

## Les peuplements de Polychètes dans le golfe de Follonica (Mer Méditerranée occidentale)

Claudio Lardicci, Rita Galassi et Edoardo Quagli

Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e del Territorio,  
Università di Pisa, via Volta 6, 56126 Pisa, Italy

**Résumé :** L'analyse des peuplements de Polychètes des fonds meubles du golfe de Follonica (Mer Méditerranée occidentale) est faite dans le but d'étudier les caractéristiques des communautés benthiques dont on avait constaté un appauvrissement remarquable lors des recherches précédentes, et tout particulièrement dans la zone occidentale. La structure des peuplements a été analysée par les indices de Shannon-Weaver et d'équitabilité. Les espèces ont été regroupées en catégories trophiques. Les données numériques des espèces ont été ordonnées grâce à l'analyse factorielle des correspondances. La distribution des espèces est régie par le component (granulométrie et régime hydrodynamique) qui normalement influencent les peuplements à Polychètes des fonds meubles. Les résultats mettent en évidence que les peuplements de Polychètes présentent une bonne structuration sans qu'il existe d'importantes différences d'une zone du golfe à l'autre.

**Abstract :** The Polychaete assemblage in the gulf of Follonica has been studied to give evidence the characteristics of benthic communities that appeared notable impoverished some years before in the western area of the gulf. Water movement and granulometry of the substrate are the main factors influencing the distribution of the species. The structural analysis of the assemblage don't present any difference between the eastern and western areas of the gulf giving evidence of environmental improvement.

### INTRODUCTION

Le golfe de Follonica est une zone complexe et articulée par des aires caractérisées, dans la partie occidentale, par de gros centres industriels (industrie métallurgique), portuaires, et par une grande centrale thermoélectrique, et, dans la partie orientale, d'importantes zones touristiques (Punta Ala et Follonica). La côte du golfe subit une érosion constante, et il faut, en outre, signaler l'embouchure du fleuve Cornia ; c'est un des premiers fleuves de la Toscane qui transporte des matières solides en surface (Tomasino, 1984). Pendant des années, toute la zone a fait l'objet d'une série de recherches interdisciplinaires dont le but était celui d'étudier les caractéristiques écologiques du milieu marin (Crema *et al.*, 1979 ; Innamorati *et al.*, 1979 ; Crema & Bonvicini Pagliai, 1980). Les premières recherches ont souligné une certaine altération du peuplement benthique dans la zone occidentale plus proche de la zone industrielle de Piombino, puisque 50 % des espèces avaient disparu par rapport aux zones limitrophes qui avaient le même type de substrat (Cognetti & Morselli, 1976 ; Cognetti *et al.*, 1978). Une autre étude a mis en relief l'amélioration de la situation (Cognetti *et al.*, 1981) grâce à l'entrée en fonction de systèmes d'épuration. Une troisième série de recherches a été effectuée au long des années 1987-88 en prévision de l'agrandisse-

ment de la centrale thermoélectrique de l'ENEL, pour contrôler la situation écologique de cette zone six ans après la dernière campagne de recherches. Ce travail, qui fait partie de cette enquête, concerne l'observation du peuplement benthique des fonds meubles, limitée exclusivement aux Polychètes. En effet, des récentes études ont démontré qu'ils étaient de bons indicateurs des caractéristiques de l'ensemble de la communauté (Gambi *et al.*, 1982 ; Abbiati *et al.*, 1987). Ils sont donc extrêmement utiles dans l'identification des variations du milieu (Gray *et al.*, 1989).

### MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les échantillonnages ont été réalisés avec une fréquence saisonnière dans les zones situées sur trois transects (T1, T2 et T3) perpendiculaires à la côte (Fig. 1 a). Le transect T1 correspond à l'établissement Dalmine à 2,5 km à l'ouest de Torre del Sale, a permis d'estimer l'influence du port de Piombino et des industries métallurgiques de la zone marine intéressée. Le transect T2 est situé dans la zone de Torre del Sale près de l'embouchure du fleuve Cornia. Le transect T3 (dans la localité Torre Mozza, presque à 7 km à l'est du transect T2) a été établi dans une zone qui n'a aucune influence industrielle.

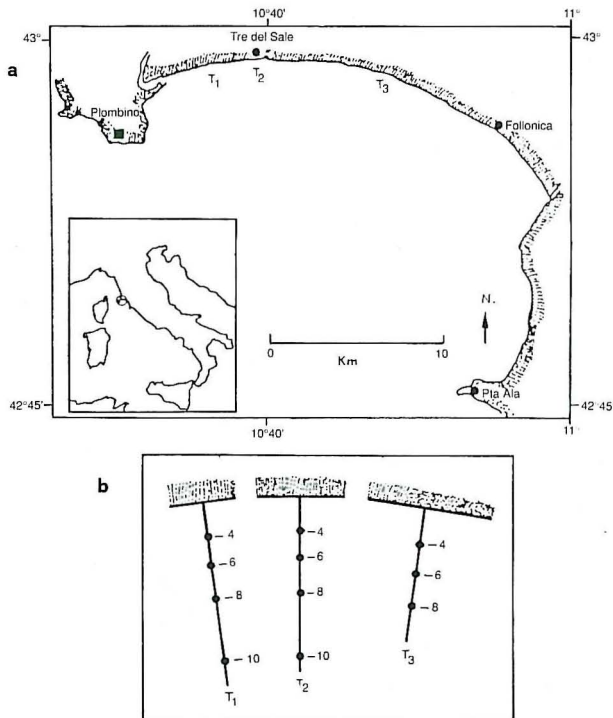


Fig. 1 : a) Aire d'étude ; b) Stations d'échantillonnage.

Les prélèvements ont été effectués aux profondeurs standard de - 4, - 6, - 8 et - 10 mètres pour T1 et pour T2, tandis que pour T3 à - 4, - 6, et - 8, car à - 10, il se trouve un grand herbier de *Posidonia* (Fig. 1 b). Les échantillons ont été recueillis avec une benne à fermeture oléodynamique ayant une prise de 650 cm<sup>2</sup>. A chaque station, quatre prélèvements ont été réalisés, trois pour le matériel macrobenthique, et un pour l'analyse granulométrique. Les échantillons ont été tamisés sur maille de 0,5 mm. Chaque échantillon a été ensuite fixé dans une solution d'eau et de formol à 4 %. Le matériel ainsi obtenu a été trié au laboratoire, les espèces de Polychètes sont identifiées selon les ouvrages de Fauvel, 1923, 1927 ; Day, 1967 ; Campoy, 1982. L'analyse granulométrique effectuée avec un vibrotamis électrique, mod. FRISTSCH-ANALYSETTE, a mis en évidence (Fig. 2 a) un fond homogène constitué surtout de sable fin. Les fractions les plus abondantes sont en effet comprises entre 0,125 et 0,063  $\mu\text{m}$ . Il faut noter que dans les stations T1 - 10 et T3 - 8 le composant limon domine (Fig. 2 b et 2 c). En outre, elles contiennent par rapport au pourcentage total de l'échantillon, 40 %-70 % environ de débris de *Posidonies*.

La structure du peuplement benthique a été étudiée pour chaque station par l'indice de Shannon-Weaver (H) et l'indice d'équitabilité J (Piéluou, 1977). Les espèces recueillies sont ensuite regroupées en six catégories trophiques : suspensivores, limivores, détrivores, omnivores, herbivores et carnivores d'après la classification proposée par Fauchald et Jumars (1979), reprise par Bianchi et Morri (1985) et Gambi et Giangrande (1985). Ceci, afin de caractériser la structure trophique de la communauté étant donné que les Polychètes présentent un haut degré de diversification trophique fonctionnelle, et qu'ils font partie de tous les niveaux du réseau trophique marin (Fauchald & Jumars, 1979).

Les données numériques ont été analysées par l'analyse factorielle des correspondances (Benzecri, 1982 ; Zurlini, 1983), mais les espèces rares ont été soustraites selon la méthode proposée par Gray et Pearson (1982). La signification des axes a été évaluée grâce aux tables de Lebart (1975). Les valeurs numériques des espèces et des stations ont été classées enfin par l'analyse des "clusters" (FastClus, SAS' 1985).

