



MEDITERRANEAN ACTION PLAN  
MED POL

---

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME



FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS

FINAL REPORTS ON RESEARCH PROJECTS  
(ACTIVITIES H, I AND J)

RAPPORTS FINAUX SUR LES PROJETS DE RECHERCHE  
(ACTIVITES H, I ET J)

MAP Technical Reports Series No. 40

---

UNEP  
Athens, 1990

Note: The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of FAO or UNEP concerning the legal status of any State, Territory, city or area, or of its authorities, or concerning the delimitation of their frontiers of boundaries. The views expressed in the papers of this volume are those of the authors and do not necessarily represent the views of either UNEP or FAO.

Note: Les appellations employées dans ce document et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part de la FAO ou du PNUE aucune prise de position quant au statut juridique des Etats, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites. Les vues exprimées dans les articles de ce volume sont celles de leurs auteurs et ne représentent pas forcément les vues du PNUE, ou de la FAO.

For bibliographic purposes this volume may be cited as:

UNEP/FAO: Final Reports on research projects (Activities H, I and J).  
MAP Technical Reports Series No. 40. UNEP, Athens, 1990.

Pour des fins bibliographiques, citer le présent volume comme suit:

PNUE/FAO: Rapports finaux sur les projets de recherche (Activités H, I et J). MAP Technical Reports Series No. 40. UNEP, Athens, 1990.

This volume is the fortieth issue of the Mediterranean Action Plan Technical Reports Series.

This series contains selected reports resulting from the various activities performed within the framework of the components of the Mediterranean Action Plan: Pollution Monitoring and Research Programme (MED POL), Blue Plan, Priority Actions Programme, Specially Protected Areas and Regional Oil Combating Centre.

Ce volume constitue le quarantième numéro de la série des Rapports techniques du Plan d'action pour la Méditerranée.

Cette série comprend certains rapports élaborés au cours de diverses activités menées dans le cadre des composantes du Plan d'action pour la Méditerranée: Programme de surveillance continue et de recherche en matière de pollution (MED POL), Plan Bleu, Programme d'actions prioritaires, Aires spécialement protégées et Centre régional de lutte contre la pollution par les hydrocarbures.

## INTRODUCTION

The United Nations Environment Programme (UNEP) convened an Intergovernmental Meeting on the Protection of the Mediterranean (Barcelona, 28 January - 4 February 1975), which was attended by representatives of 16 States bordering the Mediterranean Sea. The meeting discussed the various measures necessary for the prevention and control of pollution of the Mediterranean Sea, and concluded by adopting an Action Plan consisting of three substantive components:

- Integrated planning of the development and management of the resources of the Mediterranean Basin (management component);
- Co-ordinated programme for research, monitoring, exchange of information, assessment of the state of pollution and protection measures (assessment component);
- Framework convention and related protocols with their technical annexes for the protection of the Mediterranean environment (legal component).

All components of the Action Plan are inter-dependent and provide a framework for comprehensive action to promote both the protection and the continued development of the Mediterranean ecoregion. No component is an end in itself. The Action Plan is intended to assist the Mediterranean Governments in formulating their national policies related to the continuous development and protection of the Mediterranean area and to improve their ability to identify various options for alternative patterns of development and to make choices for appropriate allocations of resources.

### MED POL - Phase I (1976-1980)

The Co-ordinated Mediterranean Research and Monitoring Programme (MED POL) was approved as the assessment (scientific/technical) component of the Action Plan.

The general objectives of its pilot phase (MED POL - Phase I), which evolved through a series of expert and intergovernmental meetings, were:

- to formulate and carry out a co-ordinated pollution monitoring and research programme taking into account the goals of the Mediterranean Action Plan and the capabilities of the Mediterranean research centres to participate in it;
- to assist national research centres in developing their capabilities to participate in the programme;
- to analyse the sources, amounts, levels, pathways, trends and effects of pollutants relevant to the Mediterranean Sea;

- to provide the scientific/technical information needed by the Governments of the Mediterranean States and the EEC for the negotiation and implementation of the Convention for the Protection of the Mediterranean Sea against Pollution and its related protocols.
- to build up consistent time-series of data on the sources, pathways, levels and effects of pollutants in the Mediterranean Sea and thus to contribute to the scientific knowledge of the Mediterranean Sea. MED POL - Phase I initially consisted of seven pilot projects (MED POL I - VII), which were later expanded by additional six pilot projects (MED POL VIII - XIII), some of which remained in a conceptual stage only.

MED POL - Phase I was implemented in the period from 1975 to 1980. The large number of national research centres designated by their Governments to participate in MED POL (83 research centres from 15 Mediterranean States and the EEC), the diversity of the programme and its geographical coverage, the impressive number of Mediterranean scientists and technicians (about 200) and the number of co-operating agencies and supporting organizations involved in it, qualifies MED POL as certainly one of the largest and most complex co-operative scientific programmes with a specific and well-defined aim ever undertaken in the Mediterranean basin.

The overall co-ordination and guidance for MED POL - Phase I was provided by UNEP, acting as the secretariat of the Mediterranean Action Plan (MAP). Co-operating specialized United Nations Agencies (ECE, UNIDO, FAO, UNESCO, WHO, WMO, IAEA, IOC) were responsible for the technical implementation and day-to-day co-ordination of the work of national research centres participating in the pilot projects.

#### MED POL - Phase II (1981-1990)

The Intergovernmental Review Meeting of Mediterranean Coastal States and First Meeting of the Contracting Parties to the Convention for the Protection of the Mediterranean Sea against Pollution, and its related protocols (Geneva, 5-10 February 1979), having examined the status of MED POL - Phase I, recommended that during the 1979/80 biennium a Long-term pollution monitoring and research programme should be formulated.

Based on the recommendations made at various expert and intergovernmental meetings, a draft Long-term (1981-1990) Programme for Pollution Monitoring and Research in the Mediterranean (MED POL - Phase II) was formulated by the Secretariat of the Barcelona Convention (UNEP), in co-operation with the United Nations Agencies which were responsible for the technical implementation of MED POL - Phase I, and it was formally approved by the Second Meeting of the Contracting Parties of the Mediterranean Sea against pollution and its related protocols and Intergovernmental Review Meeting of Mediterranean Coastal States of the Action Plan held in Cannes, 2-7 March 1981.

The general long-term objectives of MED POL - Phase II were to further the goals of the Barcelona Convention by assisting the Parties to prevent, abate and combat pollution of the Mediterranean Sea Area and to protect and enhance the marine environment of the Area. The specific objectives were designed to provide, on a continuous basis, the Parties to the Barcelona Convention and its related protocols with:

- information required for the implementation of the Convention and the protocols;
- indicators and evaluation of the effectiveness of the pollution prevention measures taken under the Convention and the protocols;
- scientific information which may lead to eventual revisions and amendments of the relevant provisions of the Convention and the protocols and for the formulation of additional protocols;
- information which could be used in formulating environmentally sound national, bilateral and multilateral management decisions essential for the continuous socio-economic development of the Mediterranean region on a sustainable basis;
- periodic assessment of the state of pollution of the Mediterranean Sea.

The monitoring of, and research on, pollutants affecting the Mediterranean marine environment reflects primarily the immediate and long-term requirements of the Barcelona Convention and its protocols, but also takes into account factors needed for the understanding of the relationship between the socio-economic development of the region and the pollution of the Mediterranean Sea.

For this purpose, monitoring was organized on several levels:

- monitoring of sources of pollution providing information on the type and amount of pollutants released directly into the environment;
- monitoring of nearshore areas, including estuaries, under the direct influence of pollutants from identifiable primary (outfalls, discharge and coastal dumping points) or secondary (rivers) sources;
- monitoring of offshore areas (reference areas) providing information on the general trends in the level of pollution in the Mediterranean;
- monitoring of the transport of pollutants to the Mediterranean through the atmosphere, providing additional information on the pollution load reaching the Mediterranean Sea.

Research and study topics included initially in the MED POL - Phase II were:

- development of sampling and analytical techniques for monitoring the sources and levels of pollutants. Testing and harmonization of these methods at the Mediterranean scale and their formulation as reference methods. Priority will be given to the substance listed in the annexes of the Protocol for the prevention of pollution of the Mediterranean Sea by dumping from ship and aircraft and the Protocol for the protection of the Mediterranean Sea against pollution from land-based sources (activity A);
- development of reporting formats required according to the Dumping, Emergency and Land-Based Sources Protocols (activity B);
- formulation of the scientific rationale for the environmental quality criteria to be used in the development of emission standards, standards of use or guidelines for substances listed in annexes I and II of the Land-Based Sources Protocol in accordance with Articles 5, 6 and 7 of that Protocol (activity C);
- epidemiological studies related to the confirmation (or eventual revision) of the proposed environmental quality criteria (standards of use) for bathing waters, shellfish-growing waters and edible marine organisms (activity D);
- development of proposals for guidelines and criteria governing the application of the Land-Based Sources Protocol, as requested in Article 7 of that Protocol (activity E);
- research on oceanographic processes, with particular emphasis on surface circulation and vertical transport. Needed for the understanding of the distribution of pollutants through the Mediterranean and for the development of contingency plans for cases of emergency (activity F);
- research on the toxicity, persistence, bioaccumulation, carcinogenicity and mutagenicity of selected substances listed in annexes of the Land-Based Sources Protocol and the Dumping Protocol (activity G);
- research on eutrophication and concomitant plankton blooms. Needed to assess the feasibility of alleviating the consequences and damage from such recurring blooms (activity H);
- study of ecosystem modifications in areas influenced by pollutants, and in areas where ecosystem modifications are caused by large-scale coastal or inland engineering activity (activity I);
- effects of thermal discharges on marine and coastal ecosystems, including the study of associated effects (activity J);
- biogeochemical cycle of specific pollutants, particularly those relevant to human health (mercury, lead, survival of pathogens in the Mediterranean Sea, etc.) (activity K);

- study of pollutant-transfer processes (i) at river/sea and air/sea interface, (ii) by sedimentation and (iii) through the straits linking the Mediterranean with other seas (activity L);

As in MED POL - Phase I, the overall co-ordination and guidance for MED POL - Phase II is provided by UNEP as the secretariat of the Mediterranean Action Plan (MAP). Co-operating specialized United Nations Agencies (FAO, UNESCO, WHO, WMO, IAEA, IOC) are responsible for the technical implementation and day-to-day co-ordination of the work of national centres participating in monitoring and research.

The present volume includes final reports on research projects implemented under Activities H, I and J. Final editing and compilation of this volume was done by Mr. G.P. Gabrielides, FAO Senior Fishery Officer (Marine Pollution) while Ms V. Papapanagiotou, FAO Secretary, was responsible for the typing.



## INTRODUCTION

Le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) a convoqué une réunion intergouvernementale sur la protection de la Méditerranée (Barcelone, 28 janvier - 4 février 1975) à laquelle ont pris part des représentants de 16 Etats riverains de la mer Méditerranée. La réunion a examiné les diverses mesures nécessaires à la prévention et à la lutte antipollution en mer Méditerranée, et elle s'est conclue sur l'adoption d'un Plan d'action comportant trois éléments fondamentaux:

- Planification intégrée du développement et de la gestion des ressources du bassin méditerranéen (élément "gestion");
- Programme coordonné de surveillance continue, de recherche, d'échange de renseignements et d'évaluation de l'état de la pollution et des mesures de protection (élément "évaluation");
- Convention cadre et protocoles y relatifs avec leurs annexes techniques pour la protection du milieu méditerranéen (élément juridique).

Tous les éléments du Plan d'action étaient interdépendants et fournissaient le cadre d'une action d'ensemble en vue de promouvoir, tant la protection que le développement continu de l'écorégion méditerranéenne. Aucun élément ne constituait une fin à lui seul. Le Plan d'action était destiné à aider les gouvernements méditerranéens à formuler leurs politiques nationales en matière de développement continu et de protection de zone de la Méditerranée et à accroître leur faculté d'identifier les diverses options s'offrant pour les schémas de développement, d'arrêter leurs choix et d'y affecter les ressources appropriées.

### MED POL - Phase I (1976 - 1980)

Le programme coordonné de surveillance continue et de recherche en matière de pollution de la Méditerranée (MED POL) a été approuvé au titre de l'élément "évaluation" (scientifique/technique) du Plan d'action.

Sa phase pilote (MED POL - Phase I) avait les objectifs généraux ci-dessous, élaborés au cours d'une série de réunions d'experts et de réunions intergouvernementales:

- formuler et exécuter un programme coordonné de surveillance continue et de recherche en matière de pollution en tenant compte des buts du Plan d'action pour la Méditerranée et de l'aptitude des centres de recherche méditerranéens à y participer;
- aider les centres de recherche nationaux à se rendre plus aptes à cette participation;

- étudier les sources, l'étendue, le degré, les parcours, les tendances et les effets des polluants affectant la mer Méditerranée;
- fournir l'information scientifique et technique nécessaire aux gouvernements des pays méditerranéens et à la Communauté économique européenne pour négocier et mettre en oeuvre la Convention pour la protection de la mer Méditerranée contre la pollution et les protocoles y relatifs;
- constituer des séries chronologiques cohérentes de données sur les sources, les cheminements, les degrés et les effets des polluants de la mer Méditerranée et contribuer par là à la connaissance scientifique de cette mer.

La Phase I du MED POL comportait à l'origine sept projets pilotes (MED POL I - VII) auxquels sont venus ultérieurement s'ajouter six autres (MED POL VIII - XIII) dont certains n'en sont restés qu'au stade de la conception.

La Phase I du MED POL a été mise en oeuvre au cours de la période 1975 - 1980. Le grand nombre de centres de recherche nationaux désignés par leurs gouvernements pour participer au MED POL (83 centres de recherche de 15 Etats méditerranéens et de la CEE), la diversité du programme et sa couverture géographique, l'effectif impressionnant de scientifiques et techniciens méditerranéens (environ 200) ainsi que la quantité d'organismes coopérants et d'organisations d'appui qui y étaient engagés permettent sans conteste de caractériser le MED POL comme l'un des programmes de coopération scientifique les plus vastes et les plus complexes, comportant un objectif spécifique et bien défini, qui ai jamais été entrepris dans le bassin méditerranéen.

La coordination et la direction générales de MED POL - Phase I ont été assurées par le PNUE, faisant fonction de secrétariat du Plan d'action pour la Méditerranée (PAM). Les organismes spécialisés coopérants des Nations Unies (CEE - Commission économique pour l'Europe, ONUDI, FAO, UNESCO, OMS, OMM, AIEA, COI) étaient chargés de l'exécution technique et de la coordination quotidienne des travaux des centres de recherche nationaux participant aux projets pilotes.

#### MED POL - Phase II (1981 - 1990)

La réunion intergouvernementale des Etats riverains de la Méditerranée chargés d'évaluer l'état d'avancement du Plan d'action et première réunion des Parties contractantes à la Convention pour la protection de la mer Méditerranée contre la pollution et aux protocoles y relatifs (Genève, 5-10 février 1979), ayant examiné la situation de la Phase I du MED POL, a recommandé que, durant la période biennale 1979 - 80, soit formulé un programme à long terme de surveillance continue et de recherche en matière de pollution.

Sur la base des recommandations énoncées lors des diverses réunions d'experts et réunions intergouvernementales, un projet de programme à long terme (1981 - 1990) de surveillance continue et de recherche en matière de pollution (MED POL - Phase II) a été formulé par le secrétariat de la Convention de Barcelone (PNUE), en coopération avec les organismes des Nations Unies chargés de l'exécution technique de MED POL - Phase I, et il a été officiellement approuvé lors de la deuxième réunion des Parties contractantes à la Convention pour la protection de la mer Méditerranée contre la pollution et aux Protocoles y relatifs et réunion intergouvernementale des Etats riverains de la mer Méditerranée chargée d'évaluer l'état d'avancement du Plan d'action, qui s'est tenue à Cannes du 2 au 7 mars 1981.

L'objectif général à long terme de la Phase II du MED POL était de concourir à la réalisation des objectifs de la Convention de Barcelone en aidant les Parties contractantes à prévenir, réduire et combattre la pollution dans la zone de la mer Méditerranée ainsi qu'à protéger et améliorer le milieu marin dans cette zone. Les objectifs particuliers étaient de fournir constamment aux Parties contractantes à la Convention de Barcelone et aux Protocoles y relatifs:

- les renseignements dont elles avaient besoin pour appliquer la Convention et les protocoles;
- des indications et une évaluation de l'efficacité des mesures prises pour prévenir la pollution en application de la Convention et des protocoles;
- des renseignements scientifiques qui pourraient servir à réviser et modifier les dispositions pertinentes de la Convention et des protocoles et à rédiger des protocoles additionnels;
- des informations qui pourraient servir à formuler sur les plans national, bilatéral et multilatéral, les décisions de gestion, respectueuses de l'environnement, qui seraient indispensables à la poursuite du développement socio-économique de la région méditerranéenne;
- une évaluation périodique de l'état de pollution de la mer Méditerranée.

La surveillance continue des polluants affectant le milieu marin de la Méditerranée ainsi que la recherche menée à leur sujet répondent en premier lieu aux prescriptions immédiates et à long terme de la Convention de Barcelona et des protocoles y relatifs, mais elles tiennent également compte des facteurs requis pour la compréhension des relations existant entre le développement socio-économique de la région et la pollution de la mer Méditerranée.

A cette fin, la surveillance continue était organisée à plusieurs niveaux:

- surveillance continue des sources de pollution fournissant des renseignements sur la nature et la quantité des polluants directement libérés dans l'environnement;
- surveillance continue des zones situées à proximité du littoral, y compris les estuaires, et qui sont sous l'influence directe de polluants émis par des sources identifiables primaires (émissaires, rejets et sites côtiers d'immersion) ou secondaires (cours d'eau);
- surveillance continue des zones du large (zones de référence) fournissant des renseignements sur les tendances générales du niveau de pollution en Méditerranée;
- surveillance continue du transfert des polluants à la Méditerranée par voie atmosphérique, fournissant des renseignements supplémentaires sur la charge polluante qui atteint la Méditerranée.

Les sujets de recherche et d'étude inclus initialement dans MED POL - Phase II étaient les suivants:

- mise au point de techniques d'échantillonnage et d'analyse pour la surveillance des sources et des niveaux de pollution. Essai et harmonisation de ces méthodes à l'échelle méditerranéenne, et formulation de méthodes de référence. Substances figurant sur les listes de priorité des protocoles sur les opérations d'immersion et sur la pollution d'origine tellurique (activité A);
- mise au point de la présentation type des rapports à soumettre en application des protocoles relatifs à l'immersion, à la pollution résultant de situations critiques et à la pollution d'origine tellurique, (activité B);
- élaboration des fondements scientifiques des critères de qualité de l'environnement qui serviront à définir des normes d'émission, des normes d'usage ou des directives concernant les substances énumérées dans les annexes I et II du protocole relatif à la pollution d'origine tellurique, conformément aux articles 5, 6 et 7 de ce protocole (activité C);
- études épidémiologiques relatives à la confirmation (ou révision éventuelle) des critères de la qualité de l'environnement (normes d'usage) proposés pour les eaux servant à la baignade, à la culture de coquillages et à l'élevage d'autres organismes marins comestibles (activité D);
- mise au point de projets de directives et de critères régissant l'application du protocole relatif à la pollution d'origine tellurique, conformément à l'article 7 de ce protocole (activité E);

- recherches sur les processus océaniques, et particulièrement sur la circulation en surface et les déplacements verticaux. Cette information est nécessaire à la connaissance de la répartition des polluants en Méditerranée et à la mise au point de plans pour parer aux situations critiques (activité F);
- recherches sur la toxicité, la persistance, la bioaccumulation et le caractère cancérigène et mutagène de certaines substances énumérées dans les annexes du protocole relatif à la pollution d'origine tellurique et du protocole relatif aux opérations d'immersion (activité G);
- recherches sur l'eutrophisation et les floraisons de plancton qui l'accompagnent. Cette information est nécessaire pour évaluer la possibilité de prévenir les effets et les dégâts causés par ces floraisons périodiques (activité H);
- étude des modifications de l'écosystème dans les zones soumises à l'influence des polluants et dans celles où ces modifications sont dues à d'importantes activités industrielles sur la côte ou à l'intérieur des terres (activité I);
- effets des pollutions thermiques sur les écosystèmes marins et côtiers, y compris l'étude des effets connexes (activité J);
- cycle biogéochimique de certains polluants intéressant particulièrement la santé (mercure, plomb, survie des organismes pathogènes dans la mer Méditerranée, etc.) (activité K);
- étude des processus de transfert des polluants (i) aux points de contact entre les cours d'eau et la mer et entre l'air et la mer, (ii) par sédimentation et (iii) à travers les détroits qui relient la Méditerranée aux mers voisines (activité L).

Comme lors de la Phase I du MED POL, la coordination et la direction générales de la Phase II étaient assurées par le PNUE, par l'intermédiaire du secrétariat du Plan d'action pour la Méditerranée (PAM). Les organismes spécialisés coopérants des Nations Unies (FAO, UNESCO, OMS, OMM, AIEA, COI) étaient chargés de l'exécution technique et de la coordination quotidienne des travaux des centres de recherche nationaux participant au programme de surveillance continue et de recherche.

Le présent volume comprend les rapports finaux sur les projets de recherche exécutés au titre des activités H, I et J. La préparation, l'édition et la compilation de ce volume ont été assurées par M. G.P. Gabrielides, FAO Fonctionnaire Principal des Pêches (Pollution Marine), et Mlle V. Papapanagiotou, Secrétaire FAO était chargée de la dactylographie.

CONTENTS/TABLE DES MATIERES

	<u>Page</u>
Studies of toxic dinoflagellate species in the inshore waters of the eastern Adriatic coast by Ivona Marasovic	1
Etude de l'impact de la pollution sur le zooplancton du golfe Saronikos (mer Egée, Grèce) par I. Siokou-Frangou, K. Anagnostaki, S. Barbetseas, P. Panayotidis, R. Psyllidou, G. Pappas et N. Symboura	13
Effects of pollution on the distribution of molluscs and polychaetes in Messolonghi lagoon and adjacent areas by A. Nicolaidou, F. Bourgoutzani and A. Zenetos	45
Effects of thermal pollution on the benthic population at Torvaldaliga (Civitavecchia, Rome) by Ester Taramelli Rivosecchi and Carla Chimenz Gusso	63
Relation entre biocoenoses et pollution dans la baie d'Augusta (Sicile Orientale) par I. Di Geronimo	83

STUDIES OF TOXIC DINOFLAGELLATE SPECIES IN THE INSHORE  
WATERS OF THE EASTERN ADRIATIC COAST

by

Ivona MARASOVIC

Institute of Oceanography and Fisheries,  
Split, Yugoslavia

A B S T R A C T

Dinoflagellate blooms have become more and more frequent in the coastal Adriatic waters affected by eutrophication. Since some of the dinoflagellate organisms may be toxic, these blooms are a permanent danger to these areas. It has been attempted to establish which of the toxic species are present in the Adriatic. Five species included in the list of toxic dinoflagellates (Steidinger, 1983) as well as nine suspect toxic species were recorded. The species generating mass blooms in the Adriatic (Prorocentrum minimum and Gonyaulax polyedra) have been studied from the viewpoint of their ecology. The results of these studies as well as the data on their developmental stages are summarised out in this paper.

1. INTRODUCTION

Long term studies of the phytoplankton community in the middle Adriatic have shown that advanced eutrophication has affected considerable changes of this community particularly in coastal waters. Changes in the composition of the phytoplankton community have occurred along with a sudden increase of phytoplankton biomass and intensified primary production (Pucher-Petkovic and Marasovic, 1980; Marasovic et al., 1988; Pucher-Petkovic and Marasovic, 1988; Pucher-Petkovic and Marasovic 1988a).

This, in the first place, applies to the modified relationship between dominant phytoplankton species, as well as to the species originally occurring in defined areas the number of which has been considerably reduced. It has been observed that all these changes have caused dinoflagellates to become increasingly important in the phytoplankton community of the coastal waters. This is particularly true of some characteristic dinoflagellate species among which those of the so called red-tide group are best represented. It has become clear that under certain circumstances this group of organisms can cause serious economical damages (kill of marine fauna) and jeopardize human health through food chains. Toxic organisms may be dangerous if present in a relatively small concentration (not exceeding  $10^3$  cells l<sup>-1</sup>). Under bloom conditions their toxicity may be considerably intensified coming along with the biodegradation processes and anoxia. Toxicity was established for about 20 dinoflagellate species. Thus it was documented that these organisms can produce non-protein toxins causing kills of a number of marine organisms (vertebrates in most), birds and poisoning of shellfish. In addition to these organisms, the toxicity of which has been confirmed, there is a series of suspect toxic species.

To date, no toxic bloom has been recorded from the Adriatic, even though the presence of some toxic and suspect toxic species has been reported.

Since the toxic properties of these species are not permanently felt, but become evident under disturbed environmental conditions (changes in pH values, oxygen concentrations etc.), their presence in the Adriatic is a serious and continuous danger. Therefore, we consider it necessary to study these organisms to contribute to the knowledge of both the species composition in the middle Adriatic area and developmental cycles of dinoflagellate species which are found in large numbers and are characteristic of the area.

## 2. EXPERIMENTAL METHODS

Samplings were done throughout the period of investigation (three years), most intensively in the summer. Samples were taken by Nansen reversing bottles and Hansen plankton net ( $\phi$  50 $\mu$ ). Samples for phytoplankton analyses were preserved in a 2% neutralized formaldehyde solution. Fresh material was observed by an "OLYMPUS" IMP - 2 microscope with a Nomarski Differential Interference Contrast Attachment and preserved samples were observed by "OPTION" inverted microscope.

Laboratory experiments included the observation of encystment and excystment of Gonyaulax polyedra, both in the natural sea water and under alternating environmental conditions.

Standard methods were utilized for the determination of physical and chemical properties of sea water (temperature, salinity, alkalinity, oxygen and nutrients).

## 3. RESULTS OBTAINED

A number of dinoflagellate organisms, included in the list of toxic phytoplankton species (Steidinger, 1983) were recorded from the middle Adriatic area. These are:

Prorocentrum minimum (Fig. 1), Prorocentrum lima (Fig. 2), Dinophysis fortii (Fig. 3), Ostreopsis ovata (Fig. 4).

At the same time, resting cysts of a toxic dinoflagellate species Gonyaulax tamarensis (Fig. 5) were also found in the Kastela bay, with no motile stages.

G. polyedra (Fig. 6) a dinoflagellate, which is a causative organism of very strong and long-lasting summer red tide blooms in the Kastela Bay, belongs also to toxic organisms (Steidinger, 1983), even though its toxicity has never been established with certainty.

In addition, a series of suspect toxic species inhabits the middle Adriatic area:



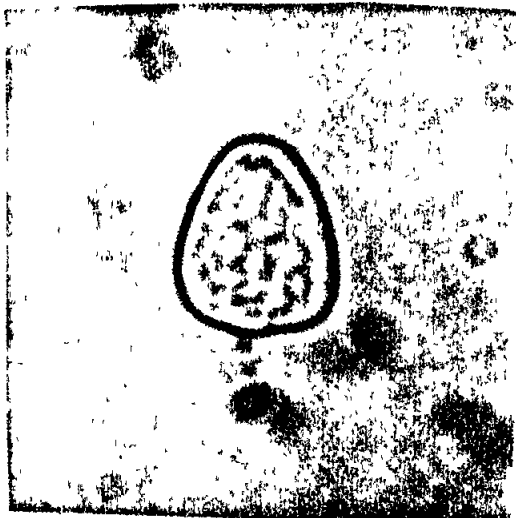


Fig. 1 Prorocentrum minimum



Fig. 2 Prorocentrum lima



Fig. 3 Dinophysis fortii

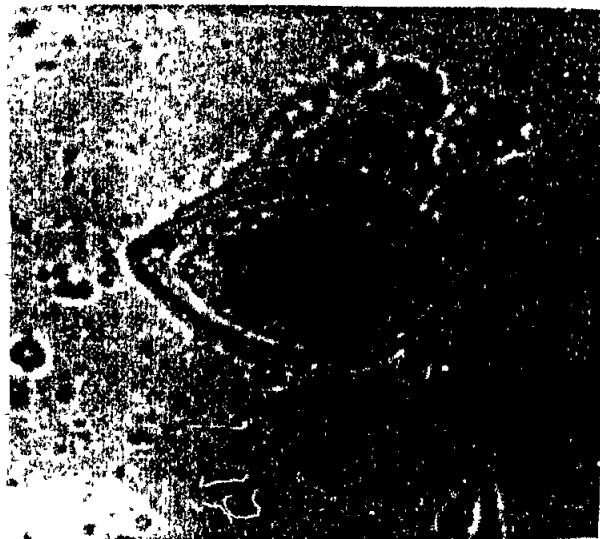


Fig. 4 Ostreopsis ovata

Exuviaella baltica, Glenodinium foliaceum, Gyrodinium spirale, Heterocapsa triquetra, Noctiluca scientilans, Oxyrrhis marina (Fig. 7), Polykrikos schwarzi (Fig. 8), Prorocentrum micans (Fig. 9), Scrippsiella trochoidea (Fig. 10).

Prorocentrum minimum - a dinoflagellate of the family Prorocentridae, known to produce a toxic metabolite venerupin (Okaichi and Imatomi, 1979). Cause of venerupin DSP in man is manifested as sudden gastrointestinal disturbances. It reaches man through the food chain, that is shellfish that accumulate large quantities of P. minimum.



Fig. 5 Cyst of Gonyaulax tamarensis

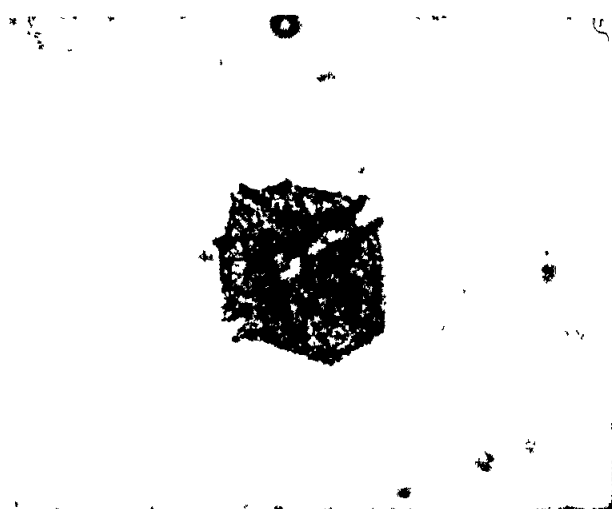


Fig. 6 Gonyaulax polyedra

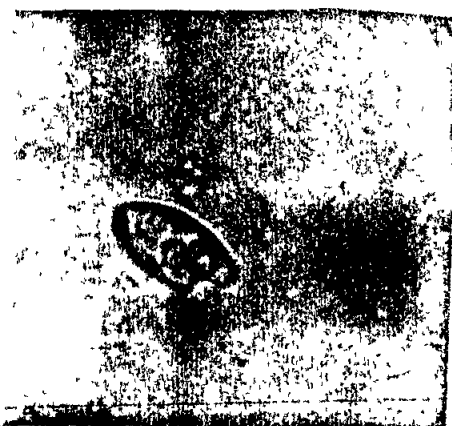


Fig. 7 Oxyrrhis marina

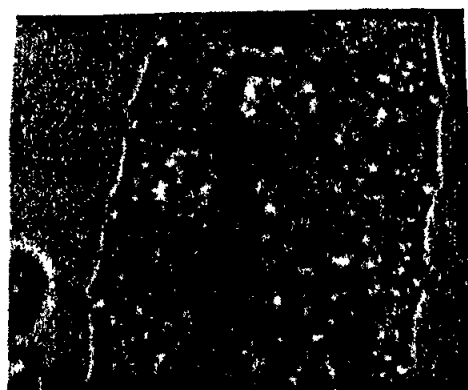


Fig. 8 Polykrikos schwarzi

Intensive summer blooms of P. minimum on the eastern Adriatic coast occur only in the Bay of Sibenik. The first intensive blooms have been recorded since the beginning of the eighties even though this organism participated in summer blooms occurring earlier in the area of Sibenik. The proportion of P. minimum in the phytoplankton population of the Sibenik Bay has been continuously increasing since 1983 (Table I).

The analysis of physical and chemical conditions under which P. minimum occurs in large quantities showed a connection with the temperature-salinity relationship. P. minimum takes place exclusively in the surface layer, the salinity and temperature of which are significantly different from those in other layers (Fig. 11). As known from the experimental data (Iwasaki, 1979) a P. minimum bloom may be



Fig. 9 Prorocentrum micans

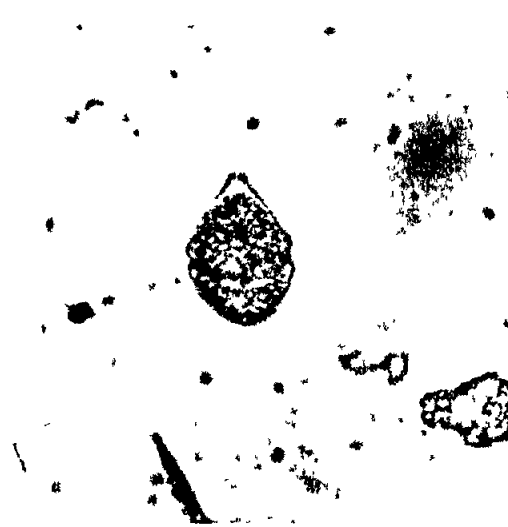


Fig. 10 Scrippsiella trochoidea

Table I

Proportion of P. minimum in the summer bloom in the Sibenik Bay.

Year	Phytoplankton n cells l <sup>-1</sup>	<u>P. minimum</u> n cells l <sup>-1</sup>	<u>P. minimum</u> %
1983 (August)	1.6x10 <sup>6</sup>	2.5x10 <sup>5</sup>	15.4
1984 (July)	1.6x10 <sup>7</sup>	3.3x10 <sup>6</sup>	20.2
1985 (July)	3.8x10 <sup>6</sup>	1.1x10 <sup>6</sup>	28.5
1986 (July)	7.2x10 <sup>6</sup>	2.4x10 <sup>6</sup>	33.3

stimulated by a Skeletonema costatum bloom. In our case we proposed that P. minimum bloom was probably stimulated by the bloom of the different diatom species, not only S. costatum and possible influence of "trace metals" (Marasovic, 1986). Prorocentrum lima - widely distributed dinoflagellate of the Prorocentridae group participated in most of the summer blooms of the coastal area, even though never in mass numbers. It produces a toxin causing a specific poisoning called "ciguatera". It is permanently present in the Kastela Bay population.

Ostreopsis ovata - benthic dinoflagellate species. As an epiphyte it is attached to some brown algae (Hypnea, Jania, Spyridia, Sargassum, Turbinaria). This species occurs in large quantities in the Kastela Bay since these algae are also widely distributed there. Like P. lima it causes "ciguatera" poisoning (Besada et al., 1982).

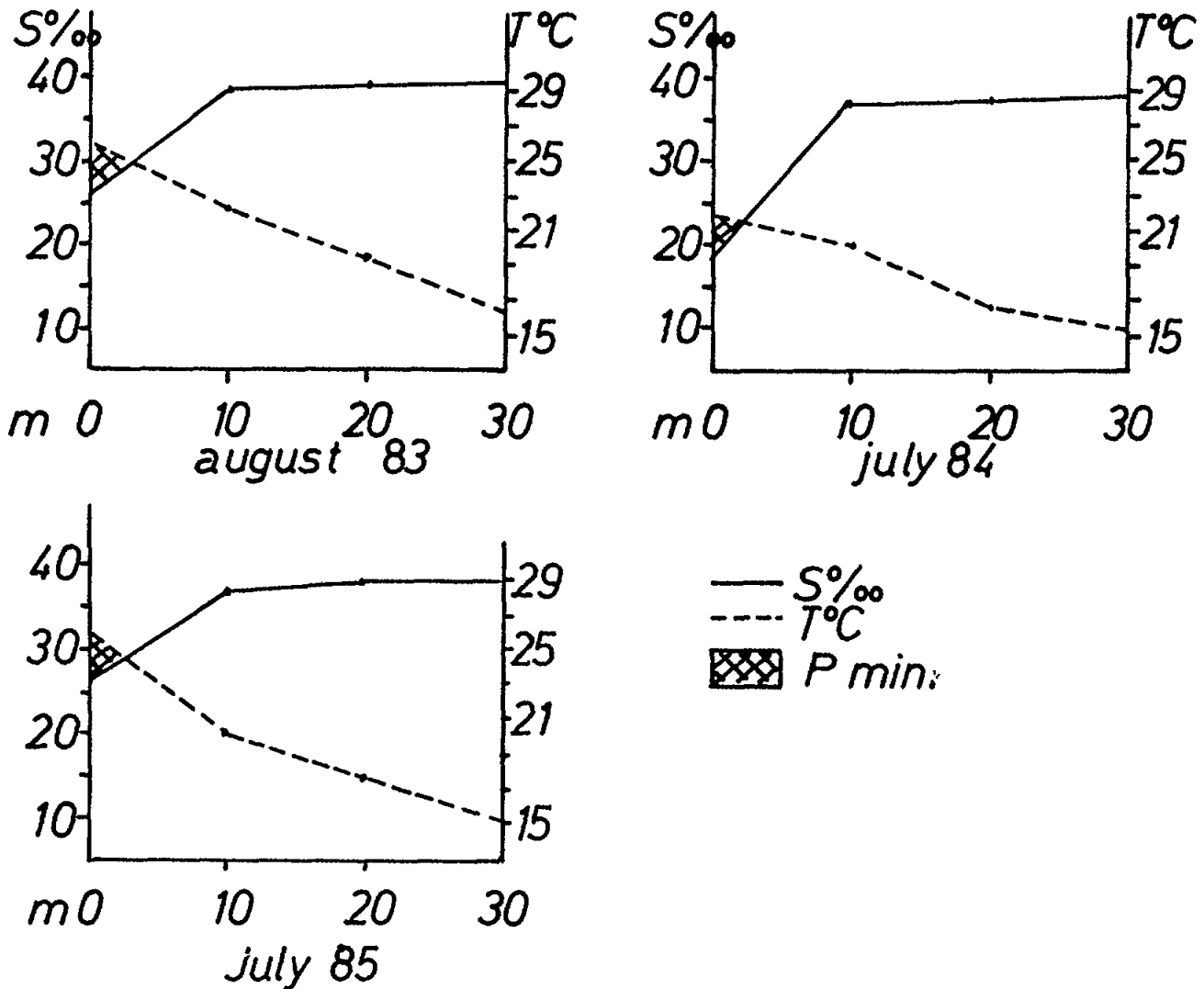


Fig. 11 Salinity and temperature values at which Prorocentrum minimum bloom occurs

Dinophysis fortii - recorded from the Kastela Bay in large quantities in summer. To date, no monospecific bloom of this species has been recorded. However, its number of organisms is rather high with regard to its considerable quantities. It is responsible for DSP poisoning (Steidinger, 1983; Yasumoto et al., 1980; Murata et al., 1982).

Gonyaulax tamarensis - a dinoflagellate species causing PSP (Turpin et al., 1978; Anderson and Wall, 1978; Taylor, 1979; Loeblich and Loeblich, 1979; White, 1981; 1982) as reported from many parts of the world. Fish and other marine vertebrates (invertebrates accumulate it with no harmful consequences) are poisoned through the food chain which implies also harmful effects to man. However, only resting cysts were recorded from the Kastela Bay.

Gonyaulax polyedra - since this species is present in very high quantities in the Kastela Bay, causing red tide blooms for the past ten years (1980, 1985 and 1987 accompanied with mass kills of marine organisms) it has been given the greatest attention. Ecological conditions favourable for the development of this organism have been studied (Marasovic and Vukadin, 1982; Marasovic and Pucher-Petkovic, 1985; Marasovic and Pucher-Petkovic, 1987) as well as its developmental stages. The results obtained are of considerable importance (Marasovic, 1989). It has been established that this organism can survive in four different stages. So, in addition to motile thecate stage, which is the most frequent, G. polyedra can, under changed environmental conditions, form temporary cysts, an interstage between thecate stage and resting cysts. If after a short while the environmental conditions are changed becoming favourable for its development, G. polyedra is released from temporary cysts in gymnodinium form. If environmental conditions are unfavourable for long, cause this organism to change its form into resting cyst, in which it may survive for even several years, that is until the conditions become again favourable for its development.

Figure 12 (a)-(i) depict the processes of its encystment and excystment.

### 3. DISCUSSION AND CONCLUSIONS

Even though toxic blooms are frequently encountered around the world, this problem has not yet been fully understood and accounted for. Irrespective of the fact that toxic organisms have been known to date and their toxins isolated, the causes of toxicity of phytoplankton organisms have not yet been agreed upon.

It is rather difficult to explain why some species with a world-wide distribution are responsible for toxic blooms in some parts of the world whereas in some others cause no harmful effects on the organisms from their environment. It has thus been established that P. lima and O. ovata are very toxic in the areas of coral reefs (tropics) not being toxic in any other world area. G. tamarensis did not cause toxic effects during the bloom in the Adriatic Sea (Emilia-Romagna shores), being so toxic in the area of Florida that caused economic damages.

