

Diversité taxonomique et structure de la macrofaune benthique des substrats meubles de la lagune de Smir

Abdellatif CHAOUTI & Abdellatif BAYED

Université Mohammed V – Agdal, Institut Scientifique, Unité de Recherche OCEMAR, B.P. 703 Agdal,
10106 Rabat, Maroc. e-mail : chaouti@israbat.ac.ma ; bayed@israbat.ac.ma

Résumé. La macrofaune benthique de la lagune de Smir (nord-ouest du Maroc) a été étudiée à partir de prélèvements réalisés entre mai 1999 à novembre 2000. Parmi les 37 espèces recensées (32,4% de crustacés, 27,0% de polychètes, 18,9% de mollusques et 21,7% de divers) durant cette étude (en plus de 5 espèces récoltées dans d'autres séries d'échantillonnages), 35 sont déclarées pour la première fois pour le site soit 83%. La structure taxonomique de la macrofaune est différente par rapport à celle établie avant les aménagements qui ont touché la lagune de Smir. La lagune de Smir présente une composition faunistique dont 52,4% des espèces sont communes avec les lagunes atlantiques marocaines contre seulement 28,5% partagées avec la lagune de Nador. Les espèces *Hediste diversicolor*, *Sphaeroma hookeri*, *Cyathura carinata*, *Corophium acherusicum* et *Melita palmata* dominent par plus de 90% l'abondance totale de la macrofaune de la lagune. Les richesses spécifiques et les indices de diversité sont plus élevés dans les stations proches de la communication avec la mer que dans les stations plus internes. Le peuplement a été qualifié de juvénile en début de stade de maturité. Il s'agit d'un peuplement paucispécifique caractérisé par une organisation simple et qui se trouve constamment stressé par les conditions environnementales changeantes.

Mots clés : mer Méditerranée, lagune de Smir, macrozoobenthos, diversité taxonomique, structure du peuplement.

Taxonomic diversity and structure of the soft-bottom benthic macrofauna of Smir lagoon

Abstract. A survey on the macrozoobenthos is carried out in Smir lagoon (northwest of Morocco) from May 1999 to November 2000). 37 species (32.4% of crustaceans, 27.0% of polychaetes, 18.9% of molluscs and 21.7% of others) are sampled in the temporal survey. Five others species are collected during other sampling. 35 species (83%) are new for this Mediterranean coastal lagoon. On the other hand, its taxonomic structure is different in comparison with one established before the changes that affected Smir lagoon. The structure of macrofauna presents 52.4% of the species common to the Moroccan Atlantic lagoons and only 28.5% are common to the Mediterranean lagoon of Nador. The species *Hediste diversicolor*, *Sphaeroma hookeri*, *Cyathura carinata*, *Corophium acherusicum* and *Melita palmata* dominate the macrofauna community of the lagoon and represent more than 90%. These species are typical inhabitants of coastal lagoons. Furthermore species richness and diversity are higher in the stations closer to the sea compared to the more inland stations. Smir lagoon shelters a juvenile macrofauna community at the beginning of its maturity stage. The latter is an impoverished community with few species characterized by a simple organization, which is constantly stressed by the changing environmental conditions.

Key words: Mediterranean Sea, Smir lagoon, macrozoobenthos, taxonomic diversity, community structure.

INTRODUCTION

La lagune et les marais de Smir est un complexe de zones humides parmi les plus remarquables du nord du Maroc et l'un des plus originaux de la Méditerranée. La lagune de Smir constitue avec la lagune de Nador, les embouchures de l'Oued Moulouya et de l'Oued Laou, les plus importantes zones humides du littoral méditerranéen marocain. L'ensemble du complexe de Smir présente aussi un intérêt écologique considérable et héberge un grand nombre d'espèces animales et végétales diversifiées d'intérêt pour la biodiversité marocaine, nord-africaine ou méditerranéenne (Bayed & El Agbani 2002).

Le fonctionnement de cette lagune méditerranéenne a été affecté par la réalisation d'aménagements dont la construction d'un barrage en amont sur l'Oued Smir et l'édification d'un port de plaisance à son embouchure qui ont modifié son système hydrologique et ont induit une salinisation progressive des eaux. Cette augmentation de la salinité a influencé de façon déterminante la composition, la

structure et le fonctionnement du compartiment biotique qui s'est modifié graduellement, ce qui s'est traduit par l'installation progressive de formations végétales halophytes dans les marais et l'intrusion d'espèces marines dans le plan d'eau lagunaire avec la disparition totale d'espèces dulçaquicoles (Bayed & El Agbani 2002).

La présente étude fait partie d'un ensemble de travaux pluridisciplinaires et collectifs effectués dans le cadre du projet MECO (1999-2001) « *Baseline research for the integrated sustainable management of Mediterranean sensitive coastal ecosystems* ». Elle se penche sur le macrozoobenthos de la lagune de Smir. Cette catégorie faunistique constitue une composante clé et indispensable dans l'organisation trophique des écosystèmes lagunaires et une source de nourriture pour de nombreux consommateurs de rangs supérieurs (avifaune aquatique et ichthyofaune en particulier). Elle joue ainsi un rôle primordial dans la caractérisation et le fonctionnement de ces écosystèmes littoraux et en constitue un bon indicateur de leur état de santé.

Les travaux entrepris jusqu'à présent dans la lagune ont intéressé plusieurs compartiments biotiques mais avaient un caractère ponctuel pour la plupart (Bekkali 1987, Aksissou 1989, 1997, Louah *et al.* 1993). Le présent travail complète les études antérieures, apporte de nouvelles connaissances sur le fonctionnement de cet écosystème et constitue une étude de base pour la diversité taxonomique et la structure du peuplement macrozoobenthique de la lagune de Smir.

MATERIEL ET METHODES

Site d'étude

La lagune 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°43'N et 5°20'W) en fait la lagune la plus occidentale du bassin méditerranéen. Le climat qui règne dans cette région est de type méditerranéen caractérisé par un hiver doux et humide et par un été chaud et sec. La température moyenne annuelle est de 16°C et la pluviométrie annuelle est supérieure à 600 mm en moyenne répartie entre octobre et avril.

