



**MEDITERRANEAN ACTION PLAN
MED POL**

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME



FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS

**FINAL REPORTS OF RESEARCH PROJECTS ON EFFECTS
(RESEARCH AREA III)**

Pollution effects on marine communities

**RAPPORTS FINAUX DES PROJETS DE RECHERCHE SUR LES EFFETS
(DOMAINE DE RECHERCHE III)**

Effets de la pollution sur les communautés marines

MAP Technical Reports Series No. 97

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 UNEP or FAO concerning the legal status of any State, Territory, city or area, or of its authorities, or concerning the delimitation of their frontiers or 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 du PNUE ou de la FAO, 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.

© 1996 United Nations Environment Programme
P.O. Box 18019, Athens, Greece

ISBN 92-807-1532-1

This publication may be reproduced in whole or in part and in any form for educational or non-profit purposes without special permission from the copyright holder, provided acknowledgement of the source is made. UNEP would appreciate receiving a copy of any publication that uses this publication as a source.

No use of this publication may be made for resale or for any other commercial purpose whatsoever without prior permission in writing from UNEP.

For bibliographic purposes this volume may be cited as:

UNEP/FAO: Final reports of research projects on effects (Research Area III) - Pollution effects on marine communities. MAP Technical Reports Series No. 97. UNEP, Athens, 1996.

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

PNUE/FAO: Rapports finaux des projets de recherche sur les effets (Domaine de Recherche III) - Effets de la pollution sur les communautés marines. MAP Technical Reports Series No. 97. UNEP, Athens, 1996.

This volume is the ninety-seventh 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 Marine Pollution Emergency Response Centre for the Mediterranean.

Ce volume constitue le quatre-vingt dix-septième 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 méditerranéen pour l'intervention d'urgence contre la pollution marine accidentelle.

PREFACE

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 and 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 and appropriate allocations of resources.

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.

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.

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);

The Contracting Parties at their 6th Ordinary Meeting (Athens, October 1989) agreed to:

- (a) Re-orient the research activities within MED POL in order to generate information which will also be useful for the technical implementation of the LBS protocol in addition to supporting monitoring activities;
- (b) replace as from 1990 research activities A-L by the following five new research areas:

Research area I - Characterization and measurement

This area will include projects which cover the characterization (identification of chemical or microbiological components) and measurement development and testing of methodologies of specified contaminants;

Research area II - Transport and dispersion

This area will include projects which aim at improving the understanding of the physical, chemical and biological mechanisms that transport potential pollutants from their sources to their ultimate repositories. Typical topics will be atmospheric transport and deposition, water movements and mixing, transport of contaminants by sedimentation and their incorporation in biogeochemical cycles. Priority will be given to the provision of quantitative information ultimately useful for modelling the system and contributing to regional assessments;

Research area III - Effects

This area will include projects relevant to the effects of selected contaminants, listed in Annexes I and II of the LBS and Dumping protocols, to marine organisms, communities and ecosystems or man and human populations. Priority will be given to effects and techniques providing information useful for establishing environmental quality criteria;

Research area IV - Fates/Environmental transformation

This area will include projects studying the fate of contaminants (including microorganisms) in the marine environment such as persistence or survival, degradation, transformation, bioaccumulation etc. but excluding transport and dispersion which is dealt in area II;

Research area V - Prevention and control

This area will include projects dealing with the determination of the factors affecting the efficiency of waste treatment and disposal methods under specific local conditions as well as the development of environmental quality criteria and common measures for pollution abatement;

- (c) define target contaminants or other variables at periodic intervals depending on the progress of implementation of the LBS protocol;
- (d) select project proposals on the basis of their intrinsic scientific validity, their Mediterranean specificity, and encourage whenever possible bilateral and multilateral projects among Mediterranean countries from the north and the south of the basin.

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 contains the final reports of research projects dealing with pollution effects on marine communities. 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.

PREFACE

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 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.

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.

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.

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 cancérogène 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).

Les Parties contractantes au cours de leur sixième réunion ordinaire (Athènes, octobre 1989) ont convenu de:

- (a) réorienter les activités de recherche menées dans le cadre du MED POL en sorte qu'elles engendrent des informations qui soient également utiles pour l'application technique du Protocole tellurique, en plus de l'appui apporté aux activités de surveillance continue;

- (b) à compter de 1990, remplacer les activités A à L par les cinq nouveaux domaines de recherche ci-après:

Domaine de recherche I - Caractérisation et dosage

Ce domaine englobera des projets de recherche en matière de caractérisation (identification de constituants chimiques ou microbiologiques) et de dosage (mise au point et essai de méthodes) de contaminants donnés;

Domaine de recherche II - Transfert et dispersion

Ce domaine englobera des projets visant à approfondir notre connaissance des mécanismes physiques, chimiques et biologiques qui véhiculent les polluants potentiels de leurs sources à leurs dépôts ultimes. Les sujets étudiés porteront notamment sur le transfert et le dépôt atmosphériques, les mouvements et le brassage des eaux, le transfert des contaminants par sédimentation et leur incorporation dans les cycles biogéochimiques. Priorité sera accordée à l'obtention de données quantitatives servant, en dernier ressort, à la modélisation des systèmes et à l'établissement des évaluations régionales;

Domaine de recherche III - Effets

Ce domaine englobera des projets relatifs aux effets de certains contaminants énumérés aux annexes I et II du Protocole tellurique et du Protocole relatif aux situations critiques: effets sur les organismes, les communautés et les écosystèmes marins, effets chez l'homme et parmi les populations humaines. Priorité sera accordée aux effets et techniques fournissant des données utiles pour établir les critères de qualité du milieu;

Domaine de recherche IV - Destinées/transformation dans l'environnement

Ce domaine englobera des projets portant sur l'étude de la destinée des polluants (micro-organismes y compris), dans le milieu marin, et notamment sur la persistance et la survie, la dégradation, la transformation et la bio-accumulation, etc., mais non sur le transfert et la dispersion qui sont traités dans le domaine II;

Domaine de recherche V - Prévention et lutte antipollution

Ce domaine englobera des projets traitant de la détermination des facteurs conditionnant l'efficacité des méthodes d'épuration et d'élimination des déchets sous des conditions locales spécifiques ainsi que de l'établissement de critères de qualité du milieu et de mesures communes de réduction de la pollution;

- (c) définir des contaminants cibles ou d'autres variables à des intervalles périodiques en fonction de l'état de l'avancement de l'application du Protocole tellurique;

- (d) choisir les propositions de projet sur la base de leur valeur scientifique intrinsèque, leur spécificité méditerranéenne et, chaque fois que possible, encourager les projets bilatéraux et multilatéraux entre les pays méditerranéens du nord et du sud du bassin.

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 traitant les effets de la pollution sur les communautés marines. 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 Mme V. Papapanagiotou, Secrétaire FAO était chargée de la dactylographie.

TABLE OF CONTENTS

Page No.

Evolution de l'écosystème pélagique depuis le début du siècle en Mer Ligure

par Jacqueline GOY, Frédéric MENARD, Pierre MORAND
et Serge DALLOT

1

**Contribution à la connaissance de l'écosystème
à *Posidonia oceanica* (L.) Delile dans la région
d'Alger (Algérie): étude de quelques compartiments**

par Rachid SEMROUD

23

**Influence des fleuves sur la dynamique des
populations planctoniques (production primaire) -
Cas typique de la côte centrale du Liban**

par Marie ABBOUD-ABI SAAB

51

**Effet de la pollution sur l'écosystème planctonique
des eaux côtières syriennes (en face de Lattaquié)**

par H. MAYHOUB, M. BAKER, N. HAMOUD, S. NOUREDDIN,
M. OMRAN et A.K. YOUSSEF

67

**Physiognomical polar variations of marine phanerogames
areas in the marine reserve of Miramare (Trieste)**

by Guido BRESSAN and Roberto ODORICO

107

EVOLUTION DE L'ECOSYSTEME PELAGIQUE DEPUIS LE DEBUT DU SIECLE EN MER LIGURE

par

Jacqueline GOY, Frédéric MENARD, Pierre MORAND et Serge DALLOT

Rapport de l'équipe "Ecologie du Plancton marin"

Station Zoologique

06230 Villefranche-sur-mer, France

R E S U M E

L'évolution de l'écosystème pélagique est présentée sous plusieurs aspects. Le matériel planctonique provient de pêches horizontales et verticales effectuées depuis 1963 sur l'ensemble de la mer Ligure, accompagnées de stations hydrologiques et aussi d'archives plus anciennes de 1898 à 1914. Cette multitude d'échantillonnages permet une analyse des variations saisonnières faisant ressortir l'amplitude des modifications liées aux structures thermiques des eaux. Les effondrements de population constatés durant la période estivale affectent les espèces les plus "régulières". En revanche, les espèces "irrégulières" sont aussi celles qui présentent des fluctuations sur le long-terme les plus marquées.

On a pu montrer que ces fluctuations affectent les différents niveaux du réseau trophique: herbivore par l'étude de *Thalia democratica* et *Salpa fusiformis* et carnivore par l'étude de *Pelagia noctiluca*. Ces premiers résultats mettent en évidence des cycles dans la vie pélagique de la Méditerranée liées aux grandes fluctuations hydro-climatiques.

1. INTRODUCTION

Les changements dans la structure des communautés et des écosystèmes pélagiques sont encore mal expliqués. Pour évaluer l'impact de la pollution sur le plancton, il faut éliminer toute autre influence et en particulier les variables saisonnières, annuelles ou à plus long terme et celles provenant des structures hydrologiques locales. C'est dans cette voie que la Station Zoologique de Villefranche-sur-mer a engagé ses efforts, dans une analyse de l'évolution du plancton sur presque un siècle, avec des traitements de données qui filtrent ou lissent les composantes temporelles et spatiales.

Le choix de la Mer Ligure comme zone d'observations s'explique par la bonne connaissance des conditions hydrologiques: les trois types d'eaux méditerranéennes y sont présents - eaux superficielles, intermédiaires et profondes - et la circulation de type cyclonique crée une structure en dôme d'eaux centrales plus denses et d'eaux plus légères à la périphérie. Leur contact délimite un front - le Front Liguro-provençal - qui fonctionne comme une source d'enrichissement.

De plus l'existence d'une thermocline très marquée en été est un autre élément original dans l'eutrophisation de l'écosystème pélagique.