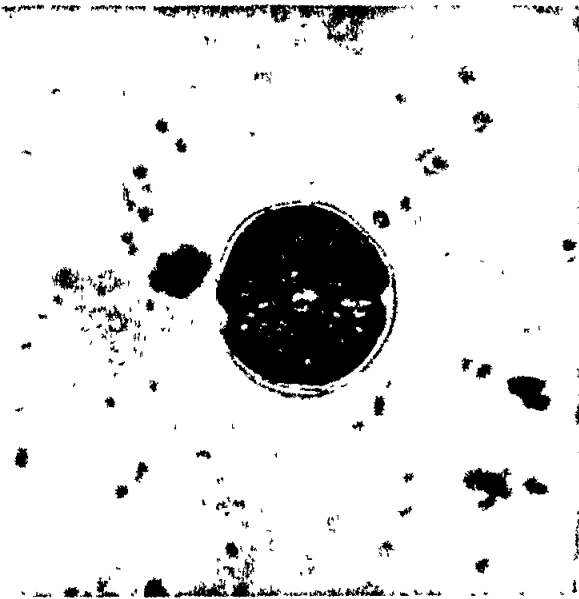
It is likely that under different ecological conditions the degradation of dinoflagellate metabolites is different so that in some environments toxic compounds are released.



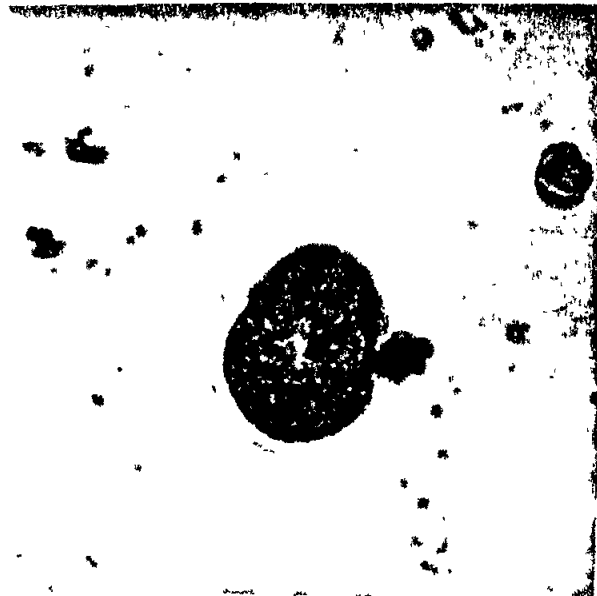
(a)



(b)



(c)



(d)

Fig. 12 (a)-(i) The process of encystment and excystment from the temporary cyst of Gonyaulax polyedra (continues on page 9 and 10)



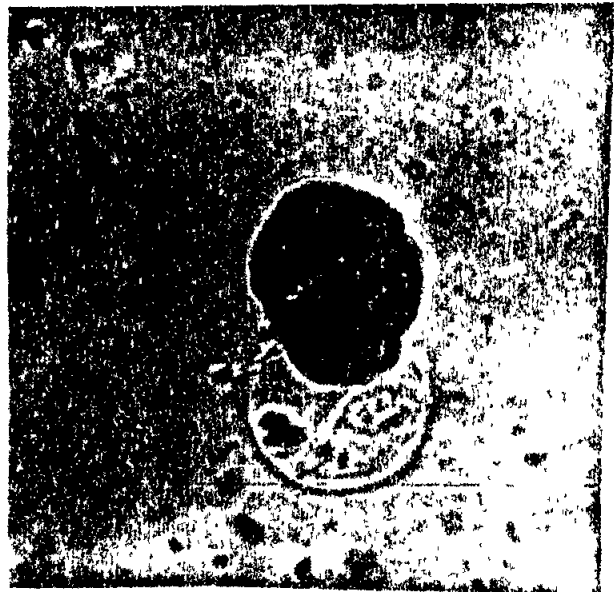
(e)



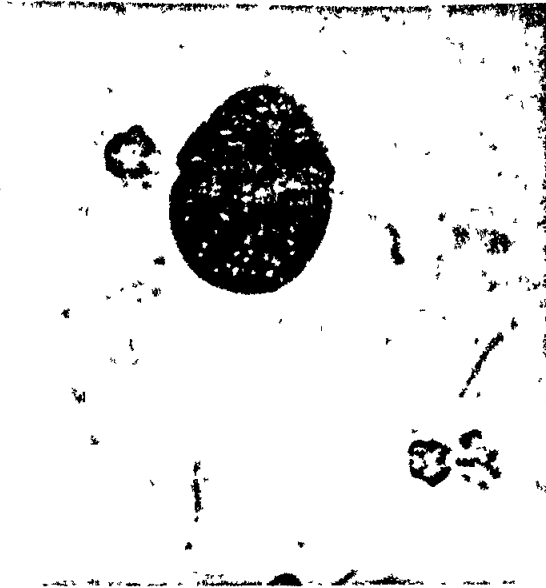
(f)



(g)



(h)



(i)

The toxicity of the red-tide organism of the greatest importance for us, has not yet been established with certainty. It is, however, quite certain that due to mass blooms this organism temporarily causes hypoxia and anoxia in the Kastela Bay and consequently kills of marine organisms. Therefore, developmental stages of G. polyedra have been given special attention in our researches since we believe the occurrence of the same phenomenon in the same area is associated with the fact that we have here a "seed population".

That which is particularly favourable for the development of this organism is a continuously high pH value of the sea water in the eastern part of the bay (alkali substances used for washing out different industrial plants) and increased spring sea water temperature serves like a trigger for blooms. Provided nutrient quantities are sufficient (waste waters for the slaughter house, milk factory, brewery, municipal sewage effluents, precipitation waters from agricultural areas) a dinoflagellate bloom develops and renews throughout the stratification period to stop not earlier than mid autumn with intensified vertical mixing and temperature decrease.



#### 4. REFERENCES

- Anderson, D.M. and D. Wall (1978), The potential importance of benthic cysts of Gonyaulax tamarensis and G. excavata in initiating toxic dinoflagellate blooms. J. Phycol., 14:224-234.
- Besada, E.G., L.A. Loeblich and A.R. Loeblich III (1982), Observations on tropical benthic dinoflagellates from ciguatera - endemic areas: Coolia, gambierdiscus and Ostreopsis. Bull. Mar. Sci., 32:723-735.
- Iwasaki, H. (1979), The physiological characteristics of neritic red-tide flagellates. In Toxic dinoflagellate blooms, edited by D.L. Taylor and H.H. Seliger, Amsterdam, Elsevier, North Holland Inc., pp.95-100.
- Loeblich, A.R. III and L. Loeblich (1979), The systematics of Gonyaulax with special reference to the toxic species. In Toxic dinoflagellate blooms, edited by D.L. Taylor and H.H. Seliger, Amsterdam, Elsevier, North Holland Inc., pp.41-46.
- Marasovic, I. (1986), Occurrence of Prorocentrum minimum in the Adriatic sea. Rapp. Comm. Int. Mer Mdit., 30:186.
- Marasovic, I. (1989), Encystment and excystment of Gonyaulax polyedra during a red tide. Estuar. Coast. Shelf Sci., 28(1):35-41.
- Marasovic, I. and I. Vukadin (1982), Red tide in the Vranjic basin (Kastela Bay). Biljeske-Notes, 48:1-8.
- Marasovic, I. and T. Pucher-Petkovic (1985), Effects of eutrophication on the structure of the coastal phytoplankton community. Rapp. Comm. Int. Mer Mdit., 29:137-139.
- Marasovic, I. and T. Pucher-Petkovic (1987), Ecological observations of a locally limited summer bloom. In Papers presented at the FAO/UNEP meeting on the effects of pollution on marine ecosystems. (Blanes, Spain), 7-11 October 1985) FAO Fish. Rep., No. 352 (Suppl.) pp.167-174.
- Marasovic, I., T. Pucher-Petkovic and V. Alegria (1988), Relation between phytoplankton production and Sardina pilchardus catch in the Middle Adriatic. FAO Fish. Rep., No. 394, pp.121-126.
- Murata, M., M. Shimatani, H. Sugitani, Y. Oshima and T. Yasumoto (1982), Isolation and structural elucidation of the causative toxin of the Diarrhetic Shellfish Poisoning. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 48(4):549-522.
- Okaichi, T. and Y. Imatomi (1979), Toxicity of Prorocentrum minimum var. marie-lebouriae assumed to be a causative agent of short necked clam poisoning. In Toxic dinoflagellate blooms, edited by D.L. Taylor and H.H. Seliger, Amsterdam, Elsevier, North Holland Inc., pp.385-388.

- Pucher-Petkovic, T. and I. Marasovic (1980), Développement des populations phytoplanctoniques caractéristiques pour un milieu eutrophisé (Baie de Kastela, Adriatique centrale). Acta Adriat., 21(2):79-93.
- Pucher-Petkovic, T. and I. Marasovic (1988), Time series of productivity parameters indicating eutrophication in the Middle Adriatic waters. FAO Fish.Rep., No. 394, pp.41-50.
- Pucher-Petkovic, T. and I. Marasovic (1988a), Changes of productivity conditions in the open middle Adriatic - eutrophication indicators (In Croatian). Pomorski zbornik, 26(1):585-593.
- Steidinger, K.A. (1983), A re-evaluation of toxic dinoflagellate biology and ecology. Prog.Phycol.Res., 2:147-188.
- Taylor, F.J.R. (1979), The toxigenic gonyaulacoid dinoflagellates. In Toxic dinoflagellate blooms, edited by D.L. Taylor and H.H. Seliger, Amsterdam, Elsevier, North Holland Inc., pp.47-56.
- Turpin, D.H., P.E.R. Dobell and F.J.R. Taylor (1978), Sexuality and cyst formation in Pacific strains of the toxic dinoflagellate Gonyaulax tamarensis. J.Phycol., 14:235-238.
- White, A.W. (1981), Marine zooplankton can accumulate and retain dinoflagellate toxins and cause fish kills. Limnol.Oceanogr., 26:103-109.
- White, A.W. (1982), Intensification of Gonyaulax blooms and shellfish toxicity in the Bay of Fundy. Can.Tech.Rep.Fish.Aquat.Sci., 1063:1-5.
- Yasumoto, T., Y. Oshima, W. Sugawara, Y. Fukuyo, H. Oguri, T. Igarashi and N. Fujita (1980), Identification of Dinophysis fortii as the causative organism of diarrhetic shellfish poisoning. Bull.Jap.Soc.Sci.Fish., 46:1397-1404.

ETUDE DE L'IMPACT DE LA POLLUTION SUR LE ZOOPLANCTON DU  
GOLFE SARONIKOS (MER EGEE, GRECE)

par

I. SIOKOU-FRANGOY, K. ANAGNOSTAKI, S. BARBETSEAS,  
P. PANAYOTIDIS, R. PSYLLIDOU, G. PAPPAS, et N. SYMBOURA

Centre National des Recherches Marines  
Aghios Kosmas, Hellinikon, Athènes

R E S U M E

Les peuplements zooplanctoniques du golfe Saronikos ont été étudiés en fonction des facteurs polluants. Ces peuplements ont été trouvés différenciés selon les stations de prélèvement. Dans la baie d'Elefsis qui est semi-fermée, riche en sels nutritifs et subit de fortes variations d'oxygène dissous et de température, la communauté zooplanctonique, bien que variée dans le temps, est caractérisée par une forte dominance d'espèces tolérantes (Acartia clausi, Podon polyphemoides, Penilia avirostris, Evadne tergestina), des basses valeurs d'indice de diversité et une déstructuration. Au contraire la station plus proche de l'émissaire des égouts de l'agglomération Athènes-Le Pirée, est soumise à l'hydrodynamisme du golfe Saronikos intérieur qui favorise la dilution de la nappe d'épandage. Ainsi les peuplements ne semblent pas être affectés, comme le démontrent la composition du zooplancton, les indices de diversité assez importants et la bonne structuration des communautés. L'aspect du zooplancton ne change pas dans les stations plus éloignées de l'émissaire.

1. INTRODUCTION

Plusieurs études ont été menées concernant l'impact de la pollution sur les écosystèmes planctoniques de la mer Méditerranée. Ces études ont été plus nombreuses en Méditerranée occidentale (citons entre autres celles effectuées par Benon et al., 1977; Groupe EPOPEM, 1979; Patrity, 1984a; 1984b; Arfi et al., 1981; Champalbert et Patrity, 1982) qu'en Méditerranée orientale (Moraitou-Apostolopoulou et Ignatiadou, 1980; Moraitou-Apostolopoulou, 1981; Regner, 1987; Lakkis et Zeidane, 1987).

En ce qui concerne les côtes grecques, les recherches ont été pratiquement localisées au golfe Saronikos. Parmi celles-ci, on pourrait citer: les études effectuées sur l'hyponeuston d'une station polluée et d'une autre non polluée (Moraitou-Apostolopoulou, 1976; Moraitou-Apostolopoulou, 1978); les études concernant les variations de la biomasse zooplanctonique dans la baie polluée d'Elefsis (Yannopoulos, 1976). Moraitou-Apostolopoulou et Ignatiadou (1980) ont d'ailleurs étudié les relations entre le phytoplancton et le zooplancton d'une station polluée et d'une autre non polluée, tandis qu'aux mêmes stations les fluctuations des groupes taxonomiques et des espèces dominantes ont été présentées par Moraitou-Apostolopoulou (1981) et Verriopoulos et al. (1985).

Dans ce rapport sont présentés et discutés les résultats d'une étude concernant l'impact de la pollution sur les communautés zooplanctoniques du golfe Saronikos.

## 2. ZONE PROSPECTEE

La région étudiée est située au nord du golfe Saronikos, comprenant la baie d'Elefsis et les eaux qui longent les côtes de l'agglomération Athènes-Le Pirée (Saronikos intérieur) (1). La baie d'Elefsis reçoit d'importantes charges polluantes, d'une part les rejets urbains et industriels de l'agglomération et d'autre part les rejets de la zone industrielle d'Elefsis qui comprend surtout des raffineries de pétrole, des chantiers navals et des usines métallurgiques. La morphologie de la baie (semi-fermée, peu profonde, à deux passes étroites) et le stationnement de plusieurs bateaux hors service, accentuent le problème de pollution de ce milieu.

Les prélèvements ont été effectués au point le plus profond de la baie d'Elefsis (station 1, à 30m de profondeur). Les trois autres stations ont été installées le long d'un transect entre la grande source de pollution urbaine et la partie ouverte du golfe Saronikos sur un gradient de distance par la source polluante (Fig. 1). La station 2 est à une profondeur de 60m, la station 3 à 70m et la station 4 à 80m. D'autre part ces stations ont été choisies parce que des échantillons de zooplancton y ont été prélevés au cours des années précédentes (1984-1985).

## 3. MATERIEL ET METHODES

Entre juillet 1986 et juin 1987 six campagnes ont été effectuées (juillet, novembre, janvier, février, avril et mai) dans la zone en question. Pendant ces campagnes, des échantillons d'eau ont été prélevés pour la mesure de paramètres physicochimiques et des échantillons de zooplancton l'ont été également.

Les échantillons d'eau de mer ont été prélevés à l'aide de bouteilles NIO munies de thermomètres à renversement pour la mesure de la température. La turbidité a été estimée à l'aide d'un disque Secchi.

Les échantillons d'eau ont été utilisés pour la détermination de la salinité, de l'oxygène et des sels nutritifs. La salinité a été mesurée au laboratoire à l'aide d'un salinomètre Tsurumi-Seiki. L'oxygène dissous a été déterminé à bord selon la méthode décrite par Strickland et Parsons (1968). Les échantillons d'eau pour la détermination de sels nutritifs ont été conservés à -20°C dans des flacons en polyéthylène après addition d'une goutte de HgCl<sub>2</sub> 0,04M. Ensuite les échantillons d'eau décongelée ont été filtrés sur des filtres de membrane Millipore HA 0,45 µm. L'analyse des sels nutritifs a été effectuée à l'Analyseur Automatique Technicon CMS 6. L'analyse de l'azote ammoniacal et l'ammonium a été faite selon la méthode de Koroleff (1970) modifiée pour l'Analyseur par Slawyk et McIsaac (1972). Pour les nitrites, les nitrates et les silicates, la méthode de Armstrong et al. (1976) a été utilisée, tandis que pour les phosphates on a suivi la méthode de Murphy et Riley (1962), modifiée par Hager et al. (1968).

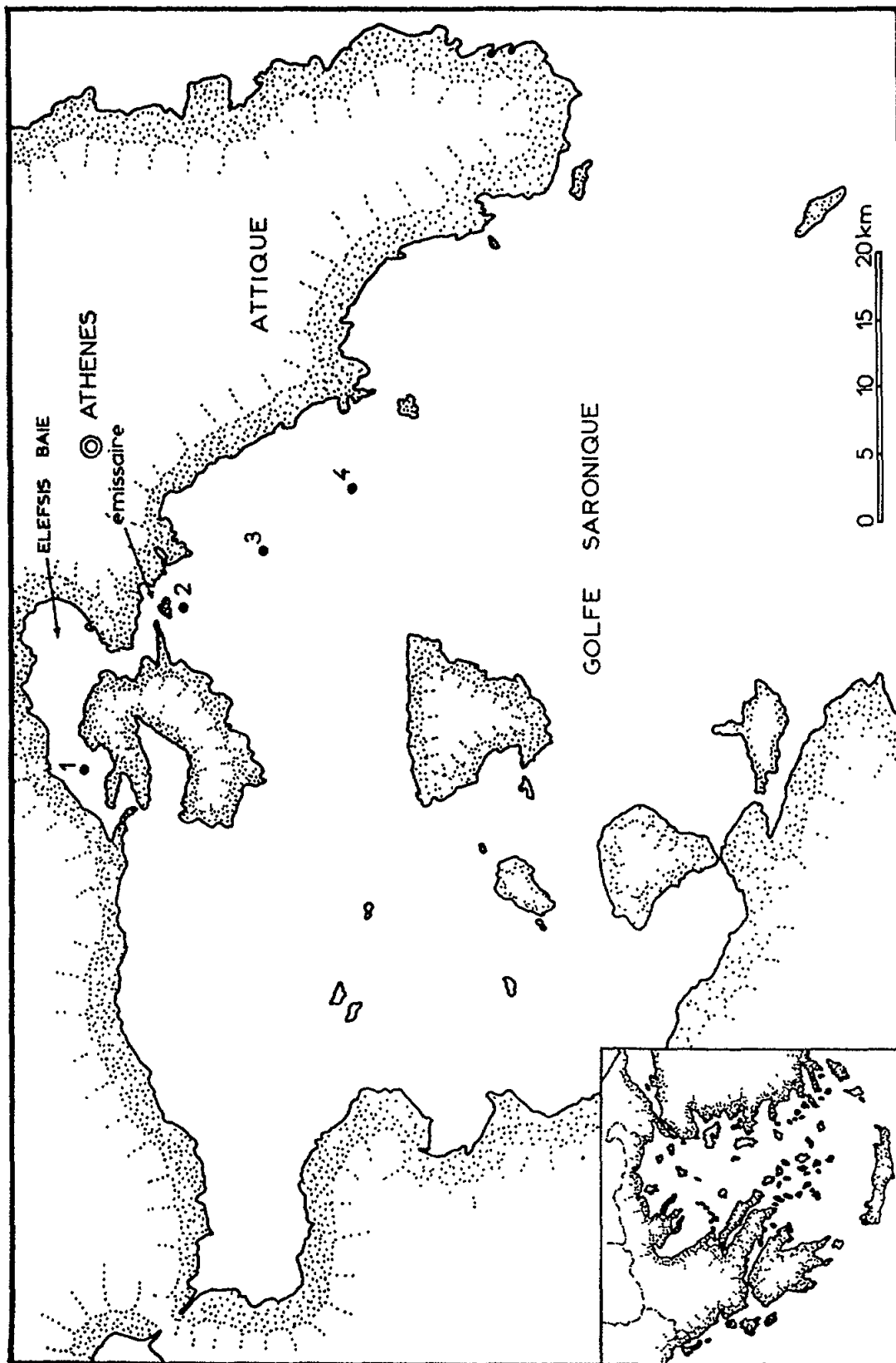


Fig. 1 Position des stations d'échantillonnage

L'échantillonnage du zooplancton a été effectué à trait double oblique du fond de la mer à la surface. Le filet utilisé était du type WP-2, à 200  $\mu\text{m}$  d'ouverture de maille, muni d'un débit-mètre Hydrobios. En laboratoire les échantillons de zooplancton ont été fractionnés en deux au Folsom splitter. L'un des sous-échantillons a été utilisé pour l'estimation de la biomasse zooplanctonique selon la méthode du poids sec de Lovegrove (1966). L'autre sous-échantillon a été utilisé pour la détermination des espèces jusqu'aux Copépodes et Cladocères et le comptage des organismes par groupe taxonomique.

La diversité des populations ainsi que leur structure et leur organisation sont caractérisées par l'indice de diversité, les diagrammes rang- fréquence (Frontier, 1969; Travers, 1971) et la dominance (Travers, 1971). Pour l'estimation de l'indice de diversité nous avons employé l'indice de diversité de Shannon-Wiener (Shannon et Weaver, 1949) selon la formule:

$$H = -\sum p_i \log p_i$$

ou  $p_i$  est égal à la fréquence de chaque espèce  $n_i N^{-1}$ . La dominance des deux principales espèces a été estimée selon la formule:

$$\delta_2 = [(n_1 + n_2)N] 100^{-1}$$

#### 4. RESULTATS

##### 4.1 Le milieu

##### 4.1.1 Paramètres physiques

La distribution verticale et horizontale de la température, de la salinité et de la turbidité de l'eau de mer, pendant les six mois d'échantillonnage, est présentée sur le tableau I.

La station 1 se différencie des autres à cause des variations plus marquées de la température. La couche superficielle se réchauffe en été ou se refroidit en hiver plus qu'aux autres stations. Un autre facteur qui différencie la station 1 des autres, est la turbidité dont les valeurs y ont été relevées plus basses (3 à 7m) par rapport aux autres stations (3 à 24m).

Aucune différenciation nette n'apparaît entre les stations 2, 3 et 4, en ce qui concerne la température et la salinité. En été la thermocline et l'halocline coïncident, se situant entre 20 et 50m, tandis qu'en hiver et en printemps l'eau est homogène sur toute la colonne. Au contraire la turbidité a varié plus fortement dans le temps à la station 2 par rapport aux stations 3 et 4: la valeur maximale observée en novembre se situe à 15 mètres tandis qu'en mai les eaux y étaient très turbides (3m).

Tableau I

Fluctuations de la température, de la salinité et de la turbidité dans le golfe Saronikos.

Mois: juillet				
Station	Profondeur (m)	Température (°C)	Salinité (ppt)	Turbidité (m)
1	0	25.12	38.85	6
	10	24.89	38.82	
	20	16.39	38.65	
	25	14.95	38.61	
3	0	25.37	38.72	24
	10	24.80	38.85	
	20	24.03	38.86	
	30	21.72	38.81	
	50	18.62	38.85	
4	0	25.86	38.37	20
	10	24.13	38.29	
	20	23.65	38.60	
	30	21.93	38.77	
	50	18.00	38.89	
Mois: novembre				
Station	Profondeur (m)	Température (°C)	Salinité (ppt)	Turbidité (m)
1	0	17.90	38.75	6
	10	17.80	38.84	
	20	17.70	38.86	
2	0	20.10	38.75	15
	10	18.80	38.74	
	20	19.70	38.77	
	50	19.60	38.75	
3	0	19.50	38.78	12
	10	19.50	38.79	
	20	19.40	38.78	
	50	20.00	38.90	
4	0	19.50	38.75	13
	10	19.40	38.73	
	20	19.40	38.73	
	50	19.20	38.73	

Tableau I (suite)

Mois: janvier				
Station	Profondeur (m)	Température (°C)	Salinité (ppt)	Turbidité (m)
1	0	12.10	38.72	7
	10	12.00	38.73	
	20	11.60	38.84	
2	0	14.70	38.51	7
	10	14.70	38.74	
	20	14.70	38.79	
	30	14.70	38.77	
	50	14.70	38.79	
3	0	14.70	38.83	17
	10	14.70	38.80	
	20	14.70	38.78	
	30	14.70	38.78	
	50	14.80	38.79	
4	0	14.80	38.81	17
	10	14.80	38.79	
	20	14.80	38.81	
	30	14.80	38.81	
	50	14.80	38.81	
Mois: février				
Station	Profondeur (m)	Température (°C)	Salinité (ppt)	Turbidité (m)
1	0	13.00	38.59	5
	10	12.10	38.65	
	20	11.70	38.73	
2	0	13.90	38.80	10
	10	13.90	38.80	
	20	13.90	38.82	
	30	13.90	38.83	
	50	14.00	38.83	
3	0	13.90	38.77	18
	10	13.90	38.70	
	20	13.90	38.59	
	30	13.90	38.63	
	50	13.90	38.63	
4	0	13.90	38.79	19
	10	13.90	38.70	
	20	13.90	38.63	
	30	13.90	38.62	
	50	13.90	38.62	



Tableau I (suite)

Mois: avril				
Station	Profondeur (m)	Température (°C)	Salinité (ppt)	Turbidité (m)
1	0	13.40	38.90	4
	10	13.30	38.44	
	20	12.90	-	
2	0	14.90	38.90	6
	10	14.90	38.95	
	20	14.60	39.00	
	50	14.10	38.98	
3	0	16.50	38.96	15
	10	16.00	38.97	
	20	15.70	39.00	
	50	15.50	39.03	
4	0	17.00	39.00	14
	10	16.00	39.04	
	20	16.00	39.04	
	60	16.00	39.07	
Mois: mai				
Station	Profondeur (m)	Température (°C)	Salinité (ppt)	Turbidité (m)
1	0	20.70	38.39	3
	5	18.00	-	
	10	16.60	38.60	
	20	16.30	38.71	
	25	14.30	38.71	
2	0	20.70	38.39	3
	10	19.40	39.01	
	20	17.90	39.01	
	30	16.90	38.99	
	50	15.50	38.93	
3	0	18.00	38.94	11
	10	16.60	39.01	
	20	16.70	38.92	
	30	15.80	38.93	
	50	14.80	38.96	
4	0	17.80	38.93	13
	10	17.00	38.93	
	20	16.10	38.92	
	30	15.20	38.92	
	60	14.70	38.96	

#### 4.1.2 Paramètres chimiques

##### 4.1.2.1 L'oxygène dissous

Les valeurs de l'oxygène dissous ont été exprimées en  $\text{ml O}_2 \text{ l}^{-1}$  et leurs variations sont présentées sur le tableau II. A l'examen de celui-ci, on observe une sursaturation de l'eau en oxygène dissous à part la couche profonde de la station 1 (baie d'Elefsis) où l'oxygène a atteint les  $3.46 \text{ ml l}^{-1}$  (saturation 64%). Bien qu'en juillet des mesures d'oxygène dissous n'aient pas été effectuées, les études antérieures ont permis de relever des valeurs proches de zéro à la station 1 en profondeur pendant l'été (Friligos et al., 1987).

##### 4.1.2.2 Les sels nutritifs

Les valeurs présentées sur le tableau III sont exprimées pour les phosphates en  $\mu\text{gat PO}_4\text{-P l}^{-1}$ , pour les nitrites en  $\mu\text{gat NO}_2\text{-N l}^{-1}$ , pour les nitrates en  $\mu\text{gat NO}_3\text{-N l}^{-1}$ , pour l'azote ammoniacal et l'ammonium en  $\mu\text{gat NH}_4\text{-N l}^{-1}$  et pour les silicates en  $\mu\text{gat SiO}_4\text{-Si l}^{-1}$ .

Les valeurs des phosphates ont varié entre 0.04 et  $1.55 \mu\text{gat PO}_4\text{-P l}^{-1}$ . Les plus hautes valeurs ont été observées en surface de la station 2 en janvier et en mai. Mais en général la station 1 a révélé des valeurs élevées par rapport aux autres stations (deux à six fois plus). Il en est de même pour les silicates dont la valeur maximale a été signalée dans la couche profonde de la station 1 en mai. Les valeurs des silicates ont varié entre 0.14 et  $6.88 \mu\text{gat SiO}_4\text{-Si l}^{-1}$ .

Les nitrites ont présentés des valeurs entre 0.02 et  $0.177 \mu\text{gat NO}_2\text{-N l}^{-1}$  et les valeurs maximales ont été signalées en janvier et en mai à la station 2 en surface. En général, en hiver, les valeurs sont plus élevées. Quant aux nitrates et aux ammoniacales, leurs valeurs maximales ont été relevées en janvier, à la station 2 en surface, mais la station 1 a présenté en moyenne des valeurs plus hautes qu'aux autres stations.

D'après ces résultats, il ressort qu'à la station 1 l'eau de mer est plus riche en sels nutritifs, que la station 2 a présenté occasionnellement des valeurs élevées et qu'à la station 4, la plus éloignée, les valeurs étaient plus basses.

##### 4.1.3 Différenciation du milieu

La baie d'Elefsis se différencie des autres stations par la richesse en sels nutritifs, les basses teneurs en oxygène dissous en été, la grande turbidité et les variations plus marquées de la température. Ces caractères doivent être liés à l'isolement de ce bassin peu profond et situé au voisinage des sources de pollution.

La station 2, se trouvant plus proche de l'émissaire, semble en être influencée en janvier et en mai, ayant présenté des valeurs élevées de teneur en sels nutritifs, une légère baisse de salinité ainsi qu'une forte turbidité. Les conditions météorologiques semblent jouer un rôle sur cette différenciation dans le temps des caractères de la station 2. Les fortes pluies qui ont précédé l'échantillonnage du mois de janvier ont probablement influencé les facteurs physico-chimiques de l'eau de mer. D'autre part les vents de sud-est, soufflant lors de l'échantillonnage en mai, empêchent la diffusion des eaux de l'émissaire, tandis que les vents du nord la facilite.

Tableau II

Variations de la teneur de l'eau en oxygène dissous  
(en ml O<sub>2</sub> l<sup>-1</sup>).

Mois: novembre				
Station Profondeur	1	2	3	4
0	5.35	5.35	5.48	5.47
10	5.28	5.26	5.40	5.43
20	5.25	5.34	5.34	5.38
50		5.21	5.29	5.29
Mois: janvier				
Station Profondeur	1	2	3	4
0	6.02	5.36	5.59	5.48
10	5.85	5.51	5.60	5.46
20	5.62	5.53	5.59	5.48
30		5.59	5.55	5.58
50		5.44	5.55	5.54
Mois: février				
Station Profondeur	1	2	3	4
0	5.64	5.63	5.74	5.74
10	5.61	5.69	5.70	5.85
20	5.55	5.58	5.74	5.78
30		5.68	5.64	5.74
50		5.69	5.75	5.85
75				5.89
Mois: avril				
Station Profondeur	1	2	3	4
0	5.78	5.41	6.00	5.87
10	5.61	5.54	5.85	5.81
20	5.27	5.24	5.86	5.64
50		5.35	5.75	
60				5.64
Mois: mai				
Station Profondeur	1	2	3	4
0	8.79	5.78	5.50	5.64
5	5.51	-	-	-
10	3.65	5.08	5.70	5.61
20	3.84	5.54	5.69	5.69
30		5.72	5.75	5.66
50			5.73	5.62
60				5.59

Tableau III

Variations de la teneur de l'eau en sels nutritifs.

Mois: juillet						
Station	Profondeur (m)	PO <sub>4</sub> μgat l <sup>-1</sup>	SiO <sub>4</sub> μgat l <sup>-1</sup>	NO <sub>3</sub> μgat l <sup>-1</sup>	NO <sub>2</sub> μgat l <sup>-1</sup>	NH <sub>4</sub> μgat l <sup>-1</sup>
2	0	0.17	4.10	0.03	0.52	0.89
	10	0.13	3.27	0.03	0.57	0.89
	20	0.17	3.71	0.02	0.37	0.59
	30	0.13	1.69	0.05	0.28	0.59
	50	0.14	2.27	0.05	0.32	0.82
3	0	0.19	4.00	0.05	0.40	0.41
	10	0.13	1.27	0.03	0.23	0.44
	20	0.17	1.96	0.04	0.29	0.52
	30	0.17	3.23	0.02	0.38	0.52
	50	0.13	1.73	0.05	0.33	0.82
4	0	0.15	2.58	0.03	0.45	0.67
	10	0.17	2.06	0.05	0.27	0.41
	20	0.14	2.10	0.05	0.22	0.37
	30	0.13	1.46	0.05	0.24	0.44
	50	0.14	1.92	0.14	0.76	1.35
	75	0.15	4.25	0.10	0.69	0.59
Mois: novembre						
Station	Profondeur (m)	PO <sub>4</sub> μgat l <sup>-1</sup>	SiO <sub>4</sub> μgat l <sup>-1</sup>	NO <sub>3</sub> μgat l <sup>-1</sup>	NO <sub>2</sub> μgat l <sup>-1</sup>	NH <sub>4</sub> μgat l <sup>-1</sup>
1	0	0.46	4.06	0.13	0.96	1.10
	10	0.34	3.71	0.10	0.49	0.87
	20	0.34	3.83	0.10	0.55	0.87
2	0	0.07	0.31	0.22	0.65	0.53
	10	0.07	0.31	0.08	0.31	0.23
	20	0.07	0.50	0.08	0.21	0.16
	50	0.07	0.50	0.16	0.27	0.17
3	0	0.07	0.36	0.19	0.48	0.31
	10	0.07	0.29	0.13	0.24	0.19
	20	0.07	0.21	0.12	0.30	0.23
	50	0.07	1.06	0.19	0.40	0.31
4	0	0.07	0.40	0.07	0.26	0.23
	10	0.07	0.38	0.07	0.26	0.19
	20	0.07	0.38	0.07	0.27	0.19
	50	0.07	0.50	0.07	0.21	0.23

Tableau III (suite)

Mois: janvier						
Station	Profondeur (m)	PO <sub>4</sub> μgat l <sup>-1</sup>	SiO <sub>4</sub> μgat l <sup>-1</sup>	NO <sub>3</sub> μgat l <sup>-1</sup>	NO <sub>2</sub> μgat l <sup>-1</sup>	NH <sub>4</sub> μgat l <sup>-1</sup>
1	0	0.67	0.88	0.35	1.87	2.60
	10	0.57	0.90	0.33	1.62	2.80
	20	0.28	1.35	0.20	0.82	1.37
2	0	0.93	1.86	0.53	2.40	7.39
	10	0.06	0.59	0.19	0.26	0.49
	20	0.07	0.61	0.20	0.20	0.06
	30	0.07	0.57	0.19	0.25	0.20
	50	0.14	0.84	0.25	0.31	0.70
3	0	0.08	0.49	0.20	0.79	0.73
	10	0.09	0.37	0.14	0.43	0.42
	20	0.09	0.22	0.14	0.27	0.29
	30	0.09	0.37	0.17	0.34	0.36
	50	0.09	0.57	0.18	0.36	0.29
4	0	0.10	0.51	0.17	1.50	1.49
	10	0.07	0.53	0.16	0.63	0.60
	20	0.07	0.51	0.15	0.46	0.48
	30	0.07	0.45	0.14	0.27	0.29
	50	0.09	0.47	0.14	0.31	0.29
Mois: février						
Station	Profondeur (m)	PO <sub>4</sub> μgat l <sup>-1</sup>	SiO <sub>4</sub> μgat l <sup>-1</sup>	NO <sub>3</sub> μgat l <sup>-1</sup>	NO <sub>2</sub> μgat l <sup>-1</sup>	NH <sub>4</sub> μgat l <sup>-1</sup>
1	0	0.54	2.21	0.29	1.90	0.94
	10	0.45	2.00	0.24	1.43	1.32
	20	0.37	2.25	0.18	0.97	1.47
2	0	0.27	1.75	0.25	0.63	1.37
	10	0.24	1.36	0.24	0.49	1.53
	20	0.35	1.77	0.40	1.33	2.20
	30	0.26	2.19	0.36	0.56	0.88
	50	0.24	1.81	0.32	0.44	0.75
3	0	0.22	2.19	0.41	0.65	0.80
	10	0.17	1.36	0.33	0.40	1.01
	20	0.21	1.46	0.38	0.44	0.84
	30	0.20	1.46	0.33	0.47	0.80
	50	0.18	1.63	0.38	0.50	1.59
4	0	0.09	1.36	0.18	0.26	0.49
	10	0.06	1.53	0.21	0.24	0.28
	20	0.09	1.20	0.16	0.24	0.42
	30	0.12	1.05	0.16	0.19	0.68
	50	0.09	1.44	0.19	0.25	0.32
	75	0.10	1.15	0.13	0.17	0.32

Tableau III (suite)

Mois: avril						
Station	Profondeur (m)	PO <sub>4</sub> μgat l <sup>-1</sup>	SiO <sub>4</sub> μgat l <sup>-1</sup>	NO <sub>3</sub> μgat l <sup>-1</sup>	NO <sub>2</sub> μgat l <sup>-1</sup>	NH <sub>4</sub> μgat l <sup>-1</sup>
1	0	0.15	1.94	0.07	0.23	0.36
	10	0.19	2.49	0.09	0.16	0.26
	20	0.15	2.91	0.08	0.17	0.24
2	0	0.47	0.70	0.13	0.95	1.55
	10	0.23	0.25	0.05	0.61	1.70
	20	0.15	0.64	0.05	0.29	0.54
	50	0.07	0.76	0.12	0.36	0.41
3	0	0.10	0.14	0.07	0.14	0.26
	10	0.13	0.23	0.07	0.12	0.24
	20	0.13	0.23	0.07	0.11	0.22
	50	0.11	0.23	0.05	0.17	0.37
4	0	0.18	0.14	0.13	0.05	0.43
	10	0.13	0.19	0.09	0.09	0.34
	20	0.08	0.54	0.06	0.15	0.26
	60	0.08	0.54	0.06	0.15	0.26
Mois: mai						
Station	Profondeur (m)	PO <sub>4</sub> μgat l <sup>-1</sup>	SiO <sub>4</sub> μgat l <sup>-1</sup>	NO <sub>3</sub> μgat l <sup>-1</sup>	NO <sub>2</sub> μgat l <sup>-1</sup>	NH <sub>4</sub> μgat l <sup>-1</sup>
1	0	0.21	4.14	0.04	0.17	0.31
	10	0.28	5.17	0.04	0.20	0.24
	20	0.29	5.81	0.04	0.17	0.15
	25	0,35	6.88	0.05	0.20	0.13
2	0	1.55	0.71	0.77	1.25	2.20
	10	0.20	0.45	0.04	0.37	0.49
	20	0.13	0.62	0.04	0.36	0.32
	30	0.11	0.62	0.04	0.29	0.13
	50	0.11	0.69	0.04	0.35	0.19
3	0	0.13	0.23	0.07	0.13	0.31
	10	0.12	0.29	0.06	0.11	0.41
	20	0.10	0.33	0.06	0.10	0.18
	30	0.13	0.45	0.08	0.09	0.17
	50	0.09	0.70	0.06	0.14	0.23
4	0	0.04	0.80	-	-	0.32
	10	0.09	0.37	-	-	0.21
	20	0.09	0.23	-	-	0.42
	30	0.15	0.23	-	-	0.28
	60	0.09	0.84	0.11	0.32	0.28

## 4.2 Le zooplancton

### 4.2.1 Estimation de la quantité du zooplancton

#### 4.2.1.1 Biomasse

Les valeurs de la biomasse zooplanctonique exprimée en mg de poids sec par m<sup>3</sup> sont données sur le tableau IV, par mois et par station. Les mêmes données sont présentées dans la figure 2 au moyen des histogrammes.

Dans la baie d'Elefsis (station 1), la biomasse zooplanctonique ne diffère pas en moyenne de celles relevées dans les autres stations. Mais les fluctuations temporelles ont été assez importantes dans toute la région étudiée. Les valeurs maximales ont été observées dans la baie d'Elefsis en mai, à la station plus proche de l'émissaire (2) en février et aux deux stations éloignées en juillet et en avril.

Tableau IV

Variations de la biomasse du zooplancton  
(en mg m<sup>-3</sup>) dans le golfe Saronikos.

Mois Station	juillet	novembre	janvier	février	avril	mai
1	6.4	1.7	6.4	6.4	3.4	13.5
2	-	2.3	2.0	17.7	4.7	10.9
3	15.4	4.2	4.1	6.9	12.1	5.4
4	14.7	3.1	7.7	3.9	17.6	9.4

#### 4.2.1.2 Densité du zooplancton

Les fluctuations de la densité zooplanctonique exprimée en individus par m<sup>3</sup>, sont présentées sur le tableau V ainsi que sur la figure 2. Le zooplancton a été pauvre en nombre d'individus dans la baie d'Elefsis pendant tous les mois d'échantillonnage par rapport aux autres stations. La densité zooplanctonique relevée à la station 2 a été légèrement plus haute avec deux maximums en février et en mai. Aux stations 3 et 4, les valeurs de la densité sont en moyenne un peu plus élevées par rapport à la station précédente à part les très hautes valeurs observées en juillet.

