

# Structure et organisation trophique du peuplement macrobenthique de la lagune méditerranéenne de Smir (Maroc)

Abdellatif CHAOUTI & Abdellatif BAYED

Université Mohammed V – Agdal, Institut Scientifique, Unité de Recherche OCEMAR,  
B.P. 703, Agdal, 10090 Rabat, Maroc. e-mail: bayed@israbat.ac.ma

**Résumé.** La structure de la macrofaune de la lagune côtière de Smir (nord-ouest du Maroc) a été étudiée à l'aide d'un suivi de 10 campagnes d'échantillonnage, de mai 1999 à novembre 2000. Les 37 taxons identifiés et 218 810 individus récoltés sont dominés par les crustacés, les polychètes et les mollusques. Les crustacés *Cyathura carinata*, *Corophium acherusicum* et *Melita palmata* dominent à plus de 90% l'abondance de la macrofaune de la lagune. La structure de la macrofaune dans les stations proches de la communication avec la mer (aval) est différente de celle des stations situées dans la partie intérieure de la lagune (amont). Ces dernières ont des valeurs inférieures pour l'abondance ( $930,8 \pm 296,9$  ind./m<sup>2</sup>), la richesse spécifique ( $6 \pm 0,4$  espèces) et l'indice de diversité de Shannon ( $1,5 \pm 0,1$  bit/ind.). Les stations situées près de la communication avec la mer (aval) sont caractérisées par des valeurs élevées de l'abondance ( $2574,7 \pm 961$  ind./m<sup>2</sup>) et de la richesse spécifique ( $9 \pm 0,9$  espèces), alors que l'indice de diversité de Shannon y est supérieur à la valeur moyenne ( $1,6 \pm 0,1$  bit/ind.). L'équitabilité de Pielou est comparable entre toutes les stations de la lagune et ne montre pas de tendance évidente. L'étude de la diversité fonctionnelle basée sur les groupes trophiques montre que le peuplement est dominé à 99% par quatre catégories trophiques majeures. Les espèces détritivores avec les crustacés *M. palmata*, *Sphaeroma hookeri* et *C. carinata* et la Polychète *Hediste diversicolor* dominent la structure trophique. Les suspensivores représentés principalement par *Cerastoderma glaucum* et *C. acherusicum* présentent une dominance supérieure à 22% tandis que les espèces dépositives de surface et carnivores montrent de faibles pourcentages, ne dépassant pas 3%. Les détritivores et les suspensivores sont bien représentés et contrôlent, aussi, la variation de la densité totale. Cette structure paraît être en relation avec l'abondance des phanérogames, des algues et du phytoplancton.

**Mots clés :** Méditerranée occidentale, lagune côtière, substrats meubles, macrozoobenthos, diversités taxonomique et fonctionnelle.

## Structure and trophic organisation of the macrobenthic community of the Mediterranean lagoon of Smir (Morocco).

**Abstract.** The macrofauna community structure of the coastal lagoon of Smir (Northwest of Morocco) was investigated during 10 campaigns from May 1999 to November 2000. Collected samples (about 37 species and 218,810 individuals) are dominated by crustaceans, polychaetes and molluscs. The crustaceans *Cyathura carinata*, *Corophium acherusicum* and *Melita palmata* predominate at more than 90% the macrofauna assemblage of the lagoon. The macrofauna structure at the stations closer to the sea (downstream) is different to that at the stations located inside the lagoon (upstream). These are characterised by lower values of abundance ( $930.8 \pm 296.9$  ind./m<sup>2</sup>), of species richness ( $6 \pm 0.4$  species) and of Shannon's diversity index ( $1.5 \pm 0.1$  bit/ind.). Stations located in the downstream area near the lagoon entrance have relatively higher values of abundance ( $2574.7 \pm 961$  ind./m<sup>2</sup>) and species richness ( $9 \pm 0.9$  species), while Shannon's diversity index is clearly higher than the mean value ( $1.6 \pm 0.1$  bit/ind.). Evenness values are comparable between stations and do not show any clear patterns. Analysis of the functional diversity based on trophic groups shows that the assemblage is dominated at 99% by only four main trophic categories. Detritus feeders dominate the feeding structure, especially with the crustaceans *M. palmata*, *Sphaeroma hookeri* and *C. carinata* and the polychaete *Hediste diversicolor*. Suspension feeders including *Cerastoderma glaucum* and *C. acherusicum* show dominances over 22%, while the surface-deposit feeders and carnivores show the lowest percentages, not exceeding 3%. Detritus feeders and suspension feeders are well represented and, thus control the variation of the total abundance. This structure appears to be related to the abundance of seagrass, algae and phytoplankton.

**Key words:** Western Mediterranean, coastal lagoon, soft-bottom, macrozoobenthos, taxonomic and functional diversities

## INTRODUCTION

La lagune de Smir fait partie du complexe de la zone humide de Smir (lagune, oued, marais, marécages et plage) qui présente un intérêt écologique considérable, en raison de sa richesse en espèces de faune (invertébrés, poissons, oiseaux) et de flore (algues, phanérogames) et de la multitude des habitats écologiques qu'il abrite. Ce complexe naturel constitue l'unique représentant des zones humides de ce type sur la façade occidentale de la Méditerranée marocaine. La grande diversité des espèces d'oiseaux observées dans cette zone témoigne de l'intérêt exceptionnel de ce complexe, comme zone de repos, d'hivernage, de reproduction et de refuge. Ce site a été

classé comme zone humide d'importance nationale et fut retenu parmi les Sites d'Intérêt Biologique et Ecologique du Maroc dans le cadre du Plan national des aires protégées (AEFCS 1996).

Située dans le Nord-Ouest du Maroc, la lagune de Smir subit l'influence de la mer Méditerranée et des eaux atlantiques transitant par le détroit de Gibraltar. Cette double influence océanique et méditerranéenne confère à cet écosystème des conditions écologiques particulières par rapport aux autres lagunes marocaines (lagunes de Nador, Merja Zerga, Walidia et Khnifiss). De ce fait, la macrofaune benthique rencontrée dans la lagune de

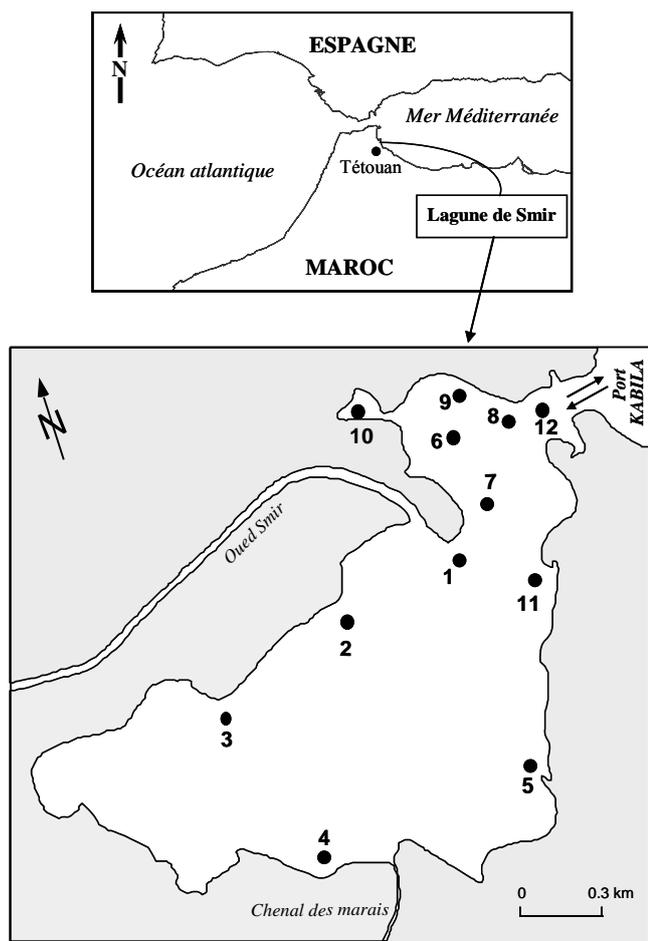


Figure 1. Localisation géographique ( $35^{\circ}43'N$  et  $05^{\circ}20'W$ ) du site d'étude et des stations d'échantillonnage du macrozoobenthos dans la lagune de Smir.

Smir ne montre pas l'image type d'un peuplement méditerranéen (Chaouti 2003).

La macrofaune joue un rôle primordial dans la caractérisation et le fonctionnement des écosystèmes littoraux et en constitue un outil de choix pour évaluer la qualité du milieu et un bon indicateur de son état de santé. D'autre part, le macrozoobenthos représente une composante clé et indispensable dans l'organisation trophique puisqu'il est une source de nourriture pour de nombreux consommateurs de rang supérieur, en particulier les poissons et les oiseaux.