La lagune de Smir recouvre une superficie de 3 km² environ, sa profondeur maximale est de 2,5 m pour une profondeur moyenne de 1,5 m. Elle reçoit de façon réduite les eaux de l'Oued Smir dont les apports ont été diminués depuis la construction du barrage en 1991 (Stitou El Messari & Pulido Bosch 1995). Elle reçoit par un autre chenal dénommé ici « chenal des marais » les eaux provenant des marais qui s'étendent entre le plan d'eau de la lagune et la localité de M'diq. Cet écosystème lagunaire communique avec le port de Kabila, puis avec la mer à travers un goulet et subit de façon régulière les mouvements de la marée dont l'amplitude moyenne peut atteindre 1 m. La salinité¹ dans la lagune varie en général entre 30 après 40 mais qui peut baisser jusqu'à 9 dans certaines zones selon les saisons, les arrivées d'eaux douces et l'amplitude des marées (Bayed & Chaouti 2001), ce qui permet de qualifier son eau de mésohaline en hiver et d'euhaline en été. La température de l'eau varie entre 12°C (hiver) et 32°C (été) (données de l'année 2000, Bayed & Chaouti 2001). En été, les eaux chaudes venant du chenal des marais marquent les eaux de la lagune dont la température et celle du sédiment augmentent simultanément. Dans ce dernier, les valeurs peuvent atteindre 28°C. L'intérieur de la lagune, éloigné de ce chenal, présente des températures plus faibles. Le substrat de la lagune est meuble et est dominé par des faciès envasés et les quelques zones sableuses se rencontrent principalement dans le secteur proche du goulet. Ces fonds sont largement tapissés d'algues (*Enteromorpha linza*, *Ulva lactuca*...) et de phanérogames telles que *Ruppia maritima* et *Zostera noltii*.

Echantillonnage de la macrofaune benthique

La macrofaune benthique de la lagune de Smir a été étudiée à l'aide de 12 stations échantillonnées en 10 campagnes,

entre mai 1999 et novembre 2000 (Fig. 2). Le moyen d'échantillonnage est un carottier de 1/16 m² de surface. Pour chaque station un total de 1/4 m² a été prélevé jusqu'à une profondeur de 30 cm dans le sédiment. Les échantillons sont immédiatement tamisés sur une toile en nylon de 1 mm² de vide de maille. Les refus de tamis sont fixés et conservés dans l'eau de mer formolée à 8%. Au laboratoire, les échantillons sont triés et la faune est conservée dans l'alcool à 70° avant les opérations d'identification et de comptage. La majorité des macroinvertébrés benthiques sont déterminés jusqu'au rang de l'espèce à l'exception de quelques taxons tels que les németes et les larves d'insectes.

Analyse des données

Les données de base considérées ici sont le nombre d'espèces ou richesse spécifique S et l'abondance A qui peut être exprimée en densité moyenne ou totale (N/m²). L'analyse de la structure du peuplement de la lagune fait appel à plusieurs indices : indice de McNaughton connu aussi par indice de dominance ID (=somme des dominances des espèces occupant les deux premiers rangs dans un échantillon), indice de diversité de Shannon-Wiener H' (Shannon & Weaver 1963) et indice de Pielou ou équitabilité J' (Pielou 1966) qui permet de rapporter la diversité observée à la diversité maximum. Les trois indices H' , J' et S sont considérés dans le modèle DIMO (Qinghong 1995) grâce à une représentation graphique synthétique qui permet de visualiser simultanément les valeurs de ces indices. Les distributions des densités ont été ajustées au modèle mathématique log-linéaire de Motomura (Daget 1976). Le suivi de l'évolution de la structure démographique de la macrofaune benthique a été effectué à l'aide des diagrammes rang-fréquence (Frontier 1976) dans le but de permettre de comparer et de visualiser l'évolution spatiale du peuplement de chacun des secteurs de la lagune.

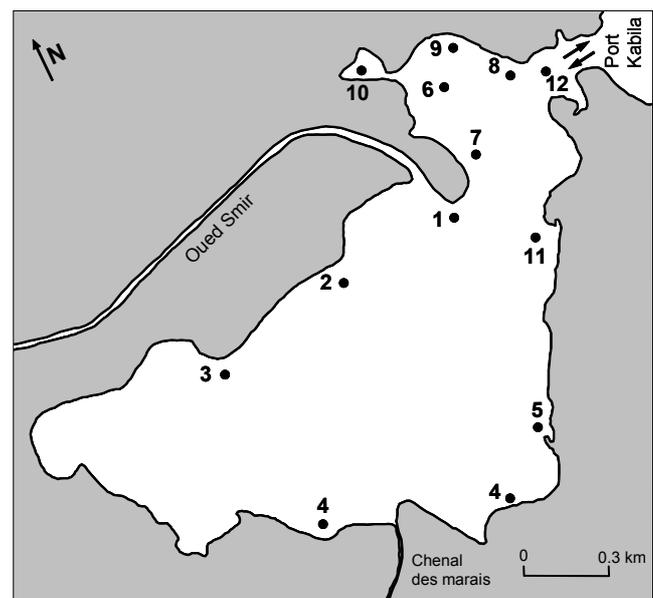


Figure 1. Localisation des stations d'échantillonnage du macrozoobenthos dans la lagune de Smir.

¹ La salinité est un nombre sans dimension (Unesco, 1981) selon l'échelle de salinité pratique (Practical Salinity Scale 1978 ou PSS 1978); Voir également l'ouvrage *Hydrologie des écosystèmes marins Paramètres et analyses* de Aminot & Kerouel (2004).

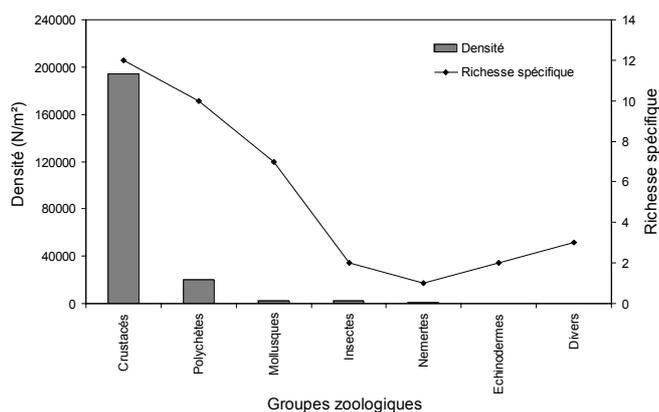


Figure 2. Distribution qualitative et quantitative des différents groupes zoologiques de la lagune de Smir.