## RÉSULTATS

Dans les 44 stations échantillonnées, 148 espèces ont été recensées (Tabl. 1), pour un total de 5 067 individus qui appartiennent à 34 familles. Parmi celles-ci, les mieux représentées sont : Paraonidae, Spionidae, Syllidae, Eunicidae, Lumbrineridae et Sabellidae. D'après l'analyse de l'indice de Shannon-Weaver (Fig. 3), on remarque qu'en général les valeurs sont croissantes selon la profondeur. Dans les trois transects, on observe les valeurs les plus élevées en été et les valeurs les plus faibles en hiver, excepté dans le transect T2 où les valeurs de l'indice de diversité sont plus faibles aux bathymétries de - 4 et de - 6 en été. On remarque en outre des valeurs plus grandes de l'indice H aux bathymétries de - 4 et de - 6 du transect T3 par rapport aux deux autres transects. L'indice d'équitabilité (Fig. 4) met en relief une augmentation de la structuration du peuplement lorsque la profondeur aug-

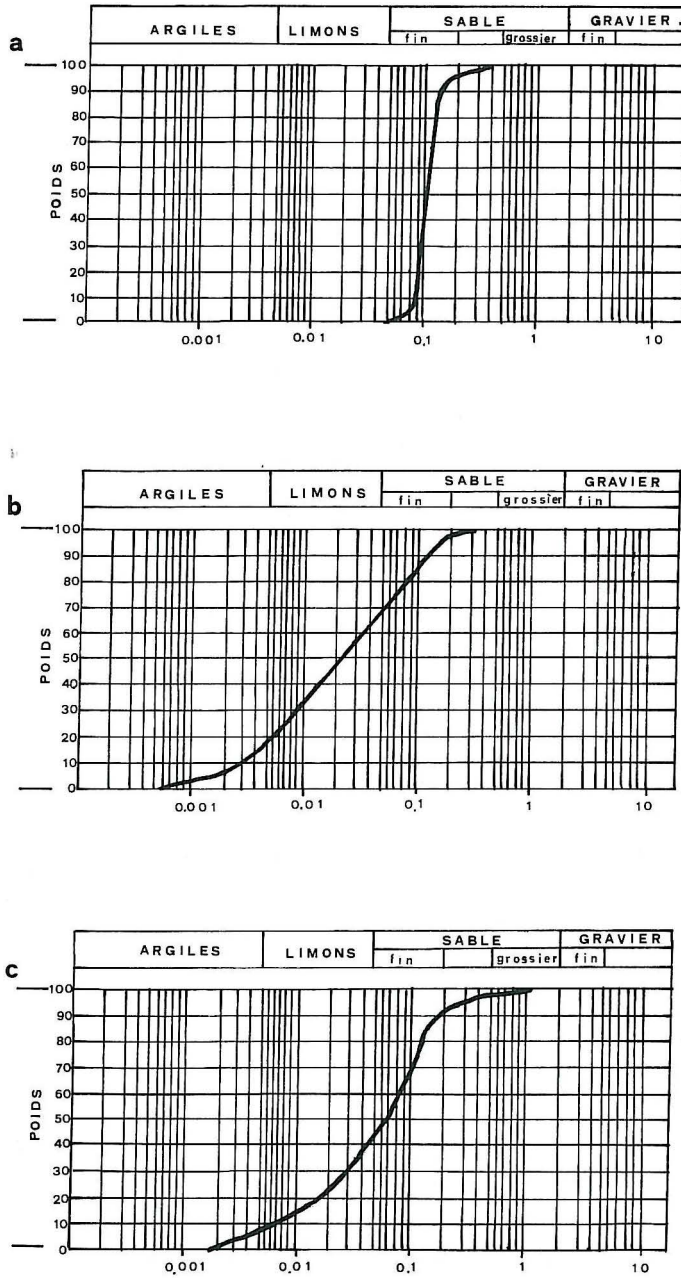


Fig. 2 : a) Diagramme granulométrique des stations T1 - 4, T1 - 6, T1 - 8, T2 - 4, T2 - 6, T2 - 8, T2 - 10, T3 - 4, T3 - 6.  
 b) Diagramme granulométrique de la station T1 - 10.  
 c) Diagramme granulométrique des stations T3 - 8.



mente sauf dans les stations qui se trouvent le long du transect T2 à la bathymétrie de - 4 et de - 6 m en été. Les valeurs de l'équitabilité, en ce qui concerne le transect T3, de la même façon que l'indice de diversité, sont la preuve d'une meilleure structuration du peuplement de ce transect par rapport aux deux autres.

TABLEAU I

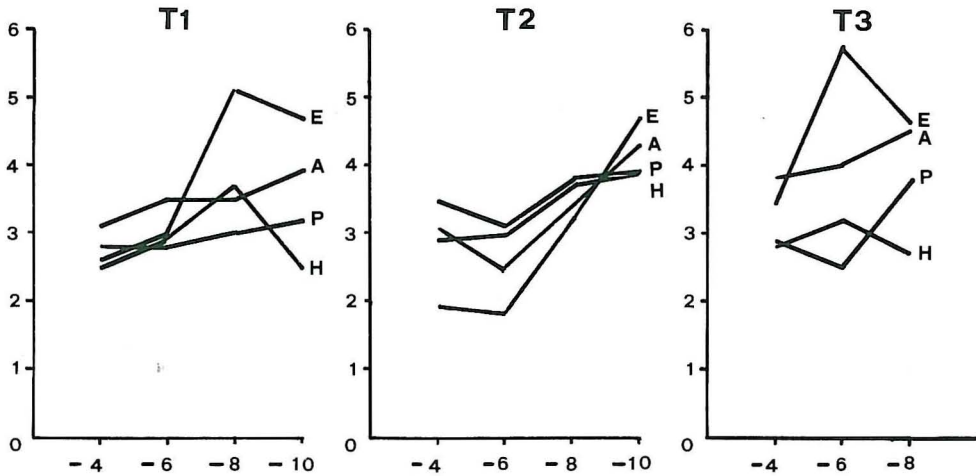
Liste des espèces recrutées et de leurs groupes trophiques respectifs LIM = limivores, DET = détritviores, CAR = carnivores, HER = herbivores, OMN = omnivores, SUS = suspensivores.

