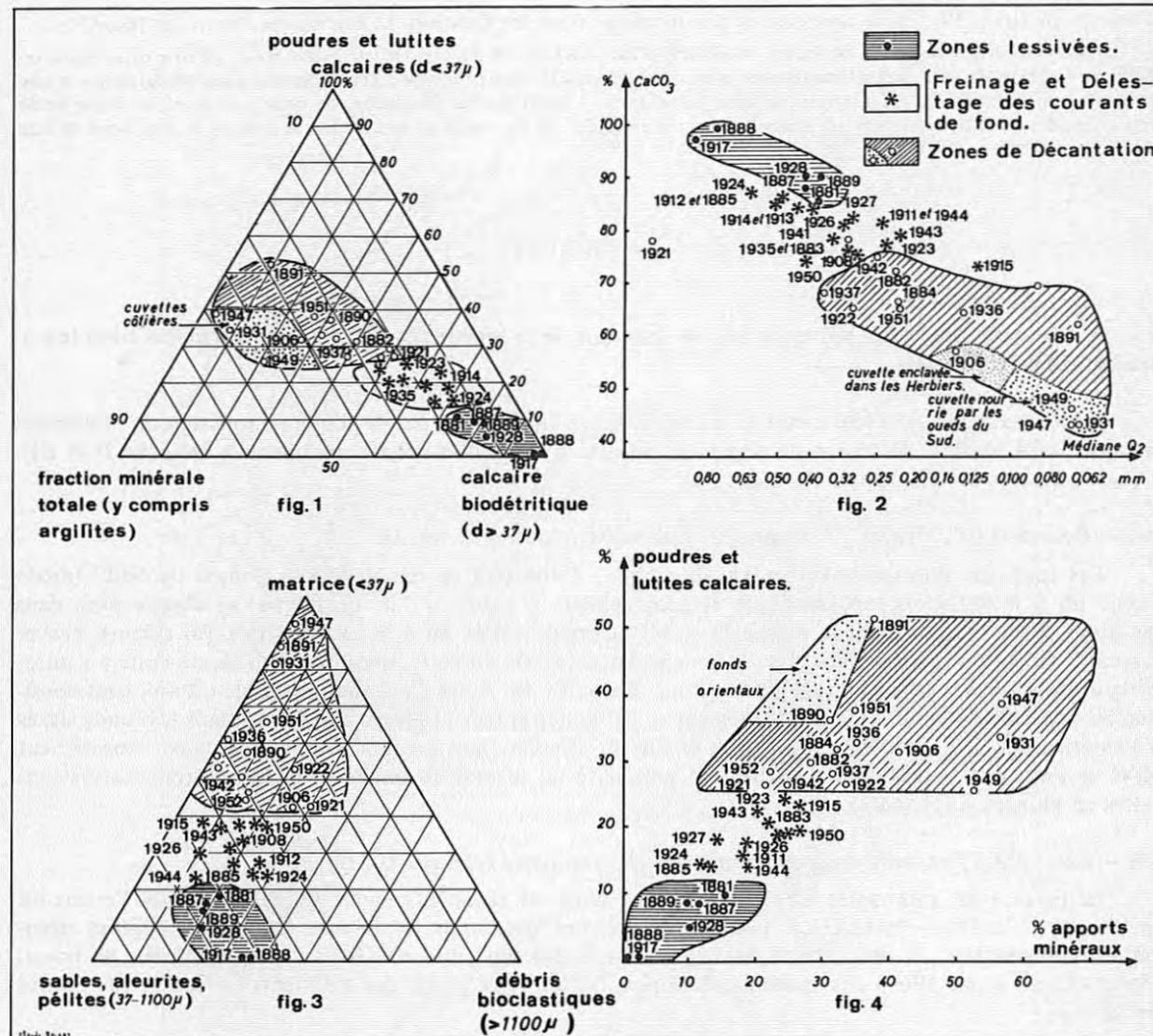


Planche IV

On doit retenir la faiblesse de la fraction minérale grossière (dimensions supérieures à 0,037 mm) qui ne dépasse pas 15 % du sédiment brut. Les plus gros minéraux rencontrés n'atteignent jamais dans nos échantillons, 0,500–0,600 mm et le mode reste la plupart du temps très inférieur à 0,400 mm, alors que l'indice de TRASK (Classement  $S_o = \sqrt{Q_3/Q_1}$ ) est compris entre 1,20 et 1,69. Cependant, on signale à moindre profondeur, au-dessus de – 10 ou – 15 mètres, au large d'Houmt Souk (côte Nord de Djerba) des sédiments oolithiques dont le résidu quartzueux est constitué par des grains de dimensions supérieures à 0,700 mm, tous ronds, alors que les grains de dimensions inférieures à 0,400 mm sont émoussés luisants ou même peu usés (CASTANY, 1955). Leur indice de classement est meilleur ( $S_o = 0,67$ ). Ces faits suggèrent que la fraction minérale est profondément remaniée en bordure immédiate des rivages et que ses divers constituants sont étalés et triés en fonction de l'hydrodynamisme. Ceci est d'ailleurs illustré par les deux exemples suivants :

2-2-1.— Zone sud-occidentale du golfe de Gabès (au SW du seuil Kneiss-Djerba).

L'abondance et la répartition de la fraction minérale dans l'ensemble de la zone sud-occidentale du golfe, particulièrement dans les cuvettes, est examinée ci-dessous (tableaux). Le facteur bathymétrique n'y tient pas un rôle déterminant dans les processus sédimentaires. Outre l'envasement qui fluctue indépendamment des variations de profondeur, l'abondance de la fraction minérale est liée à des paramètres géographiques et topographiques. En effet, 3 constatations méritent d'être développées ici :

Tableau n° 2

Apports fluviaux (oueds)	Stations de la zone Sud occidentale	Localisation	Profondeur en m	% envasement	% CaCO <sub>3</sub> total	Fraction minérale totale			Protection due à l'île de Djerba	
						% F.M. totale	% F.M. < 0,037 mm	% F.M. > 0,037 mm		Mode F.M. > 0,037 mm
++++	1949	Chenal alimentant la cuvette méridionale	18 m	60	46	48	34	14	0,045	Forte.
	1931	"nourrie par les oueds du Sud".	20 m	81	43	54	46	8	0,045	
	1947		22,5 m	92	43	57	53	4	0,055	
+++	1884	NW cuvette méridionale	25 m	57	66	29	25	4	0,070	Moyenne.
	1937	NE cuvette méridionale	25,5	53	68	27	25	3	0,070	
++	1942	SE cuvette ramifiée	25 m	46	75	22	19	3	0,070	Médiocre.
	1952	NW centrale	27 m	44	78	18	13	5	0,080	
+++	1908	Cuvettes La Skhirra : en aval ou enclavée dans les Herbiers	24 m	34	75	19	14	5	0,070	Nulle.
	1906		28,5	62	57	37	30	7	0,055	

2-1-1-1.— La fraction minérale totale est maximale (pourcentage absolu égale 57 %) au débouché des oueds du Sud, du fait de la proximité des sources d'apports continentaux et surtout du fait de la protection assurée par l'île de Djerba. Pour ces zones méridionales, l'île de Djerba et ses larges barrières d'Herbiers de Posidonies réfractent les houles du large, quel qu'en soit l'azimuth, interdisant la mise en suspension des fractions minérales fines.

2-1-1-2.— La fraction minérale totale est faible dans les stations 1942 et 1952 ("cuvette ramifiée centrale") et dans la station 1908 (cuvette de La Skhirra, en aval des Herbiers). Ce fait est imputable à l'éloignement des sources d'apports continentaux retenus d'ailleurs partiellement sur les Herbiers (faiblesse de la fraction minérale grossière qui égale 3 à 5 %) et à la mise en suspension systématique des fractions minérales fines qui ont une valeur minimale (13 %). Pour ces zones relativement plus septentrionales que les précédentes, l'île de Djerba ne réfracte plus que les houles de SE.

2-1-1-3.— La fraction minérale totale ainsi d'ailleurs que l'envasement marquent un retour à de fortes valeurs à la station 1906. La proximité des sources d'apports détritiques très abondants dans ces zones plus arrosées (pluviosité supérieure à 200 mm/an) et la situation topographique particulière de la cuvette (enclavée dans les Herbiers) contrebalancent les effets des turbulences et lessivages dus aux houles de SE, E et NE que l'île de Djerba n'amortit plus.

2-1-2.— Zones situées à l'extérieur du seuil Kneiss-Djerba.

Dans le thalweg de direction générale W-E débutant au large de la côte de Maharès (planche II, fig. 1), la fraction minérale montre une diminution constante jusqu'à des profondeurs voisines de – 50 m. L'affaiblissement de la fraction minérale fine (< 0,037 mm) en particulier ne peut s'expliquer à cette profondeur par une agitation due aux houles et vagues à la côte. L'existence d'un courant de marée, NW-SE, renforçant

périodiquement un courant permanent possible, parallèle aux isobathes, doit être envisagée pour expliquer ce gradient (planche III, fig. 4). La faiblesse de la fraction minérale fine, malgré des apports continentaux abondants, démontre que les zones situées à l'extérieur du seuil Kneiss-Djerba sont soumises à une activité hydrodynamique plus violente et plus complexe, avec notamment intervention de courants de marée. C'est ce qui est résumé dans le tableau ci-dessous.

Tableau n° 3

Stations	Pro-fon-deur en m	% total CaCO <sub>3</sub>	% F.M. totale	Fraction minérale			Influence hydrodynamique probable.
				% F.M. < 0,037 mm	% F.M. > 0,037 mm	Mode FM > 0,037 mm	
1922	33	65	33	25	8	0,070	<i>Diminution avec la profondeur, de l'action des courants de houles vagues à la côte.</i>
1921	43,5	78	21	16	5	0,055	
1913	41	84	15	10	5	0,055	
1914	45	84	15	11	4	0,065	
1889	49	90	10	5	4	0,070	<i>courant de marée.</i>
1890	60	61	39	31	8	0,060	<i>Reprise du gradient décroissant vers l'Est.</i>
1891	66	67	32	29	3	0,055	

### 2-2. — Mode, abondance et nature de la fraction minérale grossière (dimensions supérieures à 0,037 mm).

Un tableau résume quelques caractéristiques de la fraction minérale grossière des sédiments du golfe de Gabès. Plusieurs points sont à retenir confirmant l'idée d'un tri des particules minérales par des courants de fond.

Tableau n° 4

Mode de la F. minérale > 0,037 mm	Stations	% absolu F. minérale > 0,037 mm	% relatifs des quartz et des micas		
			Quartz rond-mat	Quartz peu ou non usés	Micas
0,311 mm 0,237 mm	1917	1	39	61	—
0,135 mm	1888	1	11	84	5
0,075 mm	1926	2	5	91	4
0,060 mm	1890	8	+	95	5
0,055 mm	1891	3	+	81	19
0,045 mm	1931	8	+	82	18

2-2-1.— Seuls les minéraux de grande dimension (> 0,200 mm) portent le faciès rond-mat, encore que ce dernier ne soit pas vraiment caractéristique. Un tel faciès n'est visible qu'en bordure des rivages (BLANC, 1958,— CASTANY, 1955). La diminution du mode amène l'augmentation du faciès non usé. Ce résultat est d'ailleurs général.

2-2-2.— Les formes lamellaires (Micas) abondent dans les modes calmes (DOYLE, 1968,— etc).

2-2-3.— Dans les stations du large, (st. 1890 et 1891), les minéraux sont représentés essentiellement par des esquilles de quartz de très faibles dimensions (mode inférieur à 0,060 mm) et par des lamelles circulaires de Biotite de plus grandes dimensions (mode supérieur à 0,100 mm) et en quantité moindre.

