

Contribution à l'étude typologique d'une lagune exposée à la pollution, la lagune de Nador (Maroc) : distribution des Crustacés

EL Houssine BOUSSALWA¹, Allal DOUIRA² et Najat MOKHTAR³

¹ Laboratoire de Biologie Marine, Faculté des sciences, B.P. 133, Kénitra, Maroc

² Laboratoire de Botanique et Écologie végétale, Faculté des sciences, B.P. 133, Kénitra, Maroc

³ Laboratoire de Physiologie Animale, Faculté des sciences, B.P. 133, Kénitra, Maroc

Résumé : La lagune de Nador est actuellement exposée à une double pollution : une pollution anthropique par les eaux usées de la ville et les déchets évacués sur ses rives, ce qui intensifie le phénomène d'eutrophisation, et une pollution naturelle par fermeture de sa passe, ce qui entraîne une insuffisance du brassage des eaux au niveau de ses extrémités confinées.

Le but de ce travail est d'effectuer une zonation de la faune par l'étude de la distribution des Crustacés benthiques et des conditions physico-chimiques (salinité, profondeur, pH, oxygène dissous, chlorophylle *a*, nitrates, phosphates, matière organique). Le traitement par l'analyse en composantes principales (ACP), sous forme de valeurs moyennes annuelles des données physico-chimiques, a permis de séparer les stations en fonction du substrat et de leur degré de pollution. Le traitement des données faunistiques par l'analyse factorielle des correspondances, sous forme d'abondances moyennes annuelles, a permis de mieux visualiser la répartition spatiale des espèces en fonction des conditions du milieu.

Cette étude montre une adaptation prononcée des Crustacés à la vie dans trois zones différentes par leurs conditions écologiques naturelles associées à la pollution.

Abstract: *Contribution to the typological study of a lagoon exposed to pollution, Nador lagoon (Morocco): Crustaceans distribution.* The Nador lagoon is currently being heavily polluted from two different sources. First, an anthropogenic source by waste waters and solid wastes directly discharged on its shores causing thereby an increase of the eutrophication phenomenon. Second, a natural source related to the narrowing of its pass that prevents water mixing and increases the confining of the environment.

The aim of this work is to establish a zonation of this lagoon on the basis of the distribution of the benthic crustaceans and the physico-chemical parameters. Annual mean values of principal components were used to process the physico-chemical data (salinity, depth, pH, dissolved oxygen, chlorophyll *a*, nitrate nitrogen, phosphorus and organic matter). This allowed us to distinguish different stations with respect to the nature of their substratum and their degree of pollution. The processing of the faunistic data was done by factorial components analysis using mean annual abundances. This led us to better visualize the distribution of the species with respect to conditions of the environment.

This study shows a pronounced adaptation of crustaceans to environmental conditions prevailing in three different areas, which differ by their natural ecological conditions, associated to pollution.

Keywords : typology, pollution, Crustaceans, Nador lagoon, Morocco.

Introduction

Reçu le 1^{er} décembre 1998; accepté après révision le 2 mai 2000.
Received 1st December 1998; accepted in revised form 2 May 2000.

La lagune de Nador (35° 7' N à 35°16' N et 2°44' W à 2° 80' W) est la seule lagune méditerranéenne du Maroc. Avec

une superficie de 115 km², elle constitue la plus grande de toutes les lagunes marocaines. Actuellement la lagune est exposée d'une part à une pollution anthropique par les eaux usées et les déchets solides évacués sur ses rives, d'autre part à une pollution naturelle par la fermeture progressive de sa passe par des barres de sable ne laissant actuellement qu'un chenal étroit qui alternativement s'ouvre et se ferme.

La lagune de Nador reçoit depuis longtemps des décharges importantes d'eaux usées et de déchets solides, en majorité organiques, évacués sur ses rives transformées en dépotoirs. Ces décharges sont estimées à 5000 l d'eaux usées par jour et dix tonnes de déchets par jour. Depuis dix ans, des démarches ont été entreprises pour épurer les eaux usées avant de les évacuer dans la lagune par un système d'épuration constitué d'un bassin où les eaux usées sont stockées, puis conduites par une voie terrestre dans une station d'épuration biologique, ensuite dans un système de lagunage constitué d'une série de quatre bassins.

Malgré son intérêt remarquable sur le plan écologique et économique (pêche et aquaculture), la lagune a été peu étudiée et nous disposons seulement de quelques contributions hydrologiques (Brethes & Tesson, 1978), sédimentologiques (Irzi, 1987), bionomiques et écologiques (Guelorget et al., 1984; Menioui, 1988; Clanzic, 1989; Zine, 1989) et typologiques en fonction de la distribution des Mollusques (Zine & Menioui, 1995). Ce travail vise essentiellement à établir une zonation de la lagune exposée à la pollution en fonction de la distribution spatiale des paramètres physico-chimiques et des Crustacés.

Matériel et méthodes

Pour couvrir la lagune, nous avons choisi quinze stations (Fig. 1). Pour chaque station, la profondeur de même que la nature du substrat et la présence ou non de végétation ont été notées. Les stations D1 à D5 sont situées sur les quais des bassins de stockage et de lagunage (substrat dur), et profondes de 1,3 à 1,5 m. Les stations D1 et D2 sont soumises aux eaux usées non traitées du bassin de stockage qui sont évacuées dans la lagune à l'occasion de forts débits. Les stations D3 et D4 sont soumises aux eaux usées prétraitées du premier bassin du système de lagunage. La station D5 reçoit en permanence des eaux pratiquement épurées du dernier bassin du système.