N°	ESPECES	G. troph.			
			42	<i>Scalibregma inflatum</i>	LIM
			43	<i>Phyllodoce lineata</i>	CAR
			44	<i>Phyllodoce macrophthalma</i>	CAR
			45	<i>Phyllodoce</i> sp.	CAR
			46	<i>Pterocirrus macrocerus</i>	CAR
			47	<i>Eteone</i> sp.	CAR
			48	<i>Hermione hystrix</i>	CAR
			49	<i>Pontogenia chrysocoma</i>	CAR
			50	<i>Harmothoe</i> sp.	CAR
			51	<i>Pholoe synophthalmica</i>	CAR
			52	<i>Sigalion mathildae</i>	CAR
			53	<i>Sthenelais boa</i>	CAR
			54	<i>Chrysopetalum debile</i>	CAR
			55	<i>Kefersteinia cirrata</i>	CAR
			56	<i>Syllidia armata</i>	CAR
			57	<i>Sigambra tentaculata</i>	CAR
			58	<i>Haplosyllis spongicola</i>	CAR
			59	<i>Syllis prolifera</i>	CAR
			60	<i>Syllis truncata criptica</i>	CAR
			61	<i>Syllis variegata</i>	CAR
			62	<i>Syllis cornuta</i>	CAR
			63	<i>Syllis garciai</i>	CAR
			64	<i>Syllis hyalina</i>	CAR
			65	<i>Syllis columbretensis</i>	CAR
			66	<i>Syllis westheidei</i>	CAR
			67	<i>Syllis</i> sp.	CAR
			68	<i>Ehlersia ferrugina</i>	CAR
			69	<i>Branchiosyllis exilis</i>	CAR
			70	<i>Branchiosyllis</i> sp.	CAR
			71	<i>Eurysyllis tuberculata</i>	CAR
			72	<i>Trypanosyllis zebra</i>	CAR
			73	<i>Trypanosyllis coeliaca</i>	CAR
			74	<i>Pseudosyllis brevipennis</i>	CAR
			75	<i>Pionosyllis pulligera</i>	CAR
			76	<i>Odontosyllis fulgurans</i>	CAR
			77	<i>Odontosyllis gibba</i>	CAR
			78	<i>Exogone naidina</i>	CAR
			79	<i>Exogone verugera</i>	CAR
			80	<i>Exogone dispar</i>	CAR
			81	<i>Exogone rostrata</i>	CAR
			82	<i>Exogone hebes meridionalis</i>	CAR
			83	<i>Sphaerosyllis erinaceus</i>	HER
			84	<i>Sphaerosyllis pirifera</i>	HER
			85	<i>Sphaerosyllis hystrix</i>	HER
1	<i>Scoloplos armiger</i>	LIM			
2	<i>Phylo foetida</i>	LIM			
3	<i>Aricia cuvieri</i>	LIM			
4	<i>Cirrophorus furcatus</i>	LIM			
5	<i>Paradoneis armata</i>	LIM			
6	<i>Paradoneis ilvana</i>	LIM			
7	<i>Aricidea catherinae</i>	LIM			
8	<i>Aricidea capensis bansei</i>	LIM			
9	<i>Paraonis fulgens</i>	LIM			
10	<i>Levinsenia gracilis</i>	LIM			
11	<i>Spio decoratus</i>	DET			
12	<i>Spio filicornis</i>	DET			
13	<i>Scolelepis foliosa</i>	DET			
14	<i>Laonice cirrata</i>	DET			
15	<i>Aonides oxycephala</i>	DET			
16	<i>Spiophanes bombyx</i>	DET			
17	<i>Spiophanes kroyeri reyssei</i>	DET			
18	<i>Prionospio cirrifera</i>	DET			
19	<i>Prionospio malmgreni</i>	DET			
20	<i>Prionospio ehlersi</i>	DET			
21	<i>Prionospio caspersi</i>	DET			
22	<i>Prionospio</i> sp.	DET			
23	<i>Magelona papillicornis</i>	DET			
24	<i>Magelona minuta</i>	DET			
25	<i>Cirriformia tentaculata</i>	LIM			
26	<i>Caulleriella caput-esocis</i>	LIM			
27	<i>Caulleriella bioculata</i>	LIM			
28	<i>Caulleriella alata</i>	LIM			
29	<i>Tharyx marioni</i>	LIM			
30	<i>Tharyx heterochaeta</i>	LIM			
31	<i>Chaetozone setosa</i>	LIM			
32	<i>Pseudoleiocardia fauveli</i>	LIM			
33	<i>Notomastus latericeus</i>	LIM			
34	<i>Notomastus aberrans</i>	LIM			
35	<i>Heteromastus filiformis</i>	LIM			
36	<i>Capitella capitata</i>	LIM			
37	<i>Capitomastus</i> sp.	LIM			
38	<i>Peresiella clymenoides</i>	LIM			
39	<i>Leiochone clypeata</i>	LIM			
40	<i>Euclymene oerstedii</i>	DET			
41	<i>Polyophthalmus pictus</i>	DET			

86	<i>Parapionosyllis labronica</i>	CAR	118	<i>Arabella iricolor</i>	ONN
87	<i>Parapionosyllis elegans</i>	CAR	119	<i>Protodorvillea kefersteini</i>	ONN
88	<i>Parapionosyllis minuta</i>	CAR	120	<i>Schistomeringos neglectus</i>	ONN
89	<i>Pseudobrania clavata</i>	CAR	121	<i>Schistomeringos rudolphii</i>	ONN
90	<i>Autolytus</i> sp.	CAR	122	<i>Pettiboneia urciensis</i>	ONN
91	<i>Platynereis dumerilii</i>	HER	123	<i>Sternapsis scutata</i>	DET
92	<i>Nereis rava</i>	HER	124	<i>Owenia fusiformis</i>	DET
93	<i>Nereis zonata</i>	HER	125	<i>Diplocirrus glaucus</i>	DET
94	<i>Ceratonereis costae</i>	HER	126	<i>Pherusa plumosa</i>	DET
95	<i>Perinereis cultrifera</i>	HER	127	<i>Pherusa eruca</i>	DET
96	<i>Glycera convoluta</i>	CAR	128	<i>Ampharete acutifrons</i>	DET
97	<i>Glycera alba</i>	CAR	129	<i>Amage adpersa</i>	DET
98	<i>Glycera unicornis</i>	CAR	130	<i>Amphicteis gunneri</i>	DET
99	<i>Glycera</i> sp.	CAR	131	<i>Melinna palmata</i>	DET
100	<i>Goniada emerita</i>	CAR	132	<i>Melinna cristata</i>	DET
101	<i>Paralacydonia paradoxa</i>	DET	133	<i>Amphitrite</i> sp.	DET
102	<i>Nephtys hombergii</i>	CAR	134	<i>Pista cristata</i>	DET
103	<i>Nephtys cirrosa</i>	CAR	135	<i>Eupolymnia nebulosa</i>	DET
104	<i>Nephtys incisa</i>	CAR	136	<i>Thelepus cincinnatus</i>	DET
105	<i>Micronephtys sphaerocirrata</i>	CAR	137	<i>Terebellidae</i> nc.	DET
106	<i>Onuphis falesia</i>	ONN	138	<i>Megalomma vesiculosum</i>	FIL
107	<i>Eunice harassii</i>	ONN	139	<i>Megalomma lucullanum</i>	FIL
108	<i>Eunice vittata</i>	ONN	140	<i>Amphyglena mediterranea</i>	FIL
109	<i>Marphysa bellii</i>	ONN	141	<i>Fabricia filamentosa</i>	DET
110	<i>Marphysa fallax</i>	ONN	142	<i>Oriopsis eimeri</i>	DET
111	<i>Lysidice ninetta</i>	ONN	143	<i>Oriopsis</i> sp.	DET
112	<i>Nematonereis unicornis</i>	ONN	144	<i>Chone collaris</i>	DET
113	<i>Lumbrineris impatiens</i>	ONN	145	<i>Chone filicaudata</i>	DET
114	<i>Lumbrineris latreilli</i>	ONN	146	<i>Chone duneri</i>	DET
115	<i>Lumbrineris gracilis</i>	ONN	147	<i>Chone</i> sp.	DET
116	<i>Lumbrineris emandibulata-mabiti</i>	ONN	148	<i>Spirobranchus polytrema</i>	FIL
117	<i>Lumbrineriopsis paradoxa</i>	ONN			

La distribution des différentes espèces de Polychètes dans les groupes trophiques met en évidence le fait que le peuplement est caractérisé par la dominance des détritivores et des limivores (Fig. 5). Dans les trois transects, la diversité est croissante au fur et à mesure de la profondeur, les carnivores augmentent aussi, et on remarque la présence des herbivores. La distribution des différentes catégories trophiques est assez semblable dans les transects T1 et T2, où les détritivores et les limivores dominent, tandis que les autres catégories trophiques sont faiblement représentées. Le transect T3 montre une plus grande structuration avec un pourcentage plus important d'omnivores, de carnivores et d'hérbivores. On remarque, en outre, une augmentation considérable du pourcentage des détritivores dans les échantillonnages estivaux des stations T2 - 4 et - 6 par rapport à celui de tous les autres dans les différentes saisons.