Enfin, les masses d'eaux en Mer Ligure ont une origine variée: atlantique après un périple dans le bassin occidental et orientale par la veine d'eaux intermédiaires.

2. MATERIEL ET METHODES

On a utilisé le matériel disponible à la Station Zoologique provenant de nombreuses pêches effectuées depuis 1963.

2.1 Les filets

Les filets utilisés ont des mailles comprises entre 200 μ , 700 μ et plus de 1 mm pour les chaluts pélagiques.

2.2 Les pêches

Les pêches sont:

- soit horizontales d'une durée de quinze minutes à la vitesses la plus réduite du bateau, environ 0,5 noeud,
- soit verticales de 75 m à la surface, de 200 m à la surface ou par paliers de 600 m à la surface en respectant la stratification des couches d'eau.

2.3 Localisation des stations

Pour éviter une longue description la position des stations est précisée sur les cartes:

- dans la rade de Villefranche-sur-mer (Fig. 1)
- en Mer Ligure sur une radiale Nice-Calvi: une première station appelée Point A sur la Fig. 1 avec des pêches bi-hebdomadaires de 1963 à 1966; sur une demi-radiale ensuite, puis des radiales totales complétées par des points disséminés dans toute la Mer Ligure (Fig. 2 et 3).

2.4 Le tri des échantillons

Le tri des échantillons est fait en fonction des besoins systématiques et de l'intérêt soulevé par un groupe zoologique particulier pour résoudre un problème posé. En aucun cas il est exhaustif. Ce n'est donc pas la totalité de la faune pélagique qui est étudiée mais bien quelques espèces dont on sait l'importance dans le réseau trophique.

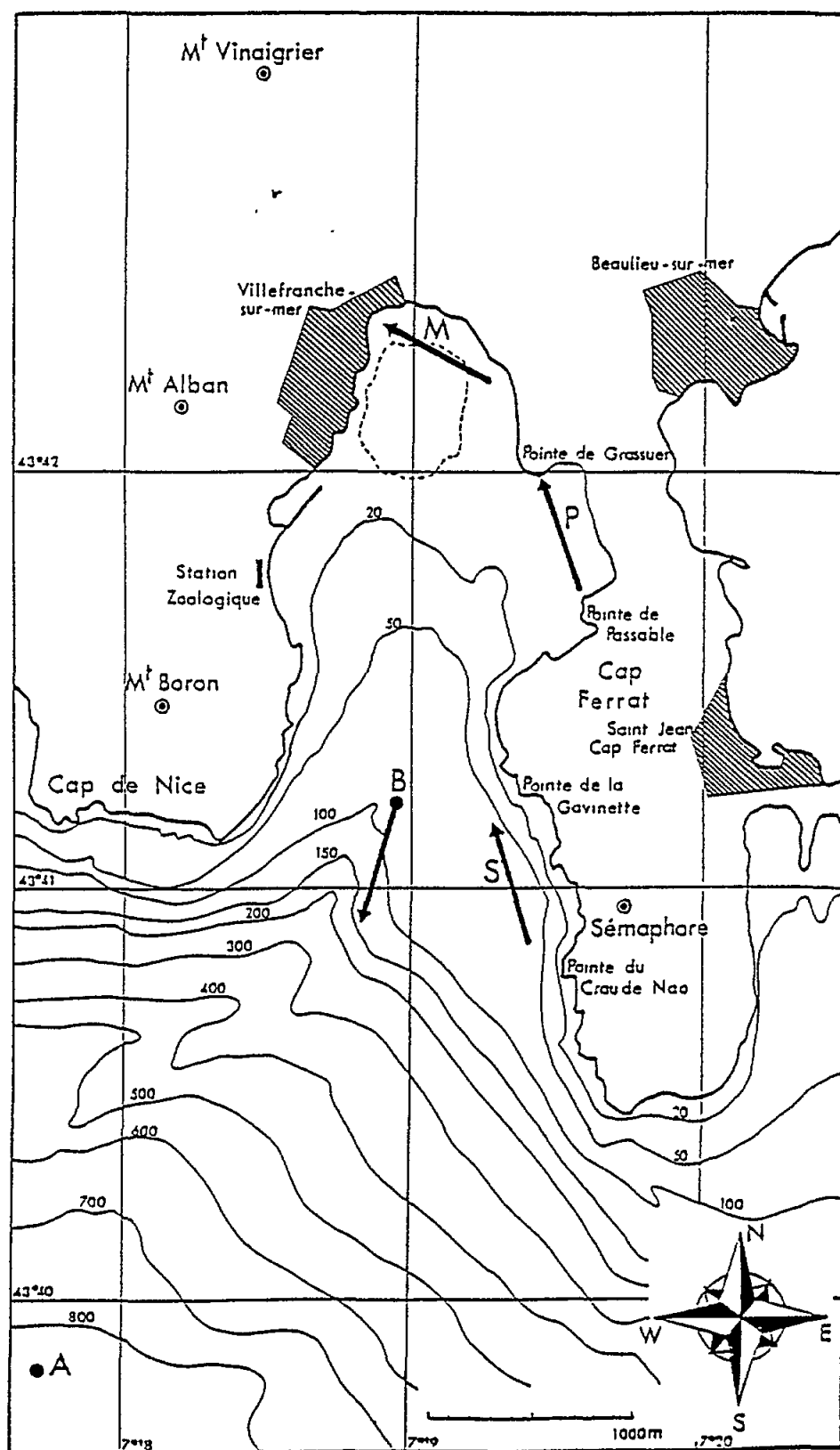


Fig. 1 Carte de la rade de Villefranche-sur-Mer. S, P, M, B: stations des pêches horizontales hebdomadaires; A: station des pêches verticales bimensuelles

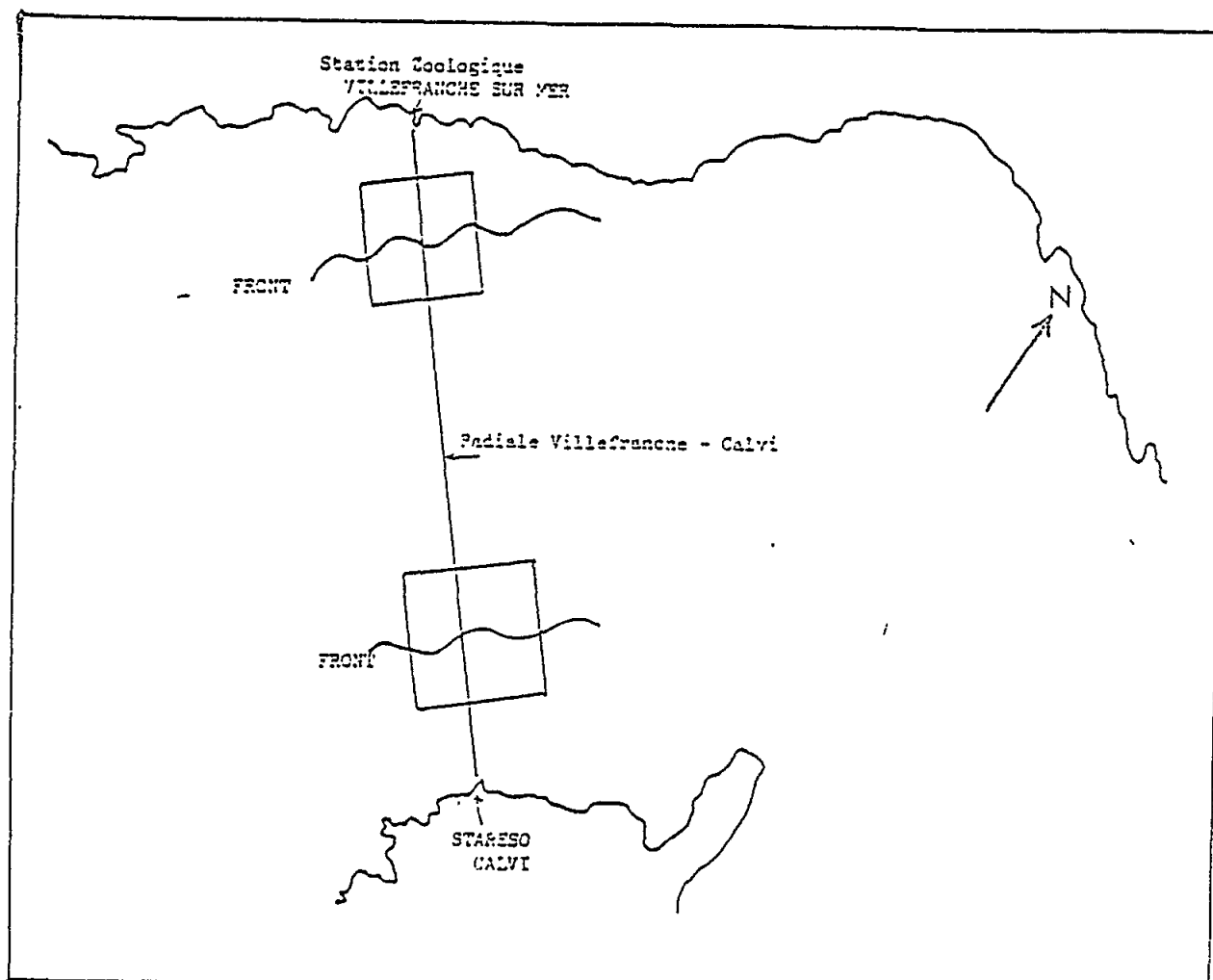


Fig. 2 La Radiale Nice-Calvi et les structures hydrologiques de la Mer Ligure (extrait du Rapport de l'Equipe U.A. 716)

En conclusion de ce chapitre Matériel et Méthodes, on peut dire que ce programme sur l'évolution du plancton n'a été possible que grâce à la forte tradition d'étude de l'écosystème pélagique de la Station Zoologique.

3. RESULTATS

3.1 Résumé des travaux antérieurs au programme

Dans les années soixante, une bonne dizaine de thèses ont constitué d'excellentes monographies des groupes dominants dans le plancton de la région. Mais l'originalité de ces travaux a été de les situer d'emblée dans le contexte hydrologique de la Mer Ligure.