La présente étude tente de fournir une situation moyenne de la répartition du peuplement macrobenthique dans la lagune. Elle porte sur l'analyse de sa diversité taxonomique et trophique en vue de mettre en évidence les grandes lignes de la structure macrozoobenthique, de donner une première estimation de la richesse des fonds meubles de cet écosystème côtier méditerranéen et d'en établir un état de référence. Elle vient compléter les travaux déjà réalisés sur ce site (Bekkali 1987, Louah *et al.* 1993, Aksissou & Elkaïm 1996, Aksissou 1997) et qui étaient généralement ponctuels et non orientés spécifiquement vers

l'étude du macrozoobenthos. Néanmoins, quelques études ont pu fournir des listes faunistiques.

Ce travail s'intègre également dans le cadre d'une approche pluridisciplinaire visant à l'élaboration d'un plan d'aménagement et de gestion de l'ensemble de ce secteur du littoral méditerranéen comprenant la lagune et les marais de Smir (Hajib & Bayed 2005).

## MATERIEL ET METHODES

### Présentation du site

La lagune méditerranéenne de Smir se situe dans le nord-ouest du Maroc, à 25 km au sud du détroit de Gibraltar et à quelques kilomètres au nord de la localité de M'diq (Fig. 1). Sa position géographique ( $35^{\circ}43'N$  et  $05^{\circ}20'W$ ) en fait la lagune la plus occidentale du bassin méditerranéen. Le climat qui y règne est de type méditerranéen, caractérisé par un hiver doux et humide et un été chaud et sec. La température moyenne annuelle de l'air est de  $16^{\circ}C$  et la pluviométrie moyenne annuelle est de 700 mm, concentrée principalement entre octobre et avril.

La lagune de Smir a une superficie de 3 km<sup>2</sup> environ et une profondeur moyenne de 1 m, avec une valeur maximale de près de 2 m. Le fond de la lagune est dominé par un substrat meuble envasé et les quelques zones sableuses se rencontrent principalement dans le secteur proche du goulet. Ses fonds sont largement tapissés d'algues (*Enteromorpha*, *Ulva*...) et de phanérogames telles que *Rupia maritima* et *Zostera noltii*. La lagune reçoit de façon réduite les eaux de l'Oued Smir dont les apports ont été réduits depuis la construction du barrage en 1991 (Dakki & El Agbani 1995, Stitou El Messari & Pulido Bosch 1995). Elle reçoit par un autre chenal dit « chenal des marais » (Fig. 1) les eaux provenant des marécages qui s'étendent entre le plan d'eau de la lagune et la localité de M'diq située au sud de la lagune. Cet écosystème communique avec le port de plaisance de Kabila puis avec la mer à travers un goulet et subit de façon régulière le mouvement de la marée dont l'amplitude moyenne est de 1 m.

La salinité dans la lagune varie en général entre 18 et 40 selon les saisons, les arrivées d'eaux douces et l'amplitude des marées (Bayed & Chaouti 2001, Chaouti & Bayed 2005a), ce qui permet de qualifier son eau de mésohaline en hiver et d'euhaline en été (Chaouti 2003). La température de l'eau a varié entre  $12^{\circ}C$  (hiver) et  $32^{\circ}C$  (été) pendant l'année 2000 (Bayed & Chaouti 2001, Chaouti & Bayed 2005a). En été, les eaux chaudes venant du chenal des marais et dont la température peut atteindre  $28^{\circ}C$  influencent les eaux et le sédiment de la lagune. Les zones intérieures de la lagune, éloignées de ce chenal, présentent des températures plus faibles (Chaouti 2003).

En été, l'oxygène dissous varie de la même façon que la température et oscille entre 4 et 17 mg/l (Bayed & Chaouti 2001, Chaouti & Bayed 2005a). Une grande partie de la lagune est occupée par une prairie dense d'algues et de phanérogames qui enrichissent le milieu en oxygène. Les

parties périphériques de la lagune interne, faiblement couvertes de végétation, montrent des valeurs relativement faibles. Le pH fluctue entre 8,1 et 8,9. Son évolution paraît être liée intimement à celles de l'oxygène dissous et de la température (Bayed & Chaouti 2001, Chaouti & Bayed 2005a).

### Echantillonnage

Un suivi temporel de la macrofaune benthique a été effectué dans 12 stations (Fig. 1). Les échantillons ont été prélevés tous les deux mois de mai 1999 à novembre 2000, à l'aide d'un carottier de 1/16 m<sup>2</sup> de surface qui permet de prélever le sédiment jusqu'à une profondeur de 30 cm. Quatre prélèvements ont été réalisés à chaque station, soit une surface totale échantillonnée de 1/4 m<sup>2</sup>. Les échantillons ont été immédiatement tamisés sur une toile en Nylon de 1 mm<sup>2</sup> de vide de maille et le refus a été fixé au formol à 8%. Au laboratoire, les échantillons ont été triés et la faune a été conservée dans l'alcool à 70° avant les opérations d'identification et de comptage. La majorité des macroinvertébrés benthiques ont été identifiés jusqu'au niveau spécifique à l'exception des németes, des poissons et des larves d'insectes.

A chaque campagne de terrain, un échantillon de sédiment a été prélevé au niveau de chaque station pour les analyses de la granulométrie et de la matière organique totale. Au laboratoire, le sédiment a été desséché à 60°C jusqu'à déshydratation totale. Une quantité de 200 g de sédiment séché a été lavée sur un tamis de 63 µm. La différence entre le poids initial et le poids sec de ce refus permet d'obtenir le taux de pélites. Ce même refus est à nouveau séché, puis tamisé sur une colonne de 16 tamis (de 63 µm à 2000 µm) de type AFNOR (Association Française de Normalisation). La détermination des différents quartiles Q1, Q3 et Md (correspondant respectivement à 75%, 25% et 50% des poids cumulés) a été effectuée à partir des courbes cumulatives (non présentées ici) des différents poids de refus des tamis pour chaque station. Le granoclassement du sédiment a été calculé en utilisant l'indice de Trask (1932) défini par la relation  $(Q1/Q3)^{1/2}$ . La teneur en matière organique a été évaluée par la méthode de la perte au feu (sédiment incinéré au four à 650°C pendant 6 heures).

### Traitement des données biologiques

Les prélèvements temporels réalisés à chaque station ont été considérés comme des répliqués et les valeurs utilisées dans l'analyse des données sont des moyennes de dix échantillons. La structure interne du peuplement a été étudiée à l'aide de la richesse spécifique et de l'abondance exprimée en "nombre d'individus par unité de surface". Nous avons également utilisé l'indice de diversité ( $H'$ ) de Shannon-Wiener (Shannon & Weaver 1963) et l'indice d'équitabilité ( $J'$ ) (Pielou 1966). Les relations de ces indices s'écrivent respectivement comme suit :

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \cdot \log_2 p_i \quad (\text{bit/ind.}) \quad \text{avec} \quad p_i = \frac{n_i}{N}$$

$$J' = \frac{H'}{\log_2 S}$$

Dans ces relations,  $S$  est le nombre d'espèces du prélèvement considéré,  $n_i$  est l'effectif de l'espèce  $i$  dans le prélèvement considéré et  $N$  est l'effectif total du prélèvement considéré.

Les relations qui existent entre ces différents descripteurs de la structure interne du peuplement sont synthétisées par le modèle DIMO "Diversity MOdel" (Qinghong 1995). Ce modèle correspond à une représentation graphique simple, dans un plan à deux dimensions, où sont confrontés simultanément richesse spécifique «  $\log_2(S)$  » et indice de diversité «  $H'$  ». L'équitabilité «  $J'$  » est représentée par l'angle  $\alpha$  formé par la droite qui joint le point station à l'origine et l'axe des abscisses  $\log_2(S)$ . L'indice  $Q$  ( $Q = H' / \sin(\alpha)$ ) (Qinghong 1995) établi par ce modèle est défini comme étant la longueur du vecteur reliant l'origine au point-station. Le modèle DIMO a été appliqué à l'étude des peuplements des fonds de meàrl en France (Grall & Glémarec 1997) et de la lagune de Merja Zerga au Maroc (Bazairi *et al.* 2003).

Nous avons également utilisé le diagramme rang-fréquence (DRF) (Frontier 1976) dans le but d'apporter une expression complémentaire quant à la structuration du macrozoobenthos de la lagune de Smir. Pour établir ce diagramme, les espèces de chaque station ont été classées en rangs par ordre décroissant de leurs abondances : pour l'espèce  $i$ , la dominance en ordonnée  $[\log_{10}(n_i \times 100) / N]$  correspond à l'abscisse  $[\log_{10}(\text{rang } i)]$ .