Les données numériques organisées en une matrice permettent une analyse factorielle des correspondances, dans le but de mettre en évidence les facteurs principaux d'organisation pour chacun des trois transects. En ce qui concerne le transect T1, les deux premiers axes s'avèrent significatifs et représentent respectivement le 22,8 % (axe 1) et le 15,4 % (axe 2) de la variance totale (Fig. 6). Dans la surface délimitée par ces deux axes, la totalité des points stations, concernant les bathymétries plus superficielles (- 4 et - 6), se regroupe dans la partie négative de l'axe 1, tandis que presque toutes les bathymétries plus profondes

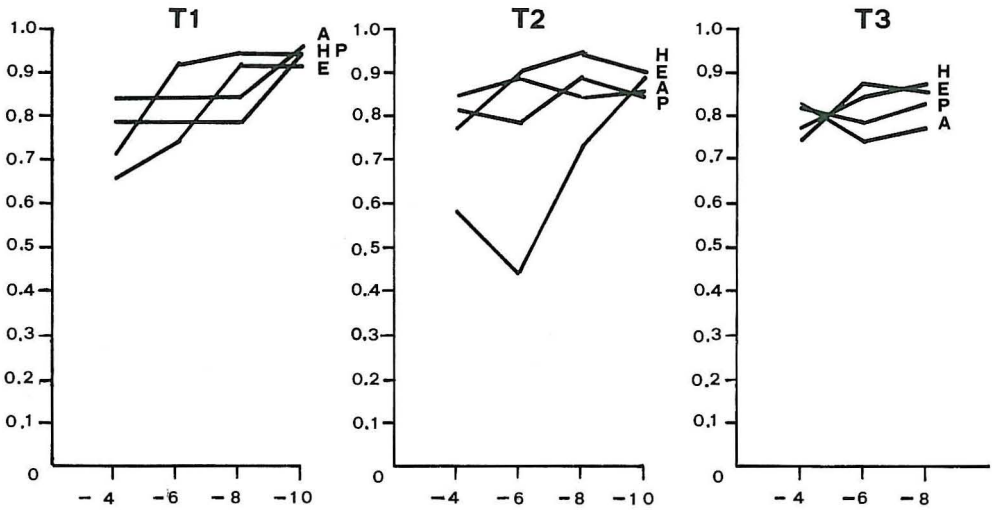


stat.	n. esp.	n. ind.	$\bar{H}$
T1- 4E	15	208	2.59
T1- 6E	17	116	3.05
T1- 8E	48	138	5.08
T1-10E	35	83	4.72
T1- 4A	13	57	3.14
T1- 6A	17	57	3.46
T1- 8A	18	117	3.55
T1-10A	17	44	3.91
T1- 4H	11	83	2.46
T1- 6H	9	22	2.89
T1- 8H	15	46	3.67
T1-10H	6	12	2.46
T1- 4P	12	80	2.83
T1- 6P	12	79	2.84
T1- 8P	14	90	3.01
T1-10P	10	19	3.16

stat.	n. esp.	n. ind.	$\bar{H}$
T2- 4E	10	182	1.94
T2- 6E	16	162	1.78
T2- 8E	21	166	3.20
T2-10E	41	127	4.69
T2- 4A	12	54	3.06
T2- 6A	7	30	2.48
T2- 8A	17	49	3.44
T2-10A	32	139	4.30
T2- 4H	14	120	2.92
T2- 6H	10	57	2.96
T2- 8H	16	27	3.75
T2-10H	20	66	3.89
T2- 4P	19	99	3.46
T2- 6P	20	149	3.13
T2- 8P	19	84	3.77
T2-10P	24	131	3.89

stat.	n. esp.	n. ind.	$\bar{H}$
T3- 4E	24	191	3.42
T3- 6E	93	583	5.66
T3- 8E	40	152	4.57
T3- 4A	25	133	3.85
T3- 6A	40	290	3.98
T3- 8A	54	433	4.46
T3- 4H	12	77	2.79
T3- 6H	13	31	3.16
T3- 8H	9	24	2.74
T3- 4P	12	82	2.91
T3- 6P	9	83	2.48
T3- 8P	24	134	3.82

Fig. 3 : Évolution saisonnière de l'indice de Shannon-Weaver dans les stations échantillonnées :  
 P : printemps, E : été, A : automne, H : hiver.



stat.	n. esp.	n. ind.	J
T1- 4E	15	208	0.66
T1- 6E	17	116	0.74
T1- 8E	48	138	0.91
T1-10E	35	83	0.92
T1- 4A	13	57	0.85
T1- 6A	17	57	0.85
T1- 8A	18	117	0.85
T1-10A	17	44	0.96
T1- 4H	11	83	0.71
T1- 6H	9	22	0.91
T1- 8H	15	46	0.94
T1-10H	6	12	0.95
T1- 4P	12	80	0.79
T1- 6P	12	79	0.79
T1- 8P	14	90	0.79
T1-10P	10	19	0.95

stat.	n. esp.	n. ind.	J
T2- 4E	10	182	0.59
T2- 6E	16	162	0.45
T2- 8E	21	166	0.73
T2-10E	41	127	0.88
T2- 4A	12	54	0.85
T2- 6A	7	30	0.88
T2- 8A	17	49	0.84
T2-10A	32	139	0.86
T2- 4H	14	120	0.77
T2- 6H	10	57	0.90
T2- 8H	16	27	0.94
T2-10H	20	66	0.90
T2- 4P	19	99	0.81
T2- 6P	20	149	0.72
T2- 8P	19	84	0.89
T2-10P	24	131	0.85

stat.	n. esp.	n. ind.	J
T3- 4E	24	191	0.75
T3- 6E	93	583	0.87
T3- 8E	40	152	0.86
T3- 4A	25	133	0.83
T3- 6A	40	290	0.75
T3- 8A	54	433	0.77
T3- 4H	12	77	0.78
T3- 6H	13	31	0.85
T3- 8H	9	24	0.87
T3- 4P	12	82	0.81
T3- 6P	9	83	0.78
T3- 8P	24	134	0.83

Fig. 4 : Évolution saisonnière de l'indice d'équitabilité dans les stations échantillonnées.  
 P : printemps, E : été, A : automne, H : hiver.

(- 8 et - 10) sont situées dans la partie positive. Les points de printemps et d'hiver de la station T1 - 8 sont voisins des bathymétries plus superficielles. Le long de l'axe 2, on observe les fluctuations temporelles des différentes stations avec une tendance cyclique, sauf pour - 8 où la trajectoire temporelle apparaît plus ample et linéaire. En ce qui concerne le modèle



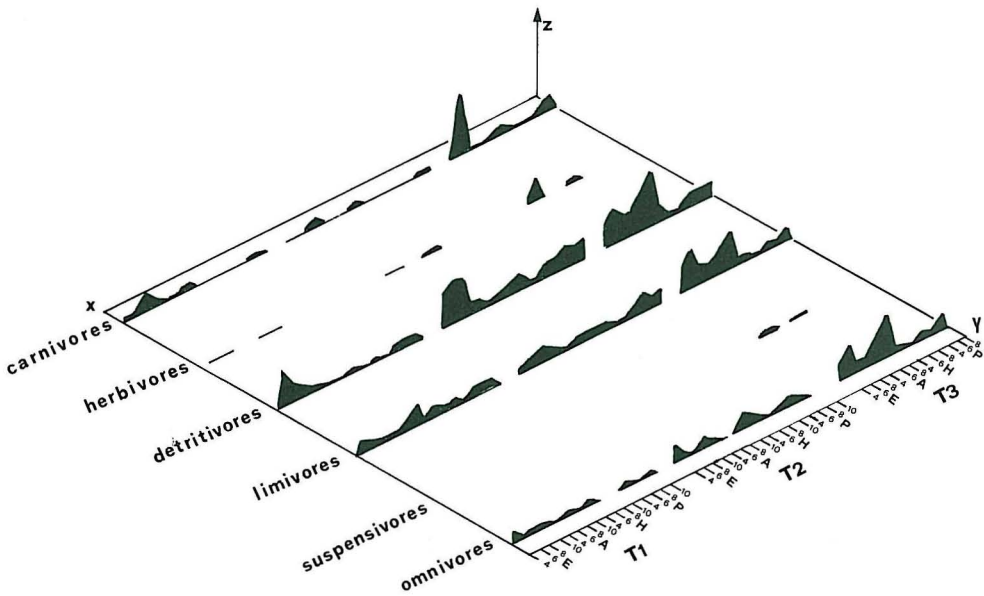


Fig. 5 : Distribution des groupes trophiques dans les stations échantillonnées le long des trois transects.