### 2-3. — Hypothèses hydrodynamiques.

L'ensemble des résultats précédents permet de formuler certaines hypothèses sur l'hydrodynamisme du golfe de Gabès. Sans anticiper sur le sens des courants, nous constatons plusieurs points importants :

2-3-1.— Dans l'ensemble du golfe de Gabès, la plus grande partie de la couverture sédimentaire meuble, en-dessous de la limite inférieure des Herbiers de Posidonies, n'est affectée finalement que par un hydrodynamisme plutôt modéré. C'est ce que prouvent corrélativement l'extension des zones envasées parfois à proximité immédiate des rivages (planche II, fig. 2) et l'abondance des fractions fines : poudres, pélites, aleurites et sables fins (planche IV, fig. 3).

2-3-2.— Les zones situées au SW du seuil Kneiss-Djerba, sont faiblement exposées aux influences de la mer ouverte. La marée n'y montre pas d'effets particuliers. Les divers types de fonds sont dans une certaine mesure, sous l'influence des houles et des vagues que l'île de Djerba et sa ceinture d'Herbiers réfractent plus ou moins en fonction de leur azimuth. Ces facteurs conditionnent les processus de turbulence et de mise en suspension des fractions sédimentaires fines.

2-3-3.— Les zones littorales situées au NE du seuil sont directement soumises aux effets des houles, vagues et marées, comme le prouve la grande extension géographique et bathymétrique des surfaces peu ou non envasées (planche II, fig. 2). Contrairement à ce qui se passe dans les régions sud-occidentales où la fraction minérale est plus ou moins piégée au SW du seuil, le stock minéral importé dans les zones orientales, en plus grande quantité, est cependant rapidement dispersé, jusque dans les plus grands fonds du golfe de Gabès (en-dessous de - 60 m).

En définitive, les divers types de fonds qui passent de l'un à l'autre de façon insensible (planche IV) du fait de leur faible pente peuvent cependant se ramener à 3 catégories :

— des fonds plus ou moins lessivés, dont l'envasement est nul, la fraction minérale réduite et corrélativement, la richesse en carbonates forte. Le mode de la fraction grossière du sédiment est supérieur à 0,800 mm. De tels fonds se rencontrent surtout à l'extérieur du seuil Kneiss-Djerba (stations 1917 et 1888 par exemple).

— des fonds peu ou non lessivés, dont l'envasement est moyen (entre 20 et 40 %), la fraction minérale notable (de 15 à 35 %) et la richesse en carbonates corrélativement encore forte (entre 70 et 90 %). Le mode de la fraction grossière du sédiment est compris entre 0,700 mm et 0,140 mm. De tels fonds existent de part et d'autre du seuil Kneiss-Djerba, dans la région centrale du golfe de Gabès.

— des fonds envasés, dont l'envasement est supérieur à 40 % (localement plus de 80 %), la fraction minérale abondante (plus de 40 %) et la richesse en carbonates corrélativement diminuée (moins de 50 %). Le mode de la fraction sédimentaire grossière est toujours inférieur à 0,070 mm, malgré la présence de gros fragments de Pélécy-podes, trop peu abondants cependant par rapport aux fractions fines. De tels fonds dominent au SW du seuil Kneiss-Djerba et dans les régions orientales en deçà de - 60 m. Les phénomènes hydrodynamiques y sont faibles voire nuls.

### 3.— Résultats de l'analyse statistique des débris d'organismes calcaires.

L'examen détaillé de la fraction minérale des sédiments du golfe de Gabès ainsi que les études granulométriques, ont permis la mise en évidence de phénomènes hydrodynamiques à proximité des fonds. L'incidence de ces phénomènes sur la sédimentation des constituants biodétritiques des peuplements benthiques (et pélagiques) est analysée maintenant.

#### 3-1.— Déterminations spécifiques des constituants biodétritiques de dimensions supérieures à 2,000 mm. Comparaisons avec les espèces calcaires des peuplements benthiques actuels.

La diversité sédimentologique de part et d'autre du seuil Kneiss-Djerba se retrouve dans les peuplements benthiques actuels de substrat meuble (planche V, carte des biocoenoses).

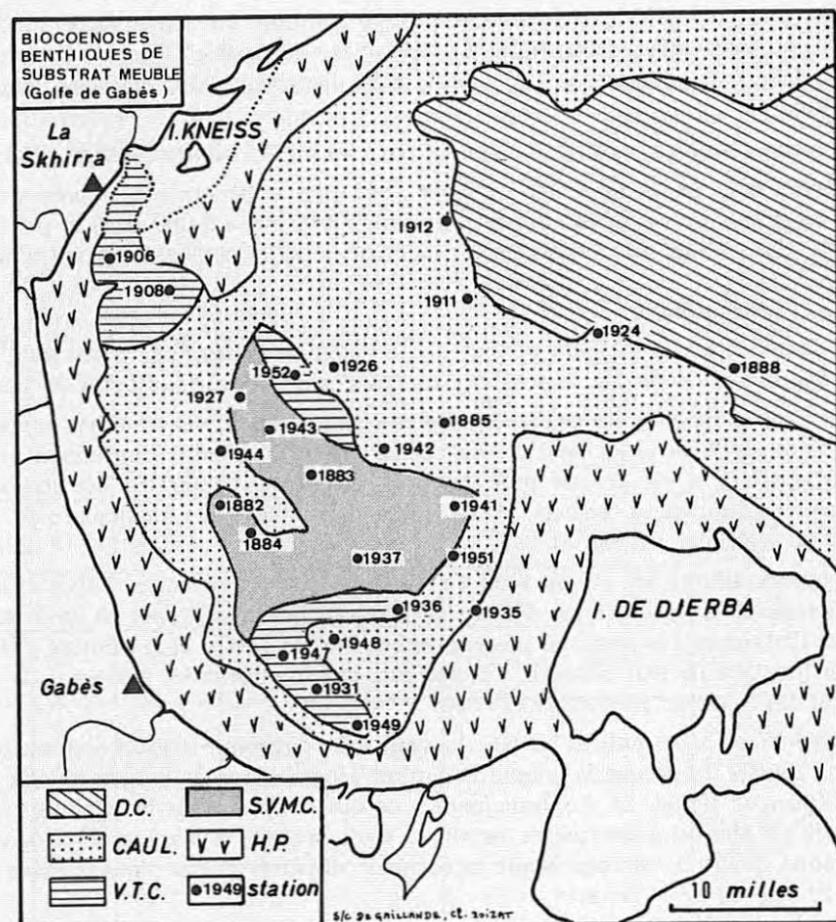


Planche V

— au SW du seuil, les peuplements vasicoles occupent de vastes superficies, en particulier, les fonds de cuvettes (biocoenoses des Sables Vaseux en Mode Calme ou S.V.M.C.,— et de la Vase Terrigène Côtier ou V.T.C.).

— au NE du seuil, les peuplements vasicoles font totalement défaut dans les zones étudiées, du fait d'un hydrodynamisme plus vif. Ils sont remplacés par des peuplements qui exigent des conditions de faible envasement (biocoenose des Sables Détritiques Côtiers ou D.C.). Les fonds moyens entre — 15 et — 35 m sont par ailleurs occupés en général, par une pelouse à *Caulerpa prolifera* en surimposition sur du D.C. (CAUL/D.C.). Les fonds lessivés (passes, chenaux d'Herbier, fonds exposés aux courants de marées au Nord de l'île de Djerba) sont occupés par la biocoenose des Sables Grossiers et Fins Gravier sous influence de courants de Fond ou S.G.C.F. qui supplante plus ou moins celle du D.C.

Le simple examen des débris de dimensions supérieures à 2 mm permet de se rendre compte, localement, de la présence de constituants bioclastiques n'ayant aucun rapport avec le peuplement vivant actuellement en place, mais référables souvent, à des peuplements situés en amont (surtout Herbiers de Posidonies et peuplements associés à ces Herbiers). Ce fait est surtout sensible, dans les zones étendues à l'extérieur du seuil Kneiss-Djerba, particulièrement au débouché de la passe entre la côte tunisienne et les îles Kerkenah. La sédimentation de tels éléments bioclastiques paraît bien avoir été précédée le plus souvent, d'une phase de transport (Allochtonie probable). Les constituants les plus fortement allochtones (dispersés dans tous les milieux) sont référables à l'espèce *Halimeda tuna* (Algue Calcaire). Puis viennent les *Peyssonnelia* (Algues Calcaires), les *Marginopora* et les *Nubecularia* (Foraminifères benthiques). En dernier lieu, viennent les Echinodermes (plaques et radioles), l'ensemble des Foraminifères benthiques et les Gastéropodes. La plupart de ces constituants, tout au moins en ce qui concerne le golfe de Gabès, sont richement représentés à l'état vivant dans les zones littorales recouvertes par les Herbiers. Ces derniers, lessivés par les courants dus aux houles et vagues à la côte, fonctionnent comme des aires de production qui nourrissent les fonds meubles situés en deçà de leur limite. Ce phénomène n'est vraiment accusé que dans les zones à fort hydrodynamisme comme le prouve le tableau suivant :

Tableau n° 5

Stations golfe de Gabès	Localisation	Peuplements benthiques actuels.	% absolu des débris > 2 mm.	% relatifs débris > 2 mm, référables.		
				aux espèces présentes dans le peuplement benthique actuel (autochtonie)	aux espèces présentes dans les peuplements situés en amont (HP.) (allochtonie)	à des espèces sans signification écologique précisée, etc.
1949	Chenal alimentant la cuvette méridionale.	VTC	1	18 %	14 %	68 %
1931		VTC	2	43 %	10 %	47 %
1947		VTC	1	50 %	+	50 %
1884	Cuvette méridionale.	SVMC	4	19 %	14 %	67 %
1937		SVMC	8	19 %	12 %	69 %
1942	Cuvette ramifiée centrale	CAUL/DC	8	33 %	19 %	48 %
1952		VTC	8	29 %	14 %	57 %
1908	Cuvettes La Skhirra en aval ou dans HP.	CAUL/SVMC	11	24 %	24 %	52 %
1906		VTC	4	20 %	12 %	68 %
Seuil entre les îles de Kneiss et de Djerba.						
1917	Débouché passe.	SGCF	3	16 %	60 %	24 %
1912	Fonds moyens au centre du golfe	CAUL/MAERL	18	26 %	22 %	52 %
1911		CAUL/MAERL	4	22 %	15 %	63 %
1888	Aval HP N.Djerba.	SGCF/DC	5	40 %	30 %	30 %
1889	20 km au N. Djerba.	DC	7	24 %	12 %	64 %
1890	Fonds orientaux	DC+DL	< 1	40 %	10 %	50 %
1891		DL ?	< 1/2	50 %	0 %	50 %

1/ Au SW du seuil entre l'île de Kneiss et l'île de Djerba, les éléments allochtones ne dépassent jamais 20 %, alors que prédominent le plus souvent des constituants référables à des espèces sans signification écologique précisée (sspr) ou bien des espèces à large répartition écologique (Ire).

2/ Au NE du seuil, les éléments allochtones deviennent toujours prédominants à proximité des Herbiers (60 % à la station 1917) et même très au large de ceux-ci (30 % à la station 1888). L'hydrodynamisme plus vif de ces parages explique les différences observées par rapport à la première zone.

Suite aux observations précédentes, il y a cependant 3 inconvénients graves qui rendent difficiles toutes conclusions sur l'origine des constituants (autochtonie et allochtonie incertaines) :

– pour être spécifiquement déterminables, les débris d'organismes calcaires doivent être assez peu fragmentés et en tout cas, de dimensions supérieures à 2 mm. De telles dimensions ne sont malheureusement atteintes que par un modeste pourcentage dans les divers échantillons (tout au plus 18 % à la station 1912).