RESULTATS

Trente sept taxons de la macrofaune benthique appartenant à huit groupes zoologiques ont été recensés durant la présente étude (Tab. I) à partir de 218 810 individus récoltés dans 120 prélèvements effectués en dix campagnes de mai 1999 à novembre 2000. Cinq autres espèces ont été récoltées dans d'autres séries d'échantillonnage, ce qui porte le nombre total des espèces à 42. Les crustacés, polychètes et mollusques dominent qualitativement cette structure biotique avec près de 80% de la richesse spécifique totale (respectivement 32,4%, 27,0% et 18,9%) (Fig. 2). La dominance qualitative des crustacés se manifeste également sur le plan quantitatif en totalisant 88% de l'ensemble des effectifs (Tab. II, Fig. 2), suivis successivement par les polychètes, larves d'insectes diptères et mollusques. Trois espèces de crustacés ont des dominances qui dépassent les 10% : *Melita palmata* (36,4%), *Cyathura carinata* (27,1%) et *Corophium acherusicum* (15,8%).

La richesse spécifique et la densité montrent une grande variabilité spatiale entre les stations (Fig. 3), mais évoluent de façon synchrone et sont significativement corrélées au seuil de 95% ($p < 0,005$; $r = 0,86$).

La représentation graphique synthétique des trois indices S , H' et J' , à l'aide du modèle DIMO (Fig. 4) permet de distinguer deux groupes de stations et illustre de façon claire le passage de l'aval vers l'amont de la lagune qui s'accompagne d'une diminution de la richesse spécifique et de l'indice Q ($= H'/\sin(\alpha)$). Le premier groupe rassemble les stations 1, 5, 6, 7, 8, 9, 11 et 12 qui se localisent près du goulet de communication avec la mer (partie aval). Les indices S et A y sont élevés (respectivement $9 \pm 0,5$ et $2\,758 \pm 873$ ind./m²). La valeur maximale de S était observée au niveau de la station 8 (17 espèces), la valeur maximale de A a été notée au niveau de la station 9 (19 080 ind./m²). Le deuxième groupe de stations se trouve dans les secteurs plus éloignés du goulet (stations 2, 3, 4 et 10). Les valeurs moyennes des deux indices S et A y sont plus faibles (respectivement $6 \pm 0,6$ et $1\,003 \pm 303$ ind./m²) avec

une richesse spécifique ne dépassant pas sept espèces en général. Cette diminution est plus confirmée dans la station 10 avec $5 \pm 2,3$ espèces et 496 ± 517 ind./m² en moyenne.

L'indice de Shannon-Wiener H' varie entre 1,33 bits (station 4) et 1,84 bits (station 12) (Tab. III) et les stations de l'aval marquent presque toutes des valeurs de diversité au dessus de la valeur moyenne générale (1,59 bits) contrairement aux stations de l'amont dont les valeurs restent globalement inférieures à 1,54 bits. Les faibles valeurs de H' notées ici témoignent de la dominance d'un groupe restreint d'espèces, mais à forts effectifs. En effet, plus de 95% de l'abondance totale est due à cinq espèces dominantes : *Melita palmata*, *Cyathura carinata*, *Sphaeroma hookeri*, *Corophium acherusicum* et *Hediste diversicolor*.

L'évolution spatiale de l'équitabilité J' diffère de celle de l'indice de diversité H' et varie peu entre 0,51 et 0,67 (Tab. III). Au niveau de la zone aval, J' est relativement comparable (autour de 0,56) entre les stations 1, 6, 7, 8, 9, 11, 12. En revanche, dans la zone amont, la moyenne générale est de $0,61 \pm 0,04$, mais deux stations montrent des valeurs supérieures aux autres atteignant 0,67 et 0,63 respectivement pour les stations 3 et 10.

Les variations de la constante de Motomura m calculée sur les densités (Tab. III) sont assez comparables aux variations de l'indice de Shannon-Wiener, puisque m oscille entre 0,41 (station 10) à 0,59 (station 12). Les valeurs les plus faibles sont enregistrées au niveau des stations amont (entre 0,41 et 0,47) alors que les plus élevées sont affichées par les stations aval (entre 0,52 et 0,59) (Tab. III).

Les distributions d'abondances spécifiques (non représentées ici) se rapprochent de la log-linéarité dans la majorité des stations de la lagune de Smir. Avec une moyenne de 73% (valeurs comprises entre 63,7% et 81,5%), l'indice de McNaughton ID (Tab. III) montre la dominance d'un nombre restreint d'espèces. L'analyse de la corrélation r (Tab. III) entre le logarithme des abondances et le rang occupé par les espèces a été employé pour évaluer l'ajustement de nos données au modèle log-linéaire de Motomura ; celui-ci est considéré meilleur au seuil de $r \geq 0,95$ pour toutes les stations de la lagune.

Les diagrammes rang-fréquence établis pour chacune des douze stations en calculant une situation moyenne à partir des dix campagnes d'échantillonnage (Fig. 5). Mise à part la station 9 qui présente une allure de stade 1 de Frontier (début de succession) et dans une moindre mesure la station 10, toutes les autres stations, caractérisées par au moins trois espèces ayant chacune une fréquence supérieure à 10%, montrent des courbes caractéristiques d'une situation intermédiaire entre les stades 1 et 2 de Frontier où les indices de diversité H' et J' peuvent atteindre des valeurs maximales de 1,85 bits (stations 12) et 0,67 (station 3). La station 9 est caractérisée par la dominance exclusive de l'amphipode *Melita palmata* qui accuse une abondance relative (dominance) atteignant 66,4% avec ID élevé (78%) et H' faible (1,6 bits) (Tab. III).

Tableau I. Analyse comparée de la liste du macrozoobenthos établie par la présente étude avec celles des études précédentes dans la lagune de Smir.