En comparant les valeurs de la biomasse et de la densité, on pourrait remarquer une différence entre ces valeurs concernant le même échantillon. Ceci peut être expliqué par plusieurs et différents phénomènes ou causes: l'abondance d'un échantillon en cladocères fait apparaître une haute densité (plusieurs individus) mais une médiocre biomasse à cause de leur faible poids et taille (cas des stations 3 et 4 en juillet). Un autre facteur est l'abondance de matière organique en décomposition qui ne peut pas être séparée du zooplancton pour l'estimation du poids sec (cas de la station 1 en janvier, février, de

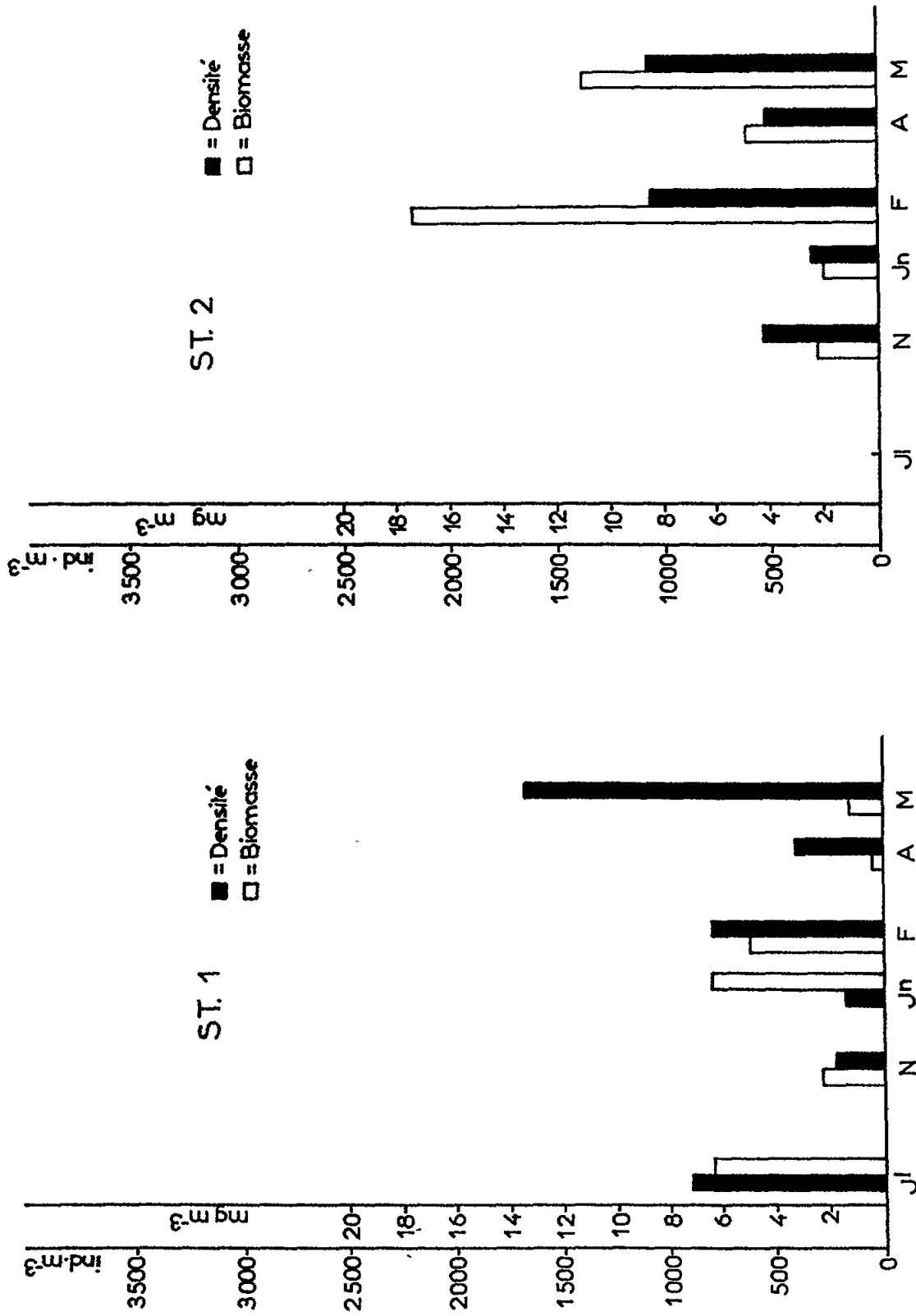


Fig. 2 Variations de la densité et de la biomasse



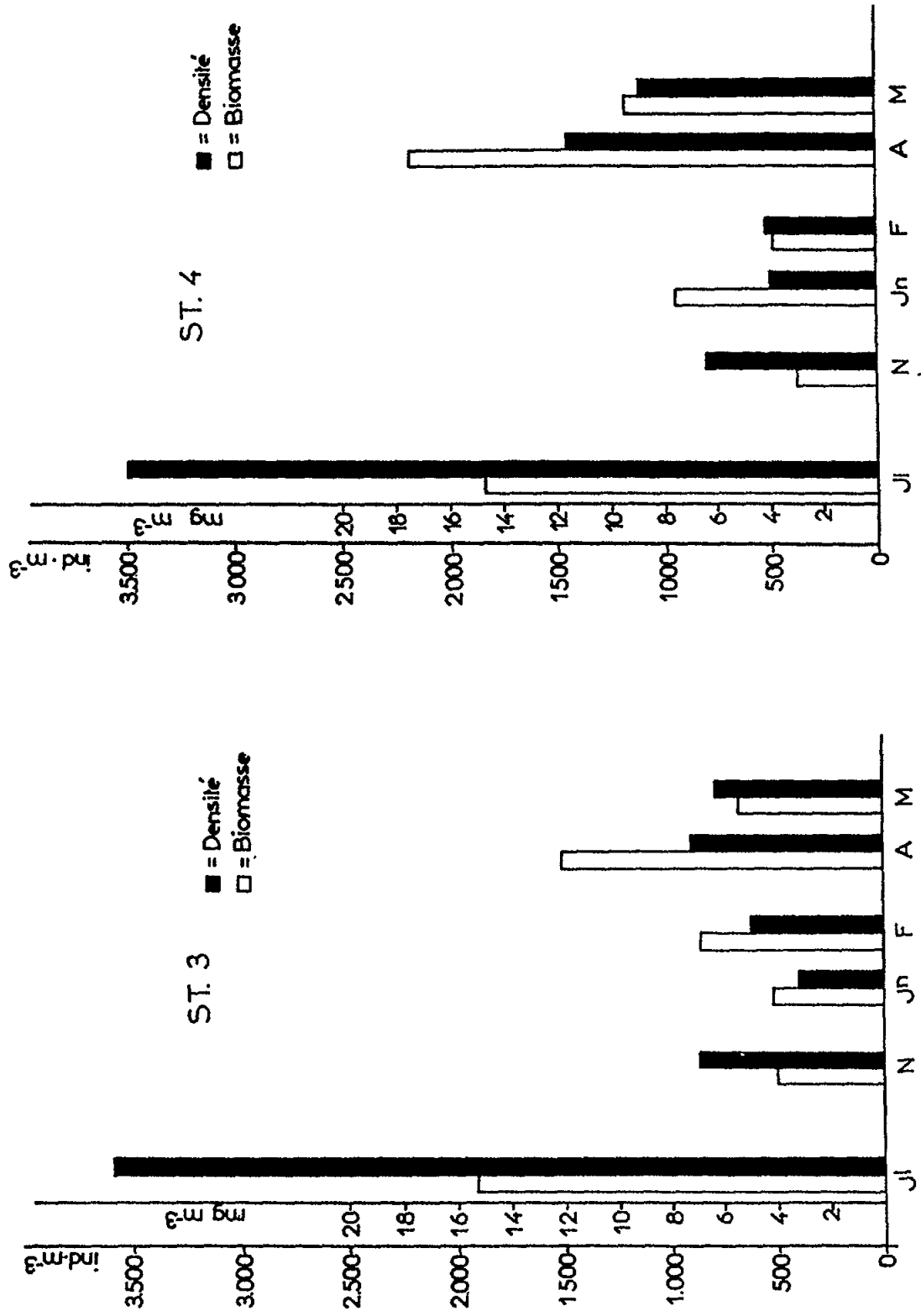


Fig. 2 Variations de la densité et de la biomasse (suite)

la station 2 en février et des stations 3 et 4 en avril). Un troisième facteur serait la présence en nombre important des grandes méduses (Aurelia aurita) dans la baie d'Elefsis qui deviennent une "masse gélatineuse" dans le collecteur du filet et ainsi il est impossible de les séparer des autres zooplanctontes.

#### 4.2.2 Composition du zooplancton en groupes et en espèces

Comme il ressort des tableaux VI et VII, dans la baie d'Elefsis le groupe dominant du zooplancton en juillet ont été les cladocères représentés par les espèces Evadne tergestina (fréquence relative 43.8%), Penilia avirostris (40.2%) et Podon polyphemoides (1.1%). Les copépodes ont atteint à peine une fréquence 12.4%, représentés surtout par Acartia clausi (7.8%). Dans la même station en novembre les copépodes ont été en tête de la communauté avec un effectif important d'A.clausi (32.7%) et moins important de copépodites de Clausocalanus et de Paracalanus (15.1%). P.polyphemoides est l'espèce la plus abondante (28.5%) parmi les cladocères, tandis que la présence d'E.tergestina et de P.avirostris a baissé à 1.9% et 2.1% respectivement. A.clausi et ses copépodites sont devenues très abondantes en janvier (61.5%) et P.polyphemoides (18.3%) a occupé le deuxième rang au sein du zooplancton. Ce cladocère a présenté un fort pic d'abondance en février (68%), tandis que A.clausi a repris sa première place avec de très hauts pourcentages en avril (78.9%) et en mai (96.7%). A part ces espèces dominantes ou abondantes, un petit nombre d'espèces ont été trouvées dans la baie avec des fréquences basses. Citons entre autres: les copépodes Paracalanus parvus, Oithona nana, Oithona helgolandica, Oncaea spp., Coryceus spp., les cladocères Evadne nordmanni et Evadne spinifera et les appendiculaires Oikopleura spp. Les larves méroplanctoniques de certains groupes ont présenté certains mois une fréquence assez importante, comme les larves des crustacés décapodes en avril, les larves des polychètes en janvier et février, les larves des mollusques en novembre et les larves des cirripèdes en janvier.

En sortant de la baie d'Elefsis, à la station 2 (Tableaux VIII et IX) en novembre les Copépodes ont été le groupe dominant (65.7%) représentés surtout par les copépodites de Clausocalanus (27.6%) et par Oncaea media (6.5%). D'autres espèces de copépodes trouvées en nombre modéré ont été: O.helgolandica, P.parvus, Coryceus spp., Calocalanus spp., Oithona plumifera. Parmi les cladocères E.tergestina (11.5%) et P.avirostris (6.6%) ont été plus abondants. Les appendiculaires ont présenté une fréquence relative de 5.5% avec des représentants du genre Oikopleura surtout. En janvier les copépodes ont été encore en tête avec les copépodites de Clausocalanus et de Ctenocalanus, les adultes de Ctenocalanus vanus et Oncaea media. Les espèces à fréquence moins importante ont été les mêmes qu'en novembre (O.helgolandica, P.parvus etc). Les appendiculaires se placent au deuxième rang (13.2%) représentés principalement par Fritillaria pellucida (9.8%). En février les copépodes C.vanus (16.8%), P.parvus (13.6%), leurs copépodites et ceux de Clausocalanus ont été trouvés en abondance. La fréquence relative des appendiculaires a augmenté avec les Fritillaria spp. (9.2%) et Oikopleura spp. (5.7%). En avril l'aspect du zooplancton a changé avec l'abondance des copépodes A.clausi (15.5%), O.helgolandica (12%) et Centropages typicus (7.2%). En mai P.parvus a atteint une fréquence importante (15.7%), suivi par C.typicus et A.clausi. Durant ces mois printaniers, les cladocères ont révélé une

Tableau V

Variations de la densité du zooplancton  
(en ind m<sup>-3</sup>) dans le golfe Saronikos.

Mois Station	juillet	novembre	janvier	février	avril	mai
1	728	236	173	622	40	148
2	-	525	271	1041	544	1124
3	3697	897	415	628	869	769
4	3512	778	502	512	1433	1149

Tableau VI

Fluctuations des fréquences relatives des groupes  
taxonomiques dans la station 1.

Mois Groupes	juillet	novembre	janvier	février	avril	mai
COPEPODES	12.4	56.9	67.5	29.2	84.7	99.5
CLADOCERES	85.1	32.5	18.9	68.5	1.5	0.1
APPENDICULAIR.	0.6	1.9	1.3	0.3	-	-
CHAETOGNATHES	-	-	-	-	-	0.0
SALPES	-	-	-	-	-	-
DOLIOLIDAE	-	-	-	-	-	-
MEDUSES	-	-	-	-	-	-
SIPHONOPHORES	-	-	-	-	-	-
LARV. CRUSTAC.	1.0	1.7	0.5	0.2	10.6	0.1
LARV. ECHINOD.	-	-	-	-	-	-
LARV. POLYCHAET.	-	-	7.8	4.0	1.3	0.2
MOLLUSQUES	-	6.7	2.7	0.9	0.6	-
ICHTHYOPLANCT.	-	-	-	-	0.7	0.0
LARV. CIRRIPEDES.	-	-	3.0	-	-	-

fréquence faible (11.7%) représentés par E.nordmanni, P.polyphemoides et E.spinifera. Pour la même station (2), parmi les autres groupes les chaetognathes ont atteint leur fréquence maximale en janvier (3.86%), les doliolles (3.4%) et les siphonophores (9.5%) en avril. Le méroplancton a révélé une présence importante en mai ayant en abondance les larves des cirripèdes (14.9%), tandis que les autres mois, la fréquence des larves des divers groupes a été basse.

Tableau VII

Fluctuations des fréquences relatives des espèces dans la station 1.

Mois Espèces	juil.	novem.	janv.	févr.	avril	mai
<u>Acartia clausi</u>	7.8	32.7	61.5	25.0	78.9	96.7
<u>Centropages typicus</u>	0.4	0.1	0.1	-	0.7	-
<u>Clausocal. furcatus</u>	-	0.1	-	0.1	-	-
<u>Clausocalanus jobei</u>	-	-	-	0.1	-	-
<u>Copep. Clausocalanus</u>	-	15.1	0.4	0.1	0.8	-
<u>Ctenocalanus vanus</u>	-	-	-	0.2	0.7	0.0
<u>Corycaeus sp.</u>	-	0.8	-	0.1	-	-
<u>Coryc. giesbrechti</u>	-	-	0.2	-	-	-
<u>Corycella rostrata</u>	-	-	0.3	-	-	-
<u>Euterpina acutifrons</u>	0.1	0.0	-	0.1	-	-
<u>Oncaea sp.</u>	0.1	-	-	0.1	0.2	0.3
<u>Oncaea media</u>	-	-	1.3	-	-	-
<u>Oithona nana</u>	3.9	0.1	0.6	1.4	-	1.3
<u>Oithona plumifera</u>	-	0.2	0.1	-	-	0.0
<u>Oith. helgolandica</u>	-	0.7	0.3	0.2	0.7	0.7
<u>Paracalanus parvus</u>	-	6.8	2.0	1.4	1.4	0.2
<u>Copepod. Temora</u>	0.1	0.2	-	-	-	-
<u>Evadne spinifera</u>	0.1	-	-	-	-	-
<u>E. tergestina</u>	43.8	1.9	-	-	-	-
<u>E. nordmanni</u>	-	-	-	0.5	0.7	0.1
<u>Penilia avirostris</u>	40.2	2.1	-	-	-	-
<u>Podon polyphemoides</u>	1.1	28.5	18.3	68.0	0.7	-
<u>Podon intermedius</u>	-	-	0.1	-	-	-
<u>Fritillaria sp.</u>	-	0.0	-	-	-	-
<u>Oikopleura sp.</u>	-	1.9	0.6	-	-	-

Le zooplancton de la station 3 (Tableaux X et XI) est caractérisé par la dominance des copépodes à part le mois de juillet où le cladocère P.avirostris l'a emporté (41%). Ce même mois parmi les copépodes on signale la présence des copépodites de Temora (6.5%) et des Clausocalanus furcatus (3.9%). En novembre les principaux copépodes ont été, par ordre d'abondance: les copépodites de Clausocalanus et Paracalanus (27.5%), O.media (9.6%), P.parvus (9.3%), et C.furcatus (8.7%). Les cladocères ont été représentés par E.tergestina (10.2%) et P.avirostris (3.2%). En hiver (janvier et février) les copépodes P.parvus, C.vanus, les copépodites de Clausocalanus et A.clausii ont été trouvés en nombre important. En printemps (avril et mai) A.clausii, C.typicus et C.vanus ont été

abondants mais les cladocères aussi ont occupé une place importante au sein de la communauté avec E.nordmanni. Les autres groupes ont présenté des fréquences basses à part quelques hautes valeurs relevées pendant un seul mois. Tel est le cas pour les appendiculaires en février (22%) représentés également par des Fritillaria spp. et les Oikopleura spp. Les doliolles ont révélé un maximum en juillet (24%) et les larves des mollusques en novembre (8.2%).

Tableau VIII

Fluctuations des fréquences relatives des groupes taxonomiques dans la station 2.

Mois Groupes	Juil.	Novem.	Janv.	Févr.	Avril	Mai
COPEPODES	-	65.7	76.6	78.5	64.9	59.5
CLADOCERES	-	18.3	-	1.0	11.7	11.7
APPENDICULAIRES	-	5.5	13.2	15.9	6.2	3.0
CHAETOGNATHES	-	0.5	3.9	0.9	0.5	1.7
SALPES	-	-	-	-	-	-
DOLIOLIDAE	-	2.1	0.4	-	2.3	0.8
MEDUSAE	-	-	-	-	0.1	0.1
SIPHONOPHORES	-	-	-	0.7	9.5	0.9
LARV. CRUSTAC.	-	0.3	0.6	1.3	0.1	0.7
LARV. ECHINOD.	-	4.1	-	-	-	0.0
LARV. POLYCHAET.	-	-	0.9	0.1	0.5	0.1
MOLLUSQUES	-	2.8	3.9	0.3	0.1	4.8
ICHTHYOPLANCTON	-	-	0.1	1.1	1.0	1.6
OSTRACODES	-	-	0.4	0.1	-	-
LARV. CIRRIPEDES	-	-	-	-	2.9	14.9

Tableau IX

Fluctuations des fréquences relatives des espèces dans la station 2.

Espèces /Mois	Juil.	Novem.	Janv.	Févr.	Avril	Mai
<u>Acartia clausi</u>	-	2.8	-	2.7	15.5	7.5
<u>Calanus helgolandicus</u>	-	-	0.1	-	-	-
<u>C. tenuicornis</u>	-	-	-	0.4	-	0.3
<u>C. minor</u>	-	-	-	0.1	0.1	-
<u>Copepod. Calanus</u>	-	0.8	0.6	0.6	5.3	0.7
<u>Centropages typicus</u>	-	0.1	-	0.5	7.2	9.8
<u>Copepod. Centropages</u>	-	0.1	-	0.2	6.6	8.0
<u>Clausocalanus furcatus</u>	-	3.0	1.4	0.1	0.1	0.5
<u>C. arcuicornis</u>	-	-	-	0.1	-	0.1
<u>C. jobei</u>	-	-	1.0	3.3	0.1	0.2

Tableau IX (suite)

Espèces /Mois	Juil.	Novem.	Janv.	Févr.	Avril	Mai
<u>C. mastigophorus</u>	-	0.1	-	-	-	-
<u>C. pergens</u>	-	-	0.1	6.4	1.8	-
<u>C. parapergens</u>	-	-	-	-	-	0.1
<u>Copepod. Clausocalanus</u>	-	27.6	10.6	10.7	2.7	3.3
<u>Ctenocalanus vanus</u>	-	0.4	7.6	16.8	2.4	0.9
<u>Copepod. Ctenocalanus</u>	-	-	7.2	8.3	3.2	1.5
<u>Coryceus sp.</u>	-	4.3	0.5	0.1	0.1	-
<u>Coryceus giesbrechti</u>	-	-	3.0	0.2	0.5	0.7
<u>Corycella rostrata</u>	-	-	2.7	0.6	0.1	0.5
<u>Coryceus typicus</u>	-	-	1.5	0.1	-	-
<u>Coryceus brehmi</u>	-	-	0.2	-	-	-
<u>Coryceus furcifer</u>	-	-	0.2	-	-	-
<u>Candacia sp.</u>	-	-	0.1	0.1	-	-
<u>Copepod. Candacia</u>	-	-	-	0.1	0.1	-
<u>Clytemnestra sp.</u>	-	0.1	0.2	-	-	-
<u>Calocalanus pavo</u>	-	0.5	-	-	-	-
<u>Calocalanus spp.</u>	-	3.3	3.1	0.4	0.3	0.2
<u>Euterpina acutifrons</u>	-	0.3	0.1	-	0.4	0.2
<u>Copepod. Euchaeta</u>	-	-	-	0.1	-	-
<u>Copepod. Eucalanus</u>	-	-	-	-	0.1	-
<u>Isias clavipes</u>	-	-	-	0.0	-	-
<u>Lucicutia gemina</u>	-	-	-	0.0	-	-
<u>Mecynocera clausi</u>	-	0.6	2.0	0.3	0.1	0.2
<u>Oncaea media</u>	-	6.5	11.6	1.0	2.7	3.5
<u>Oncaea mediterranea</u>	-	-	0.7	0.4	0.1	0.4
<u>Lubbockia squillimana</u>	-	0.1	-	-	-	-
<u>Oithona nana</u>	-	0.3	-	0.1	0.1	0.3
<u>Oithona plumifera</u>	-	3.1	3.6	1.3	0.5	1.5
<u>Oithona helgolandica</u>	-	4.8	7.8	5.1	12.0	1.4
<u>Copepod. Oithona</u>	-	-	-	0.2	0.1	1.4
<u>Paracalanus parvus</u>	-	3.9	6.9	13.6	1.8	14.9
<u>Paracalanus denudatus</u>	-	0.6	1.4	0.5	-	0.2
<u>Copepod. Paracalanus</u>	-	-	-	0.5	0.1	0.8
<u>Copepod. Pleuromamma</u>	-	-	-	0.0	-	-
<u>Copep. Scolecithricela</u>	-	-	-	0.1	-	-
<u>Temora stylifera</u>	-	2.1	1.9	0.2	0.5	0.7
<u>Evadne spinifera</u>	-	-	-	-	-	3.3
<u>Evadne nordmanni</u>	-	-	-	-	6.2	8.0
<u>Penilia avirostris</u>	-	6.6	-	-	-	-
<u>Podon polyphemoides</u>	-	-	0.1	0.4	5.3	0.4
<u>Podon intermedius</u>	-	-	-	0.4	-	-
<u>Fritillaria pellucida</u>	-	-	9.8	4.6	5.1	-
<u>Fritillaria sp.</u>	-	0.3	1.6	4.6	0.1	0.4
<u>Oikopleura sp.</u>	-	5.2	1.7	5.7	1.1	2.6

Tableau X

Fluctuations des fréquences relatives des groupes taxonomiques dans la station 3.

Mois Groupes	Juil.	Novem.	Janv.	Févr.	Avril	Mai
COPEPODES	23.7	67.4	88.6	72.8	67.3	72.0
CLADOCERA	47.1	13.6	-	0.6	23.0	15.8
APPENDICULAIRES	1.8	2.1	2.6	22.0	3.2	3.1
CHAETOGNATHES	1.5	0.6	4.3	0.6	1.2	1.9
SALPES	-	-	-	-	-	-
DOLIOLIDAE	24.0	2.6	-	-	0.2	1.3
MEDUSAE	-	-	-	-	0.2	-
SIPHONOPHORES	0.2	0.2	-	1.3	1.5	1.7
LARV. CRUSTACEA	-	0.4	0.6	1.3	0.8	0.7
LARV. ECHINODERMES	-	1.3	-	-	-	-
LARV. POLYCHAETES	-	-	-	0.3	0.2	0.3
MOLLUSQUES	1.0	8.2	3.2	0.7	1.3	2.1
OSTRACODES	-	-	0.6	0.2	0.1	0.1
ICHTHYOPLANCTON	-	-	-	0.2	0.4	0.5
LARV. CIRRIPEDES	-	-	-	-	0.5	0.5

Tableau XI

Fluctuations des fréquences relatives des espèces dans la station 3.

Mois Espèces	Juil.	Novem.	Janv.	Févr.	Avril	Mai
<u>Acartia clausi</u>	-	0.5	-	13.1	17.0	21.9
<u>Acartia negligens</u>	-	0.1	-	-	-	-
<u>Calanus helgolandicus</u>	-	-	-	-	0.7	0.1
<u>Calanus tenuicornis</u>	-	-	0.1	0.8	0.1	-
<u>Calanus minor</u>	-	0.4	0.7	0.1	0.2	-
<u>Copepod. Calanus</u>	-	-	1.3	3.3	3.8	0.5
<u>Centropages typicus</u>	0.0	-	0.1	1.0	10.5	24.1
<u>Clausocalanus furcatus</u>	3.9	8.7	0.4	0.1	1.5	1.7
<u>C. arcuicornis</u>	0.1	-	-	-	0.1	-
<u>C. jobei</u>	-	1.1	3.3	1.7	0.6	1.0
<u>C. mastigophorus</u>	-	-	-	-	0.1	-
<u>C. pergens</u>	-	-	0.2	6.7	0.1	0.3
<u>C. parapergens</u>	-	-	0.7	-	-	-
<u>Copepod. Clausocalanus</u>	-	-	17.7	11.0	0.2	0.8
<u>Copepod. Paracalanus et clausocalanus</u>	-	27.5	-	-	-	-
<u>Ctenocalanus vanus</u>	-	0.9	11.9	4.7	5.5	5.2
<u>Copepod. Ctenocalanus</u>	-	-	5.2	3.2	1.0	2.3
<u>Coryceus sp.</u>	0.6	2.2	0.9	0.1	-	-
<u>Coryceus giesbrechti</u>	-	-	-	0.4	-	-
<u>Corycella rostrata</u>	-	-	1.8	-	0.2	0.8

Tableau XI (suite)

Mois Espèces	Juil.	Novem.	Janv.	Févr.	Avril	Mai
<u>Coryceus typicus</u>	-	-	1.3	-	0.1	0.2
<u>Coryceus brehmi</u>	-	-	0.2	0.4	-	0.1
<u>Coryceus furcifer</u>	-	-	0.4	-	-	-
<u>Corina granulosa</u>	-	-	0.1	-	-	-
<u>Coryceus clausi</u>	-	-	0.1	-	-	-
<u>Euaetideus giesbrechti</u>	-	-	0.2	-	-	-
<u>Candacia sp.</u>	0.0	-	-	-	-	0.2
<u>Copepod. Candacia</u>	-	-	0.4	0.1	0.1	-
<u>Clytemnestra sp.</u>	-	0.1	0.1	-	-	-
<u>Calocalanus pavo</u>	0.0	-	1.5	0.9	0.1	0.7
<u>Euterpina acutifrons</u>	0.1	0.6	-	0.1	-	0.3
<u>Copepod. Euchaeta</u>	-	-	0.1	-	-	-
<u>Copepod. Eucalanus</u>	-	-	-	-	0.1	0.1
<u>Eucalanus crassus</u>	-	-	-	-	0.1	-
<u>Eucalanus attenuatus</u>	-	-	-	-	0.1	-
<u>Ischnocalanus tenuis</u>	-	-	0.1	-	-	-
<u>Lucicutia gemina</u>	-	-	0.1	0.1	-	-
<u>Copepod. Lucicutia</u>	-	0.2	0.1	0.1	-	-
<u>Mecynocera clausi</u>	-	-	1.1	0.1	0.2	0.1
<u>Oncaea sp.</u>	0.8	-	-	-	-	-
<u>Oncaea media</u>	-	9.6	11.8	1.1	0.1	4.9
<u>Oncaea mediterranea</u>	-	-	0.4	-	0.8	1.2
<u>Oithona setigera</u>	-	0.1	-	-	-	-
<u>Oithona nana</u>	0.4	0.2	-	0.3	-	0.3
<u>Oithona plumifera</u>	0.1	2.4	3.6	0.8	1.3	1.0
<u>Oithona helgolandica</u>	0.0	1.4	2.3	9.3	3.8	5.2
<u>Copepod. Oithona</u>	-	-	0.4	-	-	-
<u>Paracalanus parvus</u>	1.9	9.3	9.5	11.9	9.6	3.8
<u>Paracalanus denudatus</u>	-	0.1	0.6	0.1	0.1	0.1
<u>Copepod. Paracalanus</u>	-	-	9.0	0.5	0.2	0.2
<u>Copepod. Pleuromamma</u>	-	-	-	0.1	0.1	-
<u>Temora stylifera</u>	6.5	0.2	0.8	0.3	0.1	0.2
<u>Evadne tergestina</u>	5.9	10.2	-	-	-	-
<u>Evadne nordmanni</u>	-	-	-	0.2	29.4	13.9
<u>Penilia avirostris</u>	41.2	3.2	-	-	-	0.1
<u>Podon polyphemoides</u>	-	0.2	-	0.2	0.6	1.2
<u>Podon intermedius</u>	-	-	-	-	-	0.5
<u>Fritillaria pellucida</u>	-	-	2.0	3.0	-	-
<u>Fritillaria sp.</u>	-	0.1	0.1	8.6	-	1.1
<u>Oikopleura sp.</u>	1.8	2.0	0.4	10.4	3.2	2.0

A la station plus éloignée des sources de pollution (station 4) (Tableaux XII et XIII), les cladocères ont été très abondants en juillet avec les espèces P.avirostris (45.7%), E.tergestina (11.4%) et E.spinifera (5%). Parmi les copépodes on doit signaler la présence de C.furcatus (7.6%) et de Temora stylifera (4.5%). En automne la fréquence des copépodes a augmenté (74.7%), représentés par les copépodites de Clausocalanus et Paracalanus (24.8%), Oncaea media



Tableau XII

Fluctuations des fréquences relatives des groupes taxonomiques dans la station 4.

Mois Groupes	Juil.	Novem.	Janv.	Févr.	Avril	Mai
COPEPODA	29.9	74.7	80.6	75.3	43.8	75.7
CLADOCERA	62.1	5.3	0.1	0.7	45.1	12.8
APPENDICULARIA	0.5	7.4	12.7	14.4	5.9	3.9
CHAETOGNATHA	0.3	-	4.2	3.0	1.3	1.0
SALPES	-	-	-	-	-	-
DOLIOLIDAE	5.0	6.2	0.1	-	0.1	1.4
MEDUSAE	-	-	-	-	0.1	-
SIPHONOPHORA	0.1	-	-	1.4	1.2	0.5
LARV. CRUSTACEA	0.2	-	-	2.0	0.8	0.5
LARV. ECHINODERMES	-	-	-	-	-	-
LARV. POLYCHAETES	-	-	0.1	0.3	0.2	0.2
MOLLUSQUES	1.2	9.1	2.0	1.1	0.9	2.7
OSTRACODES	-	-	0.1	0.7	-	-
ICTHYOPLANCTON	-	-	-	1.0	0.2	0.9
LARV. CIRRIPEDES	-	-	-	-	0.6	-

Tableau XIII

Fluctuations des fréquences relatives des espèces dans la station 4.

Mois Espèces	Juil.	Novem.	Janv.	Févr.	Avril	Mai
<u>Acartia clausi</u>	0.0	0.1	-	0.2	14.7	15.7
<u>Calanus helgolandicus</u>	-	-	-	-	0.3	-
<u>Calanus tenuicornis</u>	-	-	-	0.4	-	-
<u>Calanus minor</u>	0.0	2.0	3.3	0.4	0.6	-
<u>Copepod. Calanus</u>	-	-	4.4	1.2	1.4	0.8
<u>Centropages typicus</u>	0.0	-	0.3	0.2	2.5	8.2
<u>Centropages violaceus</u>	-	0.1	0.2	-	-	-
<u>Copepod. Centropages</u>	-	-	-	0.2	3.8	18.1
<u>Clausocalanus furcatus</u>	7.6	8.7	2.7	0.3	0.4	0.4
<u>C. arcuicornis</u>	-	-	-	1.0	0.6	0.2
<u>C. jobei</u>	0.0	0.8	8.4	4.2	0.1	0.8
<u>C. mastigophorus</u>	-	-	0.6	0.1	0.1	-
<u>C. pergens</u>	-	-	-	5.8	0.5	0.2
<u>Copepod. Clausocalanus</u>	-	-	8.8	7.0	2.1	-
<u>Copepod. Paracalanus</u> <u>et Clausocalanus</u>	-	27.8	-	-	-	-
<u>Ctenocalanus vanus</u>	-	1.3	4.9	15.6	0.5	4.2
<u>Copepod. Ctenocalanus</u>	-	-	9.2	7.8	0.9	6.5
<u>Coryceus latus</u>	-	-	-	0.1	-	-
<u>Coryceus sp.</u>	0.7	4.8	2.8	0.1	0.1	-

Tableau XIII (suite)

Mois Espèces	Juil.	Novem.	Janv.	Févr.	Avril	Mai
<u>Coryceus flaccus</u>	-	-	-	-	0.1	-
<u>Coryceus giesbrechti</u>	-	-	-	0.4	-	0.2
<u>Corycella rostrata</u>	-	-	1.1	0.2	0.1	0.6
<u>Coryceus typicus</u>	-	-	1.6	0.2	-	0.2
<u>Coryceus brehmi</u>	-	-	-	0.2	-	-
<u>Coryceus furcifer</u>	-	-	-	0.1	-	-
<u>Coryceus clausi</u>	-	-	0.2	-	-	-
<u>Candacia sp.</u>	-	-	0.2	-	0.1	-
<u>Copepod. Candacia</u>	-	0.1	0.2	0.2	-	0.1
<u>Clytemnestra sp.</u>	-	-	-	-	-	0.1
<u>Calocalanus pavo</u>	0.1	-	-	-	0.1	-
<u>Calocalanus sp.</u>	0.2	2.5	1.4	2.0	0.1	0.9
<u>Euaetideus giesbrechti</u>	-	0.1	-	-	-	-
<u>Euterpina acutifrons</u>	0.2	0.3	-	-	-	-
<u>Copepod. Euchaeta</u>	-	-	-	0.2	-	-
<u>Copepod. Eucalanus</u>	-	-	-	-	-	0.2
<u>Eucalanus crassus</u>	-	-	-	-	0.2	0.1
<u>Eucalanus monachus</u>	-	-	-	-	-	0.1
<u>Eucalanus attenuatus</u>	-	-	-	-	0.2	-
<u>Lubbockia squillimana</u>	-	0.1	-	-	0.4	-
<u>Lucicutia flavicornis</u>	-	-	-	0.1	-	-
<u>Lucicutia gemina</u>	-	-	0.2	0.6	-	-
<u>Copepod. Lucicutia</u>	-	0.2	0.2	0.4	-	0.1
<u>Mecynocera clausi</u>	-	1.4	1.1	0.4	-	0.1
<u>Oncaea media</u>	2.4	10.9	10.3	3.2	0.1	4.8
<u>Oncaea mediterranea</u>	-	-	4.9	3.0	0.5	0.8
<u>Oithona setigera</u>	-	0.1	-	-	-	-
<u>Oithona nana</u>	-	-	0.3	-	0.1	-
<u>Oithona plumifera</u>	0.6	5.8	1.3	2.8	1.6	1.1
<u>Oithona helgolandica</u>	-	2.1	0.6	8.0	6.9	1.8
<u>Copepod. Oithona</u>	-	0.6	0.2	0.4	0.5	0.1
<u>Paracalanus parvus</u>	1.0	3.4	6.6	2.4	4.8	3.6
<u>Copepod. Paracalanus</u>	-	-	2.2	1.4	0.1	0.5
<u>Paracalanus denudatus</u>	0.0	1.6	0.6	0.1	-	-
<u>Pontellina plumata</u>	-	-	0.2	-	-	-
<u>Copepod. Pleuromamma</u>	-	-	-	2.4	-	-
<u>Copep. Scolecithricella</u>	-	-	-	0.2	-	-
<u>Copepod. Scolecithrix</u>	-	-	-	0.2	-	-
<u>Scolecithrix bradyi</u>	-	-	0.2	-	-	-
<u>Temora stylifera</u>	4.5	3.0	1.2	0.1	0.4	0.2
<u>Copepod. Pontellidae</u>	-	-	-	-	-	0.1
<u>Evadne spinifera</u>	5.0	-	-	-	-	0.1
<u>Evadne tergestina</u>	11.4	1.3	-	-	-	-
<u>Evadne nordmanni</u>	-	-	0.1	0.1	44.9	11.6
<u>Penilia avirotris</u>	45.7	4.0	-	-	-	0.1
<u>Podon polyphemoides</u>	-	-	-	-	0.2	0.5
<u>Podon intermedius</u>	-	-	-	-	-	0.7
<u>Fritillaria pellucida</u>	-	-	-	3.0	-	-
<u>Fritillaria sp.</u>	-	0.3	-	4.6	-	1.3
<u>Oikopleura sp.</u>	-	7.1	12.6	6.8	5.9	2.6

(11%), C.furcatus (8.7%) et O.plumifera (5.8%). En janvier le zooplancton est composé principalement par les copépodes (80.6%), représentés par les espèces C.vanus (14.1%), O.media (10.3%), les copépodites de Clausocalanus (8.8%) et Clausocalanus jobei (8.4%). Au sein du zooplancton Oikopleura spp. a enregistré une fréquence relative importante (12.6%) mais sa présence est diminuée en février où les Fritillaria pellucida et Fritillaria spp. sont apparues. Pendant ce mois la fréquence de C.vanus a augmenté par rapport au mois précédent ainsi que de O.helgolandica. Les copépodes à moindre importance étaient: les copépodites de Clausocalanus, Clausocalanus pergens, C.jobei et O.media. En avril le cladocère E.nordmanni a occupé le premier rang avec une fréquence relative de 44.9% et il était accompagné par A.clausii, O.helgolandica et C.typicus. Les individus de C.typicus sont devenus plus nombreux en mai, suivis par A.clausii et C.vanus. Ce même mois la fréquence de E.nordmanni a diminué (11.6%). Tout au long du temps d'étude, les doliolles ont présenté une fréquence maximale en novembre (6.2%) et en juillet (5%). Les larves méroplanctoniques ont été trouvées peu nombreuses à part celles des mollusques en novembre (9.1%).

#### 4.2.3 Structure des populations zooplanctoniques: Diversité spécifique, dominance, diagrammes rang-fréquence

Les variations de l'indice de diversité H, du nombre d'espèces recensées et de la dominance sont données sur le Tableau XIV. D'autre part, l'évolution des diagrammes rang-fréquence tout au long de l'année, concernant les populations des quatre stations étudiées, est présentée sur les figures 3 et 4. D'après ces résultats, nous constatons qu'en juillet la diversité a présenté des valeurs basses pour les trois stations étudiées 1, 3 et 4. Le nombre d'espèces trouvées y a été réduit, surtout dans la baie d'Elefsis. Au contraire la dominance a été plus forte à la station 1 atteignant jusqu'à 84%; les diagrammes rang-fréquence du mois de juillet reflètent cette forte dominance des deux principales espèces à la station 1, bien que la pente générale des courbes soit restée inchangée d'une station à l'autre. En novembre une différenciation nette est apparue entre la station 1 et les trois autres stations due à la basse valeur de l'indice de diversité, au nombre réduit d'espèces et à la dominance importante des espèces occupant le premier et deuxième rang au sein du zooplancton de la baie d'Elefsis. L'examen des diagrammes rang-fréquence relatifs ne permet pas de distinguer aussi nettement cette différence malgré l'apparition d'une convexité aux courbes des stations 2, 3 et 4. En hiver et au printemps toutes les données relatives confirment la différence entre la communauté zooplanctonique de la baie d'Elefsis et celles du Saronikos intérieur (stations 2, 3 et 4). Ces communautés semblent être bien structurées, présentant des diagrammes convexes ayant des indices de diversité entre 2.6 et 3.9 bit ind<sup>-1</sup>, tandis que la dominance des deux espèces principales varie entre 25.3% et 59.6%; les espèces principales sont accompagnées au moins d'une trentaine d'espèces. En revanche le zooplancton de la baie d'Elefsis présente en saison froide et jusqu'au mois de mai une structure déformée à forte dominance (max 98.3%) et à faible indice de diversité (min 0.2 bit ind<sup>-1</sup>).

