Contribution aux études des biocoenoses subtidales

HELENA GAMULIN-BRIDA, GIUSEPPE GIACCONE et STJEPKO GOLUBIĆ

*Institut de Biologie de l'Université de Zagreb, Yougoslavie,
Institut de Botanique, Palermo, Italie,*

et

Department of Biology, Yale University, New Haven, U.S.A.

ABSTRACT: Contribution to investigations in subtidal biocoenoses. Pollution of sea water in subtidal biotopes is a very important ecologic factor. It opens up new perspectives in studies concerned with the laws of general ecology as well as applied ecology; it has grown into a problem of increasing importance in all areas of tourism and recreation. Although studies of pollution effects on marine biocoenoses are still in their initial phase, they demonstrate the possibility of establishing the degree of pollution and its biological effects on the basis of qualitative and quantitative investigations of benthic fauna and flora. Experience in this field is still quite scant in comparison to that gained about systems of biologic indications in fresh waters, which have been the subject of numerous studies for years. We are well aware that to approach the problem on the level of biocoenoses implies a great many complex difficulties, yet we consider the study of biocoenoses a suitable basis for obtaining better insights into the equally complex effects of polluted waters, which lead to disturbances of the natural balance. The number of species which respond to slight changes in the chemistry of sea water and hence could be used as direct indicators ("Leitformen") is very small. Quantitative changes in individual species due to pollution and shifting of the equilibrium within biocoenoses could serve as sensitive indications of the influence of waste waters. Generally, marine biocoenoses react to the inflow of waste according to the basic ecologic law for extreme biotopes: reduction in the number of species in conjunction with increase in the number of individuals. In special cases some specific characteristics may occur.

INTRODUCTION

L'étude des biocoenoses benthiques du bassin de l'Adriatique moyenne (GAMULIN-BRIDA 1962, 1965a) a permis d'établir l'existence de deux entités écologiques bien marquées qui influent de façon notable sur la structure et la distribution des biocoenoses: la zone côtière soumise à l'influence très forte du continent et des eaux continentales, et la zone de la haute mer. ERCEGOVIĆ (1964), en ce qui concerne la répartition horizontale de la végétation des Algues en Adriatique, distingue la végétation des Algues des eaux extérieures et des eaux côtières en analysant en détails ce phénomène et ses causes. Dans la zone des eaux pures extérieures les peuplements coralligènes, ainsi que la végétation des Algues en général, et surtout des Corallinaceae, sont beaucoup mieux développés que dans la zone côtière; entre autres causes interviennent les différences de régime thermohalin et les courants: ERCEGOVIĆ (1964) a

constaté l'influence de la sédimentation, notablement plus forte et plus rapide dans les eaux côtières que dans la zone de la haute mer.

Dans la zone côtière, dans les ports plus importants (Split, Šibenik etc.) entre aussi en ligne de compte le facteur «pollution des eaux marines». Ce facteur a été étudié à part, en ce qui concerne la végétation des Algues dans la région de l'Adriatique septentrionale près de Rovinj (GOLUBIĆ, sous presse).

L'expérience que nous avons acquise au cours de nos recherches sur les biocoenoses benthiques et l'action des eaux polluées en Adriatique, nous l'avons utilisée dans notre étude sur les conditions biocoenotiques en mer Tyrrhénienne, près de Naples. Cette communication se rapporte principalement à ces récentes recherches.

Au cours de nos recherches sur les biocoenoses benthiques dans le Golfe de Naples (GAMULIN-BRIDA 1965b) et aux alentours de Palermo (GIACCONE 1965), nous avons constaté dans une partie de ces régions l'influence notable des eaux polluées sur les peuplements benthiques. La vaste région du Golfe de Naples, entre autres, englobe des biotopes qui se ressemblent et ne se différencient guère que par le degré de pollution des eaux. Le but de nos recherches était d'étudier ces différences entre les peuplements benthiques, dues à l'influence du facteur de la pollution des eaux. Dans le cas qui nous occupe il s'agit surtout de la pollution de l'eau par les canalisations de la ville (les localités explorées sont loin du port pour les bateaux de fort tonnage et des versements des résidus des usines).

Le problème de la pollution des eaux marines fait actuellement, l'objet de nombreuses recherches et le thème de congrès scientifiques¹.

Pourtant les recherches biologiques de l'indice de qualité de l'eau de mer n'en sont encore qu'à leur phase initiale comparées aux systèmes d'indication biologique de la qualité des eaux douces qui font, depuis des années, l'objet de nombreuses études.

MÉTHODES

Nous avons employé la méthode phytosociologique de BRAUN-BLANQUET (1951), modifiée par MOLINIER & MOLINIER (1955) et par PERES & PICARD (1958, 1964) pour la bionomie marine. On a exécuté des relevés similaires à ceux de l'Ecole zuricho-montpelliéraine, indiquant les coefficients d'abondance-dominance et de sociabilité. Les prélèvements directs étaient effectués au moyen du scaphandre autonome (diving techniques), le long d'une corde calibrée, en largeur d'un metre. Ainsi la manière de prélèvements sur les surfaces carrées était combinée avec celle de transections.

Une méthode semblable était utilisée dans les études des biocoenoses benthiques de la baie de Porto Paone près de Naples (GAMULIN-BRIDA 1965) et des phytocoenoses marines des alentours de la Sicile (DE LEO & GIACCONE 1964, GIACCONE & SORTINO 1964, GIACCONE 1965). Pendant nos recherches sur les biocoenoses circalittorales de l'Adriatique moyenne (GAMULIN-BRIDA 1962) nous avons procédé à une comparaison

¹ Second International Conference on Water pollution Research, Tokio, 24-28 août 1964; Symposium International des Pollutions marines, Monaco, 31 mars au 4 avril 1964, etc. La Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la Mer Méditerranée comprend un Comité spécial de Microbiologie, de Microchimie et des Pollutions marines.

des résultats obtenus par la méthode statistique de SORESENSEN (1948), originelle et modifiée, avec ceux des méthodes sociologiques pré-citées; on constate la concordance des résultats obtenus par ces méthodes différentes.

