

Macrobenthos
Port d'Alger
Evolution saisonnière

Macrobenthos
Algiers harbour
Seasonal evolution

Cycle annuel du peuplement macrobenthique du port d'Alger

Chafika REBZANI-ZAHAF ^a, Gérard BELLAN ^b, Ali BAKALEM ^c,
et Jean-Claude ROMANO ^{a, b}

^a Institut des Sciences Biologiques, Université des Sciences et Techniques Houari Boumedienne, El Alia, Alger, Algérie.

^b Centre d'Océanologie de Marseille (U.A. CNRS 041), Station marine d'Endoume, 13007 Marseille, France.

^c Institut des Sciences de la Mer et de l'Aménagement Littoral, Sidi Fredj, Will. Tipazza, Algérie.

Reçu le 09/11/95, révisé le 13/09/96, accepté le 20/09/96.

RÉSUMÉ

L'impact de la pollution sur le peuplement macrobenthique a été étudié durant un cycle saisonnier à travers l'analyse de 34 stations réparties dans les différents bassins du port d'Alger (Mustapha, Agha et Vieux Port). Pour chacune de ces stations la composition faunistique et la signification écologique de chaque espèce ou groupe d'espèces ont permis de mettre en évidence la spécificité de chaque bassin et de déterminer sept zones de pollution qui ont été délimitées dans les différents bassins. L'évolution saisonnière du peuplement des différentes stations est très importante dans le bassin de Mustapha, moins notable dans le bassin de l'Agha et faible dans le bassin du Vieux Port. Le peuplement des fonds de darses est toujours plus dégradé que celui des bassins d'évolution. Le peuplement est soumis à un très fort gradient de dégradation depuis la passe nord du Bassin du Vieux Port jusqu'au fond des darses du bassin de Mustapha.

ABSTRACT

Macrobenthic communities in Algiers harbour.

The impact of pollution on the macrobenthos was studied through a seasonal cycle by analysis of samples taken at 34 stations in the different basins of Algiers harbour (Mustapha, Agha and Vieux Port). Physical and chemical characteristics were measured in the water column (temperature, salinity, seston, dissolved oxygen) and sediment (pH). The faunistic composition of the stations was assessed according to the ecological significance of species or groups of species as determinants of pollution. There were close correlations between the physical and chemical characteristics at the stations and the spatial distribution of species and species assemblages. Seasonal variation in populations was most marked in Mustapha basin, less noticeable in Agha and weak in the Vieux Port. The benthic population was always more degraded in the inner part of the docks than in the outer basins. There is a very strong gradient of degradation from the northern entrance of the Vieux Port, where the macrobenthic community is similar to that of the Bay of Algiers, to the innermost part of the docks, in Mustapha, which are macroscopically azoic.

Oceanologica Acta, 1997, 20, 2, 461-477.

INTRODUCTION

L'altération de l'environnement naturel, notamment marin, est progressivement devenue une préoccupation générale, y compris dans les pays dits « en développement ». Les rejets urbains et industriels y deviennent de plus en plus importants.

Le développement industriel et la croissance démographique, plus particulièrement dans les zones urbaines littorales algériennes, ont conduit en quelques décennies à une pollution de plus en plus mal contrôlée et, par conséquent, à une dégradation de la qualité et des ressources de ce littoral.

Les ports, semi-fermés, constituent des foyers majeurs de cette pollution. Le port d'Alger, où convergent les rejets urbains d'une ville de près de deux millions d'habitants, comprend une importante zone industrielle et commerciale avec des aires de stockage et de manutention ainsi que des secteurs réservés aux activités liées à la pêche et à la plaisance.

Ces sources de pollution entraînent une détérioration du milieu dont les conséquences tant sur le plan qualitatif que quantitatif se font sentir, notamment sur la macrofaune benthique.

L'étude de l'impact des rejets dans le port d'Alger a été effectuée à travers l'analyse du peuplement macrobenthique. Les espèces benthiques, et plus particulièrement certains Polychètes, sont des indicateurs des conditions du milieu dans les zones plus ou moins polluées. Ces espèces reflètent non seulement ces conditions à l'instant de leur prélèvement, mais aussi celles qui existaient depuis le moment où elles s'y sont installées; elles ont la possibilité de cumuler et de mémoriser des apports plus anciens (Reish, 1959).

De nombreux travaux ont été réalisés sur l'influence de la pollution et sur le peuplement macrobenthique; ils montrent qu'à travers la complexité des phénomènes écologiques observés, se dégage une certaine unité des adaptations des écosystèmes benthiques. Marion (1887), signalait que l'impureté des eaux du port de Marseille provoquait un appauvrissement considérable de la faune. Il notait un gradient d'impureté avec modification subséquente de la faune au fur et à mesure que l'on pénètre dans le port. Reish (1959), dans le secteur de Long Beach-Los Angeles (Californie), a mis en relation les conditions du milieu et les peuplements. Il distinguait cinq types essentiels de fonds, caractérisés par leur degré croissant de pollution. Bellan (1967 *a, b*) a mis en évidence l'influence de la pollution sur la macrofaune benthique de substrat meuble dans le secteur de Cortiou, en mer ouverte et dans le port de Marseille. Il a défini une succession de zones de pollution et les différences entre leur peuplements. Pearson et Rosenberg (1978), ont fait le point des connaissances sur les peuplements macrobenthiques des milieux soumis à des apports importants en matières organiques; ils constatent que les réactions du peuplement vis à vis de la matière organique sont similaires en tout point du globe. Glémarec et Hily (1981), ont défini sept étapes de dégradation des peuplements délimitant des zones et correspondant

à des groupes écologiques liés à l'hypertrophisation du milieu. Hily (1984), étudiant la dynamique des peuplements macrobenthiques de la rade de Brest, établit un gradient de dégradation du peuplement selon la coexistence qualitative des différents groupes faunistiques et écologiques du peuplement et propose des modèles théoriques décrivant les états structurels des peuplements à différents niveaux de perturbation. L'ensemble de ces questions a été traité à l'échelle méditerranéenne par Bellan (1985) et repris plus récemment par Reish et Bellan (1995).

En Algérie, peu de travaux ont été effectués dans les milieux portuaires: Dieuzède (1927) s'était intéressé à la pêche des praires *Venus verrucosa* dans le port d'Alger et avait précisé que cette pêche était faite dans les eaux du port, polluées par les égouts qui s'y déversaient. Aid *et al.* (1979) constataient une forte pollution bactériologique dans le bassin d'évolution de Mustapha. Samson-Kechacha (1981) y notait une reminéralisation intense et une tendance à l'eutrophisation. Bakalem et Romano (1988) ont suivi l'évolution du peuplement macrobenthique d'une station du port de pêche (Vieux Port) et constaté une importante richesse spécifique.

Prenant appui sur une étude globale du port d'Alger (Rebzani-Zahaf, 1990), trois notes portant sur les résultats préliminaires nous ont permis d'aborder:

– la situation en juin 1984 du peuplement (Bakalem *et al.*, 1986)

– l'évolution spatio-temporelle de sept stations du port (Rebzani-Zahaf, 1992; Rebzani-Zahaf *et al.*, 1988).

LE MILIEU

Situé au nord-ouest de la baie d'Alger, l'ensemble portuaire couvre un plan d'eau de 184 ha; il est constitué de trois bassins (fig. 1).

Le bassin de Mustapha d'une superficie de 75 ha, communique avec le large par une passe dite « passe sud » et avec le bassin de l'Agha par la passe de Mustapha. C'est un bassin à intense activité industrielle et commerciale dont la profondeur varie entre 7 et 11 m. Le sédiment en fond de darse, est une vase noire, gluante et fétide, en sortie de darse et dans le bassin d'évolution, c'est une vase réduite et peu fétide à débris abondants. Plusieurs sources de pollution se trouvent dans ce bassin: rejets industriels de la SOGEDIA (huilerie et savonnerie), rejets urbains de la partie Est de la ville d'Alger, rejets de la SEMPAC (silos à grains), un bateau usine de traitement de ciment, rejets d'eaux chaudes chlorées de la centrale électrique.

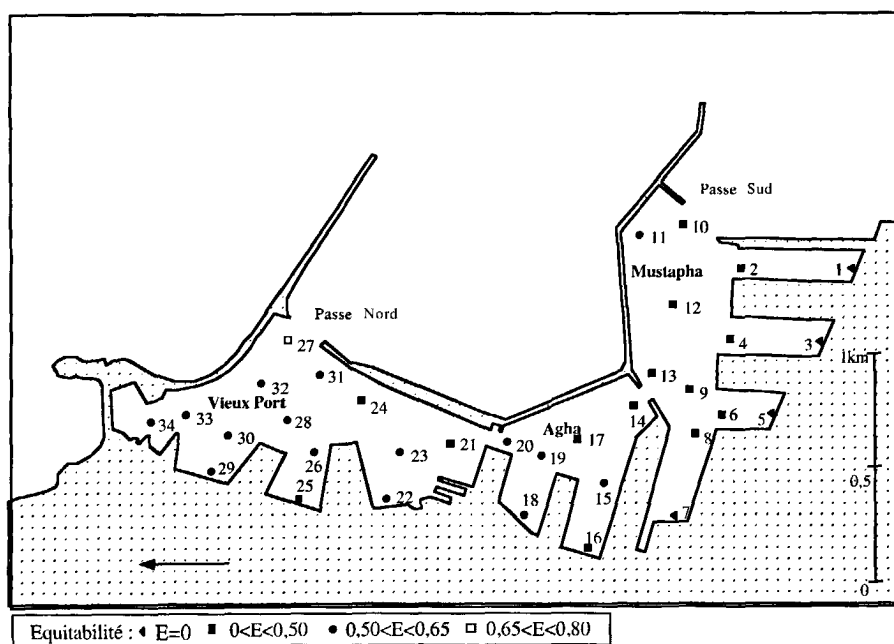
Le bassin de l'Agha est situé entre le bassin de Mustapha et celui du Vieux Port. Sa profondeur est comprise entre 6 et 15 m et il offre un plan d'eau de 35 ha. Il communique avec le bassin du Vieux Port par la passe dite du Vieux Port. C'est un bassin de transbordement de marchandises diverses. Le sédiment est une vase sableuse réduite. Les rejets sont d'origine essentiellement urbaine.

Le bassin du Vieux Port a une superficie de 74 ha, une profondeur de 7 à 20 m et il communique avec le large par la passe dite passe Nord. C'est un bassin à fonctions

Figure 1

Carte du port d'Alger. Positionnement des stations. Equitabilité moyenne des prélèvements au cours d'une année.

Map of Algiers harbour. Positions of stations. Mean evenness of samples in the course of one year.



multiples: transport de marchandises et de voyageurs, plaisance, pêche et radoub. Le sédiment est une vase sableuse. Ce bassin reçoit les rejets d'origine urbaine du centre de la ville ainsi que les eaux de la baie, par la passe Nord.

Afin de couvrir l'ensemble du port, 34 stations ont été choisies au fond des darses, à leur sortie et dans la zone d'évolution des navires de chaque bassin. Ainsi, 13 stations ont été étudiées dans le bassin de Mustapha, 7 dans le bassin de l'Agha et 14 dans celui du Vieux Port.

L'hydrodynamique des masses d'eau circulant dans le port d'Alger est l'un des facteurs qui y jouent un rôle essentiel. En fait, ce facteur induit ou modifie les caractéristiques des autres. Il ne nous a pas été possible de le mesurer comme nous avons pu le faire pour certains autres facteurs. L'hydrodynamique des masses d'eau, leur circulation dans les ports, en particulier, est lié à la courantologie. Compte tenu de la quasi-inexistence des marées en Méditerranée (sauf exceptions très localisées), les courants et contre-courants sont liés au vent comme le résume l'adage « le vent fait le courant ». La courantologie du port d'Alger est balbutiante. Nous compléterons les anciennes données de Delvert (1923) par nos propres observations. Les vents dominants de secteur ouest ou nord ouest créent une entrée des eaux peu polluées de la partie occidentale de la baie par la passe nord. Cet afflux envahit l'ensemble du Vieux Port, traverse les bassins de l'Agha et Mustapha et s'évacue par la passe sud. Par vents de sud et est, l'afflux d'eau entre par la passe sud, dans le bassin de Mustapha, y remplace, au moins partiellement, les eaux polluées et s'évacue par les passes de Mustapha et du Vieux Port en suivant les jetées, en direction du Vieux Port et de la passe nord. Malheureusement, ces eaux de la partie sud et est de la baie d'Alger sont fortement contaminées par des rejets domestiques et par l'Oued Harrach, égout à ciel ouvert. L'étude d'autres paramètres du milieu nous permettra de mieux cerner le rôle et l'importance respectifs de ces deux entrées d'eau.