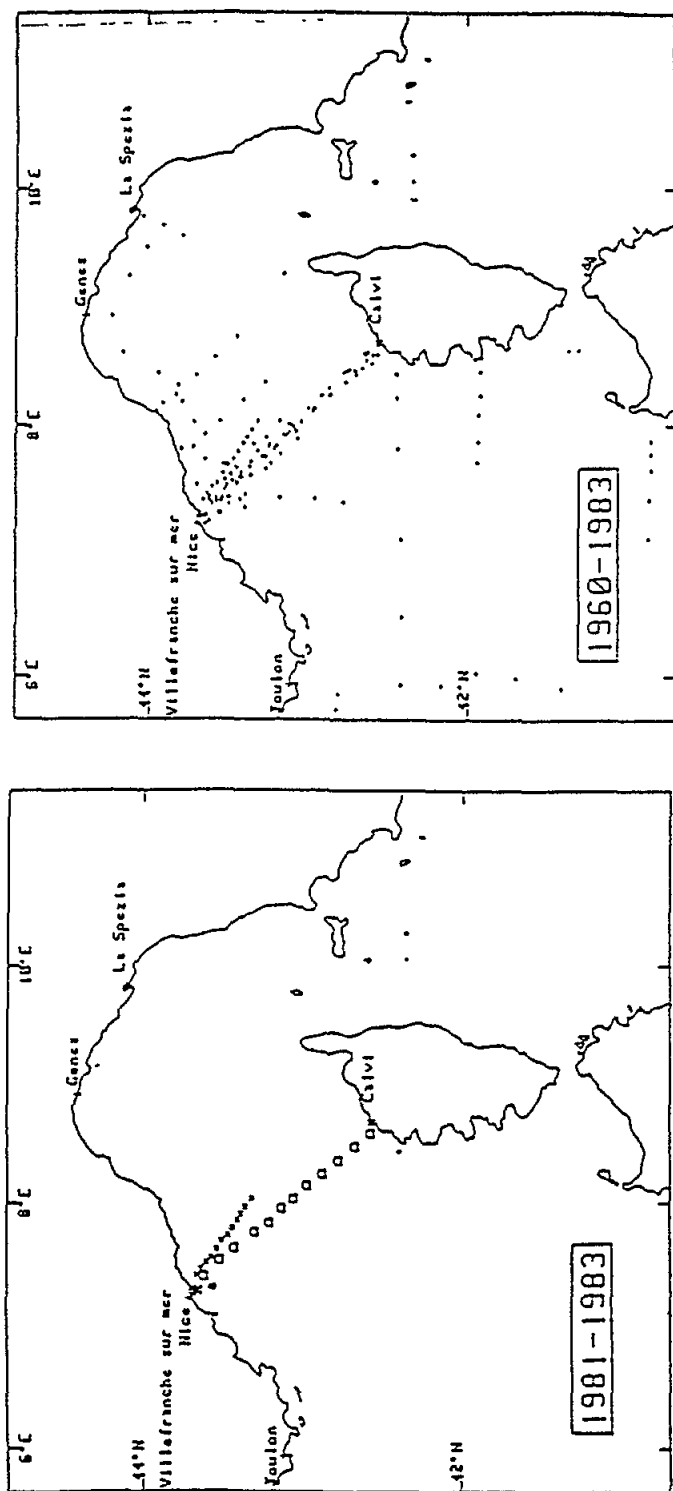


Fig. 3 Position des stations en Mer Ligure (Extrait du Rapport de l'Equipe U.A. 716)

C'est ainsi que la notion du Front Liguro-provençal s'est peu à peu imposée pour expliquer la rupture entre la faune côtière et la faune hauturière au centre du bassin Ligure constatée dès 1976 (Goy et Thiriot, 1976).

On a mis aussi en évidence le rôle de la thermocline en été, établissant une autre rupture entre la faune épipélagique saisonnière et les faunes profondes, méso et infrapélagiques, plus stables qui viennent affleurer lors de l'homothermie hivernale (Fig. 4 et 5).

Ces deux événements hydrologiques: front et thermocline, constituent les points majeurs dans la répartition de la faune pélagique car ils fonctionnent comme de vraies barrières biologiques. De leur maintien ou de leur disparition dépendent les comportements des espèces dans leur migrations saisonnières comme *Persa incolorata* (Goy, 1987), journalières comme *Solmissus albescens* (Mills et Goy, 1988; Laval et al., 1989) ou ontogéniques comme chez certains copépodes (Boucher, 1984); ou dans le passage supposé à travers le front d'espèces du large envahissant périodiquement les eaux côtières comme *Pelagia noctiluca* (Goy et al., 1989a). Le problème est également posé pour d'autres populations du macroplancton gélatineux (Gorsky et al., 1991).

Enfin, un effort a été fait tant dans la bibliographie que dans les collections des grands musées d'histoire naturelle pour établir une longue série chronologique sur l'espèce qui a induit de nombreux programmes de recherche sous l'égide du PNUE: *Pelagia noctiluca* (voir la bibliographie de cette chronologie présentée sur le tableau 1 dans Goy et al., 1989b).

Pour finir, le dépouillement des comptages quotidiens de 80 espèces du macroplancton de la rade de Villefranche pendant presque vingt ans, au début du siècle, a fait ressorti justement des espèces intéressantes sur la longue durée.

3.2 Analyses des archives 1898-1914:

Les données sont des comptages journaliers, c'est-à-dire des relevés d'observations de 80 espèces du plancton de la rade de Villefranche et de ses environs immédiats, effectués de 1898 à 1917, ce qui correspond à l'époque russe dans l'histoire de la Station Zoologique.

Le mode d'acquisition des données n'est pas connu avec précision. Il ne s'agit pas de comptages "scientifiques" et suivis mais plutôt d'une récolte d'animaux rapportés par les filets de pêcheurs locaux complétée par l'observation depuis la berge devant la Station. Malgré ces imprécisions et l'imperfection de la méthode d'observation, il s'agit-là des premières données dont on peut disposer sur une longue période dans ce secteur de la Mer Ligure qui désormais est une zone particulièrement touchée par les impacts du tourisme et de la pollution dus à la proximité de la ville de Nice. Sur les 80 espèces mentionnées, une cinquantaine présentent une certaine régularité. Mais on a pu en sélectionner seulement 16 à cause de leur présence dans toute la série des observations.

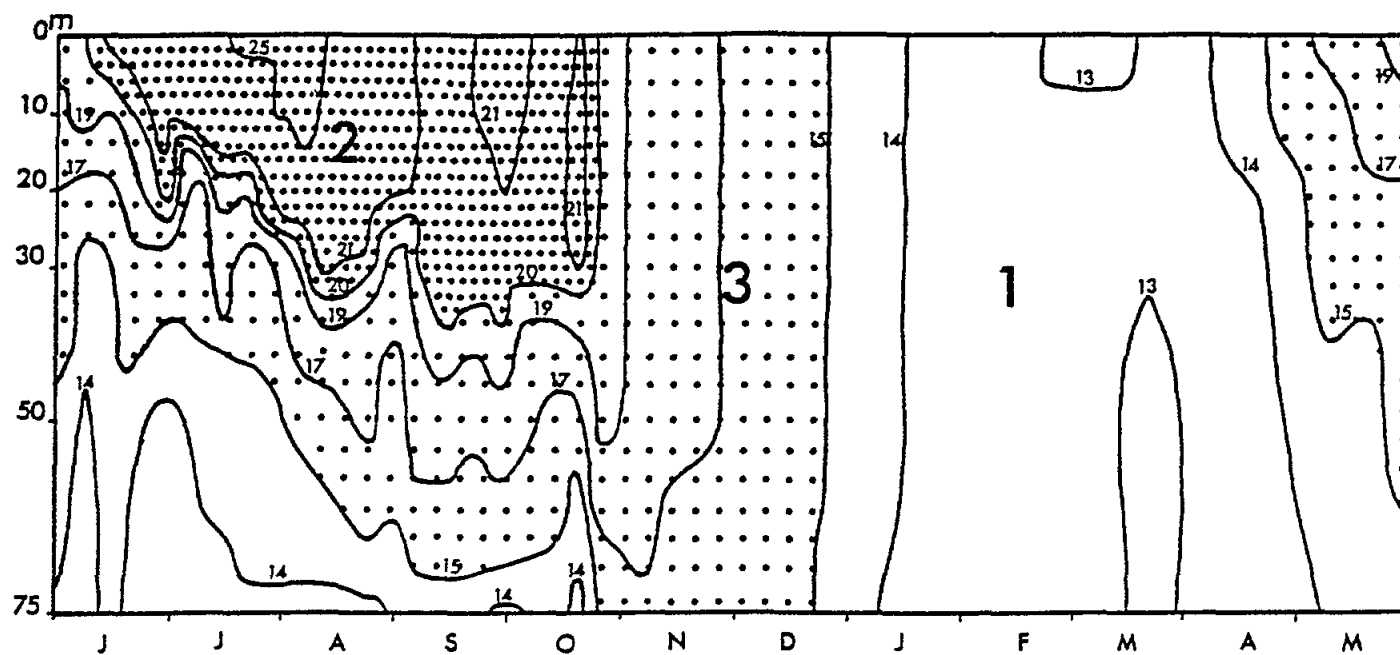


Fig. 4 Evolution de la température dans la rade en un an.