Groupes taxonomiques	Espèces	Présente étude	Akissou (1997)	Bekkali (1987)
Cnidaires	<i>Actinia</i> sp.	*		
Némertiens	Nemertea indét.	*		
Bivalves	<i>Acanthocardia echinata</i>		*	*
	<i>Cerastoderma glaucum</i>	*		
	<i>Crassostrea giga</i> (espèce introduite)	*		
	<i>Loripes lucinalis</i>	*		
	<i>Modiolus phaseolinus</i>		*	*
	<i>Scrobicularia plana</i>	*		
	<i>Tapes decussata</i>	*		
	<i>Tellina</i> sp.			*
	<i>Tellina tenuis</i>		*	*
Gastéropodes	<i>Actaeon tornatilis</i>		*	*
	<i>Aplysia depilans</i>	*		
	<i>Bittium reticulatum</i>		*	*
	<i>Haminoea navicula</i>	*		
	<i>Hydrobia ulvae</i>	*	*	*
	<i>Physa acuta</i>		*	
	<i>Physa fontinalis</i>		*	
	<i>Rissoa parva</i>	*		
	<i>Skeneia planorbis</i>		*	*
	<i>Turboella dolium</i>		*	*
Polychètes	<i>Alkmaria romijni</i>	*		
	<i>Amphitrite gracilis</i>	*		
	<i>Hediste diversicolor</i>	*	*	*
	<i>Heteromastus filiformis</i>	*		
	<i>Laeonereis glauca</i>	*		
	<i>Lumbrineris impatiens</i>	*		
	<i>Mercierella enigmatica</i>		*	*
	<i>Nephtys hombergii</i>	*		
	<i>Notomastus latericeus</i>	*		
	<i>Polydora giardi</i>	*		
	Sabellidae indét.	*		
	<i>Scolecopsis</i> sp.	*		
	<i>Streblospio</i> sp.	*		
Leptostracés	<i>Nebalia bipes</i>	*		
Tanaïdacs	<i>Tanais dulongii</i>		*	*
Décapodes	<i>Carcinus maenas</i>	*		
	<i>Palaemon elegans</i>	*		
	<i>Palaemonotes varians</i>		*	*
Mysidacés	<i>Mysis</i> sp.	*		
Isopodes	<i>Cyathura carinata</i>	*	*	*
	<i>Cylisticus</i> cf. <i>convexus</i>	*		
	<i>Dynamene</i> cf. <i>bidentata</i>	*		
	<i>Sphaeroma hookeri</i>	*	*	*
Amphipodes	<i>Corophium acherusicum</i>	*		
	<i>Corophium orientale</i>		*	*
	<i>Gammarus chevreuxi</i>		*	*
	<i>Gammarus pulex</i>		*	
	<i>Leptoccheirus pilosus</i>		*	*
	<i>Melita palmata</i>	*		
	<i>Orchestia gammarella</i>	*	*	
	<i>Talitrus saltator</i>	*	*	*
	<i>Talorchestia deshayesii</i>		*	*
	<i>Urothoe pulchella</i>	*		
Insectes	Coléoptères		*	*
	Diptères : larves (Chironomidae + Dolichopodidae) et adultes	*	*	*
Echinodermes	<i>Amphipholis squamata</i>	*		
	<i>Paracentrotus lividus</i>	*		
Poissons	<i>Syngnathus acus</i>	*		
	Gobiidae indét.	*		

Tableau II. Distribution des abondances relatives et totales entre les trois principaux groupes zoologiques avec leurs espèces dominantes indiquées chacune par son abondance moyenne.

Groupes zoologiques	Abondance relative	Totale (N/m ²)	Espèces dominantes	Abondances moyennes ± écart type
Polychètes	9,96%	26 024	<i>Streblospio</i> sp. <i>Hediste diversicolor</i> <i>Alkmaria romijni</i>	19,55 ± 26,14 173,58 ± 128,04 16,77 ± 24,16
Crustacés	88,00%	229 717	<i>Melita palmata</i> <i>Corophium acherusicum</i> <i>Cyathura carinata</i> <i>Sphaeroma hookeri</i>	735,76 ± 810,48 315,00 ± 44,20 567,45 ± 244,37 132,43 ± 145,75
Mollusques	0,87%	2 281	<i>Scrobicularia plana</i> <i>Cerastoderma glaucum</i>	15,60 ± 25,11 5,13 ± 5,56

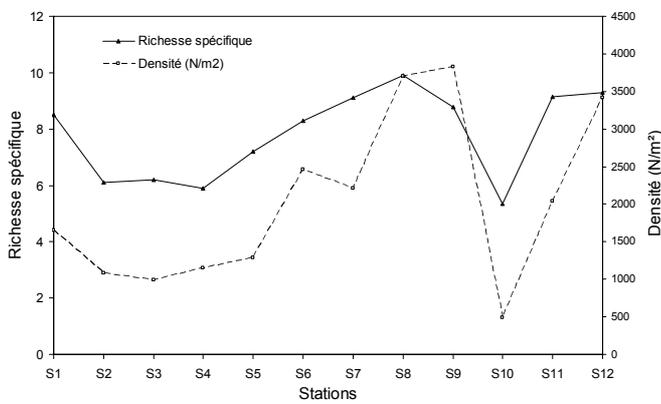


Figure 3. Evolution spatiale de la richesse spécifique et la densité de la macrofaune benthique de la lagune de Smir.

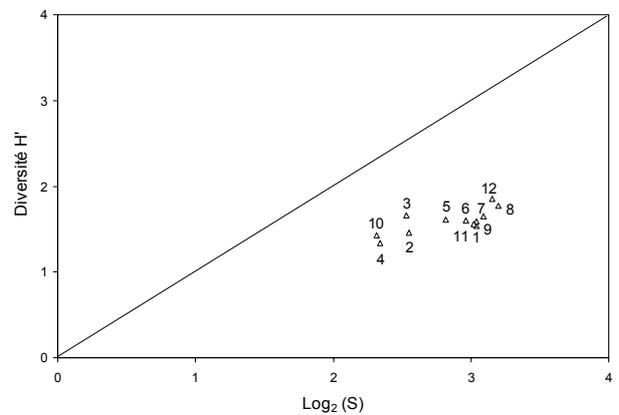


Figure 4. Positionnement des différentes stations étudiées en fonction de la richesse spécifique ($\text{Log}_2 S$) et la diversité H' ; la ligne diagonale représente l'équité J' maximale ($J' = 1$).

DISCUSSION

La structure taxonomique du peuplement benthique de la lagune de Smir est caractérisée par un cortège faunistique classique commun aux milieux lagunaires avec principalement des amphipodes, isopodes, polychètes, bivalves et gastéropodes (Amanieu *et al.* 1977, Bayed *et al.* 1988, 1998, Chbicheb 1996, Bazaïri *et al.* 2003, Chaouti *et al.* 2001, Mistri *et al.* 2002). Parmi les taxons recensés dans ce travail, signalons la récolte du polychète Ampharetidae *Alkmaria romijni* Horst, 1919 pour la première fois sur le littoral méditerranéen.

Le contingent d'espèces récoltées (37 espèces) est le plus complet jamais réalisé dans la lagune de Smir comparativement avec des études antérieures effectuées sur ce même site [22 espèces signalées par Bekkali (1987) et 27 par Aksissou (1997)]. Parmi les espèces récoltées dans le présent travail, 35 sont nouvellement déclarées pour la lagune de Smir, soit 85% de l'ensemble des espèces recensées. Parmi ce contingent faunistique, 18 espèces signalées antérieurement n'ont pas été rencontrées durant cette étude (Tab. I). Il s'agit de sept espèces de gastéropodes, trois espèces de bivalves, cinq espèces d'amphipodes, une espèce de polychètes, une espèce de

tanaïdacs et une espèce de décapode (Bekkali 1987, Aksissou 1997).