EXPOSÉ ANALYTIQUE DES PEUPLEMENTS PROSPECTÉS

Dans la région du Golfe de Naples nous avons tracé deux profils, tous les deux sur le fond d'origine volcanique, de pente relativement douce et de mode modérément exposé aux vagues. Un profil est situé sur la côte externe, sud-occidentale, de l'île de Procida, baignée par des eaux vierges venant du large de la mer Tyrrhénienne; l'autre près du Cap Posillipo dans la partie intérieure, nord-occidentale, du Golfe, soumise aux cours des eaux polluées du port. Les profils contiennent pour la plupart des fonds rocheux, partiellement des graviers et des sables, parcourant aussi les biocoenoses de l'herbier de Posidonies et de la pelouse de Cymodocées, jusqu'à une profondeur d'env. 30 m. Nous avons établi encore une station dans les eaux plus fortement polluées, sur le petit môle de Mergelina, dans la partie plus abritée du Golfe. Une comparaison de la végétation des fonds calcaires, se trouvant dans des eaux polluées à divers degrés, était effectuée dans l'Adriatique nord, aux environs de Rovinj (GOLUBIĆ, in press).

Profil des eaux pures, île de Procida (longueur du profil 90 m, profondeur 0 à 30 m)

Étage supralittoral. La biocoenose de la roche supralittorale est très bien développée et représentée par le même peuplement que sur les côtes calcaires méditerranéennes, sauf les Cyanophycées endolithes qu'on ne trouve pas sur ces roches volcaniques. L'espèce caractéristique, *Littorina (Melaraphe) neritoides* est abondante, surtout dans les petits enfoncements et sur les parties accidentées de la roche; *Ligia italica* est aussi nombreuse. Vers le bas de la roche supralittorale on trouve de petites colonies de *Chthamalus depressus* surtout dans les microlocalités mouillées par l'écoulement des vagues brisées.

Étage médiolittoral. Tout comme les roches supralittorales les roches médiolittorales sont recouvertes par des Cyanophycées épilithes. On peut bien distinguer deux biocoenoses, cependant les petites sphérules noirâtres de l'algue *Rivularia atra* se trouvent, sur cette localité, non seulement dans l'horizon inférieur, mais aussi sur la roche de l'horizon supérieur de l'étage médiolittoral, parmi les nombreux individus de *Chthamalus stellatus*. Tous les autres espèces présentent la répartition classique, connue sur la plupart des côtes de la mer Méditerranée (PERES & PICARD 1964).

Voici le relevé bionomique (Tableaux 1 et 2, Figure 1).

La biocoenose de la roche médiolittorale inférieure, dans cette localité, se distingue, outre par ses espèces caractéristiques, aussi par les amas de *Brachiodontes minimus* et par les petits buissons de *Laurencia papillosa* avec Melobésiées épiphytes. Tous les deux espèces, comme aussi *Pachygrapsus marmoratus*, *Actinia equina* et *Monodonta turbinata* sont fréquentes dans l'horizon superficiel de l'étage infralittoral.

Fig. 1: Peuplements des eaux pures, oligotrophes, le long du profil «Procida». (a) *Rivularia atra*, *Chthamalus stellatus*, *Patella lusitanica*, *Balanus perforatus*, *Brachydontes minimus*, *Laurencia papillosa*, *Cystoseira mediterranea*, *C. abrotanifolia*, *Marthasterias glacialis*, *Jania rubens*, *Arbacia lixula*, *Lithothamnion lenormandii*, *Verongia aerophoba*, *Padina pavonia*. (b) *Dictyopteris membranacea*, *Dictyota dichotoma*, *Paracentrotus lividus*, *Codium bursa*. (c) *Cystoseira discors*, *Sargassum linifolium*, *Cladocora cespitosa*, *Udotea desfontainii*, *Echinaster sepositus*, *Peyssonnelia squamaria*, *Halocynthia papillosa*, *Eunicella cavolini*, *Schizoporella sanguinea*, *Microcosmus sulcatus*, *Sphaerechinus granularis*, *Posidonia oceanica*

Étage infralittoral. Le fond rocheux s'étend jusqu'à 15 m; puis les grandes roches isolées suivent, séparées l'une de l'autre par des canaux de sable. Au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la côte les canaux de sable deviennent plus larges, et les roches émergeant des sédiments sableux plus rares; puis on ne trouve plus que quelques blocs et pierres gisant sur le sable; à partir de 25 m de profondeur la base rocheuse est entièrement ensevelie sous les sédiments sableux, peuplés par l'herbier de Posidonies.

Tableau 1

Horizon supérieur de l'étage médiolittoral

Espèce	Abondance-dominance	Sociabilité
<i>Chthamalus stellatus</i>	4	4
<i>Patella lusitanica</i>	1	2
<i>Mesopora mediterranea</i>		+
<i>Rivularia atra</i>	1	1
<i>Cyanophyceae</i> épilithes		+

Tableau 2
Horizon inférieur de l'étage médiolittoral

Espèce	Abondance- dominance	Sociabilité
<i>Rivularia atra</i>	1	1
<i>Patella aspera</i>		+
<i>Middendorfia caprearum</i>		+
<i>Brachiodontes minimus</i>	4	3
<i>Laurencia papillosa</i>	2	2
<i>Pachygrapsus marmoratus</i>		+
<i>Actinia equina</i>		+
<i>Monodonta turbinata</i>		+

Sur le fond rocheux la biocoenose des algues photophiles est très bien développée. Entre la surface et le fond on peut distinguer plusieurs zones: Zone à *Laurencia papillosa*.