MÉTHODES D'ÉTUDE

Les prélèvements ont été réalisés trimestriellement, suivant un cycle saisonnier en décembre 1983, mars 1984, juin 1984 et septembre 1984. Ils sont considérés, respectivement comme prélèvements d'automne (A), hiver (H), printemps (P) et été (E).

Ces prélèvements ont été effectués à l'aide d'une benne Orange Peel (1/12 m²); trois coups de benne ont été réalisés à chaque station et chaque saison, ce qui dépasse largement le volume minimum défini par Romano (1979). Le sédiment recueilli a été tamisé sur maille de 1 mm, le refus de tamis renfermant la macrofaune étant fixé au formol à bord, puis trié et déterminé au laboratoire.

Le peuplement a été étudié selon la méthode mise au point par Picard (1965) qui caractérise le peuplement par sa richesse spécifique et le nombre d'individus de chacune d'elle exprimé en valeur absolue (abondance) ou en valeur relative (dominance); ceci pour estimer la richesse qualitative et quantitative du peuplement à chaque station et suivre l'évolution, tant spatiale que temporelle, de cette richesse. Nous avons, aussi, largement fait appel aux propositions de Stirn (1982) pour l'étude des communautés benthiques dans des secteurs soumis aux activités humaines.

Pour connaître les conditions du milieu auxquelles est soumise la macrofaune benthique présente dans chaque bassin, des paramètres physiques et chimiques: température, salinité, oxygène dissous, pH et matière en suspension, ont été mesurés à l'aide d'appareils de terrain, pour chaque station et à chaque saison.

L'ensemble des analyses statistiques ont été réalisées selon des méthodes classiques (Benzecri et Benzecri, 1984; Frontier, 1980; Legendre et Legendre, 1979; Reys, 1976).

RÉSULTATS

L'étude dynamique des peuplements macrobenthiques de chaque station et à chaque saison et l'étude des conditions du milieu, ont permis de mettre en évidence la spécificité de chacun des bassins.

Les conditions du milieu et le peuplement macrobenthique

Données générales

– Bassin de Mustapha

En raison de l'activité industrielle qui s'y concentre et le déversement de nombreux égouts, c'est la partie du port la plus affectée par la pollution; de plus les apports d'eaux de la baie par la passe sud sont sous l'influence des égouts de la partie est de la ville et des eaux de l'oued El-Harrach, lui-même très pollué.

Ce bassin (tableau 1) se caractérise par une température (valeurs moyennes: VM Surface-S 20,41°C; Profondeur-P 18,37°C) et une teneur en matière en suspension élevées (VM S 40,82 mg/l; P 17,63 mg/l) et des valeurs basses de salinité (VM S 34,97; P 36,55) et d'oxygène dissous (VM S 2,55; P 4,12).

Les fonds de darses sont azoïques toute l'année.

Le peuplement permanent est essentiellement limité au niveau de l'aire d'évolution des navires (tableau 2). Il s'étend aux stations de sortie de darse en hiver quand les conditions du milieu, améliorées, sont favorables au développement des espèces. Il se réduit en été et en automne aux stations sous l'influence des eaux de la baie et des eaux du bassin de l'Agha. Ce peuplement, très peu diversifié, est constitué de deux espèces de Polychètes indicatrices de pollution de premier rang (I.P.1): *Capitella capitata* et *Malacoceros fuliginosus* (Glémarec et Hily, 1981). *C. capitata* est responsable des fortes poussées quantitatives observées en hiver, *M. fuliginosus*, apparaît également de façon importante en hiver.

Les plus fortes densités pour l'ensemble du port ont été observées dans ce bassin dont les maxima peuvent atteindre plus de 25 000 ind./m² avec *Capitella capitata* comme espèce dominante. L'intensité de la pollution est telle que l'installation d'un peuplement est difficile dans le temps, entraînant de fortes mortalités ou aboutissant à la disparition complète du peuplement. Lorsque les conditions du milieu deviennent acceptables et que l'apport des eaux de la baie est intense, le peuplement apparaît aux stations précédemment azoïques ou encore se développe considérablement sur le plan quantitatif aux stations dont le peuplement est permanent. Sans l'influence des eaux du bassin de l'Agha et surtout sans l'apport des eaux de la baie par la passe sud, le bassin de Mustapha serait azoïque toute l'année.

– Bassin de l'Agha

Ce bassin intermédiaire présente les caractéristiques d'un milieu moins affecté par la pollution que le bassin de Mustapha (tableau 1). La température (VM S 19,23°C; P 18,56°C) et la matière en suspension sont moins élevées

en surface (VM 9,24 mg/l) et varient peu en profondeur (VM 9,12 mg/l), le milieu est plus oxygéné (VM S 7,40 mg/l; P 6,10 mg/l) et la salinité plus élevée (VM S 36,26; P 36,62). Les rejets d'eaux dans les bassins sont d'origine essentiellement urbaine.

Le peuplement (tableau 3), est plus diversifié (maximum 20 espèces) et dense sans pour autant atteindre les pics quantitatifs du bassin de Mustapha. L'influence de la pollution de ce dernier se fait directement sentir dans les stations situées à proximité. L'évolution saisonnière des stations a permis de mettre en évidence une alternance de forte dominance des espèces: *Capitella capitata* et *Malacoceros fuliginosus* (I.P.1) avec des espèces Indicatrices de pollution de 2^e rang (I.P.2) *Polydora antennata*, *Staurocephalus rudolphii*, *Nereis caudata*, *Cirriiformia tentaculata* (Glémarec et Hily, 1981).

La pollution importante du bassin de Mustapha progresse dans le temps jusqu'à la passe de Mustapha, mitoyenne au bassin de l'Agha, et fait disparaître le peuplement dans ce secteur en hiver et en été. Par ailleurs, l'influence positive du bassin du Vieux Port avec un apport d'eau moins polluée, se fait sentir dans le peuplement de la station 20 par la présence des espèces à Large répartition écologique (Lre) essentiellement représentée par le Mollusque *Corbula gibba* (dominance moyenne: 46,47%). Sans l'influence constante du bassin du Vieux Port, le peuplement du bassin de l'Agha serait essentiellement constitué d'espèces indicatrices de pollution.

– Bassin du Vieux Port

Il présente les caractéristiques d'un milieu portuaire. Cependant ce bassin (tableau 1) est moins affecté par la pollution que celui de Mustapha et de l'Agha; les eaux sont plus froides (VM S 18,12°C ; P 15,72°C), mieux oxygénées (VM S 8,78 mg/l; P 8,11 mg/l) et moins chargées en matière en suspension (VM S 10,84 mg/l; P 9,10 mg/l). Il bénéficie de renouvellements importants des eaux par la passe Nord, le trafic naval est intense et les faibles rejets d'eaux polluées sont d'origine urbaine. De ce fait les conditions du milieu de ce bassin sont meilleures que celles des bassins de Mustapha et de l'Agha.

Le peuplement (tableau 4) se caractérise par sa richesse qualitative (33 espèces en moyenne) et une densité moyenne de 2 734 ind./m².

Les indicatrices de pollution ne sont pas très abondantes; les I.P.1 sont absentes ou très faiblement représentées, les I.P.2 ont une dominance peu élevée ne dépassant pas 25%.

Les groupes écologiques les mieux représentés sont les espèces à large répartition écologique (Lre) avec *Corbula gibba* dominante, suivie de *Lumbrineris latreilli*, *Notomastus latericeus*. Lorsque la dominance de ce groupe décroît, le groupe des Indicatrices d'instabilité (Ind. inst.) avec comme principale espèce *Tharyx marioni*, suivie de *Heteromastus filiformis*, *Chaetozone setosa*, *Prionospio malmgreni*, *Tellina pulchella*, se met en place. Une compétition interspécifique ou intergroupe est notée. Ces espèces annoncent l'installation ou la préparation d'un peuplement de milieu naturel.

Tableau 1

Données physiques (température, matières en suspension, salinité, oxygène dissous) dans les trois bassins du port d'Alger.
Valeurs moy.: valeurs moyennes. Surf.: surface.

Physical data (temperature, seston, salinity, dissolved oxygen) in the three docks of Algiers harbour.
Valeurs moy.: mean values . Surf.: surface.

	Température °C						Matières en suspension (mg/l)						Salinité				Oxygène (mg/l)							
	Surface		Fond		Valeurs moy.		Surface		Fond		Valeurs moy.		Surface		Fond		Valeurs moy.		Surface		Fond		Valeurs moy.	
	max.	min.	max.	min.	surf.	fond	max.	min.	max.	min.	surf.	fond	max.	min.	max.	min.	surf.	fond	max.	min.	max.	min.	surf.	fond
Bassins																								
Mustapha	24,6	17,6	22	16	20,4	18,4	213	7,2	86,4	7	40,8	17,6	36,7	30	36,8	33,9	35	36,6	5,7	1	7,4	0,21	2,55	4,12
Agha	22,5	15,5	22	16,2	19,2	18,6	22,4	2,6	20,8	1,8	9,24	9,12	37	34,6	37,1	35,4	36,3	36,6	11,4	3,68	9,75	3,6	7,4	6,1
Vieux Port	22	15,1	22	15,1	18,1	15,7	27	2,6	22,2	3,6	10,8	9,1	38	36,1	38	33,2	37,8	34,4	10,8	1,47	10,8	0,48	8,78	8,11

Tableau 2

Données biologiques générales du bassin de Mustapha.

Saisons : automne : A, hiver : H, printemps : P, été : E. Nbr ind., (esp.) : Nombre d'individus (et d'espèces) recueillis dans chaque prélèvement. *POLLUÉE* : Nombre d'individus (et d'espèces) indicatrices de la zone recueillis dans chaque prélèvement. *SUBNORMALE* : Nombre d'individus (et d'espèces) sentinelles de la zone subnormale recueillis dans chaque prélèvement. I.P.1 : Indicatrices de pollution de niveau 1. I.P.2 : Indicatrices de pollution de niveau 2. Lre : espèces à large répartition écologique. Ind. inst. : espèces indicatrices de conditions d'instabilité du milieu.

General biological data of the Mustapha basin.

Seasons: autumn: A, winter: H, spring: P, summer: E. Nbr ind., (esp.): Number of individuals (and species) collected in each sample. POLLUÉE: Number of individuals (and species) indicative of polluted zone collected in each sample. SUBNORMALE: Number of individuals (and species) of subnormal zone collected in each sample. I.P.1: Indicators of polluted zone, level 1. I.P.2: Indicators of polluted zone, level 2. Lre: species with a wide ecological distribution. Ind. inst.: species indicative of instability of the environment.