- 1 - Homothermie froide
- 2 - Homothermie chaude
- 3 - Stratification estivale

Liste des espèces sélectionnés:

Cnidaires: *Geryonia proboscidalis*
Solmissus albescens
Hippopodius hippopus
Physophora hydrostatica
Halistemma rubra
Rosacea cymbiformis
Pelagia noctiluca
Rhizostoma pulmo

Cténares: *Beroe ovata*
Cestus veneris
Leucothea multicornis

Mollusques: *Cymbulia peronii*
Pterotrachea coronata

Crustacés: *Phronima sedentaria*

Procordés: *Pyrosoma atlanticum*
Salpa maxima

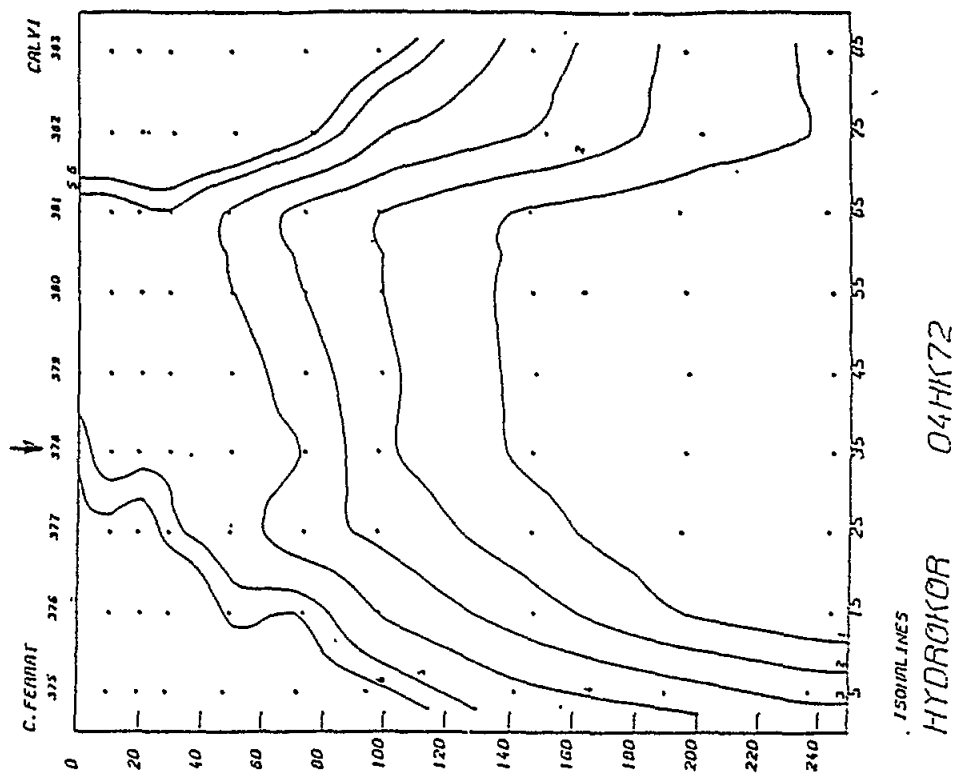
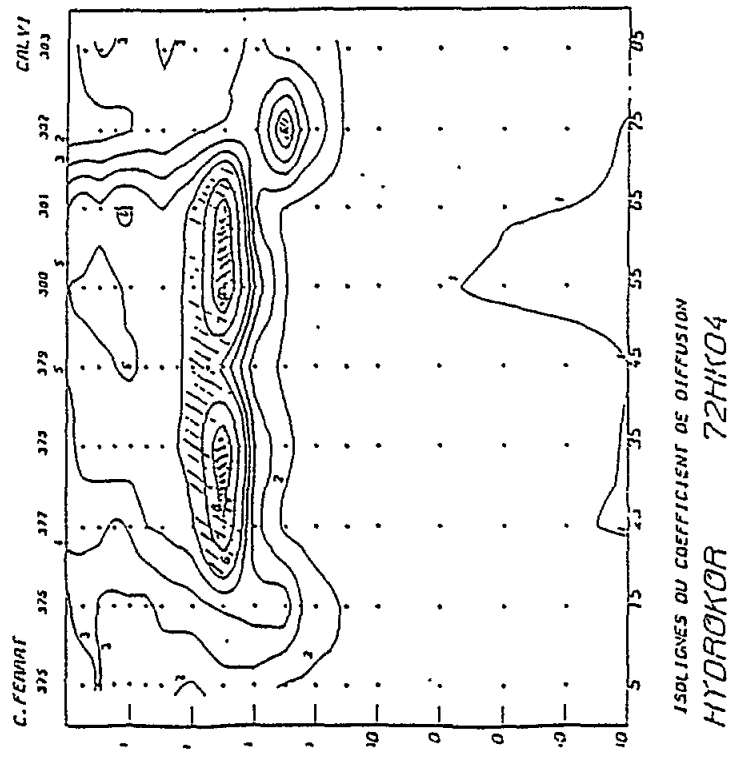


Fig. 5 Position du Front et structure en dôme

Tableau 1

Chronologie des *Pelagia noctiluca* en Méditerranée.

[illegible]

55 publications and t = answers to inquiries.

En ce qui concerne la place dans le réseau trophique, les deux dernières espèces sont herbivores, phytoplanctonophages, les autres sont carnivores.

Les données sur 207 mois ont été agrégées au niveau mensuel pour obtenir des nombres de jours d'observations par mois pour chaque espèce sélectionnée:

fréquence d'observation nombre de jours d'observation de i
d'une espèce i pour un =)))))))
mois donné " d'effort d'observation "

La fréquence d'observation est un caractère non-métrique qui interdit le recours aux moyennes mobiles. D'où l'utilisation de la médiane mobile:

$$Y = \text{médiane} (X_{t-1}, X_t, X_{t+1})$$

X représente la série initiale, Y la série filtrée, pour toutes les valeurs de t de 2 à 196 mois de données sélectionnées.

3.3 Recherche de la périodicité

La recherche de la périodicité repose sur le Périodogramme de contingence défini par Legendre et al. en 1981. Il permet la mise en évidence d'une ou plusieurs périodicités dans la série.

La périodicité P peut être considérée comme la somme de deux grandeurs: la constance C qui a le sens d'une faible variabilité générale et la contingence M qui représente le gain de prédictivité spécifiquement dû à la présence de la structure périodique:

$$P = C + M$$

Dans l'étude de ces échantillons de macroplancton, les données (fréquence d'observations filtrée) ne sont pas qualitatives mais semi-quantitatives. Pour le traiter par la périodogramme, il est nécessaire de les coder en états à partir d'un découpage en classes.

Dix espèces présentent un pic significatif tous les douze mois:

Nacroméduse:	<i>Solmissus albescens</i>
Siphonophores:	<i>Physophora hydrostatica</i> <i>Halistemma rubra</i> <i>Rosacea cymbiformis</i>
Scyphoméduse:	<i>Rhizostoma pulmo</i>
Cténaire:	<i>Beroe ovata</i>

Mollusques: *Pterotrachea coronata*
Cymbulia peronii

Hypérien: *Phronima sedentaria*

Thaliacé: *Pyrosoma atlanticum*

Deux espèces sont moins régulières:

Trachyméduse: *Geryonia proboscidalis*

Cténaire: *Cestus veneris*

et quatre n'ont aucune régularité marquée:

Siphonophore: *Hippopodius hippopus*

Scyphoméduse: *Pelagia noctiluca*

Cténaire: *Leucothea multicornis*

Thaliacé: *Salpa maxima*

Pour ces quinze espèces, une description du cycle annuel type sur 16 ans est donnée par les médianes mensuelles de la fréquence d'observations dans les eaux superficielles côtières (Fig. 6). Il apparaît que les espèces exclusivement hiverno-printanières sont, en général, celles dont le cycle annuel est le plus régulier.

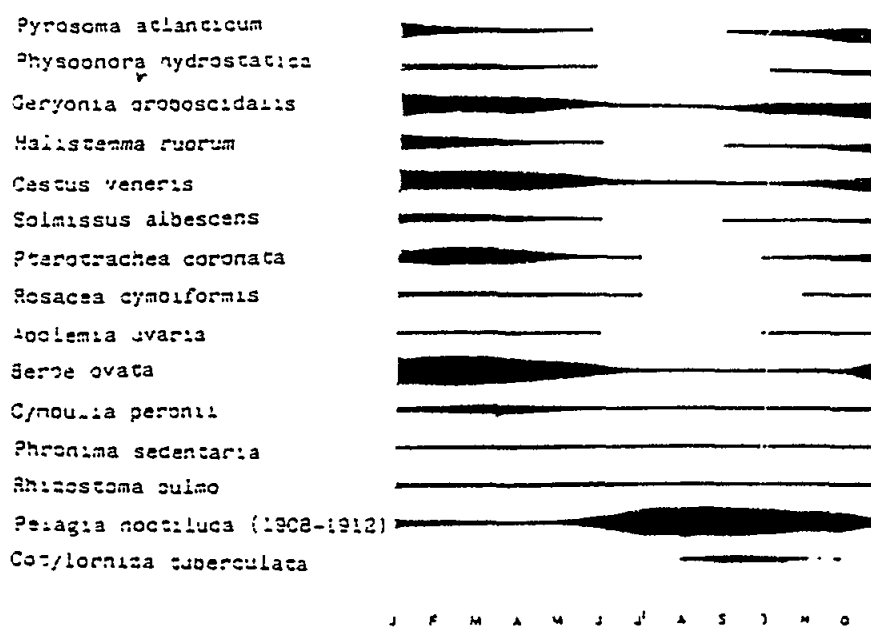


Fig. 6 Cycles annuels types données par les médianes mensuelles sur 16 ans

3.4 Le cycle annuel

La mise en évidence d'un cycle annuel pour dix espèces est un des résultats majeurs de cette étude. Il représente désormais un cadre général pour des comparaisons futures, ce qui est essentiel à la bonne compréhension des mécanismes qui gèrent le dynamisme de l'écosystème pélagique.

Une première constatation dans l'analyse de ces cycles est la régularité des "dépressions estivales", c'est-à-dire le minimum qui apparaît sur toutes les courbes de la Figure 6.

Ce minimum d'été coïncide avec la période d'appauvrissement général des eaux superficielles de la Mer Ligure, dû à l'épuisement des sels nutritifs de la couche chaude isolée au-dessus de la thermocline. Ceci entraîne un ralentissement de la production primaire et tout le réseau trophique est ainsi affecté.

Cette dépression estivale est encadrée par deux maximums qui se situent aux inter-saisons, si bien que l'on peut relier - en première approximation - ces périodes d'abondance aux périodes de plus forts gradients thermiques soit lors de l'augmentation de la température au printemps, soit lors de sa diminution à l'automne (Morand et Dallot, 1985).

3.5 Les associations et les antagonismes entre espèces

Pour faire une comparaison entre les différentes espèces, on a utilisé l'analyse factorielle des correspondances qui permet de mieux décrire les ressemblances qui apparaissent entre les espèces "annuelles" et les différences entre ces espèces et les espèces "irrégulières".

L'analyse en composantes principales a été effectuée sur la matrice des variances-covariances de façon à donner un faible poids aux espèces ayant des variations peu amples.

Les résultats ont fait apparaître un axe 1 relativement fort (51% de l'inertie totale) mais constitué nettement d'une combinaison de la fluctuation d'une variable particulière: l'espèce *Pelagia noctiluca* et des tendances monotones pour les autres variables.