de structuration relatif au T2, les deux premiers axes sont significatifs avec, respectivement, le 23,6 % et le 12,3 % de la variance totale (Fig. 7). La distribution des points stations est assez semblable à celle du T1. On remarque dans le T2 une superposition majeure des stations les plus superficielles (- 4 et - 6), situées d'ailleurs dans la partie positive de l'axe 1 avec la majorité des bathymétries plus profondes (- 10), situées dans la partie négative, et deux stations dans la bathymétrie à - 8 (printemps et été), déplacées vers les stations plus superficielles. L'axe 2 exprime, dans le T2 aussi, les fluctuations temporelles des stations avec des trajectoires plus amples, surtout au niveau des stations plus profondes. Le modèle d'organisation du T3 présente les premiers deux axes comme significatifs avec, respectivement, le 29,2 % et le 16,5 % de la variance totale (Fig. 8). Les points stations de ce transect se rangent avec les stations à - 4 situées dans la partie positive de l'axe 1, tandis que celles à - 8 sont situées aussi bien dans la partie positive (été et hiver) que dans la partie négative (automne et printemps). La station à - 6 présente les mois printaniers et hivernaux dans la partie positive, et les mois estivaux et automnaux dans la partie négative. Les oscillations temporelles sur ce transect sont remarquablement plus amples par rapport au T1 et au T2, comme preuve d'une hétérogénéité majeure du milieu due à la présence d'un herbier touffu de *Posidonia*. Le premier axe, qui présente le pourcentage majeur de variance, exprime donc pour T1, T2 et en partie pour T3 aussi, le gradient bathymétrique en séparant nettement les stations plus superficielles (- 4 et - 6) de la majorité des stations plus profondes

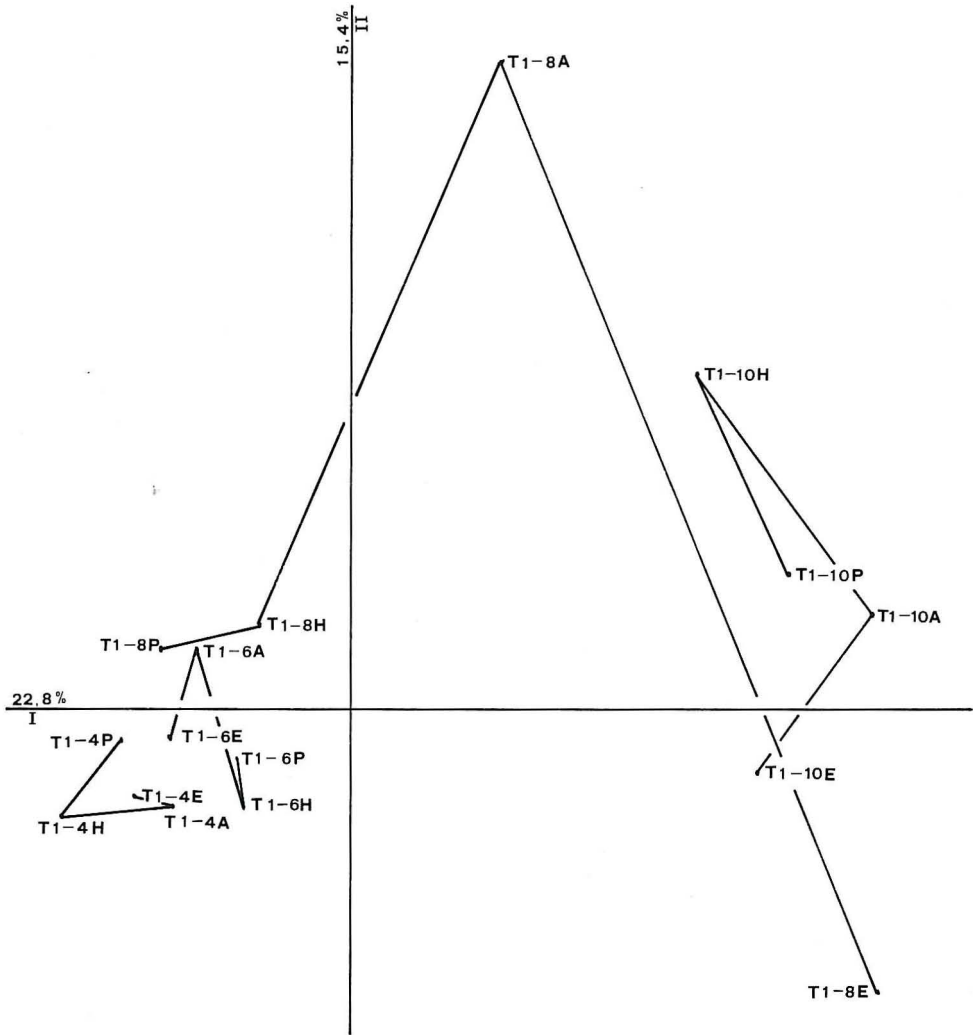


Fig. 6 : Analyse factorielle des correspondances selon les deux premiers axes pour les points stations du transect T1.

(- 10). De plus, il faut remarquer que les stations situées à - 8 et certaines situées à - 10 oscillent suivant les saisons, ce qui suppose des modifications qualitatives et quantitatives des peuplements. Ceci est évident en observant le modèle d'organisation des points stations et l'analyse des clusters qui a été obtenue en considérant l'ensemble des trois transects (Fig. 9). Les points stations se séparent en trois groupes : le premier comprend la presque totalité des stations les plus superficielles (- 4 et - 6) et les stations qui, tout en étant à une bathymétrie plus profonde (- 8 et - 10), présentent une granulométrie de sable fin, le deuxième réunit les stations les plus profondes et les plus envasées, le dernier, enfin, compte les

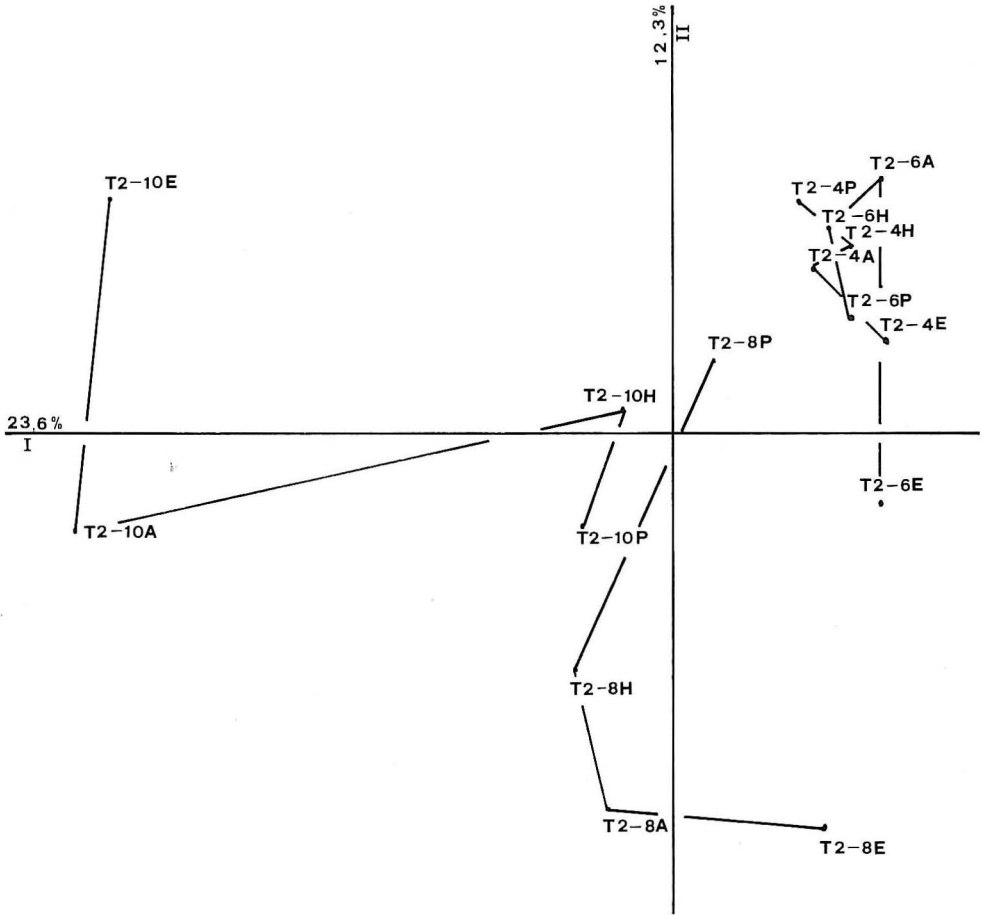


Fig. 7 : Analyse factorielle des correspondances selon les deux premiers axes pour les points stations du transect T2.

quatre points (T3 - 6, T1 - 8, T1 - 10 été et T3 - 8 printemps) correspondant à des saisons particulières. De plus, il faut remarquer qu'il ne se trouve aucune différenciation remarquable entre les trois transects.