L'étude de la diversité fonctionnelle est basée sur la reconnaissance préalable des groupes trophiques des différents taxons rencontrés. Chaque groupe trophique est identifié sur la base du comportement et des habitudes alimentaires. Cette classification tient compte de la nature et de la taille de la nourriture et de son mode de récolte. Pour cela, nous nous sommes basés sur les données de la littérature pour associer les espèces de la macrofaune de la lagune de Smir aux différents groupes trophiques (McNaughton 1978, Barbault 1981, Dauvin 1988, Grall & Glémarec 1997, Hily & Bouteille 1999, Afli & Chenier 2002). Ces groupes trophiques se répartissent en deux grandes catégories : macrophages et microphages. La première, se nourrissant de grandes particules alimentaires, regroupe quatre sous-catégories : herbivores (H, brouteurs ou mangeurs d'algues), nécrophages (N, se nourrissant d'animaux morts), détritivores (Dt, animaux vagiles consommant les détritiques d'origine essentiellement végétale) et carnivores ou prédateurs (C, chassant des proies). Les microphages, animaux se nourrissant de petites particules, se composent des micro-brouteurs ( $\mu B$ , se nourrissant des microphytes, bactéries et détritiques colonisant les surfaces solides), des suspensivores (S, liés aux apports par la couche d'eau et se nourrissent par filtration des particules

alimentaires ou du plancton en suspension), des dépositores de surface (Ds, se nourrissant de particules organiques, de bactéries et d'algues unicellulaires déposées sur le fond) et des dépositores de sub-surface ou limnivores (Dss, animaux vivant dans le sédiment qu'ils ingèrent pour prélever la matière vivante telle que les bactéries, les micro-organismes et la méiofaune benthique). Dans le présent travail, les taxons dont le groupe trophique est resté non identifié (au nombre de trois) ne sont pas pris en considération pour l'analyse de la structure fonctionnelle du macrozoobenthos de la lagune de Smir.

## RESULTATS

### Caractéristiques du substrat

Chaque échantillon de sédiment a été placé sur le diagramme triangulaire de Shepard (1954) en fonction des trois fractions sédimentaires principales, pélites (PEL), sables fins (SF) et sables grossiers et graviers (SGG) (Fig. 2). Chaque station est représentée par le barycentre du nuage de ses points prélèvements temporels. L'utilisation du diagramme triangulaire et la définition des entités sédimentaires (Chassé & Glémarec 1976) a permis de

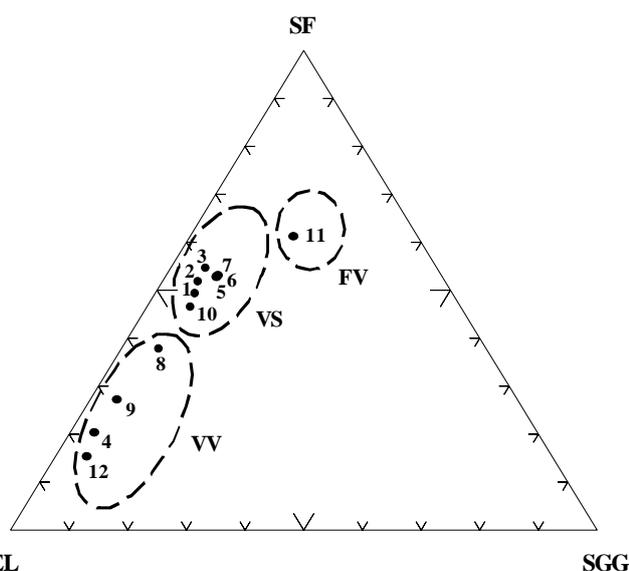


Figure 2. Position des sédiments des stations étudiées dans le diagramme triangulaire de Shepard où chaque point représente le barycentre du nuage de dix prélèvements temporels relatifs à chaque station. PEL = pélites ; SF = sables fins ; SGG = sables grossiers et graviers ; FV : sables fins envasés ; VS : vases sableuses ; VV : vases fines.

reconnaître trois ensembles sédimentaires dans la lagune de Smir : vases fines (VV), vases sableuses (VS) et sables fins envasés (FV).

Les vases sableuses caractérisent sept stations (S1, S2, S3, S5, S6, S7 et S10) (Fig. 2) ; le taux de pélites y varie entre 38 et 50%, la médiane oscille entre <63 µm (station 6) et 143 µm (station 5) et le taux de sables grossiers-graviers ne dépasse pas 10% (Tab. I). Le taux de matière organique montre, dans ce type sédimentaire, des valeurs relativement moyennes variant entre 5,6% (station 5) et 8,7% (station 6).

Les vases fines dominent aux stations 4, 8, 9 et 12, avec un taux moyen de pélites excédant 55%, une médiane granulométrique inférieure à 63 µm, tandis que le taux de sables grossiers-graviers est en deçà de 8%. La teneur en matière organique y est supérieure à 9%. Les sables fins envasés sont identifiés uniquement au niveau de la station 11 avec des valeurs moyennes autour de 21 ± 2,4% de pélites et 17,5 ± 4,8% de sables grossiers et graviers. C'est l'unique station qui présente un taux élevé de sables fins (61,6 %) avec une médiane moyenne de 224 ± 11,4 µm. La teneur en matière organique y est à sa valeur moyenne la plus faible (4,0%) de tous les types sédimentaires identifiés.

### Diversité taxonomique

Trente sept espèces de macrofaune benthique ont été préliminairement recensées (Tab. II) à partir de 218 810 individus récoltés dans 120 prélèvements (12 stations échantillonnées pendant 10 campagnes bimestrielles entre mai 1999 et novembre 2000). Cinq autres espèces ont été récoltées dans d'autres séries d'échantillonnage (trois espèces récoltées dans les stations d'échantillonnage S7, S11 et S12, et deux espèces dans des endroits différents de la lagune), ce qui porte le nombre total des espèces à 42 (voir Chaouti 2003 et Chaouti & Bayed 2005b). Dans cette étude, nous considérons le nombre d'espèces identifiées dans le tableau II comme une approximation de la richesse spécifique du peuplement. Les taxons se rangent principalement dans trois groupes zoologiques majeurs : crustacés (32,4%), annélides polychètes (27,0%) et mollusques (18,9%). La dominance des crustacés se manifeste aussi sur le plan quantitatif en totalisant près de 90% de l'ensemble des effectifs (Tabl. III). Dans ce groupe, les espèces *Cyathura carinata* et *Melita palmata* avec respectivement 27,1% et 36,4% de l'abondance totale dominent le peuplement lagunaire. Parmi les annélides

Tableau I. Quelques caractéristiques granulométriques des sédiments de la lagune de Smir. Md : médiane granulométrique ; S<sub>0</sub> : indice de tri ; MOT : matière organique totale ; (--) : valeurs incalculables.

Stations	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12
Md (µm)	104	108	115	< 63	143	< 63	125	< 63	< 63	76	224	< 63
So	--	--	2,8	--	2,7	--	4,2	--	--	--	2	--
MOT (%)	6,8	8,0	6,4	11,6	5,6	8,7	7,7	9,8	12,1	7,8	4,0	12,8

Tableau II. Liste des espèces rencontrées dans la lagune de Smir avec leurs abondances (ind./m<sup>2</sup>) pendant la période de prélèvements (mai 1999 – novembre 2000). Les groupes zoologiques sont répertoriés par ordre taxonomique. C : carnivores, Ds : dépositives de surface, Dss : dépositives de subsurface, Dt : détritivores, H : herbivores, S : suspensivores, indet. : indéterminé.

