

Évolution des peuplements macrophytobenthiques le long d'un gradient d'eutrophisation (Golfe de Maliakos, Mer Égée, Grèce)

Phytobenthos
Pollution
Mer Égée
Méditerranée

Phytobenthos
Pollution
Aegean Sea
Mediterranean

Filomila CHRYSOVERGIS et Panayotis PANAYOTIDIS

Centre National des Recherches Marines, 16604 Agios Kosmas, Hellinikon, Grèce.

Reçu le 29/07/94, révisé le 14/06/95, accepté le 15/06/95.

RÉSUMÉ

Le phytobenthos de cinq stations, situées dans le Golfe de Maliakos le long d'un gradient d'eutrophisation, comporte au total 186 taxons, comme cela a déjà été observé dans d'autres golfes des côtes grecques. Les relevés se répartissent en trois ensembles : (1) peuplements de référence (en mer ouverte) non influencés par la pollution ; (2) peuplements très modifiés, dans la zone la plus polluée et la plus instable ; (3) peuplements intermédiaires. Les Rhodophyceae dominent partout en nombre d'espèces. En ce qui concerne le recouvrement, les Ulvophyceae dominent les stations les plus polluées et les Fucophyceae toutes les autres stations. Le rapport de la dominance quantitative sur la dominance qualitative (Tension) des groupes taxonomiques apparaît comme un bon descripteur écologique ; il n'en est pas de même pour l'indice de diversité qui est aussi élevé dans la station la plus polluée et dans la station de référence.

ABSTRACT

Communities of macrophytobenthos along an eutrophication gradient (Maliakos Gulf, Eagean Sea, Greece).

The phytobenthos of five stations of the Maliakos Gulf, situated along an eutrophication gradient, comprises 186 taxa, which corresponds to the number of species found in similar gulfs on the Greek coasts. Samplings concerned three types of algal communities: 1) reference communities (in open sea) unaffected by eutrophication; 2) modified algal communities in the most polluted and ecologically instable area (catastrophic events); 3) intermediate communities. Rhodophyceae are qualitatively dominant (number of species) in all stations. In the most polluted stations, Ulvophyceae are quantitatively dominant (cover), while Fucophyceae are quantitatively dominant in the non-polluted stations. The ratio Quantitative Dominance/Qualitative Dominance (Tension) of different taxonomic groups appears as a good ecological descriptor. This is not the case of the Diversity index, which presents equal values in the most polluted stations and in the reference ones.

Oceanologica Acta, 1995, 18, 6, 649-658.

INTRODUCTION

Les premières études sur le phytobenthos marin des mers grecques ont été réalisées au siècle dernier par Bory de Saint Vincent (1832, 1838), Candargy (1889), Reinbold

(1898) et De Toni (1901). Ces travaux donnaient des listes d'algues macroscopiques. A partir du vingtième siècle, de nombreux travaux ont été effectués sur la systématique et sur la morphologie des macrophytes marins (Politis, 1925, 1930a, 1930b, 1932, 1937; Diannelidis, 1935, 1948, 1953;

Katsikopoulos, 1939), mais c'est au cours des vingt dernières années que les chercheurs ont enrichi la liste floristique en y ajoutant des éléments phytosociologiques, écologiques et phytogéographiques (Haritonidis, 1978; Diapoulis, 1983; Athanassiadis, 1987; Lazaridou, 1993).

Description du site

Le golfe de Maliakos, situé à la limite du secteur septentrional et du secteur central de la Méditerranée Orientale (Peres et Picard, 1964), présente un grand intérêt écologique et phytogéographique (fig. 1).

Dans la partie sud-ouest du golfe débouche la rivière Sperchios dont le débit varie entre 10 m³/s en été et environ 1 500 m³/s (valeur maximale) en hiver (Kilikidis *et al.*, 1993).

En été (septembre), la température de l'eau varie de 23,5 °C à l'intérieur du golfe à 22,9 °C vers la mer ouverte et la salinité est environ 36,5 dans l'ensemble du secteur étudié. En hiver (mars), la température est 12,1 °C à l'intérieur du golfe et 13,7 °C vers la mer ouverte. La salinité, à l'intérieur du golfe varie de 34,7 à 35,2 et vers la mer ouverte est 38,7 (C.N.R.M., 1992).

La rivière Sperchios transporte une quantité importante d'engrais et constitue une source de nutriments, particulièrement lorsque son débit est maximal et provoque des phénomènes catastrophiques pour la structure du peuplement phytobenthique près de son embouchure.

La quantité d'engrais utilisés dans la vallée de Sperchios est respectivement de 50 000 t/an pour les nitrates et 30 000 t/an pour les phosphates (Akrivos, 1991). La matière organique rejetée dans le golfe est de 20 000 kg B.O.D./jour (Chambre Technique de Grèce, 1991).

Un gradient de turbidité s'observe par les mesures au disque de Secchi qui donnent des valeurs allant de 4,5 à 6,5 m à l'intérieur du golfe (stations A et B) et de 8 à 11,5 m aux stations C et D.

A ce gradient de turbidité se superpose un gradient d'eutrophisation, marqué par les valeurs de NO₃ qui varient de 0,97 µg-at/l à 0,19 µg-at/l en hiver et de 1,43 µg-at/l à 0,1 µg-at/l de l'intérieur du golfe vers la mer ouverte en été. Les valeurs de chl-*a* varient de 2,96 µg/l à 0,157 µg/l de l'intérieur du golfe vers la mer ouverte en hiver, les valeurs les plus faibles étant mesurées en été (C.N.R.M., 1992).

Afin de décrire l'impact du stress environnemental sur l'écosystème marin du golfe de Maliakos, nous avons tenté de décrire ses effets sur les peuplements à *Cystoseira* en fonction de l'éloignement de la source continentale, en mettant l'accent sur le spectre floristique et les paramètres phyto-sociologiques.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Sur la côte nord du golfe de Maliakos, cinq stations de prélèvements ont été choisies (fig. 1), le long du gradient d'eutrophisation, partant de l'embouchure de la rivière Sperchios (Station A) vers la mer Égée (Station E).