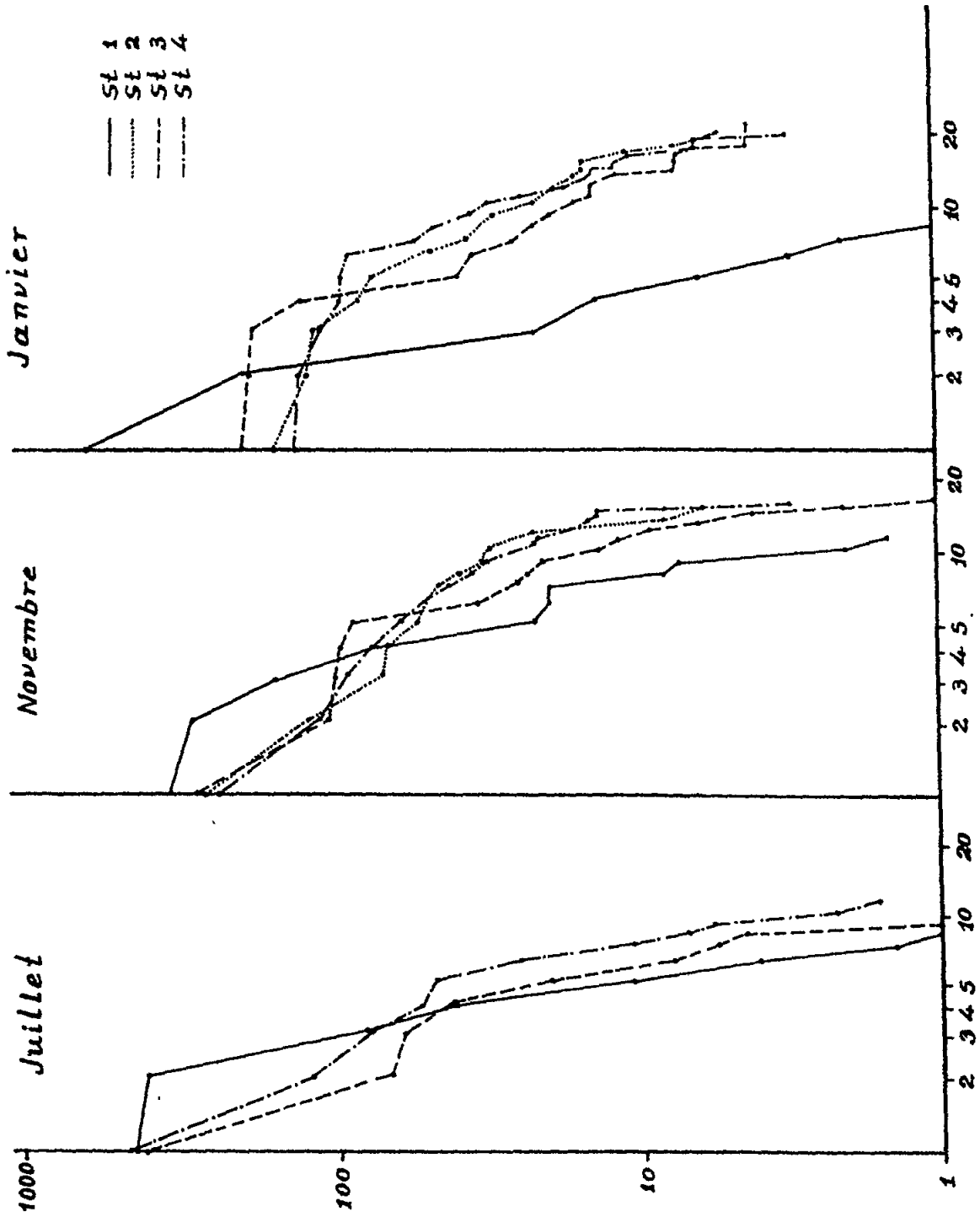


Fig. 3 Diagrammes rang-fréquence

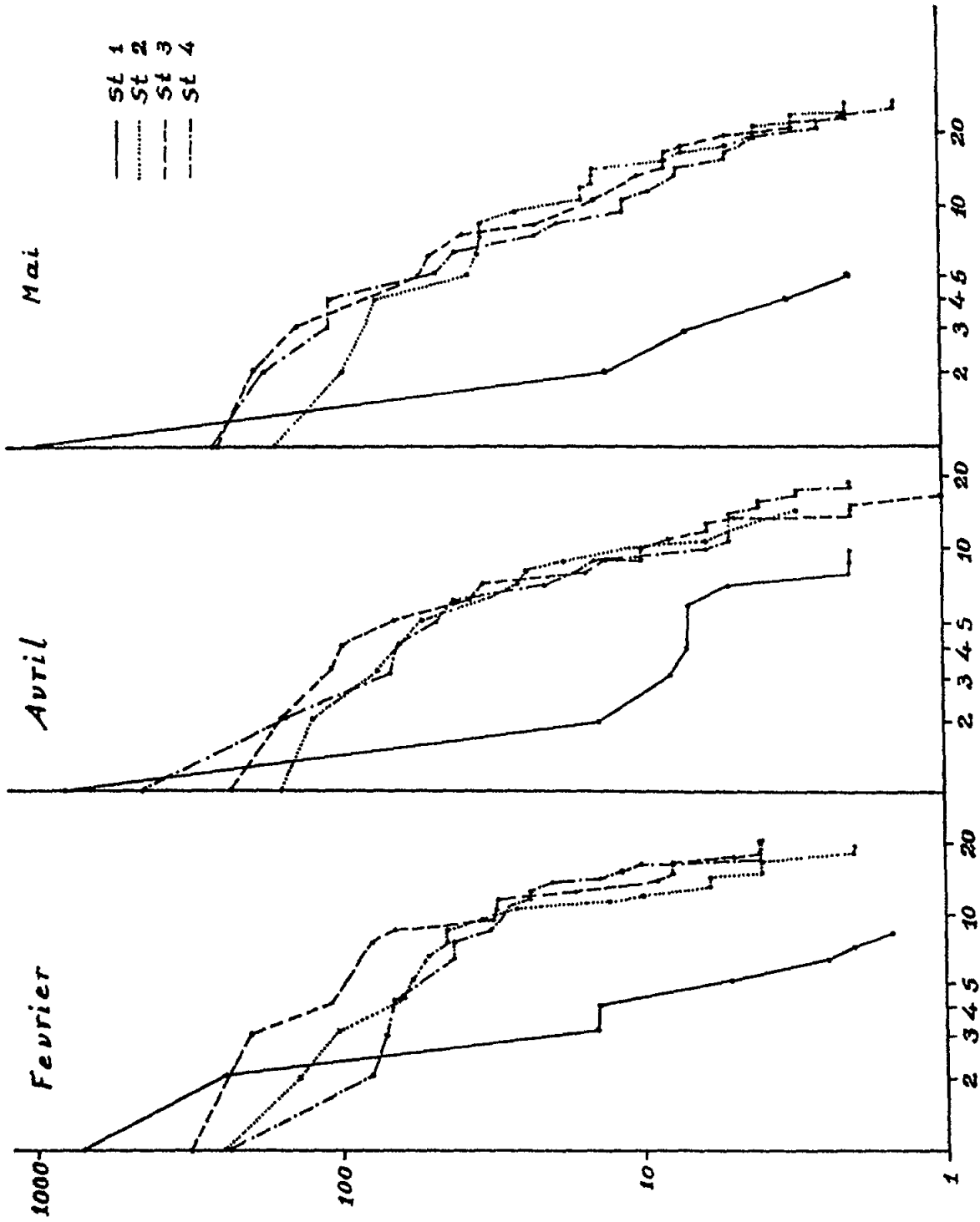


Fig. 4 Diagrammes rang-fréquence (suite)

Tableau XIV

Variations de l'indice de diversité H, du nombre d'espèces n et de la dominance  $\delta_2$ .

Mois		Juil.	Novem.	Janv.	Févr.	Avril	Mai
Station							
1	H	1.9	2.2	1.2	1.2	1.3	0.2
	n	10	16	13	13	11	8
	$\delta_2$	84.0	61.0	79.3	93.0	80.0	98.3
2	H	-	3.5	3.8	3.4	2.6	3.7
	n	-	25	29	37	30	29
	$\delta_2$	-	39.1	26.4	39.1	27.5	25.3
3	H	1.7	3.1	3.5	3.7	3.3	3.4
	n	16	24	36	32	33	32
	$\delta_2$	47.7	37.7	36.2	25.5	38.9	43.1
4	H	2.1	3.5	3.9	3.9	3.1	2.8
	n	17	28	28	43	33	35
	$\delta_2$	57.1	36.5	26.7	31.4	59.6	34.0

## 5. DISCUSSION

L'étude du zooplancton dans le golfe Saronikos, qui est soumis à divers facteurs polluants, nous a permis de distinguer une différenciation de ces communautés selon les lieux de prélèvement.

La baie d'Elefsis, qui est un milieu perturbé, a présenté depuis longtemps de fortes fluctuations de la biomasse et de la densité zooplanctonique. Pendant les années 1973-1975 la biomasse a varié entre 0.2 et 90 mg m<sup>-3</sup> (Yannopoulos, 1978) tandis que pendant les années 1984-1985 elle a varié entre 1.5 et 471 mg m<sup>-3</sup> (Papathanassiou et al., 1987). D'autre part, la densité du zooplancton a présenté des valeurs entre 940 et 59000 ind m<sup>-3</sup> (en tenant compte de la petite maille du filet- 180  $\mu$ m) pour la période entre juillet 1977 et juin 1978 (Moraitou-Apostolopoulou et Ignatiadou, 1980). Plus récemment, en 1984 et 1985, des valeurs variant entre 140 et 10420 ind m<sup>-3</sup> ont été relevées (Papathanassiou et al., 1987).

D'après ces observations on peut constater que des fluctuations mensuelles d'un ordre de grandeur sont très fréquentes dans la baie d'Elefsis; d'autre part on peut parler d'importantes variations annuelles. Ces variations doivent être liées d'une part aux facteurs physicochimiques (eutrophisation de la baie, forte diminution de l'oxygène dissous, variations de la température) et d'autre part à la présence dans la baie d'une population d'importants consommateurs de deuxième rang, les méduses *Aurelia aurita* (Papathanassiou et al., 1987). Nos résultats ont présenté des valeurs plutôt basses de la densité et de la biomasse zooplanctonique. Ce fait pourrait être dû à

différents facteurs: a) l'apparition précoce de méduses de taille importante au printemps 1987 b) les conditions défavorables d'échantillonnage, c'est-à-dire la présence massive de jeunes méduses ou de matière organique qui ont colmaté le collecteur du filet, c) une probable variation annuelle des effectifs zooplanctoniques.

La perturbation du milieu est de même exprimé par la composition et la structure du peuplement zooplanctonique. La forte dominance des espèces comme A.clausi, P.polyphemoides, E.tergestina et P.avirostris, selon la saison, accompagnées par un nombre restreint d'espèces rares (C.typicus, C.vanus, Corycaeus spp., O.helgolandica, P.parvus, E.nordmanni) et les faibles valeurs de l'indice de diversité qui en résultent, traduisent les conséquences de la pollution du milieu. La dominance de ces espèces considérées comme tolérantes à la pollution et de bas indices de diversité (0.02 à 1.53), ont été déjà observés dans la baie d'Elefsis par Moraitou-Apostolopoulou et Ignatiadou (1980) et par nous-mêmes pendant les années 1984 et 1985 (Siokou-Frangou et Anagnostaki, 1985). Une conséquence serait la déstructuration de la communauté tout au long des mois étudiés. Des phénomènes analogues ont été signalés dans la zone portuaire et le golfe de Fos-sur-mer par Patrity (1984b). Des peuplements dominés par des espèces tolérantes ont été décrits plus récemment dans des milieux pollués comme le golfe de Thessaloniki par Siokou-Frangou et Akepsimaidis (1986), la baie de Kastela par Regner (1987) et la zone côtière de Liban par Lakkis et Zeidane (1987).

Bien que la station 2 se trouve plus proche de l'émissaire que la station 1 et qu'elle ait ainsi révélé de hautes teneurs en sels nutritifs et une turbidité qui augmente temporairement, le zooplancton ne semble pas être affecté par les rejets polluants. Les fortes fluctuations des effectifs de la biomasse et de la densité peuvent signifier une eutrophisation du milieu pour certains jours. Néanmoins, la composition et la structure des peuplements zooplanctoniques n'ont pas révélé de perturbation. L'absence des essaims monospécifiques, le nombre important des espèces recensées lié aux indices de diversité satisfaisants, différencient cette station des milieux pollués décrits ci-dessus. Au contraire, les communautés qui y sont observées sont associées à celles des stations 3 et 4. Les résultats quantitatifs et qualitatifs de cette étude n'ont pas permis de relever une influence des charges polluantes de l'émissaire sur le zooplancton des stations 3 et 4. La présence d'un nombre important d'espèces parmi lesquelles les deux principales ont été trouvées en dominance moyenne, indique un état d'équilibre. La composition spécifique, avec pour représentants les espèces O.media, C.vanus, P.parvus, Clausocalanus spp., O.helgolandica, C.typicus, T.stylifera, E.nordmanni, P.avirostris, F.pellucida, et Oikopleura spp., est pareille à celle observée antérieurement à la station 3, ainsi qu'à celles décrites pour les eaux propres du Saronikos extérieur et pour la rade avoisinante d'Epidavros (Siokou-Frangou et Anagnostaki, 1985). Il faut signaler toutefois que d'après l'étude effectuée pendant les années 1984-1985, quelques forts effectifs de densité zooplanctonique relevés à la station 3 ont été attribués aux rejets de l'émissaire (Siokou-Frangou et Anagnostaki, 1985). Ces forts effectifs (5700, 5900, 9400 ind m<sup>-3</sup>) sont nettement supérieurs à nos résultats récents.

D'après les diagrammes rang-fréquence et les indices de diversité, il semble que, dans le golfe Saronikos, tout au long d'un gradient s'éloignant de la source polluante (station 2, 3 et 4), les peuplements zooplanctoniques du golfe sont structurés mis à part le mois de juillet où ils se désorganisent. Cette déstructuration estivale a été déjà signalée par Patrity (1984a) pour le zooplancton de la zone de l'émissaire Marseille-Cortiou, et ce phénomène n'a pas été relié au voisinage de la source polluante. Une certaine ressemblance paraît exister entre la station 2 et la zone de l'émissaire de Marseille-Cortiou où le fort hydrodynamisme et l'influence des vents dominants facilitent la dilution de la nappe d'épandage. Les courants cycloniques et les vents du nord qui dominent dans le golfe Saronikos intérieur, favorisent la dilution de l'effluent et limitent l'impact des polluants sur le zooplancton de la région étudiée. Les vents du sud qui soufflaient en mai ont circonscrit la nappe d'épandage autour de la station mais la composition et la structure du zooplancton n'ont pas été influencées. Il semble alors que les zooplanctontes peuvent tolérer des perturbations du milieu à court terme, compte tenu par ailleurs de leur possibilité d'effectuer des migrations verticales qui permettent de passer d'un milieu dans un autre à caractéristiques différentes (Arfi *et al.*, 1981).

## 6. CONCLUSION

L'impact de la pollution sur le zooplancton du golfe Saronikos dépend des autres facteurs de l'environnement. L'effet des charges polluantes est accentué sur les peuplements de la baie d'Elefsis où la morphologie et le régime hydrologique ne permettent pas la dilution de la nappe d'épandage; ces conditions renforcent le stress que subissent les zooplanctontes, éliminent certaines espèces aux exigences plus strictes et favorisent la forte dominance des espèces tolérantes. D'autre part, dans le golfe intérieur, les autres facteurs de l'environnement (morphologie, courants et vents dominants) dissocient les masses d'eau à charge polluante et diluent l'effluent, permettant ainsi la présence de communautés zooplanctoniques plus équilibrées et bien structurées.

## 7. REFERENCES

- Armstrong, F.A.J., C.R. Stearns and J.D.H. Strickland (1976), The measurement of upwelling and subsequent biological processes by means of the Technicon Autoanalyser and associated equipment. *Deep-sea Res.*, 14:381-389.
- Arfi, R., G. Champalbert and G. Patrity (1981), Système planctonique et pollution urbaine: un aspect des populations zooplanctoniques. *Mar.Biol.*, 61:133-141.
- Benon, P., B. Rourgade and R. Kantin (1977), Impact de la pollution sur les écosystèmes méditerranéens côtiers. Aspects planctoniques. Thèse Doctorat 3ème cycle. Univ. Aix-Marseille II:400 p.



- Champalbert, G. and G. Patrìti (1982), Impact de la pollution sur les communautés zooplanctoniques dans la zone d'épandage de l'émissaire urbain de Marseille. Hydrobiologia, 89:17-27.
- Friligos, N., P. Dagle, R. Psillidou, S. Barbetseas, A. Souvermezoglou and E. Hatzigeorgiou (1987), Observations sur les paramètres physicochimiques de la baie d'Elefsis (1985). 2ème Symposium Hellénique en Océanographie et en Pêche, Athènes, 11-15 mai 1987 (en grec).
- Frontier, S. (1969), Methodes d'analyse statistique applicables à l'écologie du plancton. Centre ORSTOM de Nosy-Bé (Océanogr.), Doc. 7:33 p.
- Groupe EPOPEM (1979), Système planctonique et pollution urbaine. Un aspect des populations zooplanctoniques. Oceanol.Acta, 2(4):379-388.
- Hager, S.W., L.I. Gordon and P.K. Park (1968), A practical manual for the use of Technicon Autoanalyser, in sea water nutrient analysis. A final report to B.C.F. Contract 14- 17- 0001- 1759. O.S.U. Dep. of Oceanogr. Ref. No 68-33, 31 p.
- Koroleff, F. (1970), Revised version of "Direct determination of ammonia in natural waters as indophenol blue". Int. Con. Explor. Sea CM 1969/C:9 ICES Information on Techniques and Methods for sea water analysis. Intel.Rep., (3):19-22.
- Lakkis, S. and R. Zeidane (1987), Modifications de l'écosystème planctonique par la pollution des eaux côtières libanaises. In Papers presented at the FAO/UNEP meeting on the effects of pollution on marine ecosystems, (Blanes, Spain 7-11 October 1985), FAO Fish.Rep., (352):123-159.
- Lovegrove, T. (1966), The determination of the dry weight of plankton and the effect of various factors on the values obtained. In Some Contemporary Studies in Marine Science, edited by H. Barnes, G. Allen and Urwin, London, pp.429-467.
- Moraitou-Apostolopoulou, M. (1976), Etude comparative du zooplancton superficiel (0-100m) à une zone hautement polluée et une autre relativement propre (golfe Saronikos-Grèce). Rapp.Comm.int.Mer Médit., 23(9):59-60.
- Moraitou-Apostolopoulou, M. (1978), Contribution à la systématique et l'écologie du zooplancton de surface (0-100m) dans une zone polluée du golfe de Saronique. Biologia gallohellenica, 7(1-2):203-213.
- Moraitou-Apostolopoulou, M. (1981), The annual cycle of zooplankton in Elefsis bay (Greece). Rapp.Comm.int.Mer Médit., 27(7):105-106.
- Moraitou-Apostolopoulou, M. and L. Ignatiadou (1980), Pollution effects on the phytoplankton- zooplankton relationships in an inshore environment. Hydrobiologia, 75:259-266.

- Murphy, J. and J.P. Riley (1962), A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. Anal.Chim.Acta, 12:162-176.
- Papathanassiou, E., K. Anagnostaki, P. Panayotidis, I. Siokou-Frangou, O. Gotsis-Skretas, S. Barbetseas and N. Friligos (1987), Studies on the biology and ecology of jellyfish in greek waters. Final report, N.C.M.R., UNEP, Athens.
- Patriti, G. (1984a), Remarques sur la structuration des populations zooplanctoniques dans la zone de l'émissaire de Marseille-Cortiou. Mar.Biol., 2:157-166.
- Patriti, G. (1984b), Aperçu sur la structure des populations de la zone portuaire et du golfe de Fos-sur-mer. Téthys 11(2):155-161.
- Regner, D. (1987), The impact of pollution on the copepod community of the Kastela Bay. In Papers presented at the FAO/UNEP meeting on the effects of pollution on marine ecosystems, (Blanes, Spain 7-11 October 1985), FAO Fish.Rep., (352):201-215.
- Shannon, C.E. and W. Weaver (1949), The mathematical theory of communication. Urbana, Univ. Illinois Press, 117 p.
- Siokou-Frangou, I. and K. Anagnostaki (1985), Zooplankton. In Studies on the biology and ecology of jelly-fish in greek waters. Progress Report, N.C.M.R., Athens.
- Siokou-Frangou, I. and K. Akepsimaidis (1986), Impact de la pollution sur le zooplancton du golfe Thermaikos (Mer Egée, Hellas). Rapp.Comm.int.Mer Médit., 30(2):202.
- Slawyk, G. and J.J. McIsaac (1972), The comparison of two automated ammonium methods in a region of coastal upwelling. Deep-sea Res., 19:521-524.
- Strickland, J.D.H. and T.R. Parsons (1968), A practical handbook of seawater analysis. Fish.Res.Board Cn.Bull., (167):310 p.
- Travers, M. (1971), Diversité du microplancton du golfe de Marseille en 1964. Mar.Biol., 8:308-343.
- Verriopoulos, G., M. Moraitou-Apostolopoulou and S. Hatzinikolaou (1985), Quantitative and qualitative composition of zooplankton in two areas of Saronikos gulf. Rapp.Comm.int.Mer Médit., 29(9):307-308.
- Yannopoulos, C. (1976), The annual regeneration of the Elefsis Bay zooplanktonic ecosystem. Saronikos gulf. Rapp.Comm.int.Mer Médit., 23(9):109-111.
- Yannopoulos, C. (1978), La production secondaire et la pollution dans un écosystème marin oligotrophe. Thèse doctorat. Université d'Athènes, 135 p. (en grec).

EFFECTS OF POLLUTION ON THE DISTRIBUTION OF MOLLUSCS AND  
POLYCHAETES IN MESSOLONGHI LAGOON AND ADJACENT AREAS

by

A. NICOLAIDOU, F. BOURGOUTZANI  
and A. ZENETOS

Zoological Laboratory, University of Athens  
Panepistimioupolis, 157 71 Athens, Greece

A B S T R A C T

The system of lagoons of Messolonghi was divided into five biotopes according to their polychaete and molluscan fauna. The first, in the deeper and most enclosed part, was characterised by anoxic conditions. The second was occupied by the Biocoenosis of Eurythermic and Euryhaline Lagoons (LEE). The third was a transitional zone between the second and the fourth which contained the biocoenosis of the Superficial Muddy Sand in Sheltered areas (SVMC). The fifth biotope was restricted to a hypersaline lagoon. On the whole, 93 species of polychaetes and 63 species of molluscs were identified. The number of species was negatively correlated with the percentage of fines and the degree of sorting of the sediment and positively correlated with the concentration of dissolved oxygen.

1. INTRODUCTION

The area of Messolonghi is one of the most important lagoon systems in Greece. It is of financial importance since it supports an extensive aquaculture of coastal euryhaline fish. Its ecological interest has placed it second in the list of protected areas in Greece according to the Ramsar Convention (Dorikos, 1981). In spite of its importance very little work has been done in the area. Apart from one or two technical reports of very restricted circulation, the only papers published are those of Hatjikakidis (1951, 1952), which supply some information on the hydrographic characteristics of the lagoon. This is the first study of the benthic fauna of the area. It attempts to define the specific biotopes within the lagoon system by examining the polychaete and molluscan fauna.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1 Description of sampling area

The Messolonghi lagoon is situated on the western coast of Greece (Fig. 1). It consists of three parts - the inner Aetoliko lagoon, the Messolonghi lagoon proper and the Klissova lagoon - which are connected with shallow channels. The depth varies from a few centimeters to about two meters, except for the central part of the Aetoliko where it reaches thirty meters (Table I).

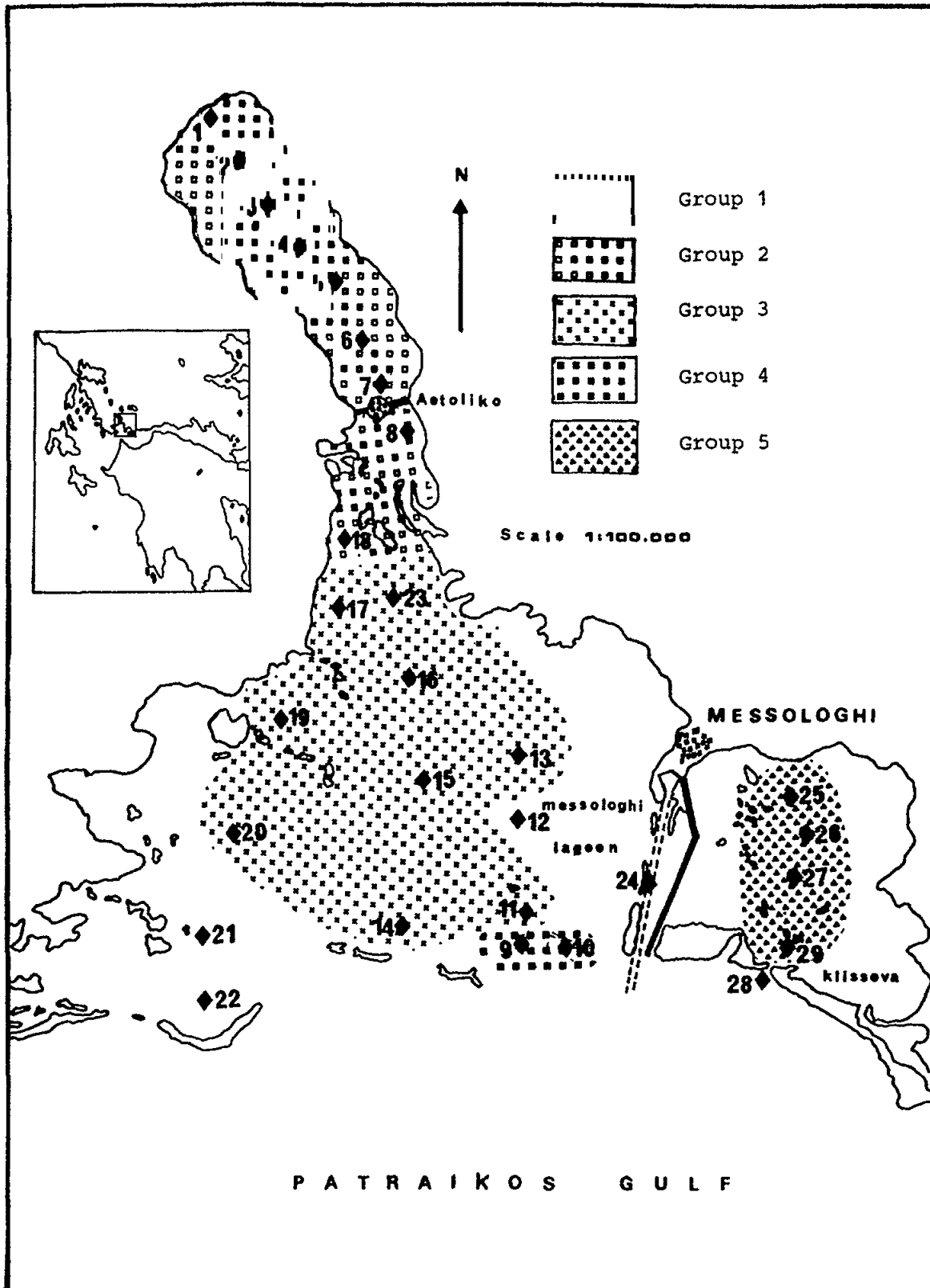


Fig. 1 Sampling area and distribution of biotopes

Table I

Hydrographic and sediment characteristics and number of species at each sampling station.

Station	Depth m	Salinity	Dissolved oxygen ml l <sup>-1</sup>	Mean size $\phi$	% mud	Sorting $\phi$	No of species
1	3.5	15.0	4.44	-	-	-	9
2	27.0	35.0	0	7.05	83	3.65	2
3	20.0	30.0	0	7.17	92	2.79	2
4	20.0	30.0	0	7.20	93	2.30	2
5	9.0	20.0	0.48	8.03	94	2.45	3
6	7.5	16.0	1.57	8.87	98	3.18	7
7	2.5	18.0	0	6.93	81	3.45	10
8	1.0	25.0	0	5.90	64	4.12	6
9	1.4	39.0	2.27	2.49	3	0.93	47
10	1.8	39.5	3.93	-	-	-	51
11	1.1	40.0	3.37	7.57	85	3.79	23
12	1.1	43.0	2.25	7.10	85	3.30	5
13	1.5	42.0	3.83	-	-	-	17
14	1.0	44.0	3.48	3.35	66	3.10	24
15	1.2	42.5	3.30	6.87	88	2.89	15
16	0.8	40.0	3.43	1.80	8	1.37	22
17	0.7	30.0	4.75	7.44	82	4.34	22
18	0.4	23.0	3.90	7.86	87	3.52	15
19	0.8	51.0	2.77	7.28	85	3.38	19
20	1.2	48.0	3.50	1.97	8	1.65	21
21	0.5	45.0	4.58	-	-	-	18
22	1.3	44.0	3.83	-	-	-	22
23	0.7	10.0	2.91	5.77	68	3.19	17
24	7.0	40.0	3.66	6.89	83	3.45	37
25	0.6	49.0	3.20	-	-	-	19
26	0.5	50.0	3.45	7.46	89	3.35	15
27	0.8	50.5	2.82	5.31	62	4.47	7
28	0.7	48.0	2.11	4.05	62	2.02	16
29	1.2	58.0	2.82	6.76	82	3.35	13

## 2.2 Collection and treatment of samples

Qualitative samples of approximately the same volume were collected in July 1981 using a Foster's anchor dredge (Holme, 1971). A small part of each sample was kept for sediment analysis and the rest was sieved through a 1mm sieve and stained with Rose Bengal. The samples were preserved in 4% formalin in sea water. Particle size distribution of the sediment was determined by the mechanical and hydrometrical methods described in Bowles (1978).

Mean particle size and standard deviation (sorting coefficient) were calculated according to the formula found in Briggs (1977). The nomenclature used for the sediments is after Folk (1954).

Water samples were collected with a N.I.O. bottle. The dissolved oxygen concentration was measured by the Winkler method (Strickland and Parsons, 1968) and the salinity with a refractometer.

### 2.3 Analysis of data

Using binary (presence-absence) data, faunal affinity between stations was calculated by comparing all possible pairs of stations according to the formula of Chekanowski (Clifford and Stephenson, 1975). Stations were grouped using the Nearest Neighbour strategy (Wishart, 1978), while partitioning of the resulting dendrogram was performed as suggested by Orford (1976).

Associations between fauna and sediment were investigated by a non-parametric test. The Spearman rank correlation coefficient (Zar, 1974) was calculated between number of species and mean grain size, the mud content and the sorting. The same test was employed to examine the relationship between number of species and dissolved oxygen and salinity.

## 3. RESULTS

### 3.1 Environmental parameters

The hydrographic parameters at the bottom and the sediment characteristics are given in Table I. The salinity varied greatly between the three lagoons. Lowest salinity values were registered in the Aetoliko lagoon where they ranged from 15 to 35. The majority of high salinities (48-58) was observed in the shallow stations 25 to 29, all situated in the enclosed Klissova lagoon. In the Messolonghi lagoon proper the salinity ranged from 10 to 51.

The concentration of dissolved oxygen was also variable. It ranged from zero in the deepest parts of the Aetoliko to 4.75 ml l<sup>-1</sup> at station 17.

The percentage of sand, silt and clay of the sediment at each station is presented graphically in Figure 2. The sediment in most stations was muddy, the amount of fines (grain size smaller than 0.0625 mm) ranging between 62% and 98%. Only stations 9, 16 and 20 were sandy with a percentage of fines between 3 and 8%. At those stations the sediment was moderately or poorly sorted, while at all the rest it was either very poorly or extremely poorly sorted.

### 3.2 Polychaete and molluscan fauna

139 species were identified over the whole area, of which 93 were polychaetes and 63 molluscs (see appendix). The number of species found at each station is shown in Table I. The most widely distributed species of polychaetes were Heteromastus filiformis, Armandia cirrosa and Podarke pallida which were present in 44.8% of the stations. Of the molluscs, Abra ovata and Parvicardium exiguum, present in 62.1% and 51.7% of the stations respectively, were the most widely distributed.

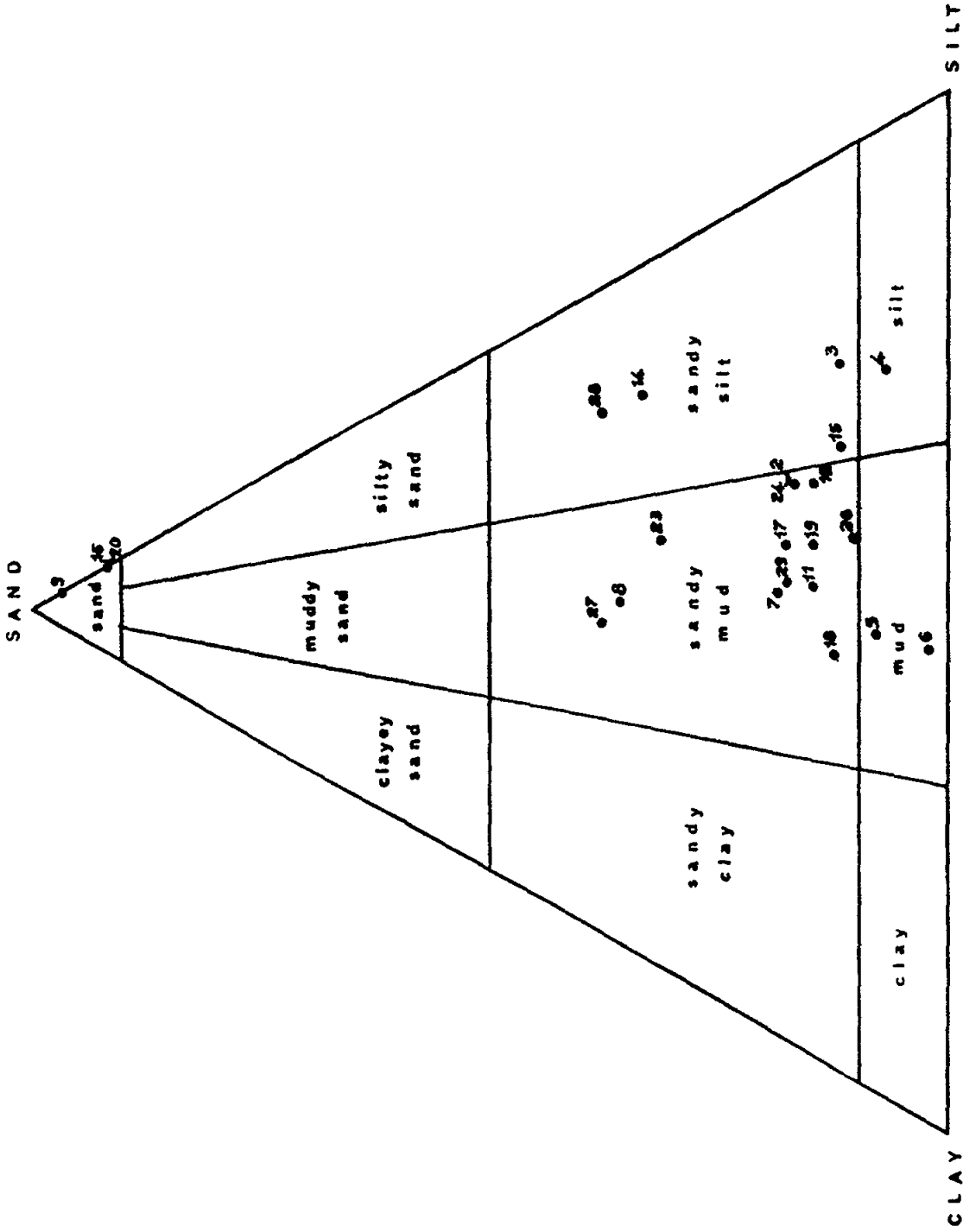


Fig. 2 Sediment type of each station according to nomenclature by Folk (1954)

### 3.3 Effect of environmental factors on the distribution of species

Table II shows the results of the Spearman rank correlations between the number of species and the environmental parameters measured. It can be seen that the number of species increased as the amount of fines in the sediment decreased ( $0.01 < P < 0.02$ ) and as the sorting of the sediment became poorer ( $0.002 < P < 0.005$ ). On the other hand, as might be expected, the number of species showed positive correlation with the concentration of dissolved oxygen, with probability  $P < 0.001$ . No significant correlation was found between the number of species on the one hand and the mean grain size and salinity on the other.

Table II

Correlation between number of species and environmental parameters.  
Significant correlations are indicated by \*.

No of species correlated with	Correlation coefficient	Degrees of freedom	Probability
Mean grain size	0.371	21	$0.05 < P < 0.10$
% mud	-0.511	21	$0.01 < P < 0.02^*$
Sorting	-0.591	21	$0.002 < P < 0.005^*$
Dissolved oxygen	0.644	27	$P < 0.001^*$
Salinity	0.278	27	$0.10 < P < 0.20$

### 3.4 Faunal associations

The dendrogram in Figure 3 shows the grouping of stations according to their faunal similarities and Table III the average environmental characteristics corresponding to each group. At similarity level 47.6%, five major groups became apparent, the spatial distribution of which is shown in Figure 1.

Group 1 includes the deeper stations in the center of the Aetoliko, characterized by anoxic conditions, high percentage of mud in the sediment and great paucity of animals. The polychaetes were completely absent from this group and the molluscs were represented by two species only, namely Mytilaster minimus and Hydrobia ventrosa. It is possible that H. ventrosa may withstand low oxygen concentrations. Stirn (1971) mentions that the related species Hydrobia acuta accounted for 63% of the total density in the Lake of Tunis which is a seasonally hypersaline and anoxic lagoon.



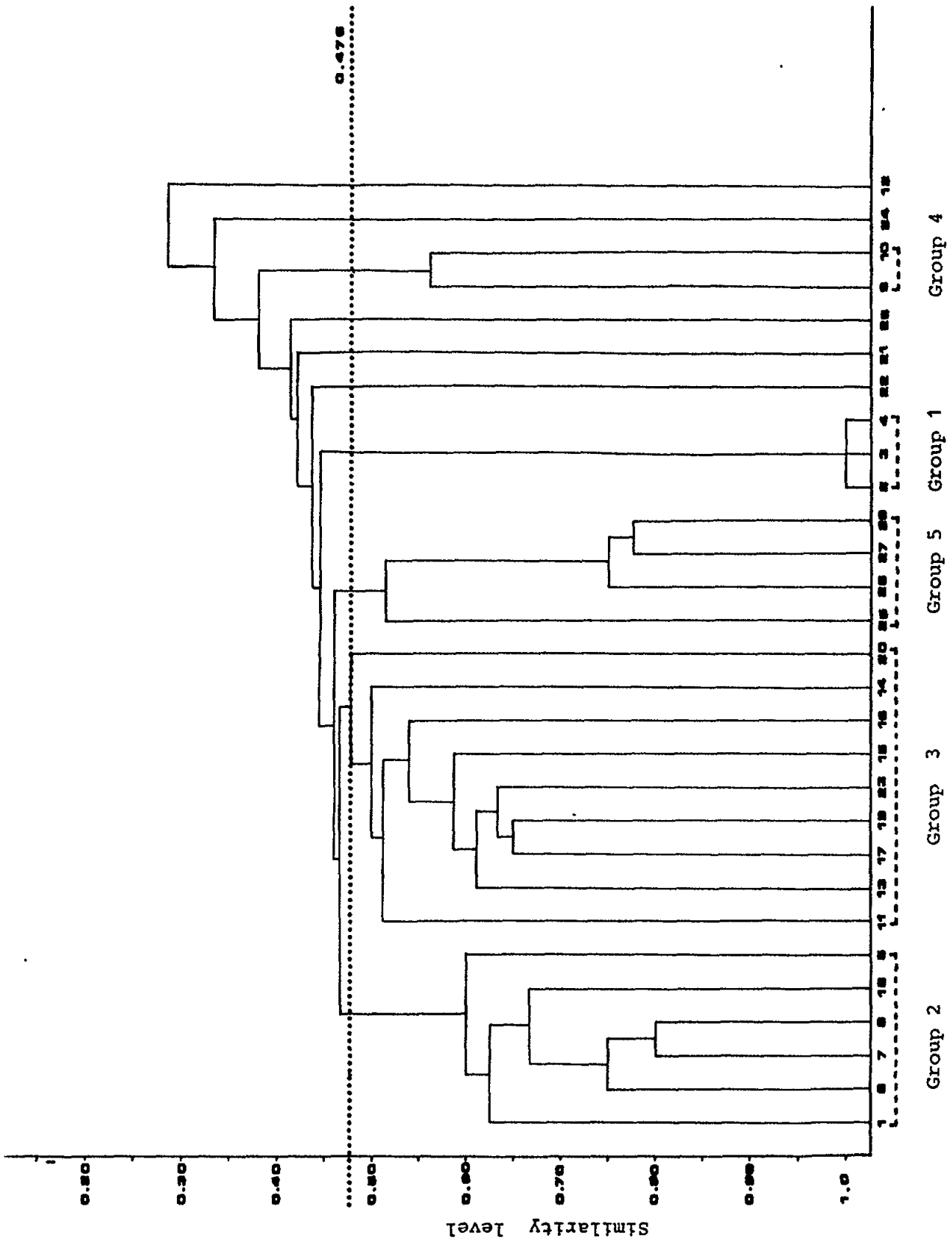


Fig. 3 Dendrogram of faunal affinity between stations

Table III

Sediment and animal characteristics, as mean of all stations in each group. n=number of stations per group.

Mean $\pm$ SD / station for	Group 1 n = 3	Group 2 n = 6	Group 3 n = 9	Group 4 n = 2	Group 5 n = 4
No of species	2 $\pm$ 0	8.30 $\pm$ 4.10	20.00 $\pm$ 3.10	18.50 $\pm$ 5.00	13.50 $\pm$ 5.00
Mean grain size in $\phi$	7.14 $\pm$ 0.08	7.52 $\pm$ 1.14	5.26 $\pm$ 2.49	2.49	6.51 $\pm$ 1.10
% fines	89.33 $\pm$ 5.51	84.90 $\pm$ 13.35	62.63 $\pm$ 0.2	3.00	77.83 $\pm$ 14.22
Sorting $\phi$	2.91 $\pm$ 0.68	3.35 $\pm$ 0.61	2.97 $\pm$ 1.05	0.94	3.73 $\pm$ 0.65
Dissolved O <sub>2</sub> concentration ml l <sup>-1</sup>	0	1.73 $\pm$ 1.98	3.48 $\pm$ 0.57	3.10 $\pm$ 1.17	3.07 $\pm$ 0.31
Salinity	31.67 $\pm$ 2.89	19.50 $\pm$ 3.94	42.19 $\pm$ 0.35	39.25 $\pm$ 0.35	51.88 $\pm$ 4.13

Group 2 comprises the shallow areas of the Aetoliko where sediment characteristics were similar to the previous stations but salinity was lower and the values of dissolved oxygen greater. Anoxic conditions occurred at stations 7 and 8, but those stations were not azoic. They numbered 10 and 6 species respectively. Thus the lack of oxygen was either a very recent or a very temporary phenomenon. On the whole, 13 species of polychaetes and 6 of molluscs were found, the most widely distributed and most abundant of which were Nereis diversicolor, Nephtys hombergii, Abra ovata and Cerastoderma glaucum characteristic of the Biocoenosis of Euryhaline and Eurythermic Lagoons (LEE), and Cyclope neritea, Hydrobia ventrosa considered as accompanying species of LEE. (Pérès, 1967).