Groupes zoologiques	Espèces	Groupes trophiques	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12
Cnidaires	<i>Actinia</i> sp.	C	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nemertiens	<i>Nemertea</i> indet.	C	36	8	12	4	56	52	68	132	52	8	48	112
Polychètes	<i>Streblospio shrubsolii</i>	Ds	44	8	0	8	32	204	140	444	120	0	412	188
	<i>Hediste diversicolor</i>	Dt	1500	84	964	1924	552	1156	1700	1312	776	2844	2688	220
	<i>Alkmaria romijni</i>	Ds	148	4	4	40	32	24	516	256	24	88	76	0
	<i>Heteromastus filiformis</i>	Dss	4	0	0	4	0	8	28	68	4	0	148	76
	<i>Laeonereis glauca</i>	Dt	20	12	4	0	0	8	64	264	0	0	276	172
	<i>Polydora giardi</i>	Ds	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
	<i>Amphitrite gracilis</i>	Ds	0	0	0	0	0	4	4	0	0	0	12	4
	<i>Scolelepis</i> sp.	Ds	0	0	0	0	0	0	0	0	24	0	0	0
	<i>Nephtys hombergii</i>	C	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0
	<i>Lumbrineris impatiens</i>	C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
Opisthobranches	<i>Aplysia depilans</i>	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0
	<i>Haminoea navicula</i>	C	28	76	12	52	12	68	68	12	92	0	8	12
Bivalves	<i>Scrobicularia plana</i>	Ds	100	9	196	44	36	100	100	56	108	168	20	16
	<i>Cerastoderma glaucum</i>	S	36	16	8	12	8	32	68	124	28	0	8	52
	<i>Tapes decussata</i>	S	4	0	0	0	0	4	0	4	0	0	0	20
	<i>Loripes lucinalis</i>	S	12	0	0	0	4	0	0	0	0	0	16	0
	<i>Crassostrea gigas</i>	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
Leptostracés	<i>Nebalia bipes</i>	Dt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
Amphipodes	<i>Melita palmata</i>	Dt	4252	2673	1368	3344	2560	9168	7132	15696	22836	476	116	11492
	<i>Corophium acherusicum</i>	S	584	672	240	164	808	5748	2448	9604	3944	28	5476	8000
	<i>Orchestia gammarella</i>	Dt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0
	<i>Talitrus saltator</i>	Dt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0
Isopodes	<i>Cyathura carinata</i>	Dt	8352	3852	4796	4960	5640	6520	8672	3676	3848	728	4500	2600
	<i>Sphaeroma hookeri</i>	Dt	1080	3264	2024	756	2824	1376	780	848	1992	60	364	732
	<i>Dynamene</i> cf. <i>bidentata</i> .	Dt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16
	<i>Cylisticus</i> cf. <i>convexus</i>	Dt	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mysidacés	<i>Mysis</i> sp.	Dt	0	28	40	56	28	52	48	352	136	8	40	1480
Décapodes	<i>Carcinus maenas</i>	C	4	0	0	0	0	4	4	4	0	0	0	0
	<i>Palaemon elegans</i>	Dt	8	0	0	0	0	8	4	8	4	0	0	12
Insectes	Chironomidae	Indet.	304	172	260	96	304	96	216	444	392	0	72	24
	Dolichopodidae	Indet.	16	0	0	0	0	0	0	4	12	52	0	0
Echinodermes	<i>Amphipholis squamata</i>	C	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Paracentrotus lividus</i> .	H	0	0	4	0	0	0	0	0	4	0	0	4
Téléostéens	Gobiidae indet.	Indet.	0	0	0	0	0	4	0	0	4	0	0	4
	<i>Syngnathus acus</i>	S	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
Densité totale (N/m <sup>2</sup> )			16536	10878	9940	11464	12896	24649	22068	33308	34400	4460	14320	25262
Richesse spécifique			20	14	16	14	14	22	20	19	19	10	21	24

Tableau III. Nombre total (*N*) et importance relative (%) des espèces et des individus des différents groupes zoologiques identifiés dans la lagune de Smir entre mai 1999 et novembre 2000.

Groupes zoologiques	Individus		Espèces	
	<i>N</i>	%	<i>N</i>	%
Crustacés	194 097	88,7	12	32,4
Polychètes	19 756	9,0	10	27,0
Mollusques	1 873	0,8	7	18,9
Insectes	2 464	1,1	2	5,4
Némertes	588	0,2	1	2,7
Echinodermes	16	<0,1	2	5,4
Autres groupes	16	<0,1	3	8,1
Total	218 810	100	37	100

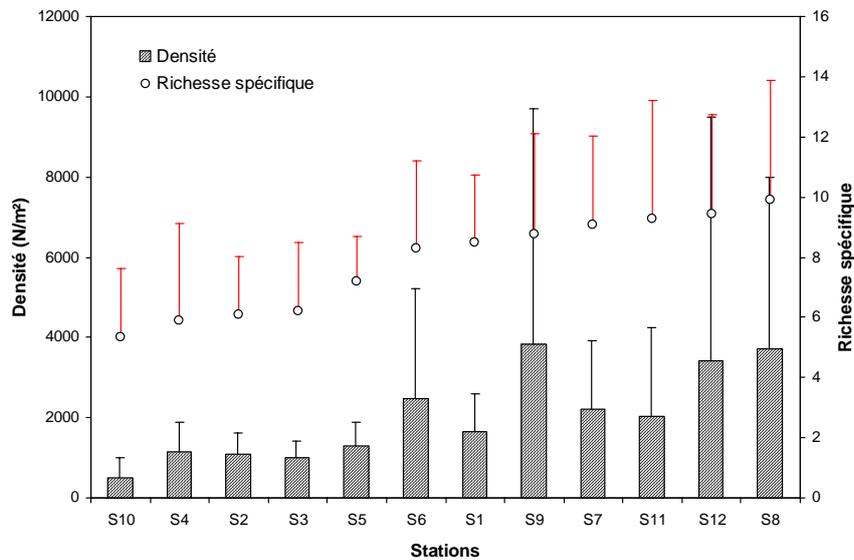


Figure 3. Variation spatiale de la richesse spécifique et de la densité totale du macrozoobenthos dans les stations étudiées dans la lagune de Smir, classées par richesse spécifique croissante.

polychètes, *Hediste diversicolor*, qui est la plus abondante, représente 7,6% de l'abondance totale.

Les valeurs de la richesse spécifique (*S*) et de la densité (*A*) révèlent une grande variabilité spatiale entre les stations (Fig. 3), mais évoluent de façon synchrone et sont significativement corrélées au seuil de 95% ( $r=0,86$ ;  $p<0,001$ ). L'indice de Shannon-Wiener (*H'*) montre une variabilité spatiale différente de celles de *S* et de *A* (cf. Chaouti & Bayed 2005b). Il est assez faible dans l'ensemble des stations (Fig. 4) et varie entre 1,33 bit/ind. (station 4) et 1,85 bit/ind. (station 12). Ces faibles valeurs de *H'* témoignent de la forte dominance d'un groupe restreint d'espèces. En effet, sur le nombre total d'individus récoltés, plus de 85% sont dus à quatre espèces dominantes : *Melita palmata*, *Cyathura carinata*, *Sphaeroma hookeri* et *Corophium acherusicum*.

L'évolution spatiale de l'équitabilité *J'* diffère de celle de *H'* (cf. Chaouti & Bayed 2005b). Les stations 3 et 10 sont plus proches de la ligne d'équitabilité maximale que les autres stations (Fig. 4). Ceci est à mettre en rapport avec les valeurs plus faibles en richesse spécifique et en abondance

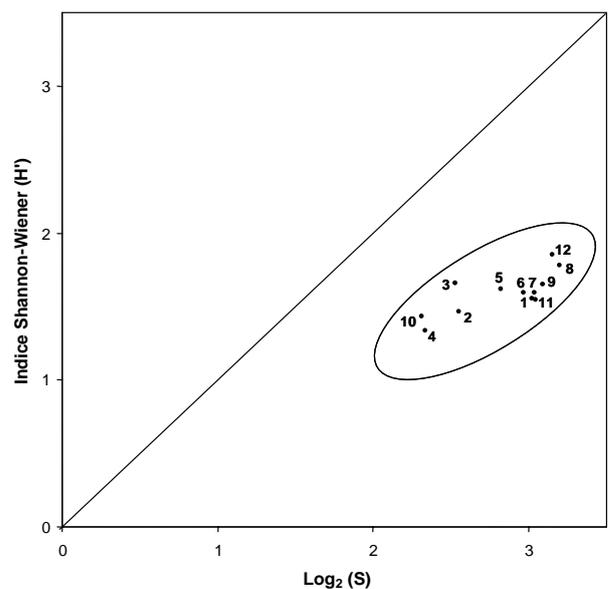


Figure 4. Application du modèle DIMO par la représentation simultanée de la richesse spécifique ( $\log_2(S)$ ), de l'indice de diversité (*H'*) et de l'équitabilité (ligne diagonale=équitabilité maximale ( $J'=1$ )) des stations étudiées dans la lagune de Smir.

qu'elles enregistrent par rapport aux autres stations. Le modèle DIMO (Fig. 4) a permis de scinder les stations en deux groupes. Le premier groupe rassemble les stations (S2, S3, S4 et S10) qui se situent toutes en amont et sont caractérisées par leur niveau d'émersion élevé par rapport à la station 5 et aux autres stations situées plus en aval (S1, S6, S7, S8, S9, S11 et S12). Le passage de ces stations vers les stations de l'amont s'accompagne d'une diminution de la richesse spécifique et de l'indice Q de Qinghong.