La matrice des espèces, ordonnée et classée, souligne la présence de trois groupes (Fig. 10). Le premier, situé le long de la partie positive du premier axe, comprend des espèces comme *Prionospio caspersi*, *Chone duneri*, *Sigalion mathildae*, *Nephtys cirrosa*, *Owenia fusiformis*, *Caulleriella caput-esocis*, *Paraonis fulgens*, qui appartiennent toutes aux stations plus superficielles de sable fin. Le deuxième groupe est formé de quelques espèces (par exemple *Eunice vittata*, *Lisidice ninetta*, *Cirrophorus furcatus*, *Laonice cirrata*, *Amphicteis gunneri*, *Caulleriella bioculata*, *Nematoneris unicornis*, *Pista cristata*, *Prionospio malgremi*, *Protodorvillea kefersteini*, *Lumbrineris gracilis*, *Ampharete acuti-*

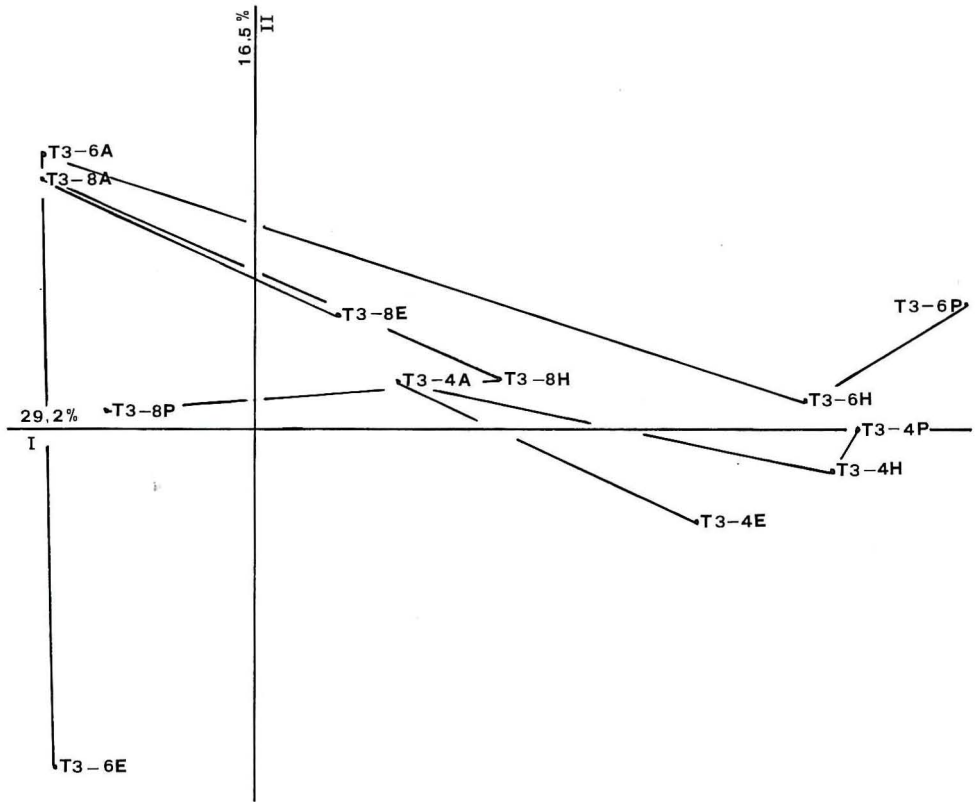


Fig. 8 : Analyse factorielle des correspondances selon les deux premiers axes pour les points stations du transect T3.

*frons*, *Melinna palmata*, *Paralacydonia paradoxa*, *Glycera alba*, *Prionospio cirrifera*, *Aonides oxycephala*, *Lumbrineris latreilli*, *Tharyx marioni*) liées aux stations les plus profondes sur substrats vaseux avec des mattes mortes de *Posidonia*. Enfin, le troisième regroupement est constitué d'espèces liées aux stations d'été du T1 - 8 et - 10 et du T3 - 6, et aux stations printanières du T3 - 8, ces espèces sont surtout des Syllidès comme *Exogone dispar*, *Sphaerosyllis pirifera*, *Haplosyllis spongicola*, *Syllis variegata*, *Branchiosyllis exilis*, *Eurysyllis tuberculata*.

#### DISCUSSION ET CONCLUSION

L'analyse des paramètres structuraux (indices de Shannon et d'équitabilité) met en évidence la présence d'une communauté bien structurée et riche en espèces sauf dans les stations T2 - 4 et T2 - 6 été. Comme pour les communautés benthiques des fonds meubles



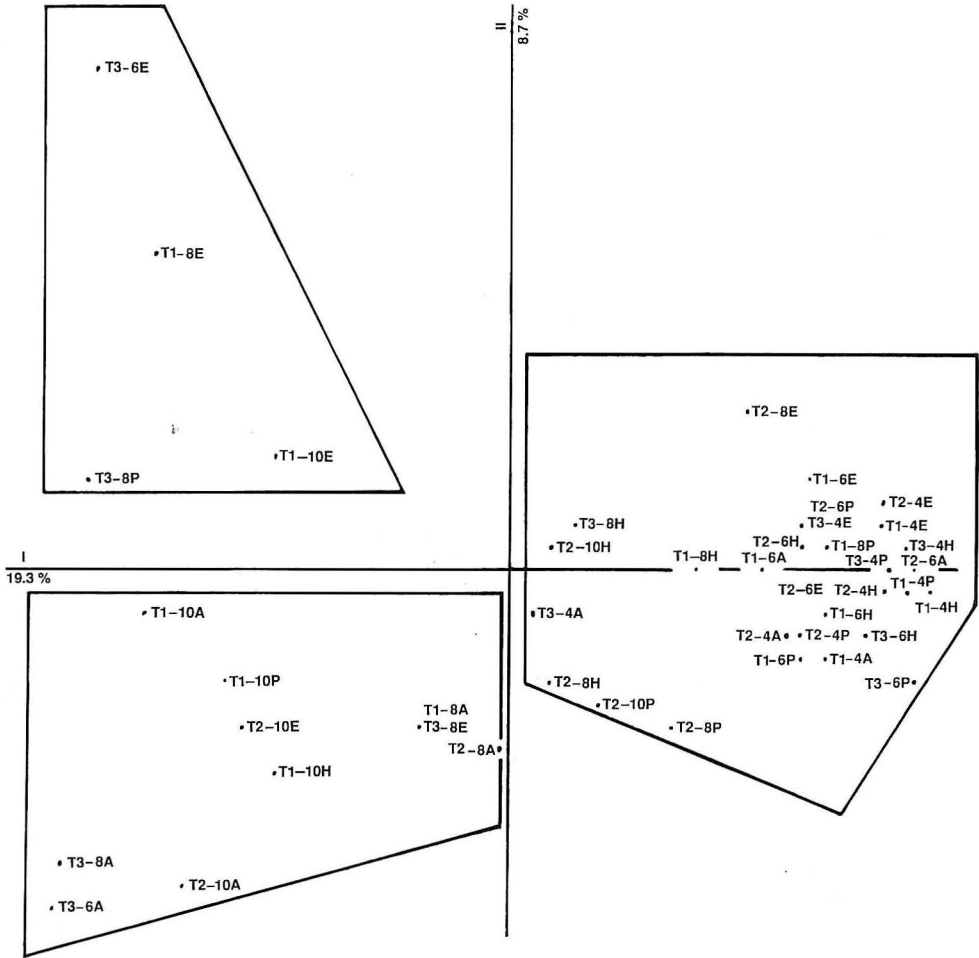


Fig. 9 : Analyse factorielle des correspondances selon les deux premiers axes pour les points stations réunis avec la procédure fastclus (SAS, 1985).