Group 3 extends over most of the area of the Messolonghi lagoon proper. In relation to the previous groups the sediment there was coarser, with greater mean grain size and smaller percentage of fines, while the dissolved oxygen and the salinity were greater.

Some of the species of the previous biotope, Mytilaster minimus, Abra ovata and Cerastoderma glaucum were still present but not widely distributed. On the other hand some species with high occurrence, such as the polychaetes Lumbrinereis gracilis, Lumbrinereis latreilli and Armandia cirrosa, appear for the first time. The polychaete Nereis caudata replaces Nereis diversicolor at most stations. Of the molluscs, the bivalves Venerupis aurea and Loripes lacteus characteristic of the Biocoenosis of superficial muddy sands in sheltered areas (SVMC) and the gastropod Gibbula adriatica appear for the first time.

Group 4 comprises only the two outermost stations. There is a further increase in grain size and decrease in the percentage of fines in the sediment. This group did not considerably differ from the previous group as far as oxygen is concerned, but salinity dropped again due to the proximity of the sea. In relation to the fauna, Mytilaster minimus and Abra ovata have disappeared, the latter being replaced by the open sea species Abra alba. It should also be mentioned that Venerupis aurea characteristic of SVMC and Venericardia antiquata preferential of SVMC had a high occurrence and abundance. Species with high occurrence missing from previous groups were: Jujubinus striatus, Divaricella divaricata, Owenia fusiformis, Pholoe minuta and Aonides oxycephala.

The presence of O. fusiformis in large numbers off lagoons is also reported by Gamulin-Brida (1967) for the lagoon of Venice.

Group 5 includes the high salinity stations of Klissova lagoon, where the sediment was poorly sorted with a high percentage of fines. They contained species characteristic of LEE such as Abra ovata, Cerastoderma glaucum and Hydrobia ventrosa while there was a striking absence of two other species characteristic of this biocoenosis, namely Cyclope neritea and Mytilaster minimus, which however were present in other parts of the lagoon. A possible explanation are the high salinities (49-58) of this group of stations. For Cyclope neritea in particular, Mars (1966) found that it survives normally in salinities between 13 and 41.

Hydrobia ventrosa has its maximum concentrations in the enclosed areas of Aetoliko and Klissova. This is in agreement with Barnes (1974) according to whom Hydrobia, "appears to be fundamentally a sheltered-habitat species".

#### 4. DISCUSSION

The fauna of Messolonghi was divided into five assemblages. The first comprised only two species in low abundances, Hydrobia ulvae and Mytilaster minimus. The second corresponded to the euryhaline and eurythermic biocoenosis (LEE), (Pérès, 1967), with its characteristic species Nereis diversicolor, Nephtys hombergii, Abra ovata and Cerastoderma glaucum. The two stations closest to the sea (Group 4) marked the beginning of the SVMC biocoenosis, while between the two, Group 3, was a transitional zone where characteristics of both biocoenoses were present, namely A. ovata and C. glaucum from the LEE and Venerupis aurea and Loripes lacteus from the SVMC. A fifth assemblage was found in the hypersaline lagoon Klissova. Pérès and Picard (1964) mention that the two biocoenoses LEE and SVMC appear together and that SVMC gradually leads to LEE when the salinity and temperature range becomes greater. Succession of the two biocoenoses with the SVMC towards the sea and the LEE inland in Mediterranean lagoons has been mentioned by Mars (1966), Guelorget and Michel (1979) and Russo and Ferro (1980).

On the basis of the faunal assemblages five biotopes were identified. The first is in the deeper and more enclosed part of the area, characterised by anoxic conditions and high percentage of mud in the sediment. The second corresponds to a wide range of salinities and temperatures. The third is intermediate between the latter and the most open end of the lagoon, which is characterised by coarser sediment with lower concentration of fines and conditions similar to those of the open bay. The fifth biotope, in Klissova, is characterised by very high salinities.

To explain the observed succession of assemblages as well as the tendency of species numbers to increase in the areas closer to the sea, three environmental factors are considered: dissolved oxygen concentration, salinity and type of substratum. The dissolved oxygen concentration is certainly the crucial factor for the distinction of the first two biotopes. Their sediment does not differ considerably as seen in Table III, while the salinity of the first cannot account for the paucity of species. It is possible that lack of oxygen becomes more severe in the summer, due to the water stratification indicated by the great difference in the values of temperature and salinity between surface and bottom water. Decrease in the number of species towards the deeper, less oxygenated, parts of enclosed basins has been observed in other areas such as Swedish fjords (Rosenberg, 1977) and Irish lochs (Kitching *et al.*, 1976). In Greece, decrease in the number of species with respective decrease of dissolved oxygen has been reported by Zarkanellas (1979) and Zenetos and Bogdanos (1987) for the benthic fauna of Elefsis Bay and some areas of Thermaikos Gulf (Zarkanellas and Kattoulas, 1982). In the latter cases, apart from the stratification of water, pollution by organic matter played an important role by reducing oxygen. Species indicators of pollution were not found in the deep areas of Aetoliko. On the contrary, the indicators of organic pollution Parvicardium exiguum (Pérès and Picard, 1964; De Gaillande, 1968) and Schistomeringos rudolphi (Bellan, 1967 and Bourcier *et al.*, 1979), were found in large numbers at most stations in Group 3. Other authors (Drago and Albertelli, 1976-78; Salen-Picard, 1981; Bourcier, 1982) consider the above species, together with Lumbrinereis latreilli and Nereis caudata also found in Group 3, as indicators of environmental instability.

It is well known that benthic animals are closely related to the type of sediment. Gray (1974) in his review of animal-sediment relations, referring to the species diversity, mentions that the various authors generally agree that higher diversity occurs in sediments with medium grain size and mixed sediments, while fine, coarse and homogeneous sediments have a lower diversity. This trend was also found in the lagoons of Messolonghi among the different biotopes (Groups of stations). The mean number of species was greater in groups with greater particle diameter. There was also an increase of the mean number of species with increased heterogeneity of the sediment. The correlation between number of species and mean grain size diameter was not statistically significant ( $0.05 < P < 0.10$ ). However, as Johnson (1971) mentions, it is rarely possible to find high correlation between the distribution of species abundance and a specific sediment characteristic, such as grain size. What was highly

correlated with the number of species in the present study, was the percentage of fines in the sediment: the lower the mud content, the greater the number of species. As would be expected, lower percentage of fines was found in the outermost stations where the movement of water was greater.

Finally, as far as the effect of salinity is concerned, the progressive increase of species numbers towards the outer part of the lagoon did not correspond to a salinity gradient *per se*. However, the topography of the area and the depth distribution suggest that there should be a gradient in the range of salinity. The influx of fresh water and the evaporation should have greater effect in the shallow enclosed part of the lagoon, than in the outer parts where communication with the sea ensures more stable conditions. A similar decrease in the number of species from the outer to the inner parts of lagoons has been found in other Mediterranean areas, as for example by Amanieu *et al.* (1977), who attribute the small number of species to the extreme and unpredictable ecological conditions in lagoons.

The grouping of stations according to their fauna similarities presented a general view of the fauna distribution and showed a manner in which different regions relate to each other. The use of presence-absence data, even though only two animal groups were used, provided sufficient information for this purpose. This is in agreement with the view of Moore (1971) and Coleman and Cuff (1980) that the collection of qualitative data may be the most useful initial approach, especially when surveying areas about which very little is known.

## 5. REFERENCES

- Amanieu, M., O. Guelorget et P. Michel (1977), Richesse et diversité de la macrofaune benthique d'une lagune littorale Méditerranéenne. Vie Milieu, 28(1), Sér.B: 85-109.
- Barnes, R.S.K. (1974), "Estuarine Biology". Studies in Biology no. 49. London, Arnold (Publishers) Ltd. 76 p.
- Bellan, G. (1967), Pollution et peuplements benthiques sur substrat meuble dans la région de Marseille. Première partie. Le secteur de Cortiou. Revue Int.Océanogr.Med., 6-7:53-87.
- Bourcier, M. (1982), Evolution au cours des quinze dernières années, des biocoenoses benthiques et de leurs faciès dans une baie Méditerranéenne soumise à l'action lointaine de deux émissaires urbains. Téthys, 10(4):303-313.
- Bourcier, M., C. Nodot, A. Jeudy de Grissac et J. Tiné (1979), Repartition des biocoenoses benthiques en fonction des substrats sédimentaires de la rade de Toulon (France). Téthys, 9(2):103-112.
- Bowles, J.E. (1978), Engineering properties of soils and their measurements. McGraw-Hill, 213 p.

- Briggs, D. (1977), *Sediments*. London, Butterworths and Co., 192 p.
- Clifford, H.T. and W. Stephenson (1975), *An introduction to numerical classification*. London, Academic Press, 248 p.
- Coleman N. and W. Cuff (1980), *The abundance, distribution and diversity of the molluscs of Western Port, Victoria, Australia*, Malacologia, 20(1):35-62.
- De Gaillande D. (1968), *Monographie des peuplements benthiques d'une calanquedes côtes de Provence: Port-Miou*. Rec.Trav.St.Mar. Endoume, 44(60):359-401.
- Dorikos, S. (1981), *Basic Wetlands of Greece*. Publication of the Ministry of Coordination, Athens. (In Greek). 499 p.
- Drago, N. et G. Albertelli (1978), *Etude faunistique et bionomique du littoral de Cogoleto (Golfe de Gênes)*. Téthys, 8(2):203-212.
- Folk, R.K. (1954), *The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary rock nomenclature*. J.Geol., 62:334-359.
- Gamulin-Brida, H. (1967), *Contribution aux recherches sur la bionomie des fonds meubles de l'Adriatique du Nord*. Thalassia Jugosl., Vol. III, No. 1-6:32-33.
- Gray, J.S. (1974), *Animal-sediment relationships*. Oceanogr.Mar.Biol. Ann.Rev., 12:223-261.
- Guelorget, O. et P. Michel (1979), *Les peuplements benthiques d'un étang littoral Languedocien, l'étang du Prevost (Herault)*. I. *Etude quantitative de la macrofaune des vases*. Téthys, 9(1):49-64.
- Hatjikakidis, A. (1951), *Seasonal hydrological studies in the lagoons of Messolonghi and Aetoliko*. Proc.Greek Hydrobiol.Inst., Athens, 5(2):85-143.
- Hatjikakidis, A. (1952), *Periodic occurrence of red tides in the Aetoliko lagoon*. Proc.Greek Hydrobiol.Inst., Athens, 6(1):21-55.
- Holme, N.A. (1971), *Macrofauna sampling*. In *Methods for the Study of Marine Benthos I.B.P. Handbook 16*, edited by N.A. Holme and A.D. McIntyre. Oxford, Basil Blackwell, 334 p.
- Johnson, R.G. (1971), *Animal-sediment relations in shallow water benthic communities*. Mar.Geol., II:93-104.
- Kitching, J.A., F.J. Ebling, J.C. Gamble, R. Hoare, A.A.Q.R. McLeod and T.A. Norton (1976), *The ecology of Lough Ine*. XIX. *Seasonal changes in the western trough*. J.Anim.Ecol., 44(3):731-758.
- Mars, P. (1966), *Recherches sur quelques étangs du littoral Méditerranéen français et sur leurs faunes malacologiques*. Vie Milieu Suppl., 20:1-359.

- Moore, P.G. (1971), Ecological survey strategy. Mar.Pollut.Bull., 2:37-39.
- Orford, J.D. (1976), Implementation of criteria for partitioning a dendrogram. Mathematical Geol., 8(1):75-84.
- Pérès, J.M. (1967), The Mediterranean benthos. Oceanogr.Mar. Biol. Ann. Rev., 5:449-533.
- Pérès, J.M. and J. Picard (1964), Nouveau manuel de Bionomie benthique de la mer Méditerranée. Rec.Trav.Stat.Mar. Endoume, 31(47):1-137.
- Rosenberg, R. (1977), Benthic macrofaunal dynamics, production, and dispersion in an oxygen-deficient estuary of W. Sweden. J.Exp.Mar.Biol.Ecol., 26:107-133.
- Russo, F.G. and R. Ferro (1980), Le biocenosi bentoniche del lago Fusaro. I. Osservazioni faunistiche. Boll.Soc.Natur., Napoli, 89:1-13.
- Salen-Picard, Ch. (1981), Evolution d'un peuplement de Vase Terrigène Côtière soumis à des rejets de dragages, dans le golfe de Fos. Téthys, 10(1):83-88;
- Stirn, J. (1971), Modifications of some Mediterranean communities due to marine pollution. Thalassia Jugosl., 7(1):401-413.
- Strickland, J.D. and T.R. Parsons (1968), A practical handbook of seawater analysis. Bull.Fish.Res.Bd.Canada, No:167, 311 p.
- Wishart, D. (1978), Clustan IC. User Manual, Program Library Unit, Edinburgh University.
- Zar, J.H. (1974), Biostatistical Analysis. New York, Prentice-Hall, Biol. Sci. Series, 620 p.
- Zarkanellas, A.J. (1979), The effects of pollution-induced oxygen deficiency on the benthos in Elefsis Bay, Greece. Mar.Envir.Res., 2(3):191-207.
- Zarkanellas, A.J. and M.E. Kattoulas (1982), The ecology of benthos in the Gulf of Thermaikos, Greece. I. Environmental conditions and benthic biotic indices. Marine Ecology, 3(1):21-39.
- Zenetos, A. and C. Bogdanos (1987), Benthic studies in Elefsis Bay. Thalassographica, 10(1):7-21.

APPENDIX

List of Polychaetes and Molluscs recorded in Messologhi lagoons

POLYCHAETA

Amphiglena mediterranea (Leydig)  
Amphitrite rubra (Risso)  
Amphitrite groenladica Malmgren  
Aonides oxycephala (Sars)  
Arabella sp.  
Aricidea jeffreysi McIntosh  
Aricidea sp.  
Armandia cirrosa Philippi  
Audouinia tentaculata (Montagu)  
Capitella capitata (Fabricius)  
Capitomastus minimus (Langerhans)  
Cauleriella alata (Southern)  
Heterocirrus bioculatus Keferstein  
Chone collaris Langerhans  
Cirratulus cirratus (Muller)  
Cossura coasta Kitamori  
Diopatra neapolitana Delle Chiaje  
Drilonereis filum (Claparede)  
Dorvilleinae  
Mysta picta (Quatrefages)  
Euclymene oerstedii Claparede  
Euclymene santanderensis Rioja  
Eulalia viridis (L.)  
Eumida sanguinea (Oersted)  
Eunice vittata (Delle Chiaje)  
Euprosyne foliosa Audouin & M. Edwards  
Exogone verugera (Claparede)  
Fabricia sabella (Ehrenberg)  
Ficopomatus enigmaticus (Fauvel)  
Glycera convoluta Keferstein  
Goniada maculata Oersted  
Harmothoe reticulata (Claparede)  
Harmothoe sp.  
Heterocirrus bioculatus Keferstein  
Heteromastus filiformis Claparede  
Lagisca extenuata (Grube)  
Leiochone clypeata Saint-Joseph  
Lumbrineris coccinea Renieri  
Lumbrineris gracilis (Ehlers)  
Lumbrineris latreilli Audouin & M. Edwards  
Lycidice ninetta Audouin & M. Edwards  
Mastobranthus sp.  
Mysta picta (Quatrefages)  
Nainereis laevigata Grube  
Nematonereis unicornis Schmarda  
Nephtys hombergi Savigny  
Nereis caudata (Delle Chiaje)  
Nereis diversicolor O.F. Muller  
Nerine cirratulus (O.F. Muller)  
Nerinides cantabra Rioja



Nicolea venustula (Montagu)  
Nicomache lubricalis (Fabricius)  
Notomastus latericeus Sars  
Owenia fusiformis Delle Chiaje  
Palaenotus debilis (Grube)  
Paradoneis lyra Southern  
Perinereis cultifera (Grube)  
Petaloproctus terricola Quatrefages  
Pholoe minuta (Fabricius)  
Phyllodoce capensis Day  
Phyllodoce rubiginosa Saint-Joseph  
Phyllodocidae  
Pista cristata (Muller)  
Platynereis dumerilii (Audouin & Milne-Edwards)  
Podarke agilis Ehlers  
Podarke pallida Claparede  
Polycirrus medusa Grube  
Polycirrus tenuisetis Langerhans  
Polydora antennata Claparede  
Polydora ciliata (Johnston)  
Pomatoceros triqueter L.  
Prionospio malmgreni Claparede  
Prionospio steenstrupi Malmgren  
Sabellaria sp.  
Schistomeringos rudolphii (Delle Chiaje)  
Scolelepis ciliata (Keferstein)  
Scolelepis fuliginosa (Claparede)  
Serpulidae sp.  
Spio decoratus Bobretzky  
Spio meznikovianus (Claparede)  
Spionidae juv.  
Spirorbis corrugatus Montagu  
Spirorbis sp.  
Sternaspis scutata (Renier)  
Syllis amica Quatrefages  
Tauberia gracilis (Tauber)  
Terebellides stroemi Sars  
Tharyx dorsobrachialis (Kirkegaard)  
Tharyx marioni (Saint-Joseph)  
Tharyx multibranchiis (Grube)  
Theostoma oerstedii (Claparede)  
Typosyllis hyalina (Grube)  
Typosyllis prolifera (Krohn)  
Vermiliopsis infudibulum Philippi

GASTROPODA

Jujubinus striatus (L.)  
Jujubinus miliaris (Brocchi)  
Jujubinus goniobasis Coen  
Gibbula adriatica (Philippi)  
Tricolia pullus (L.)  
Tricolia tenuis (Michaud)  
Hydrobia ventrosa (Montagu)  
Skeneopsis pellucida (Monterosato in Aradas & Benoit)  
Rissoa lineolata Michaud  
Rissoa venusta Philippi  
Alvania montagu (Payraudeau)  
Turritella communis Risso  
Pirenella tricolor (Gmelin in L.)  
Bittium reticulatum latreillii (Payraudeau)  
Cerithium vulgatum (Brugiere)  
Murex brandaris (L.)  
Murex trunculus (L.)  
Columbella rustica (L.)  
Nassarius (Sphaeronassa) mutabilis (L.)  
Cyclope neritea (L.)  
Hinia reticulata (L.)  
Hinia pygmaea (Lamarck)  
Gibberulina clandestina (Brocchi)  
Pusia tricolor (Gmelin in L.)  
Conus mediterraneus Hwass in Brugiere  
Bela nebula (Montagu)  
Bela brachystoma (Philippi)  
Raphitoma reticulata (Renier)  
Retusa truncatula (Brugiere)  
Atys jeffreysi (Weinkauff)  
Haminea navicula (Da Costa)  
Ebala pointeli (Folin)  
Odostomia conoidea (Brocchi)  
Williamia gussoni (O.G. Costa)

POLYPLACOPHORA

Middendorfia caprearum (Scacchi)  
Acanthochiton communis (Risso)  
Acanthochiton fascicularis (L.)

BIVALVIA

Nucula sulcata Bronn  
Solemya togata (Poli)  
Mytilaster minimus (Poli)  
Modiolus barbatus (L.)  
Modiolula phaseolina (Philippi)  
Anomia ehippium (L.)  
Loripes lacteus (L.)  
Divaricella divaricata (L.)  
Anodontia (Loripinus) fragilis (Philippi)  
Thyasira flexuosa (Montagu)

Turtonia minuta (Fabricius)  
Glans trapezia (L.)  
Venericardia antiquata (L.)  
Parvicardium exiguum (Gmelin in L.)  
Parvicardium nodosum (Philippi)  
Cerastoderma edule (L.)  
Cerastoderma lamarcki Reeve  
Spisula subtruncata (Da Costa)  
Tellina tenuis Da Costa  
Gastrana fragilis (L.)  
Abra nitida (Muller)  
Abra ovata (Philippi)  
Abra alba (W. Wood)  
Venerupis aurea (Gmelin in L.)  
Corbula gibba (Olivi)  
Gastrochaena dubia (Pennant)

EFFECTS OF THERMAL POLLUTION ON THE BENTHIC POPULATION  
AT TORVALDALIGA (CIVITAVECCHIA, ROME)

by

Ester TARAMELLI RIVOSECCHI and Carla CHIMENZ GUSSO

Dip. B.A.U. - Istituto di Zoologia,  
Università "La Sapienza", Roma

1. INTRODUCTION

In March 1983, at the Institute of Zoology of Rome University, a series of ecological studies was begun on a stretch of the Latium littoral to the north of Civitavecchia about 90 Km north of Rome; this littoral sector is directly affected by thermal discharges of the E.N.E.L. complex at Torvaldaliga South (1174 megawatts). The aim of these studies was to illustrate the eventual effects of the thermal discharges on the animal and plant population at two depth levels and in particular to attain a picture of the actual environmental situation prior to the coming into operation of the new E.N.E.L. centre at Torvaldaliga North (2400 megawatts) in 1984-85.

Subsequently, in March 1985, when the first section of the new centre was already in operation, research began to establish the state of the Posidonia meadow in the zone under examination. Observations of the density and samplings of bundles of leaves of P. oceanica for phenological investigation were carried out at the 6 stations of level II (4m depth).

The coastal area studied is one of the most interesting in Latium from an ecological point of view, above all for its rocky substratum which is rich in algae and for the presence of vast Posidonia meadows.

2. SITE AND SAMPLING STATIONS

The research took place along a stretch of the Latium littoral about 8Km in width, from the S.Agostino point to the Fiumaretta located approximately 2 Km north of Civitavecchia. In the stretch of coast chosen for observation, we established six stations between the mesolittoral and infralittoral planes at a depth of 0-0.30m in a zone that we named level I. We designated as 1M the station facing the South Torvaldaliga E.N.E.L. centre, 2NM, 3NM, 4NM, 5NM the four stations to the north of it and 2SM that to the south (Fig. 1). The six stations were spread along a rocky substratum chosen in such a way as to provide homogeneous conditions for exposition and substratum inclination.

For the samplings in the infralittoral zone, or level II, the stations chosen were facing those of level I (stations 1I, 2NI, 3NI, 4NI, 5NI, 2SI) at about 4m depth on a generally rocky bottom mostly covered with not very thick Posidonia oceanica meadow, alternating with more or less wide stretches colonized by algae.

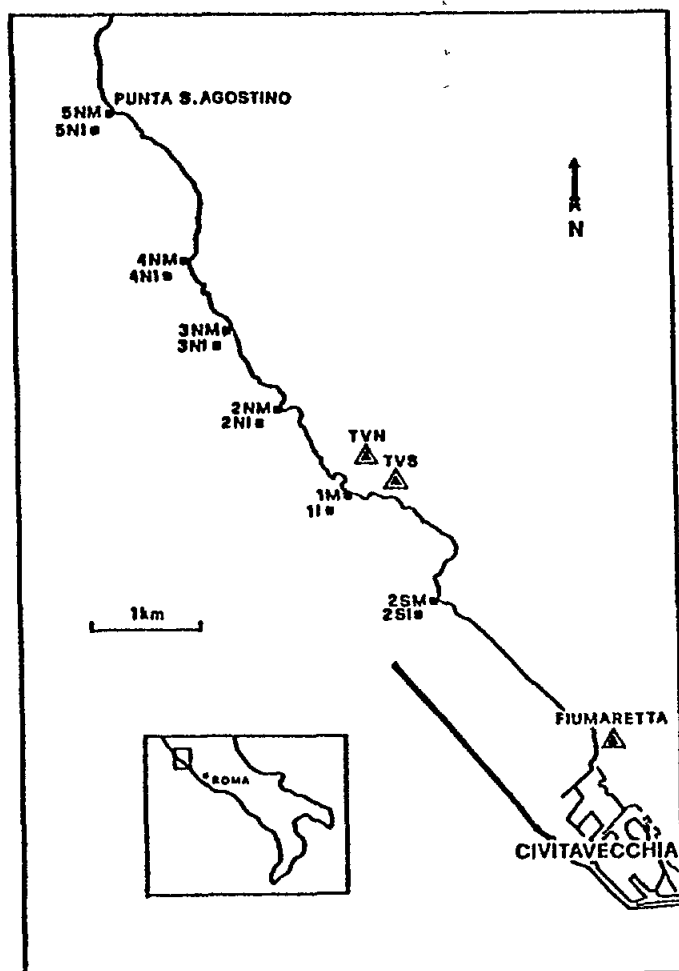


Fig. 1 Location of sampling stations with the thermo-electrical centres Torvaldaliga North (TVN) and Torvaldaliga South (TVS)

The object of the ecological study had already been defined by our Department (Taramelli, 1969; Taramelli and Herzel, 1969; Taramelli *et al.*, 1981) and by other researchers (Bonvicini Pagliai *et al.*, 1979; Joannilli *et al.*, 1979). In particular, the aim of these studies had been to look into the possible disturbing effects of thermal discharges on the marine community. These studies therefore had dealt with the effects of thermal pollution on the structure of the marine biocenosis. As may be seen from the literature on the subject, there are numerous studies on the physiological effects of thermal stress, whereas less frequent are field studies concerning the effects of thermal discharges on the marine communities and on the benthic community in particular.

Our investigation aims to contribute to this important field of research. In the present report, a synthesis of the results relating to animal populations associated with the algae of depth levels I and II is given in synthesized form (the complete data will be published by E.N.E.L. which has been the principal contributor to the research); we

include also the results relative to the animal population associated with P. oceanica (part published and part in publication) and the unedited results relating to the plant population of depth levels I and II, to the phenology of P. oceanica and to the density of the meadow.

Regarding the above mentioned data, it is worth emphasizing that the algal population which is subject to thermal pollution is perhaps the most frequently studied (Abbott and North, 1971; Verlaque, 1977). Therefore a comparison between our data and the data reported by these authors is possible.

The phenology of the vegetative organs of P. oceanica and the analysis of such parameters as number of leaves per bundle and average area of single leaves are, according to Giraud (1978), indispensable elements for the study of the meadow of a particular area. According to Panayotidis (1985), the analysis of the density of the meadow can furnish useful information on the latter's condition. The possibility of comparing the data from the 6 stations subjected to different environmental conditions enables us to assess the influence of thermal pollution on these parameters and establish whether they can be used as biological indicators of thermal pollution.

### 3. MATERIALS AND METHODS

For the study of the organisms of level I (0.30m) the following series of samplings were taken at the six chosen stations in March, June and September 1983 and in February 1984:

- 1) samplings by means of scraping of 3 squares, each 400 cm<sup>2</sup> ("macro" samplings);
- 2) gathering of all organisms larger than 1 cm in 3 areas of approximately 1000 cm<sup>2</sup> each ("mega" samplings).

Thus, 6 samplings were carried out at each station and altogether 144 samples were collected at this level. All the animal organisms associated with algae were sorted and fixed in the laboratory. For the study of algae, after identification we calculated the individual percentage of algal coverage ( $R_i\%$ ) whose total coverage ( $R_t$ ) can exceed 100%; we also calculated the quantitative dominance ( $D_{R_i}\%$ ), by using the formula  $R_i/R_t \times 100$ .

For the study of the organisms in level II (4m) samples were taken in April and July 1983. In each of the six chosen stations, we carried out samplings of the algae present in three areas of approximately 1000 cm<sup>2</sup> and collected all animal organisms larger than 1 cm.

For the study of epiphytes of P. oceanica, 10 plants with rhizomes were gathered randomly from each station and for each series of samplings. The associated fauna (which comprises mobile and sedentary forms) was taken both directly from 10 plants used for the study of epiphytes, and by a hand-net according to the method proposed by Ledoyer (1962).

For the phenological study of the vegetative organs of P. oceanica we followed Giraud's (1977a) indications, counting and measuring the young, intermediate and adult leaves of each bundle, considering as "young", those smaller than 5 cm, as "adult" those having a base and as "intermediate" those greater than 5 cm but without a base. The length, width and area of one side of each leaf were examined. Measurements, carried out on 10 bundles taken at each station in April and July 1983 and on 20 bundles taken at each station in April and July 1983 and on 20 bundles taken in March, May, July, October 1985, allowed us to construct polygons of the frequency and the number of leaves present in each bundle, along with the distribution of the different types of leaves.

For the density studies, in October 1985 we counted in each of the six stations at level II all the bundles present in five areas of 1600 cm<sup>2</sup> each. Similar samplings were taken in March and April 1985, at stations 3NI and 1I.

All samplings and observations at level II were carried out by scuba diving.

#### 4. RESULTS

##### 4.1 Populations at level I

##### 4.1.1 Algal population (Fig. 2)

The population of macroalgae consisted of Rhodophyceae 59%, Phaeophyceae 25%, Bryopsidophyceae 8% and Chlorophyceae 8.3%. The more abundant species are: among the Rhodophyceae Corallina elongata, encrusting Corallinaceae (5 species not yet identified), Jania sp., Laurencia sp.; among the Phaeophyceae Stypocaulon scoparium, Padina pavonica, Dictyota dichotoma; the Bryopsidophycean Penicillus capitatus and the Chlorophycean Ulva rigida.

The data show some differences among stations. Stations 3NM and 5NM show a similar qualitative and quantitative composition of the population which may be considered typical of the photophile infralittoral of calm water. With it are associated species with particular ecological characteristics (Penicillus capitatus, sedimentophile species; Ulva rigida and Gigartina acicularis, linked to the abundance of organic substance). Station 2NM presents a typical infralittoral photophile population comprising species of wide geographical distribution such as Corallina elongata and species linked to superficial environments of calm water (Stypocaulon scoparium, Padina pavonica, Cystoseira caespitosa). Station 1M, which in the winter months presents an algal composition typical of the infralittoral of rocky substratum, displays in the summer months a population rich in thermophile species (Hypnea musciformis), sedimentophile species (Penicillus capitatus) and typical species of harbour environments (Ulva rigida and Enteromorpha intestinalis). Station 4NM presents an infralittoral photophile population of calm

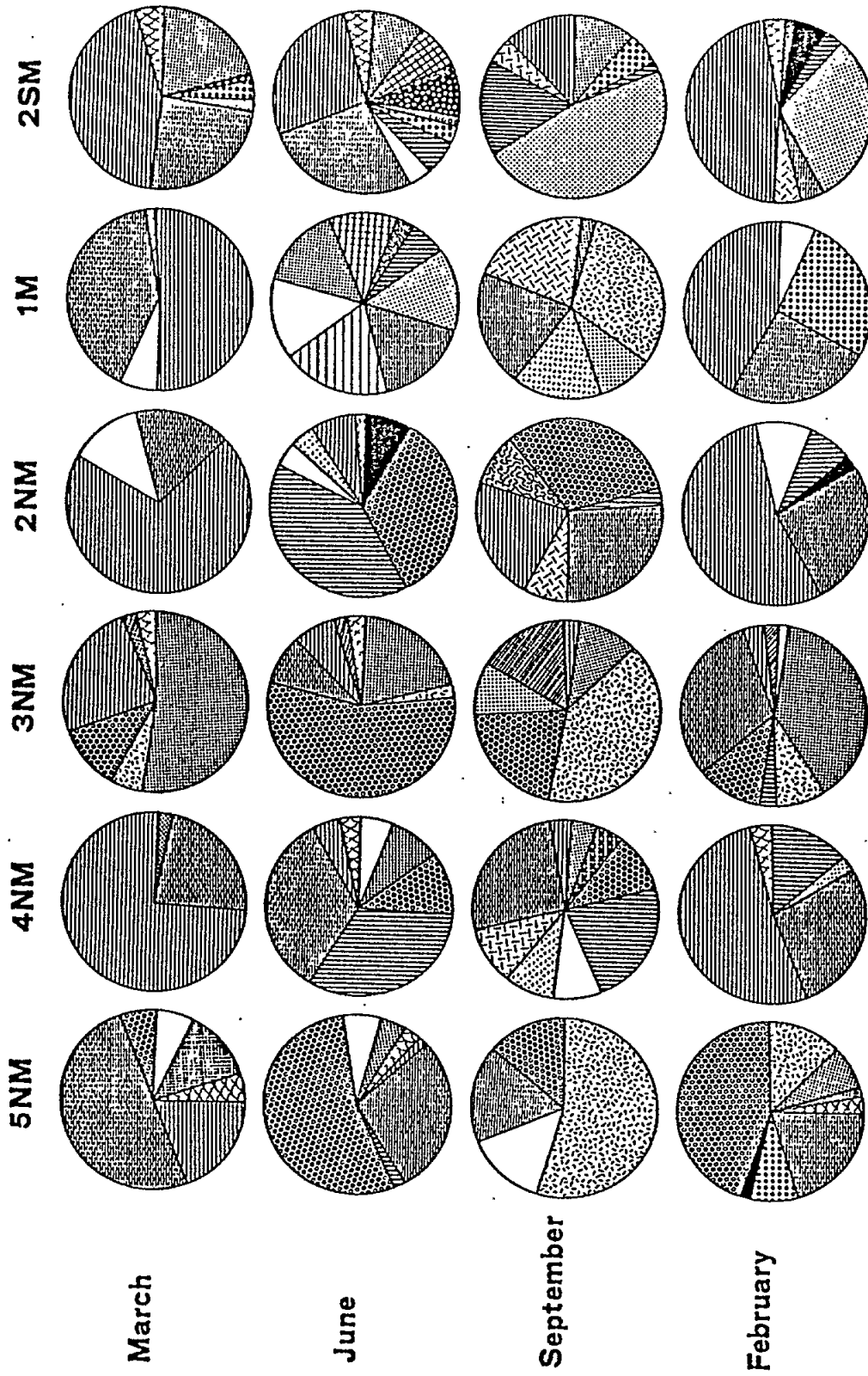






















Fig. 2 Percentage composition of the algal population (Level I)



	GELIDIALES		Dictyota dichotoma
	GIGARTINALES		Padina pavonica
	Hypnea musciformis		Colpomenia sinuosa
	Corallina elongata		Cystoseira spp.
	encrusting CORALLINACEAE		BRYOPSIDOPHYCEAE
	Jania sp.		Penicillus capitatus
	RHODOMELACEAE		Halimeda tuna
	Laurencia spp.		Enteromorpha spp.
	Acanthophora delilei		Ulva rigida
	Stypocaulon scoparium		Other species

Legend to Fig. 2

water which has in September a composition similar to that of station 1M. Finally, station 2SM, in addition to the species found in superficial environments characterized by scarce hydrodynamism, presents species typical of port areas (Ulva rigida, Enteromorpha intestinalis, Colpomenia sinuosa, Gigartina acicularis).

From a seasonal point of view, it can be observed that there is a temporal evolution of the population, that fits well with the biological cycles of the respective algal species; station 5NM is an exception and lags behind the other stations.

#### 4.1.2 Animal population

The animal population is essentially comprised of Polychaetes, Molluscs and Crustaceans. In the 144 samples examined, about 57000 specimens belonging to 357 species were found. The dominating species appear to be the polychaetes Theostoma oerstedii, Syllis prolifera, Sphaerosyllis hystrix, S.pirifera; the tanaidacean Pseudoleptochelia anomala; the amphipods Elasmopus brasiliensis, E.pocillimanus, Amphithoe helleri, Maera inaequipes, Lysianassa costae; the gastropods Pisinna glabrata, Barleeia rubra, Bittium reticulatum, Bulla striata; the bivalves Mytilaster minimus, Irus irus, Gregariella opifex, Cardita calyculata, Mytilus galloprovincialis; the decapod Clibanarius erythropus; the echinoderm Amphipholis squamata.

The number of specimens registered varied from 10636 in June to 17120 in February; the number of identified species varied from 55 in June to 159 in September March (Table I). From the qualitative point of view there is a certain homogeneity because the dominant species are present in all four series of samplings, even if the quantities differ at times. There is also a certain homogeneity among the different stations. The greatest number of species (126) was registered at station 4NM, the smallest number (84) at station 2SM. Station 2NM had the most specimens (12064), station 3NM the least (7462). The composition of the population varies however in terms of absolute and relative dominance: local or microclimatic factors, not easily identifiable, give each station a characteristic facies; thus some species appear to prefer particular stations. This is the case for example of the hydroid Eudendrium ramosum, found mostly at station 2SM, of the sipunculid Golfingia vulgaris, typical of station 4NM and to a lesser extent 2NM. The amphipods Caprellidae and the ofiuroid Amphipholis squamata appear to favour strongly station 1M.

#### 4.2 Populations at level II

##### 4.2.1 Populations associated with photophilic algae

###### 4.2.1.1 Algal population

The dominant macroalgae are represented by Stypocaulon scoparium, Dictyota dichotoma, Codium vermilara and other codiaceans, Jania sp., Padina pavonica, Cladostephus hirsutus and various species of encrusting corallinaceans.

Table I

Specific richness (sp.N<sup>f</sup>), abundance (ind.N<sup>f</sup>) and diversity index H' (Shannon-Weaver) calculated for the first level in the six stations in March, June and September 1983 and February 1984.

	5NM			4NM			3NM			2NM			1M			2SM			
	sp. N <sup>f</sup>	ind. N <sup>f</sup>	H'	sp. N <sup>f</sup>	ind. N <sup>f</sup>	H'	sp. N <sup>f</sup>	ind. N <sup>f</sup>	H'	sp. N <sup>f</sup>	ind. N <sup>f</sup>	H'	sp. N <sup>f</sup>	ind. N <sup>f</sup>	H'	sp.	ind.	H'	
March	107	2539	3.11	131	1927	3.68	113	1272	3.62	137	3441	3.58	124	2125	3.44	115	3415	2.90	
June	114	3454	3.31	121	2023	3.67	58	302	3.48	102	2865	3.16	55	475	2.94	94	1465	3.00	
September	107	1952	3.60	113	1823	3.54	122	1328	3.16	113	2308	3.57	159	4856	3.68	100	1951	3.30	
February	109	1805	3.30	132	2857	3.52	151	4560	3.31	147	3446	3.83	105	1760	3.18	127	2692	3.26	
		9790		8630		7462		12064		9220		9527							

From a seasonal point of view, one observes a greater abundance in July. Stypocaulon scoparium appears to be the dominant species in both samplings; in April it is present at all stations, accompanied by Dictyota sp., Jania sp., Codium bursa, C. effusum, C. vermilara. The presence of the codiaceans increases in July (especially C. vermilara) as do Cladostephus hirsutus, the encrusting corallinaceans and Padina pavonica.

There is no significant station difference, apart from the accentuated abundance of Padina pavonica at stations 4NI and 2SI in July. There are mostly typical infralittoral photophile calm water species and some infralittoral species of sciaphilic environments, such as Codium effusum and C. vermilara.

#### 4.2.1.2 Animal population

From this biocenosis we examined amphipods, decapods and echinoderms in addition to algae. Hyalé schmidti and Amphithoe helleri are among the dominant amphipod species (Taramelli and Venanzangeli, 1985). The decapod crustaceans are represented by ten species among which predominate Thorulus cranchii and Athanas nitescens (Pelusi et al., 1985). Echinoderms are more abundant at this depth. 12 species were found, some of which, such as Holoturia tubulosa, H. helleri, Arbacia lixula and Sphaerechinus granularis were found in these samplings only; others, such as Holoturia polii, Coscinasterias tenuispina, Paracentrotus lividus, although sometimes found at lesser depths, are more numerous here (Taramelli and Schintu, 1985).

One observes a quantitative difference in the two series of samplings insofar as all the groups are represented by a greater number of specimens in the July samplings. As regards the amphipods, these are present in April with 419 specimens and 24 species, in July with 951 specimens and 32 species; crustacean decapods are represented in April with 2 species and 3 specimens, in July with 10 species and 33 specimens; the echinoderms are present in both series of samplings with almost the same number of species (9 in April and 10 in July), although some species seem to have a more precise seasonal distribution: Paracentrotus lividus and Ophioderma longicaudum are only present in the April samplings, whereas Amphiura chiajei, Arbacia lixula, Sphaerechinus granularis only in the July samplings.

With regard to station differences, one notes that the more northerly stations (5NI, 4NI and 3NI) are those which register the greatest number of species and specimens. In particular, amphipods and echinoderms abound at station 5NI, whereas the maximum presence of decapods is registered at 3NI.

#### 4.2.2 Animal populations of the meadow of Posidonia oceanica (L.) Delile

The animal species identified were 176; 3 Foraminifera, 15 Cnidaria, 52 Polychaeta, 37 Mollusca, 2 Pycnogonida, 2 Cirripedia, 3 Mysidacea, 1 Isopoda, 33 Amphipoda, 14 Decapoda, 11 Bryozoa, 8 Tunicata; there were also numerous Porifera still to be identified.

The epiphytic population comprises 47 species, 13 associated with leaves and 40 with rhizomes; of these, 6 are common to both types of substratum. Hydroida and Bryozoa are dominant groups both qualitatively and quantitatively. The epiphyte animal population of leaves is composed of species cited in the literature as being characteristic of Posidonia seagrass meadows. The epiphyte population of rhizomes is more heterogeneous and comprises species generally common to the rocky substratum of the infralittoral plain.