L'analyse des paramètres de structure de ces deux groupes de stations a permis de relever les faits majeurs suivants : les stations de l'aval (y compris la station 5 qui fait l'exception dans ce groupe) sont relativement plus riches que celles de l'amont, tant en nombre d'individus (moyennes de  $2574,7 \pm 961,0$  ind./m<sup>2</sup> contre  $930,8 \pm 296,9$  ind./m<sup>2</sup>) qu'en nombre d'espèces (moyennes de  $9 \pm 0,9$  espèces contre  $6 \pm 0,4$  espèces). Les stations de l'aval marquent presque toutes des valeurs de  $H'$  (moyenne égale à  $1,65 \pm 0,11$  bit/ind.) au dessus de la valeur moyenne générale ( $1,59 \pm 0,14$  bit/ind.). En revanche, dans les stations de l'amont (moyenne de  $1,47 \pm 0,14$  bit/ind.) dont les valeurs restent globalement inférieures à 1,50 bit/ind., l'équitabilité est relativement comparable. Elle n'accuse pas de fluctuations notables au niveau des stations de l'aval avec une valeur moyenne de  $0,56 \pm 0,30$  proche de la valeur moyenne générale ( $0,58 \pm 0,04$ ). Au niveau des stations de l'amont, l'équitabilité atteint une valeur moyenne de  $0,62 \pm 0,03$  avec deux maxima enregistrés dans les stations 3 et 10 (respectivement 0,67 et 0,63).

Les diagrammes rang-fréquence ont été réalisés pour toutes les stations, mais afin d'alléger le graphique seulement les courbes les plus représentatives ont été reportées (Fig. 5). Il s'agit de deux stations de l'amont (S3 et S10) et trois stations de l'aval (S6, S9 et S12) qui de surcroît présentent des évolutions différentes. L'évolution des diagrammes rang-fréquence pour les douze stations de la lagune de Smir a permis de caractériser la structure démographique du peuplement benthique à l'échelle de l'espace (Fig. 5). La comparaison entre toutes les stations permet de placer chacune d'elles dans l'un des trois stades de Frontier (1976) basés sur la forme des courbes. Les stations 9 et 10 sont les seules qui montrent des courbes correspondant à des diagrammes caractéristiques des communautés moins structurées (stade 1) avec une ou deux espèces largement dominantes, *Melita palmata* pour la station 9 et *Hediste diversicolor* pour la station 10 avec respectivement 66 et 64% de l'abondance totale. Les autres stations montrent des courbes caractéristiques d'une situation intermédiaire entre les stades 1 et 2 de Frontier. Elles sont dominées par trois espèces (la dominance est alternée entre quatre espèces d'une station à l'autre) présentant des fréquences supérieures à 10% (Tab. II).

### Diversité fonctionnelle

La diversité fonctionnelle est caractérisée par la présence de six groupes trophiques : détritivores (Dt), suspensivores (S), carnivores (C), déposivores de surface (Ds), déposivores de subsurface (Dss) et herbivores (H); les

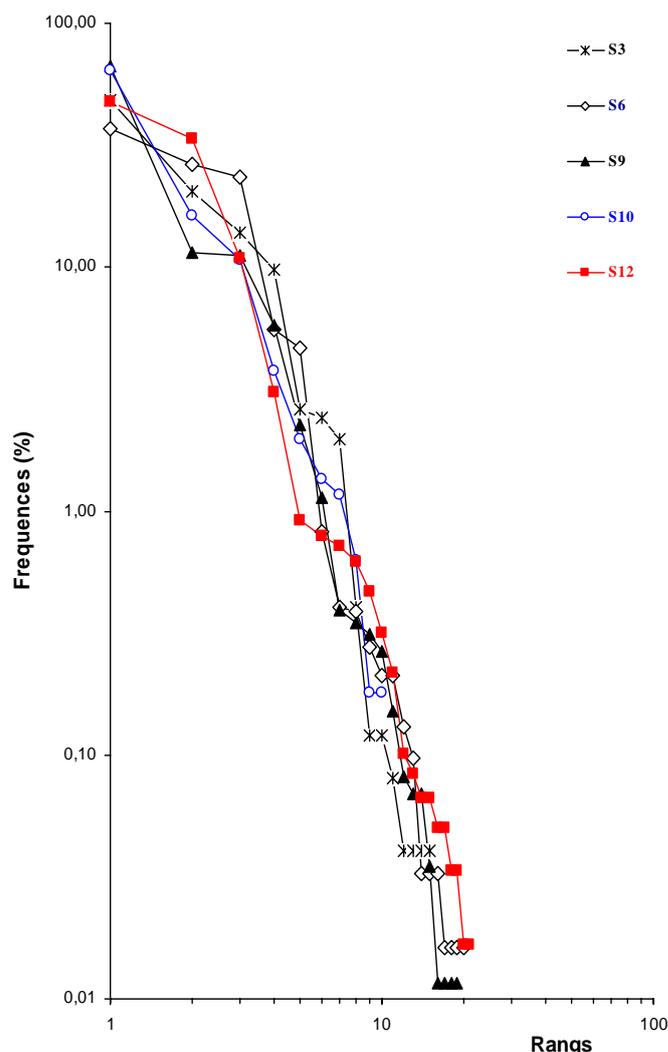


Figure 5 : Diagrammes rang-fréquence de cinq stations d'étude de la macrofaune de la lagune de Smir.

insectes (deux espèces) et les poissons *Gobiidae* (une seule espèce) n'ont pas été considérés (Tab. IV).

Sur le plan qualitatif (Fig. 6a), les Dt, S, C et Ds sont bien représentés, alors que sur le plan quantitatif (Fig. 6b), ce sont les 'Dt' et 'S' qui dominent avec 96% de l'abondance totale. La représentativité spécifique de tous ces groupes dans la structure trophique du peuplement est assez variable (Tab. IV). Les 'Dt', composés de onze espèces, dominent quantitativement par le biais des crustacés à l'instar de *Melita palmata*, *Cyathura carinata* et *Sphaeroma hookeri* et des polychètes *Hediste diversicolor*, *Laeoneries glauca*, représentant ensemble plus de 73% de la densité totale du peuplement. Les suspensivores 'S' représentés par des mollusques tels que *Cerastoderma glaucum* et des crustacés tels que *Corophium acherusicum* contribuent avec moins de 23%. Les autres groupes trophiques sont mineurs (moins de 3%) et sont représentés par *Scrobicularia plana* (Ds), *Haminoea navicula* (C), *Heteromastus filiformis* (Dss), *Aplysia depilans* et *Paracentrotus lividus* (H).

Tableau IV. Nombre total (*N*) et importance relative (%) des espèces et des individus (abondance moyenne) des différents groupes trophiques identifiés dans la lagune de Smir entre mai 1999 et novembre 2000.

Groupes trophiques	Individus		Espèces	
	<i>N</i>	%	<i>N</i>	%
Détritivores (Dt)	17 739	73,0	12	31,4
Suspensivores (S)	5 575	22,9	6	22,8
Carnivores (C)	170	0,7	7	20,0
Dépositivores de surface (Ds)	637	2,6	5	14,3
Herbivores (H)	14	0,1	2	5,7
Dépositivores de subsurface (Dss)	151	0,6	2	5,7
Total	24 284	100	34	100
Indéterminés	37	--	3	--