Bien que dans l'étage médiolittoral on trouve quelques buissons de cette Rhodophycée elle ne forme une zone dense qu'au commencement de l'étage infralittoral (limité vers le haut par le niveau inférieur des émergences normales et vers le bas par la limite inférieure des Zostéracées) jusqu'à env. 80 cm de profondeur (Tableau 3):

Tableau 3
Zone à *Laurencia papillosa*

Espèce	Abondance- dominance	Sociabilité
<i>Laurencia papillosa</i>	4	4
<i>Brachiodontes minimus</i>	3	4
<i>Actinia equina</i>	1	1
<i>Monodonta turbinata</i>	1	1
<i>Pachygrapsus marmoratus</i>		+
<i>Patella coerulea</i>		+
<i>Balanus perforatus</i>	2	2

Tandis que dans la zone superficielle à *Laurencia papillosa* on trouve des espèces qui remontent sur les roches médiolittorales et supportent aisement des émergences limitées, la zone suivante à *Cystoseira mediterranea* ne contient que des espèces purement infralittorales (Tableau 4).

Certaines espèces qui étaient abondantes dans la zone superficielle ici, dans la zone à *Cystoseira mediterranea*, se raréfient, par exemple *Laurencia papillosa*, et *Balanus perforatus*, d'autres deviennent plus fréquentes, telles que *Hymeniacidon sanguinea* formant des incrustations (oranges, blanchâtres) sur les roches, et *Jania rubens*, mêlée à d'autres espèces gazonnantes, plus rare en épiphyte. *Cystoseira mediterranea* et *C. abrotanifolia* sont répandues exclusivement dans cette zone, tandis que des espèces telles que *Dictyopteris membranacea*, *Sargassum linifolium*, *Verongia aerophoba*, *Paracentrotus lividus*, *Echinaster sepositus*, commencent ici et deviennent plus abondantes dans les zones suivantes. Il y a des nombreux épibiontes surtout sur les «branches» de deux

Tableau 4

Zone à *Cystoseira mediterranea* (de 0,8 à 2 m)

Espèce	Abondance-dominance	Sociabilité
<i>Cystoseira mediterranea</i>	3	2
<i>Cystoseira abrotanifolia</i>	2	2
<i>Ectocarpus paradoxus</i>	2 e	
<i>Padina pavonia</i>	1	2
<i>Dictyopteris membranacea</i>	1	2
<i>Jania rubens</i>	1	2
<i>Dictyota dichotoma</i>	1	1
<i>Balanus perforatus</i>	1	2
<i>Arbacia lixula</i>	1	2
<i>Marthasterias glacialis</i>	1	1
<i>Hymeniacidon sanguinea</i>	1	1

Cystoseires: *Ectocarpus paradoxus*, diverses *Melobesiae*, *Ophiotrix fragilis*, *Clathrina coriacea*, etc. Ce milieu oligotrophique contient un nombre énorme d'espèces, représentées par une quantité faible des individus: *Patella coerulea*, *Cerithium rupestre*, *C. vulgatum*, *Pisania maculosa*, *Anemonia sulcata*, *Murex trunculus*, *Acanthonyx lunulatus*, *Eriphia spinifrons*, diverses *Pagurides*, *Holothuria tubulosa*, *Amphiroa rigida*, *Colpomenia sinuosa*, *Dictyota linearis*, *Anadyomene stellata* et diverses autres espèces accompagnatrices.

A la profondeur de 2 à 6 m la très forte influence des vagues empêche le développement de la végétation des algues arborescentes; les roches, d'apparence nues, sont cependant partiellement recouvertes par des *Melobesiées* surtout d'une couche violâtre-blanchâtre de *Lithothamnium lenormandi*, et localement par des incrustations d'Eponges, surtout de *Hymeniacidon sanguinea* (Tableau 5):

Tableau 5

Zone à *Lithothamnium lenormandi* (de 2 à 6 m)

Espèce	Abondance-dominance	Sociabilité
<i>Lithothamnium lenormandi</i>	4	3
<i>Hymeniacidon sanguinea</i>	2	2
<i>Verongia aerophoba</i>	2	2
<i>Padina pavonia</i>	1	2
<i>Paracentrotus lividus</i>	2	1
<i>Arbacia lixula</i>		+

Cladocora cespitosa forme ça et là des petites colonies (diamètre env. 5 cm) et plus profondément construit de grands amas (diamètre env. 20—50 cm). *Murex trunculus* rampe sur les roches; *Marthasterias glacialis* et *Ophioderma longicauda* se logent dans les enfoncements des roches; il y a aussi quelques exemplaires de *Codium bursa* et *Dilophus ligulatus*.

Le fond rocheux plus profond est caractérisé par la dominance de *Dictyopteris membranacea* (Tableau 6):

Tableau 6

Zone à *Dictyopteris membranacea* (de 6 à 10 m)

Espèce	Abondance-dominance	Sociabilité
<i>Dictyopteris membranacea</i>	3	2
<i>Dictyota dichotoma</i>	1	2
<i>Cystoseira discors</i> f. <i>tenuiramosa</i>	1	2
<i>Codium bursa</i>	1	2
<i>Codium difforme</i>		+
<i>Sargassum linifolium</i>		+
<i>Paracentrotus lividus</i>	1	1
<i>Arbacia lixula</i>		+
<i>Balanus perforatus</i>	1	1

Sur les colonies de *Balanus perforatus* on trouve le Bryozoaire *Schizoporella sanguinea*, l'Eponge *Timea unistellata* et divers autres épibiontes; *Polysiphonia setigera* est fréquente comme épiphyte sur les autres algues. Les espèces animales, dont quelques-unes sont citées dans les zones à *Cystoseira mediterranea* et à *Lithothamnium lenormandi*, sont présentes dans tout le biotope de la biocoenose des algues photophiles, quoique en quantité très modérée.