STATIONS	Bassin de Mustapha																	
	2	4	6	8	9	10	10	10	10	11	11	11	12	12	13	13	13	13
Saisons	H	H	H	H	H	A	H	P	E	A	P	E	H	P	A	P	E	
Nbr ind., (esp.)	99 (2)	3 (3)	38 (1)	414 (17)	592 (2)	1918 (2)	6370 (2)	10 (1)	128 (2)	39 (8)	57 (3)	549 (2)	4 (2)	2141 (2)	21 (2)	195 (5)	3385 (2)	
ESPÈCES																		
<i>POLLUÉE</i>	99 (2)	3 (3)	38 (1)	313 (4)	592 (2)	1918 (2)	6370 (2)	10 (1)	128 (2)	34 (3)	57 (3)	549 (2)	4 (2)	2141 (2)	21 (2)	190 (3)	3385 (2)	
<i>SUBNORMALE</i>	0	0	0	58 (5)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3 (1)	0	
IP1	99 (2)	2 (2)	38 (1)	302 (2)	592 (2)	1918 (2)	6370 (2)	10 (1)	128 (2)	33 (2)	54 (2)	549 (2)	4 (2)	2141 (2)	21 (2)	188 (2)	3385 (2)	
IP2	0	1 (1)	0	11 (2)	0	0	0	0	0	1 (1)	3 (1)	0	0	0	0	1 (1)	0	
Lre	0	0	0	35 (2)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Ind inst.	0	0	0	54 (3)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3 (1)	0	

Tableau 3

Données biologiques générales du bassin de l'Agha. Même légende que pour le tableau 2.

General biological data of the Agha basin. Same legend as Table 2.

Bassin de l'Agha												
STATIONS	14	14	15	15	15	15	16	16	16	16	17	17
Saisons	A	P	A	H	P	E	A	H	P	E	A	P
Nbr ind., (esp.)	40 (6)	7 756 (16)	258 (10)	2 281 (21)	866 (20)	922 (17)	414 (17)	1 609 (9)	3 163 (8)	19 (3)	173 (4)	2 809 (11)
ESPÈCES												
POLLUÉE	27 (2)	7 753 (6)	209 (6)	1 821 (7)	525 (7)	642 (7)	410 (5)	1 559 (6)	3 125 (5)	15 (2)	169 (3)	2 744 (4)
SUBNORMALE	4 (1)	2 (1)	45 (1)	416 (4)	296 (4)	34 (2)	4 (2)	49 (2)	22 (2)	4 (1)	4 (1)	4 (2)
IP1	27 (2)	7 249 (2)	199 (2)	439 (2)	78 (2)	557 (2)	402 (2)	1 517 (2)	2 767 (2)	1 (1)	167 (2)	2 401 (2)
IP2	0	409 (4)	10 (4)	1 382 (5)	447 (5)	85 (5)	8 (3)	42 (4)	358 (3)	14 (1)	2 (1)	303 (3)
Lre	0	2 (1)	45 (1)	381 (1)	250 (1)	104 (1)	1 (1)	47 (1)	2 (1)	0	0	4 (2)
Ind inst	4 (1)	0	3 (2)	40 (5)	8 (2)	125 (2)	3 (1)	2 (1)	20 (1)	4 (1)	4 (1)	0
STATIONS	18	18	18	18	19	19	19	19	20	20	20	20
Saisons	A	H	P	E	A	H	P	E	A	H	P	E
Nbr ind., (esp.)	51 (2)	1 638 (14)	865 (15)	118 (3)	272 (22)	846 (14)	623 (17)	23 (3)	19 (6)	1 233 (35)	366 (23)	643 (34)
ESPÈCES												
POLLUÉE	51 (2)	1 459 (6)	823 (5)	26 (2)	255 (5)	766 (6)	290 (5)	0	4 (2)	447 (7)	132 (7)	133 (5)
SUBNORMALE	0	169 (3)	5 (4)	92 (1)	15 (2)	70 (1)	208 (3)	21 (1)	14 (3)	430 (4)	190 (3)	304 (5)
IP1	51 (2)	1 210 (2)	769 (2)	20 (1)	175 (2)	486 (2)	208 (2)	0	4 (2)	154 (2)	88 (2)	1 (1)
IP2	0	249 (4)	54 (3)	6 (1)	80 (3)	280 (4)	82 (3)	0	0	293 (5)	44 (5)	132 (4)
Lre	0	155 (1)	3 (2)	0	1 (1)	70 (1)	258 (2)	21 (1)	12 (2)	421 (3)	180 (2)	434 (5)
Ind inst	0	14 (2)	2 (2)	92 (1)	14 (4)	1 (1)	28 (3)	0	1 (1)	157 (4)	25 (3)	22 (5)

Analyse synthétiques des paramètres du milieu

L'analyse des paramètres considérés séparément donne souvent une idée partielle des phénomènes étudiés. Aussi avons-nous réalisé une analyse en composantes principales pour obtenir une vision synthétique de ceux-ci. L'analyse en composantes principales (fig. 2, 3) permet de mettre en évidence les liens entre les variables étudiées à chaque station.

Ces variables sont la température, la salinité, l'oxygène dissous, le pH et la matière en suspension. Les valeurs de ces paramètres ont été analysées pour tous les prélèvements

effectués. Le pourcentage d'inertie extrait par les trois premiers axes est de 55,12%. Cette inertie se décompose en axe 1: 38,25%, axe 2: 8,92% et axe 3: 7,85%.

Signification de l'axe 1

Les stations des fonds de darse (1, 3, 5, 7) du bassin de Mustapha ainsi que la matière en suspension des quatre prélèvements juin, septembre, décembre 1984 et mars 1985 sont réunies dans la partie négative de l'axe. On notera que ce facteur « matière en suspension » évolue régulièrement au cours d'un cycle annuel. Les stations du bassin de Mustapha sont toutes regroupées dans la partie négative de

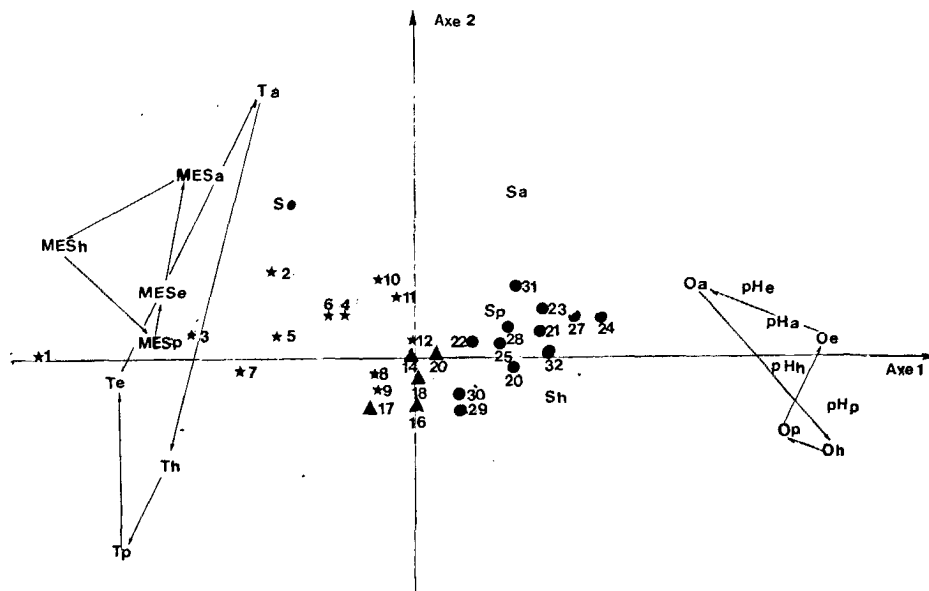


Figure 2

Analyse en composantes principales (plan des axes 1 et 2) : ordination des variables physiques et stations dans le port d'Alger.

MES: matière en suspension; T: température; S: salinité; O: oxygène dissous; pH du sédiment. a: automne; h: hiver; p: printemps; e: été. Etoiles: bassin de Mustapha; triangles: bassin de l'Agha; points: bassin du Vieux Port. Seules les stations les plus importantes au niveau de l'analyse. sont numérotées.

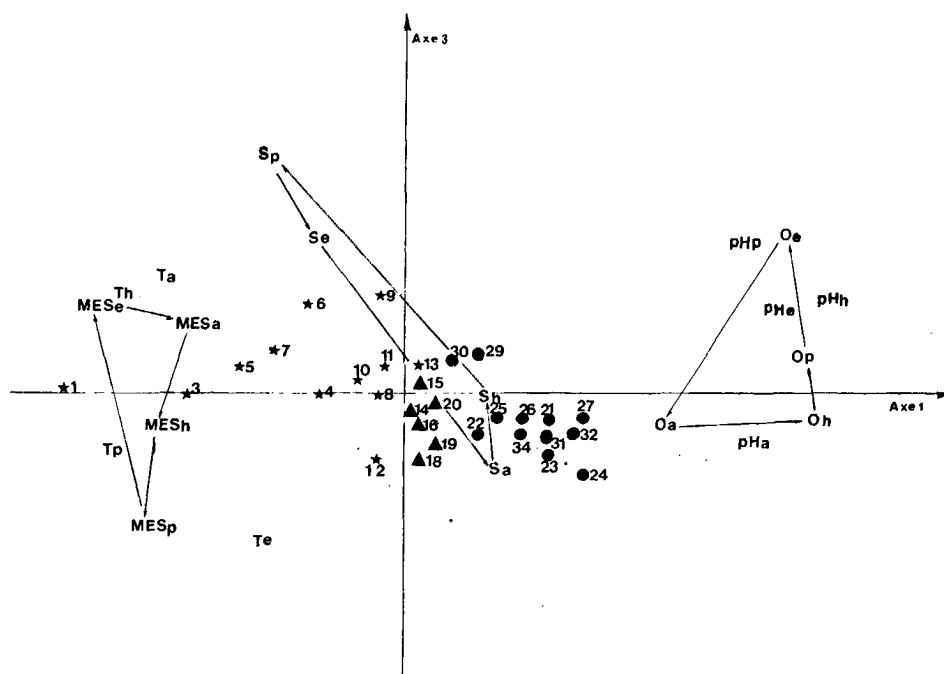
Principal component analysis (plots of axes 1 and 2) of physical variables and stations in Algiers harbour. MES: seston; T: temperature; S: salinity; O: dissolved oxygen; pH the sediment. a: fall; h: winter; p: spring; e: summer. Stars: Mustapha dock; triangles: Agha dock; dots: Vieux Port dock. Only the most important stations at the level of analysis are numbered.

Figure 3

Analyse en composantes principales (plan des axes 1 et 3) des variables physiques et stations dans le port d'Alger.

Même légende que pour la figure 2.

Principal component analysis (plots of axes 1 and 3) of physical variables and stations in Algiers harbour. Same legend as Figure 2.



cet axe 1. Le côté positif réunit les variables pH et oxygène dissous de tous les prélèvements ainsi que les stations du Vieux Port. Il y a opposition, le long de cet axe entre, du côté négatif, la matière en suspension importante dans les stations du bassin de Mustapha et, du côté positif, l'oxygène dissous dont les valeurs sont plus élevées dans le bassin du Vieux Port. Un parallélisme est constaté entre le pH et la teneur en oxygène dissous; la décomposition du matériel organique sédimenté consomme de l'oxygène, produit de l'oxyde de carbone et fait baisser le pH. Ce cas extrême est bien observé sur l'axe 1 où les stations azoïques des fonds de darses de Mustapha sont en état d'anoxie toute l'année et où les teneurs en matière en suspension sont très élevées à l'opposé des stations du Vieux Port (tableau 1).

L'axe 1, largement prépondérant (38,25 % de la variance), peut être assimilé à un gradient de pollution.

Signification de l'axe 2

Cet axe, d'importance médiocre: 8,92 % de la variance, discrimine le paramètre température qui est situé, comme le facteur matière en suspension, sur la partie négative de l'axe 1 et évolue selon un cycle annuel régulier. Ces paramètres ne sont pas nécessairement corrélés. Le facteur « températures élevées » est cependant un facteur aggravant par rapport aux autres facteurs (MES et oxygène dissous). Sur l'axe 2, les plus fortes valeurs de température concernent le bassin de Mustapha. Sur l'ensemble du port (tableau 1), une période froide et une période chaude sont observées durant l'année ce qui relativise l'importance de la température dans le bassin de Mustapha.

L'axe 2 exprimerait la répartition de la température dans le port.