The associated fauna (129 species) comprises Mysidacea, Isopoda, Decapoda, Hippolytidae, Amphipoda and Gastropoda, taken with a hand net and of Polychaeta, Amphineura, Bivalvia, Pycnogonida, Gastropoda and mainly tubicolous Amphipoda washed from the plants with the rhizomes. These two fractions were considered jointly.

Two groups can be distinguished: one comprises species characteristic of Posidonia such as Decapoda Hippolytidae, the Mysidacea and the Gastropoda cited in the literature in association with the leaf stratum (cf. e.g. Russo *et al.*, 1984); the second group comprises species relevant to various biocenoses (mostly that of Photophilic Algae, cf. Bellan-Santini, 1969) such as Gastropoda, Pycnogonida, Polychaeta and Amphipoda. Among these latter two syntaxons the tubicolous species are predominant because they find a favourable environment in the sediment deposited among the rhizomes. The oligotypia found in some syntaxons, such as Foraminifera, Bryozoa and Mysidacea may be attributed to the particular depth we studied.

No substantial variations are evident in the population structure between the two seasonal series; this is probably due to the fact that, for technical reasons, the projected winter sampling could not be carried out until April and must therefore be considered as a spring sampling. However, there are some slight differences. The epiphytes present overall a greater specific richness in July, whereas their greater abundance is in April, with the exception of the Anthozoa. For the associated fauna the values of specific richness do not vary significantly with the seasons, although the general abundance is greater in July, with the exception of the Polychaeta whose maximum presence is in April.

Altogether, there do not seem to be significant structural differences in the populations of the different stations; however, one can observe when adding the data of the two seasonal series that station 5NI (chosen as control station because it was farthest from the E.N.E.L. centre and from other urban and industrial installations) is characterized by maximum abundance values for both epiphytes and associated fauna, by maximum specific richness and maximum diversity value for associated fauna.

Stations 5NI, 4NI and 3NI have values of specific richness, abundance and diversity, whose averages are higher than those of the other three stations; they also show greater inter-station affinity. The situation at stations 2NI, 1I and 2SI is more complex: the indices do not show a common rate for the two fractions (epiphytes and associated fauna); in fact, the minimum specific richness and abundance values are verified for epiphytes at station 2SI and for associated

fauna at 2 NI; the minimum value of  $H'$  is observed at station 1I which is the station nearest to the "Torvaldaliga South" E.N.E.L. centre. Overall it can be remarked that these three stations are differentiated from the other three, which are situated further north, by the lowest values of abundance, specific richness,  $H'$  and affinity.

#### 4.2.3 Phenology of P. oceanica and density of prairie

Analysis of the bundles of P. oceanica gathered in April and July 1983 and October 1985 at the six selected stations produced the following results (Table II).

In April, the bundles have a number of leaves which varies from 3 (station 1I) to 11 (station 4NI); the average figure is 5.9 leaves per bundle. The bundles are almost exclusively composed of adult and intermediate leaves. Only 18 young leaves were counted, which constitutes only 4.5% of all the leaves. The average area in  $\text{cm}^2$  varies from 7.76 (station 2SI) to 14.27 (station 4NI) for the adult leaves; from 10.49 (station 2SI) to 16.27 (station 2NI) for intermediate leaves, from 1.17 (station 2SI) to 3.01 (station 1I) for young leaves. In July the number of leaves per bundle varies from 4 to 8. The average is 5.7 leaves per bundle. The average area of leaf surface varies from 12.83 (station 2NI) to 19.85 (station 2SI) for adult leaves, from 10.78 (station 2NI) to 18.07  $\text{cm}^2$  (station 3NI) for intermediate leaves, whereas the highest value for young leaves (2.19) is registered at station 2SI and the lowest (1.51) at stations 3NI and 1I. In October the number of leaves per bundle varies from 7 to 12. The average is 9.28 leaves per bundle. The average area varies from 11.56 (station 2SI) to 21.17 (station 4NI) for adult leaves; from 7.74 (station 2SI) to 14 (station 2NI) for intermediate leaves; from 0.84 (station 5NI) to 1.043 (station 3NI) for young leaves.

The frequency polygons (Fig. 3) show no significant differences in the various stations: the global curve is nearly always unimodal with peaks between 10 and 20 cm in April and July 1983 and between 0 and 10 cm in October 1985. In July, the curve at stations 4NI and 1I is bimodal with two peaks (more accentuated at 4NI) corresponding to the size classification 0-10 and 30-40.

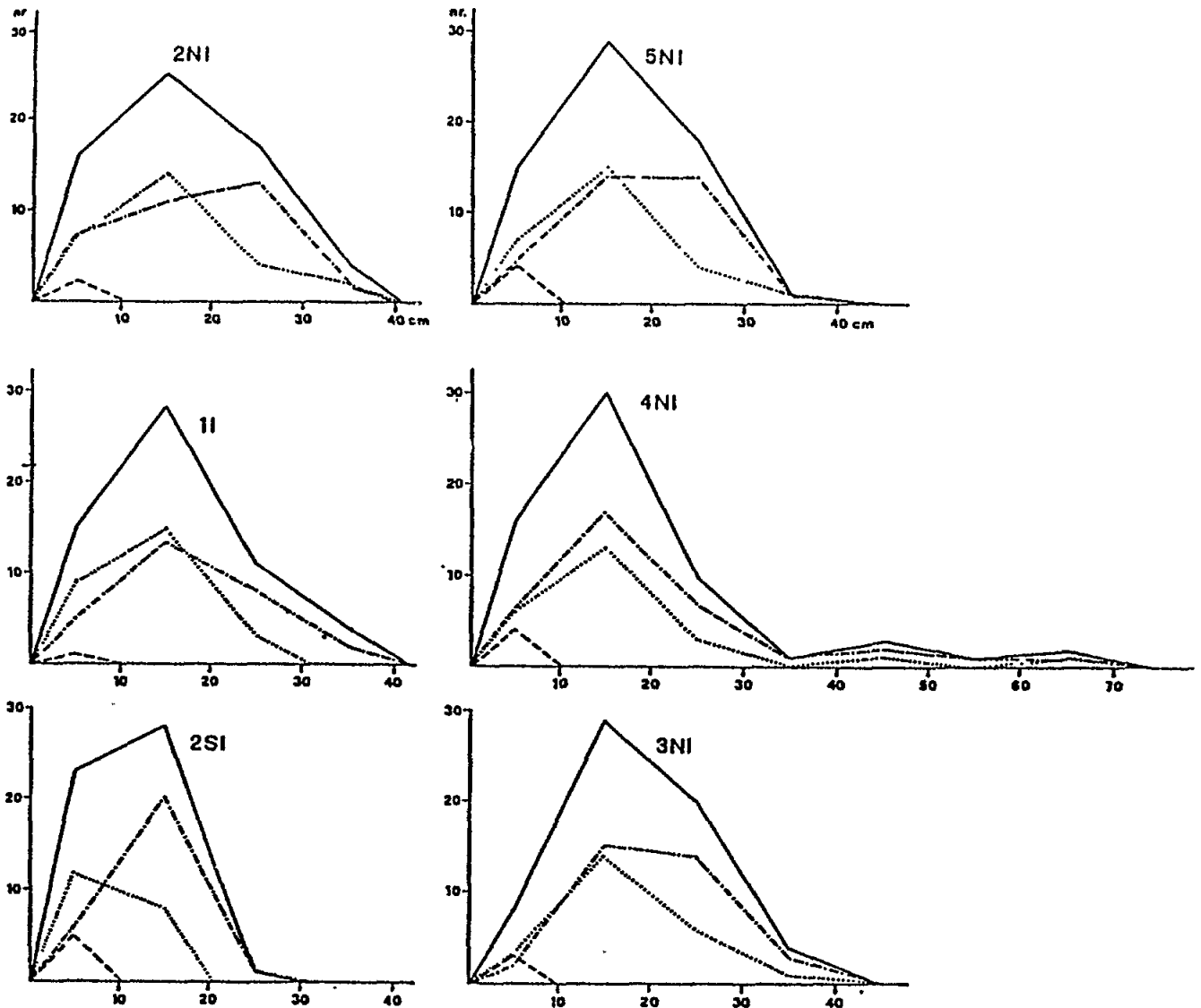
The length of the leaves is generally small with values rarely exceeding 40 cm. The lowest values are principally observed in October and at station 2SI.

Measures of density (number of bundles  $\times \text{m}^2$ ) carried out in all stations in October 1985 show that the meadow at 4m is very sparse and indeed, according to Giraud's classification (1977b), should not be listed as meadow, but as isolated shoots, given that the number of bundles (with the exception of station 3NI) is always less than 50. At 3NI the number of bundles is 54  $\times \text{m}^2$  and it is interesting to note that the same value is registered in March 1985. The lower values (30 and 40.5) occur at stations 1I and 5NI respectively.

Table II

Parameters measured in the samples: mean surface of adult leaves (SMA), intermediate leaves (SMI) and juvenile leaves (SMJ); number of leaves per 10 shoots (April and July '83), per 20 shoots (October '85): number of adult leaves (NrA), intermediate leaves (NrI), juvenile leaves (NrJ).

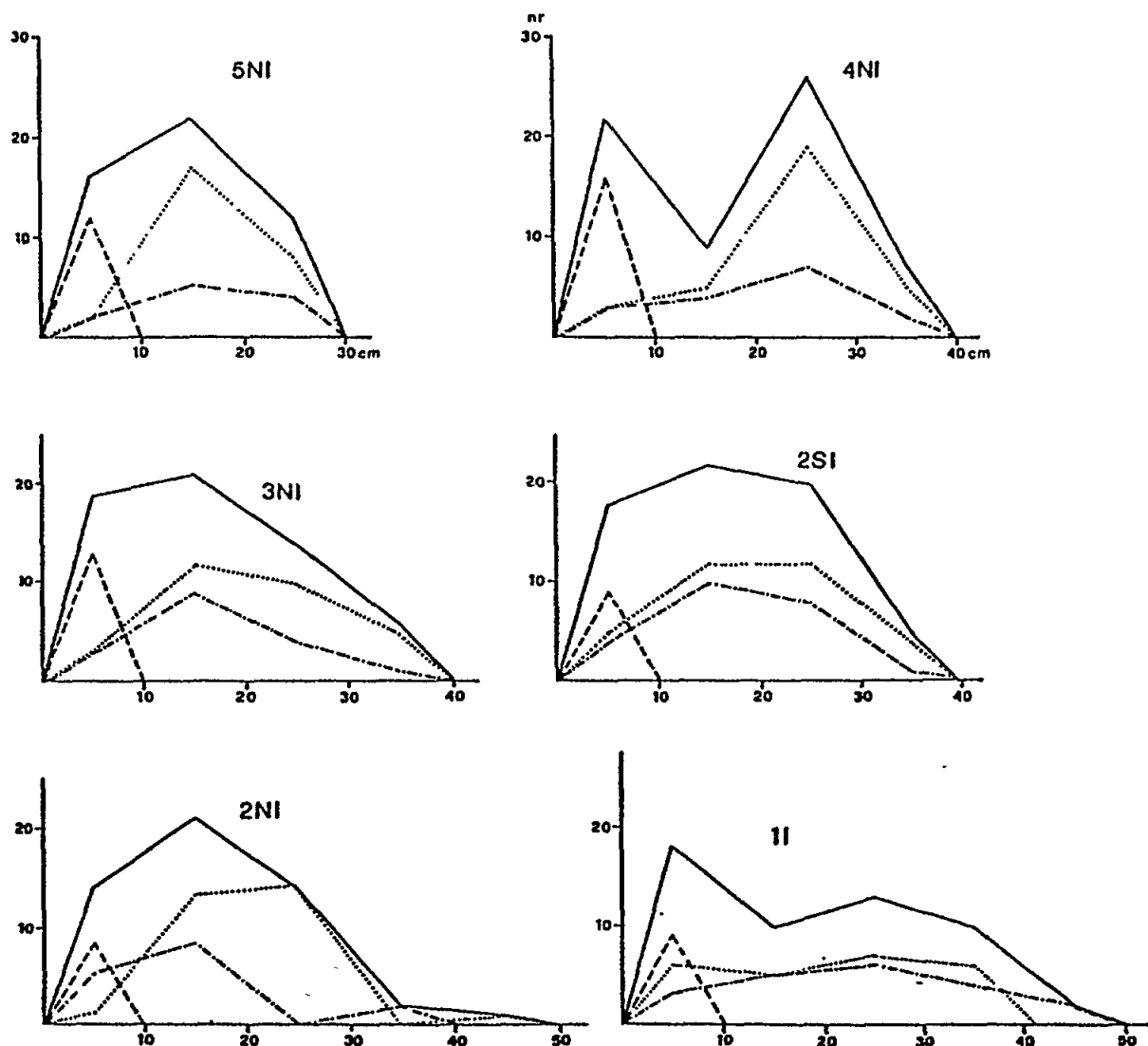
	5NI	4NI	3NI	2NI	1I	2SI	
SMA :	10.45	14.27	13.31	13.44	10.39	7.76	
SMI :	12.57	15.92	15.43	16.27	13.86	10.49	
SMJ :	2.18	1.35	2.52	2.35	3.01	1.17	
							APRIL '83
NrA :	27	24	24	27	27	20	
NrI :	32	35	33	34	30	27	
NrJ :	4	3	3	2	1	5	
Tot.:	63	62	60	63	58	52	
							JULY '83
SMA :	12.23	18.74	14.88	15.66	16.66	19.85	
SMI :	11.57	15.58	18.07	10.78	17.80	16.37	
SMJ :	1.81	1.68	1.51	1.87	1.51	2.19	
							JULY '83
NrA :	27	32	30	29	24	33	
NrI :	11	16	17	15	20	23	
NrJ :	12	16	13	8	9	9	
Tot.:	50	64	60	52	53	64	
							OCTOBER '85
SMA :	15.86	21.17	17.40	19.88	19.09	11.56	
SMI :	10.28	9.80	8.77	14.00	12.23	7.74	
SMJ :	0.84	0.93	1.04	0.99	0.98	0.98	
							OCTOBER '85
NrA :	72	55	73	73	68	71	
NrI :	46	47	43	55	61	41	
NrJ :	68	67	65	61	67	78	
Tot.:	186	169	142	189	196	190	



TORVALDALIGA 16-4-83

Fig. 3.1 Distribution of the length of adult, intermediate and young leaves (x 10 shoots) (April 1983)  
Abscissa: leaf length (in cm); ordinate axis: number of leaves in each size class; each size class in an interval of 10 cm. Solid line: total leaves; dashed line: young leaves; dotted line: adult leaves; dotted-dashed line: intermediate leaves





TORVALDALIGA 18.7.83

Fig. 3.2 Distribution of the length of adult, intermediate and young leaves (x 10 shoots) (July 1983)  
Abscissa: leaf length (in cm); ordinate axis: number of leaves in each size class; each size class in an interval of 10 cm. Solid line: total leaves; dashed line: young leaves; dotted line: adult leaves; dotted-dashed line: intermediate leaves

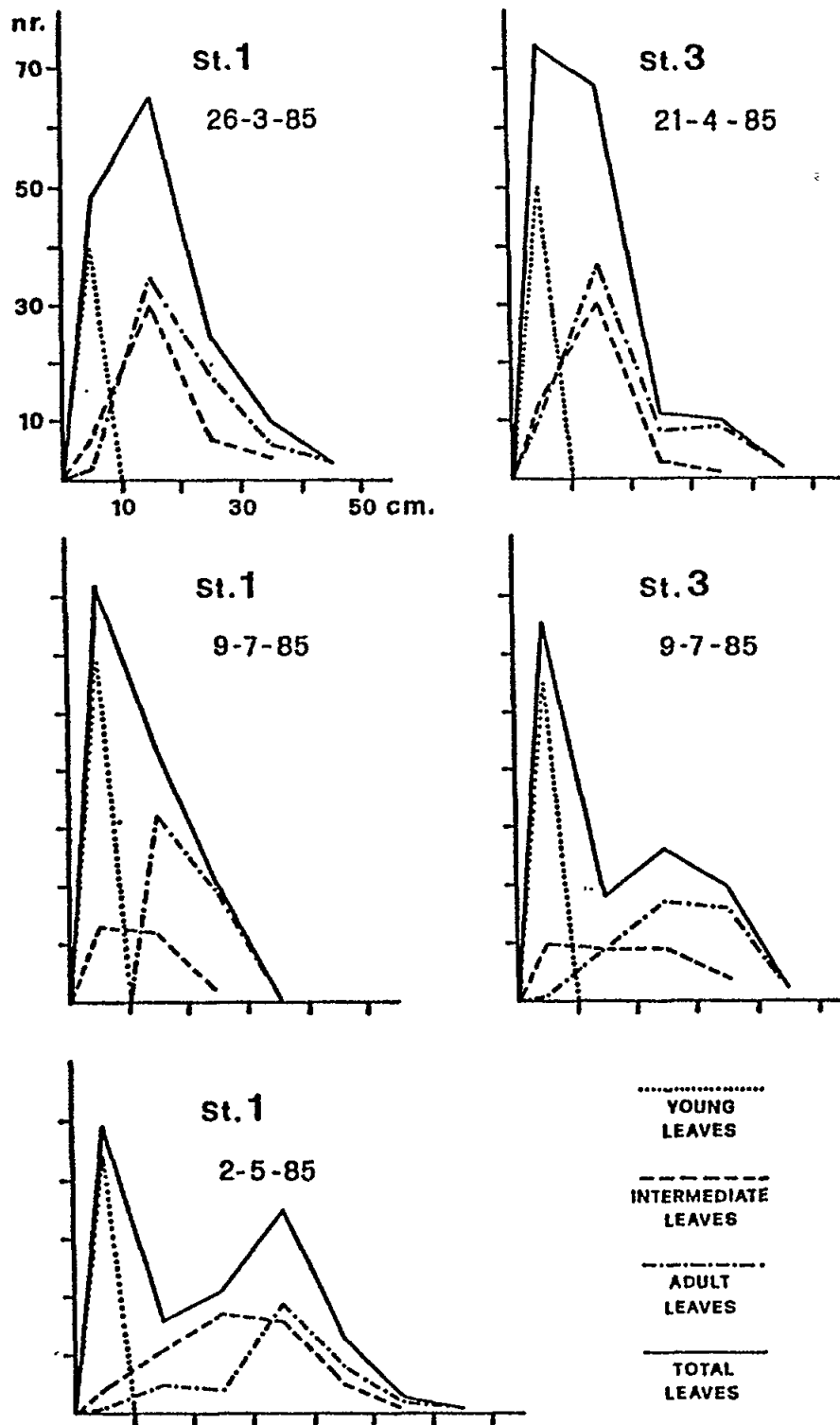


Fig. 3.3 Distribution of the length of adult, intermediate and young leaves (x 20 shoots)

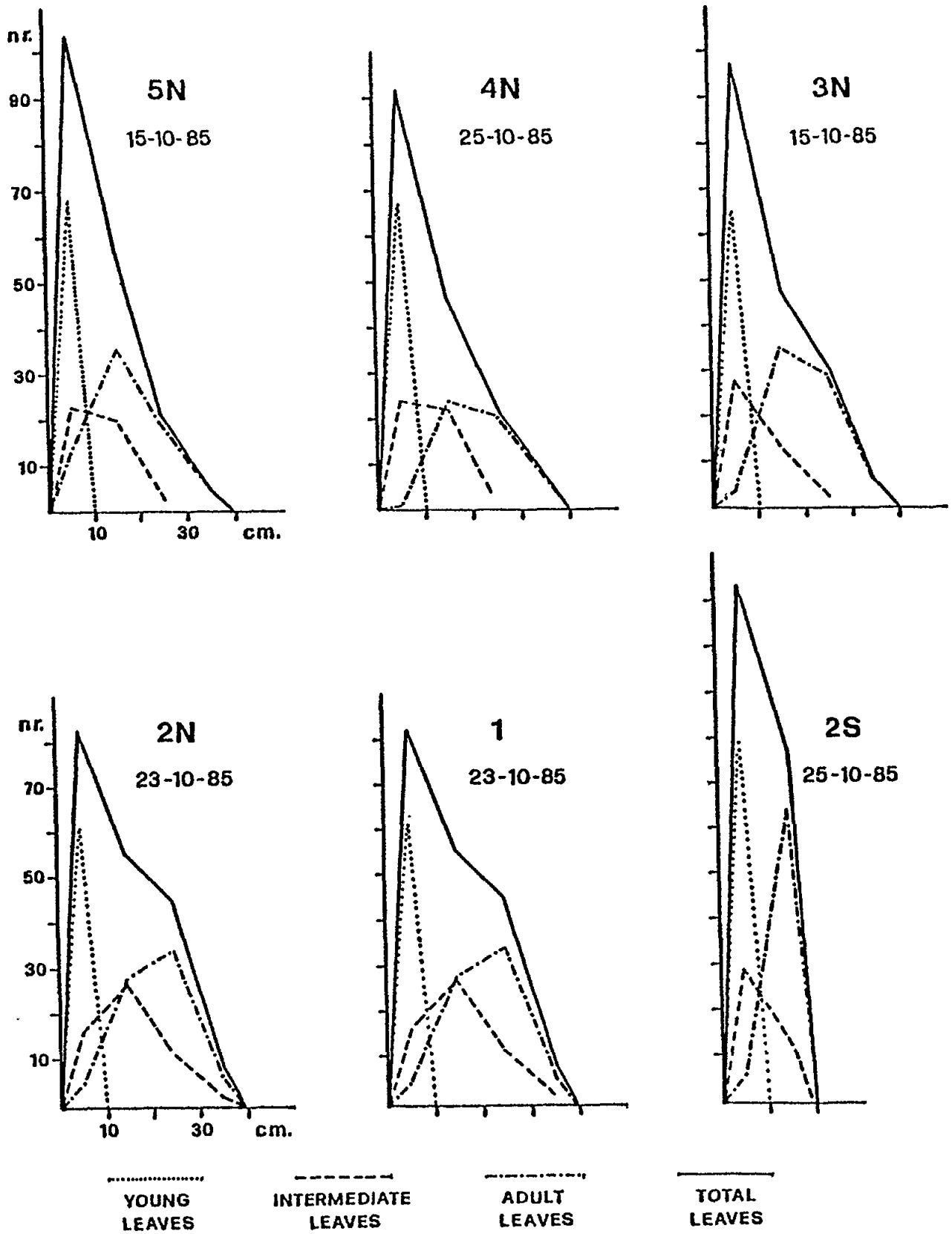


Fig. 3.4 Distribution of the length of adult, intermediate and young leaves (x 20 shoots)

## 5. CONCLUSION

The population examined proved to be fairly rich and diversified, particularly at level I, if we take into account that at this depth, 0.30m, we are in the presence of a "difficult" environment which is subject to various stresses. Another characteristic is interstation homogeneity: the greatest part of the species examined is present at all stations, even if the values of relative dominance are different, as may be seen in the algal population (Fig. 2). The factors which appear to alter a certain basic structure are of three types: 1) a heavy sedimentation which affects principally the less hydrodynamic stations such as 1M, 2NM and 5NM and which may be caused by the discharge into the sea of earthy material as a result of the work in progress for the enlargement of the port and from the construction of the new E.N.E.L. centre; 2) the influence of the port and of the urban discharge which is particularly evident at stations 2SM and 1M; 3) the discharge of the cooling water of the centre which in some way reacts on the algae at station 1M. We did not observe effects of the type noted by other authors (eg. Bellan-Santini and Desrosiers, 1977) such as a notable diminution in both specific richness and numerical presence, nor did we find high numbers of the species cited in literature as indicators of pollution in general or thermal pollution in particular.

Concerning the level II population, the fauna associated with algae show a certain interstation homogeneity and a significant affinity with that of level I insofar as amphipods are concerned, whereas decapods and echinoderms show more marked differences at both levels.

The total number of species registered for organisms associated with the plants of P. oceanica (187) is fairly high when compared with the values observed by other authors, although a certain oligotypia is revealed for some groups (eg. mysidaceans, bryozoans, foraminifers).

The population which we studied comprises, as far as the epiphytes of leaves are concerned, species characteristic of Posidonia meadows, whereas the epiphytes of the rhizomes include species common to the rocky substratum of the infralittoral.

The associated fauna comprises two groups; the first consists of species characteristic of the meadow (eg. decapods hippolytides, mysidaceans), the second of species relevant to the "Biocenosis of Photophilic Algae", among which we find many tubicolous amphipods for which the sediment deposited among the rhizomes is a favourable environment.

Although we observed a certain homogeneity in the station distribution of the species, we noted some quantitative differences between the populations of different stations (Chimenz et al., in press). Our present knowledge makes the explanation of these differences somewhat difficult; they do not seem to relate to factors such as temperature, the presence of sediment or the leaf area (in the case of epiphytes). It is probable that the determining factors are density and the major or minor continuity of the meadow in the various stations.

Regarding the phenology of the Posidonia leaves, it can be noted that the number of leaves present in the bundles examined appears similar to that registered in other areas (Drew and Jupp, 1971; Giraud, 1978), whereas the length of the adult leaves is indubitably inferior. This is evident from the analyses carried out in April and July 1983, and confirmed by the analysis of 1985; the adult leaves rarely exceed 40 cm in length on the average, with values of the leaf area varying from 11.56 (station 2SI) to 21.17 (station 4NI).

The density values of the meadow measured in 1985 when the new centre began to function are rather low so that one cannot really speak of meadow but of isolated shoots. Those registered at station 1I (near the Torvaldaliga South thermal discharge) are particularly low, whereas the ones registered at station 3NI are relatively high (Table III).

Table III

Leaf shoot density counts.

	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>	S <sub>5</sub>	Nr/1600mq	Nr/mq
March '85 3NI	7	134	84	39	168	86.4	54
April '85 3NI	93	82	27	72	124	79.6	49.7
1I	54	43	101	35	48	56.1	35.1
October '85 5NI	98	56	64	37	69	64.8	40.5
4NI	100	65	84	37	110	79.2	49.5
3NI	77	92	83	110	77	87.8	54.8
2NI	78	91	70	57	51	69.4	43.3
1I	23	68	51	60	45	49.4	30.8
2SI	87	76	70	60	67	72	45

As a whole, the results of our investigations give us a more profound knowledge of the ecology, biology and biogeography of the many species determined and of the structure of the biocenosis of the rocky substratum of the infralittoral. The numerous data concerning the qualitative and quantitative composition of the populations present in the area examined constitute a detailed picture of the environmental situation and will allow an objective evaluation of any future changes.

We believe that our observations have a preliminary value, both for the research itself and as a reference useful in subsequent research. Above all, the Posidonia meadow merits a more profound study and because of the phenomenon of regression (Pérès, 1984) all Mediterranean meadows should be kept under observation.

## 6. ACKNOWLEDGEMENTS

Our grateful thanks go to our collaborators Drs. G.D. Ardizzone, F.R. Maggiore, M.F. Gravina, P. Pelusi and L. Venanzangeli.

This research was made possible with financial assistance from ENEL and FAO/UNEP.

## 7. REFERENCES

- Abbott, I.A. and W.J. North (1971), Temperature influences on floral composition in California coastal waters. Proc.int.Seaweed Symp.Sapporo, 7:72-79.
- Bellan-Santini, D. (1969), Contribution à l'étude des peuplements infralittoraux sur substrat rocheux. (Etude qualitative et quantitative de la frange supérieure). Rec.Trav.St.Mar.Endoume, 63(47):294 p.
- Bellan-Santini, D. and G. Desrosiers (1977), Action du rejet thermique de l'usine de Martigues-Ponteau sur les peuplements de substrats durs à dominance de zoobenthos dans la partie supérieure de l'étage infralittoral. Téthys, 8(1):83-92.
- Bonvicini Pagliai, A.M., R. Crema, E. Joannilli, M. Bertonati, R. Cironi and R. Vitali (1979), Caratteristiche strutturali del macrobenthos della fascia infralitorale antistante la centrale di Tor Valdaliga (Civitavecchia). Atti Soc.Tosc.Sci.Nat.Mem., ser. B., 86 suppl.:160-167.
- Chimenz, C., E. Taramelli, R. Cironi, A. Contessini, F. Gravina, F.R. Maggiore, R. Maj, M.G. Motta and A. Somaschini (in press). Studies on animal populations of the prairie of Torvaldaliga's Posidonia oceanica beds. Atti II int.workshop on Posidonia oceanica beds, Ischia, 1985.
- Drew, E.A. and B.P. Jupp (1971), Some aspects of the growth of Posidonia oceanica in Malta. In Underwater research, edited by Drew., Academic Press, pp.357-367.
- Giraud, G. (1977a), Contribution à la description et à la phénologie quantitative des herbiers de Posidonia oceanica (L.) Delile. Thèse 3ème Cycle Océanologie, Université Aix-Marseille II, 213 p.
- Giraud, G. (1977b), Essai de classement des herbiers de Posidonia oceanica (L.) Delile. Botanica marina, 20:487-491.
- Giraud, G. (1978), Polygone de fréquence de longueur des feuilles de Posidonia oceanica (L.) Delile. Rapp.Proc.Verb.Réun.CIESM: 131-132.

- Joannilli, E., R. Crema, A.M. Bonvicini Pagliai, M. Bertonati, R. Cironi and R. Vitali (1979), Qualità dell'acqua e comunità fitoplanctoniche in rapporto allo scarico termico della Centrale Termoelettrica di Torre Valdaliga (Civitavecchia). Atti Soc.Tosc.Sci.Nat.Mem., ser. B, 86 suppl.:168-181.
- Ledoyer, M. (1962), Etude de la faune vagile des herbiers superficiels de Zosteracées et de quelques biotopes d'Algues littorales. Rec.Trav.Stn.Mar.Endoume,Fr., 39(25):117-235.
- Panayotidis, P. (1985), Contribution à l'étude qualitative et quantitative de l'association Posidonietum oceanicae Funk, 1927. Thèse 3ème Cycle Océanologie, Université Aix-Marseille II, 213 p.
- Pérès, J.M. (1984), La régression des herbiers à Posidonia oceanica. Int.Workshop Posidonia oceanica beds. GIS Posidonie publ., Fr., 1:445-454.
- Pelusi, P., E. Taramelli, C. Perticaroli and R. Cironi (1985), Crostacei Decapodi di Torvaldaliga (Civitavecchia-Roma). Oebalia 11-3, N.S.:793-797.
- Russo, G.F., E. Fresi, D. Vinci and L.A. Chessa (1984), Malacofauna di strato foliare della prateria di Posidonia oceanica (L.) Delile intorno all'isola d'Ischia (Golfo di Napoli): analisi strutturale del popolamento estivo in rapporto alla profondità ed alla esposizione. Nova Thalassia 6 suppl.:655-661.
- Taramelli, E. (1969), Ricerche sulle zocosenosi delle alghe fotofile ed in particolare di Halopteris scoparia (L.) Sauv. a Tor Valdaliga. Pubbl.St.Zool.Napoli 37, 2 suppl.:349-358.
- Taramelli, E. and A. Herzel (1969), Analisi qualitativa e statistica del mesobenthos vagile associato alle alghe delle pozze di scogliera di Tor Valdaliga (Civitavecchia). Arch.Zool.It., 54:59-108.
- Taramelli, E. and P. Schintu (1985), Echinodermi di Torvaldaliga (Civitavecchia-Roma). Oebalia 11-3, N.S.:799-802.
- Taramelli, E. and Venanzangeli (1985), Amphipoda of Torvaldaliga. Proc.VI Int.Coll. on Amphipod Crustaceans. Ambleteus FR., Crustaceana suppl. 13:283.
- Taramelli, E., C. Chimenz and L. Blundo (1981), Contributo alla conoscenza delle zocosenosi di Tor Valdaliga. Quad.Lab.Tecnol.Pesca 3,1 suppl.:535-550.
- Verlaque, M. (1977), Impact du rejet thermique de Martigues-Ponteau sur le macrophytobenthos. Téthys 8(1):19-46.

RELATION ENTRE BIOCOENOSSES ET POLLUTION DANS LA BAIE  
D'AUGUSTA (SICILE ORIENTALE)

par

I. DI GERONIMO

Istituto di Scienze della Terra dell'Università  
Corso Italia 55, Catania 95129, Italy

1. INTRODUCTION

En Sicile il y a trois zones côtières sujettes à une forte pollution principalement de type industriel: Milazzo, Augusta et Gela.

Pour la zone d'Augusta, ces dernières années, un certain nombre de travaux ont été effectués tant sur la nature de la pollution que sur les modifications apportées au milieu marin.

La baie d'Augusta (Sicile orientale) est divisée en trois parties du nord au sud 1) le Porto Xifonio, une anse naturelle entre la pointe d'Izzo et l'île sur laquelle se dresse Augusta. Ce port communique par un canal étroit avec 2) le Porto Megarese qui est limité au sud par une digue artificielle qui le sépare du 3) Seno du Priolo limité au sud par la péninsule de Magnisi. Dans le Porto Megarese se jettent les torrents de Mulinello, Marcellino et Cantera, dans le Seno du Priolo le torrent de Canniolo. Dans le Porto Megarese comme dans le Seno du Priolo sont rejetées les eaux usées de nombreux établissements industriels. Les principaux sont: a) Montedison-établissement de Priolo dont la production est consacrée principalement à la chimie des produits inorganiques ( $\text{NH}_3$ , engrais chimiques,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , etc...), à la pétrochimie pour la production de fibres synthétiques et au raffinage pour l'essence et les huiles; b) Esso-Raffinerie d'Augusta, qui a la plus forte production italienne d'essence et de lubrifiants; c) Liquichimica-Augusta S.P.A. qui produit des hydrocarbures aliphatiques, oléfines et acides gras. Dans la partie septentrionale du Porto Megarese il y a, de plus, l'Arsenal militaire d'Augusta et les rejets à la mer des égouts de la ville.

En outre, ces dernières années dans la baie voisine de S.Panagia on a construit une autre importante zone industrielle, l'ISAB, et il a été construit un "terminal" pour les pétroliers.

La zone portuaire proprement dite communique avec les eaux extérieures de la baie par trois passes: une naturelle au nord, dont la profondeur ne dépasse pas le mètre, et avec une largeur d'une trentaine de mètres; deux artificielles et beaucoup plus profondes au sud et sud-ouest du port; une telle disposition des passes facilite une circulation générale des eaux à l'intérieur de la zone portuaire, dirigées du nord vers le sud selon des circuits discontinus en sens inverse des aiguilles d'une montre. Les vents d'est et de sud-est, très fréquents pendant toute l'année, provoquent des phénomènes d'accumulation et de stagnation d'eaux dans la partie nord du port.

La baie d'Augusta est une zone à fort déséquilibre dû à une pollution complexe: industrie pétrochimique, urbaine et portuaire.



Les premières études effectuées dans la zone portuaire ont été publiées par Sciacca et Fallico (1978) sur les teneurs en métaux lourds et hydrocarbures des sédiments et par Cantone et Pilato (1981) et Di Geronimo (1983) qui ont étudié les peuplements benthiques à polychètes et mollusques de substrat meuble.

La construction des digues externes du port d'Augusta est probablement la cause du processus d'érosion auquel ont été soumises les limites externes de l'herbier de Posidonies du Porto Xifonio (Molinier et Picard, 1958). L'influence des eaux du port, polluées par les décharges industrielles, sur la zone externe de la baie a clairement été mise en évidence dans le Seno del Priolo: elle apparaît dans la teneur en sels nutritifs, dans la charge de bactéries hétérotrophes nettement supérieure à celle rencontrée au large, mais aussi dans la dégradation de l'herbier de Posidonies en relation avec l'apport de la fraction fine provenant des décharges (De Domenico, 1972; De Domenico *et al.*, 1978; Genovese et De Domenico, 1975). Vers le large, bien que la situation soit moins critique, l'influence de la pollution côtière est encore enregistrée.

La diminution de la production industrielle causée par la crise de l'industrie chimique italienne, ainsi que la mise en fonction d'une station d'épuration dans la zone industrielle, ont réduit considérablement l'impact de la pollution du port d'Augusta, avec des effets bénéfiques sur tout le milieu marin.

## 2. MATERIEL ET METHODES

Onze stations ont été sélectionnées à l'intérieur du port d'Augusta (Fig. 1), sur lesquelles ont été effectués trois prélèvements: un en mai, un en octobre 1984 et le dernier en mai 1985. Les stations sont toutes sur substrat dur et ont été choisies tant sur substrat rocheux naturel (Stat. A2, A6, A10) qu'artificiel (Stat. A1, A4, A5), ou sur des pilons de quai (Stat. A8, A11, A12) ainsi que sur des bouées (Stat. A7, A9).

L'échantillonnage pour l'étude qualitative et quantitative de printemps et d'automne et les observations de terrain en périodes diverses ont été menés sur des stations appartenant à l'infralittoral supérieur. Des observations continues et des échantillonnages sporadiques ont été faits sur des stations du supralittoral et de l'infralittoral plus profond, jusqu'à - 5m.

Pour chaque station ont été prélevés: 1 échantillon pour l'étude bionomique qualitative; 1 échantillon pour l'étude quantitative.

Chaque échantillon est représenté par le matériel résultant du grattage d'une surface de 400 cm<sup>2</sup> (20 cm x 20 cm).

L'étude a été menée sur les Algues, Mollusques et Polychètes.

Les méthodes utilisées sont celles employées par Bellan-Santini (1969), Pérès et Picard (1964), Giaccone (1977) et Stirn (1981).

Pour les opérations en mer, un Zodiac et un bateau de pêche ont été employés.

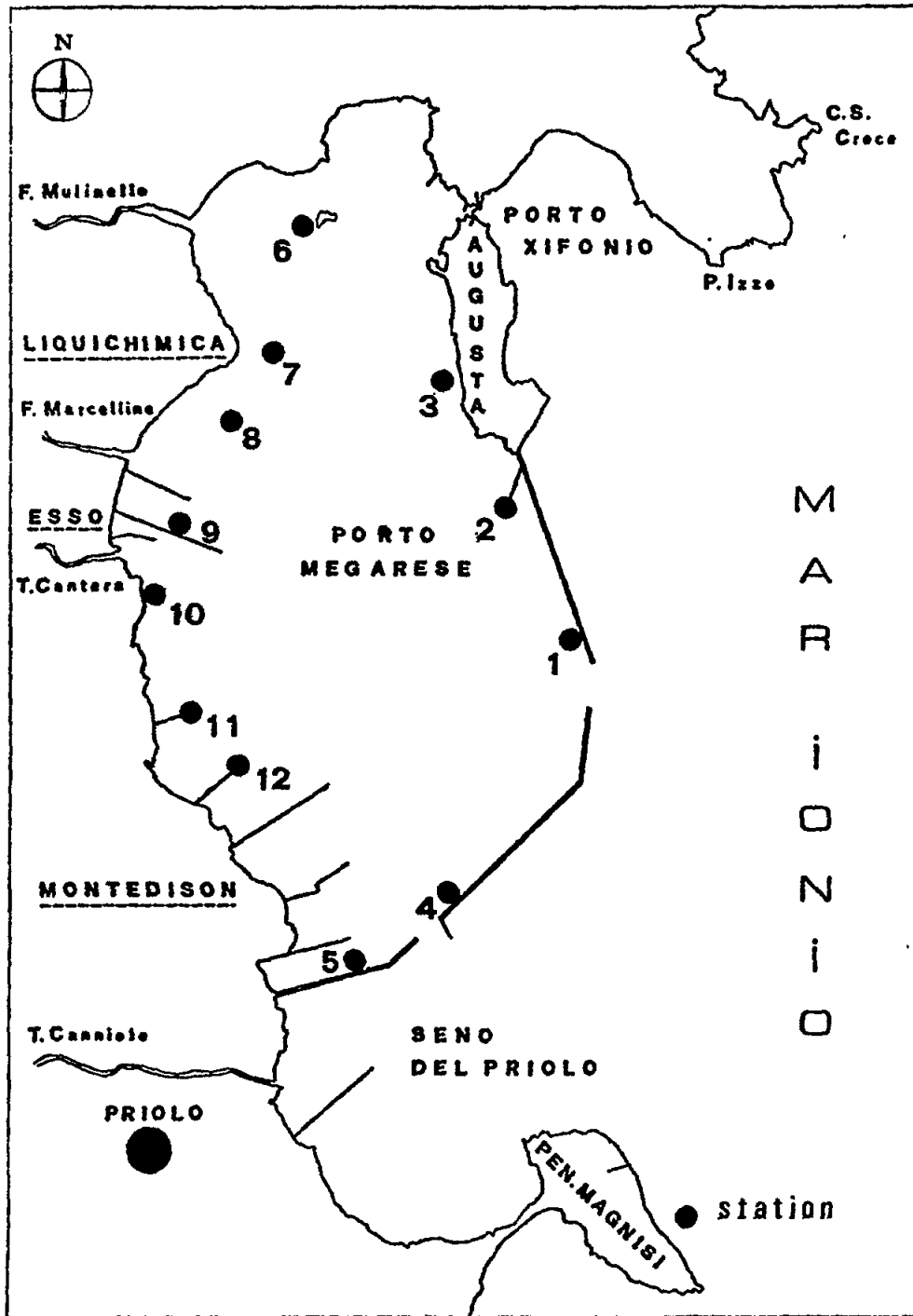


Fig. 1 Port d'Augusta: carte de situation des stations de prélèvements

### Métaux lourds

Pour quelques algues vertes (Ulva sp., Codium sp., Caulerpa prolifera et Enteromorpha intestinalis), algues rouges (Corallina sp., Gigartina sp., Pterocladia sp., et Lomentaria compressa), algues brunes (Dictyota sp., Dictyopteris polipodioides) et pour quelques organismes animaux (mollusques: Mytilus galloprovincialis, Brachidontes variabilis, Patella caerulea et Murex trunculus) on a recherché les métaux lourds suivants: Cd, Cr, Cu, Fe, Zn, Ni, Pb et Hg (Tableau IV).