Tableau III. Ajustement des données au modèle log-linéaire de Motomura ; r, coefficient de corrélation de Bravais-Pearson (AR, ajustement assez rigoureux ($0,98 \leq r < 0,99$)); A, ajustement approximatif ($0,95 \leq r < 0,98$)); m, constante du milieu de Motomura ; ID, indice de McNaughton ; H' , indice de diversité de Shannon-Wiener ; J' , indice de Pielou ; S, richesse spécifique.

Stations	r	m	ID	H'	J'	S
S1	0,97 (A)	0,56	76,22	1,54	0,51	8,5
S2	0,97 (AR)	0,44	65,41	1,46	0,57	6,1
S3	0,97 (A)	0,44	68,64	1,66	0,67	6,2
S4	0,98 (AR)	0,45	72,44	1,33	0,61	5,9
S5	0,98 (AR)	0,47	65,59	1,61	0,57	7,2
S6	0,96 (A)	0,54	63,68	1,60	0,55	8,3
S7	0,98 (AR)	0,54	71,63	1,65	0,54	9,1
S8	0,98 (AR)	0,54	75,94	1,80	0,57	9,9
S9	0,98 (AR)	0,52	77,85	1,60	0,54	8,8
S10	0,98 (AR)	0,41	80,09	1,43	0,62	5,3
S11	0,97 (A)	0,58	69,76	1,55	0,56	9,3
S12	0,95 (A)	0,59	81,50	1,85	0,59	9,4

Tableau IV. Espèces communes entre la lagune de Smir et d'autres lagunes marocaines ; les espèces sont classées dans le tableau par ordre alphabétique. (1) Présente étude, (2) Zine & Menioui (1995), Boussalwa *et al.* (2000), (3) Bazaïri *et al.* (2003), (4) Chbicheb (1996), (5) Bayed *et al.* (1988).

Taxons	Smir (1)	Nador (2)	Merja Zerga (3)	Walidia (4)	Khnifiss (5)
<i>Actinia</i> sp.	*				
<i>Alkmaria romijni</i>	*		*		
<i>Amphipholis squamata</i>	*				
<i>Amphitrite gracilis</i>	*				
<i>Aplysia depilans</i>	*				
<i>Carcinus maenas</i>	*	*	*	*	
<i>Cerastoderma glaucum</i>	*	*		*	
Diptères Chironomidae	*	*	*		
<i>Corophium acherusicum</i>	*		*		
<i>Crassostrea gigas</i>	*		*		
<i>Cyathura carinata</i>	*		*		
<i>Cylisticus</i> cf. <i>convexus</i>	*				
Diptères Dolichopodidae	*		*		
<i>Dynamene</i> cf. <i>bidentata</i>	*				
<i>Gobius</i> sp.	*		*		
<i>Haminoea navicula</i>	*	*	*		
<i>Hediste diversicolor</i>	*	*	*	*	*
<i>Heteromastus filiformis</i>	*		*		
<i>Hydrobia ulvae</i>	*	*	*		
<i>Laeonereis glauca</i>	*				
<i>Loripes lucinalis</i>	*				
<i>Lumbrineris impatiens</i>	*	*			
<i>Melita palmata</i>	*		*		
<i>Mysis</i> sp.	*				
<i>Nebalia bipes</i>	*				
Nemertes indet.	*		*		
<i>Nephtys hombergii</i>	*	*	*	*	*
<i>Notomastus latericeus</i>	*		*		
<i>Orchestia gammarella</i>	*				
<i>Palaemon elegans</i>	*			*	
<i>Paracentrotus lividus</i> .	*	*	*	*	
<i>Polydora giardi</i>	*				
<i>Rissoa parva</i>	*	*			
Sabellidae indet.	*				
<i>Scolelepis</i> sp.	*				
<i>Scrobicularia plana</i>	*	*	*	*	
<i>Sphaeroma hookeri</i>	*		*		
<i>Streblospio</i> sp.	*				
<i>Syngnathus acus</i>	*				
<i>Talitrus saltator</i>	*				
<i>Tapes decussata</i>	*	*	*	*	
<i>Urothoe pulchella</i>	*				
Nombre de taxons communs avec la lagune de Smir		12	20	8	2

Tableau V. Importance relative des groupes zoologiques dans la lagune de Smir en comparaison avec d'autres lagunes marocaines ; C, crustacés ; M, mollusques ; P, polychètes.

	Smir (présente étude)	Nador (Menioui & Zine 1995)	Merja Zerga (Bazaïri <i>et al.</i> 2003)	Sidi Moussa (Kersten <i>et al.</i> 1983)	Walidia (Chbicheb 1996)	Khnifiss (Bayed <i>et al.</i> 1988)
Nombre de groupes zoologiques	8	10	15	3	4	4
Groupes zoologiques dominants	C > P > M	M > C > P	C > P > M	M > C > P	M > C = P	C > P > M
Nombre de stations	12	14	60	4	5	5
Nombre d'échantillons	120	174	362	4	10	28
Nombre de taxons	37	296	173	40	24	34

Tableau VI. Importance relative des groupes zoologiques dans la lagune de Smir en comparaison avec d'autres écosystèmes lagunaires méditerranéens ; C, crustacés ; M, mollusques ; P, polychètes.

	Smir - Maroc (présente étude)	Prévost - France (Amanieu <i>et al.</i> 1977)	Bibans - Tunisie (Zaouali & Baeten 1985)	Mauguio - France (Frisoni <i>et al.</i> 1988)	Biguglia - Corse (Clanzig 1991)
Nombre de groupes zoologiques	8	8	8	8	6
Groupes zoologiques dominants	C > P > M	P ≈ M > C	M > C > P	C > P = M	M > C > P
Nombre de stations	12	9	18	10	4
Nombre d'échantillons	120	135	18	10	37
Nombre d'espèces	37	63	69	34	18