Après 10 m de profondeur les sédiments sableux s'accumulent dans les enfoncements, et alors les roches sont séparées par des canaux sableux; la biocoenose des algues photophiles persiste sur la partie éclairée des roches, de blocs et des pierres, tandis que des éléments sciaphiles, précoralligènes et coralligènes s'installent vers la base et sur les parois ombragées des roches; les Posidonies occupent les couches sableuses, stabilisées et suffisamment épaisses et humifiées.

Peuplement des parties rocheuses éclairées (de 10 à 20 m): La lumière change, naturellement, en qualité et en quantité, en fonction de la profondeur; cependant le peuplement des sommets et des autres parties éclairées des roches et des pierres appartient à la biocoenose des algues photophiles, selon PERES & PICARD (1958, 1964), où

Tableau 7

Peuplement des parties éclairées (de 10 à 20 m)

Espèce	Abondance-dominance	Sociabilité
<i>Cystoseira discors</i> f. <i>latiramosa</i>	3	3
<i>Cystoseira discors</i> f. <i>tenuiramosa</i>	1	2
<i>Dictyopteris membranacea</i>	2	2
<i>Sargassum linifolium</i>	2	2
<i>Halopteris filicina</i>	2 c	
<i>Paracentrotus lividus</i>	2	2
<i>Arbacia lixula</i>		+
<i>Verongia aerophoba</i>		+
<i>Balanus perforatus</i>	1	2
<i>Echinaster sepositus</i>	1	1
<i>Marthasterias glacialis</i>		+
<i>Murex trunculus</i>		+

on prend le terme-«photophilie» dans un sens large contenant toute une échelle des espèces quant à leur exigence en regard de la gradation d'éclairement. Sur ces localités relativement éclairées le peuplement animal est le même que dans les zones précédentes – le fait démontrant la continuité de la même biocoenose –; le peuplement algal est semblable à celui de la zone à *Dictyopteris membranacea*, mais l'élément exigeant

Tableau 8

Peuplement des parties rocheuses ombragées (de 10 à 20 m)

Espèce	Abondance-dominance	Sociabilité
(a) Peuplement de l'aspect précoraligène:		
<i>Peyssonnelia squamaria</i>	2	3 e
<i>Peyssonnelia rubra</i>	1	2
<i>Peyssonnelia polymorpha</i>		+
<i>Lithophyllum incrustans</i>	1	2
<i>Codium difforme</i>	1	2
<i>Codium bursa</i>	2	3
<i>Udotea desfontainii</i>	1	3
<i>Halimeda tuna</i>		+
<i>Cladocora cespitosa</i>	2	2
<i>Eunicella cavolini</i>		+
<i>Chondrilla nucula</i>	1	1
<i>Ostrea edulis</i>	1	2
<i>Microcosmus sulcatus</i>	2	3
<i>Botryllus schlosseri</i>	1	1
<i>Halocynthia papillosa</i>	1	1
<i>Schizoporella sanguinea</i>	1	1
<i>Antedon mediterranea</i>		+
<i>Sphaerechinus granularis</i>		+
(b) Peuplement des endroits bien ombragés:		
<i>Pseudolithophyllum expansum</i> f. <i>stictaeformis</i>	1	2
<i>Pseudolithophyllum expansum</i> f. <i>genuina</i>		+
<i>Lithothamnium philippii</i>	1	2
<i>Hacelia attenuata</i>	1	1
<i>Verongia cavernicola</i>	1	1
<i>Chondrosia reniformis</i>	2	3
<i>Petrosia ficiformis</i>	1	1
<i>Crambe crambe</i>		+
<i>Axinella damicornis</i>		+
<i>Cliona viridis</i>		+
<i>Oscarella lobularis</i>		+
<i>Lissa chiragra</i>		+
<i>Dromia vulgaris</i> avec <i>Didemnum maculosum</i>		+
<i>Eunicella cavolini</i> avec <i>Microciona</i> sp.		+
<i>Schizoporella sanguinea</i>	2	2
<i>Myriapora truncata</i>		+
<i>Porcella cervicornis</i>		+
<i>Balanophyllia italica</i>		+
<i>Cladocora cespitosa</i>	2	2
<i>Halocynthia papillosa</i>	2	2
<i>Microcosmus sulcatus</i>	2	2
<i>Botryllus schlosseri</i>	2	2
<i>Didemnum maculosum</i>		+
<i>Antedon mediterranea</i>		+
<i>Serpula vermicularis</i>		+

une diminution d'éclairement augmente, par exemple *Sargassum linifolium*; l'espèce dominante est *Cystoseira discors* f. *latiramosa* (Tableau 7).

La macrofaune en épibiose est qualitativement la même que dans les zones précédentes, cependant la quantité de Rissoides et d'Ophiures sur les Cystoseires augmente. Parmi les nombreux épiphytes la Phaeophycée *Halopteris filicina* est la plus abondante; les espèces *Thuretella schousboei*, *Dictyota linearis*, *Cladophora pellucida*, *Polysiphonia tenerrima* et *Polysiphonia flexella* sont aussi fréquentes.