On a employé des échantillons animaux de 2 g (poids sec à 50°C) et végétaux de 5 g (poids humide) avec la méthode d'Adrian (1971) et Bernhard (1976), à l'aide d'un spectrophotomètre d'absorption atomique (AAS) Perkin-Elmer 5000.

## 3. RESULTATS

### 3.1 Supralittoral

Les peuplements de l'étage supralittoral du côté oriental du port, soit sur substrat rocheux naturel, soit sur substrat artificiel (blocs de digues à surface rugueuse), sont bien représentés et structurés. En particulier dans les stations A1, A2, A4 et A6 on observe des bandes de Chtamalus depressus et des interstices occupés par nombreux Littorina neritoides: les stations A1 et A4 sont plus riches en raison de l'hydrodynamisme plus intense. Littorina punctata, espèce particulière de la Méditerranée méridionale, est toujours présente mais plus rare. Sur la surface de 400 cm<sup>2</sup> on a compté à la Stat. A1, la plus riche, 270 individus de Chtamalus depressus, 83 Littorina neritoides et 10 L. punctata.

Les cirripèdes manquent ou sont morts et les littorines sont très rares sur les blocs de la jetée méridionale, qui sont recouverts par une pellicule de goudron.

Toutes les stations du secteur occidental du port (piliers des pontons et bouées à surface lisse) sont très pauvres en cirripèdes et gastropodes, sauf la stat. A10 située dans les calcarénites quaternaires de Capo Cantera. A cette station on a compté jusqu'à 213 Littorina neritoides et 58 L. punctata, tandis qu'aux autres stations on a trouvé un maximum de 15 individus de Chtamalus depressus, Littorina punctata et L. neritoides.

### 3.2 Médiolittoral

Il est très difficile, voire impossible, de séparer les peuplements de la roche médiolittorale supérieur de ceux de la roche médiolittorale inférieure à cause de l'amplitude très réduite des marées.

Les stations du secteur oriental du port sont toujours plus riches en espèces et individus que celles du secteur occidental. La station la plus peuplée est la A1 qui, sur une surface de 400 cm<sup>2</sup>, est couverte à 75% par le cirripède Chtamalus stellatus (70%), 7 individus du gastéropode Patella lusitanica, le reste étant couvert par l'algue brune Mesospora macrocarpa. La station A4, couverte à 90%, est peuplée par 10 Patella lusitanica, 2 Fissurella nubecula, 1 Monodonta articulata, 31 Mytilaster minimus, 5 Mytilus galloprovincialis, 2 Irus irus et presque 200 Chtamalus stellatus.

Le peuplement des stations A2 et A6 est semblable qualitativement mais on a une moindre surface couverte à taches: 50% à la stat. A2 et 40% à la stat. A6.

Les stations A5, A7, A8, A9, A11 et A12 présentent seulement quelques individus de Patella lusitanica et Chtamalus stellatus; les algues manquent totalement. La station A10 située sur les rochers du Punta Cantera présente un aspect moins pauvre avec un peuplement à Chtamalus stellatus, Mytilaster minimus, Patella lusitanica et Lepidochitona caprearum installé dans les trous de la roche; les individus de toutes les espèces, sauf Lepidochitona caprearum, sont de taille très réduite.

### 3.3 Infralittoral

#### 3.3.1 Algues

Le stock végétal récolté en 1984 (Tableau III) est composé de 155 espèces, tandis que celui récolté au printemps 1985 (Tableau IV) est composé de 108 espèces. On a toujours une nette prédominance des Rhodophycées dont plusieurs espèces ont une valeur importante de couverture.

Parmi les Chlorophycées, peu représentées, seule Ulva rigida a une valeur appréciable de couverture à presque toutes les stations du port, plus importante aux stations du côté oriental (A1-A6).

Les Phéophycées sont peu nombreuses et forment des couvertures réduites.

Parmi les espèces plus répandues, on doit souligner la couverture importante, aux stations orientales seulement, de Ceramium rubrum, Corallina elongata, C. officinalis, Dasys baillouwiana et Jania rubens, tandis que Lomentaria compressa présente à toutes les stations est plus abondante dans celles du côté occidental.

Il a été calculé le rapport R/P (Rhodophycées/Phéophycées) utilisé par Giaccone (1977) et par Cormaci et al. (1986) pour caractériser l'état de dégradation environnementale.

En Méditerranée, dans une zone en équilibre, les valeurs de cet indice sont comprises entre 2.5 et 4, alors que dans un milieu déstabilisé elles vont de 5 à 10.

Dans la rade d'Augusta, on a les valeurs suivantes de R/P:

		1984										
		A1	A2	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12
PR.		3.5	6.5	6	15	11	∞	9.5	12	14	∞	6
AUT.		6.4	10	17	8	5.3	∞	4.5	∞	13	∞	∞

		1985										
		A1	A2	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12
PR.		3.7	7.3	6.5	4.6	8	∞	10	14	13	∞	8

Les valeurs moyennes de R/P sont les suivantes:

		1984		
		Stations A1-A6	Stations A7-A12	Port
PR.		8.4	10.37	9.38
AUT.		9.34	8.75	9.17

		1985		
		Stations A1-A6	Stations A7-A12	Port
PR.		6.02	11.25	8.34

alors que les moyennes globales sont: 7.92 pour les stations du côté occidental; 10.12 pour les stations du côté oriental et 8.96 pour la zone portuaire entière.

Les espèces ne sont jamais structurées en associations climax et elles ne sont pas hiérarchisables. Le tableau phytosociologique, synthétisé graphiquement sur le diagramme circulaire de la végétation (Fig. 2), montre un peuplement déstructuré dans lequel on enregistre une forte remontée des espèces sciaphiles (Rhodimnetalia 12.85%) avec un stock significatif d'espèces indicatrices de pollution (Pterocladio-Ulvetum 8.77%) et un cortège excessif d'espèces ubiquistes (56.33%). Les espèces photophiles (Cystoseiretalia (12.5%) et les espèces caractéristiques des peuplements méso-littoraux (Achrochaetetalia 9.7%) sont également très réduites comparativement avec une zone en équilibre.

Des résultats très proches et de la même signification bionomique ressortent de l'analyse des diagrammes circulaires de la Figure 3 qui sont composés avec les données de 1983, 1984 et 1985.

Le déséquilibre du côté occidental du port est également mis en évidence par la couverture végétale et par l'examen des indices de diversité (Tableaux I et II).

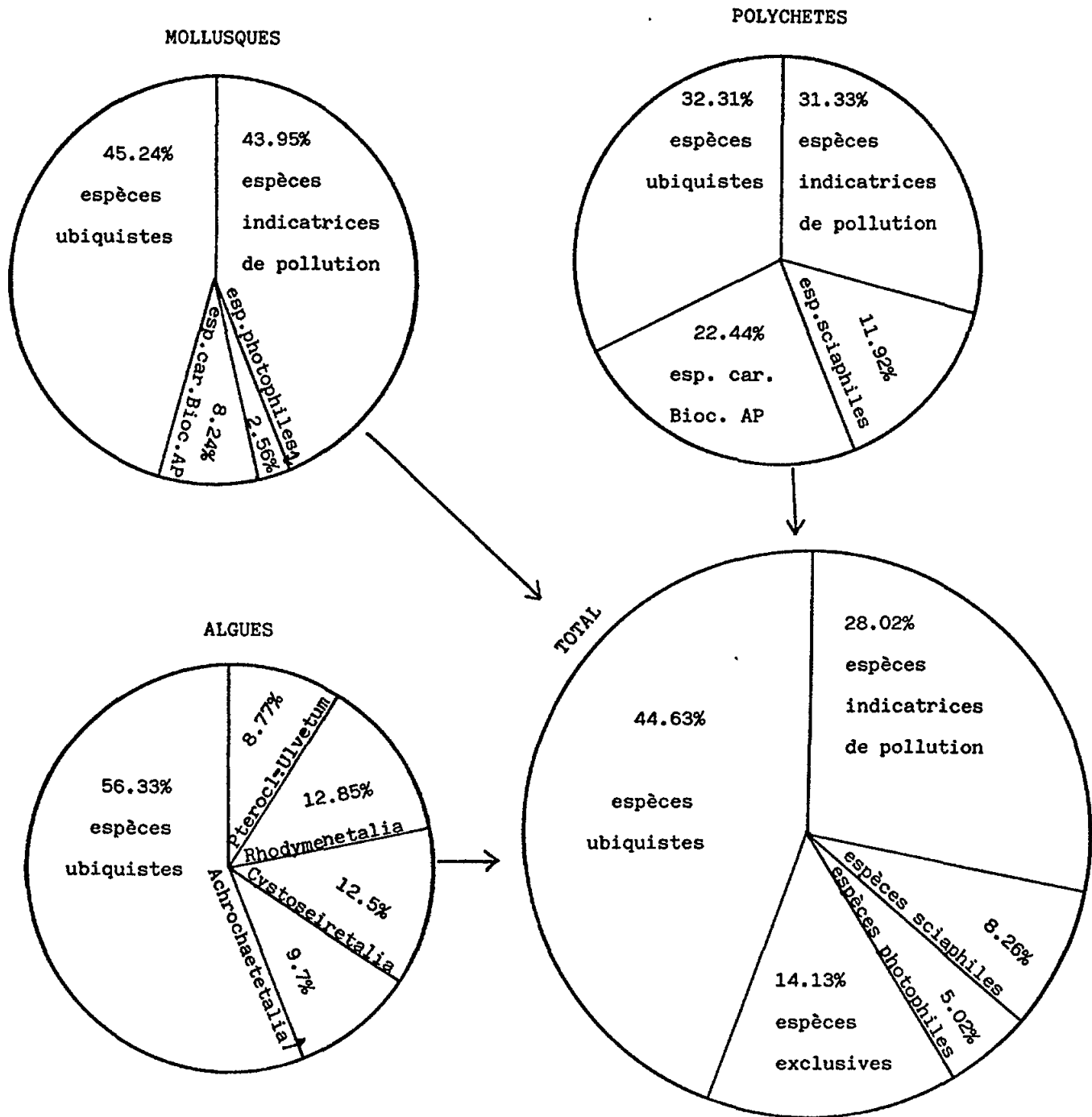


Fig. 2 Diagrammes circulaires pour les années 1984-1985 des différents stocks biocénétiques dans le port d'Augusta pour chaque groupe d'organismes; le grand cercle représente la moyenne de tous les groupes

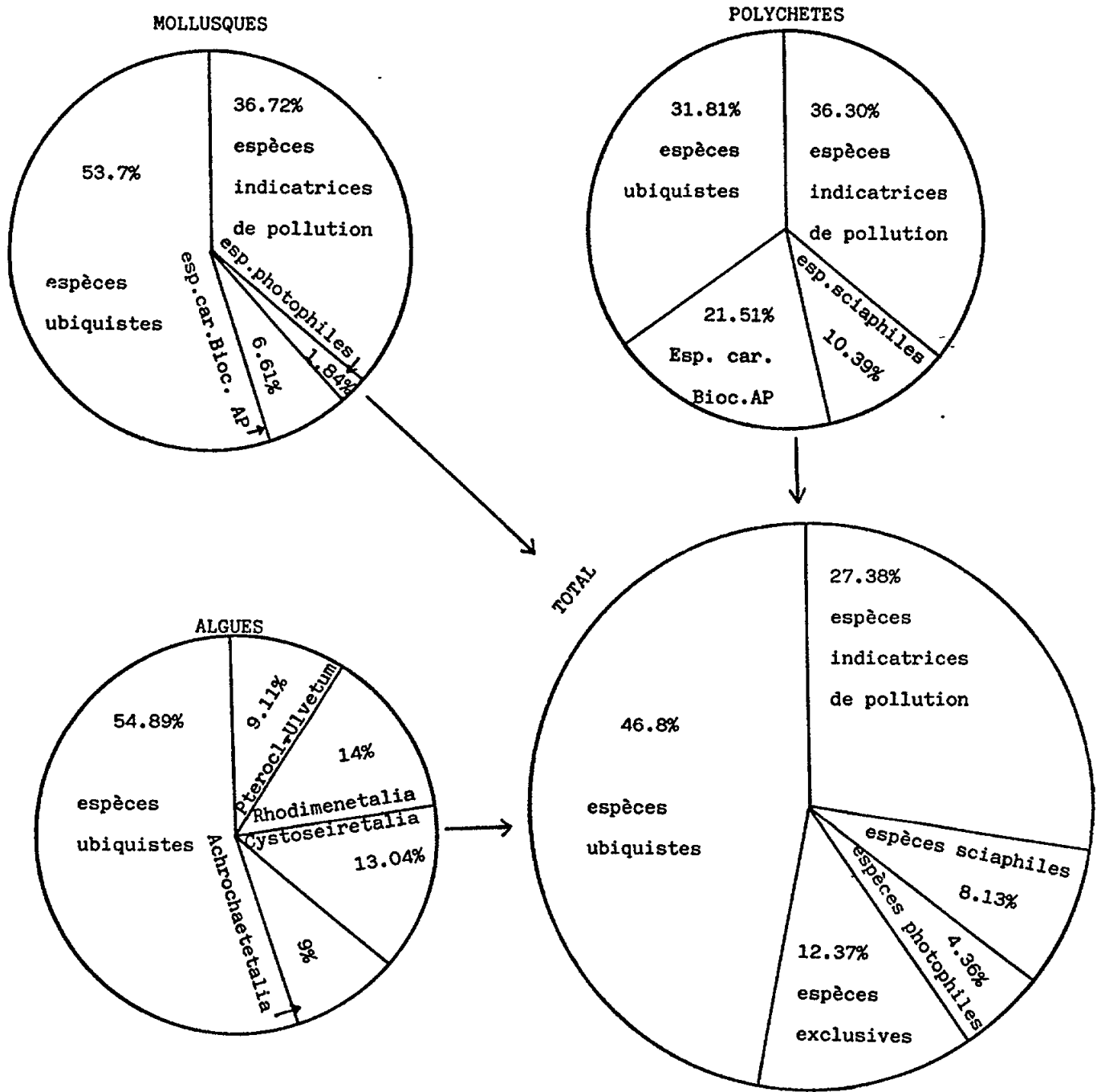


Fig. 3 Diagrammes circulaires pour les années 1983, 1984 et 1985 des différents stocks biocénotiques dans le port d'Augusta pour chaque groupe d'organismes; le grand cercle représente la moyenne de tous les groupes

La couverture varie notablement entre les deux secteurs avec une moyenne de printemps de 87% dans le secteur oriental et de 50% dans le secteur occidental; en automne les moyennes sont respectivement de 76% et de 36.7%.

Les valeurs de l'indice de diversité (Tableau I et II) varient également entre les deux côtés du port et, en général, les données du secteur oriental sont plus élevées que celles du secteur occidental avec des peuplements moins structurés.

Les peuplements algaux au cours de la période étudiée conservent une même structure sauf quelques variations physiologiques, notamment dans le secteur oriental, à cause du renouvellement des espèces dominantes.

### 3.3.2 Polychètes

Les polychètes sont représentés par 47 espèces en 1984 (Tableau V) et par 52 espèces en 1985 (Tableau VI). Les prélèvements de printemps sont plus riches tant en espèces qu'en individus. Il n'y a aucune correspondance entre la richesse en espèces ou en individus et les secteurs du port. Les prélèvements printaniers du 1985 sont les plus riches, avec 1184 individus.

L'espèce dominante est Hydroides elegans caractéristique des ports plus ou moins pollués, suivie par Platynereis dumerili, Syllis variegata et Ceratonereis costae. Dans le secteur occidental prédomine aussi Hydroides elegans suivie par Syllis variegata et Ceratonereis costae, tandis que dans le secteur oriental l'espèce dominante est Platynereis dumerili suivie par Hydroides elegans, Syllis prolifera et S. armillaris.

Les peuplements des stations du secteur oriental sont mieux structurés que ceux du secteur occidental dans lesquels les indices de diversité de Shannon (Tableau I et II) sont nettement plus bas. En outre, les valeurs de l'indice calculé dans les prélèvements printaniers sont toujours plus élevées que celles des prélèvements automnaux dans les deux secteurs du port. Seule la station A10, sur substrat rocheux naturel, sort de ce schéma en présentant des valeurs beaucoup plus élevées.

Le diagramme circulaire de la Figure 2 montre que le stock plus important est représenté par les espèces ubiquistes (32.31%) qui suivent les espèces indicatrices de pollution (31.33%); puis suivent les espèces caractéristiques exclusives de la biocénose des Algues Photophiles (24.44%) et, enfin, les espèces sciaphiles. Dans les prélèvements de printemps 1985 on enregistre une augmentation significative des espèces ubiquistes (26.28% à 38.35%) et une diminution des espèces indicatrices de pollution (39.86% à 22.80%).

Si on considère, au contraire, tous les prélèvements de 1983, 1984 et 1985 (Fig. 3) le stock dominant est représenté par les espèces indicatrices de pollution (36.30%) suivies par les espèces ubiquistes (31.81%).



Tableau I

Indices de diversité de SHANNON des prélèvements de printemps et d'automne 1984 dans les 11 stations à l'intérieur du Port d'Augusta. Pour les algues l'indice a été calculé avec les modifications apportées par Boudouresque (1970) en remplaçant le nombre des individus avec la couverture en pourcentage des espèces:

$$H = \sum_{i=1}^c \frac{c_i}{c} \log_2 \frac{c}{c_i}$$

c = couverture % des espèces dans le prélèvement;  
 c<sub>i</sub> = couverture % de chaque espèce.

Année 1984

STATIONS	MOLLUSQUES		POLYCHETES		MOLLUSQUES + POLYCHETES					
	H.	H.max E	H.	H.max E	H.	H.max E				
1	P	1.5316	2.3219	0.6596	3.3216	3.8073	0.8724	3.5441	4.2479	0.8343
	A	2.1078	2.5850	0.8154	2.5503	2.8073	0.9084	3.1883	3.7004	0.8616
2	P	---	---	---	1.5993	3.0000	0.5331	1.7708	3.1699	0.5586
	A	0.8658	1.5849	0.5463	1.1732	2.3219	0.5053	1.9819	3.0000	0.6606
4	P	1.7205	2.5849	0.6656	2.9875	3.9069	0.7647	3.1193	4.3923	0.7102
	A	1.8456	3.0000	0.6152	2.8731	3.0000	0.9577	2.6137	4.0000	0.6534
5	P	1.5296	3.0000	0.5099	2.3608	3.4594	0.6824	2.8275	4.2479	0.6656
	A	1.7537	3.3219	0.5279	2.4363	2.8073	0.8678	2.5536	4.0874	0.6247
6	P	2.4729	3.1699	0.7801	2.8904	3.7004	0.7811	3.6307	4.4594	0.8142
	A	3.2619	3.7004	0.8815	1.0227	2.5050	0.3956	3.2532	4.2479	0.7658
7	P	0.4224	1.0000	0.4224	2.4434	3.0000	0.8145	1.4024	3.3219	0.4222
	A	0.6309	2.0000	0.3155	0.1414	1.0000	0.1414	1.3449	2.5849	0.5203
8	P	1.1922	2.0000	0.5961	2.7869	4.2479	0.6561	3.0998	4.5235	0.6853
	A	1.1607	2.5849	0.4490	1.8861	3.0000	0.6287	2.3972	3.8073	0.6296
9	P	1.7509	2.3219	0.7541	1.7440	3.1699	0.5502	2.7470	3.8073	0.7215
	A	0.8585	2.0000	0.4293	0.8031	2.8073	0.2861	1.7945	3.4594	0.5187
10	P	1.4462	3.1699	0.4562	3.2936	3.7004	0.8901	2.0939	4.4594	0.4696
	A	1.1858	3.0000	0.3953	2.0000	2.0000	1.0000	1.4543	3.5849	0.4057
11	P	1.6152	2.0000	0.8076	2.5820	3.1699	0.8145	3.1763	3.7004	0.8584
	A	0.8813	1.0000	0.8813	1.5265	3.1699	0.4815	1.8411	3.4594	0.5322
12	P	0.6544	2.0000	0.3272	3.2320	4.0000	0.8080	3.2911	4.3219	0.7615
	A	1.3865	2.5849	0.5364	1.5936	2.8073	0.5676	2.4801	3.7004	0.6702

Tableau II

Indices de diversité de SHANNON des prélèvements de printemps 1985 dans les 11 stations à l'intérieur du Port d'Augusta. Pour les algues l'indice a été calculé avec les modifications apportées par Boudouressque (1970) en remplaçant le nombre des individus avec la couverture en pourcentage des espèces:

$$H = \sum_{i=1}^C \frac{C_i}{C} \log_2 \frac{C_i}{C} \quad \text{ou}$$

C = couverture % des espèces dans le prélèvement;  
 C<sub>i</sub> = couverture % de chaque espèce.

Printemps 1985

STATIONS	ALGUES		MOLLUSQUES		POLYCHETES		MOLLUSQUES + POLYCHETES	
	H.	H.max	H.	H.max	H.	H.max	H.	H.max
1	4.1932	5.8328	2.4856	3.5849	3.7312	4.2478	4.1708	4.9541
2	3.8848	5.0874	3.1760	3.4594	3.2233	4.5235	3.8369	5.0874
4	2.9925	4.5235	2.0718	3.1698	3.7056	4.7548	3.9434	5.1698
5	4.4445	5.1698	1.6744	3.5849	3.1568	4.5235	3.3522	5.1292
6	4.5105	5.5235	3.0242	3.8073	2.9095	3.9999	3.9438	4.9068
7	2.5817	4.4593	0.4938	1.9999	3.3412	4.0874	1.8351	4.3922
8	1.8034	3.9999	1.0738	2.3219	2.6582	4.0874	3.0700	4.4593
9	2.9978	4.3922	1.6207	2.3219	2.7340	4.0874	3.2464	4.4593
10	3.4972	4.9068	1.4410	3.9999	3.4764	3.9068	2.1665	4.9541
11	1.2654	3.1698	1.9149	2.3219	2.8407	3.9068	3.3796	4.3218
12	1.6505	3.5849	0.4531	1.5849	2.5418	3.5849	2.8345	3.9068
		0.4604		0.2859		0.7090		0.7255

Tableau III

A L G U E S	1		2		4		5		6		7		8		9		10		11		12	
	P	A	P	A	P	A	P	A	P	A	P	A	P	A	P	A	P	A	P	A	P	A
<i>Acanthophora nanadiformis</i> IMX.	+	+																				
<i>Acrochaetium crassipes</i> BORGES	+	+	+	+																		
<i>Acrochaetium davresi</i> (DILLWYN) NABGELI	+	+																				
<i>Acrochaetium gracile</i> BOERGENSEN	+	+																				
<i>Acrochaetium hallaniticum</i> g.annoricum (KYL.)HAM.	+	+																				
<i>Acrochaetium leptanena</i> (ROSENV.) BORGES	+	+																				
<i>Acrochaetium Mediterraneum</i> (LEVR.) BOUDOOR.	+	+																				
<i>Acrochaetium microscopium</i> NAG.	+	+																				
<i>Acrochaetium multifforme</i> (ROSENV.) BORGES	+	+																				
<i>Acrochaetium ibupidandrium</i> (ROSENV.) HAMEL	+	+																				
<i>Acrochaetium subpinnatum</i> BORN	+	+																				
<i>Acrochaetium trifilum</i> (BUFF.) BATT.	+	+																				
<i>Aglaothamnion furcellariae</i> J.AG.	+	+																				
<i>Aglaothamnium neolectum</i> G.FELDM.	+	+																				
<i>Aglaothamnium tripinnatum</i> (GRATEL.) G.FELDM.	+	+																				
<i>Aslidium corallinum</i> C.AGARDH	+	+																				
<i>Amphiroa beauvoisi</i> LAMOROUX	+	+																				
<i>Amphiroa ligida</i> LAMOROUX	+	+																				
<i>Anabaena laxa</i>	+	+																				
<i>Anotrichium furcellata</i> (J.AG.) BALDOCK	+	+																				
<i>Autothamnion cruciatum</i> (C.AG.) NABGELI	+	+																				
<i>Autothamnion cruciatum</i> v. <i>proclundum</i> (C.AG.) G.FELDM.	+	+																				
<i>Autithamnionella spirographoidis</i> (SCHIS.) WOLL.	+	+																				
<i>Banana atropurpurea</i> (ROTH) C.AG.	+	+																				
<i>Bryopsis colymbosa</i> J.AG.	+	+																				
<i>Bryopsis cupressina</i> LAMOROUX	+	+																				
<i>Bryopsis distica</i> (J.AG.) KUETZ.	+	+																				
<i>Bryopsis huemoides</i> LAMOROUX	+	+																				
<i>Bryopsis muscosa</i> LAMOROUX	+	+																				
<i>Bryopsis pennata</i> LAMOROUX	+	+																				
<i>Bryopsis plumosa</i> (HUDS.) C.AG.	+	+																				
<i>Bryopsis secunda</i> J.AG.	+	+																				
<i>Callithamnion corymbosum</i> (SMITH) LINGB	+	+																				
<i>Callithamnion granulatum</i> (DUCL.) C.AG.	+	+																				
<i>Caulacanthus ustulatus</i> (MERT) KUTZ.	+	+																				
<i>Caulerpa prolifera</i> (FORSK) IMX.	+	+																				
<i>Centroceras clavulatum</i> MONTAGNE	+	+																				
<i>Ceramium ciliatum</i> v. <i>robustum</i> (J.AG.) G.MAZOYER	+	+																				
<i>Ceramium comutum</i> BORGES	+	+																				
<i>Ceramium diaphanum</i> (LICHFOOT) ROTH	+	+																				
<i>Ceramium diaphanum</i> v. <i>elegans</i> (DUCL.) G.FELDM.	+	+																				
<i>Ceramium diaphanum</i> v. <i>strictum</i> (KUTZ.) G.FELDM.	+	+																				
<i>Ceramium rubrum</i> (HUDS.) C.AG.	+	+																				













Tableau IV (suite)

ALGUES	STATIONS	1	2	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Peyssonnelia bornetii</i> (BOUDOURSQUE & DENIZ.)		+								+		
<i>Peyssonnelia iuwa</i> (GREVILLE) J. AGARDH		+										
<i>Peyssonnelia squamaria</i> (GRELIN) DECAISNE		5	+	+	5	+	+	+	+	+	+	+
<i>Polysiphonia breviarticulata</i> (C. AGARDH) ZANARDINI		+	+									
<i>Polysiphonia brodiaei</i> (DILLWYN) GREVILLE		+			+	5						
<i>Polysiphonia foetidissima</i> COCKS		+										
<i>Polysiphonia spinosa</i> (C. AGARDH) J. AGARDH		+	+									
<i>Polysiphonia variegata</i> (C. AGARDH) ZANARDINI		+	+									
<i>Pterocladia pinnata</i> (HUDSON) PAPENFUSS	20	30		+	20	5						
<i>Pterosiphonia parasitica</i> (HUDSON) FALK.				+		+						
<i>Pterosiphonia pennata</i> (ROTH.) FALK.				+	+							
<i>Radicilingua reptans</i> (ZANARDINI) PAPENFUSS		+										
<i>Radicilingua thisanorhizans</i> (HOLM.) PAPENFUSS		+		+	+							
<i>Sargassum vulgare</i> C. AGARDH		+										
<i>Spyridia filamentososa</i> (WULFEN) HARVEY		20	+	10	30	10	5			30	+	5
<i>Ulva rigida</i> C. AGARDH	5		20		+							
<i>Ulva rotundata</i> BLID.												
<i>Ulveella lens</i> CROUAN												
<i>Ulothrix flacca</i> (DILLWYN) THUR.		+	+			+	+			+		
<i>Taonia atomaria</i> (WOODW.) J. AGARDH		+	10			+						
<i>Tellamia contorta</i> BAUT.						+						
<i>Udotea petiolata</i> (TURRA) BORGES	5	5						+				





### 3.3.3 Mollusques

Les mollusques sont représentés par 26 espèces (Tableau VII) en 1984 et par 28 espèces en 1985 (Tableau VIII). Les bivalves sont toujours plus abondants; les espèces dominantes sont les mytilidés: Mytilaster minimus, Mytilus galloprovincialis et Brachidontes variabilis suivie par le bivalve endobionte Petricola lithophaga.

Le peuplement à mollusques est nettement déstructuré; la structure trophique est dominée par les suspensivores (>85%), tandis que les détritivores, les herbivores et les carnivores sont insignifiants.

L'indice de diversité (Tableaux I et II), comme pour les algues et les polychètes, est plus faible aux stations du secteur occidental. Les valeurs supérieures ont été obtenues au printemps 1985 aux stations du secteur oriental du port d'Augusta; elles sont comprises entre 2.99 et 4.51.

L'analyse bionomique (Fig. 2) montre que le stock dominant est celui des espèces ubiquistes (45.24%) suivi par le stock des espèces indicatrices de pollution (43.95%) et, ensuite, par les espèces caractéristiques exclusives des biocénoses infralittorales (8.24%); les espèces définies comme photophiles sont insignifiantes (2.56%). Il faut remarquer que, entre 1984 et 1985, le stock des espèces ubiquistes a augmenté de 42.58% à 47.9%, tandis que le stock des espèces indicatrices de pollution a subi une faible diminution de 44.98% à 42.92%; les autres stocks également ont subi une diminution.

Si on considère toutes les données de 1983 à 1985 (Fig. 3) la situation est plus nette: le stock dominant est celui des espèces ubiquistes (53.7%), suivi par les espèces indicatrices de pollution (36.72%) et, très loin, par les espèces caractéristiques des biocénoses infralittorales (6.61%) et les espèces photophiles (1.84%).

### 3.3.4 Biomasse

Les valeurs de la biomasse (g pour 1/25 m<sup>2</sup>) rencontrées (Tableaux IX et X) sont comparables à celles des peuplements de même faciès en milieu portuaire ou pollué (Bellan-Santini, 1969).

La quantité de carbonates présents dans les échantillons est due principalement aux coquilles de Mytilus galloprovincialis. Pour toutes les stations du secteur occidental également au cirripède Balanus amphitrite et, en proportion moindre, aux tubes de Serpulidés.

Dans toutes les stations au printemps et en automne la composante animale est toujours beaucoup plus importante que la composante algale, sauf dans le prélèvement automnal 1984 de la station A4 dans laquelle on a enregistré 94.01 g végétal et 78.08 g animal en poids humide.

La biomasse animale des prélèvements de printemps est plus élevée que celle des prélèvements d'automne. Les stations plus riches en Mytilus ou en Cirripèdes sont les plus pauvres en biomasse végétale.



Tableau VIII

Printemps 1985

MOLLUSQUES	1	2	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>GASTROPODA</b>											
<i>Fissurella nubecula</i> (LINNE')	1	1	4	2	1	1	3				
<i>Patella coerulea</i> LINNE'					1		1				
<i>Patella aspera</i> LAMARCK			1		6						
<i>Gibbula adamsoni</i> (PAYRAUDEAU)					3						
<i>Rissa monodonta</i> BIVONA											
<i>Vermetus arenarius</i> (LINNE')	1	1			2						
<i>Bitium reticulatum</i> (DA COSTA)	1	1									
<i>Ocenebrina edwardsi</i> (PAYRAUDEAU)	1			1							
<i>Trunculariopsis truncula</i> (LINNE')											
<b>BIVALVIA</b>											
<i>Striarca lactea</i> (LINNE')	1	1					1				
<i>Modiolus barbatus</i> (LINNE')	18	5	39	30	17	302	40	32	27	9	37
<i>Mytilus galloprovincialis</i> LAMARCK	2		12	10	1		1	5	10	1	1
<i>Brachidontes variabilis</i> (KRAUSS)	12		60	135	15	30	7	50	300	5	2
<i>Mytilaster nummus</i> (POLL)	1		4	3					8		
<i>Mytilaster solidus</i> MARTIN in MONTS				5	8	1	1	3	5		
<i>Gracariella sulcata</i> (RISSO)			1	1					1		
<i>Musculus costulatus</i> (RISSO)			1	1					1		
<i>Lithophaga lithopaga</i> (LINNE')	1	2			1				1		
<i>Anomia ephippium</i> LINNE'									1		
<i>Ostrea edulis</i> LINNE'	1								2		
<i>Chama glyphoides</i> LINNE'	1				1				1		
<i>Cardita calyculata</i> (LINNE')											
<i>Parvicardium exiguum</i> (GMELIN)					3						
<i>Venerupis aurea</i> (GMELIN)					3						
<i>Petricola lithopaga</i> (REIZIUS)	2	3	8	6	27	1	2	5	20	1	
<i>Irus irus</i> (LINNE')									1		
<b>POLYPLACOPHORA</b>											
<i>Chiton olivaceus</i> SPENGLER	1	2		2					2		
<i>Acanthochiton fascicularis</i> (LINNE')		1			3				4		
<b>TOTAUX</b>	42	19	130	197	91	334	51	95	387	20	40

Tableau IX

Année 1984

STATIONS	POIDS HUMIDES		POIDS DECAICRIES		POIDS SECS		POIDS DE CENDRE		MATIERE ORGANIQUE			
	VEG.	AM. TOT.	VEG.	AM. TOT.	VEG.	AM. TOT.	VEG.	AM. TOT.	VEG.	AM. TOT.		
PR.	111.87	245.09	46.13	63.85	7.759	0.062	0.013	7.834	6.042	6.091	0.049	12.182
1 AUT.	50.55	157.17	18.90	9.37	2.749	4.770	0.998	8.517	0.356	1.651	0.199	2.206
PR.	179.12	916.78	82.17	133.87	21.595	42.229	--	63.824	17.216	19.935	--	37.151
2 AUT.	7.92	136.76	0.91	24.93	0.316	5.005	--	5.321	0.041	1.192	--	4.087
PR.	109.65	363.52	51.18	51.52	6.592	17.973	3.350	27.917	4.870	6.381	1.580	12.831
4 AUT.	94.01	78.08	27.42	18.02	5.818	7.532	--	13.35	3.414	1.376	--	4.79
PR.	156.65	491.07	112.49	85.78	13.590	28.808	0.056	42.354	8.899	10.470	0.054	19.423
5 AUT.	11.28	330.64	1.50	127.42	0.699	47.731	0.061	48.491	0.449	6.172	0.057	6.678
PR.	249.87	115.53	94.91	15.95	13.512	4.367	27.496	45.375	2.455	1.450	10.912	14.817
6 AUT.	83.33	270.94	28.67	70.49	5.358	35.754	4.294	45.406	1.419	26.823	0.292	28.534
PR.	50.76	157.53	19.29	37.05	2.967	5.790	14.071	22.828	0.732	2.284	1.009	4.021
7 AUT.	14.62	126.17	3.68	24.78	0.842	5.279	1.817	7.938	0.358	1.600	0.203	2.241
PR.	32.61	515.85	17.55	49.41	1.550	14.778	29.158	45.486	0.382	3.999	1.802	6.183
8 AUT.	17.05	309.74	1.08	50.10	0.600	8.438	19.178	28.216	0.179	2.438	0.832	3.449
PR.	71.85	768.2	18.1	157.53	2.466	38.368	33.648	74.482	0.317	11.783	15.433	27.533
9 AUT.	3.39	385.14	0.62	73.53	0.145	9.617	17.701	27.463	0.030	2.046	8.008	10.084
PR.	179.08	270.33	79.02	26.05	11.693	13.456	0.071	25.22	1.260	7.496	0.003	8.759
10 AUT.	119.27	335.67	34.6	84.43	4.623	21.305	--	25.928	0.49	15.134	--	15.624
PR.	28.01	670.86	14.12	113.3	1.18	17.549	3.568	22.297	0.2	2.182	1.448	3.83
11 AUT.	--	469.31	--	82.19	--	7.406	2.073	9.479	--	1.285	0.098	1.383
PR.	4.68	266.79	2.31	65.73	0.225	13.899	5.446	19.62	0.027	2.783	1.928	4.738
12 AUT.	--	368.76	--	53.89	--	7.723	1.366	9.089	--	1.5	0.095	1.595

Tableau X

Printemps 1995

STATIONS	POIDS HUMIDES		POIDS DECALCIFIES		POIDS SECS		POIDS DE CENDRE		MATIERE ORGANIQUE											
	VEG.	MT.	VEG.	MT.	VEG.	MT.	VEG.	MT.	VEG.	MT.										
1	103.25	230.42	5.75	399.42	41.58	60.06	2.57	104.21	7.162	2.684	0.451	10.297	1.622	1.415	0.189	3.226	5.433	1.288	0.731	7.452
2	205.1	853.27	--	1058.37	95.08	127.58	--	222.66	25.691	35.447	--	61.138	5.247	19.692	--	24.939	19.676	17.329	--	37.005
4	95.86	390.46	22.3	508.62	45.89	56.34	5.19	107.42	7.52	15.658	2.363	25.541	1.983	11.187	0.561	13.731	7.436	7.048	0.516	15
5	140.59	500.02	5.21	645.82	82.14	95.42	1.05	182.75	9.661	32.907	0.342	42.91	3.45	23.5	0.015	26.965	7.176	15.51	0.409	23.095
6	210.4	75.15	230.85	516.4	82.03	12.88	42.68	137.59	11.553	3.484	18.562	33.599	2.265	1.16	8.07	11.495	9.671	2.355	13.154	24.18
7	35.29	140.94	505.42	681.65	15.52	36.26	81.79	133.57	2.325	5.851	28.215	36.391	0.592	2.25	1.889	4.691	1.739	3.307	21.176	26.222
8	30.32	450.38	530.6	1011.3	15.36	53.15	86.17	194.68	1.713	15.194	26.119	43.026	0.427	3.997	1.612	6.036	2.301	8.713	21.552	32.566
9	80.15	800.22	325.67	1206.04	21.34	156.37	87.58	265.29	2.841	38.147	33.68	74.668	0.351	10.897	15.309	16.557	2.517	25.281	21.279	49.077
10	129.95	308.07	3.18	441.2	55.35	33.58	0.42	89.35	7.69	15.452	0.198	23.34	0.792	7.725	0.008	8.525	5.481	6.412	0.262	12.155
11	20.58	480.31	42.5	542.99	9.89	82.18	10.76	102.83	1.172	12.451	5.667	19.29	0.192	1.482	2.177	3.851	0.954	8.047	3.135	12.136
12	8.1	260.72	75.58	344.4	3.48	60.24	28.25	91.97	0.31	12.295	6.822	19.428	0.037	2.458	2.352	4.847	0.307	12.118	4.163	16.588



### 3.3.5 Métaux lourds

Les valeurs moyennes de la teneur en métaux lourds sont comparables avec celles des autres milieux portuaires. On enregistre une différence notable pour les valeurs de concentration dans les prélèvements et, en particulier, les prélèvements d'automne ont généralement des valeurs plus élevées que ceux de printemps. Dans l'ensemble, les organismes végétaux montrent des concentrations légèrement inférieures à celles des organismes animaux.

Les valeurs minimales ont presque toujours été rencontrées dans les algues vertes et rouges, comme dans les prélèvements de 1983. Les valeurs maximales sont encore concentrées dans Patella caerulea et dans Murex trunculus.

Parmi les algues, on trouve dans Corallina elongata les valeurs maximales de Cd (2.95 Stat. A5), Zn (43 Stat. A10), Ni (10.9 Stat. A5); dans Gigartina teedii Cr (3.35 Stat. A10); dans Pterocladia pinnata Cu (7.42 Stat. A5), Fe (369.2 Stat. A6), Hg (0.18 Stat. A5); dans Codium decorticatum Pb (22.4 Stat. A2). En particulier Corallina elongata concentre toujours une grande quantité de Pb, de beaucoup supérieure à celle des autres algues.

Parmi les animaux, on trouve dans Murex trunculus les concentrations maximales de Cd (2.58 Stat. A10), Cu (212.5 Stat. A10), Zn (1093.75 Stat. A10); dans Patella caerulea Cr (28.8 Stat. A11), Fe (9687 Stat. A11), Ni (10.6 Stat. A11), Pb (9.02 Stat. A11); dans Brachidontes variabilis Hg (3.06 Stat. A12).

De l'analyse des Tableaux XI et XII il ressort également que les stations les plus contaminées sont celles du secteur méridional et ceci concorde avec les données de l'année 1983 (Castagna et al., 1985).

Enfin, il faut souligner que les valeurs des prélèvements du printemps 1985 sont, presque toujours, légèrement inférieures à celles de 1984.

## 4. CONCLUSIONS

L'étude qualitative et quantitative des peuplements algaux, des Polychètes et des Mollusques de l'infralittoral supérieur de substrat rocheux en 1984 et 1985 a confirmé l'état de dégradation de la baie d'Augusta déjà mis en évidence par les recherches de 1983.

La dégradation causée par l'ensemble des apports polluants urbains, industriels et portuaires a permis de distinguer nettement le secteur oriental moins dégradé du secteur occidental où la pollution a modifié notablement l'aspect originel.

L'analyse biocénotique des peuplements benthiques infralittoraux a fait apparaître un appauvrissement très marqué des stocks des espèces exclusives de la biocénose des algues photophiles et des espèces photophiles; parallèlement on observe une forte augmentation des espèces sciaphiles, ubiquistes et indicatrices de pollution.