Une seconde A.C.P., effectuée alors sur les résidus, a donné de meilleurs résultats en mettant en évidence l'identification du premier axe à l'espèce *Pelagia noctiluca* en opposition à un ensemble très particulier d'autres espèces: *Leucothea multicornis*, *Hippopodius hippopus*, *Cestus veneris*, *Geryonia proboscidalis* (Fig. 7).

Ce point est une des nouvelles données pour la compréhension du fonctionnement de l'écosystème pélagique. On voit en effet se dessiner une sorte d'opposition entre les espèces (Fig. 8), opposition que l'on peut exprimer très schématiquement par: "années à *Pelagia*" = "années sans *Leucothea*" (Goy et al., 1989a; 1991).

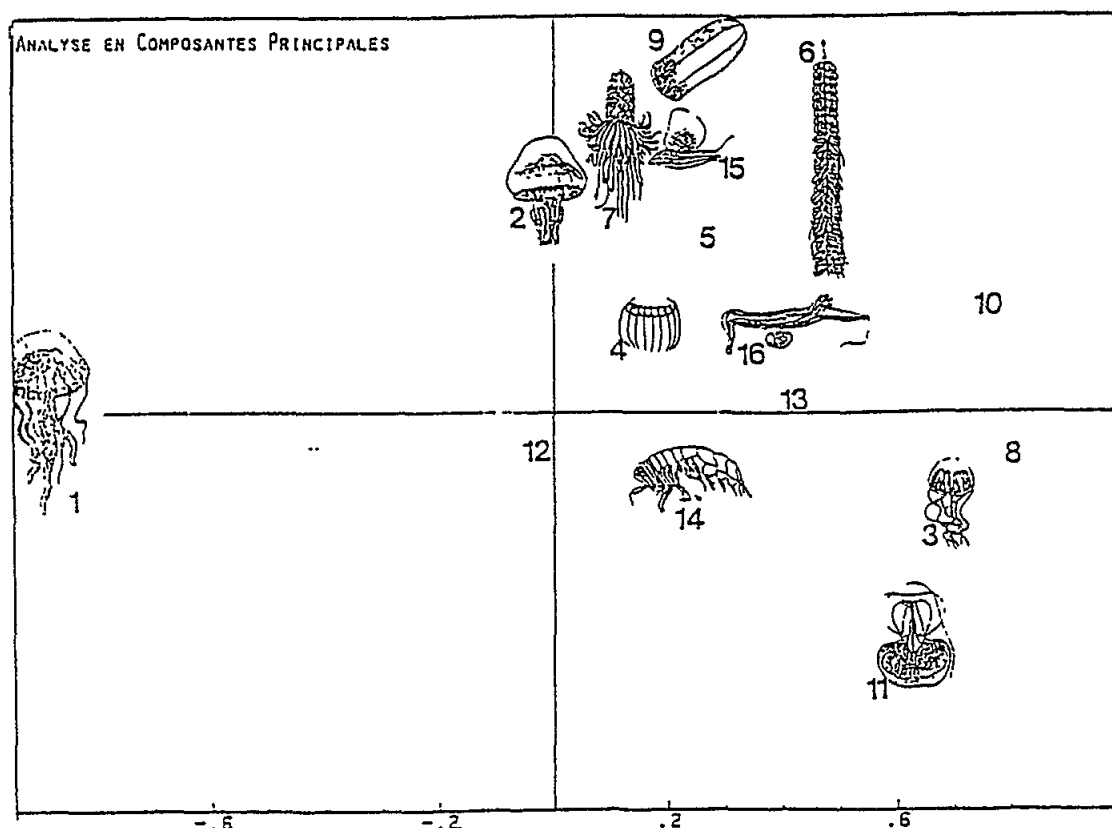


Fig. 7 Analyse en composantes principales

1-*Pelagia noctiluca*, 2-*Rhizostoma pulmo*, 3-*Geryonia proboscidalis*, 4-*Solmissus albescens*, 5-*Rosacea cymbiformis*, 6-*Halistemma rubra*, 7-*Physophora hydrostatica*, 8-*Hippopodius hippopus*, 9-*Beroe ovata*, 10-*Cestus veneris*, 11-*Leucothea multicornis*, 12-*Pyrosoma atlanticum*, 13-*Salpa maxima*, 14-*Phronima sedentaria*, 15-*Cymbulia peronii*

Cette première analyse reste encore schématique car elle est établie sur une courte période de moins de vingt ans d'observations obtenues dans des conditions qui sont loin d'être normalisées et qui sont difficiles à interpréter. Néanmoins, les méthodes statistiques permettent une approche sur les variations annuelles des espèces du macroplancton et font apparaître des oscillations dans tout le système pélagique étudié.

Cette conclusion ouvre une nouvelle perspective pour les recherches futures sur les oppositions entre espèces de même niveau trophique, ici *Pelagia* et *Leucothea*.

On ne peut pour l'instant que constater cet antagonisme et le relier à ce qui l'on a découvert très récemment depuis la fin du dernier bloom de *Pelagia*, en 1986.

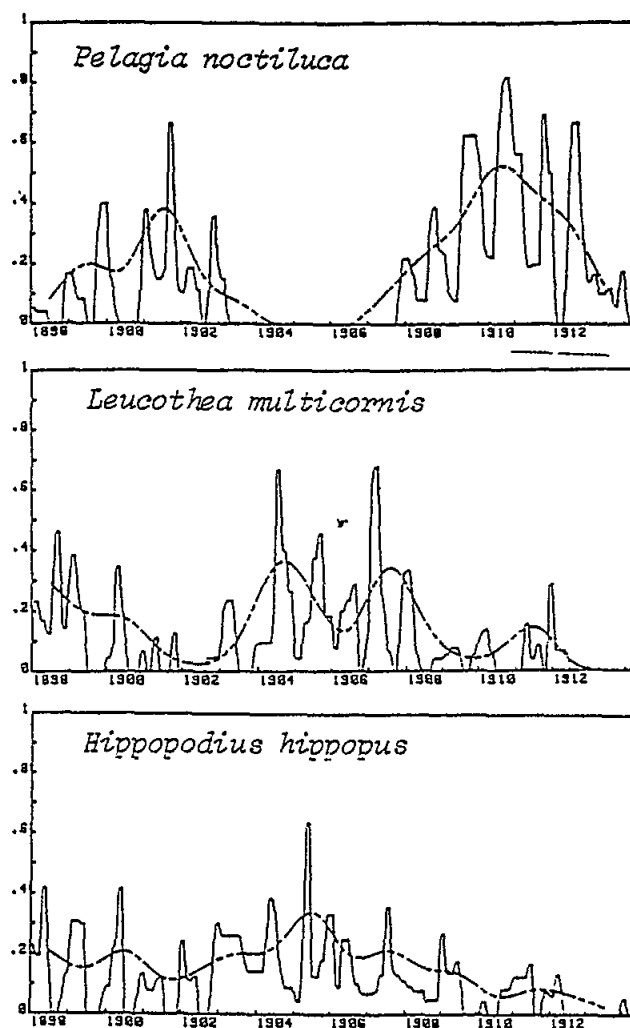


Fig. 8 Opposition entre espèces de même niveau trophique

En effet, lors de la mission en sous-marin de recherche CYANA, en 1906, en Mer Ligure, on a constaté l'absence totale de méduses mais une abondance extraordinaire d'un Cténaire lobé qui se situe également dans le niveau trophique carnivore. D'autre part, on a aussi remarqué l'abondance des Appendiculaires alors que les Salpes étaient particulièrement clairsemées (Laval *et al.*, 1992). S'agit-il d'une coïncidence ou au contraire, comme on peut le penser avec les résultats des analyses des archives de la Station Zoologique, du mécanisme qui gère l'ensemble de la dynamique de l'écosystème et qui tendrait à montrer qu'une succession d'espèces se relaie pour dominer et assurer ainsi le fonctionnement du réseau trophique.

3.6 Les vingt-cinq dernières années

On a retenu des espèces à dynamique aussi spectaculaire que *Pelagia*, passant de pullulation à effondrement: *Thalia democratica* et *Salpa fusiformis*. Cette fois c'est le maillon herbivore qui est privilégié car on le suppose répondant plus rapidement à des manifestations du milieu. C'est ce qu'ont d'ailleurs montré Ménard et al. (1993) en utilisant un modèle stochastique pour évaluer l'influence des conditions hydro-climatiques sur la dynamique des salpes.

La totalité des résultats n'a pu être exploitée dans le cadre de ce contrat, mais en exploitant uniquement ces populations monospécifiques souvent explosives et éphémères en relation avec les variables environnementales on a limité cette étude aux premiers maillons de la chaîne alimentaire.

Pour *Thalia democratica* (Fig. 9):

A l'échelle de la semaine: le maintien de la population dépend de son stade de développement. En d'autres termes, la densité de la population de la semaine $t+1$ dépend de celle de la semaine t . On voit ainsi se dessiner des fluctuations au cours des 52 semaines: avec de la 11^{ème} à la 21^{ème} semaines un bloom printanier qui s'étend parfois à la 28^{ème} semaine et devient estival (en 1967, 1986, 1988). Ensuite la population est plus clairsemée sauf en 1989 et 1990 où apparaît un pic automnal.

A l'échelle de l'année on déduit plusieurs états pour la variabilité inter-annuelle:

- absence de bloom en 1969 ou bloom peu marqué en 1973;
- bloom exceptionnel se prolongeant sur 7 semaines en 1990,
- bloom printanier plus ou moins précoce en 1970 et 1990,
- bloom printanier tardif en 1971, 1982, voire même estival en 1986 et 1988,
- durée du bloom de 2 à 4 semaines en 1985 ou de 7 semaines en 1990,
- apparition d'un deuxième bloom en 1967 et 1989.

La même observation peut se faire avec *Salpa fusiformis* (Fig. 10): le bloom est toujours plus précoce, parfois il débute dès les premières semaines de l'année, il ne s'étend ni à l'été ni à l'automne sauf en 1989. Le temps de résidence dans la rade peut passer:

- de 2 semaines en 1978 ou 4 semaines en 1986, soit huit années d'écart
- à plus de dix semaines: 13 en 1975 et 18 en 1985, soit dix années d'écart.