Les stations M1 à M9 sont situées sur un substrat meuble avec ou sans végétation. Les stations M1 et M3 sont situées dans la zone confinée nord-ouest de la lagune : la station M1 sur un bras mort situé sur la digue qui sépare la lagune du large et la station M3 sur le petit port de Beni-Ensar. La station M4 est située dans la zone confinée sud-est à proximité du village Arekmane. Ces trois stations sont peu profondes

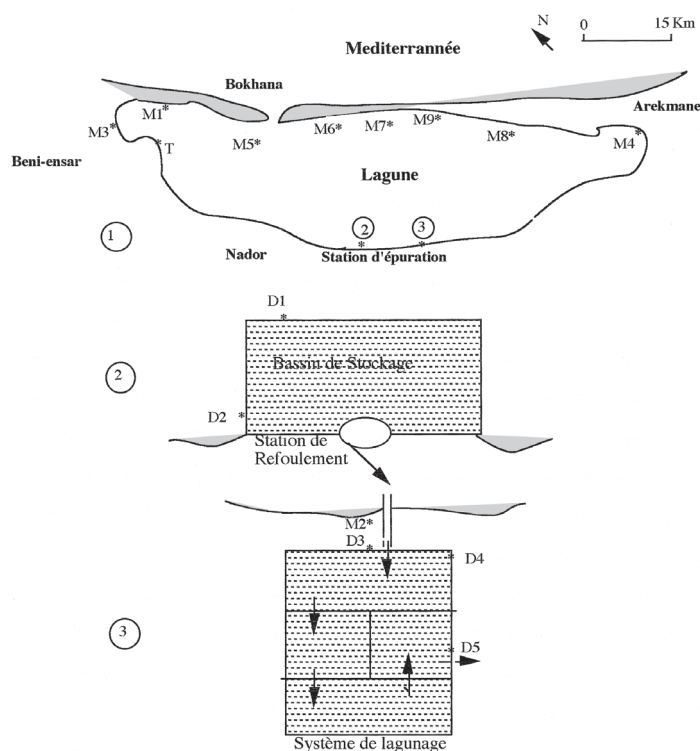


Figure 1: Localisation des stations dans la lagune (1), dans le bassin de stockage (2) et dans le système de lagunage (3)

Figure 1: Location of sampling stations in the lagoon (1), in the stocking basin (2) and in the lagoon system (3)

(0,5 à 1 m) et exposées au phénomène d'eutrophisation, intensifié par l'altération des déchets évacués sur les rives de la lagune. La station M2 est située dans une zone canalisée à proximité du système de lagunage où l'hydrodynamisme empêche toute stagnation des eaux. Les stations M5 à M9 sont situées sur la digue qui sépare la lagune du large. Leur profondeur peut dépasser 2 mètres et la végétation est absente. La station T (profondeur 1 m) est située sur un substrat dur sur la côte du Mont d'Atalayoune. Cette station est éloignée de toute source de pollution.

Dans chaque station, l'eau et le sédiment ont été prélevés en février, mai, août et novembre 1995 en vue de mesurer les paramètres physico-chimiques susceptibles d'être modifiés par les apports d'eaux usées (salinité et pH), par les fermentations des produits organiques (oxygène dissous, teneurs en nitrates et en phosphates et teneur en matière organique du sédiment) et par le phénomène d'eutrophisation (chlorophylle *a*, oxygène dissous et pH) (Tableau 1).

Pour chacun des quatre prélèvements annuels, 5 litres d'eau ont été échantillonnés à chaque station, en surface et en profondeur, et du sédiment a été prélevé en différents

Tableau 1 : évolution saisonnière des paramètres physico-chimiques dans la lagune de Nador aux différentes stations.**Table 1 :** seasonal evolution of physico-chemical parameters in Nador lagoon at different stations.**Tableau 1a :** dans les stations de substrat dur et dans la station de référence T.**Table 1a:** in hard substrate stations and in the reference station T.

Paramètres Physico-chimiques	T				D1				D2				D3				D4				D5			
	F	M	A	N	F	M	A	N	F	M	A	N	F	M	A	N	F	M	A	N	F	M	A	N
Salinité g l ⁻¹	32	34	36	34	16	18	24	22	18	23	25	22	20	22	26	22	21	22	25	22	22	23	27	23
pH	7	7.1	7.2	7	8	8.2	8.3	8.2	8	8.3	8.1	8.2	8	8	7.9	8	7.8	7.8	7.9	8	7.9	7.9	8	8
O ₂ % de saturation	98	100	98	100	95	96	94	96	96	96	95	95	98	96	97	98	97	98	98	98	98	98	97	98
MO % dans sédiment	15	12	17	14	28	26	28	25	26	24	28	26	22	20	24	20	21	20	23	20	20	18	22	19
Chlorophylle <i>a</i> µg l ⁻¹	1	1.2	1.2	0.8	0.9	1	1	0.8	0.8	0.9	1	0.7	0.8	1	1	0.8	0.9	1	0.9	0.8	0.7	0.8	0.9	0.7
Nitrates mg l ⁻¹	30	33	36	30	92	94	95	92	94	92	96	92	90	88	92	87	84	82	86	82	75	72	76	73
Phosphates mg l ⁻¹	60	63	65	60	110	108	112	110	112	108	115	110	103	102	105	88	92	88	92	88	84	82	86	82
Profondeur (m)		1				1.5				1.3				1.5			1.4					1.5		

Tableau 1b : dans les stations de substrat meuble de la lagune (M1- M4)**Table 1b:** in soft substrate (M1- M4) stations

Paramètres Physico-chimiques	M1				M2				M3				M4			
	F	M	A	N	F	M	A	N	F	M	A	N	F	M	A	N
Salinité g l ⁻¹	33	35	37	35	24	26	28	24	34	36	38	34	35	36	38	35
pH	6.8	6.8	6.6	6.9	6.8	6.7	6.5	6.8	6.5	6.7	6.5	6.8	6.5	6.7	6.4	6.5
O ₂ % de saturation	90	88	86	89	98	97	97	98	85	86	82	84	84	83	80	83
MO % dans sédiment	52	50	54	52	52	49	53	50	55	54	56	54	56	53	56	52
Chlorophylle <i>a</i> µg l ⁻¹	3	3.2	3.3	3	2.9	3	3.2	2.8	3.8	4.2	4.5	3.9	4.6	5	5.3	4.9
Nitrates mg l ⁻¹	97	95	98	96	93	91	94	90	96	95	98	96	98	96	98	94
Phosphates mg l ⁻¹	138	135	139	136	130	128	132	126	140	138	144	139	143	139	146	142
Profondeur (m)		0.5				0.8				1				0.6		