– les peuplements vivants sont définis à partir de l'ensemble des espèces, y compris espèces non testacées, ce qui représente pour chaque station, plus de 100 espèces. Or nos pourcentages sont calculés sur 15 à 30 espèces testacées, la plupart d'entre elles ne pouvant d'ailleurs être rattachées à une biocoenose précise (espèces à large répartition écologique ou sans signification écologique précisée).

– on observe la présence d'une thanatocoenose récente de Sables Fins Bien Calibrés (S.F.B.C.) qui semble avoir évolué dans un passé récent, vers un Sable Vaseux en Mode Calme (S.V.M.C.) puis vers une Vase Terrigène Côtière (V.T.C.) observée aujourd'hui. Ceci s'est produit par un mécanisme d'envasement.

### 3-2. – Abondance et forme des principales classes de constituants et hydrodynamisme.

La méthode précédente (détermination spécifique des débris) est insuffisante pour expliquer et évaluer l'importance de la dispersion des tests d'organismes calcaires, ou d'une partie de ceux-ci, par les agents hydrodynamiques. La comparaison des pourcentages absolus de chaque constituant avec le mode de la fraction grossière du sédiment (représentant l'hydrodynamisme) permet ci-dessous de nouvelles précisions. Signalons que les débris de *Cladocora* (Madréporaire colonial) issus du démantèlement des "Oncoïdes" Quaternaires, sont très peu abondants dans les stations citées. Ils seront l'objet d'une étude détaillée ultérieure.

Les éléments sédimentaires bioclastiques se regroupent en 2 grandes catégories ("A" et "B") :

#### 3-2-1. – Les constituants de la catégorie "A".

La forte abondance locale de ces constituants apparaît liée plus à un phénomène d'accumulation d'un matériel arraché aux Herbiers de Posidonies (aires de production) en amont, qu'à une productivité biologique active *in situ*. D'ailleurs, parmi cette catégorie "A", nous distinguons deux séries de constituants :

– une "série a" (débris de Gastéropodes + Foraminifères benthiques) dont l'abondance est maximale en bordure immédiate des Herbiers (St. 1917 dans la zone Nord du golfe de Gabès, – st. 1906 dans la zone sud-occidentale). Le fort pourcentage des Foraminifères benthiques (26 %) à la station 1890 (– 60 m) s'explique soit par un changement de faune, – soit plutôt par une accumulation de ceux-ci, en concomitance d'ailleurs, avec la fraction minérale fine (31 %), sur la bordure orientale d'un courant de marée, parallèle aux isobathes, de direction NW-SE (planche III, fig. 4) et qui affecte les stations 1888 et 1889.

– une "série b" (débris de *Peyssonnelia*, d'*Halimeda* et d'Echinodermes) dont l'abondance ne devient maximale qu'à une distance plus ou moins grande des Herbiers exposés à de vigoureux lessivages (st. 1888 au large de la côte Nord de l'île de Djerba. – st. 1926 dans la région centrale du golfe de Gabès). Dans les zones centrales du golfe de Gabès, on a décrit (LE DANOIS, 1925) des fonds à *Halimeda* vivantes (?). Ce fait n'a pas été confirmé par les travaux biologiques actuels (DE GAILLANDE, 1970). Il y a tout au plus quelques *Halimeda* accrochées à de gros débris bioclastiques de place en place, et incapables de fournir l'important stock de fragments morts observés dans le sédiment. En revanche, *Halimeda* et *Peyssonnelia* abondent sur les Herbiers de Posidonies dont elles colonisent les rhizomes.

#### 3-2-2. – Les constituants de la catégorie "B".

L'abondance des constituants de la catégorie "B" obéit aux exigences des espèces vis-à-vis des conditions du milieu :

– dans le cas de l'Algue calcaire *Lithophyllum racemus*, le milieu de vie (biotope) correspond aux zones très lessivées (chenaux et bordure des Herbiers septentrionaux). Par conséquent, il est normal d'y

Tableau n° 6

Mode de la fraction sédimentaire > 0,037 mm	Zones du golfe de Gabès	Stations et leur profondeur en mètres	% absolus des principaux constituants									
			Catégorie "A"					Catégorie "B"				
			série "a"		série "b"			"c"	"d"		"e"	
Gastéropodes	Foraminifères benthiques	<i>Peyssonnelia</i>	Echinodermes	<i>Halimeda</i>	<i>Lithophyllum Lithotamnion</i>	Pélécytopodes	Ostracodes	Bryozoaires	Tubes divers.			
0,800 mm	Zones	1917 (14 m)	48	18	1	3	3	11	13	+	1	2
0,700 mm	nord-	1888 (33 m)	13	7	23	11	5	8	12	+	9	7
0,140 mm	orien-	1926 (24 m)	5	7	10	5	26	4	8	1	5	6
0,070 mm	tales du	1890 (60 m)	5	26	–	7	3	+	11	2	1	6
0,055 mm	golfe.	1891 (66 m)	3	17	–	7	3	+	15	7	9	2
Seuil entre les îles de Kneiss et de Djerba												
0,140 mm	Zones sud-	1952 (27 m)	4	7	14	7	22	8	10	2	3	1
0,070 mm	occi-	1942 (25 m)	6	5	15	4	13	8	15	+	4	1
0,055 mm	denta-	1906 (28,5 m)	7	7	4	6	+	2	29	1	1	+
0,045 mm	les : cuvettes	1931 (20 m)	4	5	+	5	+	+	24	2	+	+

trouver un fort % de débris de *Lithophyllum* (st. 1917 avec 11 %). Ce pourcentage décroît avec le mode, ce qui signifie que l'on s'éloigne des conditions optimales de vie de l'Algue et que, bien qu'autochtones, les débris de *Lithophyllum* sont légèrement déplacés vers l'aval, dans les limites du biotope. Ils sont remplacés alors par les débris autochtones de l'Algue Calcaire du genre *Lithotamnion* (st. 1926, – 1942 et 1952) ; cette Algue exige un hydrodynamisme moindre et la probabilité d'un déplacement diminue d'autant, (courants de fond très atténués).

– dans le cas des Pélécytopodes, des Bryozoaires, etc, le milieu de vie est à l'opposé du précédent. Ces espèces exigent en effet, des modes calmes ou peu agités (grande abondance des Pélécytopodes de la Vase Terrigène Côtière) propices aux décantations ou mises en suspension des particules alimentaires. Leurs débris abondent par conséquent dans des zones où l'éventualité d'un transport hydraulique est à écarter dans les conditions hydrodynamiques actuelles. L'autochtonie de ce matériel ne fait aucun doute. Sa répartition quantitative et qualitative est fluctuante car sous la dépendance directe de la nature des peuplements benthiques en place.

## 3-2-3. — Interprétation.

En définitive, les débris les plus typiquement et fortement allochtones appartiennent à la catégorie "A". Les deux séries de constituants de la catégorie "A" ("a" et "b"), d'origine identique (Herbiers) et sollicitées par les mêmes phénomènes hydrodynamiques (courants de houles, vagues et marées à la côte), se retrouvent cependant, au terme de leur transport, en des zones de sédimentation différentes. Ceci s'explique par le fait que la forme de ces différents débris, de même que leur densité relative par rapport au fluide tracteur (eau de mer plus ou moins chargée en particules fines) contribuent à diversifier des séries de constituants à comportements hydrauliques différents. Il y a ségrégation très nette des débris (bioclastiques) en fonction de leurs dimensions (BLANC-VERNET, 1969, HJULSTROM, 1939, — POIZAT, 1969, — etc.) de leur poids volumique apparent (BERTHOIS 1965, — BERTHOIS et LE CALVEZ, 1960) et de leur forme (BAGNOLD, 1967, — BEHRENS et WATSON, 1969, — BERTHOIS, 1962, 1965, — DOYLE, 1968, — etc.). Ceci semble illustré assez bien par la dispersion différentielle des divers débris d'Echinodermes (plaques, radioles, dents) par les agents hydrodynamiques.

Tableau n° 7

Mode de la fraction sédimentaire > 0,037 mm	Station et profondeurs en mètres.	% absolu débris d'échinodermes > 0,100 mm	Echinide entier du genre Echinocyamus.	% relatifs des ≠ catégories de débris d'échinodermes			
				Plaques oursins réguliers + irréguliers.	Radioles oursins réguliers Paracentrotus, Sphaerichinus, Arbacia	Radioles oursins irréguliers Brissus	Dents (lanterne d'Aristote).
0,800	1917 (14 m)	3 %	2 %	60 %	33 %	3 %	2 %
0,700	1888 (33 m)	11 %	+	72 %	23 %	2 %	3 %
0,140	1926 (24 m)	4 %	1 %	75 %	10 %	12 %	2 %
0,055	1891 (66 m)	2 %	—	99 %	—	+	—
Seuil entre les îles de Kneiss et de Djerba							
0,045	1931 (20 m)	5 %	—	96 %	2 %	2 %	—

Ces résultats nous ont amenés à regrouper les débris d'organismes (de dimensions supérieures à 0,200 mm) d'après 3 catégories de formes :

— des débris de forme aplatie (lamellaire ou tabulaire) : *Halimeda*, — *Peyssonnelia*, — plaques d'Echinodermes, — *Marginopora* (Foraminifères), — Pélécytopodes, — etc.

— des débris de forme arrondie ou ramassée : tests entiers de Gastéropodes, — débris de *Lithophyllum* et de *Lithotamnion*, — tests entiers d'*Echinocyamus*, etc.

— des débris de forme allongée : radioles d'oursins, — tubes de Dentales entiers, — tubes entiers de *Ditrupa arietina*, — etc.

Les pourcentages relatifs de ces 3 catégories ont été classés en fonction d'un hydrodynamisme décroissant.

Tableau n° 8

Mode de la fraction sédimentaire > 0,037 mm	Station	% absolus débris bioclastiques > 0,200 mm	% relatifs des trois formes. . . .		
			Débris lamellaires ou tabulaires	Débris arrondis ou ramassés.	Débris allongés.
0,800 mm	1917	# 100 %	27 %	72 %	1 %
0,700 mm	1888	99 %	65 %	32 %	3 %
0,140 mm	1926	58 %	84 %	14 %	2 %
0,055 mm	1891	3 %	58 %	33 %	9 %
0,045 mm	1931	5 %	53 %	6 %	1 %

En première approximation, les formes arrondies ou ramassées sont dominantes dans les zones à mode élevé (fort hydrodynamisme : st. 1917). Au contraire, les formes lamellaires ou tabulaires abondent dans les modes calmes (st. 1931). Ce résultat rappelle une constatation identique faite précédemment au sujet de la fraction minérale (grande abondance des micas dans les modes calmes).

Cependant, l'ensemble des résultats précédents et les données de la Biologie Marine permettent de formuler quelques réserves et remarques :

+ les débris de forme ramassée paraissent dominer sur les autres formes dans les zones lessivées. Cela s'explique par un ensemble de facteurs biologiques et hydrodynamiques : les Herbiers sont toujours situés en bordure des rivages, là où précisément l'hydrodynamisme est le plus vif ; les constituants biodétritiques nés sur ces Herbiers (surtout Gastéropodes et Foraminifères benthiques) sont par conséquent sollicités par des phénomènes de transport, d'autant plus accusés que la flottabilité du débris est bonne. Il y a par conséquent, en bordure des Herbiers, élimination des débris aplatis (bonne flottabilité) et accumulation des débris ramassés ou arrondis (mauvaise flottabilité).

+ les débris de forme aplatie (lamellaires ou tabulaires) prédominent localement (st. 1926, — st. 1931, — etc.). Ceci est dû soit à un processus d'accumulation des constituants allochtones (*Halimeda*, *Peyssonnelia*) chassés des zones lessivées situées en amont, leur forme aplatie leur conférant une excellente flottabilité (st. 1926), — soit à la nature du peuplement benthique en place, dont les espèces calcaires sont représentées essentiellement par des Pélécytopodes (st. 1931) qui sédimentent sur place (autochtonie).