Peuplement des parties rocheuses ombragées (de 10 à 20 m): C'est la biocoenose coralligène qui peuple les parties rocheuses ombragées; cependant l'aspect «précoralligène» prédomine et le coralligène d'horizon inférieur de la roche littorale (PERES & PICARD 1964) n'est développé qu'à la base des roches et sur les parois le plus ombragés (Tableau 8).

Il y a de nombreuses espèces, représentées par quelques individus, partout sur le fond rocheux, par exemple *Murex trunculus*, *Tritonalia erinacea*, *Fusus syracusanus*, *Cerithium vulgatum*, *Haliotis lamellosa*, *Chiton olivaceus*, *Spirographis spallanzanii*. Les épibiontes sont très nombreux surtout sur les récifs morts de *Cladocora cespitosa* (*Cistella cuneata*, *Chama gryphoides*, *Serpula vermicularis*), sur *Microcosmus sulcatus*, sur diverses coquilles ainsi que sur les crabes, tels que *Pisa armata*, *Maia verrucosa* etc.; par exemple, la Synascidie *Didemnum maculosum* sur le dos de *Dromia vulgaris*, les Eponges *Oscarella lobularis* sur les valves d'*Ostrea edulis* et *Microciona gradalis* sur la coquille de *Murex trunculus*. SARA & SIRIBELLI (1960) ont entrepris des études spéciales sur les Eponges de cette région. Comme dans les zones déjà traitées, il y a aussi ici un grand nombre d'espèces, pauvres en individus.

La biocoenose de l'herbier de Posidonies, qui commence dans les canaux sableux, devient luxuriante et très dense sur le vaste biotope sablo-vaseux de 25 à 30 m de profondeur.

Dans tous les biotopes de ce profil prospecté nous avons rencontré aussi des poissons, à espèces variées, mais représentées par des individus peu nombreux.

Profil des eaux modérément polluées, eutrophes, Cap de Posillipo (longueur du profil 100 m, profondeur 0 à 20 m)

Pour éviter les répétitions nous n'exposerons ici que les différences entre les deux profils prospectés.

Une différence évidente se voit dans la biocoenose de la roche médiolittorale supérieure: le peuplement du Cirripède *Chthamalus stellatus* est moins abondant et partiellement remplacé par l'Algue *Chaetomorpha tortuosa*; *Rivularia atra* ne se trouve que dans la biocoenose de la roche médiolittorale inférieure, en quantité très faible (Fig. 2).

Au lieu de colonies de *Brachiodontes minimus*, sur le profil de Cap Posillipo, on trouve des populations denses de *Mytilus galloprovincialis*, dans la biocoenose de la roche médiolittorale inférieure ainsi que dans l'horizon superficiel de l'étage infralittoral. Dans le biotope des algues photophiles on ne trouve pas les zones à *Laurencia pa-*

Fig. 2: Peuplements des eaux légèrement polluées, eutrophes, le long du profil «Posillipo». (a) *Chthamalus stellatus*, *Chaetomorpha tortuosa*, *Mytilus galloprovincialis*, *Ulva lactuca*, *Patella aspera*, *Pterocladia capillacea*, *Balanus perforatus*, *Dictyopteris membranacea*, *Aplysia fasciata*, *Peyssonnelia squamaria*, *Codium tomentosum*, *Colpomenia sinuosa*, *Ophioderma longicauda*. (b) *Gracillaria confervoides*, *Paracentrotus lividus*, *Microcosmus sulcatus*, *Schizoporella sanguinea*, *Sphaerechinus granularis*, *Pagurides*, *Cystoseira discors*. (c) *Codium elongatum*, *Cymodocea nodosa*, *Caulerpa prolifera*, *Cerianthus membranaceus*, *Spirographis spallanzanii*, *Astropecten aurantiacus*, *Posidonia oceanica*

pillosa ni à *Cystoseira mediterranea*, lesquelles sont remplacées par une abondante végétation moins riche en espèces: *Ulva lactuca* et *Pterocladia capillacea* prédominent, *Aplysia fasciata*, *A. depilans* et *Balanus perforatus* parmi les animaux. Il y a beaucoup de grands exemplaires d'*Aplysia fasciata* qui se couchent parmi les Ulves. *Patella aspera* et *Ophioderma longicauda*, sont beaucoup plus nombreuses que sur le profil de l'île de Procida; il y a aussi *Codium tomentosum* et *Colpomenia sinuosa* aux bords des rochers, et vers la base, dans les parties ombragées, *Peyssonnelia squamaria*. *Dictyopteris membranacea* est très répandue le long du profil du Cap Posillipo, quoique cette Algue ne forme pas ici une zone distincte comme sur le profil de l'île de Procida (Tableau 9).

Sur les roches profondes de 3 à 6 m les espèces dominantes sont *Hypnea musciformis*, indicatrice des eaux polluées, et *Dictyopteris membranacea*, Phaeophycée généralement très répandue dans le Golfe de Naples, indiquant une diminution de l'éclairement et, peut-être, la présence des eaux plus ou moins souillées (d'après PÉRÈS & PICARD 1958).