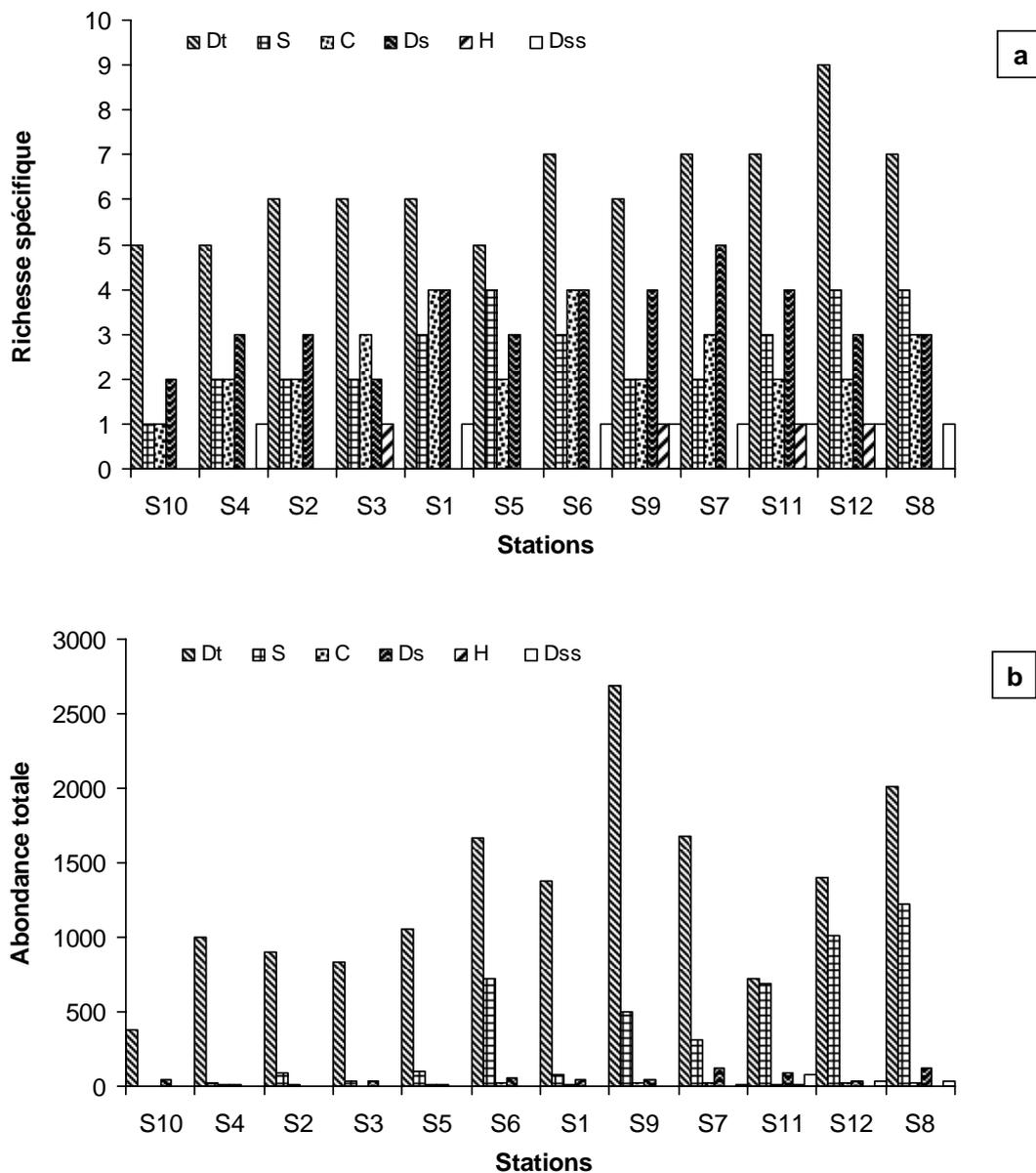


Figure 6. Variation spatiale des groupes trophiques du macrozoobenthos de la lagune de Smir. C = carnivores ; Ds = dépositivores de surface ; Dss = dépositivores de sub-surface ; Dt = détritivores ; H = herbivores ; S = suspensivores.

Tableau V. Densité moyenne (ind./m<sup>2</sup>) des espèces dominantes dans la lagune de Smir entre mai 1999 et novembre 2000.

Espèces dominantes	mai 99	juil.99	sep.99	déc.99	jan.00	mar.00	mai 00	juil.00	sep.00	nov.00
<i>Hediste diversicolor</i>	224	114	51	61	69	163	296	204	127	72
<i>Melita palmata</i>	12	131	232	2150	1370	847	1888	41	19	114
<i>Corophium acherusicum</i>	0	0	1	1123	843	213	940	8	4	15
<i>Cyathura carinata</i>	314	529	603	777	617	356	344	355	521	575
<i>Sphaeroma hookeri</i>	0	0	0	66	105	85	148	136	385	391

L'équilibre trophique a été analysé en rapport avec la densité totale et la richesse spécifique du peuplement de la macrofaune benthique aux stations étudiées. L'analyse conjointe de la figure 3 et de la figure 6b, montre une répartition spatiale comparable de la densité totale du peuplement, d'une part, et l'abondance des 'Dt' et dans une moindre mesure des 'S', d'autre part. Ces deux groupes semblent bien expliquer la variabilité spatiale de l'abondance de la macrofaune dans la lagune de Smir. La baisse de l'abondance totale (observée surtout au niveau des stations de l'amont) est en relation directe avec la régression des 'Dt' et en particulier des deux crustacés *Melita palmata* et *Sphaeroma hookeri* et l'absence quasi-totale des suspensivores due à la disparition, surtout estivale, de *Corophium acherusicum* qui représente 98% de cette catégorie trophique (Tabl. V). Les 'Ds', 'C', 'H' et 'Dss' sont faiblement représentés. Sur le plan qualitatif (Fig. 3 et 6a), seuls les 'Dt' montrent une évolution comparable à celle de la richesse spécifique totale. Cette dernière se trouve soutenue par les 'C', 'Ds' et 'S' dont le nombre d'espèces varie entre 1 et 5.

## DISCUSSION

Globalement, la structure du peuplement macrozoobenthique de la lagune de Smir est dominée en terme de densité et de richesse spécifique respectivement par les crustacés, les polychètes et les mollusques. La variabilité spatiale de la densité totale est essentiellement due aux espèces numériquement dominantes, comme *Melita palmata*, *Cyathura carinata*, *Corophium acherusicum*, *Sphaeroma hookeri* et *Hediste diversicolor*. Cette structure n'est pas caractéristique des peuplements lagunaires méditerranéens seulement, puisqu'elle se rencontre également dans les lagunes atlantiques marocaines de Merja Zerga (Bazaïri & Bayed 1998) et de Khnifiss (Bayed *et al.* 1988). Toutefois, dans les lagunes atlantiques de Sidi Moussa et de Oualidia, la structure taxonomique est différente ; elle est dominée par les mollusques suivis des crustacés puis des polychètes (Kersten *et al.* 1983, Chbicheb 1996)). Cet ordre de dominance est observé également au niveau d'autres lagunes méditerranéennes, comme celles de Biguglia en Corse (Clanzìg 1991) et des Bibans en Tunisie (Zaouali & Baeten 1985). Pour la lagune littorale méditerranéenne de Prévost (France), dont la surface (3,8 km<sup>2</sup> et 1 m de profondeur) est comparable à celle de Smir, la structure est essentiellement dominée par les mollusques et les polychètes, alors que les crustacés sont faiblement représentés (Amanieu *et al.* 1977).

Les douze stations étudiées peuvent être scindées en deux grands groupements de stations. Le premier regroupe les stations intérieures où la richesse spécifique « S » et la densité « A » présentent des valeurs moyennes faibles. La diversité « H' » et l'équitabilité « J' » y varient peu et caractérisent un peuplement purement paucispécifique. Le deuxième groupe rassemble les stations proches du goulet dont les valeurs de « S » et « A » sont plus élevées, mais, « H' » et « J' » sont *grosso modo* comparables à ceux du premier groupe. La séparation entre groupes de stations de l'aval et de l'amont dans la lagune de Smir a été déjà mise en évidence par Chaouti & Bayed (2005b). En termes de « H' » et « S », le peuplement de Smir est comparable à celui de la lagune de Prévost où « S » et « H' » présentent des valeurs moyennes allant respectivement de 8 à 22 espèces et de 1,43 à 2,74 bit/ind. (Amanieu *et al.* 1977) et celle de la lagune Sacca di Goro, Italie (respectivement 5 à 21 espèces et de 0,52 à 2,56 bit/ind.) (Mistri *et al.* 2001).

La variabilité spatiale du peuplement, illustrée par le modèle DIMO, se traduit par des changements dans la richesse spécifique et la diversité, alors que l'équitabilité reste relativement comparable d'une station à l'autre. Elle est donc de type 2 : « evenness-type ». Ce même constat s'applique aussi aux peuplements intertidaux de la lagune de Merja Zerga (Bazaïri *et al.* 2003). Si l'on considère séparément les deux groupes de stations de l'aval et de l'amont, la dynamique mise en évidence est de type 4 : « non-type » pour chacun d'eux. Ceci suggère que les trois paramètres « S », « H' » et « J' » sont changeants d'une station à l'autre à l'intérieur de chacun des deux groupes. Les stations 8 et 12, du groupe aval, sur vase fine et molle avec une couverture végétale dense (tapis d'algues et herbiers de zostères), présentent les richesses spécifiques les plus élevées de l'ensemble de la lagune. En revanche, les stations 4 et 10, du groupe amont, où la végétation fait défaut et où la vase est compacte, hébergent le moins d'espèces. Ce dernier groupe est moins diversifié mais plus homogène que celui cantonné en aval. De façon générale, il est à noter que la structure du peuplement macrobenthique de la lagune de Smir est marquée par un nombre restreint d'espèces qui dominent quantitativement, ce qui rapprocherait ce peuplement de ceux des milieux perturbés (Afli *et al.* 2009a, Blondel 1979).

Dans les écosystèmes perturbés, l'analyse de la structure du peuplement par les indices de diversité s'avère insuffisante et le recours aux diagrammes rang-fréquence est recommandé (Frontier 1976). Le macrozoobenthos de la lagune de Smir se situe entre les stades 1 et 2 de Frontier

(1976), ce qui caractérise les écosystèmes en état encore immature mais proche de la maturité comme c'est le cas dans d'autres écosystèmes côtiers (Labourg 1980). Ceci explique la présence, parmi les taxons récoltés, d'un nombre restreint d'espèces dont la dominance est bien plus élevée. Le stade 3 de Frontier qui correspond à une fin de succession ou bien à une maturité maximale des assemblages macrobenthiques est absent dans la lagune de Smir (Chaouti 2003, Chaouti & Bayed 2005b).