Signification de l'axe 3

Cet axe (contribution à la variance: 7,85 %) explique la distribution de la salinité dans le port qui évolue selon un cycle saisonnier régulier. La représentation graphique montre une opposition entre la salinité au printemps et

en été (côté positif) et celle de l'hiver (côté négatif). Cet axe révèle également une salinité plus faible dans le bassin de Mustapha et plus élevée dans le bassin du Vieux Port. La température et la salinité sont des « propriétés conservatives » de l'eau de mer, elles définissent des types d'eau. Ces propriétés conservatives varient par mélanges des eaux de température et de salinité différentes. Elles reflètent le lieu et l'instant où les eaux considérées ont quitté la surface et les mélanges qui se sont produits; ce qui explique que température et salinité soient liées et varient progressivement dans le temps et dans l'espace. L'élévation de la température entraîne une diminution du pH, d'autant plus importante que la salinité est plus forte, comme cela a été observé dans le bassin de Mustapha.

CONCLUSION

L'analyse en composantes principales révèle l'influence dominante de la matière en suspension et de l'oxygène dissous; l'axe qui les discrimine a un fort pourcentage d'inertie et montre que, quelle que soit la période de prélèvement, ces paramètres déterminent les conditions de milieu dans les différents darses et bassins du port d'Alger et, comme nous le verrons, dans l'installation éventuelle d'un peuplement. La température et la salinité contribuent, mais à un moindre degré, à la répartition des espèces et des peuplements dans le port.

La diversité spécifique

Les différents indices de diversité (Shannon-Wiener et Equitabilité) ont été calculés pour chaque peuplement des différentes stations et à chaque saison.

Les résultats obtenus montrent très peu de variations saisonnières au sein d'un même bassin.

Les plus faibles valeurs de diversité ont été enregistrées dans les stations les plus affectées par la pollution

(fig. 1). Les bassins de Mustapha et de l'Agha où le peuplement, peu diversifié, est constitué majoritairement de deux espèces dont l'abondance fait baisser l'indice de Shannon. Les valeurs relativement élevées de l'équitabilité observées à certaines stations du bassin de Mustapha ne s'expliquent que par une meilleure répartition des effectifs entre ces deux espèces. Les plus fortes valeurs de diversité ont été enregistrées dans le bassin du Vieux Port et dans certaines stations du bassin de l'Agha. Ces valeurs révèlent une diversité du peuplement plus importante et une stabilisation ou une égalisation des effectifs entre les espèces. Dans certaines stations à l'équilibre écologique instable, la présence d'une espèce dominante dans un peuplement diversifié fait baisser l'indice d'équitabilité. Ces résultats sont conformes aux données bibliographiques classiques (Washington, 1984).

A partir de ces résultats, des seuils d'équilibre ont été établis pour les peuplements du port d'Alger à l'aide des moyennes de l'indice de l'équitabilité de chaque station :

- $E > 0,80$: peuplement en équilibre
- $0,80 > E > 0,65$: peuplement en léger déséquilibre
- $0,65 > E > 0,50$: peuplement en déséquilibre
- $0,50 > E > 0$: peuplement en déséquilibre fort
- $E = 0$: peuplement inexistant

La représentation des indices de l'équitabilité moyenne sur l'ensemble du port (fig. 1), montre que les peuplements sont :

- en fort déséquilibre dans le bassin de Mustapha et dans la partie adjacente du bassin de l'Agha.
- en déséquilibre dans celui du Vieux Port et dans la partie adjacente du bassin de l'Agha.
- en léger déséquilibre dans les secteurs à forte activité navale et sous l'influence de la baie, du bassin du Vieux Port.

Détermination des différentes zones

Fondée sur les travaux de Reish (1959), Bellan (1967 *a, b*, 1984), Pearson et Rosenberg (1978), Glémarec et Hily (1981) et à partir de nos résultats, une zonation des peuplements macrobenthiques a été définie et délimitée pour le port d'Alger.

Zonation des peuplements dans le port d'Alger (fig. 4, 5)

Cette zonation est faite à partir de la composition faunistique de chaque station, de la dominance et de la signification écologique de chaque espèce ou groupe d'espèces ; ainsi sept zones ont été définies.

ZONE DE POLLUTION MAXIMALE (PM)

Elle correspond à la « very polluted zone » de Reish (1959), c'est la zone de pollution maximale de Bellan (1967 *a*).

C'est une zone dépourvue de vie animale macroscopique, zone azoïque comparable à celle définie par les auteurs cités ci-dessus. Elle se caractérise par un excès de matière en suspension qui conduit par sa dégradation à l'anoxie du milieu. Le sédiment est une vase noire, gluante et fétide à débris variés.

Zone de transition 1 (T1)

A la limite de la zone azoïque, elle se définit par un peuplement à nombre d'espèces réduit (1 à 3 espèces) et une faible densité (inférieure à 100 individus). Le peuplement est constitué de Polychètes, indicatrices de pollution de premier rang (I.P.1) : *Capitella capitata* et *Malacoceros fuliginosus*.

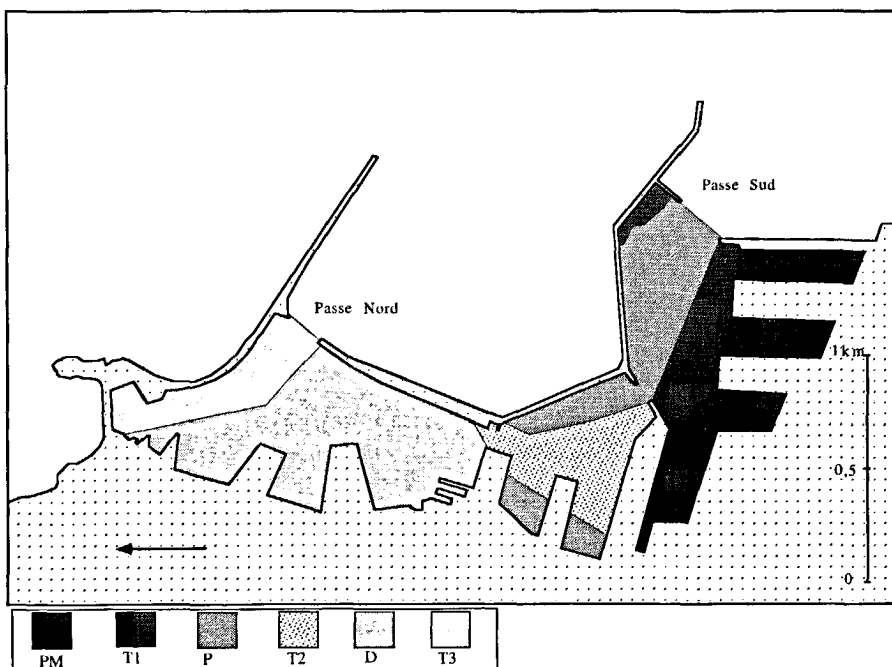


Figure 4

Cartographie générale du port d'Alger. Zones: Pollution maximale: PM. Polluée: transition 1: T1; polluée interne: P; polluée externe-transition 2: T2. Subnormale: subnormale interne-déséquilibre D; subnormale externe-transition 3: T3.

General distribution of communities in Algiers harbour.

Zones: Maximal Pollution: PM. Polluted: transitional 1: T1; polluted internal: P; polluted external-transitional 2: T2. Subnormal: subnormale internal-disequilibrium D; subnormale external-transitional 3: T3.

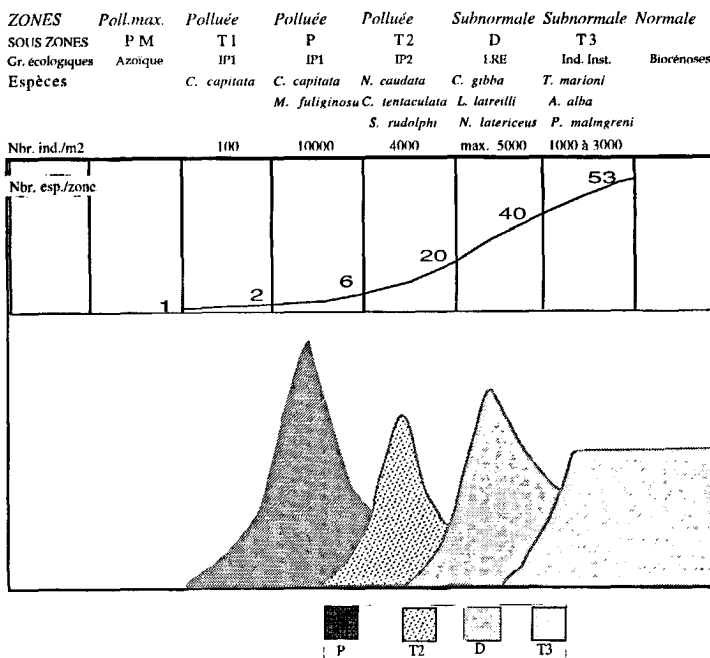
Figure 5

Répartition schématique de différentes zones bionomiques dans le port d'Alger.

Zones : Pollution maximale : PM. Polluée : transition 1 : T1 ; polluée interne : P ; polluée externe-transition 2 : T2. Subnormale : subnormale interne-déséquilibre D ; subnormale externe-transition 3 : T3. Groupes écologiques correspondant : I.P. 1 : Indicatrices de pollution de niveau 1. I.P. 2 : Indicatrices de pollution de niveau 2. Lre : espèces à large répartition écologique. Ind. inst. : espèces indicatrices de conditions d'instabilité du milieu.

Schematic distribution of the different bionomic zones in Algiers harbour.

Zones: Maximal Pollution: PM. Polluted: transitional 1: T1; polluted internal: P; polluted external-transitional 2: T2. Subnormal: subnormal internal-disequilibrium D; subnormal external-transitional 3: T3. Ecological groups: I.P. 1: Indicators of polluted zone, level 1. I.P. 2: Indicators of polluted zone, level 2. Lre: species with a wide ecological distribution. Ind. inst.: species indicatives of instability of the environment.



ZONE POLLUÉE (P)

Elle correspond à la « polluted zone » de Reish (1959), à la zone polluée de Bellan (1967a) et à la zone polluée interne de Romano (1979).

Elle se caractérise par une densité qui peut atteindre des valeurs supérieures à 10000 ind./m², des I.P.1 dont la dominance est alors supérieure à 90%. *Capitella capitata*, principale espèce de cette zone, est capable de supporter les conditions anoxiques du milieu; elle est responsable des fortes poussées quantitatives saisonnières et prolifère considérablement lorsqu'il y a accumulation de matière organique; elle est considérée comme espèce indicatrice de pollution des eaux en plusieurs points du globe. Elle est suivie de *Malacoceros fuliginosus* plus abondante lorsque les conditions du milieu ne sont pas extrêmement défavorables.

Ces espèces, et plus particulièrement *Capitella capitata*, sont considérées comme des indicatrices biologiques de pollution des conditions extrêmes du milieu.

Zone de transition 2 (T2)

Intermédiaire entre la zone précédente et la zone subnormale suivante, elle se caractérise par un peuplement moins dense (densité inférieure à 1000 ind./m²) et plus diversifié (entre 6 et 15 espèces), qui est fortement dominé par les espèces indicatrices de pollution. Les I.P.1 ne sont plus aussi abondantes que dans la zone précédente; elles sont concurrencées, voire remplacées, par les I.P.2 (*Cirriformia tentaculata*, *Nereis caudata*, *Polydora antennata*, *Staurocephalus rudolphii*). Lorsque ces dernières s'installent, généralement de façon permanente, et ont une dominance supérieure à 75%, elles indiquent une pollution plus modérée. On peut la considérer comme équivalent et à la « semi healthy zone » de Reish (1959) et à la zone polluée externe de Romano (1979) au sein de laquelle viennent s'adjoindre un certain nombre

d'espèces de la zone subnormale comme Bellan (1967b) l'avait mis en évidence dans les ports de Marseille, ce qui semble bien être une constante des peuplements de milieux portuaires (Reish et Bellan, 1995).