Dans chaque station, trois relevés phyto-sociologiques (prélèvements d'algues) de 20 cm × 20 cm ont été effectués en mars 1992 et 1993 (prélèvements hivernaux) et en septembre 1992 et 1993 (prélèvements estivaux) à une profondeur de 0,2 à 0,5 m. Cette surface est considérée comme supérieure à l'aire minimale dans les biotopes de l'infralittoral (Dhont et Coppejans, 1977; Boudouresque et Belsler, 1979). Les algues récoltées ont été fixées dans de

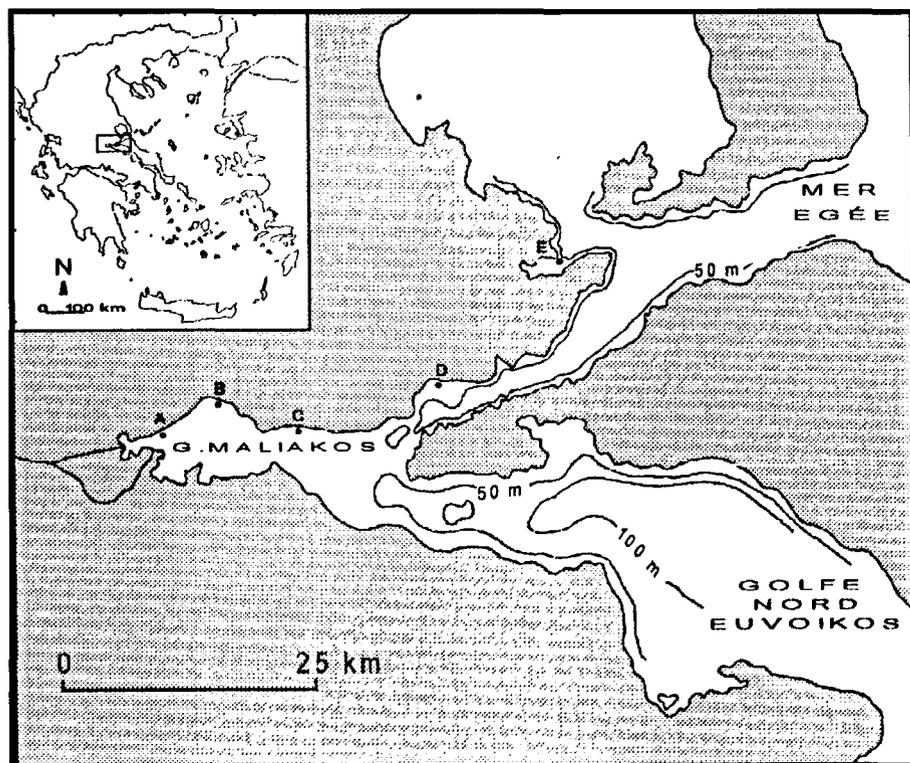


Figure 1

Carte de la région étudiée avec les stations d'échantillonnage.

Locations of sampling sites.

l'eau de mer formolée à 4 % et déterminées au laboratoire sous la loupe binoculaire et le microscope.

Pour chaque relevé, le nombre total d'espèces (Nt) a été calculé, ainsi que le recouvrement total (Rt) de l'ensemble des espèces. Les dominances qualitative (DQ) et quantitative (DR) des Chlorophyceae, Fucophyceae et Rhodophyceae et la tension = DR/DQ ont été calculées par la suite. La méthodologie utilisée est exposée par Boudouresque (1971). Pour chaque relevé, l'indice de diversité a été calculé, en fonction du recouvrement, d'après la formule de Shannon adaptée pour le phytobenthos (Boudouresque, 1971; Frontier, 1983) avec le programme de calcul PLANCTON du Centre National des Recherches marines. L'analyse de similitude entre les stations a été réalisée à l'aide du coefficient de similitude de Bray-Curtis (Bray et Curtis, 1957; Field *et al.*, 1982), avec le programme de calcul PRIMER du Plymouth Marine Laboratory (GB).

RÉSULTATS

Le spectre floristique et le recouvrement moyen de chaque espèce par station étudiée est présenté dans le tableau 1. Les espèces dominantes de la station A sont *Ulva lactuca*, *Cystoseira barbata* et *Gigartina acicularis*. La station A, qui se trouve en contact immédiat avec l'embouchure du Sperchios se caractérise par un peuplement des milieux instables, un *Pterocladio-Ulvetum* (Molinier, 1960). Une moulière s'étend sur le substrat dur. Sur le substrat meuble, un peuplement à *Cymodocea nodosa* est présent (fig. 2).

La station B présente une grande turbidité (0,5 m, profondeur de disparition du disque de Secchi) et une grande quantité de matière organique morte. Les espèces dominantes sont *Ulva lactuca*, *Cystoseira barbata* et *Acanthophora najadiformis*. La couverture est très faible, la stratification également, seule une strate est présente : la strate arborescente. Sur le substrat meuble, un peuplement à *Cymodocea nodosa* domine.

Les espèces dominantes de la station C sont *Cystoseira barbata*, *Padina pavonica* et *Spyridia filamentosa*. Sur le substrat meuble un peuplement à *Cymodocea nodosa* est observé.

Les espèces dominantes de la station D sont *Cystoseira barbata*, *Cystoseira compressa*, *Cystoseira schiffneri* f. *latiramosa*, *Padina pavonica*, *Sphacelaria cirrosa* et *Laurencia obtusa*. Les phytocénoses sont plus riches qualitativement et quantitativement. Sur le substrat meuble, on rencontre un peuplement à *Cymodocea nodosa* et à *Posidonia oceanica*.

La station de référence E se trouve en contact immédiat avec la mer Égée. Deux associations « climax » (Peres et Picard, 1964) sont rencontrées : le peuplement à *Cystoseira* sp. (*Cystoseiretum* selon Braun-Blanquet, 1932) et le *Posidonietum oceanicae* (Braun-Blanquet, 1932). Les espèces dominantes sont *Cystoseira corniculata*, *Cystoseira schiffneri* f. *latiramosa* et *Fosliella farinosa*.