L'absence d'un gradient faunistique évident entre les parties amont et aval de la lagune de Smir semble être en rapport avec la dominance des crustacés qui présentent, en général, une distribution spatiale plus large comparée à celles des polychètes et des mollusques. Ce comportement singulier des crustacés est en relation avec leur plus grande mobilité.

En termes de diversité fonctionnelle, les détritivores et les suspensivores sont bien représentés (Chaouti *et al.* 2001, Chaouti & Bayed 2005b) et la variabilité spatiale comparée de ces deux groupes indique une faible interaction trophique entre eux, car ils n'utilisent pas la même catégorie dimensionnelle, mais partagent les mêmes ressources trophiques (Hily 1984). Les premiers sont macrophages, se nourrissent de débris surtout végétaux et sont favorisés par la disponibilité continue d'une nourriture de nature végétale, en relation avec les tapis d'algues et de prairies de phanérogames assez développés ; les seconds sont microphages et consomment la matière organique et le phytoplancton en suspension régulièrement apportés par les courants (Chaouti *et al.* 2001). La faible représentativité des autres catégories trophiques telles que les déposivores de subsurface et les herbivores témoigne du déséquilibre de la structure trophique de la lagune de Smir. Toutefois, elle pourrait être imputée à une structuration spécifique plus faible.

Dans certains cas, la stabilité et la constance des groupes trophiques pourraient être tributaires de la capacité de certaines espèces à modifier leurs modes d'alimentation pour s'adapter aux changements dus à la nature de la ressource alimentaire et à sa disponibilité, d'où le signalement d'espèces à double potentialité à l'instar de *Owenia fusiformis* et *Ampelisca spinimana* en tant que déposivores et suspensivores (Bachelet 1981) et de *Scrobicularia plana* et *Macoma balthica* comme des suspensivores et détritivores (Robineau 1987). De même, la conservation d'un même schéma de dominance et l'absence d'alternances spatiales et temporelles entre les différents groupes trophiques, à l'échelle de la période d'étude, suggère l'absence d'une compétition intergroupes dans ce peuplement.

L'absence quasi-totale des herbivores, malgré la présence de tapis d'algues et d'herbiers de phanérogames, au profit des détritivores évoque encore la possibilité d'une compétition interspécifique entre ces deux groupes différents mais qui appartiennent tous les deux à l'ensemble des macrophages. Il est à noter aussi qu'un nombre limité d'espèces réduit la compétition interspécifique, mais peut favoriser une compétition intraspécifique dans le cas d'une

forte abondance (Kristensen 1968) comme c'est le cas du peuplement de la lagune de Smir.

Durant notre campagne d'échantillonnage, nous n'avons pas trouvé d'individus vivants de l'herbivore *Hydrobia ulvae*. Seules des coquilles vides ont été récoltées. En mars 2002, l'espèce *H. ulvae* a été rencontrée avec des abondances élevées, alors qu'elle était absente durant plus de 18 mois de suivi. Ceci expliquerait dans une certaine mesure le degré d'adaptation d'une biocénose marine euryhaline et eurytherme et montre le rôle prépondérant que jouent les conditions physico-chimiques (ou environnementales) et tout particulièrement la température et la salinité dans l'exclusion de certaines espèces ou groupes d'espèces, d'où la sélection de tel ou tel groupe trophique (Afli *et al.* 2008, 2009b).

Une relation fonctionnelle directe entre la nature du sédiment et la dominance de certains groupes trophiques a été déjà établie dans plusieurs écosystèmes marins côtiers (Sanders 1958, Rhoads & Young 1970, Levinton 1972, Bachelet 1981, Hily 1984, Sanz 1986, Dauvin 1988, Grall & Glémarec 1997, Bazairi *et al.* 2003). Dans le cas de la lagune de Smir, cette relation n'est pas vérifiée car les déposivores de surface et les déposivores de sub-surface connus pour être mieux représentés sur substrats envasés, sont presque absents. La dominance de la fraction vaseuse dans les sédiments de la lagune (excepté le banc de sable localisé à proximité du goulet) montre le faible niveau énergétique qui règne dans cet écosystème surtout dans les parties internes. Selon McLusky & McIntyre (1988), les déposivores sont favorisés par une vitesse du courant d'eau faible contrairement aux suspensivores qui exigent un courant plus fort. Ceci explique encore la présence numérique très prononcée des suspensivores au niveau des stations de l'aval où la vitesse des courants de marées est plus élevée. Il y aurait donc d'autres facteurs, en plus des facteurs édaphiques, hydrodynamiques et ceux liés au taux de recouvrement du couvert végétal, qui agiraient dans le contrôle des structures taxonomique et trophique dans la lagune de Smir. Par ailleurs, le trait majeur de la dynamique à court terme de ce peuplement méditerranéen montre une quasi absence de saisonnalité évidente au niveau spécifique et fonctionnel exception faite pour les crustacés *Melita palmata* et *Corophium acherusicum*.

Les organismes benthiques étant d'excellents intégrateurs des conditions du milieu, on comprend aisément que la fragilité du peuplement macrobenthique soit le reflet de l'instabilité du milieu. Aussi, peut-on attribuer cette pauvreté en espèces à un milieu très sélectif ? De plus, la position géographique du site de Smir qui permet son exposition en continu aux courants océaniques transitant par le détroit de Gibraltar, expliquerait en large partie l'absence d'une image type d'un peuplement méditerranéen (Bellan-Santini *et al.* 1994) dans cet écosystème lagunaire.

#### Remerciements

Nous remercions Dr H. Bazairi pour son aide sur le terrain et au laboratoire et MM. M. Boukari, M. Laami, A. Aqil pour leur

assistance technique et Dr A. Afli pour l'amélioration de la qualité du manuscrit. Ce travail a été financé dans le cadre du projet

MECO du programme INCO-DC de la Commission Européenne (Contrat n° ERB IC118-CT98-0270).