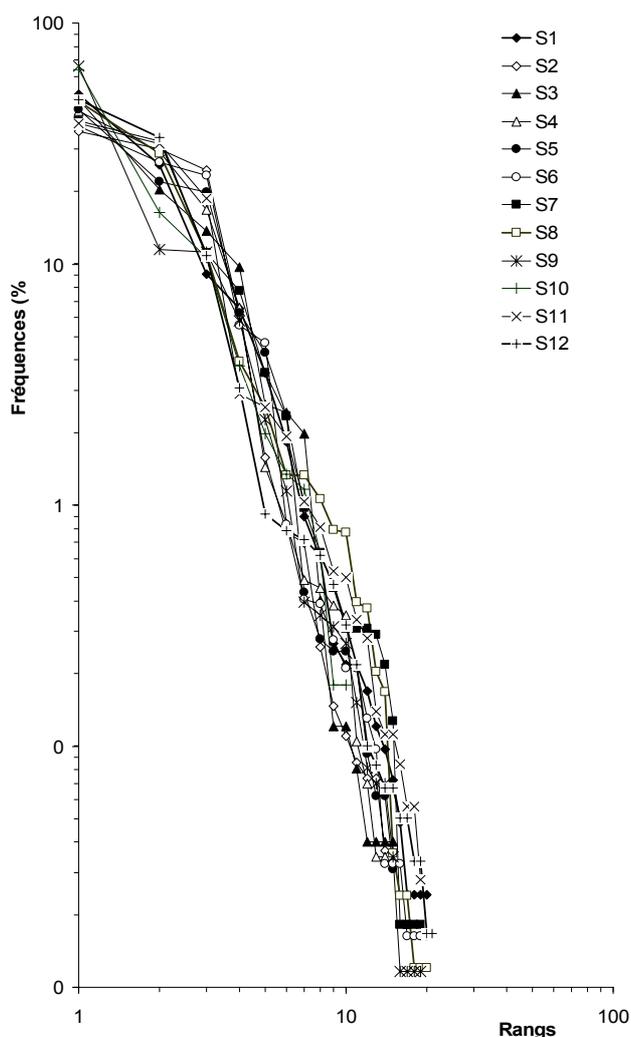


Figure 5. Diagrammes rang-fréquence de la macrofaune benthique au niveau des stations d'étude. La dominance de chaque espèce est portée sur une double échelle logarithmique en fonction du rang qu'elle occupe.

L'évolution temporelle de la densité totale moyenne montre de fortes amplitudes de variation (Fig. 6). Elle est marquée en décembre 1999 et mai 2000 par deux pics (respectivement 4500 ± 4728 ind./m² et 3800 ± 5318 ind./m²) en rapport avec une dominance nette de crustacés isopodes et amphipodes et plus particulièrement de *Cyathura carinata*, *Sphaeroma hookeri*, *Corophium acherusicum* et *Melita palmata*. La diminution de l'effectif observée pendant les périodes estivales est liée aux faibles effectifs des trois dernières espèces. La courbe de variation de la densité totale coïncide parfaitement avec celles des

amphipodes *M. palmata* et *C. acherusicum* et dans une moindre mesure avec celle de *C. carinata*. Ces trois espèces représentent à elles seules entre 47% et 91% de l'effectif total du macrozoobenthos de la lagune de Smir.

Les crustacés, polychètes et mollusques, par leurs richesses spécifiques et leurs abondances, conditionnent la structure du peuplement benthique de la lagune de Smir. A l'échelle du Maroc, la dominance de ces trois groupes zoologiques, et dans cet ordre, n'est pas caractéristique des peuplements lagunaires méditerranéens puisqu'elle est rencontrée aussi dans les lagunes atlantiques marocaines de Merja Zerga (Bazaïri *et al.* 2003) et Khnifiss (Bayed *et al.* 1988). Dans d'autres lagunes, la structure taxonomique est différente et est dominée successivement par les mollusques, crustacés et polychètes dans la lagune méditerranéenne de Nador (Menioui & Zine 1995) et dans les lagunes atlantiques de Sidi Moussa (Kersten *et al.* 1983) et de Walidia (Chbicheb, 1996) (Tab. V). La structure faunistique de la lagune de Smir montre une certaine affinité faunistique avec Merja Zerga, lagune atlantique la plus septentrionale du Maroc où 45% des espèces récoltées à Smir leur sont communes alors que ce taux ne dépasse guère 29% en comparaison avec la lagune méditerranéenne de Nador. La composition spécifique du peuplement de la lagune de Smir est apparemment plus atlantique que méditerranéenne. Cette tendance est certainement liée à la position géographique de la lagune à proximité du détroit de Gibraltar siège d'échanges hydrologiques (Tchernia 1978, Béthoux 1979, 1980, Bayed 1991) et biologiques (Bellan-Santini & Ruffo 1995) entre l'océan atlantique et la mer Méditerranée.

La comparaison de la lagune de Smir avec d'autres lagunes méditerranéennes (lagune de Bibans en Tunisie, lagune de Biguglia en Corse, lagunes de Prévost et de Mauguio en France) montre qu'il y a plusieurs différences dans leurs caractéristiques biotiques et abiotiques (géomorphologie, superficie, hydrodynamique, hydrologie, bathymétrie...). Ceci se traduit par des différences dans leurs richesses spécifiques respectives (Tab. VI). La prise en compte de l'importance relative des groupes zoologiques dominants dans la structure taxonomique (mollusques, polychètes, crustacés) montre que la dominance est changeante d'une lagune à une autre. Au niveau de la lagune de Biguglia (Clanzig 1991), les mollusques occupent la première position (31%) devant les crustacés (30%) et les polychètes (17%). Cette même hiérarchie est rencontrée également au niveau de la lagune des Bibans (Zaouali & Baeten 1985) où les mollusques totalisent 67% de la richesse spécifique globale suivis des crustacés (14%) et des polychètes (7%). Dans la lagune de Mauguio, les polychètes et les

mollusques d'importances numériques comparables (20%) sont dominés par les crustacés (28%) (Frisoni *et al.* 1988). Au niveau de la lagune de Prévost de superficie comparable à la lagune de Smir, la structure taxonomique y est dominée essentiellement par les polychètes (38%) et les mollusques (36%), les crustacés ne représentant que 17% (Amanieu *et al.* 1977).