Tableau XI

Année 1984

Mét. lourds et Periodes Org. et Stations	Cd		Cr		Cu		Fe		Zn		Ni		Pb		Hg	
	PR.	AUT.	PR.	AUT.	PR.	AUT.	PR.	AUT.	PR.	AUT.	PR.	AUT.	PR.	AUT.	PR.	AUT.
<i>Ulva rigida</i>	A1	0.35	0.2	0.3	0.38	1.2	1.22	51.4	68	4.25	7.83	1.4	1.12	Tr.	Tr.	0.01
	A2	0.36	--	0.27	--	0.9	--	17.2	--	1.43	--	1.07	--	Tr.	Tr.	0.03
	A4	0.35	0.3	0.21	0.41	1.25	1.22	8.2	23	1.5	5.5	1.05	0.9	Tr.	Tr.	0.07
	A5	0.39	0.25	0.40	0.65	3.08	1.42	16.2	33.8	2.9	6.17	1.3	0.98	0.73	0.91	0.05
	A6	0.04	0.15	0.2	0.37	2.08	1.62	53.2	59.5	3.75	9.67	0.68	0.95	Tr.	Tr.	0.04
	A10	0.04	0.2	0.26	0.32	2.47	1.12	37.4	54.6	2.21	7	0.68	1.05	0.83	1.97	0.02
<i>Codium decorticatum</i>	A1	0.42	0.22	0.27	0.31	1.42	1.3	39.07	88.2	4.67	9.5	1.43	1.2	Tr.	Tr.	0.03
	A2	0.36	0.2	0.31	0.43	1.12	0.77	30.98	49.33	2.13	6.83	1.45	0.92	22.4	--	0.02
	A4	0.51	0.25	0.36	0.27	1.28	0.95	18.5	70.5	4.13	6.33	1.25	0.83	0.87	1.23	0.04
	A10	0.04	0.2	0.29	0.38	1	0.98	66	95.2	1.64	9	0.88	1	1.62	1.17	0.06
<i>Enteromorpha intestinalis</i>	A6	0.43	--	0.36	--	1.63	--	230.5	--	10.2	--	1.38	--	1.06	--	0.02
<i>Caulerpa prolifera</i>	A6	0.04	0.08	0.73	1.07	2.77	0.4	224.9	40.3	5.05	7.5	1.04	1.03	0.83	1.52	0.02
	A10	0.05	0.12	0.47	0.83	3.64	2	110.8	150	5.65	12	0.92	1.45	1.25	1.61	0.03
	A1	0.48	0.38	0.81	0.93	3.1	2.38	261.8	223.2	18.7	23.67	2.67	2	2.38	3.47	0.03
<i>Pterocladia pinnata</i>	A2	0.32	--	0.5	--	2.17	--	190.2	--	14	--	1.4	--	1.17	--	0.01
	A5	0.35	0.27	0.94	0.81	6.93	7.42	162.8	186.8	6.05	21.5	1.45	1.63	1.32	2.05	0.15
	A6	0.44	--	0.41	--	3.47	--	369.2	--	20.7	--	2.47	--	1.55	--	0.04
	A1	1.65	--	1.12	--	1.8	--	200.25	--	23.4	--	8.03	--	8.98	--	0.02
<i>Corallina elongata</i>	A4	1.41	1.18	1.56	1.82	2.82	1.32	282.9	105.3	27.9	23.5	6.53	5.7	9.56	9.92	0.08
	A5	--	2.97	--	2.07	--	1.47	--	97.5	--	19.2	--	10.9	--	10.27	--
	A10	0.8	1.33	2.8	3.35	3.71	1.58	216.7	141	34.01	43	5.71	6.05	8.8	11.62	0.04
<i>Gigartina leedii</i>	A5	0.42	0.22	0.3	0.28	1.8	0.32	19.3	16.7	2.05	5.33	1.33	0.73	1.12	1.28	0.03

Tableau XI (suite)

Année 1984

Mét. lourds et Périodes	Cd		Cr		Cu		Fe		Zn		Ni		Pb		Hg	
	PR.	AUT.	PR.	AUT.	PR.	AUT.	PR.	AUT.	PR.	AUT.	PR.	AUT.	PR.	AUT.	PR.	AUT.
Org. et Stations																
<u>Dictyopteris</u> A1	0.36	--	0.71	--	2.5	--	183.3	--	5.5	--	1.68	--	2.66	--	0.04	--
<u>polypodioides</u>																
<u>Dictyota</u> A4	0.43	--	0.27	--	4.63	--	113.2	--	18.8	--	1.77	--	1.36	--	0.08	--
<u>dichotoma</u>																
<u>Patella</u> A4	1.95	2.04	13.2	10.7	10.6	7.12	2190	1961.7	43.2	63.3	4.9	10.33	1.27	3.5	0.65	0.84
<u>Coerulea</u> A5	1.93	2.27	11.8	9.11	11	8.6	1840	1275.8	33.7	64.6	5.3	7.5	1.6	6.6	0.53	1.23
A8	1.05	1.6	10.5	7.7	14	8.63	1467	1412.5	52.6	73.1	3.7	10.25	1.62	7.74	0.69	0.97
A11	1.1	2.56	28.8	16.2	10.8	12.06	5103	9687	70.5	136.9	7.4	10.6	1.42	9.02	0.62	1.47
A4 uc.	0.6	--	2.5	--	9.2	--	245.7	--	93.7	--	2	--	0.72	--	0.97	--
A6 >5	0.8	1	4.25	2.44	13.05	6.56	787.5	281.25	166.6	79.4	3.7	3.2	1.94	1.58	0.64	0.72
>4	0.8	1.06	5	3.05	13.4	8.6	881	374.4	228.5	76.25	4.1	4.2	1.81	1.74	0.62	0.43
<4	0.6	1	4.5	3.12	10.4	9.25	656.2	581.25	104.2	86.25	3.1	3.9	1.08	2.23	0.5	0.31
P. A.																
A7 uc/>4	0.75	1.04	14.5	5.34	18.1	8.58	1780	560.83	161.4	113.75	6.1	4.08	2.7	0.72	0.63	0.48
>3	--	1.12	--	6.26	--	10.44	--	726.25	--	115	--	4.5	--	1.46	--	0.45
<3	--	0.75	--	4.1	--	12.84	--	604.55	--	67.5	--	6.53	--	3.12	--	0.48
A8 >6	--	0.79	--	0.92	--	6.1	--	136.2	--	42.92	--	3.92	--	2.52	--	0.37
>5	0.73	--	3.2	--	12.3	--	312	--	86.5	--	3.1	--	1.17	--	0.56	--
<5 >4	0.6	0.87	3	1.14	12.4	7.5	280	196.2	128.5	113.5	2.8	4.25	1.7	2.78	0.59	0.38
>4	--	0.62	--	1.22	--	9.6	--	377.5	--	111.25	--	3.75	--	1.63	--	0.69
A9 >6	--	0.87	--	1.03	--	4.62	--	101.25	--	72.08	--	3	--	1.08	--	0.71
>5	0.57	1	2.17	1.24	10	5.19	272.3	142.5	97.2	78.12	2.1	3.44	0.69	1.54	0.55	0.87
>4	0.63	0.97	2.5	0.84	9.4	7.13	270.7	151.5	102	91.16	1.9	2	0.69	2.12	0.5	0.53
<4	0.5	0.82	2	0.59	7.85	9.34	205	242.9	80.2	106.07	1.75	5.51	0.69	1.82	0.38	0.91

Tableau XI (suite)

Année 1984

Mét. lourds et Périodes	Cd		Cr		Cu		Fe		Zn		Ni		Pb		Hg	
	PR.	AUT.	PR.	AUT.	PR.	AUT.	PR.	AUT.	PR.	AUT.	PR.	AUT.	PR.	AUT.	PR.	AUT.
Org. et Stations	A11 >6	0.63	3.17	10	299.7	102.4	118	225	100	102.4	2.5	1.31	1.31	0.96	0.96	0.67
	>5	0.5	2.5	9.7	325	60.4	169	184.4	75.63	2.2	1.31	1.05	2.66	0.85	0.85	0.51
	5/>4	0.6	2.25	10.15	218.5	91.65	126.5	178.12	81.25	2.2	0.87	1.07	2.14	0.91	0.91	0.47
	<4	--	--	--	--	--	--	256.25	92.5	--	1.87	--	1.98	--	--	0.47
Mét. lourds et Périodes	A12 >5	0.87	3.33	19.13	378.67	118	118	225	100	2.9	5	1.47	3.78	1.43	1.43	2.9
	<5/>4	0.9	3.5	19.8	580	169	126.5	120	115.09	2.95	3.84	1.47	2.02	1.3	1.3	1.83
	>3	--	--	--	--	--	--	--	124.59	--	5.33	--	3.85	--	--	2.03
	<3	--	--	--	--	--	--	350	115	--	7.13	--	4.67	--	--	2.54
Brachidontes variabilis	A9	0.6	1.5	25.4	325	114	114	172.8	183.91	1.6	5.11	0.95	1.50	0.65	0.65	1.82
	A12	0.9	2.5	39.9	237.5	123.5	123.5	61.3	145.16	2.35	1.94	0.92	2.26	1.38	1.38	3.06
Murex trunculus	A10 >6	1.43	0.83	132.1	156	423	423	115.4	812.5	1.9	5.4	0.74	0.68	0.79	0.79	--
	>5	1.6	0.5	85.37	126.7	468.7	468.7	--	--	2.2	--	0.69	--	0.73	0.73	--
	>4	1.4	1	87	156	479	479	105	595.83	10.6	4.4	1.2	0.7	0.6	0.6	0.5
	>3	--	--	--	--	--	--	98	1093.75	--	4.4	--	Tr.	--	--	0.6

Tableau XII

Printemps 1985

	Cd	Cr	Cu	Fe	Zn	Ni	Pb	Hg
<u>Ulva rigida</u>	A1	0.4	1.18	40.6	3.06	0.71	0.9	0.04
	A2	0.4	1.27	30.2	1.84	0.72	Tr.	0.02
	A4	Tr.	0.42	11.6	2.41	0.91	Tr.	0.05
	A5	0.19	0.61	18.4	3.12	0.66	0.92	0.04
	A6	Tr.	0.32	211.12	4.83	0.4	Tr.	0.06
	A10	Tr.	0.36	16.4	2.28	0.28	1	0.04
<u>Codium decorticatum</u>	A1	0.2	1.26	35	5.25	0.7	0.65	0.06
	A2	0.08	1.12	40.1	6.42	1.3	1.1	0.03
	A10	0.06	1	70.2	5.31	0.9	Tr.	0.04
<u>Caulerpa prolifera</u>	A6	Tr.	2.08	90.1	10.4	Tr.	1.7	0.02
	A10	0.06	2.41	143.4	12.6	Tr.	1.46	0.04
<u>Enteromorpha intestinalis</u>	A6	0.25	1.25	80.4	9	0.9	1.6	0.03
<u>Pterocladia pinnata</u>	A1	0.54	3.22	84.2	12.3	1.69	2.47	0.06
	A2	0.68	2.41	152.8	18.4	1.06	1.31	0.09
	A5	0.7	6.28	180.2	25.6	1.84	2.2	0.15
	A6	0.28	2.14	115.6	11.2	2.03	1.42	0.03
<u>Corallina elongata</u>	A1	1.12	2.6	210.2	20.2	7.92	9.06	0.05
	A4	0.8	1.8	189.4	19.8	5.44	6.22	0.09
	A5							
	A10	1.06	2	200.3	28.4	6.42	10.44	0.14
<u>Gigartina teedii</u>	A5	Tr.	1.7	14.4	2.41	1.06	1	0.04
<u>Dictyopteris polydichoides</u>	A1	0.2	1.06	120.3	5.7	0.68	1.99	0.14

Tableau XII (suite)

Printemps 1985

		Cd	Cr	Cu	Fe	Zn	Ni	Pb	Hg
<i>Dictyota dichotoma</i>	A4	0.32	0.5	3.22	76.7	41.4	0.84	1.87	0.1
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	A4 uc	0.7	1.06	9.12	120.3	98.6	0.99	1.1	1.06
	A6 5	1.06	2.31	10.42	180.1	143.2	2.7	1.82	0.83
	4	0.89	3.07	9.06	230.6	195.8	3.8	3.42	0.76
	4	0.51	1.25	11.2	292.2	99.6	4.1	2.27	1.05
	A7 uc	0.57	4.28	10.1	112.7	139.4	4.5	1.1	0.4
	A8 5	0.89	0.7	6.3	260.2	88.4	3.6	1.21	0.67
	4	0.76	1.4	4	290.4	96.2	4.2	1.06	0.44
	3	0.6	0.8	7.2	230.1	100.1	4.2	0.06	0.65
	A9 5	0.68	0.9	7.6	180.61	100.3	2.86	2.81	0.63
	4	0.65	0.84	8.63	164	84.6	1.44	1.32	0.57
	4	0.88	1.03	8.82	132.2	121	1.08	1.84	0.4
	A11 5	0.48	2.09	10.12	220.3	95.7	1.82	1.47	0.7
4	0.5	1.68	9.4	187.2	79.8	1.96	1.03	0.82	
4	0.36	1.84	7.3	150.4	66.3	1.24	1.51	0.45	
A12 4	0.48	1.22	12.5	162.6	120.1	0.92	2.08	1.08	
3	0.32	1.54	10.7	109.7	128.3	Tr.	1.45	1.85	
3	0.67	1	14.6	78.9	135	Tr.	1.36	1	
<i>Brachidontes variabilis</i>	A12	0.92	1.99	36.2	287.2	154	1.22	2.5	1.39
<i>Patella coerulea</i>	A4	1.97	6.6	11.2	1936	48.2	5.2	1.86	0.88
	A5	1.84	4.9	13	1180	29.3	3.6	2.45	1.67
	A11	1.38	9.4	9.9	3806	96.6	6.3	3.2	2
<i>Murex trunculus</i>	A10 6	0.88	0.6	96.6	110.2	584.2	1.84	0.66	0.71
	5	0.72	0.56	64.2	90	426.6	1.99	0.44	0.64
	4	0.9	Tr.	59.4	90	380.1	1.53	0.54	0.44

Les peuplements de Mollusques, Polychètes et Algues ont évolué de façon différente de 1983 à 1984/85. En particulier chez les Mollusques les espèces ubiquistes ont diminué (de 70.61% à 45.24%) tandis que les autres stocks ont augmenté considérablement: espèces indicatrices de pollution de 22.5% à 43.95%, mais aussi les espèces caractéristiques de la Biocénose AP de 3.35% à 8.24% et les autres espèces photophiles de 0.38% à 2.56%.

Chez les Polychètes, en revanche, on enregistre une diminution très forte des espèces indicatrices de pollution de 46.23% à 31.33%, une augmentation minime des espèces ubiquistes de 30.79% à 32.31%, et plus importante des espèces caractéristiques des Biocénoses AP-SFBC de 15.65% à 24.44% et des espèces sciaphiles de 7.33% à 11.92%.

Chez les Algues, enfin, on a une situation encore différente: le groupe Achrochaetetalia-Cystoseiretalia demeure toujours constant; les espèces ubiquistes augmentent légèrement de 52% à 56.33% aux dépens du groupe Pterocladia-Ulvetum et Rhodiminetalia (de 26.8% à 21.62%).

Si on considère l'ensemble des trois peuplements, on constate qu'il y a une diminution des espèces ubiquistes (52% à 44.63%), une stagnation des espèces photophiles (4.99% - 5.02%), une augmentation très légère des espèces sciaphiles (7.85% à 8.26%) et indicatrices de pollution (26.38% à 28.02%) et plus sensible des espèces exclusives de 10.31% à 14.13%.

Cette situation est également bien mise en évidence par les indices de diversité; la dégradation plus marquée du secteur occidental du port est soulignée par des valeurs plus faibles par rapport à celles du secteur oriental. Cet indice présente toujours des valeurs différentes selon les groupes d'organismes et il est important de remarquer que, quel que soit le groupe d'organisme, l'indice de diversité présente toujours la même allure.

L'indice R/P (Rhodophycées/Phéophycées) qui caractérise l'état de dégradation du milieu souligne aussi la différence entre les deux secteurs du port. Il faut remarquer, en même temps, que la valeur de cet indice pour l'ensemble du port est passé de 5.2 (1983) à 8.96 (1984-85). Cette augmentation de l'indice R/P devrait traduire une détérioration des conditions du milieu.

Les données de la biomasse (constituée en grande partie par *Mytilus*) ont la même allure que celles des prélèvements de 1983 et confirment l'hypothèse que la concentration anormale de polluants dans la partie méridionale du port est attribuable à la circulation N-S des eaux.

*Patella caerulea* et *Murex trunculus* parmi les animaux, *Corallina elongata* et *Pterocladia pinnata* parmi les algues, sont les organismes aux taux les plus élevés de métaux lourds.

En conclusion, il convient de remarquer que les données recueillies jusqu'à ce moment, en 1983, 1984 et 1985, ne sont pas suffisantes pour affirmer si les conditions du milieu du port d'Augusta sont en réalité en amélioration ou sont stationnaires. En effet, les dernières données recueillies au printemps 1985 semblent indiquer une stagnation ou, peut être même une détérioration légère.

5. REFERENCES

- Bellan-Santini, D. (1969), Contribution à l'étude des peuplements infralittoraux sur substrat rocheux (Etude qualitative et quantitative de la frange supérieure). Rec.Tr.Stat.Mar.Endoume, v.63, f.47, pp.1-294.
- Bernhard, M. (1976), Manual of methods in aquatic environment research. Part 3. Sampling and analysis of biological material. FAO Fish.Techn.Pap., n.158, Rome.
- Cantone, G. et G. Pilato (1981), Effects of pollution on the polychaetous populations in the roadstead of Augusta (Sicily). Journ.Etud.Pollut.CIESM., 5(1980):857-862, Cagliari.
- Castagna, A., F. Sinatra, F. Stoli and S. Zafarana (1985), Trace element evaluation in Marine organisms. Mar.Pollut.Bull., v.16, n.10, pp.416-419.
- Cormaci, M., G. Furnari, G. Giaccone, P. Colonna et A.M. Mannino (1986), Metodo sinecologico per la valutazione degli apporti inquinanti nella Rada di Augusta (Siracusa). Boll.Accad.Gioenia Sci.Nat.Catania, vol.18, n.326 pp.829-850.
- De Domenico, E. (1972), Sulle condizioni fisico-chimiche e sulla produzione primaria delle acque esterne alla Rada di Augusta. Alti Soc.Peloritana, v.18, pp.177-212.
- De Domenico, E., M. De Domenico, E. Crisafi, S. Giacobbe, R. Giordano et G. Lo Paro (1978), Nuove ricerche idrobiologiche nella zona esterna alla Rada di Augusta (luglio 1974-aprile 1975). Atti Soc.Peloritana, v.24, pp.93-179.
- Di Geronimo, I. (1983), Influence de la pollution sur les peuplements à mollusques de la Baie d'Augusta (Sicile). Journ.Etud.Pollut.CIESM., 6(1982):715-719, Cannes.
- Genovese, S. et E. De Domenico (1975), Sulle condizioni microbiologiche delle acque esterne alla Rada di Augusta. Atti Soc.Peloritana, v.21, pp.123-133.
- Giaccone, G. (1977), Effetti sul fitobentos dello smaltimento a mare delle acque di fogna. Ingegneria ambientale, v.6, f.1, pp.37-43.
- Molinier, R. et J. Picard (1958), Notes biologiques à propos d'un voyage d'étude sur les côtes de Sicile. Ann.Inst.Océan, t.28, n.4, pp.163-187.
- Pérès, J.M. et J. Picard (1964), Nouveau manuel de bionomie benthique de la Mer Méditerranée. Rec.Tr.Stat.Mar.Endoume Bull., 31(47):1-137.
- Sciacca, S. et R. Fallico (1978), Presenza e concentrazione di sostanze inquinanti di origine industriale nei laghi della Rada di Augusta (Siracusa). Inquinamento, a.20, n.6 pp.1-4.
- Stirn, J. (1981), Manual of methods in aquatic environment research. Part 8. Ecological assessment of pollution effects. FAO Fish.Techn.Pap., n.209, pp.1-70.



PUBLICATIONS OF THE MAP TECHNICAL REPORTS SERIES

- No. 1 UNEP/IOC/WMO: Baseline studies and monitoring of oil and petroleum hydrocarbons in marine waters (MED POL I). MAP Technical Reports Series No. 1. UNEP, Athens 1986 (96 pages) (parts in English, French or Spanish only).
- No. 2 UNEP/FAO: Baseline studies and monitoring of metals, particularly mercury and cadmium, in marine organisms (MED POL II). MAP Technical Reports Series No. 2. UNEP, Athens 1986 (220 pages) (parts in English, French or Spanish only).
- No. 3 UNEP/FAO: Baseline studies and monitoring of DDT, PCBs and other chlorinated hydrocarbons in marine organisms (MED POL III). MAP Technical Reports Series No. 3. UNEP, Athens 1986 (128 pages) (parts in English, French or Spanish only).
- No. 4 UNEP/FAO: Research on the effects of pollutants on marine organisms and their populations (MED POL IV). MAP Technical Reports Series No. 4. UNEP, Athens 1986 (118 pages) (parts in English, French or Spanish only).
- No. 5 UNEP/FAO: Research on the effects of pollutants on marine communities and ecosystems (MED POL V). MAP Technical Reports Series No. 5. UNEP, Athens 1986 (146 pages) (parts in English or French only).
- No. 6 UNEP/IOC: Problems of coastal transport of pollutants (MED POL VI). MAP Technical Reports Series No. 6. UNEP, Athens 1986 (100 pages) (English only).
- No. 7 UNEP/WHO: Coastal water quality control (MED POL VII). MAP Technical Reports Series No. 7. UNEP, Athens 1986 (426 pages) (parts in English or French only).
- No. 8 UNEP/IAEA/IOC: Biogeochemical studies of selected pollutants in the open waters of the Mediterranean (MED POL VIII). MAP Technical Reports Series No. 8. UNEP, Athens 1986 (42 pages) (parts in English or French only).
- No. 8 Add. UNEP: Biogeochemical studies of selected pollutants in the open waters of the Mediterranean (MED POL VIII). Addendum, Greek Oceanographic Cruise 1980. MAP Technical Reports Series No. 8, Addendum. UNEP, Athens 1986 (66 pages) (English only).
- No. 9 UNEP: Co-ordinated Mediterranean pollution monitoring and research programme (MED POL - PHASE I). Final report. 1975-1980. MAP Technical Reports Series No. 9. UNEP, Athens 1986 (276 pages) (English only).
- No. 10 UNEP: Research on the toxicity, persistence, bioaccumulation, carcinogenicity and mutagenicity of selected substances (Activity G). Final reports on projects dealing with toxicity (1983-85). MAP Technical Reports Series No. 10. UNEP, Athens 1987 (118 pages) (English only).

- No. 11 UNEP: Rehabilitation and reconstruction of Mediterranean historic settlements. Documents produced in the first stage of the Priority Action (1984-1985). MAP Technical Reports Series No. 11. UNEP, Priority Actions Programme, Regional Activity Centre, Split 1986 (158 pages) (parts in English or French only).
- No. 12 UNEP: Water resources development of small Mediterranean islands and isolated coastal areas. Documents produced in the first stage of the Priority Action (1984-1985). MAP Technical Reports Series No. 12. UNEP, Priority Actions Programme, Regional Activity Centre, Split 1987 (162 pages) (parts in English or French only).
- No. 13 UNEP: Specific topics related to water resources development of large Mediterranean islands. Documents produced in the second phase of the Priority Action (1985-1986). MAP Technical Reports Series No. 13. UNEP, Priority Actions Programme, Regional Activity Centre, Split 1987 (162 pages) (parts in English or French only).
- No. 14 UNEP: Experience of Mediterranean historic towns in the integrated process of rehabilitation of urban and architectural heritage. Documents produced in the second phase of the Priority Action (1986). MAP Technical Reports Series No. 14. UNEP, Priority Actions Programme, Regional Activity Centre, Split 1987 (500 pages) (parts in English or French only).
- No. 15 UNEP: Environmental aspects of aquaculture development in the Mediterranean region. Documents produced in the period 1985-1987. MAP Technical Reports Series No. 15. UNEP, Priority Actions Programme, Regional Activity Centre, Split 1987 (101 pages) (English only).
- No. 16 UNEP: Promotion of soil protection as an essential component of environmental protection in Mediterranean coastal zones. Selected documents (1985-1987). MAP Technical Reports Series No. 16. UNEP, Priority Actions Programme, Regional Activity Centre, Split 1987 (424 pages) (parts in English or French only).
- No. 17 UNEP: Seismic risk reduction in the Mediterranean region. Selected studies and documents (1985-1987). MAP Technical Reports Series No. 17. UNEP, Priority Actions Programme, Regional Activity Centre, Split 1987 (247 pages) (parts in English or French only).
- No. 18 UNEP/FAO/WHO: Assessment of the state of pollution of the Mediterranean Sea by mercury and mercury compounds. MAP Technical Reports Series No. 18. UNEP, Athens 1987 (354 pages) (English and French).
- No. 19 UNEP/IOC: Assessment of the state of pollution of the Mediterranean Sea by petroleum hydrocarbons. MAP Technical Reports Series No. 19. UNEP, Athens 1988 (130 pages) (English and French).

- No. 20 UNEP/WHO: Epidemiological studies related to Environmental Quality Criteria for bathing waters, shellfish-growing waters and edible marine organisms (Activity D). Final report on project on relationship between microbial quality of coastal seawater and health effects (1983-86). MAP Technical Reports Series No. 20. UNEP, Athens 1988 (156 pages) (English only).
- No. 21 UNEP/UNESCO/FAO: Eutrophication in the Mediterranean Sea: Receiving Capacity and Monitoring of Long term Effects. MAP Technical Reports Series No. 21. UNEP, Athens 1988 (200 pages) (parts in English or French only).
- No. 22 UNEP/FAO: Study of ecosystem modifications in areas influenced by pollutants (Activity I). MAP Technical Reports Series No. 22. UNEP, Athens 1988 (146 pages) (parts in English or French only).
- No. 23 UNEP: National Monitoring programme of Yugoslavia, Report for 1983-1986. MAP Technical Reports Series No. 23. UNEP, Athens 1988 (223 pages) (English only).
- No. 24 UNEP/FAO: Toxicity, persistence and bioaccumulation of selected substances to marine organisms (Activity G). MAP Technical Reports Series No. 24. UNEP, Athens 1988 (122 pages) (parts in English or French only).
- No. 25 UNEP: The Mediterranean Action Plan in a Functional Perspective: A Quest for Law and Policy. MAP Technical Reports Series No. 25. UNEP, Athens 1988 (105 pages) (English only).
- No. 26 UNEP/IUCN: Directory of Marine and Coastal Protected Areas in the Mediterranean Region - part I Sites of biological and ecological value. MAP Technical Reports Series No. 26. UNEP, Athens 1989 (195 pages) (English only).
- No. 27 UNEP: Implications of Expected Climate Changes in the Mediterranean Region: An Overview. MAP Technical Reports Series No. 27. UNEP, Athens 1989 (52 pages) (English only).
- No. 28 UNEP: State of the Mediterranean Marine Environment. MAP Technical Reports Series No. 28. UNEP, Athens 1989 (221 pages) (English only).
- No. 29 UNEP: Bibliography on Effects of Climatic Change and related topics. MAP Technical Reports Series No. 29. UNEP, Athens 1989 (143 pages) (English only).
- No. 30 UNEP: Meteorological and Climatological Data from Surface and Upper Measurements for the Assessment of Atmospheric Transport and Deposition of Pollutants in the Mediterranean Basin: A Review. MAP Technical Reports Series No. 30. UNEP, Athens 1989 (137 pages) (English only).

- No. 31 UNEP/WMO: Airborne Pollution of the Mediterranean Sea. Report and Proceedings of a WMO/UNEP Workshop. MAP Technical Reports Series No. 31. UNEP, Athens 1989 (247 pages) (parts in English or French only).
- No. 32 UNEP/FAO: Biogeochemical cycles of specific pollutants (Activity K). MAP Technical Reports Series No. 32. UNEP, Athens 1989 (139 pages) (parts in English or French only).
- No. 33 UNEP/FAO/WHO/IAEA: Assessment of organotin compounds as marine pollutants in the Mediterranean. MAP Technical Reports Series No. 33. UNEP, Athens 1989 (185 pages) (English and French).
- No. 34 UNEP/FAO/WHO: Assessment of the state of pollution of the Mediterranean sea by cadmium and cadmium compounds. MAP Technical Reports Series No. 34. UNEP, Athens 1989 (175 pages) (English and French).
- No. 35 UNEP: Bibliography on marine pollution by organotin compounds. MAP Technical Reports Series No. 35. UNEP, Athens 1989 (92 pages) (English only).
- No. 36 UNEP/IUCN: Directory of marine and coastal protected areas in the Mediterranean region. Part I - Sites of biological and ecological value. MAP Technical Reports Series No. 36. UNEP, Athens 1990 (198 pages) (French only).
- No. 37 UNEP/FAO: Final reports on research projects dealing with eutrophication and plankton blooms (Activity H). MAP Technical Reports Series No. 37. UNEP, Athens 1990 (74 pages) (parts in English or French only).
- No. 38 UNEP: Common Measures adopted by the Contracting Parties to the Convention for the Protection of the Mediterranean Sea against Pollution. MAP Technical Reports Series No. 38. UNEP, Athens 1990 (100 pages) (English, French, Spanish and Arabic).
- No. 39 UNEP/FAO/WHO/IAEA: Assessment of the state of pollution of the Mediterranean Sea by organohalogen compounds. MAP Technical Reports Series No. 39. UNEP, Athens 1990 (224 pages) (English and French).

PUBLICATIONS "MAP TECHNICAL REPORTS SERIES"

- No. 1 PNUE/COI/OMM: Etudes de base et surveillance continue du pétrole et des hydrocarbures contenus dans les eaux de la mer (MED POL I). MAP Technical Reports Series No. 1. UNEP, Athens 1986 (96 pages) (parties en anglais, français ou espagnol seulement).
- No. 2 PNUE/FAO: Etudes de base et surveillance continue des métaux, notamment du mercure et du cadmium, dans les organismes marins (MED POL II). MAP Technical Reports Series No. 2. UNEP, Athens 1986 (220 pages) (parties en anglais, français ou espagnol seulement).
- No. 3 PNUE/FAO: Etudes de base et surveillance continue du DDT, des PCB et des autres hydrocarbures chlorés contenus dans les organismes marins (MED POL III). MAP Technical Reports Series No. 3. UNEP, Athens 1986 (128 pages) (parties en anglais, français ou espagnol seulement).
- No. 4 PNUE/FAO: Recherche sur les effets des polluants sur les organismes marins et leurs peuplements (MED POL IV). MAP Technical Reports Series No. 4. UNEP, Athens 1986 (118 pages) (parties en anglais, français ou espagnol seulement).
- No. 5 PNUE/FAO: Recherche sur les effets des polluants sur les communautés et écosystèmes marins (MED POL V). MAP Technical Reports Series No. 5. UNEP, Athens 1986 (146 pages) (parties en anglais ou français seulement).
- No. 6 PNUE/COI: Problèmes du transfert des polluants le long des côtes (MED POL VI). MAP Technical Reports Series No. 6. UNEP, Athens 1986 (100 pages) (anglais seulement).
- No. 7 PNUE/OMS: Contrôle de la qualité des eaux côtières (MED POL VII). MAP Technical Reports Series No. 7. UNEP, Athens 1986 (426 pages) (parties en anglais ou français seulement).
- No. 8 PNUE/AIEA/COI: Etudes biogéochimiques de certains polluants au large de la Méditerranée (MED POL VIII). MAP Technical Reports Series No. 8. UNEP, Athens 1986 (42 pages) (parties en anglais ou français seulement).
- No. 8 Add. PNUE: Etudes biogéochimiques de certains polluants au large de la Méditerranée (MED POL VIII). Addendum, Croisière Océanographique de la Grèce 1980. MAP Technical Reports Series No. 8, Addendum. UNEP, Athens 1986 (66 pages) (anglais seulement).
- No. 9 PNUE: Programme coordonné de surveillance continue et de recherche en matière de pollution dans la Méditerranée (MED POL - PHASE I). Rapport final. 1975 - 1980. MAP Technical Reports Series No. 9. UNEP, Athens 1986 (276 pages) (anglais seulement).

- No. 10 PNUÉ: Recherches sur la toxicité, la persistance, la bioaccumulation, la cancérogénicité et la mutagénicité de certaines substances (Activité G). Rapports finaux sur les projets ayant trait à la toxicité (1983-85). MAP Technical Reports Series No. 10. UNEP, Athens 1987 (118 pages) (anglais seulement).
- No. 11 PNUÉ: Réhabilitation et reconstruction des établissements historiques méditerranéens. Textes rédigés au cours de la première phase de l'action prioritaire (1984-1985). MAP Technical Reports Series No. 11. UNEP, Priority Actions Programme, Regional Activity Centre, Split 1986 (158 pages) (parties en anglais ou français seulement).
- No. 12 PNUÉ: Développement des ressources en eau des petites îles et des zones côtières isolées méditerranéennes. Textes rédigés au cours de la première phase de l'action prioritaire (1984-1985). MAP Technical Reports Series No. 12. UNEP, Priority Actions Programme, Regional Activity Centre, Split 1987 (162 pages) (parties en anglais ou français seulement).
- No. 13 PNUÉ: Thèmes spécifiques concernant le développement des ressources en eau des grandes îles méditerranéennes. Textes rédigés au cours de la deuxième phase de l'action prioritaire (1985-1986). MAP Technical Reports Series No. 13. UNEP, Priority Actions Programme, Regional Activity Centre, Split 1987 (162 pages) (parties en anglais ou français seulement).
- No. 14 PNUÉ: L'expérience des villes historiques de la Méditerranée dans le processus intégré de réhabilitation du patrimoine urbain et architectural. Documents établis lors de la seconde phase de l'Action prioritaire (1986). MAP Technical Reports Series No. 14. UNEP, Priority Actions Programme, Regional Activity Centre, Split 1987 (500 pages) (parties en anglais ou français seulement).
- No. 15 PNUÉ: Aspects environnementaux du développement de l'aquaculture dans la région méditerranéenne. Documents établis pendant la période 1985-1987. MAP Technical Reports Series No. 15. UNEP, Priority Actions Programme, Regional Activity Centre, Split 1987 (101 pages) (anglais seulement).
- No. 16 PNUÉ: Promotion de la protection des sols comme élément essentiel de la protection de l'environnement dans les zones côtières méditerranéennes. Documents sélectionnés (1985-1987). MAP Technical Reports Series No. 16. UNEP, Priority Actions Programme, Regional Activity Centre, Split 1987 (424 pages) (parties en anglais ou français seulement).
- No. 17 PNUÉ: Réduction des risques sismiques dans la région méditerranéenne. Documents et études sélectionnés (1985-1987). MAP Technical Reports Series No. 17. UNEP, Priority Actions Programme, Regional Activity Centre, Split 1987 (247 pages) (parties en anglais ou français seulement).
- No. 18 PNUÉ/FAO/OMS: Evaluation de l'état de la pollution de la mer Méditerranée par le mercure et les composés mercuriels. MAP Technical Reports Series No. 18. UNEP, Athens 1987 (354 pages) (anglais et français).

- No. 19 PNUE/COI: Evaluation de l'état de la pollution de la mer Méditerranée par les hydrocarbures de pétrole. MAP Technical Reports Series No. 19. UNEP, Athens 1988 (130 pages) (anglais et français).
- No. 20 PNUE/OMS: Etudes épidémiologiques relatives aux critères de la qualité de l'environnement pour les eaux servant à la baignade, à la culture de coquillages et à l'élevage d'autres organismes marins comestibles (Activité D). Rapport final sur le projet sur la relation entre la qualité microbienne des eaux marines côtières et les effets sur la santé (1983-86). MAP Technical Reports Series No. 20. UNEP, Athens 1988 (156 pages) (anglais seulement).
- No. 21 PNUE/UNESCO/FAO: Eutrophisation dans la mer Méditerranée: capacité réceptrice et surveillance continue des effets à long terme. MAP Technical Reports Series No. 21. UNEP, Athens 1988 (200 pages) (parties en anglais ou français seulement).
- No. 22 PNUE/FAO: Etude des modifications de l'écosystème dans les zones soumises à l'influence des polluants (Activité I). MAP Technical Reports Series No. 22. UNEP, Athens 1988 (146 pages) (parties en anglais ou français seulement).
- No. 23 PNUE: Programme national de surveillance continue pour la Yougoslavie, Rapport pour 1983-1986. MAP Technical Reports Series No. 23. UNEP, Athens 1988 (223 pages) (anglais seulement).
- No. 24 PNUE/FAO: Toxicité, persistance et bioaccumulation de certaines substances vis-à-vis des organismes marins (Activité G). MAP Technical Reports Series No. 24. UNEP, Athens 1988 (122 pages) (parties en anglais ou français seulement).
- No. 25 PNUE: Le plan d'action pour la Méditerranée, perspective fonctionnelle; une recherche juridique et politique. MAP Technical Reports Series No. 25. UNEP, Athens 1988 (105 pages) (anglais seulement).
- No. 26 PNUE/UICN: Répertoire des aires marines et côtières protégées de la Méditerranée. MAP Technical Reports Series No. 26. UNEP, Athens 1989 (196 pages) (anglais seulement).
- No. 27 PNUE: Implications des modifications climatiques prévues dans la région méditerranéenne: une vue d'ensemble. MAP Technical Reports Series No. 27. UNEP, Athens 1989 (52 pages) (anglais seulement).
- No. 28 PNUE: Etat du milieu marin en Méditerranée. MAP Technical Reports Series No. 28. UNEP, Athens 1989 (225 pages) (anglais seulement).
- No. 29 PNUE: Bibliographie sur les effets des modifications climatiques et sujets connexes. MAP Technical Reports Series No. 29. UNEP, Athens 1989 (143 pages) (anglais seulement).

- No. 30 PNUE: Données météorologiques et climatologiques provenant de mesures effectuées dans l'air en surface et en altitude en vue de l'évaluation du transfert et du dépôt atmosphériques des polluants dans le Bassin méditerranéen: un compte rendu. MAP Technical Reports Series No. 30. UNEP, Athens 1989 (137 pages) (anglais seulement).
- No. 31 PNUE/OMM: Pollution par voie atmosphérique de la mer Méditerranée. Rapport et actes des Journées d'étude OMM/PNUE. MAP Technical Reports Series No. 31. UNEP, Athens 1989 (247 pages) (parties en anglais ou français seulement).
- No. 32 PNUE/FAO: Cycles biogéochimiques de polluants spécifiques (Activité K). MAP Technical Reports Series No. 32. UNEP, Athens 1989 (139 pages) (parties en anglais ou français seulement).
- No. 33 PNUE/FAO/OMS/AIEA: Evaluation des composés organostanniques en tant que polluants du milieu marin en Méditerranée. MAP Technical Reports Series No. 33. UNEP, Athens 1989 (185 pages) (anglais et français).
- No. 34 PNUE/FAO/OMS: Evaluation de l'état de la pollution de la mer Méditerranée par le cadmium et les composés de cadmium. MAP Technical Reports Series No. 34. UNEP, Athens 1989 (175 pages) (anglais et français).
- No. 35 PNUE: Bibliographie sur la pollution marine par les composés organostanniques. MAP Technical Reports Series No. 35. UNEP, Athens 1989 (92 pages) (anglais seulement).
- No. 36 PNUE/UICN: Répertoire des aires marines et côtières protégées de la Méditerranée. Première partie - Sites d'importance biologique et écologique. MAP Technical Reports Series No. 36. UNEP, Athens 1990 (198 pages) (français seulement).
- No. 37 PNUE/FAO: Rapports finaux sur les projets de recherche consacrés à l'eutrophisation et aux efflorescences de plancton (Activité H). MAP Technical Reports Series No. 37. UNEP, Athens 1990 (74 pages) (parties en anglais ou français seulement).
- No. 38 PNUE: Mesures Communes adoptées par les Parties Contractantes à la Convention pour la Protection de la Mer Méditerranée contre la Pollution. MAP Technical Reports Series No. 38. UNEP, Athens 1990 (100 pages) (anglais, français, espagnol et arabe).
- No. 39 PNUE/FAO/OMS/AIEA: Evaluation de l'état de la pollution de la mer Méditerranée par les composés organohalogénés. MAP Technical Reports Series No. 39. UNEP, Athens 1990 (224 pages) (anglais et français).



Issued and printed by:



Mediterranean Action Plan  
United Nations Environment Programme

Additional copies of this and other publications issued by  
the Mediterranean Action Plan of UNEP can be obtained from:

Co-ordinating Unit for the Mediterranean Action Plan  
United Nations Environment Programme  
Leoforos Vassileos Konstantinou, 48  
P.O. Box 18019  
11610 Athens  
GREECE

Publié et imprimé par:



Plan d'action pour la Méditerranée  
Programme des Nations Unies pour l'Environnement

Des exemplaires de ce document ainsi que d'autres  
publications du Plan d'action pour la Méditerranée  
du PNUE peuvent être obtenus de:

Unité de coordination du Plan d'action pour la Méditerranée  
Programme des Nations Unies pour l'Environnement  
Leoforos Vassileos Konstantinou, 48  
B.P. 18019  
11610 Athènes  
GREECE