dans des milieux semblables en Méditerranée (Cognetti-Varriale, Zunarelli-Vandini, 1978 ; Fresi *et al.*, 1982 ; Farina *et al.*, 1985 ; Gambi & Giangrande, 1986), on remarque une augmentation de la diversité le long des gradients vers les stations les plus profondes, en passant d'une granulométrie de sable fin à celle d'une vase. Les valeurs des paramètres structuraux des transects mettent en évidence que les stations - 4 et - 6 du T3 possèdent un plus haut niveau de structuration par rapport aux autres stations ; cela est dû à la présence d'un herbier de Posidonies qui se trouve à l'abri des stations échantillonnées et qui est donc caractérisés par une faune plus riche et variée.

En ce qui concerne l'analyse des groupes trophiques, on remarque que le peuplement est composé surtout de détritivores et de limivores avec un gradient bathymétrique évident, exprimé par une plus grande diversification si l'on se dirige vers des bathymétries plus profondes, avec une variation des caractéristiques granulométriques (augmentation des carnivores et des herbivores). Ceci reflète, probablement, la prédilection des Polychètes pour les milieux à basse énergie hydrodynamique enrichis en pélites (Gambi *et al.*, 1984). Le transect T3 montre une meilleure division des groupes trophiques par rapport aux deux autres transects.

L'analyse des groupes trophiques, comme le démontrent d'ailleurs aussi les paramètres structuraux, met en évidence une structuration différente par rapport aux autres stations de T2 - 4 et de T2 - 6 été. Ces stations semblent influencées par les travaux de dragage effectués au cours de cette période dans cette zone pour rendre possible l'accès aux bateaux citernes dans la centrale et par la construction d'un aqueduc sous-marin qui conduit de l'eau potable à l'île d'Elbe. Dans ces stations, la communauté semble appauvrie, elle a des niveaux de structuration très faibles et elle présente, en plus, des caractéristiques semblables à celles des peuplements soumis aux opérations de dragage (Lopez-Jamar & Mejuto, 1988 ; Bonvicini & Pagliai A.M., 1985). Les modèles de l'analyse factorielle des correspondances révèlent que le principal facteur d'ordonnance de ce peuplement est le gradient bathymétrique (premier axe) avec les modifications des caractéristiques granulométriques et hydrodynamiques qui lui sont associées, et qui sont aussi les principaux paramètres qui influencent la distribution des communautés benthiques des fonds meubles de l'étage infralittoral (Cognetti-Varriale & Zunarelli-Vandini, 1978 ; Cognetti-Varriale & Zunarelli-Vandini, 1979 ; Bedulli *et al.*, 1983 ; Gambi *et al.*, 1983 ; Ambrogi *et al.*, 1989). La distribution des espèces dans le modèle de l'analyse factorielle des correspondances distingue nettement trois groupes, le premier est lié aux sables superficiels, le deuxième est associé aux biocénoses de vase et de fonds mixtes (sable et vase), et le dernier, enfin, est lié à une saison particulière de l'année, sans mettre en évidence un lien significatif entre les trois transects.

Donc les peuplements de Polychètes du golfe de Follonica sont structurés par les composantes, qui normalement, influencent les communautés dans ce type de fonds, surtout par les caractéristiques granulométriques du substrat et par tout ce qui l'influence (apport terrigène du fleuve Cornia, extension de la prairie à Posidonies, régime hydrodynamique).

Par rapport aux études précédentes (Cognetti & Morselli, 1976 ; Cognetti *et al.*, 1978 ; Cognetti *et al.*, 1980), cette recherche n'a donc pas révélé de différences essentielles entre les trois transects observés (si l'on exclut la faible structuration étudiée pendant la première période d'échantillonnage). Les seules différences observées doivent être attribuées aux variations de ces facteurs qui, normalement, règlent la distribution des organismes dans ce type de substrats et qui témoignent de l'amélioration graduelle de la situation écologique de la zone examinée.

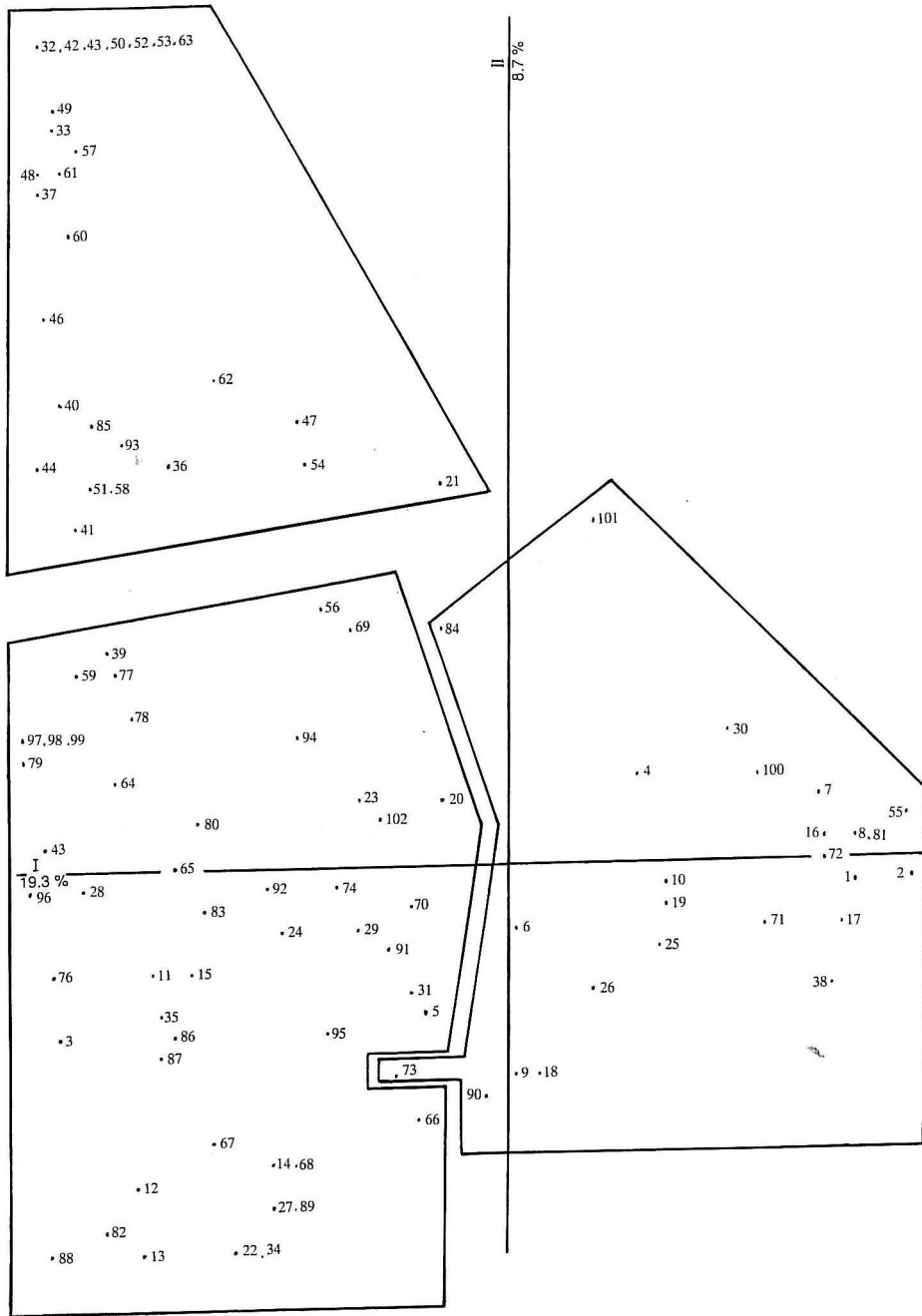


Fig. 10 : Analyse factorielle des correspondances selon les deux premiers axes pour les points espèces réunis avec la procédure fastclus (SAS', 1985).