Dans la frange supérieure de l'infralittoral du golfe de Malia-kos, on a dénombré 186 taxons dont 47 Chlorophyceae, 40 Fucophyceae et 98 Rhodophyceae (Gallardo *et al.*, 1993;

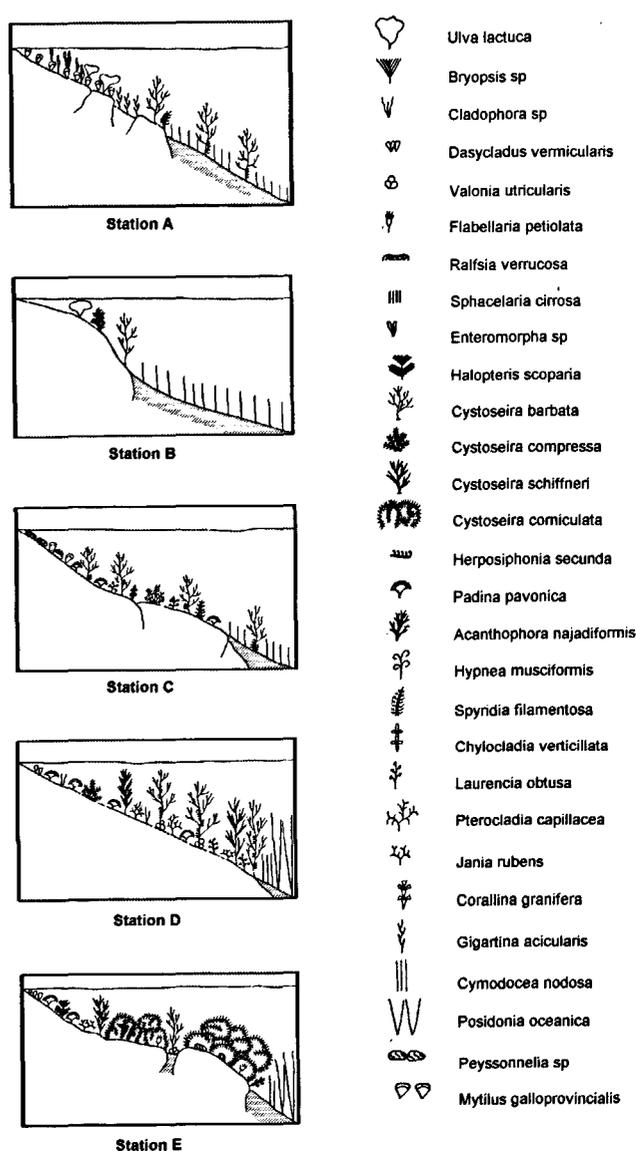


Figure 2

Aspect de la végétation benthique des stations étudiées.

Phytobenthos aspects of the studied stations.

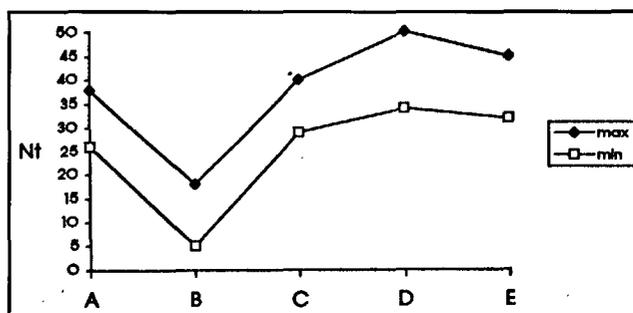


Figure 3

Nombre d'espèces par relevé et par station.

Number of species at the sampling stations.

Ribera *et al.*, 1992; Perret-Boudouresque et Seridi, 1989). Le nombre d'espèces par relevé varie de 5 à 50 (fig. 3).

Le recouvrement total présente sa valeur maximale (194 %) à la station de référence (fig. 4).

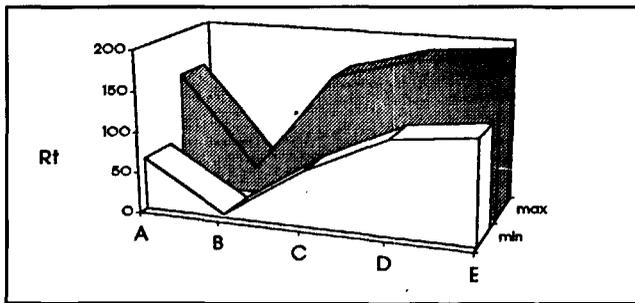


Figure 4

Recouvrement total par relevé et par station.

Total cover at the sampling stations.

En général, qualitativement, les Rhodophyceae dominent largement dans toutes les stations et elles fluctuent autour de 50 % des espèces alors que les Fucophyceae prennent des valeurs beaucoup plus faibles, de 7 % à 25 %. En revanche, du point de vue quantitatif, les Rhodophyceae dominent aux stations A et B; aux stations C, D et E, leurs valeurs diminuent jusqu'à 23 %. Les Fucophyceae, bien que ne dépassant qualitativement pas 25 %, elles sont largement dominantes aux stations C, D et E. Les DR des Chlorophyceae varient de 25,4 % (station A) et 51,4 % (station B) à 6,3 % (station E) (fig. 5).

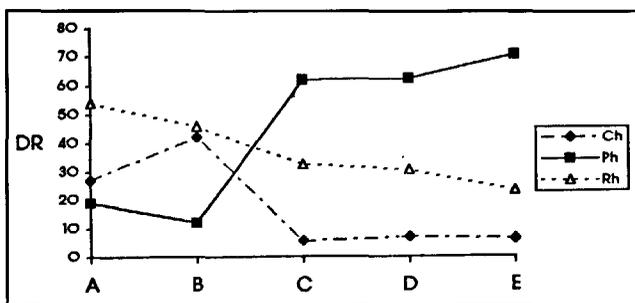


Figure 5

Dominances quantitatives des Chlorophyceae, Fucophyceae et Rhodophyceae par station.

Quantitative dominance of the Chlorophyceae, Fucophyceae and Rhodophyceae per station.

Les Fucophyceae sont partout en surtension, c'est-à-dire d'une valeur supérieure à l'unité. Les Chlorophyceae sont en surtension seulement à la station B et les Rhodophyceae sont en surtension seulement à la station A.

L'indice de diversité de Shannon varie de 0,271 à 4,142. Les valeurs extrêmes et moyennes sont données dans le tableau 2. Généralement l'indice de diversité moyen présente un minimum à la station B (le nombre d'espèces par relevé et le recouvrement à cette station, sont les plus faibles que nous y avons rencontrés). Par contre, des valeurs élevées sont observées aux stations A, D et E.