Tableau 1c : dans les stations de substrat meuble de la lagune (M5 - M9)**Table 1c:** in soft substrate (M5 - M9) stations

Paramètres Physico-chimiques	M5				M6				M7				M8				M9			
	F	M	A	N	F	M	A	N	F	M	A	N	F	M	A	N	F	M	A	N
Salinité g l ⁻¹	36	38	40	37	38	40	42	38	38	39	41	40	36	37	39	37	37	38	40	38
pH	6.9	7.2	7	7	7.1	7.2	7	7.2	7.1	7.3	7.2	7.3	7.2	7.3	7.1	7.2	7.3	7.4	7.2	7.3
O ₂ % de saturation	100	98	97	98	100	97	96	100	99	97	95	97	100	96	95	100	100	97	96	98
MO % dans sédiment	17	12	15	12	14	12	15	12	16	14	17	12	15	13	15	12	16	14	17	13
Chlorophylle <i>a</i> µg l ⁻¹	1.2	1.2	1.3	1.2	1	1.3	1.4	1.2	1.2	1.3	1.5	1.1	1.2	1.2	1.4	1	1.3	1.2	1.3	1.2
Nitrates mg l ⁻¹	30	32	35	32	34	36	37	32	36	34	36	32	35	44	38	32	32	34	38	32
Phosphates mg l ⁻¹	68	65	69	65	68	66	62	56	54	63	56	62	55	62	65	61	63	65	55	61
Profondeur (m)		2.5				2.2				2.2				2.4			2			

F : Février

M : Mai

A : Août

N : Novembre

points, (250 g pour chaque station), pour déterminer la quantité de matière organique par calcination. Les échantillons ont été conservés à 4 °C.

Au cours des quatre périodes et dans toutes les stations, les mesures suivantes ont été effectuées à chaque fois sur cinq échantillons de 10 ml d'eau.

- pH au 1/100 d'unité pH, à l'aide d'un pHmètre (de type Tacussel) ;

- oxygène dissous par la méthode de Winkler (Strickland & Parsons, 1972) ;

- salinité, dosage des chlorures par la méthode volumétrique au nitrate d'argent de Mohr (Rodier, 1975) ;

- nitrates et phosphates par mesure spectrophotométrique (Rodier, 1976) ;

- chlorophylle *a*, après extraction, par lecture spectrophotométrique (Strickland et Parsons, 1972).

En ce qui concerne le sédiment, la teneur en matière organique a été déterminée par pesées différentielles sur cinq échantillons de 5 g de sédiment sec avant et après calcination pendant deux heures dans un four réglé à 600 °C (Rofes, 1982).

Les résultats, traités par l'analyse en composantes principales (ACP), sont obtenus en faisant, dans un premier temps, pour chaque paramètre, la moyenne des résultats obtenus dans les cinq prises d'eau ou de sédiment et dans un deuxième temps, la moyenne des quatre périodes. L'ACP est réalisée sur un tableau à double entrée de 15 lignes et huit colonnes (15 x 8), c'est-à-dire, 15 observations (stations) et huit variables (paramètres).

Dans chaque station nous avons établi un suivi saisonnier des Crustacés benthiques avec des prélèvements en février, mai, août et novembre 1995. Dans ce travail, nous avons utilisé le groupe des Crustacés qui présente l'avantage d'occuper tous les substrats (Scipione et al., 1981), et qui sont d'excellents révélateurs des altérations du milieu par la pollution (Holdich, 1970 ; Sheader, 1978 ; Diviacco, 1982 ; Menioui, 1988).

Dans les stations de substrat dur (T et D) les prélèvements ont été effectués par grattage d'une surface de 900 cm² (soit un carré de 30 cm de côté). Dans chacune des ces stations, cinq échantillons de 900 cm² ont été prélevés, ce qui nous a fourni un total de 120 échantillons.

Dans les stations de substrat meuble (M), les prélèvements ont été effectués par tamisage (maille du tamis : 1 mm) d'un volume de 9000 cm³ de sédiment prélevé sur un carré de 30 cm de côté et une profondeur de 30 cm. Dans chaque station, cinq échantillons ont été prélevés, ce qui nous a fourni un total de 80 échantillons. Si le substrat meuble est recouvert par les algues et les Zostères, les végétaux sont rincés dans le tamis (Menioui, 1988). Les échantillons ont été fixés sur le terrain dans une solution de formol à 10 %, puis conservés au laboratoire dans de l'eau lagunaire formolée à 10 %. Les groupes zoologiques ont été triés et conservés dans l'alcool à 70 %. Les espèces de chaque groupe ont été déterminées puis comptées, (seuls les individus entiers et les parties céphaliques sont pris en considération). Les abondances des espèces sont exprimées dans les stations T et D en nombre d'individus par 900 cm² et dans les stations M en nombre d'individus par 9000 cm³.

Pour traiter les résultats par l'analyse factorielle des correspondances (Benzekri, 1973), nous avons établi un tableau de dix lignes et 27 colonnes, c'est à dire comprenant dix observations (stations) et 27 variables (espèces). Dans ce tableau, chaque espèce est représentée dans chaque station par son abondance moyenne annuelle. Toutes les valeurs du tableau sont transformées en classes d'abondances dont les limites forment une progression géométrique de raison 1,5. Cette progression permet un étalement plus grand des valeurs obtenues (Menioui, 1988), que par

l'utilisation des raisons 4, 3 et 2 proposées respectivement par Frontier & Ibanez (1974) pour le plancton marin et par Bourneau et al. (1980) pour le benthos d'eau courante. Dans ce travail, nous nous sommes limités aux interprétations des deux plans factoriel, F1*F2 et F1*F3.