## REMERCIEMENTS

Nous remercions M. Castelli de l'Université de Modène pour son aide dans la détermination des Polychètes, et pour son indispensable révision de la liste des espèces. Nous remercions les membres du secteur algologique du Département des Sciences du Milieu et du Territoire, et tout particulièrement M. Benedetti-Cecchi qui nous a permis de compléter l'analyse statistique des données. Nous remercions aussi D. Bartolini, D. Carafiglia et S. Genovesi pour leur aide dans la récolte des échantillons.

## INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

- ABBIATI, M., C.N. BIANCHI & A. CASTELLI, 1987. Polychaete vertical zonation along alittoral cliff in the west Mediterranean. *Mar. ecol. P.S.Z.N.I.* 8 : 33-48.
- AMBROGI, R., D. BEDULLI & G. ZURLINI, 1989. Spatial and temporal patterns in structure of macrobenthic assemblages. A three-year study in the Northern Adriatic Sea in front of the Po river delta. *Mar. ecol. P.S.Z.N.I.* 10 : 25-43.
- BEDULLI, D., L. AMOUREUX & R. AMBROGI, 1983. Seasonal changes in the macrobenthos of an area facing the Po river delta. *Thal. Yug.*, 19 : 31-38.
- BENZECRI, J.P., 1982. L'analyse des données. *Dunod, Paris.*, : 1-639.
- BIANCHI, C.N. & C. MORRI, 1985. I Policheti come descrittori della struttura trofica degli ecosistemi marini. *Oebalia*, XI, N.S. : 203-214.
- BONVICINI PAGLIAI, A.M., A.M. COGNETTI-VARRIALE, R. CREMA, M. CURINI-GALLETTI & R. ZUNARELLI-VANDINI, 1985. Environmental impact of extensive dredging in a coastal marine area. *Mar. Poll. Bull.*, 16 : 483-488.
- CAMPOY, A. 1982. Fauna de Anélidos Poliquetos della Peninsula Iberica. Fauna de España. Publicaciones de Biología de la Universidad de Navarra. *Serie Zoologica*, 7 : 1-781.
- COGNETTI, G. & I. MORSELLI, 1986. Effects of an industrial pollution on Polychaetes of sandy bottom. *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.*, 24 : 159-161.
- COGNETTI, G., A.M. COGNETTI-VARRIALE, R. ZUNARELLI-VANDINI & A.M. BONVICINI-PAGLIAI, 1978. Controllo ecologico del tratto di mare antistante la Centrale Enel (Torre del Sale). *Rel. Enel, Univ. di Modena* : 1-37.
- COGNETTI, G., A.M. COGNETTI-VARRIALE, R. ZUNARELLI-VANDINI & A.M. BONVICINI-PAGLIAI, 1981. Indagine ecologica nel tratto di mare prossimo all'impianto della Centrale Enel (Torre del Sale). *Rel. Enel, Univ di Modena* : 1-52.
- COGNETTI-VARRIALE, A.M. & R. ZUNARELLI-VANDINI, 1978. Distribution des Polychètes sur les fonds meubles infralittoraux du Molise (Adriatique). *Cah. de Biol. Mar.* XIX : 37-45.
- COGNETTI-VARRIALE, A.M. & R. ZUNARELLI-VANDINI, 1979. Polychaetes of littoral sandy bottoms along the north Lazio coast. *Boll. Zool.* 46 : 77-86.
- CREMA, R. & A.M. BONVICINI-PAGLIAI, 1980. The Structure of benthic Communities in an Area of Thermal Discharge from a Coastal Power Station. *Mar. Poll. Bull.*, 11 : 221-224.
- CREMA, R., E. IOANNILLI, A.M. BONVICINI-PAGLIAI, M. BERTONATI, R. CIRONI & R. VITALI, 1979. Chimico fisica delle acque e produttività primaria nel tratto di mare antistante la Centrale termoelettrica di Piombino. *Atti Soc. Tosc. Nat., Mem., ser. B*, 86, suppl. : 182-189.
- DAY, J.H., 1967. A monograph on the Polychaeta of Southern Africa. *Trust. Brit. Mus. (Nat. Hist.) London* : 1-878.
- FARINA, R., A. CASTELLI & C. LARDICCI, 1985. Distribuzione dei Policheti sui fondi mobili infralittorali della costa meridionale dell'Isola d'Elba (Arcipelago Toscano). *Atti Soc. Nat. Mat. Modena*, 116 : 25-34.
- FAUCHALD, K. & P. JUMARS, 1979. The diet of worms : a study of Polychaete feeding guilds. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 17 : 193-284.
- FAUVEL, P., 1923. Polychètes errantes. *Faune Franc.*, 5 : 1-488.
- FAUVEL, P. 1927. Polychètes sédentaires. *Faune Franc.*, 16 : 1-494.
- FRESI, E., M.C. GAMBÌ, S. FOCARDI, R. BARGAGLI, F. BALDI & L. FALCIAI, 1982. Benthic Community and Sediment Types : Structural Analysis. *Mar. Ecol. P.S.Z.N.I.* 4 : 101-121.
- GAMBÌ, M.C., E. FRESI & A. GIANGRANDE, 1982. Descrittori efficaci di comunità bentoniche. *Nat. Sic., Sez. 4 (suppl. 3)* : 489-497.



- GAMBI, M.C., A. GIANGRANDE & E. FRESI, 1984. Policheti di fondo mobile del Golfo di Salerno : ipotesi di un modello di distribuzione generale. *Nova Thal.*, 6 (Suppl.) : 575-583.
- GAMBI, M.C. & A. GIANGRANDE, 1985. Caratterizzazione e distribuzione delle categorie trofiche dei Policheti dei fondi mobili del Golfo di Salerno. *Oebalia*, XI, N.S. : 223-240.
- GAMBI, M.C. & A. GIANGRANDE, 1986. Distribution of soft-bottom Polychaetes in two coastal areas of the Tyrrhenian Sea (Italy) : A structural analysis. *Estuar. Coast. Shelf. Sci.*, 23 : 847-862.
- GRAY, J.S. & T.H. PEARSON, 1982. Objective selection of sensitive species indicative of pollution-induced change in benthic communities. I. Comparative methodology. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 9 : 111-119.
- GRAY, J.S., 1989. Effects of environmental stress on species rich assemblages. *Biol. Journ. of the Linn. Soc.*, 37 : 19-32.
- LEBART, L. 1975. Validité des résultats en analyse des données. *Cent. de Rech. et de Doc. sur la cons. Paris*, 4465 : 1-157.
- LOPEZ-JAMAR, E. & J. MEJUTO, 1988. Infaunal benthic recolonization after dredging operations in La Coruña Bay, NW Spain. *Cah. Biol. Mar.*, 29 : 37-49.
- PIELOU, E.C., 1977. *Mathematical Ecology*. John Wiley e Sons. New York.
- SAS, 1985. SAS Institute Inc. SAS User Guide : Statistic, Version 5 Edition. Cary, NC : SAS Institute Inc., 1985, 956 pp.
- TOMASINO, M. 1984. La situazione geomorfologica del Golfo di Follonica : stato attuale delle conoscenze. *Rel. pres. alla Commissione di Esperti del Comune di Piombino* : 1-9.
- ZURLINI, G. 1983. Applicazioni di metodi multivariati all'analisi ecologica. In un esempio di analisi ecologica del sistema marino costiero da capo Circeo all'isola di Ischia. *Enea. Roma* : 13-32.