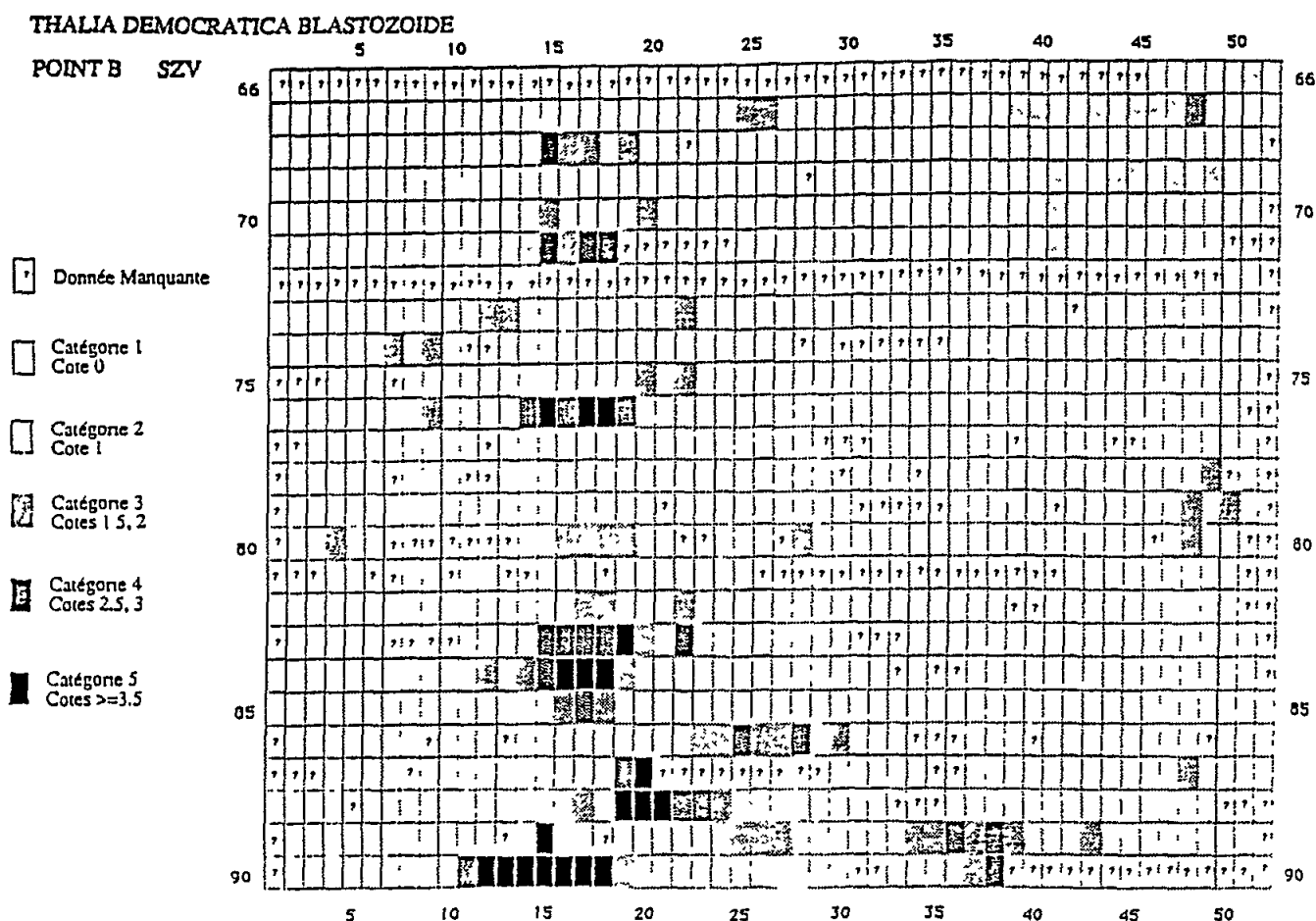


Fig. 9 Cotation d'abondance de *Thalia democratica*

Certaines années, 1979, 1985 et 1990, le bloom est particulièrement intense.

Pour *Thalia democratica*, en regroupant les catégories tout au long des 52 semaines condensées de 1969 à 1990, on constate que la période de l'année où l'abondance est maximale se situe de la 11ème à la 22ème semaines soit de mars à juin. C'est à cette époque que les eaux de la rade amorcent leur réchauffement et que se développe le phytoplancton essentiel à la nourriture de ces animaux herbivores. Ensuite la population est clairsemée et peut même disparaître totalement en automne et en hiver.

L'analyse du temps de résidence de la population de *Thalia democratica* dans la rade fait apparaître des années où la population se maintient au-delà de 26 semaines: 1976, voire même 30 semaines en 1989, soit un écart de 13 ans, séparées

par des années d'effondrement de la population sur moins de 10 semaines en 1975 et 1987, soit 12 ans d'écart.

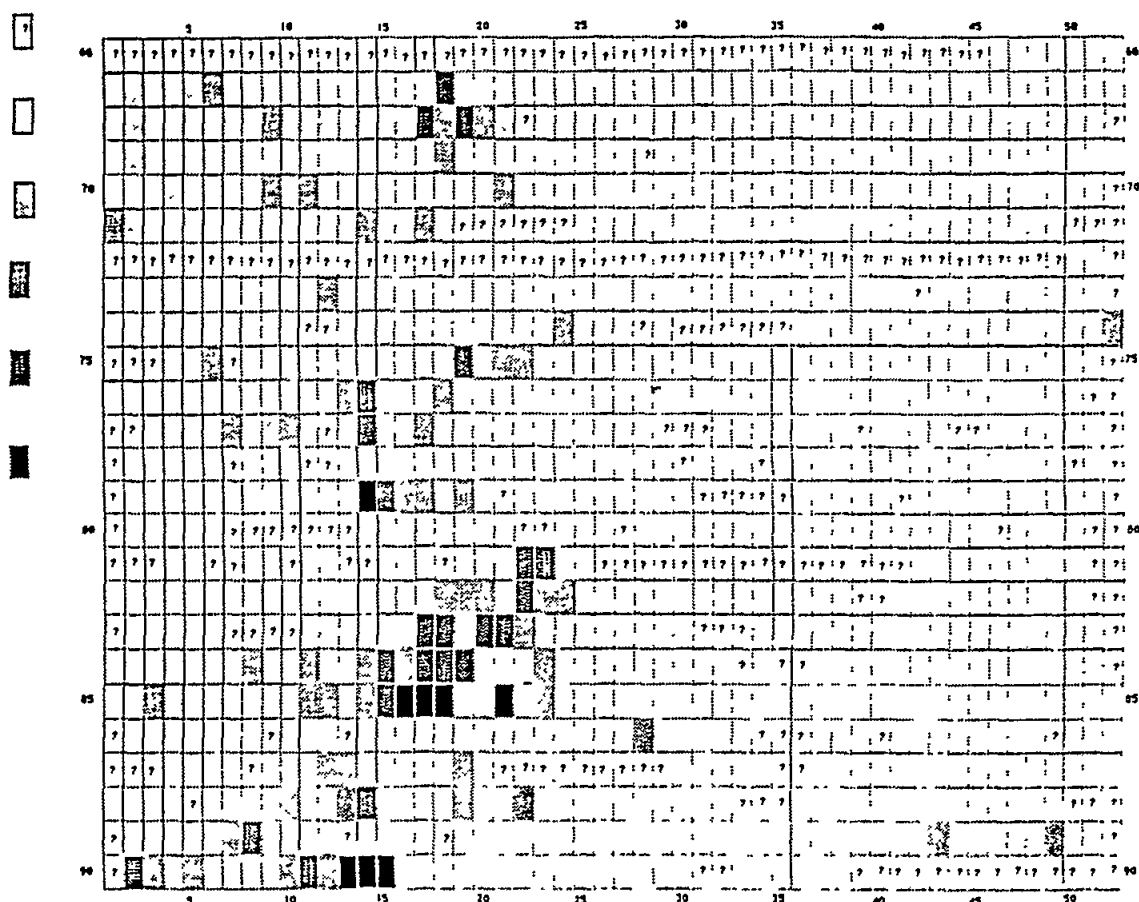


Fig. 10 Cotation d'abondance de *Salpa fusiformis*. Mêmes échelles de gris que pour la figure 9

Salpa fusiformis est également une espèce printanière dont les écarts dans les temps de résidence sont du même ordre que pour *Thalia democratica*: de 8 à 10 ans. L'espèce produit des blooms moins spectaculaires et se rencontre dans la première moitié de l'année qui correspond surtout à l'homothermie froide de la Mer Ligur.

Le synchronisme des fluctuations apparaît au simple examen des figures et certains points peuvent être notés:

- l'année 1976 marque un changement avec augmentation très nette et de la durée des blooms et de leur intensité indiquée par la cotation d'abondance supérieure à 3.5;
- l'année 1969 est remarquablement pauvre ainsi que 1986.

Cependant la relation entre ces herbivores et les *Pelagia* carnivores n'est pas évidente car la série chronologique des Tuniciers est trop courte. On peut juste constater que 1969 et 1986 sont des années à *Pelagia*. Les pullulations de cette espèce pourraient provoquer l'effondrement des herbivores en exerçant une prédation ou bien par compétition dans le réseau trophique.

4. DEBAT

On le voit, la gestion de la totalité des données est une oeuvre de longue haleine car il faut introduire désormais non seulement la météorologie locale mais l'hydrologie dont on ne possède les séries que depuis moins de 50 ans. Une autre approche est l'étude expérimentale pour déceler les réponses physiologiques de ces catégories d'animaux dans des conditions d'élevage connues et contrôlées. Par simulation à l'aide de petits modèles démographiques, on peut recréer les conditions environnementales de la Méditerranée pour les deux paramètres essentiels et limitants à savoir la température de surface de la mer et la nourriture potentielle (Morand et al., 1992) et constater les modifications sur la démographie, essentiellement sur les stades jeunes car les adultes sont plus robustes.