Résultats

Le traitement par l'analyse en composantes principales (ACP) des résultats physico-chimiques obtenus dans la lagune, sous forme de valeurs moyennes annuelles (salinité, pH, oxygène dissous, teneur en matière organique du sédiment, chlorophylle *a*, phosphates, nitrates, profondeur), montre que dans le plan factoriel F1*F2, l'axe F1 (42 %) permet d'isoler deux groupes de stations en fonction de la nature du substrat (Fig. 2) : sur son pôle négatif, les stations de substrat dur (D1 à D5) exposées dans le système d'épuration aux apports en eaux douces et sur son pôle positif, les stations de substrat meuble ainsi que T. La salinité dans les stations de substrat dur est relativement faible (moyenne annuelle comprise entre 20 et 23,75 g l⁻¹) par rapport aux stations de substrat meuble dont la moyenne annuelle est comprise entre 35 et 38,5 g l⁻¹, (sauf dans M2, exposée aux eaux usées, où la salinité est égale à 25,5 g l⁻¹). Le pH est relativement basique (7,9 à 8,17) dans les stations de substrat dur, alors qu'il est neutre à acide dans les stations de substrat meuble. La station T de substrat dur, dont les conditions physico-chimiques ne sont pas très différentes de celles dans les stations de substrat meuble (salinité 34 g l⁻¹, pH 7,1) est associée à ces stations.

L'axe F2 (21,70 %) permet de distinguer deux groupements de stations. Sur son pôle négatif, il isole les stations marginales (M1 à M4) peu profondes (0,5 à 1 m). Ces stations sont situées dans des zones confinées, où le phénomène d'eutrophisation est très marqué. Le taux d'oxygène est relativement faible (moyenne annuelle comprise entre 82,5 et 88,25 %), exceptée la station M2, agitée, où le pourcentage de saturation est plus élevé (97,5 %), et le pH acide (6,7). Dans les stations des zones confinées M1 à M4, le taux de chlorophylle *a* est élevé (3,12 à 4,95 µg l⁻¹) et les teneurs en nitrate et en phosphate sont très élevées (96 à 96,5 mg l⁻¹ pour les nitrates et 137 à 142,5 mg l⁻¹ pour les phosphates) suggérant un enrichissement en matière organique qui provient de l'altération progressive des produits solides évacués sur les rives de la lagune. Cet enrichissement est confirmé par les résultats des pertes au feu du sédiment comprises entre 52 et 54,25 % (Tableau 1). La station M2, peu profonde, située à proximité de la rive et enrichie en matière organique (moyenne annuelle des pertes au feu égale à 51 %), est associée aux stations M1, M3 et M4 malgré les conditions de salinité et d'oxygénation très différentes de ces stations.

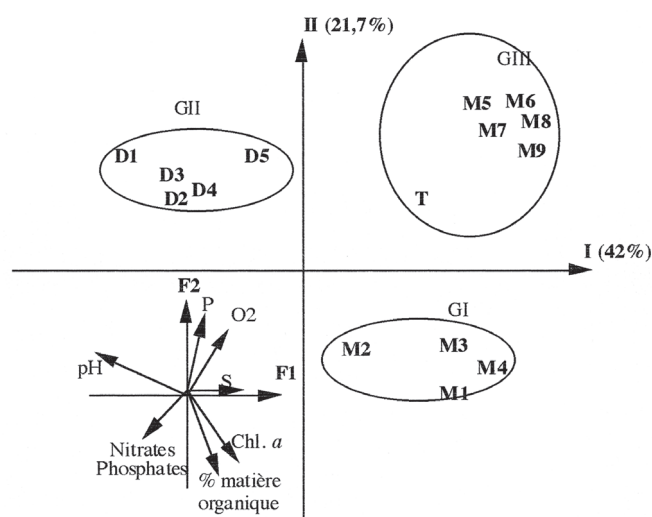


Figure 2 : Distribution des stations dans le plan factoriel F1*F2 de l'ACP, en fonction des facteurs du milieu et cercle des corrélations. S: salinité, P: profondeur, O2: oxygène dissous, Chl.a: chlorophylle a, GI: groupe I, GII: groupe II, GIII: groupe III.

Figure 2 : Distribution of stations in the factorial plane F1*F2 according to environmental factors.

Sur son pôle positif, l'axe F2 isole les stations M5 à M9. Ces stations situées sur la digue, ont une profondeur moyenne de 2,82 m, un taux d'oxygène supérieur à 97,75 % et un pH voisin de 7. Les teneurs en nitrates et en phosphates sont très faibles et voisines de celles de la station T, associée à ce groupe, bien qu'elle soit peu profonde et située sur substrat dur (Tableau 1a et c).

Les prélèvements de Crustacés au niveau des stations M5 à M9 situées sur la digue où le substrat est instable ont donné des résultats faibles. Nous avons considéré ces stations comme très pauvres ou azoïques et elles n'ont pas été traitées. Dans les dix autres stations (neuf stations exposées à la pollution et la station témoin), nous avons effectué 200 prélèvements dans lesquels nous avons identifié seulement 27 espèces de Crustacés, réparties sur cinq groupes systématiques (Tableau 2a et 2b): les Amphipodes, les Isopodes, les Tanaïdés, les Décapodes et les Cirripèdes. Sur le plan systématique deux espèces sont signalées pour la première fois dans des eaux marocaines, il s'agit de *Gammarus subtypicus* Stock, 1966 et *Erichthonius punctatus* Bates, 1857.

Le traitement des résultats faunistiques par l'analyse factorielle des correspondances (AFC), fait apparaître dans le plan factoriel F1*F2 les trois groupes de stations mis en évidence par l'analyse en composantes principales des paramètres physico-chimiques: un groupe de stations de substrat dur, un groupe de stations de substrat meuble marginales et la station témoin. Toutefois dans cette analyse, la station M2

est associée aux stations de substrat dur. La mise en évidence de mêmes groupements de stations par deux analyses différentes qui se basent sur des données différentes ne peut s'expliquer que par l'existence d'une forte relation entre les conditions physico-chimiques d'une station donnée et les espèces qui la colonisent.