L'analyse de similitude permet de séparer trois noyaux de similitude ; le premier relie les stations D et E au niveau 40 %. La similitude entre relevés de la même station est considérable, les relevés de la saison chaude étant séparés de ceux de la saison froide. Le deuxième noyau relie les stations A et C au niveau 35 %. Ces deux noyaux sont reliés au niveau 25 %. Le troisième noyau (station B) vient s'y ajouter au niveau 10 %.

DISCUSSION

La modification des conditions écologiques le long du gradient étudié, se reflète bien sur la flore benthique ; elle provoque : 1) sur le substrat dur, la régression des peuplements de l'ordre phyto-sociologique de *Cystoseiretalia*, qui dominent vers la mer ouverte (stations D et E), et son remplacement, près de l'embouchure (stations A et B), par un peuplement des milieux instables (*Ulvetum*) et 2) sur le substrat meuble, la raréfaction du *Posidonetum oceanicae* qui est compact vers la mer ouverte et clairsemé vers l'intérieur du golfe.

Le nombre total d'espèces de l'infra-littoral supérieur est voisin de celui mesuré dans d'autres régions de la mer Égée; Haritonidis (1978) dans le golfe de Thermaïkos observe 121 taxa, Diapoulis and Haritonidis (1987) dans le golfe de Saronikos 197 taxa, Giaccone (1968b) dans les différentes stations de la mer Egée centrale 175 taxa et Lazaridou (1993) 190 taxa.

Dans notre étude, le nombre d'espèces par relevé diminue au fur et à mesure que l'on s'approche de l'embouchure, de 39 (42) à 11. Ghirardelli et Pignatti (1968), à Vallone di Muggia, observent une diminution du nombre d'espèces à proximité d'une zone de pollution maximale. Belsher (1977), a mesuré un nombre d'espèces par relevé inférieur à 20, dans la zone polluée du port de Marseille, alors que dans la station de référence il est de 43. Cormaci et Furnari (1991), pour la côte de Brindisi (Italie), Littler et Murray (1975), à San Clemente Island (California), et Diapoulis et Haritonidis (1987), dans le golfe de Saronikos (Grèce), ont abouti à des résultats similaires.

En ce qui concerne le recouvrement, on constate une diminution vers l'intérieur du golfe et un accroissement local (station A) qui est dû aux Ulvales. Il est généralement admis que le long d'un gradient d'eutrophisation le nombre d'espèces diminue mais la biomasse des espèces tolérantes augmente (Pearson et Rosenberg, 1978).

Les Rhodophyceae dominent qualitativement dans toutes les stations (valeurs autour de 50 %) par rapport aux Fucophyceae (de 7 % à 25 %). Quantitativement les Fucophyceae dominent largement dans les stations extérieures du

Tableau 1

Recouvrement moyen des espèces par station.

Mean cover of species per station.

1992-1993	A	B	C	D	E
<i>Phaeophila dendroides</i> (P. & H.Crouan) Batters	0.050	0.013	0.088	0.167	0.050
<i>Acrochaete inflata</i> (Erceg.)	0.004		0.008	0.004	
<i>Entocladia viridis</i> Reinke	0.050	0.017	0.050	0.050	0.129
<i>Pringsheimiella scutata</i> (Reinke) Marschewianka	0.050	0.004	0.050	0.050	0.050
<i>Ulothrix flacca</i> (Dillwyn) Thur.	0.004		0.008	0.008	0.008
<i>Enteromorpha adriatica</i> Bliding	0.296				
<i>Enteromorpha clathrata</i> (Roth) Greville					0.125
<i>Enteromorpha compressa</i> (Linnaeus) Nees	0.042				
<i>Enteromorpha flexuosa</i> (Wulfen es Roth) J.Agardh	0.042				
<i>Enteromorpha intestinalis</i> (Linnaeus) Nees		0.583	0.042		
<i>Enteromorpha linza</i> (Linnaeus) J. Agardh	0.167	0.083			
<i>Enteromorpha muscoides</i> (Clemente) Cremades	0.171		0.042	0.042	0.088
<i>Enteromorpha prolifera</i> (O.F. Muller) J.Agardh	0.171			0.042	
<i>Enteromorpha</i> sp.	0.333	0.125	0.083	0.133	0.254
<i>Ulva lactuca</i> Linnaeus	9.500	3.583	1.583		
<i>Ulva rigida</i> C. Agardh	4.417	0.504	2.042	0.167	
<i>Anadyomene stellata</i> (Wulfen) C. Agardh					1.875
<i>Blastophysa polymorpha</i> Kjellman			0.008		
<i>Chaetomorpha aerea</i> (Dillwyn) Kützing	0.088	0.071	0.046	0.042	0.033
<i>Chaetomorpha mediterranea</i> (Kützing) Kütz.	0.004				0.004
<i>Cladophora albida</i> (Nees) Kützing	0.250	0.042		0.292	
<i>Cladophora coelothrix</i> Kützing	0.042	0.042		2.171	
<i>Cladophora dalmatica</i> Kützing	0.083				0.008
<i>Cladophora echinus</i> (Biaioletto) Kützing	0.083				
<i>Cladophora feredayi</i> Harvey				0.417	
<i>Cladophora hutchinsiae</i> (Dillwyn) Kützing	0.167				
<i>Cladophora laetevirens</i> (Dillwyn) Kützing			0.417	0.379	0.008
<i>Cladophora lehmanniana</i> (Lindenberg) Kützing	0.500		0.167	0.417	0.250
<i>Cladophora pellucida</i> (Hudson) Kützing	0.250		0.250		0.083
<i>Cladophora prolifera</i> (Roth) Kützing	1.500		0.167	0.667	0.917
<i>Cladophora sericea</i> (Hudson) Kützing	0.208	0.083			
<i>Cladophora socialis</i> Kützing				0.292	
<i>Cladophora vagabunda</i> (Linnaeus) van den Hoek					0.083
<i>Cladophora</i> sp1.	2.500	0.800	0.221	0.054	0.500
<i>Cladophora</i> sp2.	1.417	0.500	0.250	0.167	0.250
<i>Rhizoclonium tortuosum</i> (Dillwyn) Kützing	0.004				
<i>Valonia utricularis</i> (Roth) C. Agardh				1.333	2.917
<i>Bryopsis corymbosa</i> J.Agardh	0.004			0.129	0.004
<i>Bryopsis cupressina</i> Lamouroux	0.004			0.004	
<i>Bryopsis feldmannii</i> Gallardo et Furnari nom. nov.	0.004				
<i>Bryopsis pennata</i> Lamouroux	0.250				
<i>Bryopsis plumosa</i> (Hudson) C.Agardh	0.008	0.679			
<i>Codium coralloides</i> (Kützing) Silva				0.004	
<i>Flabellaria petiolata</i> (Turra) Nizamuddin					1.083
<i>Pseudochlorodesmis furcellata</i> (Zanard.) Borgesen				0.083	0.208
<i>Acetabularia acetabulum</i> (Linnaeus) Silva			0.129	0.004	0.004
<i>Dasycladus vermicularis</i> (Scopoli) Krasser	0.008			3.583	1.417
<i>Ectocarpus siliculosus</i> (Dillwyn) Lyngb.	0.375	0.083	1.754	0.417	0.463
<i>Ectocarpus siliculosus</i> var. <i>siliculosus</i> (Dillwyn) Lyngb.	0.583		0.588	0.338	0.088
<i>Ectocarpus</i> sp.	0.250				
<i>Feldmannia caespitula</i> (J.Agardh) Knoep.-Peg. var. <i>caespitulal</i>					0.333
<i>Feldmannia globifera</i> (Kützing) Hamel					0.004
<i>Feldmannia irregularis</i> (Kützing) Hamel				0.129	0.004