ZONE SUBNORMALE

Zone de déséquilibre (D)

Cette zone est assimilable à la « Healthy Zone » de Reish (1959) ou à la « zone subnormale » de Bellan (1967a). Le peuplement est dense (valeur maximale 5000 ind./m²) et beaucoup plus diversifié (nombre maximal d'espèces: 63). Le groupe écologique dominant est représenté par les espèces à Large répartition écologique (Lre). *Corbula gibba* représente plus de la moitié des effectifs aux stations des fonds de darses du bassin du Vieux Port. Elle est accompagnée par *Eunice vittata*, *E. harassi*, *Lumbrineris latreilli*, *Notomastus latericeus*, *Phtisica marina*, *Apseudes africanus orientalis*, *A. latreilli mediterraneus*.

Dans cette zone, la pollution est moins importante que dans les zones précédentes et la dominance des I.P. est inférieure à 15%.

D'autres groupes d'espèces ou groupes écologiques peuvent s'installer:

- les Vasicoles tolérantes, telles que *Tharyx marioni*, *Abra alba*, *Heteromastus filiformis*, *Chaetozone setosa*, constantes et abondantes, constituent un stock écologique non négligeable pour cette zone.

- les espèces rencontrées dans des biocénoses littorales, non soumises aux pollutions (Sables Fins Bien Calibrés et Sables Vaseux de Mode Calme, selon la terminologie, classique en Méditerranée de Pérès et Picard, 1965). Les plus importantes sont *Prionospio malmgreni*, *Tellina pulchella*, *Phyllodoce laminosa*.

Bellan (1991) a proposé pour la partie septentrionale du bassin occidental méditerranéen une liste d'espèces

sentinelles qu'il considère comme plus particulièrement « indicatrices » des conditions prévalant dans la zone subnormale: (*Tharyx spp.*, *Chaetozone setosa*, *Lumbrineris latreilli*, *Staurocephalus kefersteini*, *Corbula gibba*, *Myrtea spinifera*, *Thyasira flexuosa*, *Tellina distorta*), la distribution de ces espèces n'est point restreinte à la zone subnormale, mais elles y sont particulièrement abondantes. Elles regroupent, pour l'essentiel, les espèces considérées comme indicatrices d'Instabilité du milieu (Ind. inst.) et les espèces à large répartition écologique (Lre).

Le peuplement de cette zone révèle un état d'équilibre instable. Devant cette notion de déséquilibre et d'instabilité du peuplement, ces espèces (Vasicoles et Sabulicoles) ont été rassemblées dans le groupe des espèces indicatrices d'instabilité défini par Picard (1965), Bourcier *et al.* (1984).

Zone de transition 3 (T3)

Cette zone a plus ou moins les mêmes caractéristiques faunistiques que la zone de déséquilibre dont on peut considérer qu'elle n'est qu'une variante. Cependant, elle offre deux aspects différents dans la constitution du peuplement:

- une codominance entre les Lre et les Ind. inst.
- une dominance des Ind. inst. lorsque celle des Lre diminue.

Cette zone révèle que ces espèces tendent à se développer dans ce milieu où une compétition interspécifique s'installe. Cette compétition, mettant en évidence l'instabilité du peuplement, peut avoir plusieurs origines:

- les conditions du milieu tolérant le déficit ou l'augmentation d'un ou plusieurs paramètres physiques et chimiques (matière organique, par exemple).
- le régime trophique des différentes espèces.
- la nature du substrat.

La compétition interspécifique ou intergroupe, signalée également par Glémarec et Hily (1981), intervient pour rééquilibrer un peuplement afin qu'il se rapproche d'un peuplement de milieu naturel. Ces espèces renseignent sur la nature du fond et préparent ou annoncent l'installation d'un peuplement de milieu naturel, même si, comme dans

le cas présent, les conditions du milieu ne permettent pas la réalisation définitive d'un peuplement de ce type.

L'ensemble de ces deux zones: zone de déséquilibre et zone de transition de type 3 correspond exactement à ce que Bellan (1967a) et Reish et Bellan (1995) ont désigné comme zone subnormale.

ZONE NORMALE (N)

Cette zone se développe en dehors du port d'Alger, dans la baie d'Alger (Bakalem et Romano, 1983), dans un milieu non ou peu perturbé.

Remarques sur la distribution spatio-temporelle des peuplements dans le port d'alger

Comme pour l'ensemble des ports méditerranéens plus ou moins fermés (Bellan, 1967b; Bellan, 1985; Bellan *et al.*, 1980; Reish et Bellan, 1995), la distribution des peuplements, se fait sous forme de « mosaïques » avec intrication des zones de peuplement, ce qui entraîne le développement de zones de transition, plus ou moins instables dans l'espace et dans le temps. Cette mosaïque est liée d'une part à la disposition spatiale des unités de peuplements limitées par les conditions de milieu, notamment hydrodynamisme et multiplicité des sources potentielles de pollution qui règnent dans chaque partie plus ou moins cloisonnée du Port et, d'autre part, aux évolutions temporelles rapides, elles-mêmes soumises aux conditions hydrodynamiques qui font que l'on peut observer, dans une station déterminée, le passage progressif (éventuellement rapide) d'un type de peuplement à un autre. La zonation des peuplements se trouve être beaucoup plus intriquée qu'en mer ouverte où les peuplements, plus stables dans le temps, se répartissent selon des auréoles concentriques à partir du point de pollution (Bellan *et al.*, 1980).

Evolution spatio-temporelle

Bassin de Mustapha (tableau 2; fig. 6)

La zone de pollution maximale (PM) est reconnue dans tous les fonds de darses (stations 1, 3, 5, et 7), tout au long de l'année. Ce n'est qu'en hiver que s'amorce, à l'entrée

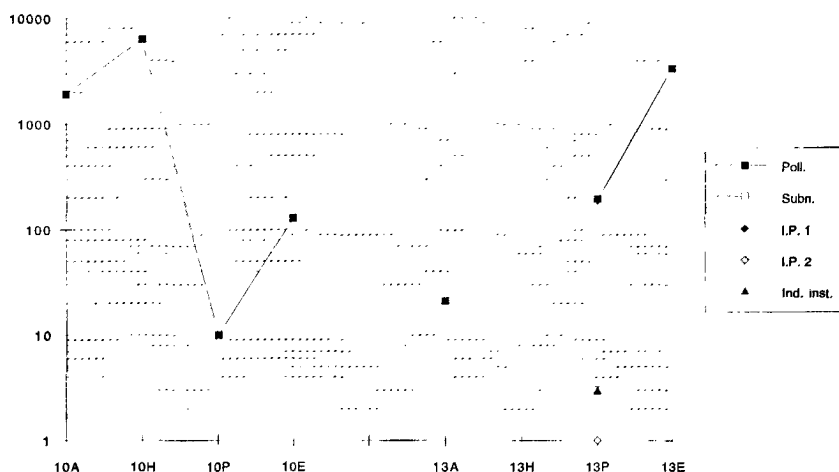


Figure 6

Bassin de Mustapha: Evolution saisonnière de 2 stations.

I.P. 1: Indicatrices de pollution de niveau 1.
I.P. 2: Indicatrices de pollution de niveau 2.
Lre: espèces à large répartition écologique.
Ind. inst.: espèces indicatrices de conditions d'instabilité du milieu.

Mustapha basin: Seasonal variation of two stations.

I.P. 1: Indicators of polluted zone, level 1. I.P. 2: Indicators of polluted zone, level 2. Lre: species with a wide ecological distribution. Ind. inst.: species indicative of instability of the environment.

de ces darses, une ébauche de peuplement oligospécifique de type T1 pour les stations 2, 4, 6 et 9, le peuplement de la station 8 étant plus diversifié. Le peuplement des stations du chenal entre la passe sud de Mustapha et la passe de l'Agha (10, 11, 12, et 13) évoluent de façon indépendante, selon les saisons, le plus souvent entre la zone PM et la zone P. Seule la station 10, à l'entrée du port, ouverte sur la partie sud de la baie d'Alger est peuplée toute l'année, il s'agit toujours d'un peuplement pauvre en espèces (deux) mais qui peut présenter (automne et hiver) de fortes poussées d'individus. Le peuplement de la station 13 bénéficie, lui, de l'influence favorisante de la proximité du bassin de l'Agha; pauvre en automne, inexistant en hiver, il se rétablit au printemps et acquiert son importance maximale en été. Dans l'ensemble du bassin de Mustapha, les espèces indicatrices de type I.P.1 (*Capitella capitata* et *Malacoceros fuliginosus*) dominent sans partage, à tour de rôle, en fonction des stations et des saisons.

Bassin de l'Agha (tableau 3; fig. 7)

Le peuplement de ce bassin est beaucoup plus diversifié. Les stations 14 et 17, dans la continuité du chenal de Mustapha, ne sont peuplées qu'en automne et au printemps; il s'agit d'un peuplement de la zone polluée (P) évoluant vers la zone T2, au printemps, pour la station 17. Ailleurs, le peuplement est permanent, de type pollué, plus riche en hiver et au printemps dans les stations 16, 18 et 19, les maxima correspondant à un passage vers un peuplement de type T2. Les stations 15 et 20 sont particulièrement intéressantes. Le peuplement de la station 15 est toujours dominé par les espèces indicatrices de pollution, en particulier par les I.P.2 en hiver et au printemps. Toutefois, les espèces de la zone subnormale sont régulièrement présentes, notamment les Lre et leur évolution quantitative suit celle des I.P.2 avec un maximum hivernal. Le peuplement de la station 20, dans la passe entre les bassins de l'Agha et du Vieux Port est beaucoup plus contrasté. Il est dominé par les espèces de la zone subnormale, et tout spécialement les Lre, et est très proche de celui des stations voisines du Vieux Port.

Globalement, le peuplement du bassin de l'Agha est dominé par une « compétition » entre les espèces indica-

trices de type I.P.1 et I.P.2. En automne le peuplement de ce bassin est dominé par les I.P.1 (74,81 %); en hiver, les I.P.1 ne sont présentes qu'aux stations 16, 18 et 19; elles gagnent au printemps les stations 14 et 17 précédemment azoïques. En été, on ne les retrouve qu'aux stations 16, 18 et 15. Les I.P.2 dominent à la station 15 en hiver (60,58%) et au printemps (51,61%) et à la station 16 (73,68%) en été. Cette alternance montre la compétition entre les deux groupes I.P.1 et I.P.2 pour occuper le milieu où périodiquement l'un des groupes se substitue à l'autre, mettant en évidence l'influence probable de la pollution du bassin de Mustapha situé à proximité. La présence concomitante des I.P.1 et I.P.2 dans ce bassin révèle une pollution moins intense que dans le bassin de Mustapha.

Bassin du Vieux Port (tableau 4; fig. 8)

Sur le plan qualitatif, c'est au printemps, saison de recrutement maximal en Méditerranée, et en hiver que l'on récolte le plus grand nombre d'espèces. Sur le plan quantitatif, en hiver et, à moindre titre au printemps, les peuplements présentent un maximum d'individus, cela est à mettre en relation avec l'amélioration hivernale des conditions de milieu précédemment constatée. Ces données présentent, toutefois des variations en telle ou telle station.

Le peuplement de l'ensemble des stations du bassin du Vieux Port est référable à celui de la zone subnormale. Le bassin est, globalement, occupé par la zone de déséquilibre D et l'influence des eaux de la baie d'Alger permet la mise en place de la zone T3 où se mêlent plusieurs espèces ou groupes d'espèces, dans la partie la plus ouverte sur cette baie. On peut distinguer trois zones de peuplement, interne, intermédiaire et externe, se répartissant graduellement depuis les stations situées dans le fond des darses et le bassin de l'Agha vers la passe Nord. Cela est particulièrement net si l'on prend en compte l'ensemble des individus recueillis lors de quatre prélèvements, dans chaque station.

La zone interne (stations 21, 22, 25, 29, dans les darses) est caractérisée par un peuplement où dominent les espèces sentinelles de la zone subnormale et les espèces à large

Figure 7

Bassin de l'Agha: Evolution saisonnière de 2 stations.
Même légende que pour la figure 6.

Agha basin: Seasonal variation of two stations.
Same legend as Figure 6.