L'AFC montre que selon le plan factoriel F1*F2 (Fig. 3a), l'axe principal F1 (44,8 % de l'information) permet d'exprimer le paramètre majeur conditionnant la distribution des espèces dans les différentes stations choisies, c'est-à-dire le degré de pollution. Cet axe est, en effet, expliqué à près de 81 % par la seule station témoin (T) isolée à son pôle positif. La station T est accompagnée par un cortège d'espèces constitué, de toute évidence, d'espèces préférentielles des eaux saumâtres telles que *Tanais dulongii* (27), *Parasinolobus chevreuxi* (24), *Idotea baltica* (20), *Leptochelia savignyi* (21), *Cymodoce spinosa* (8), *Gammarus insensibilis* (17) et *Colomastix pusilla* (5) (Marques et Bellan-Santini, 1987), mais aussi par des espèces préférentielles des zones franchement marines dont *Dexamine spinosa* (11), *Ampithoe ramondi* (1), *Stenothoe monoculoides* (26), *Dexamine spiniventris* (10) et *Maera grossimana* (22) ou même des espèces des eaux pures telles que *Hyale schmidtii* (19) (Ledoyer, 1968). La plupart des espèces du cortège de la station T ne sont présentes que dans cette station. Du côté négatif de cet axe, sont groupées les autres stations choisies, toutes à proximité de sources de pollution. A ces stations sont associées les espèces qui, selon plusieurs auteurs (Crawford, 1937 ; Rome, 1942 ; Diviacco & Relini, 1981 ; Diviacco, 1982 ; Scipione & al., 1981 ; Holdich & Jones, 1983 et Menioui, 1988), sont euryhalines, suspensivores ou détritivores, liées à la matière organique en suspension dans l'eau agitée qui baigne le substrat dur des milieux pollués où les facteurs physico-chimiques sont très variables, aux algues vertes et aux substrats meubles, plus ou moins vaseux, riches en débris végétaux.

L'axe F2 (23,6 %) permet de séparer en deux groupes les stations situées à proximité des sources de pollution. Trois stations ayant la caractéristique commune d'être situées dans des zones confinées, très calmes, parfois stagnantes dont celles de Bén Ensar à l'extrémité NW (M3), Kariat Arekmane SE (M4), et au fond d'un bras mort sur la digue qui sépare la lagune du large (M1). La pollution y est donc naturelle, due au phénomène d'eutrophisation. Les espèces qui semblent caractériser ce groupement sont essentiellement le gammare *Gammarus aequicauda* (16), l'isopode *Cymodoce truncata* (9), accompagnés de *Gammarus subtypicus* (18) et de *Caprella sp.* (3) (Oyarzun et al., 1987).

Du côté négatif de cet axe, sont groupées les stations installées sur substrat solide (D1 à D5) ou meuble (M2) qui se caractérisent toutes par la proximité d'une source d'eaux usées et où l'hydrodynamisme est relativement intense. Les

Tableau 2 : abondance saisonnière (nombre d'individus 900 cm⁻²) des crustacés benthiques dans la lagune de Nador aux différentes stations.
Table 2: seasonal abundance (number of specimens 900 cm⁻²) of benthic crustaceans in Nador lagoon at different stations

a : stations de substrats durs (D1-D5) et station de référence (T)
a: hard substrate stations (D1-D5) and reference station (T)

Espèces	Codes	T				D1				D2				D3				D4				D5			
		F	M	A	N	F	M	A	N	F	A	N	M	F	M	A	N	F	M	A	N	F	M	A	N
<i>Ampithoe ramondi</i>	1		12																						
<i>Chthamalus montagui</i>	2					615	504	860	720	958	616	878	392	619	685	922	7561727	855	983	996	723	974	1020	972	
<i>Caprella sp.</i>	3																								
<i>Carcinus maenas</i>	4													1	1		1	2	1		3	2	2		1
<i>Colomastix pusilla</i>	5	1																							
<i>Corophium insidiosum</i>	6	596	242	98	2321920	1607	2326	15603937	5600	7300	42002462	9100	1020	52501470	9200	1010	74203019	5715	6400	3800					
<i>Cymodoce emarginata</i>	7		8			4	8	10	6	8	162	282	30	387	154	0	160	143	106	0	90	10	415	520	298
<i>Cymodoce spinosa</i>	8	14														220			128						
<i>Cymodoce truncata</i>	9					6	22	30	22	48	20	2	27					1			1	2	5	3	
<i>Dexamine spiniventris</i>	10		1															2							
<i>Dexamine spinosa</i>	11		4																						
<i>Dynamene edwardsii</i>	12									438	540	680	280	22	108		95	80	152		175	323	344	498	287
<i>Elasmopus rapax</i>	13	65	212	209	912	110	807	975	375	33	23	50	23	10	34	130	45	5	11	230	12	207	895	960	870
<i>Erichthonius brasiliensis</i>	14	11	16			75				60	25	22	3	1	6	62	8	1	2	17	2	20	540	630	610
<i>Erichthonius punctatus</i>	15					11				16	2	1		2	2	11	2	1	2	3	2	4	60	85	58
<i>Gammarus aequicauda</i>	16					1	1	3	2					1	1	3	1		1						
<i>Gammarus insensibilis</i>	17			12												2									
<i>Gammarus subtypicus</i>	18	21				5		1	2	4			3	54	8		15	2	2		3	1	2	4	2
<i>Hyale schmidtii</i>	19				11											11			2						
<i>Idotea baltica</i>	20	65	89		1	3	2			2	55	123	35	4	13		22	2	2		4				
<i>Leptochelia savigni</i>	21	22	12													30				5					
<i>Maera grossimana</i>	22		4		2																				
<i>Pachygrapsus marmoratus</i>	23						1	3	2		3	5			2		5	2	2		3		1		2
<i>Parasinolobus chevreuxi</i>	24	10	70	543	49											5				4					
<i>Sphaeroma serratum</i>	25				392		60	92	75	12	66	130	72		45		58	10	37		52	9	40	58	45
<i>Stenothoe monoculoides</i>	26		1													75				64					
<i>Tanais dulongii</i>	27	187	1002	1798	855									9											
Total des espèces		10	13	5	8	10	9	9	9	11	11	11	10	12	13	12	13	12	13	12	12	11	12	10	12
Total des individus		992	1673	2658	2454	2750	3012	4300	2764	5516	7112	9473	5065	3185	10159	11671	6418	3445	10373	11539	8762	4319	8990	10180	6948

espèces qui y sont inféodées sont des formes, pour la plupart, liées à l'abondance de la matière organique en suspension dans l'eau telles que *Chthamalus montagui* (2), espèce suspensivore, *Erichthonius brasiliensis* (14), *Erichthonius punctatus* (15), *Corophium insidiosum* (6), *Carcinus maenas* (4), *Pachygrapsus marmoratus* (23) et *Cymodoce emarginata* (7) qui sont très euryhalines, préférentielles du fouling et des pollutions anthropiques ou encore *Dynamene edwardsii* (12) espèce réputée indicatrice de pollution qui, en plus, abonde dans des milieux lagunaires faiblement alimentés en eau du large (Holdich, 1970).