Feldmannia sp.				0.004	
Hincksia sandriana (Zanardini) Hamel				0.046	
Hincksia sp J.E.Gray		0.004			
Pseudolithoderma adriaticum (Hauck) Verlaque		0.833			0.417
Ralfsia verrucosa (Areschoug) J.Agardh		0.917	0.917		2.167
Myrionema orbiculare J.Agardh		0.054			0.021
Corynophlaea flaccida (C.Agardh) Kutz.	0.004	0.467	0.108		0.042
Corynophlaea umbellata (C.Agardh) Kutz.		0.267			
Corynophlaeaceae indeterminé					0.092
Stilophora rhizodes (Turner) J. Agardh		0.254	0.217		0.338
Asperococcus bullosus Lamouroux			0.008		
Colpomenia sinuosa (Roth) Derbes & Soilier					0.083
Hydroclathrus clathratus (Bory) Howe					
Scytosiphon simplicissimus (Clemente) Cremades					
« Aglaozonia parvula (Greville) Zanardini » stadium	0.458				
Cutleria multifida (Smith) Greville		0.125			
Sphacelaria cirrosa (Roth) C.Agardh	1.625		4.542	18.125	17.500
Sphacelaria fusca (Hudson) S.F.Gray				0.083	
Sphacelaria rigidula Kutzing	0.296			0.008	
Sphacelaria tribuloides Meneghini				0.046	0.138
Halopteris filicina (Grateloup) Kutzing				0.167	0.042
Halopteris scoparia (Linnaeus) Kutzing	0.417		0.417	1.921	3.333
Dictyopteris polypodioides (D.C.) Lamouroux	0.046				
Dictyota dichotoma (Hudson) Lamouroux	0.333		0.417		
Dictyota linearis (C. Agardh) Greville	0.646		0.458	2.917	2.667
Dilophus fasciola (Roth) Howe					1.167
Dilophus spiralis (Montagne) Hamel				0.167	
Padina pavonica (Linnaeus) Lamouroux			5.333	13.250	3.417
Cystoseira barbata C.Agardh	10.417	1.500	43.750	15.000	6.083
Cystoseira compressa (Esper) Gerloff & Nizamuddin			1.333	8.750	
Cystoseira corniculata (Wulfen) Zanardini					67.917
Cystoseira humilis var. humilis Kutzing					1.250
Cystoseira mediterranea Sauvageau					0.833
Cystoseira schiffneri Hamel				0.667	
Cystoseira schiffneri f. latiramosa (Erceg.) Giaccone	0.833			35.833	6.500
Stylonema alsidii (Zanardini) Drew	2.933	0.313	0.283	0.121	0.046
Stylonema cornu-cervi Reinsch	0.008		0.008		
Erythrocladia subintegra Rosenvinge	0.025	0.008	0.042	0.025	0.033
Erythrotrichia carnea (Dillwyn) J. Agardh	3.092	0.313	0.125	0.121	0.021
Erythrotrichia investiens (Zanardini) Bornet	0.167				
Erythrotrichia simplex Dangeard	0.004				
Erythrotrichia sp	0.004				
Porphyra leucostica Thuret in Le Jolis	0.083				
Audouinella daviesii (Dillwyn) Welkerling	0.088		0.042	0.071	0.079
Audouinella leptanema (Rosevinge) Garbary					
Audouinella microscopica Naegeli	0.004			0.004	
Audouinella saviana (Meneghini) Woelkerling	0.092			0.042	
Audouinella virgatula (Harvey) Bornet					
Audouinella sp1				0.004	
Audouinella sp2	0.013		0.008	0.008	0.008
Gelidium pusillum (Stackhouse) Le Jolis	0.417				
Pterocladia capillacea (Gmelin) Bornet & Thuret	0.633	0.171	4.338	7.250	0.504
Gelidiella lubrica (Kutzing) Feldmann & Hamel		0.250			
« Falkenbergia rufolanosa » stadium (Harvey) Schmitz		0.004	0.004	0.017	0.721
Corallina elongata Ellis & Solander					0.750
Corallina granifera Ellis & Solander	0.088			2.917	3.750
Corallina officinalis Linnaeus					0.417
Fosliella farinosa (Lamouroux) Howe	4.000	0.504	2.708	9.417	7.083