+ les débris de forme allongée prennent quelque importance très localement (9 % à la station 1891). Ce fait est imputable à la richesse du peuplement en l'espèce *Ditrupa arietina* (Polychète tubicole).

3-2-4. — Conclusions. — L'allochtonie d'un constituant est déterminée par les conditions hydrodynamiques régnant dans son biotope d'origine.

A conditions hydrodynamiques identiques, les débris à bonne flottabilité (car de forme aplatie) sont les plus fortement allochtones. L'importance reconnue des apports bioclastiques allochtones issus des zones littorales est due par conséquent, d'une part, au fort hydrodynamisme de ces parages, et d'autre part, à la richesse biologique des Herbiers qui y vivent (riches en espèces animales et végétales et en individus). Cette prospérité des fonds semble liée en partie à la proximité des sources continentales de nourriture (BOURCIER et POIZAT, 1969).

## 3-3. — Dimensions des principaux constituants et hydrodynamisme.

Nous avons recherché dans la mesure des dimensions des principaux constituants, un indice supplémentaire du transport de certains d'entre eux par des agents hydrodynamiques. Les résultats exposés ne concernent que les débris bioclastiques supérieurs à 0,200 mm. Avec de telles tailles, les déplacements importants n'affectent que certaines catégories de constituants.

Pour les divers débris d'organismes calcaires, le calcul des pourcentages pondéraux dans chaque fractile du sédiment, a permis la construction de courbes de fréquence. A partir de celles-ci, l'évaluation graphique des paramètres  $Q_1$  et  $Q_3$  amène le calcul de l'indice  $\Delta\varphi = (Q_3 - Q_1)/2$ . Cet indice renseigne en principe, sur l'hétérométrie ou l'homométrie :  $\Delta\varphi$  est d'autant plus faible que le constituant est mieux trié.

Nous avons tenté d'expliquer les paramètres  $Q_1$  et  $Q_3$  :

+ le paramètre  $Q_3$  est d'autant plus grand, pour une classe de constituants (Pélécytopodes, Gastéropodes, etc) que ceux-ci sont représentés par des espèces plus nombreuses et à plus gros tests. Ainsi, certaines classes ont un  $Q_3$  élevé : Pélécytopodes à grosses valves entières (Pintadines et *Arca*), - Gastéropodes, avec gros tests entiers d'*Aporrhais*, *Turitella*, *Cerithium*, *Conus*, *Turbo*, etc. Au contraire, d'autres classes, tout au moins dans le golfe de Gabès, ont un  $Q_3$  moyen ou faible : Foraminifères benthiques, Ostracodes, etc. Pour une grande partie des constituants, le  $Q_3$  dépend en définitive surtout de la nature biologique du peuplement benthique en place, de la capacité de ce dernier de produire ou non de gros tests qui auront statistiquement plus de chance de sédimenter sur place que les petits (autochtonie).

+ le paramètre  $Q_1$  représente des débris ou des tests entiers de petites dimensions, soit autochtones (fragmentation sur place de gros tests, sédimentation sur place de petits tests), soit allochtones (accumulation après transport de fragments de gros tests ou de tests entiers de petites tailles). La valeur du  $Q_1$  dépend surtout des apports allochtones bioclastiques fins.

Pour chaque constituant, les valeurs des paramètres  $Q_1$  et  $Q_3$  et de l'indice  $\Delta\varphi$  ont été ordonnées sur un tableau en fonction d'un mode décroissant (hydrodynamisme décroissant). En règle générale, les diverses classes de constituants sont homométriques ( $\Delta\varphi$  faible) dans les modes élevés (st. 1917 et 1888), c'est-à-dire, dans les zones les plus exposées aux courants de fond. Au fur et à mesure que le mode diminue, le  $\Delta\varphi$  s'élève d'une façon presque générale :

3-3-1.- Dans les éléments de la catégorie "A" (sauf *Halimeda* et Foraminifères), le  $\Delta\varphi$  s'élève surtout par diminution de la valeur du  $Q_1$ . Ce fait important signifie que, de proche en proche, à partir des Herbiers de Posidonies, aires de production, il y a épandage d'un matériel bioclastique allochtone assez abondant représenté par  $Q_1$  (*Peyssonnelia*, Gastéropodes, Echinodermes, etc). Ce stock se superpose en aval à un matériel bioclastique autochtone représenté par  $Q_3$  et renfermant les mêmes classes de constituants, mais qualitativement (spécifiquement) différents et quantitativement diminués.

3-3-2.- Dans les éléments de la catégorie "B" (*Lithophyllum*, *Lithotamnion*, Pélécytopodes, Bryozoaires, tubes de Polychètes ou de *Tenagodes*, etc) le  $\Delta\varphi$  s'élève très rapidement, car à la fois le  $Q_3$  augmente alors que le  $Q_1$  diminue. Cela signifie que les constituants bioclastiques autochtones représentés par  $Q_3$  prennent quantitativement le dessus par rapport aux éléments bioclastiques allochtones représentés par  $Q_1$  et d'ailleurs en faible quantité dans les aires de production littorales, les Herbiers, point de départ des épandages.

3-3-3.- Dans le cas particulier des *Halimeda* et un peu dans celui des Foraminifères benthiques (catégorie "A"), il y a diminution du  $\Delta\varphi$  avec le mode de la fraction sédimentaire grossière, par décroissance simultanée du  $Q_3$  et du  $Q_1$ . Ce point important signifie que les *Halimeda* en particulier, pratiquement absentes à l'état vivant dans la zone centrale du golfe, sont accumulées ici après transport à partir des Herbiers. Les faibles valeurs du  $Q_3$  et du  $Q_1$  sont l'indice d'un matériel biodétritique entraîné en suspension par le processus suivant, observé dans le golfe de Gabès : après leur mort, les thalles d'*Halimeda* entrent en putréfaction ; des bulles de gaz se forment à l'intérieur des tissus du thalle, le transformant en un véritable "ludion". Ce dernier dérive alors, solidaire des masses d'eau de surface. Le fait que les débris d'*Halimeda* sédimenteront essentiellement dans les régions centrales (st. 1926 avec 26 %) et leur absence quasi totale dans les fonds cependant relativement plus calmes (cuvettes), prouvent l'existence d'un système de courants circulaires axés sur le centre du golfe de Gabès ("oeil"). Vers celui-ci, dérivent les thalles flottants. Dans le cas des Foraminifères, l'augmentation du  $\Delta\varphi$  jusqu'à un maximum (st. 1911) puis sa décroissance en fonction du mode de la fraction sédimentaire grossière, peut s'interpréter par un changement de faune (st. 1890 et 1891). Les effets d'un courant de marée ont été invoqués aussi dans les pages précédentes, (variation parallèle des Foraminifères et de la fraction minérale).

#### 3-4.- Morphoscopie des principaux constituants et hydrodynamisme. Mise en évidence de deux phases sédimentaires.

L'allochtonie de certains constituants biodétritiques étant dès lors démontrée, nous avons tenté de déterminer leur mode de transport. C'est l'aspect morphoscopique de chacun d'eux qui a permis d'utiles précisions. Les éléments de la catégorie "A" se sont avérés, à l'inverse des autres, les plus fortement allochtones, les *Halimeda* venant de loin en tête. Nous avons donc comparé l'aspect morphoscopique des cons-

Tableau n° 9

Mode de la fraction sédimentaire grossière de dimensions supérieures à 0,037 mm	Zones du golfe de Gabès.	Stations et profondeurs en mètres.	Paramètres $Q_3$ et $Q_1$ en mm, - indice $\Delta\varphi = (Q_3 - Q_1)/2$ des principaux constituants de dimensions supérieures à 0,200 mm.									
			Catégorie "A".					Catégorie "B".				
			Gastéropodes.	Foraminifères benthiques.	Peyssonnelia.	Echinodermes	Halimeda.	Lithotamnion. Lithophyllum.	Pélécytopodes.	Bryozoaires.	Tubes de Polychètes et de Tenagodes.	
0,800 mm	Débouché passe des Kerkenah	1917 (14 m)	$Q_3 \dots$ $Q_1 \dots$ $\Delta\varphi \dots$	1,200 0,740 0,230	0,630 0,430 0,100	? 4,700 ?	0,900 0,500 0,200	1,200 0,430 0,385	1,620 0,980 0,320	1,520 0,730 0,395	0,980 0,400 0,290	1,850 0,600 0,625
0,700 mm	Au large des H.P. au Nord de Djerba	1888 (33 m)	$Q_3 \dots$ $Q_1 \dots$ $\Delta\varphi \dots$	1,460 0,670 0,395	0,540 0,330 0,105	1,800 1,140 0,330	1,200 0,380 0,410	1,100 0,520 0,290	3,150 1,120 1,015	1,600 0,680 0,460	1,040 0,450 0,295	1,550 0,650 0,450
0,140 mm	Région	1926 (24 m)	$Q_3 \dots$ $Q_1 \dots$ $\Delta\varphi \dots$	1,560 0,580 0,490	0,560 0,290 0,135	2,700 1,250 0,725	0,980 0,355 0,312	0,750 0,300 0,225	3,500 1,350 1,075	2,200 0,600 0,800	1,350 0,380 0,485	1,650 0,710 0,470
0,140 mm	Centrale du	1911 (34,5 m)	$Q_3 \dots$ $Q_1 \dots$ $\Delta\varphi \dots$	1,250 0,500 0,375	0,530 0,270 0,180	1,650 0,440 0,605	1,080 0,380 0,350	0,600 0,270 0,165	2,500 1,080 0,710	2,150 0,510 0,820	0,770 0,300 0,235	1,800 0,300 0,750
0,140 mm	Golfe.	1912 (37 m)	$Q_3 \dots$ $Q_1 \dots$ $\Delta\varphi \dots$	1,700 0,860 0,420	0,430 0,250 0,090	3,000 0,560 1,220	1,350 0,370 0,490	0,530 0,250 0,140	4,600 2,600 6,000	8,500 0,720 3,890	0,690 0,330 0,180	2,000 0,490 0,755
0,070 mm	Fonds	1890 (60 m)	$Q_3 \dots$ $Q_1 \dots$ $\Delta\varphi \dots$	0,700 0,280 0,210	0,360 0,235 0,062	-- -- --	1,040 0,290 0,375	0,390 0,245 0,072	3,100 0,840 1,130	1,350 0,370 0,490	0,500 0,285 0,107	0,520 0,245 0,142
0,055 mm	Orientaux.	1891 (66 m)	$Q_3 \dots$ $Q_1 \dots$ $\Delta\varphi \dots$	1,300 0,360 0,470	0,350 0,215 0,067	-- -- --	1,550 0,450 0,550	-- -- --	-- -- --	2,100 0,520 0,790	0,800 0,310 0,245	0,980 0,250 0,365
Seuil entre l'île de Kneiss et l'île de Djerba.												
0,140 mm	Cuvette ramifiée centrale au SW du golfe.	1952 (27 m)	$Q_3 \dots$ $Q_1 \dots$ $\Delta\varphi \dots$	1,700 0,580 0,560	0,430 0,250 0,090	3,000 0,500 1,250	2,200 0,520 0,840	0,550 0,285 0,132	7,400 2,000 2,700	3,150 0,620 1,265	1,040 0,380 0,330	2,400 0,420 0,990
0,070 mm		1942 (25 m)	$Q_3 \dots$ $Q_1 \dots$ $\Delta\varphi \dots$	1,200 0,480 0,360	0,500 0,350 0,075	3,600 0,550 1,525	1,300 0,350 0,475	0,550 0,270 0,140	4,200 1,600 1,300	15,200 0,680 7,260	1,090 0,380 0,305	1,550 0,390 0,580
0,055 mm	Cuvette en deçà H.P. Occidentaux.	1908 (24 m)	$Q_3 \dots$ $Q_1 \dots$ $\Delta\varphi \dots$	1,580 0,580 0,500	0,390 0,235 0,077	2,500 0,480 1,010	1,250 0,325 0,462	0,650 0,285 0,182	6,300 2,000 2,650	3,150 0,550 1,300	1,100 0,550 0,225	1,500 0,580 0,460
0,055 mm	Cuvette enclavée dans H.P. W.	1906 (28,5 m)	$Q_3 \dots$ $Q_1 \dots$ $\Delta\varphi \dots$	1,740 0,630 0,555	0,460 0,235 0,112	2,600 0,950 0,825	1,300 0,315 0,492	0,440 0,230 0,105	4,100 2,050 1,025	3,150 0,430 1,360	0,910 0,370 0,270	1,200 1,120 0,040
0,045 mm	Débouché des oueds du Sud	1931 (20 m)	$Q_3 \dots$ $Q_1 \dots$ $\Delta\varphi \dots$	7,000 1,100 2,950	0,340 0,245 0,047	-- -- --	5,100 1,400 1,850	-- -- --	-- -- --	6,400 0,630 2,885	-- -- --	-- -- --

tituants des deux catégories, et particulièrement les Gastéropodes et les Pélécy-podes. Dans les modes élevés, supérieurs à 0,800 mm, les débris de Pélécy-podes et de Gastéropodes sont identiquement usés et dans une très forte proportion (plus de 90 %). Les traces d'usure disparaissent très rapidement avec la diminution du mode, alors que les perforations biologiques augmentent : surface piquetée des débris due à des Cliones ou à des Cyanophycées (?). C'est dans les modes calmes (inférieurs à 0,140 mm) que l'on trouve les plus forts pourcentages de valves entières intactes de Pélécy-podes et de tests entiers intacts de Gastéropodes. C'est ce qui est résumé dans un tableau ci-dessous.