L'axe F3 (15,6 %) (figure 3b) nous paraît exprimer la distribution des stations selon la nature et l'intensité de la pollution. Il isole de son côté positif deux groupes de stations. Les stations de substrat meuble M1 et M4, situées dans les extrémités confinées de la lagune où la pollution est naturelle et due essentiellement au phénomène d'eutrophisation. Ces stations sont colonisées par l'isopode *Cymodoce tuncata* (9), accompagné entre autres de quelques individus de *Corophium insidiosum* (6) et *Idotea baltica* (20) qui trouvent dans ces stations un substrat riche en débris nutritifs et

une végétation abondante. Les stations de substrat solide (D3 à D5) soumises dans le système de lagunage à l'influence des eaux usées épurées (D5) ou prétraitées (D3 et D4), sont accompagnées de *Chthamalus montagui* (2), *Corophium insidiosum* (6), *Dynamene edwardsii* (12), *Erichthonius brasiliensis* (14), *Erichthonius punctatus* (15) et *Pachygrapsus marmoratus* (23). Du côté négatif de cet axe sont groupées les stations D1 et D2 de substrat dur, soumises à un apport en eaux usées non traitées. Les stations M2 et M3 de substrat meuble, éloignées des extrémités confinées sont soumises à une pollution anthropique par les déchets solides mais en absence du phénomène d'eutrophisation. Ces stations sont colonisées par *Gammarus subtypicus* (18).

Les amphipodes *Erichthonius brasiliensis* (14), *Corophium insidiosum* (6), et l'isopode *Cymodoce emarginata* (7) sont abondants au niveau des stations D2 à D4, secteurs soumis à des apports en matières solides à proximité des dépotoirs et aux eaux usées des bassins de refoulement et de lagunage. Les amphipodes *Elasmopus rapax* (13), *Erichthonius punctatus* (15) l'isopode *Dynamene*

Tableau 2b : abondance saisonnière des Crustacés benthiques (nombre d'individus 9000 cm⁻³) dans les stations de substrat meuble (M1 à M4)**Table 2b**: seasonal abundance of benthic crustaceans (number of specimens 9000 cm⁻³) in soft substrate stations**b** : stations polluées du substrat meuble (M1 - M4)**b**: polluted stations of soft substrate (M1 - M4)

Espèces	Codes	M1				M2				M3				M4			
		F	M	A	N	F	M	A	N	F	M	A	N	F	M	A	N
<i>Ampithoe ramondi</i>	(Audouin, 1826)	1			4												
<i>Chthamalus montagui</i>	Couthward, 1976	2															
<i>Caprella</i> sp.		3								3	5	3					
<i>Carcinus maenas</i>	(Linné)	4					1	2	1								
<i>Colomastix pusilla</i>	Grube, 1861	5															
<i>Corophium insidiosum</i>	Crawford, 1937	6	13	37	50	42	16	70	78	60	10	60	68	51	110	256	310
<i>Cymodoce emarginata</i>	Leach, 1818	7		3	5	5	13	4	5	5				22	2	3	2
<i>Cymodoce spinosa</i>	(Leach, 1818)	8															
<i>Cymodoce truncata</i>	Leach, 1814	9	50	61	78	65		2	3	2	4	270	275	160	32	370	385
<i>Dexamine spiniventris</i>	(A. Costa, 1853)	10															
<i>Dexamine spinosa</i>	(Montagu, 1813)	11															
<i>Dynamene edwardsii</i>	(Lucas, 1849)	12															
<i>Elasmopus rapax</i>	A. Costa, 1853	13											3	2			
<i>Erichthonius brasiliensis</i>	(Dana, 1852)	14		1	2	4					2						
<i>Erichthonius punctatus</i>	Bates, 1857	15					5					145	34		18	20	12
<i>Gammarus aequicauda</i>	(Martynov, 1931)	16												8			
<i>Gammarus insensibilis</i>	Stock, 1966	17															
<i>Gammarus subtypicus</i>	Stock, 1966	18	2	4	8	6	2	22	30	18	3	130		29			
<i>Hyale schmidtii</i>	(Heller, 1866)	19															
<i>Idotea baltica</i>	(Pallas, 1772)	20						30	42	38	5	5	6	5	3	4	5
<i>Leptochelia savigni</i>	(Kroyer, 1842)	21															
<i>Maera grossimana</i>	(Montagu, 1808)	22															
<i>Pachygrapsus marmoratus</i>	(Fabricius, 1787)	23						1	1		1						
<i>Parasinolobus chevreuxi</i>		24															
<i>Sphaeroma serratum</i>	Fabricius, 1787	25	1			3											
<i>Stenothoe monoculoides</i>	(Montagu, 1815)	26															
<i>Tanais dulongii</i>	Edwards, 1840	27									1						
Total des espèces			4	5	5	5	5	7	7	6	7	6	6	5	6	5	6
Total des individus			66	106	143	122	39	130	161	124	27	472	500	252	204	650	723

Légendes :

F : Février M : Mai A: Août N : Novembre
 February May August November

edwardsii (12) et le cirripède *Chthamalus montagui* (2), sont des espèces inféodées ou préférantes des stations D1 et D5, de substrat solide, soumises aux apports permanents en eaux usées épurées ou non traitées. Toutes ces espèces ont la particularité d'être liées à la présence d'un substrat souvent dur et immergé dans une eau lagunaire agitée, riche en matière organique en suspension. Les espèces *Corophium insidiosum*, *Cymodoce emarginata* et essentiellement *Dynamene edwardsii*, s'abritent dans les tests vides de *Chthamalus montagui* qui constituent pour ces espèces un refuge particulier (Holdich, 1970; Holdich & Jones, 1983).