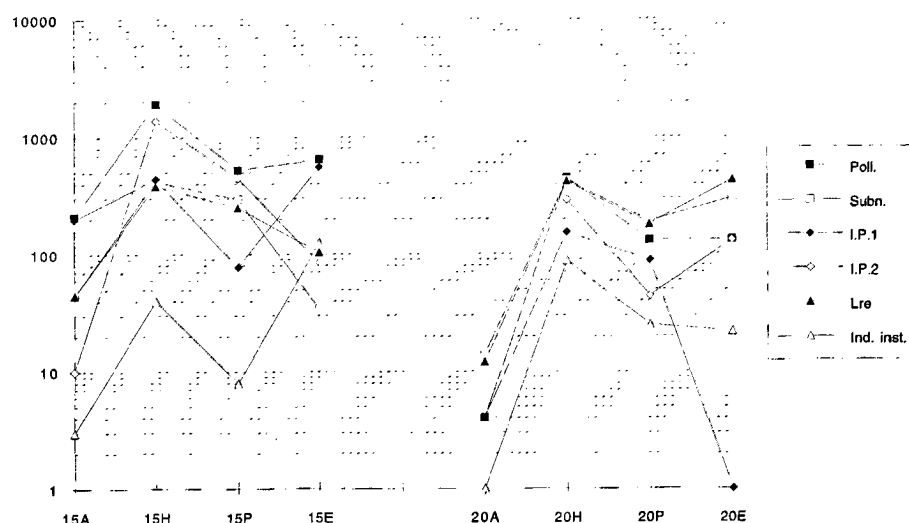


Tableau 4

Données biologiques générales du bassin du Vieux Port.
Même légende que pour le tableau 2.

*General biological data of the Vieux Port basin.
Same legend as Table 2.*

Bassin du Vieux Port								
STATIONS	21	21	21	21	22	22	22	22
Saisons	A	H	P	E	A	H	P	E
Nbr ind., (esp.)	205 (16)	529 (37)	1 250 (32)	491 (17)	339 (37)	98 (26)	948 (53)	185 (37)
ESPÈCES								
<i>POLLUÉE</i>	12 (3)	24 (4)	50 (5)	10 (4)	58 (4)	38 (4)	71 (5)	30 (4)
<i>SUBNORMALE</i>	148 (2)	316 (4)	958 (1)	369 (3)	91 (6)	23 (4)	128 (5)	11 (4)
IP1	0	0	2 (1)	2 (2)	0	0	0	1 (1)
IP2	12 (3)	24 (4)	48 (4)	8 (2)	58 (4)	38 (4)	71 (5)	29 (4)
Lre	152 (2)	395 (7)	971 (6)	363 (3)	190 (5)	19 (3)	655 (5)	84 (5)
Ind. inst.	17 (3)	79 (7)	30 (4)	18 (3)	43 (7)	25 (5)	51 (8)	19 (4)
STATIONS	23	23	23	23	24	24	24	24
Saisons	A	H	P	E	A	H	P	E
Nbr ind., (esp.)	357 (35)	686 (23)	397 (40)	708 (35)	489 (25)	195 (15)	851 (27)	239 (18)
ESPÈCES								
<i>POLLUÉE</i>	89 (5)	21 (6)	14 (4)	277 (6)	5 (2)	9 (4)	10 (3)	10 (2)
<i>SUBNORMALE</i>	192 (7)	596 (5)	172 (7)	263 (6)	401 (4)	113 (4)	519 (4)	119 (5)
IP1	2 (1)	3 (1)	2 (1)	7 (1)	0	0	0	0
IP2	87 (4)	18 (5)	12 (3)	270 (5)	5 (2)	9 (4)	10 (3)	10 (2)
Lre	167 (7)	626 (6)	189 (7)	261 (7)	417 (5)	109 (4)	555 (4)	109 (2)
Ind. inst.	55 (8)	20 (4)	111 (6)	123 (7)	51 (6)	73 (4)	230 (5)	100 (5)
STATIONS	25	25	25	25	26	26	26	26
Saisons	A	H	P	E	A	H	P	E
Nbr ind., (esp.)	1 181 (36)	668 (35)	669 (37)	898 (40)	716 (39)	716 (39)	716 (39)	716 (39)
ESPÈCES								
<i>POLLUÉE</i>	90 (4)	99 (6)	104 (5)	72 (4)	90 (5)	90 (5)	90 (5)	90 (5)
<i>SUBNORMALE</i>	934 (7)	430 (7)	397 (7)	659 (8)	481 (6)	481 (6)	481 (6)	481 (6)
IP1	0	1 (1)	20 (1)	0	0	0	0	0
IP2	90 (4)	98 (5)	84 (4)	72 (4)	90 (5)	90 (5)	90 (5)	90 (5)
Lre	892 (7)	414 (5)	535 (5)	638 (4)	306 (5)	306 (5)	306 (5)	306 (5)
Ind. inst.	150 (7)	78 (4)	104 (5)	112 (6)	281 (8)	281 (8)	281 (8)	281 (8)
STATIONS	27	27	27	27	28	28	28	28
Saisons	A	H	P	E	A	H	P	E
Nbr ind., (esp.)	266 (27)	410 (33)	254 (39)	308 (26)	402 (42)	447 (43)	527 (22)	492 (26)
ESPÈCES								
<i>POLLUÉE</i>	45 (3)	33 (4)	10 (3)	26 (3)	19 (5)	46 (6)	17 (2)	6 (2)
<i>SUBNORMALE</i>	140 (5)	267 (7)	160 (7)	188 (7)	301 (10)	230 (6)	412 (6)	327 (9)
IP1	19 (1)	3 (1)	1 (1)	1 (1)	0	5 (1)	0	0
IP2	26 (2)	30 (3)	9 (2)	25 (2)	19 (5)	41 (5)	17 (2)	6 (2)
Lre	52 (5)	143 (5)	48 (4)	26 (4)	199 (7)	148 (7)	408 (6)	271 (6)
Ind. inst.	123 (5)	150 (4)	122 (5)	168 (6)	146 (7)	157 (7)	76 (4)	165 (6)
STATIONS	29	29	29	29	30	30	30	30
Saisons	A	H	P	E	A	H	P	E
Nbr ind., (esp.)	480 (27)	1 847 (42)	1 250 (35)	702 (33)	601 (35)	798 (42)	1 039 (44)	489 (28)
ESPÈCES								
<i>POLLUÉE</i>	77 (5)	575 (6)	462 (7)	73 (6)	52 (5)	60 (5)	35 (4)	10 (1)
<i>SUBNORMALE</i>	332 (6)	823 (7)	157 (3)	527 (5)	455 (5)	547 (7)	701 (8)	319 (5)
IP1	1 (1)	248 (2)	278 (2)	8 (2)	6 (2)	0	1 (1)	0
IP2	76 (4)	327 (4)	184 (5)	65 (4)	46 (3)	60 (5)	34 (3)	10
Lre	305 (3)	675 (4)	664 (3)	479 (4)	296 (4)	299 (10)	584 (4)	301 (4)
Ind. inst.	61 (6)	222 (7)	45 (4)	108 (7)	201 (5)	364 (7)	243 (4)	115 (7)
STATIONS	31	31	31	31	32	32	32	32
Saisons	A	H	P	E	A	H	P	E
Nbr ind., (esp.)	199 (2)	365 (32)	259 (24)	681 (48)	338 (30)	295 (24)	781 (33)	414 (19)
ESPÈCES								
<i>POLLUÉE</i>	13 (2)	30 (6)	4 (2)	241 (6)	24 (2)	13 (2)	74 (4)	12 (2)
<i>SUBNORMALE</i>	155 (6)	207 (7)	156 (5)	213 (6)	208 (5)	181 (6)	479 (7)	272 (7)
IP1	0	10 (2)	0	3 (1)	0	0	25 (1)	0
IP2	13 (2)	20 (4)	4 (2)	238 (5)	24 (2)	13 (2)	49 (3)	12 (2)
Lre	122 (4)	160 (4)	140 (3)	165 (6)	161 (5)	146 (3)	178 (5)	188 (5)
Ind. inst.	49 (5)	139 (5)	89 (5)	133 (6)	113 (7)	67 (5)	486 (5)	173 (4)

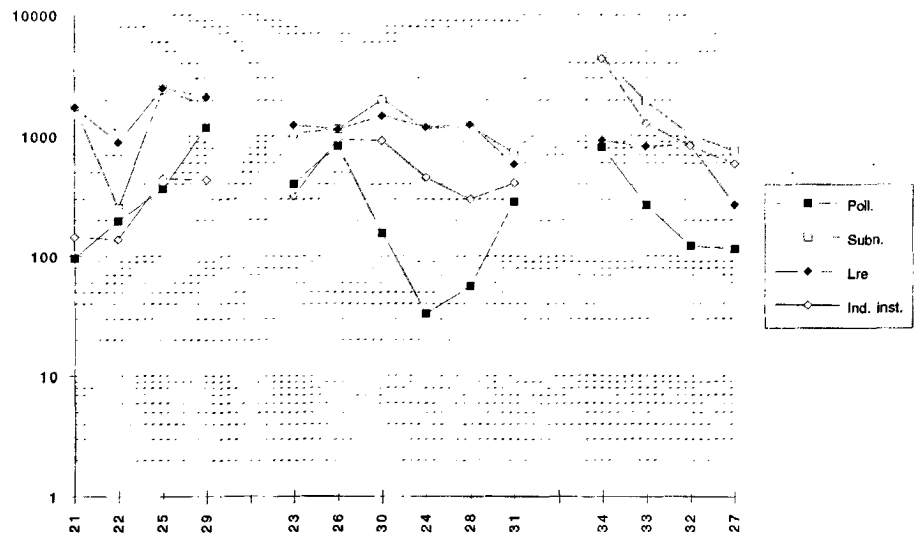
Tableau 4 (suite)

Bassin du Vieux Port								
STATIONS	33	33	33	33	34	34	34	34
Saisons	A	H	P	E	A	H	P	E
Nbr ind., (esp.)	398 (24)	626 (31)	1 066 (39)	496 (38)	1 244 (49)	2 946 (57)	967 (49)	1 605 (66)
ESPÈCES								
POLLUÉE	60 (4)	53 (4)	94 (5)	64 (3)	173 (3)	373 (6)	91 (4)	175 (4)
SUBNORMALE	299 (5)	470 (5)	835 (6)	327 (4)	871 (5)	2 078 (7)	473 (5)	1 095 (5)
IP1	0	0	2 (2)	0	0	5 (2)	0	0
IP2	60 (4)	53 (4)	92 (3)	64 (3)	173 (3)	368 (4)	91 (4)	175 (4)
Lre	116 (3)	222 (8)	241 (6)	239 (5)	134 (6)	275 (6)	358 (6)	158 (7)
Ind. inst.	194 (5)	305 (5)	656 (8)	118 (6)	848 (5)	2 000 (6)	383 (6)	1 116 (6)

Figure 8

Bassin du Vieux Port: Evolution annuelle du peuplement des stations. Même légende que pour la figure 6.

Vieux Port basin: Annual variation of station assemblages. Same legend as Figure 6.



répartition écologique. On notera l'abondance des espèces de la zone polluée, I.P.2 en particulier dans la station 29, ce qui pourrait s'expliquer par l'apport de matière organique lié à la proximité d'un égout et du môle de Pêche. La zone intermédiaire (stations 23, 26, 30, 24, 28, 31, bassin d'évolution des navires) se caractérise par: la faible abondance d'espèces de la zone polluée (sauf dans la station 26), la dominance des espèces sentinelles de la zone subnormale et des espèces Lre, le développement des espèces Indicatrices d'instabilité. La zone externe (stations 33, 34, 32, 27, face à la passe d'entrée) marque un renversement de tendance, les espèces Ind. inst. dominent les espèces Lre.

Dans le bassin du Vieux Port, on constate une compétition, parfois saisonnière au sein d'une même station, entre ces deux groupes d'espèces Lre telle *Corbula gibba* et ind. inst. telle *Tharyx marioni*.

CONCLUSION

Cette étude permet de tirer des constatations générales pour l'ensemble du port:

a) la répartition spatiale du peuplement est liée aux paramètres suivants:

- rejets d'eaux usées de la ville dont l'influence est très importante au fond des darses.
- rejets industriels des installations situées dans le bassin de Mustapha.