Tableau n° 10

Mode fraction sédimentaire > 0,037 mm	% relatifs des ≠ sortes de débris de mollusques > 0,100 mm												Altérations dominantes dans les 2 classes.		
	A. - Gastéropodes.						B. - Pélécy-podes.								
	Tests entiers intacts.	Tests entiers usés.	Tests entiers perforés.	Tests entiers ébréchés.	Moules internes usés.	Débris frais.	Débris usés (st. 1917) § altérés (st. 1888, ...)	Opercules.	Valves entières intactes.	Valves entières usées.	Valves entières perforées.	Valves entières ébréchées.		Débris lamellaires frais.	Débris usés (st. 1917) § altérés (st. 1888, ...)
0,800 mm st. 1917 (14 m)	2	3	+	1	20	6	66	2	2	1	1	1	3	89	Usure.
0,700 mm st. 1888 (33 m)	6	22	2	-	+	1	69	-	2	4	+	3	3	87	Surfaces piquetées des débris.
0,140 mm st. 1926 (24 m)	15	1	4	18	-	27	35	-	14	-	1	20	26	38	
0,055 mm st. 1891 (66 m)	7	-	+	24	-	62	6	-	19	-	2	19	56	2	Perforations et bris des tests.
0,045 mm st. 1931 (20 m)	24	-	9	19	-	40	9	-	25	-	4	7	62	2	

L'étude de l'état morphoscopique de l'ensemble des débris bioclastiques a montré en outre que, parmi la catégorie "A", les débris d'*Halimeda*, pourtant les plus fortement allochtones, ceux de *Peyssonnelia*, d'Echinodermes et de *Marginopora*, ne sont pratiquement jamais usés, y compris dans les zones à fort hydrodynamisme (st. 1917 et 1888) ; ils y sont d'ailleurs en très infimes quantités.

Notre interprétation est la suivante :

3-4-1.- Les débris de forme ramassée, Gastéropodes, Foraminifères d'Herbiers (sauf *Marginopora*, *Nubecularia*), *Lithotamnion*, *Lithophyllum*, Bryozoaires, gros Pélécy-podes d'Herbiers ou de fonds lessivés (*Venus casina* et *Venus verrucosa*), bases de radioles d'oursins réguliers (surtout *Sphaerechinus*), ont une faible flottabilité. Leur transport hydrodynamique s'effectue par un processus de Traction dont les conséquences sont les suivantes : profondes traces d'usure,- déplacement vers l'aval faible, d'où séjour long

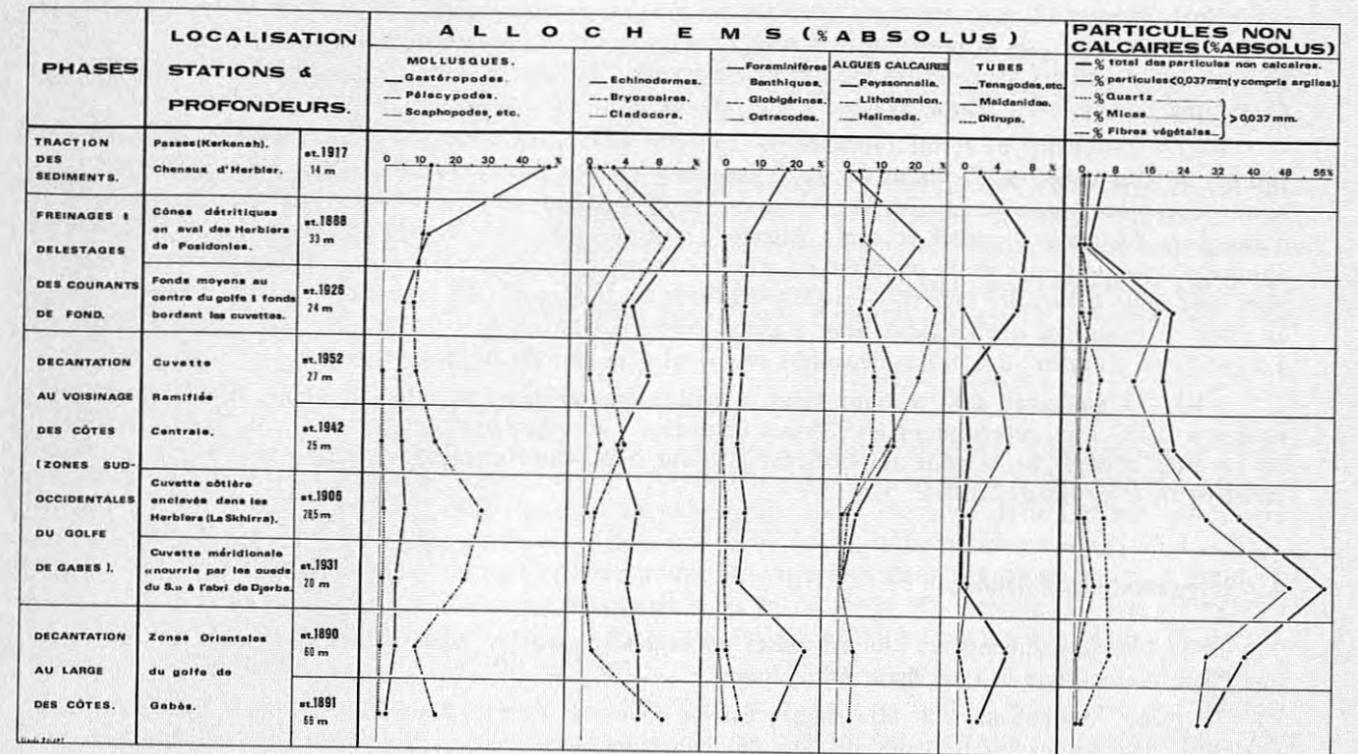


PLANCHE VI

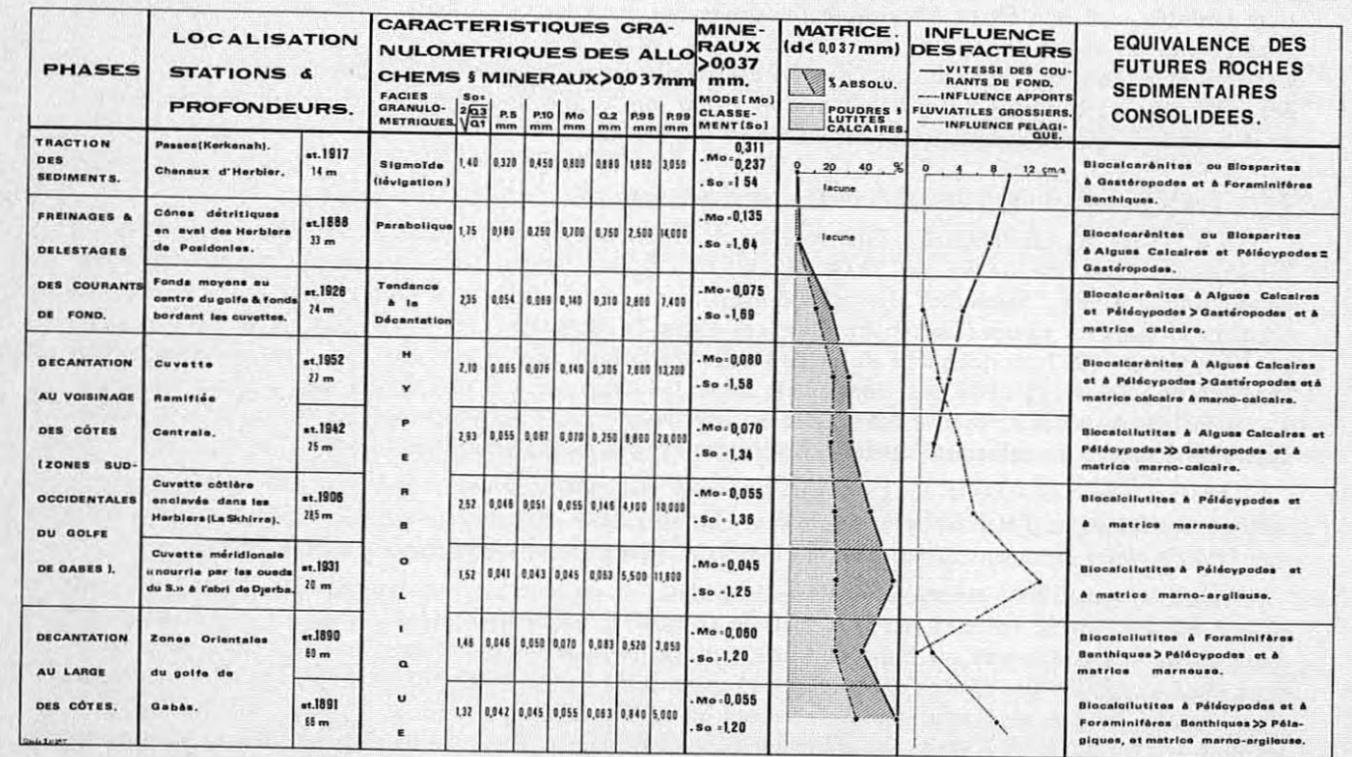


PLANCHE VII

des débris "ramassés" dans les zones lessivées où ils s'accumulent. Cette catégorie de débris de forme ramassée et à faciès usé, se rencontre par conséquent surtout en bordure immédiate des Herbiers et dans les chenaux d'Herbiers. Nous avons évalué cette catégorie "tractée" à 80-90 % du sédiment brut ; il s'agit de ce que l'on nomme "Phase Tractée". Elle est d'ailleurs partiellement autochtone (moins de 20 %).

3-4-2.— Les débris de forme tabulaire ou lamellaire (*Halimeda*,— *Peyssonnelia*,— fragments légèrement courbés de gros tubes de *Vermetus* ou de *Tenagodes*,— plaques d'Echinodermes,— etc) ont une flottabilité bonne sinon forte. Ils sont rapidement entraînés, par "Saltation" voire en "Suspension" dans les courants d'eau, hors des zones lessivées et sont "délestés" plus ou moins tôt, en aval de ces zones. Le processus d'usure n'a pas le temps de se manifester : c'est ainsi que l'on observe les plaques d'Echinodermes d'Herbiers avec leurs tubercules intacts,— les *Halimeda* avec leurs fines cupules toujours bien visibles et réparties en réseau à la surface des thalles délicats à aspect crayeux,— etc. Nous avons évalué cette "Phase délestée" à 35-45 % du sédiment, des phases décantées se mêlant déjà plus ou moins à l'ensemble.