## Références

- AEFCS (Administration de Eaux et Forêts et de la Conservation des Sols) 1996. *Plan Directeur des Aires Protégées du Maroc*. Groupement BCEOM-SECA Montpellier, France, Volume 3 : Les Sites d'Intérêt Biologique et Ecologique du Domaine Littoral, 166 p.
- Afli A. & Chenier F. 2002. Etat de santé de la macrofaune benthique et rôle des espèces invasives dans le golfe du Morbihan (Bretagne, France). *Vie Milieu*, 52, 1, 43-57.
- Afli A., Ayari R. & Brahim M. 2008. Trophic organization of the macro-zoobenthos assemblages within coastal areas subjected to anthropogenic activities. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.*, 88, 4, 663-674.
- Afli A., Boufahja F., Sadraoui S., Ben Mustapha K., Aissa P. & Mrabet R. 2009a. Functional organization of the benthic macrofauna within Bizerte lagoon (south-western Mediterranean), almost-closed area subjected to strong environmental variations. *Cah. Biol. Mar.*, 50, 105-117.
- Afli A., Chakroun R., Ayari R. & Aissa P. 2009b. Seasonal and spatial variability of the community and trophic structure of the benthic macrofauna within Tunisian lagoonal and marine coastal areas (south-western Mediterranean). *J. Coastal Res.*, 25, 6, 1198-1209.
- Aksissou M. 1997. *Dynamique des populations d'Orchestia gammarellus* (Pallas, 1766) - Crustacea, Amphipoda, Talitridae - du littoral méditerranéen du Maroc occidental et impact des aménagements. Thèse de Doct. Etat, Univ. Abdelmalek Essaadi, Tétouan (Maroc), 145 p.
- Aksissou M. & Elkaïm B. 1996. Cycle reproducteur d'une population d'*Orchestia gammarellus* (Crustacea, Amphipoda) dans le lac Smir. *Mediterranea, serie de estudios biológicos*, 5-11.
- Amanieu M., Guélorget O. & Michel P. 1977. Richesse et diversité de la macrofaune benthique de la lagune littorale méditerranéenne de Prévost. *Vie Milieu*, 27, 1, ser. B, 85-109.
- Bachelet G. 1981. Données préliminaires sur l'organisation trophique d'un peuplement benthique marin. *Vie Milieu*, 31, 3-4, 205-213.
- Barbault R. 1981. *Ecologie des populations et des peuplements. Des théories aux faits*. Masson ed., Paris, 208 p.
- Bayed A. & Chaouti A. 2001. Caractérisation physico-chimique des eaux de la lagune de Smir en été. *Rapp. Comm. int., Mer Médit.*, 36, 356.
- Bayed A., El Agbani M-A., Fekhaoui M. & Schouten J.R. 1988. Benthos of soft substrates in the intertidal zone of the Khnifiss lagoon. In : Dakki & Ligny (eds) - The Khnifiss lagoon and its surrounding environment (Province of La'youne, Morocco). *Trav. Inst. Sci.*, Mém. hors série, 71-80.
- Bazaïri H. & Bayed A. 1998. Recherches sur la biotypologie des Mollusques de la lagune de Moulay Bousselham, Maroc. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, 35, 520-521.
- Bazaïri H., Bayed A., Glémarec M. & Hily C. 2003. Spatial organisation of macrozoobenthic communities in response to environmental factors in a coastal lagoon of the NW African coast (Merja Zerga, Morocco). *Oceanologica Acta*, 26, 457-471.
- Bekkali R. 1987. *Les ostracodes du lac Smir (Maroc Nord-Occidental)*. Thèse 3<sup>ème</sup> cycle, Univ. Mohammed V, Rabat (Maroc), 165 p.
- Bellan-Santini D., Lacaze J.C. & Poizat C. 1994. Les biocénoses marines et littorales de Méditerranée. Synthèse, menaces et perspectives. Collection Patrimoines naturels, Secrétariat de la faune et de la flore / Museum National d'Histoire Naturelle publication, Paris, n° 19, 246 p.
- Blondel J. 1979. *Biogéographie et écologie*. Masson ed., Paris, 173 p.
- Chaouti A. 2003. *Biotypologie du macrozoobenthos de la lagune méditerranéenne de Smir : Analyses spatiale et spatio-temporelle*. Thèse Doctorat, Univ. Mohammed V, Rabat, 302 p.
- Chaouti A. & Bayed A. 2005a. Effets d'une perturbation anthropique sur les conditions hydrologiques de la lagune de Smir (Nord-Ouest, Maroc). *Rev Sci Eau*, 18 h.s., 181-197.
- Chaouti A. & Bayed A. 2005b. Diversité taxonomique et structure de la macrofaune benthique des substrats meubles de la lagune de Smir (Maroc). In : Bayed & Scapini (eds). Ecosystèmes côtiers sensibles de la Méditerranée : cas du littoral de Smir. *Trav. Inst. Sci.*, Rabat, Série Générale, 4, 33-42.
- Chaouti A., Bayed A. & Benazzou T. 2001. Données préliminaires sur la diversité spécifique et fonctionnelle du zoobenthos de la lagune de Smir (Maroc). *Rapp. Comm. int., Mer Médit.*, 36, 372.
- Chassé C. & Glémarec M. 1976. Principes généraux de classification des fonds pour la cartographie bio-sédimentaire. *J. Rech. Océanogr.*, 1, 3, 1-18.
- Chbicheb M. 1996. *Organisation biogéologique d'un bassin paralique : la lagune de Oualidia (côte atlantique marocaine)*. Thèse Doctorat, Université de Nantes, (France), 167 p.
- Clanzig S. 1991. Le benthos de la lagune de Biguglia (Corse), tendances évolutives du milieu. *Document du Centre Interdisciplinaire d'Etudes Littorales* (C. I. E. L.), n° 12, 53 p.
- Dakki M. & El Agbani M.A. 1995. The Moroccan wetlands: diversity and human impact. In : Bases ecologicas para la restauracion de humedales en la cuenca mediterranea. Consejo de meio Ambiente. Junta de Andalucia, 299-307.
- Dauvin J-C. 1988. Structure et organisation trophique du peuplement des sables grossiers à *Amphioxus lanceolatus* - *Venus fasciata* de la baie de Morlaix (Manche occidentale). *Cah. Biol. Mar.*, 29, 163-185.
- Frontier S. 1976. Utilisation des diagrammes rangs-fréquence dans l'analyse des écosystèmes. *J. Rech. Océanogr.*, 1, 3, 35-48.
- Grall J. & Glémarec M. 1997. Biodiversité des fonds de maërl en Bretagne : approche fonctionnelle et impacts anthropiques. *Vie Milieu*, 47, 4, 339-349.
- Hajib S. & Bayed A. 2005. Aménagement et gestion de la zone humide de Restinga-Smir : une responsabilité collective. In : Bayed & Scapini. (eds). Ecosystèmes côtiers sensibles de la Méditerranée : cas du littoral de Smir. *Trav. Inst. Sci.*, Série Générale, 4, 97-108.
- Hily C. 1984. *Variabilité de la macrofaune benthique dans les milieux hypertrophiques de la rade de Brest*. Thèse de Doct. Etat. Univ. Bretagne Occidentale, Brest (France), 696 p.
- Hily C. & Bouteille M. 1999. Modifications of the specific diversity and feeding guilds in an intertidal sediment colonized by an eelgrass meadow (*Zostera marina*) (Brittany, France). *C. R. Acad., Sci.*, 322, 1121-1131.
- Kersten M., Piersma T., Smit C. & Zegers P. 1983. *Wader migration along the Atlantic coast of Morocco*. Marsh 1981. Report Netherlands Morocco Expedition 1981. RIN Report n° 83/20, Texel, 219 p.

- Kristensen I. 1968. Preference of euryhaline species for brackish and supersaline waters. *Vie Milieu, Troisième Symp. Europ. Biologie Mar.*, suppl. n° 22, Vol. II, 811-825.
- Labourg P.J. 1980. Structure et évolution de la macrofaune invertébrée des écosystèmes lagunaires aménagés du bassin d'Arcachon. Application du concept de stratégie cœnotique. In : Recherches d'écologie théorique. Les stratégies adaptatives. Maloine ed, Paris, Vol I, pp. 279-295.
- Levinton J. 1972. Stability and trophic structure in deposit-feeding and suspension-feeding communities. *Am. Nat.*, 106, 472-486.
- Louah A., Saoud Y. & Ramdani M. 1993. *Recherches hydrobiologiques et écologiques sur le complexe des marais de Restinga-Smir. Une contribution à la connaissance faunistique et écologique.* In : Berriane & Laouina (eds). Aménagement littoral et évolution des côtes : l'environnement des côtes marocaines en péril. *Publication du Comité National de Géographie du Maroc*, 35-39.
- McLusky D.S. & McIntyre A.D. 1988. Characteristics of the fauna. In : Postma & Zijlstra (eds). *Continental Shelves. Ecosystems of the World 27*, Elsevier, pp. 131-151.
- McNaughton S.J. 1978. Stability and diversity of ecological communities. *Nature*, 274, 251-253.
- Mistri M., Rossi R. & Fano A. 2001. Structure and secondary production of a soft bottom macrobenthic community in a brackish lagoon (Sacca di Goro, north-eastern Italy). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 52, 605-616.
- Pielou E.C. 1966. Shannon's formula as a measure of specific diversity : its use and measure. *Amer. Natur.*, 100, 463-465.
- Qinghong L. 1995. A model for species diversity monitoring at community level and its application. *Environmental monitoring and assessment*, 34, 271-284.
- Rhoads D.C. & Young D.K. 1970. The influence of deposit-feeding organisms on sediment stability and community trophic structure. *J. Mar. Res.*, 28, 2, 150-177.
- Robineau B. 1987. Caractérisation des peuplements macrozoobenthiques de l'estuaire de la Loire. *Vie Milieu*, 37, 2, 67-76.
- Sanders H.L. 1958. Benthic study in the Buzzards Bay. I.: Animal-sediment relationships. *Limnol. Oceanogr.*, 3, 3, 245-258.
- Sanz A. 1986. Evolution des paramètres de structure des peuplements annéliens des fonds infralittoraux situés au large du bassin d'Arcachon. *Cah. Biol. Mar.*, 27, 2, 133-152.
- Shannon C. & Weaver W. 1963. *The mathematical theory of communication.* University Illinois Press, Urbana, Illinois, 117 p.
- Shepard F.P. 1954. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. *J. Sed. Petrology*, 24, 151-158.
- Stitou El Messari J. & Pulido-Bosch A. 1995. Impacts anthropiques sur l'aquifère alluvial de Smir (Tétouan, Maroc). *Hydrogéologie*, 3, 39-46.
- Trask P.D. 1932. *Origin and environment of source sediments of petroleum.* Gulf Publ. Co., Houston, 67 p.
- Zaouali J. & Baeten S. 1985. Etude des peuplements animaux macrobenthiques de la zone centrale et du bassin oriental de la mer des Bibans (Tunisie méridionale) par la méthode de l'analyse factorielle des correspondances. *Rapp. Comm. int. Mer Médit*, 29, 4, 199-203.

Manuscrit reçu le 21 août 2010

Version modifiée acceptée le 25 février 2011