- apports extérieurs des eaux de la baie par les passes Nord et Sud ainsi que celles des différents bassins par les passes intermédiaires.

- activité et le trafic naval intenses.

b) l'évolution spatio-temporelle du peuplement a montré de faibles variations annuelles pour l'ensemble du port avec cependant quelques variations saisonnières notables par bassin. En outre, on notera que l'hiver et le printemps sont les saisons plutôt favorables pour le développement du peuplement, l'été et l'automne sont des saisons de régression.

Analyse synthétique du peuplement (fig. 9, 10)

Nous avons effectué une Analyse factorielle de correspondance (AFC) afin d'obtenir une vision synthétique permettant de comprendre la structure des communautés présentes dans le port d'Alger et leur fonctionnement dans un cadre spatio-temporel. Ce type d'analyse est extrêmement utile en écologie (Legendre et Legendre, 1979). Toutefois, comme le rappellent Diaz-Castaneda *et al.* (1991), « analysis can't be made in one step and mechanically ». Si, dans une étape préliminaire l'analyse factorielle de correspondance a été effectuée en prenant en compte l'ensemble des prélèvements, les espèces représentées par un seul individu par saison ainsi que les peuplements non permanents dans une station donnée, n'ont pas été retenus. Les trois premiers axes extraient

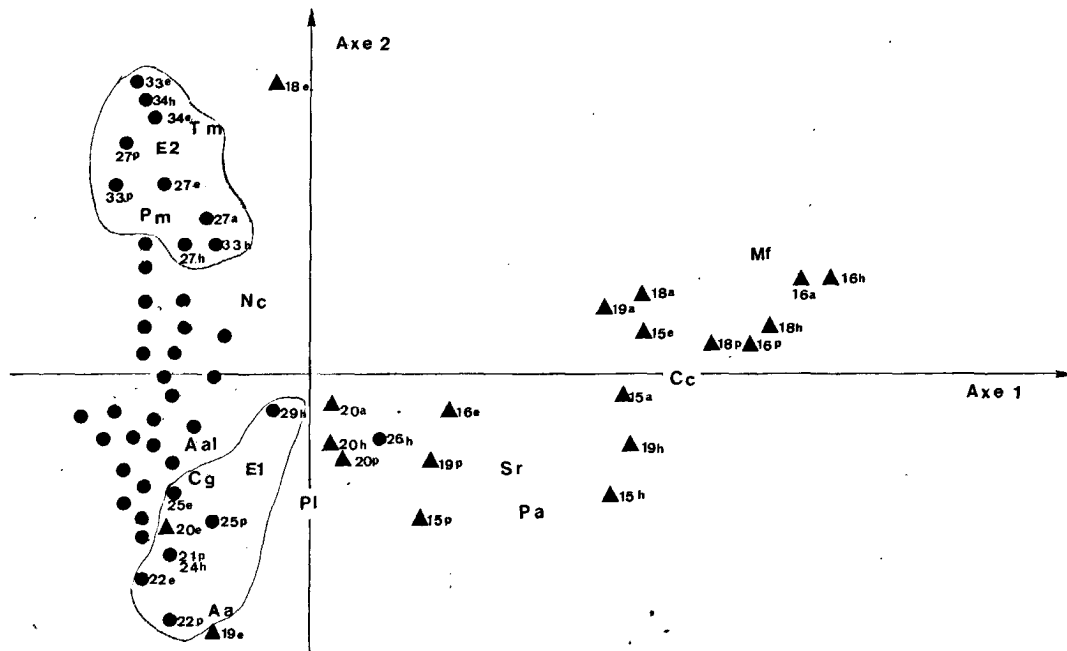


Figure 9

Analyse factorielle de correspondances (plan des axes 1-2) : ordination des espèces et prélèvements dans le port d'Alger.

Triangles : bassin de l'Agha; points : bassin du Vieux Port. a : automne; h : hiver; p : printemps; e : été. Cc *Capitella capitata*; Mf *Malacoceros fuliginosus*; Nc *Nereis caudata*; Sr *Staurocephalus rudolphii*; Pa *Polydora antennata*; Cg *Corbula gibba*; Aa *Apseudes africanus orientalis*; Al *Abra alba*; Lf *Lumbrineris latreilli*; Tm *Tharyx marioni*; Pl *Phyllodoce laminosa*; Gc *Glycera convoluta*; Pm *Prionospio malmgreni*; Pma *Phtisica marina*. Seules les stations les plus importantes au niveau de l'analyse. sont numérotées

Correspondance analysis: ordination of samples and species on Axes 1-2 in Algiers harbour.

Triangles: Agha basin; points: Vieux Port basin. a: fall; h: winter; p: spring; e: summer. Cc Capitella capitata; Mf Malacoceros fuliginosus; Nc Nereis caudata; Sr Staurocephalus rudolphii; Pa Polydora antennata; Cg Corbula gibba; Aa Apseudes africanus orientalis; Al Abra alba; Lf Lumbrineris latreilli; Tm Tharyx marioni; Pl Phyllodoce laminosa; Gc Glycera convoluta; Pm Prionospio malmgreni; Pma Phtisica marina. Only the most important stations at the level of analysis are numbered.

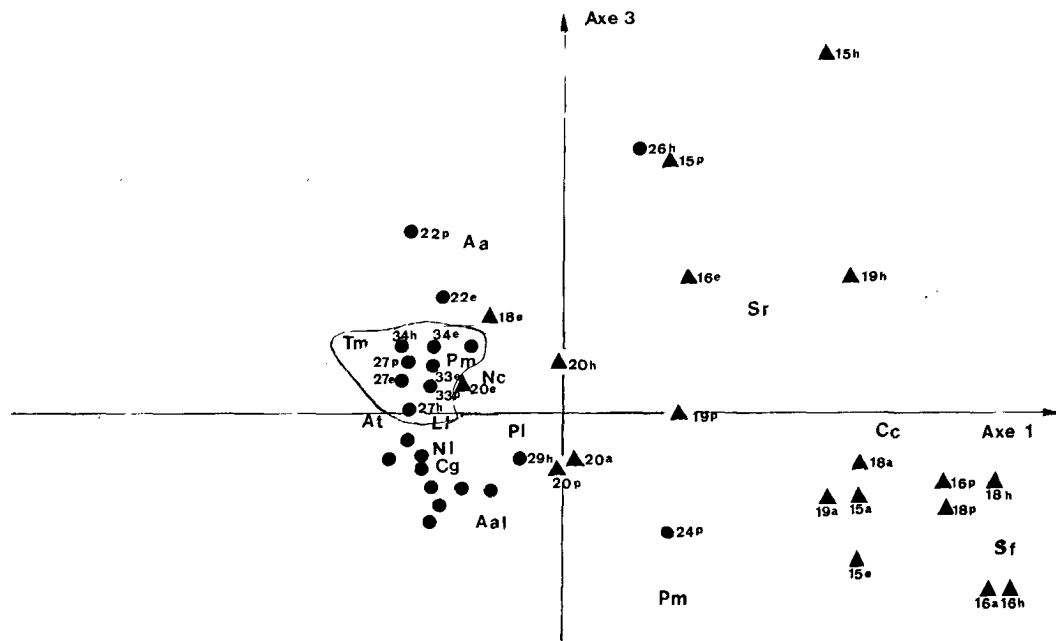


Figure 10

Analyse factorielle de correspondances (plan des axes 1-3) : ordination des espèces et stations dans le port d'Alger.

Même légende que figure 9.

Correspondance analysis: ordination of samples and species on Axes 1-3 in Algiers harbour.

Same legend as Figure 9.

plus de 50% de l'inertie totale. La première analyse a montré que les stations du bassin de Mustapha avaient une très forte contribution à l'élaboration de l'axe 1, elles s'opposaient et masquaient les informations apportées par les autres stations. Pour une meilleure analyse les stations du bassin de Mustapha ont été supprimées. Une seconde analyse réalisée sur une matrice de 72 observations (espèces) et 76 variables (prélèvements saisonniers) a mis en évidence une meilleure représentation graphique de la matrice considérée. Cette analyse a été effectuée à partir des valeurs annuelles des espèces constantes, très communes et communes, les espèces rares étant exclues. Les trois axes factoriels déterminés expriment 45,03% de l'inertie totale. L'axe 1 est très dominant et compte pour 22,96% de l'inertie, l'axe 2: 11,41% et l'axe 3: 10,66%. La représentation des points espèces et des points stations dans le plan 1-2 montre la présence d'un effet Guttman indiquant l'existence d'une relation entre les axes 1 et 2.

Signification écologique de l'axe 1 (fig. 9)

Excepté le peuplement estival des stations 18 et 19 dominé respectivement par *Tharyx marioni* (79% des individus) et *Corbula gibba* (91%), les stations 15, 16, 18 et 19 du bassin de l'Agha forment un ensemble situé sur la partie positive de l'axe et s'opposent aux stations du bassin du Vieux Port. En revanche, la station 20 présente une transition bionomique et géographique avec les stations du bassin du Vieux Port rassemblées sur la partie négative de l'axe 1. La représentation des points espèces sur cet axe montre du côté positif, les indicatrices de pollution de premier rang (I.P.1) *Malacoceros fuliginosus* (Mf) et *Capitella capitata* (Cc) dont les contributions absolues et relatives sont fortes (respectivement 17,22%, 47,27% et 51,82%, 76,69%) puis une faible représentation des indicatrices de pollution 2 (I.P.2): *Staurocephalus rudolphii* (Sr) et *Polydora antennata* (Pa). Le côté négatif de l'axe 1 est caractérisé par les espèces Lre notamment *Corbula gibba* (Cg) et les espèces ind. inst. dont *Tharyx marioni* (Tm), toutefois, la présence de l'I.P.2 *Nereis caudata* (Nc) témoigne de la persistance de conditions de la zone polluée dans le Vieux Port.

Cet axe 1 détermine de façon quantitative le gradient de pollution qui diminue progressivement du côté positif vers le côté négatif. Les stations du bassin de Mustapha, se trouvaient sur l'extrémité positive de cet axe sur lequel se succédaient les stations du bassin de l'Agha puis celles du Vieux Port.

Signification écologique de l'axe 2 (fig. 9)

L'interprétation des résultats est basée sur l'ensemble des stations du bassin du Vieux Port, regroupées dans la partie négative de l'axe 1. La représentation des points stations et espèces montre que les stations des fonds de darse (21, 22, 25, 29 ; ensemble 1-E 1), dont le peuplement est constitué d'espèces Lre (*Corbula gibba* étant l'espèce principale du peuplement), s'opposent aux stations 27, 32, 33, 34 (ensemble 2-E 2), dont le peuplement est dominé par les espèces indicatrices d'instabilité avec, comme principale espèce, *Tharyx marioni*. Les stations de la zone moyenne (23, 26, 30, 24, 28, 31), où les deux

groupes écologiques codominent et alternent en fonction des saisons, se regroupent en position médiane le long de cet axe 2.

L'axe 2 met en évidence l'opposition de deux groupes écologiques. Dans sa partie négative, les Lre dominent dans des stations encore relativement polluées, où les conditions de milieu, sévères, sont relativement stables et où des espèces à large répartition écologique et géographique, susceptibles de prospérer (Bourcier *et al.*, 1984) en présence de matière organique (*Corbula gibba*) ou relativement peu sensibles à ces conditions de milieu (*Abra alba* Aal). Dans sa partie positive, soumise à une plus grande instabilité du milieu, liée aux entrées d'eaux de la baie compensant plus ou moins les apports d'eaux polluées provenant des autres secteurs portuaires, dans la zone externe, ce sont des espèces indicatrices d'instabilité (*Tharyx marioni*) qui s'imposent. La zone moyenne du bassin d'évolution des navires voit le peuplement de ses stations évoluer en fonction des alternances des deux groupes écologiques. Cet axe 2 devrait être considéré comme un axe le long duquel s'expriment des conditions de milieu évolutives, mais fortement liées les unes aux autres: pollution modérée, matière organique, stabilité/instabilité hydrodynamique du milieu, notamment au niveau sédimentaire.