3-4-3.— L'ensemble des fractions fines, d'origine biodétritique ou minérale et de dimensions inférieures à 0,037 mm, représentent les "Phases décantées", abondantes au large du golfe de Gabès et dans les cuvettes côtières de la zone sud-occidentale. Leur importance quantitative ainsi que leur nature sont variables en fonction des zones.

#### 4.— Interprétations générales.

Deux phases sédimentaires ont été mises en évidence dans les fonds meubles du golfe de Gabès : une Phase Autochtone et une Phase Allochtone.

La Phase Autochtone peut être tractée par les courants, dans les limites du biotope : déplacements faibles des débris ramassés de thalles de *Lithophyllum* et de tests denses et de grande taille des *Venus casina*. Ces phénomènes se produisent seulement dans les chenaux d'Herbier et les passes où la production biologique de débris autochtones reste d'ailleurs faible (moins de 20 %).

La Phase Allochtone peut se rattacher à 3 types : une Phase Allochtone Tractée,— une Phase Allochtone Délestée,— et une Phase Allochtone Décantée. Les deux phases et leurs différents types caractérisent 3 catégories de sédiments. Nous avons tenté de les décrire à la lumière des travaux dus à GRABAU et à CAROZZI. Mentionnons à ce sujet que : une Biocalcarénite est un calcaire bioclastique dont la taille moyenne des particules est comprise entre 0,063 mm et 2,000 mm,— une Biocalcilitite est un calcaire bioclastique dont la taille moyenne des particules est inférieure à 0,063 mm.

##### 4-1.— Les sédiments à Phase Allochtone Tractée dominante.

Il s'agit de Biocalcarénites à Gastéropodes + Foraminifères benthiques. L'ensemble du sédiment est extrêmement bien trié (indice de TRASK  $S_o = \sqrt{Q_3/Q_1} = 1,40$ ) et les courbes granulométriques cumulatives sont à faciès "Sigmoide". Un tel sédiment se rencontre surtout en bordure des Herbiers, dans les chenaux et dans les passes (Kerkenah). Dans ces zones, la vitesse des courants de fond a été évaluée à plus de 10 cm/s (st. 1917 au débouché de la passe des Kerkenah), mais il est certain que des valeurs bien plus élevées sont atteintes (à l'intérieur même de la passe des Kerkenah avec des vitesses supérieures à 100 cm/s). La vitesse des courants de fond a été évaluée à partir des abaques de HJULSTROM (1939) et de la loi d'Impact, appliqués à la fraction minérale grossière et à l'ensemble des particules roulées (usées).

4-1-1.— Les "Allochems".— La répartition des classes d'*allochems* est la suivante : Gastéropodes, surtout Gastéropodes d'Herbier (plus de 48 %),— Foraminifères d'Herbier (18 %),— Algues Calcaires telles que *Lithophyllum* dominant *Lithotamnion* (11 %),— Pélécy-podes à valves épaisses et lourdes (13 %).

Parmi le stock très important des Gastéropodes, on observe un fort pourcentage d'entre eux dont le test est totalement colmaté par une matrice consolidée ayant aggloméré des grains de Quartz. Cette particularité a été observée au Banc Hécaté (seuil siculo-tunisien) où sévissent de très forts courants de fond (BLANC, 1958). Les Quartz sont de toutes dimensions (entre 0,050 mm et 0,640 mm), les plus petits étant de loin les plus nombreux. En outre, existe un lot représenté par plus de 31 % de "moules internes". En plus des fortes traces d'usure qui affectent tous ces débris, on note que leur surface, terne, est piquetée d'une multitude de perforations due à une action possible des Cyanophycées. Les moules internes pourraient provenir d'un affouillement de la matrice d'Herbier à l'intérieur de la passe des Kerkenah (matériel fossile).

4-1-2.— La fraction minérale grossière (> 0,037 mm). La fraction minérale est très faible (1 à 5 %). Elle est représentée en réalité par 2 stocks très différents : d'une part, l'ensemble des grains de quartz

piégés à l'intérieur des tests,— et d'autre part, les particules quartzueuses libres dans le sédiment.

4-1-2-1.— Fraction minérale piégée dans les tests et les "moules internes". C'est de loin la plus abondante (2 à 4 %). Elle est caractérisée par un faciès plutôt éolien, avec 45 % de rond-mats et 55 % de peu ou non usés pour les grains de taille supérieure à 0,140 mm. La majorité des quartz (98 %) ont un mode compris entre 0,060 mm et 0,070 mm.

4-1-2-2.— Fraction quartzueuse libre. A l'inverse de la précédente, cette fraction a été remaniée par lévigation, avec notamment, élimination des particules quartzueuses fines : le mode est compris entre 0,237 mm et 0,311 mm,— l'indice de classement est faible ( $S_o = 1,54$ ),— les grains de Quartz ont un faciès peu usé.

4-1-3.— La "matrice" du sédiment. Elle est absente (lacune) : l'ensemble des fractions fines (poudres) sont lessivées par les courants de fond. Ce faciès devrait donc normalement évoluer par cimentation, vers des Biosparites (FOLK, 1959).

##### 4-2.— Les sédiments à Phase Allochtone Délestée.

Ces sédiments sont représentés par des Biocalcarénites à Algues Calcaires + Gastéropodes + Pélécy-podes, sans matrice,— et par des Biocalcarénites à Algues Calcaires + Pélécy-podes > Gastéropodes à matrice calcaire. L'ensemble montre un faciès granulométrique parabolique,— le mode de la fraction sédimentaire grossière décroît de 0,700 mm à 0,140 mm, alors que le tri est de moins en moins bon (1,75 à 2,35). Ce fait est dû à la superposition du matériel allochtone bien trié provenant des zones amont, à des débris bioclastiques autochtones plus ou moins hétérométriques et de mode plus grossier. De tels sédiments se rencontrent au large des Herbiers et dans les fonds moyens occidentaux bordant les cuvettes côtières. La vitesse des courants n'y est plus que de 5 à 8 cm/s.

4-2-1.— Les "allochems". Les *allochems* dominants sont, dans un ordre d'importance décroissante : Les Algues Calcaires (25 à 30 %),— Les Mollusques où les Pélécy-podes dominent les Gastéropodes (15 à 20 %),— les Echinodermes (5 à 10 %). Parmi le stock des Mollusques, on note surtout l'aspect piqueté de la surface des débris (Cyanophycées ?) et un début de fragmentation des Pélécy-podes apparemment par des prédateurs (Décapodes marcheurs et Poissons). Les traces d'usure sont pratiquement absentes. Rappelons que c'est ici que se déposent en abondance les débris allochtones délestés de *Peyssonnelia* et d'*Halimeda* provenant des Herbiers.

4-2-2.— La fraction minérale grossière (> 0,037 mm). D'origine continentale, elle subit de moins en moins les effets des lessivages hydrodynamiques : le tri est de moins en moins bon ( $S_o$  variant autour de 1,64–1,69) et le mode s'établit vers 0,135 mm. Cette fraction minérale (quartz essentiellement) représente de 1 à 6 % de la fraction sédimentaire grossière.

4-2-3.— La "matrice" du sédiment. Elle est cette fois connue. Elle montre une importance croissante d'amont en aval (de 20 à 40 %) et devient de plus en plus marneuse (de 100 % de  $CaCO_3$  à moins de 65 %). La sédimentation colloïdale devient de plus en plus influente, parallèlement à la sédimentation minérale. Il y a évolution vers les marnes bioclastiques.

##### 4-3.— Les sédiments à Phases Allochtones Décantées dominantes.

Ils se présentent sous plusieurs aspects différents qui passent de l'un à l'autre de façon insensible du fait de la faible pente des fonds. Ces divers types de sédiments témoignent des influences juxtaposées des facteurs climatiques, biologiques, bathymétriques, topographiques, etc. On distingue 3 grands ensembles sédimentaires à Phases Allochtones Décantées dominantes :

+ un premier ensemble qui va des Biocalcarénites aux Biocalcilitites à Algues Calcaires + Pélécy-podes ± Gastéropodes et à matrice calcaire à marno-calcaire.

+ un deuxième ensemble représenté par des Biocalcilitites à Pélécy-podes dominants et à matrice plus ou moins marneuse ou marno-argileuse.

+ un troisième ensemble représenté par des Biocalcilitites à Pélécy-podes et Foraminifères benthiques dominant plus ou moins les Foraminifères pélagiques et à matrice de plus en plus argileuse vers le large.

4-3-1.— Les Biocalcarénites à Algues Calcaires + Pélécy-podes > Gastéropodes et à matrice calcaire à marno-calcaire,— et les Biocalcilitites à Algues Calcaires + Pélécy-podes >> Gastéropodes et à matrice marno-calcaire. Ces deux types de sédiments se rencontrent dans la cuvette "ramifiée centrale" dans les fonds sud-occidentaux du golfe de Gabès. Les principales caractéristiques des allochems, de la fraction minérale grossière et de la matrice sont rassemblées sur les planches VI et VII. La cuvette "ramifiée centrale" de par sa forme ramifiée rayonnant vers la côte, en communication avec les fonds orientaux par un

chenal sous-marin de 3 km de large et à - 25 ou - 30 m de profondeur, apparaît comme une zone de drainage des courants de marée. La vitesse des courants y a été évaluée à moins de 4 cm/s. Signalons des décantations de fibres rouies de Posidonies dont le pourcentage pondéral atteint 1 à 2 % seulement.

4-3-2.— Les Biocalculites à Pélécytopes et à matrice marneuse à marno-argileuse. Ces types de sédiments sont observés dans la cuvette côtière de La Skhirra enclavée dans les Herbiers, ou dans la "cuvette méridionale nourrie par les oueds du Sud".

4-3-2-1.— Les "allochems". Il y a disparition quasi totale du stock algal, y compris les encroûtements algaux assez bien représentés dans les zones précédentes. Les Mollusques viennent largement en tête avec plus de 25 % de Pélécytopes autochtones de la Vase Terrigène Côtière (V.T.C.), d'ailleurs très fragmentés par les prédateurs. Signalons la présence de *Faecal-pellets* dont les dimensions sont comprises entre 0,100 mm et 0,200 mm ; elles attestent l'existence d'un certain calme hydrodynamique.

4-3-2-2.— La fraction minérale grossière (> 0,037 mm). Elle représente 15 % de la fraction sédimentaire grossière dans la "cuvette côtière de La Skhirra enclavée dans les Herbiers". Le mode est à 0,055 mm et le classement est bon ( $S_o = 1,36$ ). Le matériel minéral est importé en abondance dans la cuvette par les agents éoliens et fluviaux et le stock de minéraux grossiers atteint son pourcentage maximum (15 à 20 %) dans la cuvette "nourrie par les oueds du Sud". Outre le Quartz, on observe Grenat, Augite Verte, Epidote, Zircon et Biotite. Signalons la présence de Limonite colmatant les tests de Foraminifères ou de petits Gastéropodes du genre *Caecum*, ce qui dénote de conditions non réductrices dans la cuvette (agitation ou circulation de la masse d'eau).

4-3-2-3.— La matrice. Elle est marneuse avec 50 à 55 % de  $CaCO_3$  (dans la "cuvette enclavée dans les Herbiers" et où elle représente 40 % du sédiment brut),— ou marno-argileuse avec 35 à 40 % de  $CaCO_3$  seulement (dans la cuvette "nourrie par les oueds du Sud" et où elle représente 80 % du sédiment brut). Parmi les minéraux argileux, Illite et Chlorite sont dominantes.