<i>Pneophyllum lejolissii</i> (Rosanoff) Chamberlain	1.358	0.013	1.083	1.083	0.758
<i>Jania adhaerens</i> Lamouroux	0.008				4.083
<i>Jania rubens</i> (Linnaeus) Lamouroux	1.000			2.254	4.833
<i>Mesophyllum lichenoides</i> (Ellis) Lemoine					0.250
<i>Titanoderma hapalidioides</i> (P. & H. Crouan) <i>et al.</i>	1.583		0.333	1.250	1.833
<i>Titanoderma pustulatum</i> (Lamouroux) Nageli			0.588		
<i>Peyssonnelia bornetii</i> Boudouresque & Denizot				0.167	0.042
<i>Peyssonnelia harveyana</i> J. Agardh			0.083	0.083	
<i>Peyssonnelia rosa-marina</i> Boudouresque & Denizot					2.917
<i>Peyssonnelia sp.</i>			0.125	0.583	2.083
<i>Gracilaria bursa - pastoris</i> (Gmelin) Silva	0.004				
<i>Gymnogongrus griffithsiae</i> (Turner) Martius	0.417				
<i>Gigartina acicularis</i> (Roth) Lamouroux	9.250		0.167		
<i>Hypnea musciformis</i> (Wulfen) Lamouroux	4.000		0.167	0.125	
<i>Chylocladia verticillata</i> (Lightfoot) Bliding			0.500	0.296	0.258
<i>Aglaothamnion brodiaei</i> Harvey				0.083	
<i>Antithamnion cruciatum</i> C. Agardh) Naegeli	0.629	0.429	0.058	0.442	0.017
<i>Antithamnion heterocladum</i> Funk			0.042		
<i>Antithamnion ogdeniae</i> Abbott		0.004			
<i>Antithamnionella spirographidis</i> (Schiffner) Wollaston					0.004
<i>Spermothamnion repens</i> (Dillwyn) Rosenvinge					0.167
<i>Callithamnion corymbosum</i> (Smith) Lyngbye				0.083	0.046
<i>Callithamnion granulatum</i> (Ducluzeau) C. Agardh	3.083				0.050
<i>Ceramium byssoideum</i> Harvey			0.333		
<i>Ceramium ciliatum</i> (Ellis) Ducluzeau	2.508		0.354	0.017	0.213
<i>Ceramium cinnabarinum</i> (J. Agardh) Hauck	0.004				0.088
<i>Ceramium circinatum</i> (Kutzing) J. Agardh	0.004		0.375		
<i>Ceramium codii</i> (Richards) Mazoyer			0.042	0.083	0.008
<i>Ceramium comptum</i> Borgesen	0.133	0.133	0.083		
<i>Ceramium diaphanum</i> (Lightfoot) Roth	0.004	0.250	0.258	0.808	0.963
<i>Ceramium flaccidum</i> (Kutzing) Ardisson f. <i>taylori</i>	0.254		0.921	1.100	1.338
<i>Ceramium gracillimum</i> (Kutz.) Grif. & Harvey in Harv.			0.421		
<i>Ceramium rubrum</i> (Hudson) C. Agardh					0.004
<i>Ceramium tenuissimum</i> (Lyngbye) J. Agardh				0.042	
<i>Ceramium sp.</i>			0.088		
<i>Spondylothamnion multifidum</i> var. <i>distichum</i>				0.083	
<i>Crouania attenuata</i> (C. Agardh) J. Agardh			0.333	1.300	0.296
<i>Anotrichium tenue</i> C. Agardh Nageli	0.421		0.088	0.004	0.100
<i>Monospora pedicellata</i> Smith (Solier)				0.008	0.004
<i>Spyridia filamentosa</i> (Wulfen) Harvey in Hooker	5.750	0.308	8.750	0.342	
<i>Wrangelia penicillata</i> C. Agardh				0.167	
<i>Dasya bailouviana</i> (Gmelin) Montagne				0.167	
<i>Dasya corymbifera</i> J. Agardh				0.263	0.671
<i>Dasya ocellata</i> (Grateloup) Harvey in Hooker				0.088	0.088
<i>Dasya rigidula</i> (Kutzing) Ardisson			0.004	0.175	0.092
<i>Heterosiphonia crispella</i> (C. Agardh) Wynne	0.104		0.050		
<i>Nitophyllum punctatum</i> (Stackhouse) Greville					0.042
<i>Acanthophora najadiformis</i> (Delile) Papenfuss	0.833	0.833			0.342
<i>Alsidium helminthochorton</i> (La Tourrette) Kutzing	0.583			0.417	0.088
<i>Chondria dasyphylla</i> (Woodward) C. Agardh	0.004			0.638	0.042
<i>Chondria mairei</i> G. Feldmann	0.004		0.088	0.042	
<i>Chondria tenuissima</i> (Goodenough & Woodward) C. Agardh				0.125	
<i>Dipterosiphonia rigens</i> (Schousboe ex C. Agardh) Falk.					0.175
<i>Herposiphonia secunda</i> (C. Agardh) Ambronn f. <i>secunda</i>	1.254	0.296	0.100	1.258	1.004
<i>Herposiphonia secunda</i> (C. Agardh) Ambronn f. <i>tenella</i>	6.379	0.504	0.979	1.588	0.404
<i>Laurencia obtusa</i> (Hudson) Lamouroux	0.088	0.042	3.667	10.333	0.208
<i>Laurencia pinnatifida</i> (Gmelin) Lamouroux					
<i>Lophosiphonia cristata</i> Falkenberg	0.083			0.083	0.042

Lophosiphonia reptabunda (Suhr in Kutzing) Kylin				0.042
Lophosiphonia scopulorum (Harvey) Wormesley			0.004	
Lophosiphonia subadunca (Kutzing) Falkenberg		0.792	1.125	0.083
Polysiphonia furcellata (C.Agardh) Harvey in Hooker		0.042	0.004	
Polysiphonia macrocarpa Harvey in Mackay			0.042	
Polysiphonia nigrescens(Hudson) Greville	0.421			
Polysiphonia opaca (C. Agardh) Moris & De Notaris	0.008	0.129		0.004
Polysiphonia sertularioides (Grateloup) J. Agardh	0.138	2.213	1.542	0.400
Polysiphonia sphaerocarpa Borgesen		0.250		
Polysiphonia subulifera (C.Agardh) Harvey		0.250		
Polysiphonia tenerrima Kutzing		0.004	0.042	
Polysiphonia tripinnata J. Agardh	0.133	0.213	1.000	0.042
Polysiphonia sp1	0.167			
Polysiphonia sp2			0.083	
Polysiphonia sp3		0.004	0.004	0.179
Pterosiphonia complanata (Clemente) Falkenberg	0.004			0.004
Rytiphlaea tinctoria (Clemente) C. Agardh		0.833		

golfe où les peuplements sont bien structurés, contrairement aux autres stations.