Discussion

Le traitement des résultats physico-chimiques par l'analyse en composantes principales a permis de mieux séparer les stations étudiées en fonction de leur substrat, de leur profondeur et surtout en fonction de la nature et de l'intensité de la pollution.

Le traitement des résultats faunistiques par l'analyse factorielle des correspondances (AFC) a fait apparaître tous les groupes de stations isolés par l'ACP, mettant ainsi en évidence les relations qui existent entre la faune et les conditions du milieu.

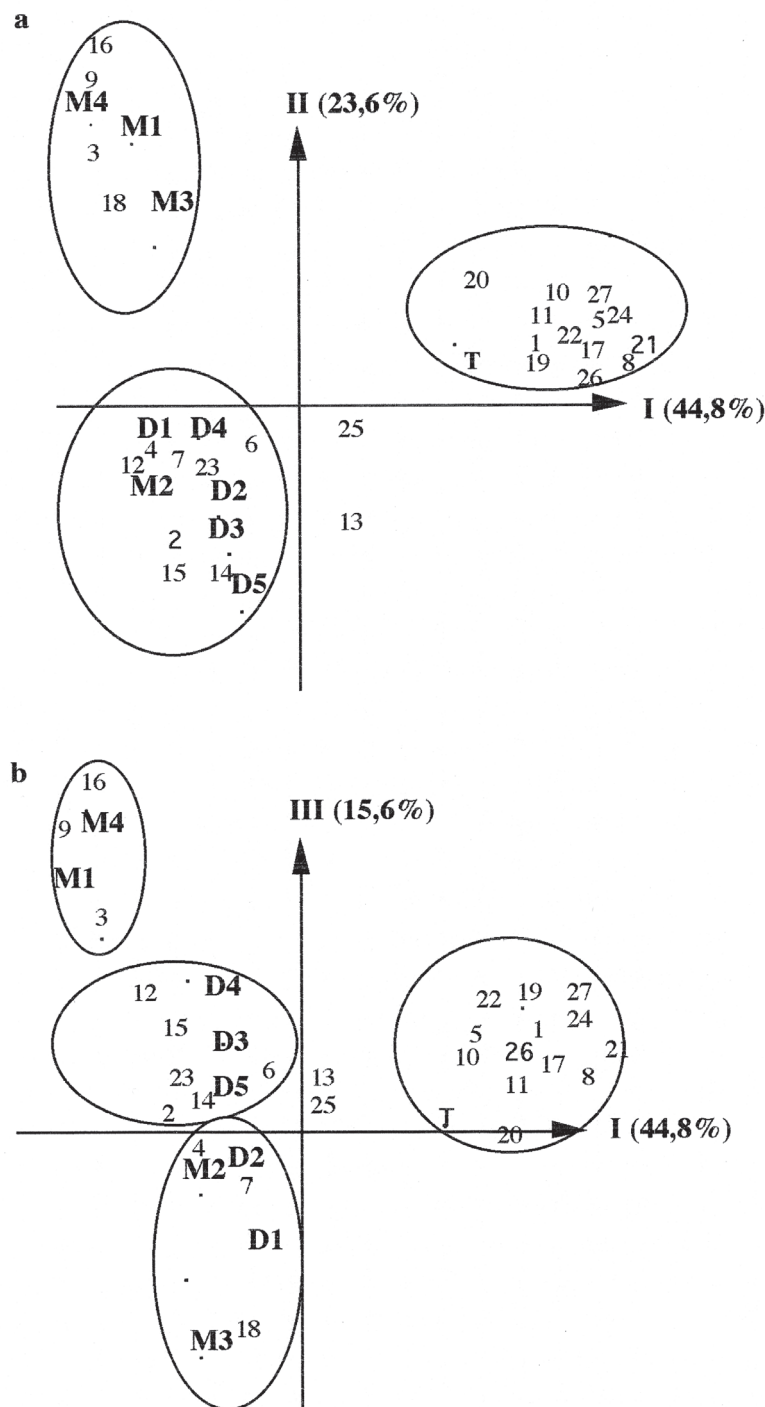


Figure 3 : Distribution des stations (D1-T) et des espèces (1 à 27) dans les plans factoriels de l'AFC : (a) dans F1*F2, (b) dans F1*F3.

Figure 3: Distribution of stations (D1-T) and species (1 to 27) in the factorial planes of AFC: (a) in F1*F2, (b) in F1*F3.

L'étude de la typologie de la lagune de Nador par ces deux analyses, montre que les différentes espèces de Crustacés se répartissent dans trois zones bien différentes par leurs conditions écologiques.

Sur le substrat dur du système d'épuration, les espèces qui tolèrent la dilution des eaux lagunaires agitées et enrichies en substances nutritives en suspension véhiculées par les eaux usées brutes, sont abondantes dans les stations D1 et D2. Les espèces qui préfèrent les eaux diluées peu enrichies en éléments nutritifs en suspension par les eaux épurées du système de lagunage sont abondantes dans les stations D3 à D5.

Dans le substrat meuble des stations confinées, une minorité d'espèces sont liées à la végétation abondante et adaptées aux faibles teneurs en oxygène dissous, dans ce substrat riche en matière organique et où la salinité est élevée. Dans ces stations, les espèces qui préfèrent un milieu calme sont à la surface du substrat ou suspendues à la végétation. Ces espèces sont abondantes dans les stations M1, M3 et M4. Les espèces qui préfèrent un sédiment agité par les courants sont à plusieurs centimètres de la surface du substrat et sont abondantes dans la station M2.

Dans le substrat meuble des stations situées sur la digue qui sépare la lagune du large, où le substrat est instable, les Crustacés sont absents, bien que la pollution soit faible.

Dans les stations de substrat dur, le peuplement carcinologique apparaît comme riche aussi bien en espèces qu'en densité par rapport aux stations de substrat meuble.