4-3-2-4.— La fraction organique. Le pourcentage pondéral de fibres rouies de Posidonies va de 4-5 % ("cuvette enclavée dans les Herbiers") à 6-8 % (cuvette "nourrie par les oueds du Sud").

4-3-3.— Les Biocalculites à Foraminifères benthiques > Pélécytopes et à matrice marneuse,— et les Biocalculites à Pélécytopes + Foraminifères benthiques >> pélagiques et à matrice marno-argileuse. Cette succession d'amont en aval se rencontre dans les fonds orientaux du golfe de Gabès.

4-3-3-1.— Les "allochems". Les différentes classes d'allochems ont une répartition qualitative et quantitative peu semblable à celle observée dans les cuvettes de la zone sud-occidentale du golfe de Gabès. Les Foraminifères benthiques viennent en tête avec 26 % alors que les Mollusques n'atteignent que 16 % dont 11 % de Pélécytopes. Il apparaît des Foraminifères pélagiques (*Globigerina ruber*). Les Ostracodes sont bien représentés (7 %) ainsi que les Bryozoaires (9 %) représentant une thanatocoenose Quaternaire enfouie sous la vase (Blanc, 1958). La présence de Foraminifères d'Herbier (*Elphidium*, *Marginopora*) tend à confirmer l'existence d'apports assez abondants provenant des zones situées en amont : les indentations NW-SE de l'Herbier de Posidonies (com. verb de J. PICARD), étalé au Sud des îles Kerkenah, face aux houles d'Est et de SE sont les indices de violents courants responsables des phénomènes de transport. Signalons enfin dans ces fonds (en-dessous de - 60 m) la présence de *Faecal-pellets* comme dans les cuvettes côtières (1 à 2 %), dont les dimensions se situent entre 0,125 mm et 0,200 mm.

4-3-3-2.— La fraction minérale grossière (> 0,037 mm). Dans les zones orientales du golfe de Gabès, en fonction d'une bathymétrie croissante, la fraction minérale grossière (Quartz + Micas essentiellement) montre dans son ensemble un gradient décroissant. On a toutes les caractéristiques d'un matériel importé par le vent : mode entre 0,055 mm et 0,060 mm,— classement bon ( $S_o = 1,20$ ). La très faible dimension des particules minérales ne permet pas d'observer le faciès rond-mat. On constate, en s'éloignant vers le large, vers l'Est, une diminution relative du pourcentage des quartz par rapport à celui des micas (Biotite en petites lames circulaires).

4-3-3-3.— La matrice. La sédimentation colloïdale croît en même temps que la bathymétrie : on a tous les degrés entre les termes marneux, marno-argileux et argileux.

4-3-3-4.— Les matières organiques. Il y a, à partir de l'isobathe des - 45 m, augmentation progressive du stock de fibres rouies de Posidonies dans le sédiment, en fonction de profondeurs croissantes : mêmes variations que les fractions fines dans la limite de la région étudiée.

## CONCLUSIONS

L'étude détaillée des fonds meubles du golfe de Gabès (Tunisie) permet de dégager les résultats suivants :

### 1.— Mise en évidence d'une sédimentation mixte, détritique et bioclastique.

Les sédiments sont constitués par deux phases : une phase autochtone (essentiellement d'origine bioclastique),— et une phase allochtone (d'origine bioclastique et minérale) représentée par 3 types différents : une phase allochtone tractée (essentiellement bioclastique),— une phase allochtone délestée (bioclastique et minérale),— et une phase allochtone décantée (surtout minérale). Les 2 phases (autochtone et allochtone) se mélangent en fonction d'un gradient hydrodynamique, lui-même lié à des paramètres topographiques, géographiques, bathymétriques et climatiques. Les phases et leur différents types caractérisent des sédiments qui se succèdent sur le fond du golfe et réalisent une Séquence horizontale.

### 2.— La fraction minérale des sédiments du golfe de Gabès montre des variations qualitatives et quantitatives d'une zone sédimentaire à l'autre.

2-1.— La fraction minérale est qualitativement riche et quantitativement abondante dans les sédiments côtiers à phases allochtones décantées (cuvettes de la zone sud-occidentale). Ceci est dû à la proximité des sources d'apports continentaux : l'ensemble du stock éolien et fluvial s'accumule dans cette zone, sans subir de remaniements hydrodynamiques profonds et systématiques (influence protectrice de l'île de Djerba qui réfracte l'ensemble des houles et vagues de secteurs Est). C'est ainsi que, outre le Quartz et la Biotite, on observe de petites quantités de minéraux tels que Zircon, Epidote, Grenat, Augite Verte, Feldspaths, etc.

2-2.— La fraction minérale totale est quantitativement plus abondante dans les fonds orientaux, surtout par sédimentation argileuse, alors que le stock de minéraux grossiers diminue. Les minéraux lourds sont quasiment absents alors qu'abondent les petites esquilles de Quartz et les lamelles circulaires de Biotite. En s'éloignant vers l'Est, les micas montrent aux dépens des quartz, un pourcentage relatif croissant.

2-3.— La fraction minérale est minimale dans les zones lessivées examinées dans ce travail. Mais c'est ici qu'il est possible d'observer les quartz à faciès rond-mat dans une proportion de 45 %, alors que le reste du stock est peu ou non usé.

### 3.— La matrice montre elle aussi des variations qualitatives et quantitatives en fonction des zones considérées.

3-1.— Dans les sédiments à phase allochtone décantée, au large des côtes (fonds orientaux), la nature marneuse, marno-argileuse de la matrice ne dépend que du seul facteur bathymétrique : en l'absence de grandes variations du niveau marin, son caractère argileux et son abondance ne peuvent que se renforcer dans le temps.

3-2.— Au contraire, dans les fonds sud-occidentaux, la grande variabilité qualitative et quantitative de la matrice des sédiments à phases allochtones décantées, est à relier à plusieurs facteurs déterminants antagonistes : les barrières d'Herbier qui réfractent les houles et atténuent les effets du flot et du jusant, créent derrière elles (en amont) des conditions hydrodynamiques favorables à la sédimentation des phases décantées. Or, les études biologiques actuelles tendent à démontrer un processus de régression des Herbiers, imputable à une augmentation excessive de l'envasement. Ceci est corroboré par l'existence, dans les fonds sud-occidentaux, d'une thanatocoenose récente de Sables Fins Bien Calibrés (S.F.B.C.) qui a été suivie par une biocoenose de Sables Vaseux en Mode Calme (S.V.M.C.), elle-même remplacée par une Vase Terrigène Côtière (V.T.C.) observée aujourd'hui (DE GAILLANDE, 1969). Ce phénomène implique un mécanisme d'envasement.

#### 4.— L'analyse statistique des débris d'organismes calcaires montre l'existence d'un déplacement plus ou moins important de certaines fractions bioclastiques grossières.

4-1.— Les Herbiers de Posidonies apparaissent dans le golfe de Gabès comme les principales aires de production de débris bioclastiques allochtones.

4-2.— La forme des débris bioclastiques détermine leur degré de flottabilité (BAGNOLD, BEHRENS, BERTHOIS, etc) et par conséquent leur mode de transport. Pour une dimension donnée et à densités voisines, un débris de forme ramassée (Gastéropodes, *Lithophyllum*, Miliolae, etc) a une moins bonne flottabilité qu'un débris de forme aplatie. Son déplacement se fait par traction contre le fond, alors que le débris aplati, à bonne flottabilité est transporté par saltation voire en suspension.

4-3.— Le degré d'allochtonie d'un débris (importance du transport) dépend de son mode de déplacement (traction, suspension, saltation).

4-3-1.— En bordure immédiate des Herbiers de Posidonies et dans leurs chenaux, sédimentent par conséquent, les débris à faible flottabilité (Gastéropodes, gros Foraminifères ramassés du genre *Elphidium*, Miliolae, radioles d'Echinodermes, gros Pélécytopodes à tests épais, etc) et qui sont déplacés par Traction. Ces diverses classes de constituants montrent les plus nettes traces d'usure, car leur mode de transport ne leur permet pas de quitter rapidement les zones lessivées.

4-3-2.— Au large des Herbiers s'accumulent, de proche en proche, les constituants allochtones à flottabilité croissante : les uns doivent leur bonne flottabilité à leur forme aplatie (débris de *Peyssonnelia*, Foraminifères du genre *Marginopora*, plaques d'Echinodermes, etc), les autres, à la diminution de leurs dimensions (constituants de forme ramassée des zones précédentes). Les débris d'*Halimeda* (forme initiale aplatie, faible densité, grande capacité de fragmentation) se sont révélés les plus nettement allochtones, leur dispersion apparaissant assurée, tout au moins pendant un certain temps, par un processus de transport en suspension. L'ensemble de ces classes ne séjourne que peu de temps dans les zones lessivées d'où elles sont rapidement chassées. Pour cette raison, les faciès d'usure ne s'y observe pratiquement pas.

4-4.— L'allochtonie d'un constituant est déterminée par les conditions hydrodynamiques régnant dans son biotope d'origine. En effet, les débris d'espèces liées aux Herbiers de Posidonies et abondantes dans ceux-ci, se sont avérés les plus fréquemment allochtones. Au contraire, des constituants comme les Pélécytopodes, pourtant à bonne flottabilité (débris de forme lamellaire) ne sont que rarement déplacés. Ce fait est dû en réalité, à ce que les Pélécytopodes n'abondent vraiment que dans des zones où prédominent les phénomènes de décantation (Vase Terrigène Côtière).

4-5.— La Phase biodétritique autochtone est plus ou moins diluée par les phases allochtones (d'origines biodétritique et minérale) tout au long de la "séquence" horizontale allant des zones lessivées aux zones de décantation.

4-5-1.— Elle est minimale (15-20 %) et d'ailleurs totalement tractée par les courants (*Lithophyllum racemus*, *Venus casina*, etc) dans les chenaux d'Herbier et dans les passes : la production biologique de débris y est faible, alors que les apports extérieurs allochtones essentiellement biodétritiques sont au maximum.

4-5-2.— Elle reste faible (20-25 %) dans les zones de décantation, car bien que "nourrie" par une production biologique notable (abondance des Pélécytopodes vasicoles), sa dilution est aggravée par d'importants apports allochtones décantés (détritiques et bioclastiques).

4-5-3.— Elle prend une valeur moyenne (50-55 %) dans les zones de délestage des courants de fond et qui correspondent *grosso modo* à la Pelouse à *Caulerpa prolifera*. Les apports bioclastiques allochtones délestés n'y dépassent pas 35 % alors que les apports allochtones minéraux restent faibles (15 à 20 %).

#### 5.— Le golfe de Gabès apparaît comme une "mosaïque" de milieux sédimentaires et biologiques différents.

Ceci est l'indice d'une grande complexité des phénomènes hydrauliques : il n'y a pas polarité de l'écoulement des masses d'eau de la côte vers le large. Du fait de la topographie complexe des fonds et des rivages, de l'existence d'un phénomène de marée, de vents, houles et vagues changeant fréquemment d'azimuth, il y a des courants d'intensité et directions variées (planche III, fig. 2) : des courants convergents dans les zones occidentales, des courants perpendiculaires ou parallèles aux rivages sur les fonds étalés à l'extérieur du seuil Kneiss-Djerba, sans oublier un système de courants de surface en circuit fermé axé sur le centre du golfe de Gabès.