Malej et Malej (1992) ont fait la même démarche en établissant un modèle démographique pour cette espèce *Pelagia noctiluca* dans l'environnement très particulier de la Mer Adriatique. En choisissant justement cette espèce, ils indiquent bien qu'ils la considèrent également en Adriatique comme une espèce-clé, une espèce dont les fluctuations traduisent une modification de l'écosystème pélagique. Il semble bien admis - depuis les travaux réalisés dans le cadre de l'excellent programme Méduses du PNUE par l'ensemble de la communauté scientifique méditerranéenne - que cette espèce se détache du lot. Mais il ne faut pas non plus la considérer exclusivement par son originalité: seule scyphoméduse à développement hypogénétique et essentiellement liée aux eaux du large, mais en la situant dans son contexte environnemental aussi bien physique que biologique.

5. CONCLUSION

Cela étant admis, il reste encore un gros effort pour tenter une synthèse et ce n'est pas dans le court laps de temps d'un contrat qu'elle peut être réalisée.

Néanmoins, il faut relever les points significatifs qui devraient - comme pour *Pelagia* - susciter des études dans le même esprit du long-terme pour des espèces-clés sur l'ensemble de la Méditerranée, d'où l'idée du programme Hercule présenté à la CIESM en 1992.

Qu'avons-nous constaté?

D'abord la notion de variations saisonnières est bien réelle et c'est désormais une bonne base d'étude: l'effondrement estival du zooplancton se produit également en d'autres points que la Mer Ligure depuis les côtes d'Espagne (Vives, 1966) jusqu'à celles du Liban (Lakkis, 1990).

Pour une espèce *Pelagia noctiluca*, l'étude sur la longue durée: un siècle (et même plus mais sans les données météorologiques) démontre que sa périodicité d'environ douze ans échappe à une quelconque relation avec la pollution. Pour l'ensemble du zooplancton, c'est une étape fondamentale dans la compréhension des mécanismes qui gèrent l'écosystème pélagique, car il est peu probable qu'une seule espèce présente ce type de comportement et de fluctuations. D'ailleurs, des valeurs du même ordre: 8, 10, 13 ans, se retrouvent dans l'analyse des variations des cotations d'abondance des deux herbivores étudiés *Thalia democratica* et *Salpa fusiformis*.

On a pu mettre en évidence des oscillations dans l'abondance chez d'autres espèces et même faire apparaître des antagonismes entre espèces de même niveau trophique comme *Pelagia* et *Leucothea*.

Il semble que la relation Climat-Méduses établie pour *Pelagia* puisse être élargie à l'ensemble de la communauté pélagique de la Méditerranée. De plus en plus sont pris en compte ces phénomènes de périodicité qui, comme El Nino, traduisent une modification à l'échelle planétaire. Sans envisager de conclure prématurément à une relation d'une telle envergure avec si peu de données exploitées, il est vraisemblable que les fluctuations constatées en Méditerranée participent aussi au schéma d'ensemble de la planète comme cela a été souligné dès 1984 (Goy, 1984).

Enfin la consultation des ouvrages anciens est riche en enseignement. L'étude de la disparition dans le vocabulaire local des noms vernaculaires tend bien à montrer la raréfaction des espèces qui sont affectées. Ainsi le nom commun du Cténaire *Cestus veneris*, appelée "sabre de mer", et celui de la méduse *Geryonia proboscidalis*, appelée "carmarine" par les pêcheurs niçois du siècle dernier, ont complètement disparu de la mémoire populaire. Les récits des premiers naturalistes en Méditerranée au début du siècle dernier: Rissor, Périon, Lesueur, Vogt, font état de densité considérable: "des millions autour du bateau", "soupe de méduses", "navigation pendant plusieurs jours dans des zoophytes pélagiens". Plus que de grandes équations pour modéliser notre environnement, ces phrases ne traduisent-elles pas mieux à quel point notre Mare Nostrum s'est modifiée.

6. REMERCIEMENTS

Le projet a été exécuté dans le cadre du programme MED POL et grâce à un concours financier du Fonds d'affectation spéciale pour la Méditerranée octroyé par l'entremise du Bureau FAO du Plan d'Action pour la Méditerranée. Il est la

prolongation du programme Méduses du PNUE et entre dans le programme de l'équipe de recherche "Ecologie du Plancton marin" que dirige le Professeur Paul Nival.

7. REFERENCES CITEES

- Boucher, J. (1984), Localization of zooplankton populations in the Ligurian marine front: role of ontogenic migration. Deep-Sea Res., 31(5):469-484
- Gorsky, G., N. Lins da Silva, S. Dallot, Ph. Laval, J.C. Braconnot et L. Prieur (1991), Midwater tunicates: are they related to the permanent front of the Ligurian Sea (NW Mediterranean) Mar.Ecol.Prog.Ser., 74:195-204
- Goy, J. (1984), Fluctuations climatiques de la scyphomésude *Pelagia noctiluca* (Forsskal, 1775). C.R.Acad.Sc.,Paris, 299, sér. III, 12:507-510
- Goy, J. (1987), Summer submergence of *Persa incolorata* McCrady, 1857 (Cnidaria, Hydromedusa) in the Mediterranean. Ann.Inst.Océanogr.,Paris, 63(1):47-56
- Goy, J. et A. Thiriot (1976), Conditions estivales dans la divergence de Méditerranée nord-occidentale.II. Macroplancton et micronekton. Etude qualitative et estimation quantitative des Cnidaire et des Euphausiacés. Ann.Inst.Océanogr.,Paris, N.S., 52(1):33-44
- Goy, J., S. Dallot et P. Morand (1989a), Les proliférations de la méduse *Pelagia noctiluca* et les modifications associées de la composition du macroplancton gélatineux. Océanis, 15(1):17-23
- Goy, J., P. Morand et M. Etienne (1989b), Long-term fluctuations of *Pelagia noctiluca* (Cnidaria, Scyphomedusa) in the Western Mediterranean Sea. Prediction by climatic variables. Deep-Sea Res., 36(2):269-279
- Goy, J., S. Dallot et P. Morand (1991), Blooms of the Jellyfish *Pelagia noctiluca* (Cnidaria, Scyphozoa) and the modifications of gelatinous zooplankton. Symposium of the long-term variability of pelagic fish populations and their environment. Edited by M. Omory and T. Kawasaki, Sendai, Japan, Pergamon Press, pp.397-398
- Lakkis, S. (1990), Composition, diversité et succession des copépodes planctoniques des eaux libanaises (Méditerranée orientale). Oceanol.Acta, 13(4):489-501
- Laval, Ph., J.C. Braconnot, C. Carré, J. Goy, P. Morand et C.E. Mills (1989), Small-scale distribution of macroplankton and micronekton in the Ligurian Sea (Mediterranean Sea) as observed from the manned submersible *Cyana*. J.Plankton Res., 11(4):665-685

- Laval, Ph., J.C. Braconnot et N. Lins da Silva (1992), Deep planktonic filter-feeders found in the aphotic zone with the *Cyana submersible* in the Ligurian Sea (NW Mediterranean). Mar.Ecol.Prog.Ser., 79:235-241
- Legendre, L., M. Frechette et P. Legendre (1981), The contingency periodogram: a method of identifying rhythms in series of non-metric ecological data. J.Ecol., 69:965-980
- Malej, A. et M. Malej (1992), Population dynamics of the jellyfish *Pelagia noctiluca* (Forsskal, 1775). In: Proceedings of the 25th EMBS on Marine Eutrophication and Population Dynamics, edited by Olsen and Olsen. Fredensborg, Denmark, pp.215-219
- Ménard, F., S. Dallot et G. Thomas (1993), A stochastic model for ordered categorical time series. Application to planktonic abundance data. Ecol.Modelling, 66:101-112
- Mills, C.E. et J. Goy (1988), *In situ* observations of the behavior of mesopelagic *Solmissus* Narcomedusae (Cnidaria, Hydrozoa). Bull.Mar.Sci., 43(3):739-751
- Morand, P. et S. Dallot (1985), Variations annuelles et pluriannuelles de quelques espèces du macroplancton côtier de la Mer Ligure (1898-1914). Rapp.P.-V.Réun.CIESM, 29(9):295-297
- Morand, P., J. Goy et S. Dallot (1992), Recrutement et fluctuations à long-terme de *Pelagia noctiluca* (Cnidaria, Scyphozoa). Ann.Inst.Océanogr.,Paris, 68(1-2):151-158
- Vives, F. (1966), Zooplankton nerítico de las aguas de Castellon (Mediterraneo occidental). Invest.Pesq., 30:49-166

AUTRES REFERENCES

- Beck, O. (1993), Les variations planctoniques et climatiques en Méditerranée nord-occidentale. Diplôme d'études approfondies d'océanographie biologique, Paris VI, 33 p. et annexes
- Buecher, E., J. Goy, B. Planque, M. Etienne and S. Dallot (1996), Long term fluctuations of *Liriope tetraphylla* (Cnidaria, Hydrozoa) in Villefranche Bay between 1966 and 1993. Comparison to *Pelagia noctiluca* (Cnidaria, Scyphozoa) undecennial pullulation cycle. Oceanol.Acta, (in press)
- Gonzalez Arayena, E. (1992), Le phytoplancton de la Mer de Monaco entre 1907 et 1914. Diplôme d'études approfondies d'Océanographie biologiques, Paris VI, 35 p. et annexes
- Mallekh, R. (1995), Les copépodes de la Mer de Monaco (1907-1974), répartition bathymétrique, variations annuelles et interannuelles. Diplôme d'études approfondies d'Océanographie biologiques, Paris VI, 37 p. et annexes

MEDONDES (1993), Le Projet Hercule, 28:9

Ménard, F. (1993), Modélisation stochastique des fluctuations temporelles des populations de salpes de la baie de Villefranche-sur-Mer de 1967 à 1990. Thèse de Biomathématique, Paris VII, 116 p.

Ménard, F., J.M. Fromentin, J. Goy and S. Dallot (1996), Analysis of the temporal fluctuations of Doliolid populations of the Bay of Villefranche-sur-Mer from 1967 to 1990. Oceanol.Acta, (in press)

CONTRIBUTION A LA CONNAISSANCE DE L'ECOSYSTEME
A *POSIDONIA OCEANICA* (L.) DELILE DANS LA REGION
D'ALGER (ALGERIE): ETUDE DE QUELQUES COMPARTIMENTS

par

Rachid SEMROUD

Laboratoire de Biologie et d'Ecologie Marines
Institut des Sciences de la Nature, USTHB
Alger, Algérie

R E S U M E

En Algérie, les travaux consacrés jusqu'ici à l'herbier à *Posidonia oceanica* (L.) Delile sont rares, ponctuels et très anciens. Nous présentons ici le premier travail d'ensemble concernant les herbiers à *P. oceanica* des côtes algériennes en étudiant les compartiments fonctionnels les plus importants de l'écosystème.