Signification écologique de l'axe 3 (fig. 10)

L'étude de l'AFC dans un plan axe 1-axe 3 met en évidence un regroupement général des prélèvements du Vieux Port et la station 20 du bassin de l'Agha. En revanche, les prélèvements saisonniers des autres stations du bassin de l'Agha sont réparties de manière lâche. Cet axe discrimine les stations dont le peuplement est dominé par les I.P.2 telle que *Staurocephalus rudolphii* regroupées vers le côté positif tandis que les prélèvements au sein desquels dominent les I.P.1 sont confinés du côté négatif de l'axe 3. L'ensemble de ces prélèvements s'opposent à ceux des stations dont le peuplement est constitué des Lre et des indicatrices d'instabilité. On notera avec intérêt:

– que le peuplement estival de la station 18, dominé par *T. marioni* et à un moindre titre par l'I.P.2 *S. rudolphii*, est situé tout à la fois dans la partie négative de l'axe 1 et positive de l'axe 3, comme un certain nombre de prélèvements du Vieux Port;

– que la station 20 occupe une position médiane sur ces deux axes, ceci correspondant très exactement aux évolutions saisonnières des I.P.1, I.P.2 et Lre (tableau 3).

L'axe 3 pourrait représenter un axe de pollution plus modérée que l'axe 1. Il ne nous paraît pas possible de pousser plus avant notre analyse.

CONCLUSION

L'analyse factorielle des correspondances a permis de définir les axes de pollution quantitative et qualitative:

– Axe 1 de pollution quantitative: cet axe exprime la quantité des polluants, et leur diversité. Les espèces constituant le peuplement sont les I.P.1 (côté positif) généralement abondantes, et supportant les conditions

extrêmes du milieu où sévissent divers types de pollution (effluents industriels, détergents, hydrocarbures, eaux usées, rejets thermiques, etc.).

– Axe 2 de pollution qualitative par matière organique: c'est un axe le long duquel les espèces constituant le peuplement s'échelonnent (du côté négatif vers le côté positif) avec une répartition:

– du côté négatif, des Lre, groupe écologique dominant: principale espèce *Corbula gibba*, indicatrice de matière organique.

– une codominance des Lre (*Corbula gibba*) et des indicatrices d'instabilité (*Tharyx marioni*) vers le centre de l'axe.

– du côté positif de l'axe se trouvent les espèces indicatrices d'instabilité avec une forte représentation de *Tharyx marioni*.

Cet échelonnement va des points les plus pollués (fond de darses où la pollution organique est principalement d'origine urbaine) vers les points les moins pollués (effet des eaux du large).

CONCLUSION GÉNÉRALE

La répartition du peuplement macrobenthique du port d'Alger et les paramètres physiques et chimiques ont mis en évidence la spécificité de chacun des bassins. Un seuil de la matière en suspension situé entre 7 et 10 mg/l a été déterminé à partir du bassin du Vieux Port pour le port d'Alger.

La pollution d'ensemble du port d'Alger est caractérisée par deux gradients de pollution décroissants. Le premier affecte tous les fonds de darses en s'étalant graduellement vers les bassins d'évolution. Le second part du bassin de Mustapha, le plus pollué, traverse l'Agha en décroissant, pour atteindre le bassin du Vieux Port, le moins pollué.

La présente contribution a permis de situer le problème du port d'Alger dans sa globalité; il est entendu que

la variation de la charge de pollution et, dans une moindre mesure les fluctuations climatiques interannuelles et intersaisonniers, entraîneront des résultats similaires, compte tenu de la configuration du port et des activités qui s'y concentrent, mais sûrement différents des résultats obtenus.

A ce titre, le fonctionnement de la station d'épuration et de traitement des eaux usées de l'oued El Harrach, en projet, aurait des conséquences positives sur le bassin de Mustapha en réduisant considérablement la pollution de ce bassin sans pour autant la supprimer totalement. Des efforts dans ce sens devraient être consentis par les installations industrielles présentes dans le port qui le polluent directement et majoritairement.

L'étude du milieu du port d'Alger devrait se situer dans un contexte global, à l'amont pour une limitation des rejets, causes de la pollution, et à l'aval par l'étude des effets de cette pollution dans le port et dans la baie pour s'assurer de la qualité du milieu et du peuplement.

En outre, des études similaires pour plusieurs ports importants du bassin méditerranéen dont, curieusement, l'étude a été moins approfondie que celle du port d'Alger permettraient de fixer une réglementation juridique pour la protection de l'environnement de la Méditerranée.

Remerciements

Les deux premiers auteurs expriment leur reconnaissance aux autorités (Ministères des Affaires Étrangères, de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche Scientifique) de leurs pays respectifs qui, dans le cadre de leur coopération, leur ont permis d'effectuer des séjours de longue durée, en Algérie et en France. Les auteurs remercient les informaticiens du Centre d'Océanologie de Marseille, tout particulièrement C. Bernard et R. Marquet. Il savent beaucoup de gré aux « Reviewers » qui leur ont permis d'améliorer le texte d'origine.

RÉFÉRENCES

Aid F., L. Burban, Z. Guechi, F.L. Samson-Kechacha (1979). Contribution à l'étude de la pollution microbiologique du littoral algérois. *Pélagos* 2, 127-136.

Bakalem A., J.C. Romano (1983). Pollution et peuplements benthiques dans la région algéroise (baie d'Alger et baie de Bou Ismail). *VI^e Journées Etud. Poll. mar.*, Cannes, 1982, CIESM 687-697.

Bakalem A., J.C. Romano (1988). Les peuplements benthiques du port d'Alger: 3 - Les polychètes. *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.* 31, 2, 24.

Bakalem A., C. Rebzani-Zahaf, J.C. Romano, M.L. Tahar (1986). Cartographie des peuplements benthiques du port d'Alger. *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.* 30, 2, 135.

Bellan G. (1967 a). Pollution et peuplements benthiques sur substrats meubles dans la région de Marseille. Première partie: le secteur de Cortiou. *Rev. int. Océanogr. méd.* 6-7, 53-87.

Bellan G. (1967 b). Pollution et peuplements benthiques sur substrats meubles dans la région de Marseille. Deuxième partie: l'ensemble portuaire marseillais. *Rev. int. Océanogr. méd.* 8, 51-95.

Bellan G. (1984). Indicateurs et indices biologiques dans le domaine marin. *Bull. Ecol.* 15, 1, 13-20.

Bellan G. (1985). Effects of pollution and Man-made modifications on Marine benthic Communities in the Mediterranean: A Review. In: *Mediterranean Marine Ecosystems*. M. Moraitou-Apostolopoulou, V. Kiortsis, eds. Plenum Publish. Comp. 163-194.

Bellan G. (1991). Characteristic, indicative and sentinel species: from the conception to the utilisation. In: *Perturbation and recovery for terrestrial and aquatic ecosystems*, O. Ravera ed. Ellis Horwood Ltd. Publ., Chichester, England, 95-100.

Bellan G., Bellan-Santini, J. Picard (1980). Mise en évidence de modèles éco-biologiques dans des zones soumises à perturbations par matières organiques. *Oceanologica Acta* 3, 3, 383-390.

- Benzecri J.P., F. Benzecri** (1984). *Pratique de l'analyse des données. 1: Analyse des correspondances et classification, exposé élémentaire*. Dunod, éd. Paris, 456 p.
- Bourcier M., C. Nodot, A. Jeudy de Grissac, J. Tiné** (1984). Répartition des biocénoses benthiques en fonction des substrats sédimentaires de la rade de Toulon (France). *Téthys* **11**, 2, 141-153.
- Diaz-Castaneda V., P. Safran, G. Bellan, A. Leprêtre** (1991). Association of two complementary mathematical methods: correspondance analysis and rank- frequency in the study of the organisation and the structure of benthic mediterranean populations. *Cah. Biol. Mar.* **32**, 23-43.
- Dieuzeide R.** (1927). Les petites pêches du port d'Alger: Les praires. *Trav. Stat. d'aquiculture et de pêche de Castiglione*, 119-127.
- Frontier S.** (1980). *Abrégé de méthode statistique. Applications à la biologie, médecine et écologie*. Masson, éd. Paris, 242 p.
- Glémarec M., C. Hily** (1981). Perturbations apportées à la macrofaune benthique de la baie de Concarneau par les effluents urbains et portuaires. *Acta Oeologica, Oecol. Applic.* **2**, 2, 139-150.
- Hily C.** (1984). Variabilité de la macrofaune benthique dans les milieux hypertrophiques de la rade de Brest. *Thèse doct., ès-Sci. Univ. Bretagne Occident., Brest*, 359 p. + 377 p.
- Legendre L., P. Legendre** (1979). *Écologie numérique: Tome 1. Le traitement multiple des données écologiques. Tome 2. La structure des données écologiques*. Masson, éd. Paris, 197 p + 254 p.
- Marion A.F.** (1887). Esquisse d'une topographie zoologique du golfe de Marseille. *Ann. Mus. Hist. Nat. Marseille, (Zool.)* **1**, 1-108.
- Pearson T.H., R. Rosenberg** (1978). Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanogr. Mar. Bull. Ann. Rev.* **16**, 229-311.
- Peres J.M., J. Picard** (1964). Nouveau Manuel de bionomie benthique de la Mer Méditerranée. *Rec. Trav. St. mar. End.* **47**, 31, 3-137.
- Picard J.** (1965). Recherches qualitatives sur les biocénoses marines de substrats meubles dragables de la région marseillaise. *Rec. Trav. St. mar. Endoume*, **36**, 52, 3-160.
- Rebzani-Zahaf C.** (1990). Les macrobenthiques du port d'Alger. Evolution spatio-temporelle. Impact de la pollution. *Thèse Magistère ISN, USTHB, Alger*, 199 p. et annexes A 146 p.
- Rebzani-Zahaf C.** (1992). Le peuplement macrobenthique du port d'Alger: impact de la pollution. *Hydroécol. Appl.* **4**, 2, 91-103.
- Rebzani-Zahaf C., A. Bakalem, J.C. Romano, N. Sebane, G. Bellan** (1988). Le peuplement benthique du port d'Alger. Evolution spatio-temporelle. *Rapp. Comm. int. Mer Méditerranée* **31**, 2, 147.
- Reish D.J.** (1959). An ecological study of pollution in Los Angeles Long Beach Harbors. *Allan Hancock Found. Publ. Occas. Papers* **22**, 1-117.
- Reish D.J., G. Bellan** (1995). The long term effects of municipal discharges from outfall sewers from urban areas on the marine environment: A Review. In: *Functioning and dynamics of natural and perturbed Ecosystems*. D. Bellan-Santini, G. Bonin, C. Emig, eds. Lavoisier, print., Paris, 701-743.
- Reys J.P.** (1976). Les peuplements benthiques (zoobenthos) dans la région de Marseille (France). Aspects méthodologiques de la délimitation des peuplements par les méthodes mathématiques. *Mar. Biol.* **36**, 2, 123-134.
- Romano J.C.** (1979). Etude des peuplements benthiques de substrats meubles au large du débouché en mer du grand collecteur de Marseille. 1. Données générales sur le milieu et les peuplements. *Téthys* **9**, 2, 113-121.
- Samson-Kechacha F.L.** (1981). Variations saisonnières des matières nutritives de la baie d'Alger. Recherche des facteurs contrôlant le développement du phytoplancton. *Thèse 3^e cycle, Univ. Sci. Technol. H. Boumédiène, Alger*, 98 p. + annexe.
- Stirn J.** (1982). Manuel des méthodes de recherche sur l'environnement aquatique. Huitième Partie. Evaluation des modifications des écosystèmes marins dues à la pollution. *F.A.O., Doc. Tech. Pêches* **209**, 1-75.
- Washington H.G.** (1984). Diversity, biotic and similarity indices. A review with special relevance to aquatic ecosystems. *Water Res.* **18**, 6, 653-694.