#### BIBLIOGRAPHIE

- BAGNOLD R.A., 1967. Deposition in the process of hydraulic transport. *Sedimentology*, 10 : 45-56.
- BEHRENS E.W. and WATSON R.L., 1969. Differential sorting of Pelecypod valves in the swash-zone. *Journal of Sedimentary Petrology*, 39 (1) : 159-165.
- BERTHOIS L., 1962. Etude du comportement hydraulique du mica. *Sedimentology*, 1 : 40-49.
1964. Recherches sur les modalités d'usure des débris organogènes calcaires. *Bull. Soc. géol. France*, 6 (7) : 461-466.
- 1965. Recherches sur le comportement hydraulique des débris organogènes. *Sedimentology*, 5 (4) : 327-342.
- BERTHOIS L. et LE CALVEZ Y., 1960. Etude de la vitesse de chute des coquilles de Foraminifères planctoniques dans un fluide comparativement à celle des grains de quartz. *Rev. Trav. Inst. Pêches Maritimes*, 24 (2) : 293-301.
- BLANC-VERNET L., 1969. Contribution à l'étude des Foraminifères de Méditerranée. Relations entre la microfaune et le sédiment. Biocoenoses actuelles, thanatocoenoses pliocènes et quaternaires. *Rec. Trav. Sta. mar. Endoume*, 48 (64). Thèse Fac. Sc. Marseille, 1967.
- BLANC J.J., 1958. Recherches de sédimentologie littorale et sous-marine en Provence occidentale. *Ann. Inst. océanogr.*, Paris, 35 (1) : 1-140.
- 1958. Sédimentologie sous-marine du détroit siculo-tunisien (campagne de la Calypso, Août-Sept. 1954). *Ann. Inst. océanogr.* Paris, 34 : 91-126 (Rés. sci. Camp. Calypso, fasc. 3).
- BOIS C., 1939. Les pluies torrentielles en Tunisie. *Ann. phys. France outre-mer*, n° 31 : 3-7 et 13-17.
- BOURCART J. et GLANGEAUD L., 1954. Morphotectonique de la marge continentale nord-africaine. *Bull. Soc. géol. France*, Paris, 4 (6) (7-9) : 751-772.
- BOURCIER M. et POIZAT C., 1969. Particularités de la répartition numérique du macrobenthos dans les parages de Cassis. *Rec. Trav. Sta. mar. Endoume*, 46 (62) : 187-191.
- CAROZZI A., 1953. Pétrographie des roches sédimentaires. *Librairie de l'Université*, Lausanne.
- 1960. Microscopic sedimentary petrography. *John Wiley and Sons*, New-York and London. 224-225.
- CASTANY G., 1953. Carte géologique de la Tunisie au 1/500.000, 2° édit. notice explicative. *Serv. Mines, Industr. et Energie*, Tunisie.
- CASTANY G. et LUCAS G., 1955. Sur l'existence d'oolithes calcaires actuelles au large de l'île de Djerba (Sud-Tunisien). *C.R. Soc. géol. France*, 229-232.
- DOYLE L.J., 1968. Mica : its use in determining shelf depositional regimes. *Intern. J. mar. Geol.*, 6 (5) : 381-390.
- FOLK R.L., 1959. Practical Petrographic Classification of Limestones. *Bull. amer. Assoc. Petrol. Geologists*, 43 (1) : 1-38.
- GAILLANDE D. DE, 1970. Note sur les peuplements benthiques de la zone centrale du golfe de Gabès (campagne "Calypso" 1965). *Sous presse*.
- GRABAU A.W., 1904. On the classification of sedimentary rocks. *Amer. J. Geol.*, 33 : 228-247.
- HJULSTROM F., 1939. Transportation of detritus by moving water. in P.D. Trask Ed., Recent marine sediments : *Amer. Assoc. Petr. Geol.*, 5-31.
- LE DANOIS E., 1925. Recherches sur les fonds chalutables des côtes de Tunisie (croisière du chalutier "Tanche" en 1924). *Ann. St. océanogr. Salammbô*, 1.
- LUCAS G., LANG J. et GODARD C., 1969. Etude sédimentologique de quelques échantillons prélevés dans le golfe de Gabès. *Rec. Trav. Sta. mar. Endoume*, 46 (62) : 253-260.
- MARS P., 1958. Mollusques testacés. Etudes sur le seuil siculo-tunisien. in *Ann. Inst. océanogr.*, Paris, 34 : 127-144 (Rés. sci. Camp. Calypso, fasc. 3).
- MASSE J.P., 1968. Contribution à l'étude des sédiments actuels du plateau continental de la région de Dakar (République du Sénégal). Essai d'analyse de la sédimentation biogène. *Laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences de l'université de Dakar*, Rapport n° 23, 81 p.

- MENSCHING H., 1968. Tunesien. Eine Geographische Landeskunde. *Wissenschaftliche Buchgesellschaft. Darmstadt*, Band 1, 181 p.
- PICARD J., 1965. Recherches qualitatives sur les biocoenoses de substrats meubles dragables de la région marseillaise. *Rec. Trav. Sta. mar. Endoume*, 36 (52) : 1-60.
- POIZAT C., 1969. Le débouché des calanques entre Marseille et La Ciotat : Etude des peuplements et des sédiments. *Rec. Trav. Sta. mar. Endoume*, 45 (61) : 367-437.
- RITTENHOUSE G., 1943. The transportation and deposition of heavy minerals. *Bull. geol. Soc. Am.*, 54 : 1275-1280.
- SASSI, Sassi ben Mohamed, 1962. Contribution à l'étude morphologique et sédimentologique de la Sebkhâ Tegdimane (Cap Bon) et du Chott el Guettar (région de Gafsa). *Faculté des Sciences de l'Université de Paris*, Thèse 3<sup>o</sup> Cycle, 6-4-1962, 110 p.

Manuscrit déposé le 3 Novembre 1969

### ABREVIATIONS UTILISEES

#### 1.- Biocoenoses benthiques.

- A.P. Biocoenose des Algues Photophiles.  
 C. Biocoenose Coralligène.  
 CAUL. Pelouse à *Caulerpa prolifera* en surimposition.  
 D.C. Biocoenose des Sables Détritiques Côtiers.  
 D.L. Biocoenose des Sables Détritiques du Large.  
 H.P. Biocoenose de l'Herbier de Posidonies.  
 S.G.C.F. Biocoenose des Sables Grossiers et Fins Gravieres sous influence de Courants de Fond.  
 S.V.M.C. Biocoenose des Sables Vaseux en Mode Calme.  
 V.T.C. Biocoenose de la Vase Terrigène Côtière.

#### 2.- Significations écologiques.

- Excl. Espèces caractéristiques exclusives.  
 Gravel. Espèces accompagnatrices gravellicoles.  
 Ind. Inst. Espèces accompagnatrices indicatrices d'instabilité.  
 Ind. Pol. Espèces accompagnatrices indicatrices de pollutions.  
 Lre. Espèces accompagnatrices à large répartition écologique.  
 Mixt. Espèces accompagnatrices mixticoles.  
 Pref. Espèces caractéristiques préférentielles.  
 Sspr. Espèces sans signification écologique précisée.  
 Vas. Tol. Espèces accompagnatrices vasicoles tolérantes.  
 Vas. Str. Espèces accompagnatrices vasicoles strictes

TABLEAU DES ESPECES RENCONTREES A L'ETAT DE DEBRIS DE DIMENSIONS SUPERIEURES A 2 mm, ET LEUR SIGNIFICATION ECOLOGIQUE.

Les Foraminifères mentionnés dans ce tableau n'atteignent jamais des tailles supérieures à 2 mm, sauf les *Marginopora*.

Zones		Débris référables à des espèces caractérisant le peuplement benthique actuel (autochtonie).	Débris référables à des espèces caractérisant des peuplements benthiques en amont (allochtonie)	Débris répartis dans l'ensemble du golfe de Gabès (autochtonie et allochtonie douteuses).
Fonds étalés en dehors du seuil entre les îles de Kneiss et de Djerba	Fonds lessivés.	<i>Venus casina</i> (excl. SGCF). <i>Lithophyllum racemus</i> (" "). <i>Sphaerechinus granularis</i> et <i>Echinocyamus pusillus</i> (gravel., pref. SGCF).	↑ <i>Phasianella tenuis</i> (excl. HP). <i>Venus verrucosa</i> (" "). <i>Natica intricata</i> (" "). <i>Triphoris perversa</i> (" "). <i>Beguina trapezia</i> (" "). <i>Marginella secalina</i> (" "). <i>Smaragdina viridis</i> (" ").	<i>Arca tetragona</i> (sspr). <i>Arca noae</i> (sspr). <i>Bulla striata</i> (sspr). <i>Bittium reticulatum</i> (sspr). <i>Brissus iricolor</i> (sspr). <i>Chama gryphoides</i> (sspr). <i>Chlamys varia</i> (sspr). <i>Chlamys glaber</i> (sspr). <i>Conus mediterraneus</i> (sspr). <i>Divaricella divaricata</i> (sspr) <i>Fissurella graeca</i> (sspr). <i>Gibbula ardens</i> (sspr). <i>Hadriana craticulata</i> (sspr). <i>Loripinus fragilis</i> (sspr). <i>Lima inflata</i> (sspr). <i>Modiolus adriaticus</i> (sspr). <i>Murex brandaris</i> (sspr). <i>Murex trunculus</i> (sspr). <i>Mangelia</i> sp. (sspr). <i>Natica millepunctata</i> (sspr). <i>Nassa ferrussaci</i> (sspr). <i>Ocenebra corallina</i> (sspr). <i>Solenocurtus antiquatus</i> (""). <i>Tenagodes obtusa</i> (sspr). <i>Trivia pullex</i> (sspr).
	Fonds peu ou non lessivés.	<i>Dentalium dentalis</i> (excl. DC) <i>Lithotamnion calcareum</i> et <i>L. solutum</i> (excl. DC). <i>Turritella triplicata</i> (" "). <i>Pitaria rudis</i> (lre, pref. DC) <i>Cardium papillosum</i> (" " " "). <i>Astarte fusca</i> (gravel.). <i>Trivia arctica</i> (C.).	<i>Halimeda tuna</i> (vit sur HP) <i>Peyssonnelia polymorpha</i> ("") <i>Marginopora</i> (" " " "). <i>Nubecularia</i> (" " " ") } < 2 mm. <i>Elphidium</i> (" " " ") } <i>Miliolae</i> (" " " ") } <i>Columbella rustica</i> (excl. AP). <i>Paracentrotus lividus</i> (""). <i>Echinocyamus pusillus</i> (gravel.).	<i>Anomia ahippium</i> (lre). <i>Calyptrea sinensis</i> (lre). <i>Cerithium vulgatum</i> (lre). <i>Corbula gibba</i> (lre). <i>Natica nitida</i> (lre). <i>Ocenebra Blainvillei</i> (lre).
Fonds étalés au SW du seuil entre les îles de Kneiss et de Djerba (zone sud-occidentale du golfe, avec les cuvettes côtières).	<i>Diplodonta rotundata</i> (vas. str.) <i>Abra alba</i> (vas. tol.). <i>Cardium paucicostatum</i> (""). <i>Ova canalifera</i> (""). <i>Cardium exiguum</i> (ind. pol.). <i>Leda pella</i> (ind. inst.). <i>Dentalium rubescens</i> (""). <i>Tellina distorta</i> (""). <i>Tellina nitida</i> (excl. SFBC). <i>Neverita Josephinia</i> (""). <i>Cardita antiquata</i> (pref. SVMC) <i>Propeamussium hyalinum</i> (mixt) <i>Nucula nucleus</i> (""). <i>Aporrhais pespelicani</i> (""). <i>Cardium papillosum</i> (lre, pref. DC). <i>Pitaria rudis</i> (" " " "). <i>Lithotamnion calcareum</i> et <i>solutum</i> (excl. DC). <i>Turritella triplicata</i> (" " " ").	Espèces rencontrées dans la plupart des fonds bordant les Herbiers de Posidonies. ↓	<i>Cladocora cespitosa</i> (fossile) <i>Arca barbata</i> (fossile). <i>Hippodiplosia fascialis</i> (""). <i>Porella cervicornis</i> ("").	