Après 8 m de profondeur les roches sont séparées par des canaux sableux et

Tableau 9
 Profil Posillipo (étage médiolittoral: a, b; étage infralittoral: c, d, e)

Espèce	Abondance- dominance	Sociabilité
(a) Biocoenose de la roche médiolittorale supérieure:		
<i>Chthamalus stellatus</i>		+
<i>Chaetomorpha tortuosa</i>		+
<i>Patella lusitanica</i>	1	1
<i>Mesospora mediterranea</i>		+
<i>Cyanophyceae</i> épilithes		+
(b) Biocoenose de la roche médiolittorale inférieure:		
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	4	4
<i>Balanus perforatus</i>	2	2
<i>Middendorfia caprearum</i>		+
<i>Ulva lactuca</i>		+
<i>Pterocladia capillacea</i>		+
<i>Patella aspera</i>		+
(c) Biocoenose des algues photophiles (de 30 à 100 cm):		
<i>Balanus perforatus</i>	4	4
<i>Monodonta turbinata</i>		+
<i>Patella aspera</i>	1	1
<i>Patella coerulea</i>	1	1
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	2	3
<i>Ulva lactuca</i>	2	3
<i>Pterocladia capillacea</i>	3	3
<i>Dictyopteris membranacea</i>	2	3
(d) Au centre des roches (de 1 à 3 m):		
<i>Ulva lactuca</i>	4	5
<i>Codium tomentosum</i>	1	1
<i>Colpomenia sinuosa</i>	1	2
(e) Au bord des roches:		
<i>Dictyopteris membranacea</i>	2	3
<i>Aplysia fasciata</i>	1	1
<i>Aplysia depilans</i>		+
<i>Hypnea musciformis</i>		+
<i>Peyssonnelia squamaria</i>		+
<i>Ophioderma longicauda</i>		+

après 10 m de profondeur on trouve des roches et des pierres isolées sur le fond sableux. Localement, dans les profondeurs de 3 à 6 m, ainsi que plus profondément, jusqu'à 12 m, il y a quelques rochers formant des surplombs. Les sommets ainsi que les bords des rochers sont peuplés par les mêmes espèces, citées ci-dessus; il y a aussi quelques exemplaires de *Paracentrotus lividus*.

Sous les surplombs on trouve un peuplement sciaphile de l'aspect précoraligène; la biocoenose coralligène typique n'est pas développée sur ce profil de Cap Posillipo (Tableau 10).

Autour des roches, sur le fond sableux il y a une énorme quantité de Pagurides, dans les diverses coquilles, le plus fréquemment de *Murex trunculus*, portant très souvent des colonies de *Balanus perforatus*, partiellement recouvertes du Bryozoaire *Schizoporella sanguinea*. Sur le sable on trouve aussi quelques exemplaires de *Sphaerechinus*

Tableau 10

Biocoenose sous les surplombs des roches (de 3 à 12 m)

Espèce	Abondance- dominance	Sociabilité
<i>Balanus perforatus</i>	4	4
<i>Udotea desfontaini</i> avec <i>Melobesia</i>	1	1
<i>Peyssonnelia squamaria</i>	2	3
<i>Peyssonnelia polymorpha</i>	1	2
<i>Lithothamnion philippi</i>	1	2
<i>L. lenormandii</i>	1	2
<i>Schizoporella sanguinea</i>	3	3
<i>Didemnum macullosum</i>	2	2
<i>Ectyon oroides</i>		+
<i>Zanardinia collaris</i>	1	2
<i>Bornetia secundiflora</i>		+
<i>Cerithium vulgatum</i>	1	1
<i>Paracentrotus lividus</i>	2	1
<i>Ophioderma longicauda</i>	1	1
<i>Styela plicata</i>		+
<i>Microcosmus sulcatus</i>	1	1

granularis et de nombreuses *Holothuria tubulosa* et *H. polii*. Sur tout le biotope, jusqu'à 14 m de profondeur il y a des pierres gisant çà et là sur le sable, portant des Algues, *Gracillaria confervoides*, *Dictyopteris membranacea* et *Ulva lactuca*, ainsi que quelques individus de *Paracentrotus lividus*, *Microcosmus sulcatus*, des colonies de *Balanus perforatus* et des incrustations de *Schizoporella sanguinea*. Sur le sédiment sableux fixé sur les roches par les Algues s'installe le peuplement de la pelouse à *Cymodocea nodosa* et *Caulerpa prolifera*, auparavant rare, devenant plus dense sur les couches sableuses plus vastes et plus épaisses. Parmi les Cymodocées, comme aussi dans le sable vide, *Cerianthus membranaceus* et *Astropecten aurantiacus* sont fréquents, et, sur les pierres, *Spirographis spallanzanii*, *Codium elongatum*, *Dictyopteris membranacea* et *Ulva lactuca*.

Commençant à 14 m de profondeur, sur les sédiments sableux bien stabilisés et suffisamment humifiés, s'installe la biocoenose de l'herbier à Posidonies. Cependant sur ce profil du Cap Posillipo l'herbier à Posidonies n'atteint pas la densité qu'il a dans les eaux pures du profil de l'île de Procida.

Peuplement des eaux plus fortement polluées — môle et jetée des canaux «Mergelina»

Les peuplements des étages supralittoral et médiolittoral sont les mêmes que sur le profil Posillipo; tout l'espace qui correspond à l'infra-littoral supérieur est occupé par des colonies très denses de *Mytilus galloprovincialis* et de *Balanus perforatus* voisinant avec les bryozoaires *Bugula neritina* et *Zoobotryon verticillatum* et l'hydrozoaire *Sertularia abietina*.

Les épiphytes sur les *Mytilus* et les *Balanus* sont des algues connues comme indicatrices des eaux polluées (GIACCONE 1965): *Chaetomorpha tortuosa*, *Ectocarpus*

abreviatus, *Bryopsis disticha*, *Ulva lactuca*, *Hypnea musciformis* et *Callithamnion scopolorum*. Localement, il n'y a qu'une végétation dense de *Ulva lactuca* et *Hypnea musciformis*. Y succèdent des sables et de la vase sans épibiontes visibles; au contraire dans le substrat on trouve des nombreux Polychètes, Nématodes etc., et, surtout, une riche microfaune.