L'étude de la structure interne du peuplement permet de distinguer deux secteurs dans la lagune de Smir. Le premier regroupe les stations intérieures (2, 3, 4, 5, 10) où la richesse spécifique S et la densité A présentent des valeurs moyennes faibles. Le deuxième secteur rassemble les stations proches du goulet (1, 6, 7, 8, 9, 11, 12) dont les valeurs de S et A sont plus élevées et où H' et J' sont *grosso modo* comparables avec ceux du premier groupe. En tenant compte de H' et S , il semble que le peuplement de Smir présente une structure propre aux peuplements lagunaires méditerranéens, car H' et S sont comparables à ceux de la lagune de Prévost (respectivement 8 à 22 espèces et 1,43 à 2,74 bits) (Amanieu *et al.* 1977 et la lagune Sacca di Goro au Nord-Est d'Italie (respectivement 5 à 21 espèces et de 0,52 à 2,56 bits) (Mistri *et al.* 2001). L'évolution spatiale de la structure du peuplement de la lagune illustrée à l'aide du modèle DIMO se traduit par des changements de S et H' alors que J' reste relativement comparable d'une station à l'autre. Elle est donc de type 2 ; « evenness-type ». Par ailleurs, si l'on considère séparément les deux groupes de stations de l'aval et de l'amont, la dynamique est de type 4 « non-type » pour chacun d'eux. Ceci suggère que les trois indices S , H' et J' changent d'une station à l'autre à l'intérieur de chacun des deux groupes. Les stations 8 et 12, du groupe aval, présentant une vase fine et molle et une couverture végétale dense (tapis d'algues et herbiers de phanérogames), montrent 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. D'autre part, ce dernier groupe de stations est moins diversifié mais plus homogène que celui cantonné en aval.

La structure du peuplement macrobenthique de la lagune de Smir est marquée par un nombre restreint d'espèces qui dominant quantitativement, ce qui rapprocherait ce peuplement de ceux des milieux perturbés (Blondel 1979). Dans le même ordre d'idées, des densités élevées avec des richesses et diversités spécifiques faibles ont été observées après des aménagements hydrauliques réalisés au niveau de la lagune de Valle di Gorino au nord-est de l'Italie (Mistri *et al.* 2002).

L'absence d'un gradient faunistique entre les parties amont et aval de la lagune de Smir est en rapport avec la dominance des crustacés qui présentent, en général, une distribution spatiale plus large par rapport aux polychètes et aux mollusques, a été amputée à leur grande mobilité.

L'application du modèle de distribution d'abondance de Motomura auquel s'ajustent le mieux nos données a mis en évidence une organisation simple de la faune macrozoobenthique de la lagune de Smir, qui évolue selon un mode log-linéaire illustré par ledit modèle (Chaouti

2003), et qui vit dans un environnement perturbé avec une compétition limitée entre les espèces susceptibles d'aller *crescendo* si les ressources trophiques diminuent ou si leur qualité favorise plus un groupe d'espèces qu'un autre.

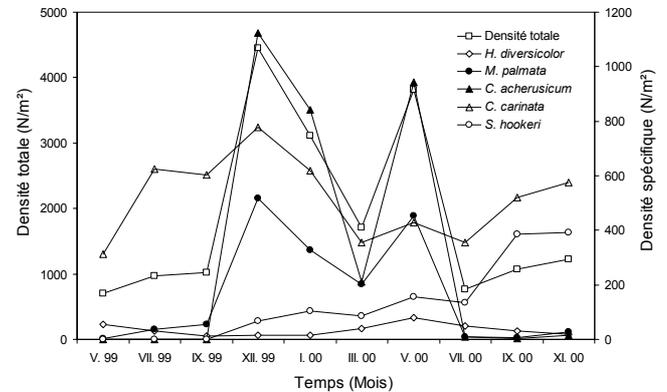


Figure 6. Evolution temporelle comparée du peuplement benthique et de ses espèces dominantes dans la lagune de Smir.

La comparaison des diagrammes rang-fréquence obtenus pour toutes les stations permet de les situer par rapport aux trois stades de Frontier. La station 9 et, dans un moindre degré, la station 10, sont les seules où les peuplements sont moins structurés, présentant une ou deux espèces dominantes avec *Melita palmata* pour la station 9 (66%) et *Hediste diversicolor* (64%) pour la station 10. Les autres stations montrent des diagrammes rang-fréquence caractérisant les peuplements relativement structurés où chacune de ces stations est dominée par trois espèces (dominance alternée entre cinq espèces d'une station à une autre) dont les fréquences sont supérieures à 10%. Les populations de la lagune de Smir, en montrant des fluctuations spatiales autour des stades 1 et 2 de Frontier (1976) ont une tendance à se maintenir dans un état immature plus ou moins proche du stade de maturité (stade 3), comme c'est le cas d'autres systèmes côtiers (Labourg 1980). Les populations de la lagune de Smir traduisent la présence d'un faible nombre d'espèces avec de forts effectifs, ce qui caractérise généralement les peuplements juvéniles en début de maturité (succession), à faible diversité mais qui signifient qu'il y a une augmentation relative du nombre d'espèces dominantes. Le stade 3 de Frontier, qui correspond à une fin de succession ou bien à une maturité maximale des peuplements, est absent.

Dans les lagunes littorales, les environnements sont physiquement contrôlés, en général, et les organismes qui y vivent (résidents permanents ou temporaires) ont la capacité de développer de nombreuses stratégies en réponse aux multiples changements du milieu (Vernberg 1982). La macrofaune benthique développe ainsi des stratégies adaptatives de types "démographiques" et "cœnotiques" que l'on peut identifier à l'aide des paramètres de structure des peuplements (Barbault 1981, 1992). Dans le peuplement de la lagune de Smir, en général, A est élevée, d'une part, et S , H' et J' sont faibles, d'autre part, traduisant ainsi les deux types de stratégies adoptées par le peuplement de cet

écosystème lagunaire. Il s'agit d'un côté, d'une stratégie cœnotique de type *i* caractéristique des écosystèmes paucispécifiques à faible diversité et d'un autre côté, d'une stratégie démographique de type *r* caractéristique des milieux où les contraintes écologiques sont nombreuses et les changements imprévisibles. Dans ces derniers, les populations sont caractérisées par des cycles biologiques courts et la plus grande partie de leur énergie est investie dans la reproduction pour contrebalancer les fortes mortalités qui peuvent les toucher dans ce type de milieux où les conditions peuvent changer brusquement.

Remerciements

Nous remercions Dr H. Bazairi et Prof. M.A. El Agbani pour leur aide sur le terrain et au laboratoire et MM. M. Boubkari, M. Laami et A. Aqil pour leur assistance technique. Ce travail a été réalisé dans le cadre du projet MECO financé par l'Union Européenne INCO-DC 4^{ème} FP Contrat ERB-IC18-CT-98-0270 (1999-2001).