Un accroissement considérable de la dominance qualitative et quantitative des Bangiophyceae est observé lorsque l'on s'approche du secteur intérieur. En outre une variation saisonnière est mise en évidence, les valeurs des Bangiophyceae étant plus hautes en été qu'en hiver.

Belsher (1977) démontre la présence d'un gradient bangiophycidéen observé à partir du point du rejet à la mer du grand collecteur de la ville de Marseille. Dans notre cas le gradient est plus atténué, la DR des Bangiophyceae étant de 6,41 % à 8,05 %, aux stations du secteur intérieur, et de 0,06 % à la station de référence.

Les Fucophyceae sont en surtension (bien adaptés au biotope) dans toutes les stations, les Chlorophyceae et les Rhodophyceae aux stations proches de l'embouchure. Belsher (1977) a observé des Rhodophyceae en surtension dans la zone de pollution, près de Marseille.

En ce qui concerne l'indice de diversité, dans notre étude, la station B présente une considérable variabilité de l'indice de diversité (de 0,271 à 2,43) qui traduit probablement l'instabilité du milieu conduisant à l'hétérogénéité du peuplement et son appauvrissement du point de vue qualitatif

et quantitatif. Les résultats de la station B sont comparables à ceux de Borowitzka (1972). Les valeurs moyennes des stations A, D et E se trouvent au même niveau (entre 3 et 3,5) mais la composition qualitative et quantitative des peuplements est tout à fait différente. L'indice de diversité élevé de la station A est dû à un grand nombre d'espèces appartenant à l'ordre des Ulvales et des Bangiophyceae, qui n'existent pas dans les autres stations. Par contre les valeurs élevées des stations D et E sont dues au grand nombre de Fucophyceae, Cryptonemiales et Ceramiales qui n'existent pas à la station A et indiquent la présence d'un peuplement bien structuré et bien adapté aux conditions du milieu. Il est donc évident que l'indice de diversité qui est généralement considéré comme un descripteur de l'évolution structurale, de la maturité et de la stabilité d'un écosystème, doit être interprété en combinaison avec le spectre floristique. Dans le port de Marseille et dans la zone affectée par l'effluent l'indice de diversité est très faible, de 0,5 à 2,5, alors que dans la station de référence il est de 3,1 à 3,4 (Belsher, 1977). Dans certains cas la diminution de l'indice de diversité avec l'éloignement de la source de pollution est très claire. Cormaci et Furnari (1991), indiquent que la faible valeur de l'indice de diversité (1,22) le long de la côte de Brindisi, confirme la dégradation du milieu. Marcot-Coqueugniot *et al.* (1983), dans une étude générale du peuplement algal du port de Port-Vendres de 1974 jusqu'à 1981, constatent une baisse progressive très importante de la valeur de l'indice de diversité (4,11 en 1974, 1,92 en 1981) qui pourrait être due à la pollution du port de Port-Vendres, comparable à celle des certains grands ports méditerranéens, mais aussi à une fluctuation cyclique naturelle. Néanmoins il existe des cas où les différences sont moins nettes. Dans le port de Port-Vendres, l'indice de diversité prend des valeurs élevées, de 3,1 à 4,17, à l'intérieur, et 2,0 vers l'entrée (Belsher, 1977).

Ces résultats sont confirmés par l'analyse de similitude qui permet de séparer trois noyaux différents: a) le premier comprend les stations D et E ; b) le deuxième comprend les stations A et C ; c) le troisième comprend la station B, et se distingue de tous les autres.

Tableau 2

L'indice de diversité dans les stations étudiées.

Diversity index of the sampling stations.

	max	min	moyen
A	4.142	3.234	3.595
B	2.426	0.271	1.482
C	3.785	1.936	2.788
D	4.066	3.103	3.665
E	3.845	2.467	3.171

Remerciements

Nous remercions les chercheurs du Centre National des Recherches Marines, S. Christianidis, R. Psillidou-Giouranovits et K. Pagou qui ont effectué les mesures physiques,

chimiques et biologiques (chl-*a*), respectivement, durant la campagne océanographique du Centre National des Recherches Marines en 1991. Nous tenons à remercier aussi C. F. Boudouresque pour ses remarques constructives durant ce travail et M. Verlaque pour les corrections apportées à la systématique.