DISCUSSION

Le profil «Procida» dans la région des eaux pures «oligotrophiques» montre des biocoenoses typiquement développées en allant de l'étage supralittoral jusqu'à la fin du profil dans la région de l'herbier à Posidonies. Dans la biocoenose des algues photophiles ressortent des zones caractérisées par la prédominance de certaines espèces. Les eaux oligotrophiques de cette région sont favorables à un grand nombre d'espèces représentées par un petit nombre d'individus (à cause d'un faible taux de sels nutritifs). Le profil «Posillipo» dans la région des eaux légèrement polluées, «eaux eutrophiques», comprend les biocoenoses correspondant à celles du profil «Procida», mais l'équilibre des biocoenoses se déplace: les espèces communes à ces deux profils diffèrent en degré d'abondance, ou, bien, sont remplacées par d'autres espèces. C'est ainsi que dans la biocoenose de la roche médiolittorale inférieure et dans l'horizon supérieur de la biocoenose des algues photophiles on remarque des colonies denses de *Mytilus galloprovincialis* et de *Balanus perforatus*. Dans la biocoenose des algues photophiles, sur le profil «Posillipo», on peut distinguer des zones différentes; des éléments délicats des eaux pures oligotrophiques, tels que *Cystoseira barbata* et *C. mediterranea* disparaissent et font place à des espèces préférant les eaux eutrophiques, telles que *Ulva lactuca*, *Pterocladia capillacea*, *Hypnea musciformis*, *Aplysia fasciata*, *A. depilans*. Les espèces *Ulva lactuca* et *Balanus perforatus* sont représentées par un nombre particulièrement important d'exemplaires. La biocoenose de l'herbier à Posidonies est mieux développée dans la région des eaux pures de l'île de Procida que dans les eaux eutrophiques du Posillipo; l'herbier à Posidonies sur le profil de «Posillipo», est remplacé en partie par un peuplement de Cymodocées, ce qui indique une relation avec d'autres conditions écologiques (sédimentation, courants, transparence de l'eau). Sur le profil de «Procida» se trouvent des éléments coralligènes (surtout ceux d'apect précoraligène), comme *Udotea desfontainii*, *Peyssonnelia squamaria*, *Eunicella cavolini*, et aussi *Axinella damicornis*, *Petrosia ficiformis*, *Peyssonnelia polymorpha* etc., tandis que sur le profil «Posillipo» ne sont présentes qu'en faible quantité certaines Algues précoraligènes, telles que *Peyssonnelia squamaria*; mais ces éléments dépendent, en premier lieu, de l'ombre qui est plus dense sur la coupe «Procida».

A la station «Mergelina», dont les eaux sont plus polluées, augmente encore le nombre des individus des espèces auxquelles ce biotope convient, comme *Mytilus galloprovincialis*, *Balanus perforatus*, *Ulva lactuca* et *Hypnea musciformis*; y apparaissent également d'autres espèces adaptées à de telles conditions, telles que *Bugula neritina*, *Zoobotryon verticillatum*, *Chaetomorpha tortuosa*, *Bryopsis disticha* etc. Les études de BELLAN-SANTINI (1962, 1965) sur les peuplements dans les eaux de divers degré de pollution sont très importantes et démontrent la nécessité de précautions pour l'établissement

d'indicateurs du degré de pollution de l'eau de mer: BELLAN-SANTINI a trouvé les bancs de *Mytilus galloprovincialis* très abondants dans deux milieux très différents: dans les zones d'eau polluée (où la teneur des eaux en particules organiques suffisamment élevée assure la nourriture à la Moule), ainsi que dans les zones d'eau pure de mode agité (l'agitation de l'eau assure la collecte de la nourriture). La station «Mergelina», par son degré de pollution, correspond aux conditions du peuplement de *Mytilus galloprovincialis* en eau moyennement polluée, étudié par BELLAN-SANTINI dans le Golfe de Marseille; localement la pollution à la station «Mergelina» devient plus forte.

Les eaux pures de la Méditerranée, étant donnée la quantité limitée de matières nutritives qui les caractérise – oligotrophie – contiennent une biomasse globale relativement faible. Bien qu' y soient représentées des espèces très nombreuses – qui, vu le nombre minime d'individus, représentent souvent une trouvaille rare – les espèces qui sont douées d'une grande capacité d'utilisation du peu de matières nutritives dont elles disposent, prédominent sur le terrain par un nombre important d'individus (par exemple *Laurentia papillosa*, *Cystoseira mediterranea*, *C. barbata* etc., sur le profil de «Procida»). Il est intéressant de constater que ce sont justement ces espèces – par exemple *Cystoseira barbata* – qui, les plus sensibles à la plus légère pollution (eutrophie), perdant du terrain et cédant la place à d'autres éléments qui jusqu' alors étaient plus faiblement représentés, constituent, associés à ces derniers, des communautés instables, disposées en mosaïque et d'une production notablement accrue (GOLUBIĆ, sous presse).

D'un extrême à l'autre, quand les eaux résiduelles menacent plus gravement la biocoenose, le nombre des espèces de la «mosaïque» diminue jusqu'à ce que seules quelques espèces subsistent et par leur grand nombre d'individus vigoureux réalisent une haute production. Dans une telle situation apparaissent, d'ordinaire, de nouveaux éléments saprophiles et nitrophiles qui finissent par subsister seuls, comme par exemple la végétation d'*Ulva* – *Hypnea*. Allant de ce degré vers la pollution augmentée, le nombre d'individus ainsi que la production totale diminue; la biocoenose autonome fait place aux communautés de bactéries hétérotrophes.