Références

- Aksissou M. 1989. *Dynamique des populations de deux Talitridae du littoral septentrional du Maroc (Talorchestia spinifera M. dans l'estuaire du Sebou et Orchestia gammarellus P. dans le lac Smir)*. Thèse Doctorat 3^{ème} cycle, Univ. Mohammed V, Fac. Sci., Rabat, 202 p.
- 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 Doctorat d'Etat, Univ. Abdelmalek Essaâdi, Fac. Sci. Tétouan, 145 p.
- Amanieu M., Guélorget O. & Michel P. 1977. Richesse et diversité de la macrofaune benthique de la lagune littorale méditerranéenne de Prévost. *Vie & Milieu*, XXVII, 1, ser. B, 85-109.
- Aminot A. & Kerouel R. 2004. *Hydrologie des écosystèmes marins - Paramètres et analyses*. Editions IFREMER, (France), 336 p.
- Barbault R. 1981. *Ecologie des populations et des peuplements. Des théories aux faits*. Masson ed., Paris, 208 p.
- Barbault R. 1992. *Ecologie des peuplements : structure, dynamique et évolution*. Masson ed., Paris, 273 p.
- Bayed A. 1991. *Etude écologique des écosystèmes de plages de sable fin de la côte atlantique marocaine. Modèle de zonation, biotypologie, dynamique des populations*. Thèse Doctorat d'Etat, Univ. Mohammed V, Fac. Sci., Rabat (Maroc), 229p.
- Bayed A. & Chaouti A. 2001. Caractérisation physico-chimique des eaux de la lagune de Smir en été. *Rapports de la CIESM*, 36, 356-356.
- Bayed A. & El Agbani M.A. 2002. Les marais de Smir : un milieu fragile d'intérêt remarquable. In: Scapini, F. (eds.) - *Baseline research for the integrated sustainable management of Mediterranean sensitive coastal ecosystems*, Istituto Agronomico per l'Oltremare, pp. 98-106.
- 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 M. & de Ligny W. (eds.) - *The Khnifiss lagoon and its surrounding environment (Province of La'youne, Morocco)*. *Trav. Inst. Sci.*, mém. h.s., pp. 71-80.
- Bayed A., Bazairi H., Benhoussa A., El Agbani M.A., Fekhaoui M., Dakki M., & Qninba A. 1998. *Diagnostic écologique de la lagune de Merja Zerga*. Rapport pour l'administration des Eaux et Forêts et de la conservation des sols et Programme MedWet, 90 p.
- Bazairi H., Bayed A., Glémarec M. & Hily C. 2003. Spatial organisation of macrozoobenthic communities in a response to environmental factors in 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 Doctorat 3^{ème} cycle, Univ. Mohammed V, Fac. Sci., Rabat, 165 p.
- Bellan-Santini D. & Ruffo S. 1995. Biogéographie et origine de la faune des Amphipodes de Méditerranée. *Rapports de la CIESM*, 34, 18.
- Béthoux J.P. 1979. Budgets of the Mediterranean Sea. Their dependance on the local climate and on the characteristics of the Atlantic waters. *Oceanologica Acta*, 2, 2, 157-163.
- Béthoux J.P. 1980. Mean water fluxes across sections in the Mediterranean Sea, evaluated on the basis of water and salt budgets and of observed salinities. *Oceanologica Acta*, 3, 1, 79-88.
- Blondel J. 1979. *Biogéographie et écologie*. Masson ed., Paris, 221 p.
- Boussalwa E., Douira A. & Mokhtar N. 2000. Contribution à l'étude typologique d'une lagune exposée à la pollution, la lagune de Nador (Maroc) : distribution des Crustacés. *Cah. Biol. Mar.*, 41, 255-263.
- Chaouti A. 2003. *Biotypologie du macrozoobenthos de la lagune méditerranéenne de Smir : Analyses spatiale et spatio-temporelle*. Thèse Doctorat, Univ. Mohammed V, Fac. Sci., Rabat (Maroc), 302p.
- Chaouti A., Bayed A. & Benazzou T. 2001. Données préliminaires sur la diversité spécifique et fonctionnelle du zoobenthos de la lagune de Smir (Maroc). *Rapports de la CIESM*, 36, 372.
- Chbicheb A. 1996. *Organisation biogéologique d'un bassin paraliq: la lagune de Oualidia (côte atlantique marocaine)*. Thèse Doctorat 3^{ème} cycle, Univ. Nantes, (France), 167 p.
- Clanzig S. 1991. Le benthos de la lagune de Biguglia (Corse), tendances évolutives du milieu. Document C.I.E.L., 12, 53 p.
- Daget J. 1976. *Les modèles mathématiques en écologie*, Masson ed., Paris, 172 p.
- Fauvel P. 1927. *Faune de France, Polychètes sédentaires* (16). Office Central de Faunistique, 494 p.
- Frontier S. 1976. Utilisation des diagrammes rangs-fréquence dans l'analyse des écosystèmes. *J. Rech. Océanogr.*, 1, 3, 35-48.
- 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.
- 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, 279-295.
- 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, M., Laouina, A., (eds.) - *Aménagement littoral et évolution des côtes : l'environnement des côtes marocaines en péril*.

- Publication du Comité national de Géographie du Maroc, pp. 35-40.
- Menioui M. & Zine N.E. 1995. Etat des connaissances sur la biodiversité (faune benthique) d'une lagune méditerranéenne : lagune de Nador. *Rapports de la CIESM*, 34, 83.
- 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). *Estuar. Coastal Shelf Sci.*, 52, 605-616.
- Mistri M., Ghion F., Modugno S. & Rossi, R., 2002. Response of macrobenthic communities to an hydraulic intervention in an enclosed lagoon (Valle di Gorino, northern Italy). *J. Marine Biol. Ass. United Kingdom*, 82, 771-778.
- Pielou E.C. 1966. Shannon's formula as a measure of specific diversity : its use and measure. *American Naturalist*, 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.
- Shannon C. & Weaver W. 1963. *The mathematical theory of communication*. University Illinois Press, Urbana, Illinois, 117 p.
- Stitou El Messari J.E. & Pulido-Bosch A. 1995. Impacts anthropiques sur l'aquifère alluvial de Smir (Tétouan, Maroc). *Hydrogéologie*, 3, 39-46.
- Tchernia P. 1978. *Océanographie régionale - Description physique des océans et des mers*. Ecole Nationale Supérieure de Techniques Avancées, 18 pl., 257p.
- UNESCO, 1981. Background papers and supporting data on the practical salinity scale, 1978. Technical paper in Marine Science, 37, 144 p.
- Vernberg F.J. 1982. Environmental adaptation to lagoon systems, In : Proceedings of the International Symposium on coastal lagoons, Bordeaux, 8-14 September 1981, *Oceanologica Acta*, 4 (num. sp.), pp. 407-415.
- 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. *Rapports de la CIESM*, 29, 4, 199-203.

Manuscrit reçu le 28 mai 2003