RÉFÉRENCES

- Akrivos I.** (1991). Les activités agricoles et le golfe de Maliakos. *In* : Le golfe Maliakos est notre vie. 2^e Congrès de N.E.L.E. de Fthiotida, 110-118.
- Athanassiadis A.** (1987). A survey of the seaweeds of the Aegean Sea with Taxonomic studies on species of the Tribe Antithamnicae (Rhodophyta). PhD Thesis, Univ. of Gothenburg, 174 p.
- Braun-Blanquet J.** (1932). Plant sociology. The study of plant communities. Hafner, edit., New York : i-xviii, 439 p.
- Belsher T.** (1977). Analyse des répercussions de pollutions urbaines sur le macrophytobenthos de Méditerranée (Marseille, Port-Vendres, Port-Cros). Thèse de 3^e cycle, Univ. Aix-Marseille II, Fr. 287 p.
- Borowitzka M.A.** (1972). Intertidal algal species diversity and the effect of pollution. *Aust. J. mar. Freshwat. Res.* **23**, 73-84.
- Bory de Saint Vincent M.** (1832). Expédition scientifique de Morée. *P. Botanique* **3**, 2. Paris.
- Bory de Saint Vincent M.** (1838). Nouvelle flore de Peloponèse et des Cyclades. Paris.
- Boudouresque C.F.** (1971). Méthodes d'étude qualitative et quantitative du benthos (en particulier du phytobenthos). *Tethys* **3**, 79-104.
- Boudouresque C.F., T. Belsher** (1979). Le peuplement algal du port de Port-Vendres : recherches sur l'aire minimale qualitative. *Cah. Biol. mar. Fr.* **20**, 259-269.
- Bray J.R., J.T. Curtis** (1957). An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecol. Monogr.* **27**, 325-349.
- Candargy P.** (1889). La végétation de l'île de Lesbos (Mytilène). Thèse, Univ. de Paris.
- C.N.R.M.** (1992). Étude environnementale du golfe Nord Euvokos. Ed. Dr. E. Papatianassiou, 243 p.
- Cormaci M., G. Furnari** (1991). Phytobenthic communities as monitor of the environmental conditions of the Brindisi coast-line. *Oebalia*, vol. xvii-1 suppl. 177-198.
- De Toni J.B.** (1901). Alghe raccolte al Capo Sounio dal Dott. Achille Forti nell'autunno 1900. *Atti Accad. Pont. N. Linc.* **54**, 79-82.
- Dhont F., E. Coppejans** (1977). Résultats d'une étude d'aire minimale de peuplements algaux photophiles sur substrat rocheux à Port-Cros et à Banyuls (France). *Rapp. P. V. Réunions Comm. intern. Explor. sci. Mer Médit.*, Monaco, **24**, 4, 141-142.
- Diannelidis Th.** (1935). Algues marines du Golfe de Pagassai. *Actes de l'Académie d'Athènes* **10**, 249-254.
- Diannelidis Th.** (1948). Sur la flore marine du Golfe de Pagassai (2nd commun.). *Actes Inst. Hellen. Hydrobiol.* **1**, 89-102.
- Diannelidis Th.** (1953). Contribution à la connaissance des algues marines des Sporades du Nord (Cyanophyceae, Chlorophyceae, Fuco-phyceae, Rhodophyceae). *Actes Inst. Hellen. Hydrobiol.* **6**, 2, 41-84.
- Diapoulis A.** (1983). Etude qualitative et quantitative du phytobenthos du golfe Saronikos. *Thèse de Doct., Univ. de Thessaloniki*, 171 p.
- Diapoulis A., S. Haritonidis** (1987). A qualitative and quantitative study of the marine algae in the Saronikos Gulf (Greece). *Marine Ecology* **8**, 2, 175-189.
- Field J.G., K.R. Clarke, R.M. Warwick** (1982). A practical strategy for analysing multispecies distribution patterns. *Mar. Ecol. Prog. ser.* **8**, 37-52.
- Frontier S.** (1983). Stratégies d'échantillonnage en Écologie. Collection Ecologie, 17, Masson édit., Paris, 494 p.
- Gallardo T., A. Gomez-Garreta, M.A. Ribera, M. Cormaci, G. Furnari, G. Giaccone, C.F. Boudouresque** (1993). Check-list of Mediterranean Seaweeds. II. Chlorophyceae Wille s. l. *Bot. Mar.* vol. **36**, 399-421.
- Ghirardelli E., S. Pignatti** (1968). Consequences de la pollution sur les peuplements du « Vallone di Muggia » près de Trieste. *Rev. intern. Oceanogr. méd.* **10**, 111-122.
- Giaccone G.** (1968a). Specie nuove e interessanti di Rhodophyceae raccolte nel bacino orientale del Mediterraneo. *Giorn. Bot. Ital.* **102**, 397-414.
- Giaccone G.** (1968b). Raccolte di Fitobenthos Nel Mediterraneo Orientale. *Giorn. Bot. Ital.* **102**, 3, 217-228.
- Giaccone G.** (1968c). Contributo allo studio fitosociologico dei popolamenti algali del Mediterraneo Orientale. *Giorn. Bot. Ital.* **102**, 6, 485-506.
- Haritonidis S.** (1978). Contribution à l'étude des peuplements des macrophytes benthiques (Chlorophyceae, Fucophyceae et Rhodophyceae) du golfe Thermaikos. Thèse de Doct., Univ. de Thessaloniki: 173 p.
- Katsikopoulos J.** (1939). Algues marines d'Alexandroupolis. *Actes Inst. Bot. Univ. Athènes*, **1**, 201-204.
- Kilikidis S., A. Kamarianos, G. Fotis, X. Batzios, X. Karamanlis, T. Koussouris, M. Karteris, T. Akriotis, M. Vogiatzis, O. Gianakou, I. Gytas** (1993). Wetland of Sperchios delta (Prefecture of Fthiotida). Evaluation and exploration of the wetland potential to be included in the European Community network for the specially protected areas. 3d congress of Environmental Science and Technology. Lesbos, 629-642.
- Lazaridou E.** (1993). Etude systématique, bionomique et écologique du phytobenthos marin de l'île de Milos (Cyclades). Thèse de Doct., Univ. de Thessaloniki: 274 p.
- Littler M.M., S.N. Murray** (1975). Impact of sewage on the Distribution, Abundance and Community Structure on Rocky Intertidal Micro-organisms. *Marine Biology* **30**, 277-291.
- Marcot-Coqueugnot J., C.F. Boudouresque, M. Knoepffler** (1983). Le phytobenthos de la frange infralittoral dans le port de Port-Vendres (Pyrénées-Orientales, France) : Première partie. *Vie et Milieu* **33**, 3/4, 161-169.
- Molinier R.** (1960). Étude des biocénoses marines du Cap-Corse. *Vegetatio* **9**, 3-5, 121-192 et 217-312.
- Pearson T.H., R. Rosenberg** (1978). Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* **16**, 229-311.
- Peres J.M., J. Picard** (1964). Nouveau manuel de bionomie benthique de la Mer Méditerranée. *Rec. Trav. Stn. mar. Endoume* **31**, 47, 1-137.
- Perret-Boudouresque M., H. Seridi** (1989). Inventaire des algues marines benthiques d'Algérie. GIS Posidonie, 115 p.

Politis J. (1925). Algues marines de la Peninsule d'Athos. *Ann. Fac. Sci. Univ. Athènes*, **1**, 1-15.

Politis J. (1930a). Sur la flore marine d'Attique. *Bull. Comm. Thalass. Hell.* 131-136.

Politis J. (1930b). Plantes marines de la Grèce. *Rapp. Comm. int. Mer Medit.*, Paris **5**, 195-205.

Politis J. (1932). Sur la flore marine de l'île de la Crète. *Actes de l'Académie d'Athènes*, **2**, n.3.

Politis J. (1937). Contribution à l'étude de la flore marine des Cyclades. *Ann. de l'Académie d'Athènes*, **6**, 1, 1-35.

Reinhold T.H. (1898). Meeresalgen von der Insel Rhodos gesammelt von I. Nemetz. *Hedwigia* **37**.

Ribera M.A., A. Gomez-Garreta, T. Gallardo, M. Cormaci, G. Furnari, G. Giaccone (1992). Check-list of Mediterranean Seaweeds. I. Fucophyceae (Warming). *Bot. Mar.* **35**, 109-130.