Les végétations de Cyanophycées et de sulfo-bactéries, que GOLUBIĆ (1960, et sous presse) a étudiées en Adriatique près de Rovinj, représentent une transition entre les biocoenoses complètes et autonomes des eaux marines normales et les communautés dégradées d'eaux marines extrêmement polluées. Quant à la détermination du degré de la pollution des milieux marins les recherches pédologiques de DUFOR, GALLIANO & MOLINIER (1960), se basant sur la teneur de l'hydrogène sulfuré et les sulfures dans le sol, sont très significatives. Du point de vue de la santé de l'homme, de l'hygiène et de la thalassothérapie les recherches sur les diverses formes de pollution des eaux marines sont indispensables et urgentes.

RESUMÉ

1. Le nombre des espèces sténiques réagissant à la plus légère modification du chimisme marin et qui, comme telles, représentent des indicateurs directs – «leitformen» – de la qualité de l'eau de mer, est très faible dans le macrobenthos; dans ce domaine

les recherches microbiologiques et pédologiques apportent une importante contribution.

2. Le passage du biotope oligotrophique au biotope eutrophique a pour conséquences, soit quantitatives, soit qualitatives, soit l'une et l'autre, des changements dans la composition de la biocoenose. L'équilibre de la biocoenose se déplaçant, d'autres espèces deviennent prédominantes. Les indicateurs des eaux oligotrophiques comme *Cystoseira barbata*, sont remplacés par les indicateurs des eaux eutrophiques, tels que *Ulva lactuca*, *Aplysia fasciata*.
3. Les changements quantitatifs (variations du degré d'abondance des espèces) et, en relation avec ceux-ci, le déplacement de l'équilibre de la biocoenose, peuvent servir d'indicateur du degré de pollution de l'eau de mer.
4. La pollution par les eaux résiduelles des biotopes subtidaux est un facteur important, non seulement pour l'étude des lois écologiques générales, mais elle pose aussi un problème de plus en plus pressant des points de vue sanitaire et hygiénique.

Nous adressons ici nos remerciements à la Station Zoologique de Naples qui nous a offert la possibilité de travailler à l'aide d'appareils modernes tant au laboratoire qu'en mer.

LITTÉRATURE CITÉE

- BELLAN-SANTINI, D., 1962. Etude floristique et faunistique de quelques peuplements infralittoraux de substrat rocheux. *Recl Trav. Stn mar. Endoume* **26** (41), 237-298.
- 1965. Etude quantitative du peuplement à *Mytilus galloprovincialis* LAMARCK en eau moyennement polluée. *Rapp. P.-v. Réun. Commn int. Explor. scient. Mer Méditerran* **18**, 85-89.
- BRUN-BLANQUET, J., 1951. Pflanzensoziologie. 2. Aufl. Springer, Wien, 631 pp.
- DUFOR, M., GALLIANO, J. & MOLINIER, R., 1960. Sur l'activité des bactéries sulfato-réductrices dans les sols marins superficiels de la Baie du Brusc (Var). *Rapp. P.-v. Réun. Commn int. Explor. scient. Mer Méditerran* **16**, 433-437.
- ERCEGOVIĆ, A., 1964. Division verticale et horizontale de la végétation des algues adriatiques et ses facteurs. *Acta adriat.* **19** (9), 75-84.
- GAMULIN-BRIDA, H., 1962. Biocoenoses du littoral plus profond (circallittoral) dans les canaux de l'Adriatique moyenne. *Acta adriat.* **9** (7), 1-196.
- 1965a. Biocoenose des fonds vaseux au large de l'Adriatique moyenne. *Acta adriat.* **10** (10), 1-27.
- 1965b. Contribution aux recherches sur la bionomie benthique de la baie de Porto Paone (Naples, Italie). *Pubbl. Staz. zool. Napoli*, **34**, 475-499.
- GIACCONE, G., 1965. Le fitocenosi marine nel settore rosso di Capo Zafferano (Palermo). *Lav. R. Ist. bot. Palermo* **22**, 1-69.
- & SORTINO, M., 1964. Flora e vegetazione algale di Isola delle Femmine. *Lav. R. Ist. bot. Palermo* **21**, 140-164.
- GOLUBIC, S., 1960. Über die Blaualgenvegetation in den nordadriatischen Häfen Jugoslawiens. *Thalassia jugosl.* **2**, 5-36.
- 1967. Die Verteilung der Algenvegetation in der Umgebung von Rovinj (Istrien) unter dem Einfluß häuslicher und industrieller Abwässer. *Mitt. bayer. biol. VersAnst., München* (in press).
- LEO, A. DE & GIACCONE, G., 1964. Flora et vegetazione algale del Golfo di Palermo. *Lav. R. Ist. bot. Palermo* **21**, 89-120.
- MOLINIER, R. & MOLINIER, R., 1955. Eléments de bionomie marine et de phytosociologie aux Iles Sanguinières (Corse). *Revue gén. Bot.* **62**, 675-682.

- PERES, J. M. & PICARD, J., 1958. Manuel de bionomie benthique de la Mer Méditerranée. *Recl Trav. Stn mar. Endoume* **23** (14), 1-122.
- — 1964. Nouveau manuel de bionomie benthique de la Mer Méditerranée. *Recl Trav. Stn mar. Endoume* **31** (47), 1-138.
- SARA, M. & SIRIBELLI, L., 1930. La fauna di Poriferi delle «Secche» del Golfo di Napoli. *Annuar. Ist. Mus. Zool. Univ. Napoli* **12** (3), 1-93.
- SORENSEN, T., 1948. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content. *K. danske Vidensk. Selsk. Skr.* **5** (4), 1-34.