Le peuplement carcinologique étudié dans les zones polluées de la lagune de Nador présente selon la nature du substrat et la nature de la pollution des caractéristiques bien tranchées, marquées par une faible richesse spécifique dans cette enceinte lagunaire où le nombre des espèces qui tolèrent la pollution est de plus en plus faible avec les années. Cette diminution est évaluée par comparaison de nos résultats avec ceux des travaux antérieurs, en particulier ceux de Menioui (1988), et indiquerait peut être une détérioration des conditions écologiques à l'intérieur de la lagune. Cet appauvrissement est compensé par un enrichissement numérique des individus des espèces euryhalines suspensivores ou détritivores ayant une grande résistance à la

variation du pH et au manque d'oxygène. Ce double gradient est l'une des caractéristiques principales de la lagune de Nador, qui en plus de la loi générale pour l'ensemble des lagunes eurythermes et euryhalines, est soumise à une pollution anthropique et à une pollution naturelle, ce qui confère à cette lagune son originalité.

References

- Benzekri J.P. 1973.** L'analyse des données. II l'analyse des correspondances. *Dunod édition Paris*, 619 pp
- Bourneau M., Keck G. & Richoux P. 1980.** Les prélèvements de macro-invertébrés benthiques en tant que révélateurs de la physionomie d'une rivière. *Annales de Limnologie*, **16** (1): 55-75.
- Brethes J.C. & Tesson M. 1978.** Observations hydrologiques sur la sebkha Bou Areg (lagune de Nador). Bilan d'automne 1976 et hiver 1977. *Bulletin de l'Institut des Pêches Maritimes du Maroc*, **24**: 17 pp.
- Clanzic S. 1989.** Evolution des peuplements malacologiques de la lagune Méditerranéenne de Nador. *Vie et milieu*, **39** (2): 71-76.
- Crawford G. 1937.** A review of the amphipod genus *Corophium*, with notes on the British species. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, **21**: 589-630.
- Diviacco G. 1982.** Note sui Crustacei amfipodi delle lagune Laziali et Campane: *Bollettino dei Musei e degli Istituti Biologici dell'Università di Genova*, **50** (Suppl): 173-177.
- Diviacco G. & Relini G. 1981.** Gli amfipodi della laguna di Orbitello. *Quaderno di Laboratorio Tecnologico di Pesca*, 283-291.
- Frontier S. & Ibanez F. 1974.** Utilisation d'une cotation d'abondance fondée sur une progression géométrique pour l'analyse de composantes principales en écologie planctonique. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **14** (3): 217-224.
- Guelorget O., Monti D., Frisoni G. F. & Perthuisot J. P. 1984.** Diagnose écologique de la lagune de Nador. Rapport FAO 52 pp.
- Holdich D. M. 1970.** The distribution and habitat preference of the Afro-European species of *Dynamene* (Crustacea, Isopoda). *Journal of Natural History*, **4**: 419-438.
- Holdich D.M. & Jones J. A. 1983.** British Tanaids Keys and notes for the identification of the species. *Synopses of the British Fauna*, n° 27 (D.M. Kermack & R.S.K. Barnes eds) Cambridge University Press.
- Irzi Z. 1987.** Étude sédimentologique et micro-paléontologique de la lagune de Nador (Maroc oriental). *Thèse de troisième cycle, Université Pierre et Marie Curie, Paris VI*. 158 pp.
- Ledoyer M. 1968.** Ecologie de la faune vagile des biotopes méditerranéens accessibles en Scaphandre autonome (Région de Marseille principalement) IV. Synthèse de l'étude écologique. *Recueil des Travaux de la Station Marine d'Endoume, Faculté des Sciences de Marseille*, **60** (44): 125-295.
- Marques J.C. & Bellan-Santini D. 1987.** Crustacés Amphipodes des côtes du Portugal: faune de l'estuaire de Mira (Alentejo, côte Sud-Ouest). *Cahiers de Biologie Marine*, **28**: 465-480.
- Menioui M. 1988.** Contribution à la connaissance des peuplements infralittoraux superficiels des côtes Atlanto-Méditerranéennes du Maroc (Étude faunistique, Écologique et Biogéographique). *Thèse de doctorat d'Etat, Université Mohamed V, Rabat*. 256 pp.
- Oyarzun C., Carrasco F.D. & Gallardo V.A. 1987.** Some characteristics of macrobenthic fauna from the organic-enriched sediments at Talcahuano, Chile. *Cahiers de Biologie Marine*, **28**: 429-446.
- Rodier J. 1975.** *Analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer (Chimie - Physico - chimie - Bactériologie - Biologie)* 5^e édition, **I**, Dunot, Paris, 648 pp.
- Rodier J. 1976.** *Analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer (Chimie - Physico - chimie - Bactériologie - Biologie)* 5^e édition, **II**, Dunot, Paris, 376 pp.
- Rofes G. 1982.** Etudes des sédiments, méthodes de prélèvements et d'analyses pratiquées au laboratoire de sédimentologie, centre Technique du Génie Rural des eaux et des Forêts. *Rapport technique n° 15*, 50 pp.
- Rome D. M. 1942.** Ostracodes marins des environs de Monaco, 2^e note. *Bulletin de l'Institut Océanographique Monaco*, **819**: 1-31.
- Scipione B., Carnevale G., Cinelli F., Fesi E., Masella L., Poutecelli M. P. & Taramelli E. 1981.** Ricerche sui popolamenti bentonici di substrato duro di porto di Ischia infralitorale fotofilo III amfipodi. *Quaderno di Laboratorio Tecnologico di Pesca*, **3** (Suppl.): 505-517.
- Sheader M. 1978.** Ecology of *Corophium insidiosum*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, **58**: 587-596.
- Strickland J.D. and T.R. Parsons 1972.** *A practical hand book of seawater analysis*. 2 nd ed. *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada*, **167**: 1-311.
- Zine N. E. 1989.** Etude de la malacofaune de la lagune de Nador et dynamique de population de *Venerupis decussata* (Linné, 1767). *Thèse de troisième cycle Université Mohamed V. Rabat*. 83 pp.
- Zine N.E. & Menioui M. 1995.** Contribution à l'étude typologique d'un milieu lagunaire méditerranéen (lagune de Nador, Maroc). *Rapport du XXXIV^e congrès de la Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la Mer Méditerranée, La Valette (Malte) (CIESM)*, **34**: 90