Le choix des stations s'est fait sur la base des critères écologiques et anthropiques. Deux types d'herbier ont été considérés. Le premier est installé sur roche, à l'extérieur de la baie d'Alger, dans une zone où les conditions locales (hydrodynamisme important, exposition aux vents) maintiennent des eaux relativement propres (La Marsa). Le second se développe sur mat (Tamentfoust), dans la baie d'Alger et correspond à un herbier dégradé, localisé dans un site semi-fermé, bien protégé, qui reçoit les rejets telluriques des oueds avoisinants et les effluents urbains. Pour l'étude biologique des oursins, les stations sont représentées par deux substrats durs: l'un recouvert d'une biocénose photophile à faciès de broutage peu marqué (Aïn-Chorb); l'autre, dans le port d'Alger, occupé par un peuplement d'algues encroûtantes soumis à une pollution.

La première partie concerne la taxonomie de *Posidonia oceanica* de La Marsa. La découverte d'une population nettement individualisée par rapport à la description classique de l'espèce *P. oceanica* (largeur des feuilles et nombre de nervures des écailles nettement supérieurs, caryotype original, particularités anatomiques et histologiques) montre que le genre *Posidonia* en Méditerranée n'est pas aussi homogène qu'on a pu le penser auparavant.

L'étude biométrique et phénologique de *Posidonia oceanica* apporte des éléments nouveaux et permet de confirmer plusieurs résultats établis par différents auteurs dans d'autres secteurs de Méditerranée. La phénologie est étudiée au cours d'un cycle annuel, à deux profondeurs (2 et 8 m). L'utilisation de la lécidochronologie nous a permis de montrer que le nombre de feuilles produites par an est nettement supérieur à ce qui est connu dans d'autres régions de la Méditerranée. Des données précises sont fournies sur la longueur des feuilles, sur le "Leaf Area Index" (généralement modeste par rapport aux données de la littérature), sur la biomasse des feuilles, des épiphytes, des rhizomes et des racines. Il faut noter que pour ces deux derniers compartiments les données sont rares; la biomasse des racines et des

rhizomes apparaît comme considérable, plusieurs fois supérieure à celles des feuilles. Enfin, les premières données sur l'indice racinaire (RAI) sont discutées.

Dans le compartiment Echinodermes, nous avons étudié les oursins *Paracentrotus lividus* et *Sphaerechinus granularis*. Nous décrivons les effectifs des populations, leur structure démographique, leur biomasse et l'évolution des indices physiologiques (indice gonadique et indice de réplétion) le long d'un ou de plusieurs cycles annuels. Les densités sont très importantes, surtout dans le cas de *Sphaerechinus granularis*, pour lequel de telles densités n'avaient pas été signalées en Méditerranée. Lorsque les ressources trophiques ne sont pas limitatives, il existe une corrélation négative entre l'indice de réplétion et l'indice gonadique de ces deux oursins. Pour la première fois sur les côtes Nord africaines, le cycle de reproduction de ces deux espèces a pu être établi.

Enfin, une comparaison des biomasses totales des compartiments Posidonies et Echinodermes à faible profondeur est entreprise. Le rapport de 1/25 à 1/30 confirme les résultats obtenus dans le Nord de la Méditerranée occidentale.

1. INTRODUCTION

L'herbier à *Posidonia oceanica* joue un rôle important en Méditerranée; il constitue selon Boudouresque et Meinesz (1982) "la véritable clef de voûte des biocénoses".

Il doit son importance à la richesse de sa flore (Boudouresque 1971; Eugene, 1978; Panayotidis, 1980) et de sa faune (Kikuchi et Peres, 1977; Harmelin-Vivien, 1982; Chraïbi, 1987; Willsie, 1987; Azzolina et Harmelin, 1989; Francour, 1990). Il joue un rôle important en tant producteur primaire (Ott, 1980; Francour, 1990; Pergent et Pergent-Martini, 1991) et en tant que producteur d'oxygène (10 litres m⁻³ dans un herbier dense). Il sert d'abri et de frayère à de nombreuses espèces (Bell et Harmelin-Vivien, 1982; Francours, 1990). Il joue un rôle dans le maintien de l'équilibre des lignes de rivages (Freinage de l'hydrodynamisme) (Blanc, 1953; Blanc et Jeudy de Grissac, 1978; Boudouresque et Jeudy de Grissac, 1984).

Une partie de la production de biomasse est exportée vers d'autres écosystèmes (estimée à 40% environ). (banquettes sur les plages lors des fortes tempêtes hivernales) (Peres et Picard, 1964; Zieman, 1974; Drew et Jupp, 1976; Cristiani, 1980; Ott, 1980; Romero, 1985; Pergent et Pergent-Martini, 1991).

En même temps que l'on découvre la richesse et le rôle primordial joué par les herbiers à Posidonies en Méditerranée, on constate un net recul de ces derniers dans de nombreuses régions.

Les Posidonies sont particulièrement sensibles aux pollutions chimiques qui s'accumulent dans le sédiment (Abada-Guerroui, 1985; Boudouresque, 1989). De plus, elles sont menacées par l'arrachage provoqué par les ancres des plaisanciers et les arts trainants (châluts) (Augier et Boudouresque, 1970). Elles sont sensibles

à la turbidité provoquée par les aménagements divers qui empêchent la lumière d'atteindre les zones profondes.

Posidonia oceanica est une phanérogame marine. C'est une espèce pérennante, endémique de la Méditerranée. Il en existe huit autres du même genre en Australie. Elle présente des feuilles longues et rubanées (longueur pouvant dépasser le mètre) regroupées en faisceau de 4 à 10 feuilles. Lors de la chute du limbe (partie verte de la feuille), le pétiole alors appelé écaille persiste sur la tige.

Ces faisceaux constituent entre la surface et 40 m de profondeur des prairies appelées herbiers (Molinier et Picard, 1952). Ils forment une ceinture presque continue autour de la Méditerranée, interrompue localement au niveau des grands fleuves et de leur zone d'épandage.

Les tiges souterraines appelées rhizomes présentent une croissance dans un plan vertical: rhizomes orthotropes et une croissance dans un plan horizontal: rhizomes plagiotropes (Boudouresque et Jeudy de Grissac, 1984). Les Posidonies peuvent s'implanter aussi bien sur du substrat meuble que sur du substrat dur.

La floraison qui a lieu en automne s'avère relativement rare. Le bouturage constitue dans la plus grande partie de son aire le principal mode de dissémination.

Les feuilles de Posidonies atténuent l'hydrodynamisme de l'eau et agissent comme de véritables pièges à sédiment. Elles sont responsables de la décantation au niveau des rhizomes d'une grande quantité de matériel biodétritique et terrigène en suspension dans les eaux (Blanc, 1953; Blanc et Jeudy de Grissac, 1978; Boudouresque et Jeudy de Grissac, 1984).

C'est grâce à la croissance verticale des rhizomes que la plante peut échapper à l'ensevelissement. La conséquence de cette croissance est la construction et l'édification aux cours des siècles d'une structure appelée matte, constituée d'un lacs de rhizomes et de racines colmatés par du sédiment (un mètre d'épaisseur par siècle) (Molinier et Picard, 1952; Caye, 1989).

Dans les zones abritées, l'herbier affleure la surface de l'eau et constitue un paysage original qu'on désigne sous le nom de "récif-barrière" (Peres et Picard, 1964; Augier et Boudouresque, 1970).

La survie d'un herbier est le résultat d'un équilibre entre le taux de sédimentation et la vitesse de croissance des rhizomes (Boudouresque et Jeudy de Grissac, 1984).

La majorité des travaux entrepris dès 1950 (Molinier et Picard, 1952) sont uniquement descriptifs et ne concernent que quelques compartiments particuliers, rarement replacés dans le fonctionnement global de l'écosystème. Des études sur le fonctionnement et sur la dynamique des herbiers font actuellement l'objet de recherches approfondies (Romero, 1985; Francour, 1990).

En Algérie, les quelques études qui lui ont été consacrées dénotent l'état fragmentaire et très ancien des données existantes (Molinier et Picard, 1953; Degiovani, 1973).

Etant donné l'importance de l'herbier à *Posidonia oceanica* dans l'économie générale du plateau continental méditerranéen, cette étude apporte une modeste contribution à la connaissance de son fonctionnement et tente d'appréhender quelques uns des principaux compartiments qui structurent cet écosystème.

Le présent travail réalisé dans la région d'Alger comprend l'étude de trois compartiments; deux dans la partie épigée: les feuilles et les épiphytes; le troisième dans la partie endogée: la matte.

Au niveau de la macrofaune benthique, l'étude est consacrée au groupe le plus important: les Echinodermes.

2. MATERIEL ET METHODES

2.1 Site d'étude et position des stations

Le choix des stations tient compte de la localisation géographique, de l'urbanisation du littoral et des conditions hydrodynamiques (fig. 1).

Deux types d'herbier ont été pris en considération: le premier est installé sur roche, à l'extérieur de la baie d'Alger, où les conditions locales (hydrodynamisme important, exposition aux vents) maintiennent les eaux relativement propres (La Marsa). Le second se développe sur matte dans la baie d'Alger et correspond à un herbier dégradé, localisé dans un site semi-fermé, bien protégé, qui reçoit les rejets telluriques des oueds avoisinants et les rejets des effluents urbains (Tamentfoust).

Pour l'étude biologique des oursins, les stations sont caractérisées par deux types de substrats durs: l'un recouvert d'une biocénose photophile à faciès de broutage peu marqué (Aïn-Chorb); l'autre, occupé par un peuplement d'algues encroûtantes soumis à une pollution marquée (port d'Alger).

2.2 Méthodes d'étude

Les méthodes d'études ainsi que le type et le nombre de prélèvement des différents compartiments (fig. 2) sont résumés sur le Tableau 1 pour la partie plante, et le Tableau 2 pour la partie Echinodermes.

3. RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 L'herbier de posidonie

3.1.1 Taxonomie de *Posidonia oceanica*

Une partie des résultats a fait l'objet d'un article par Semroud et al. (1992).

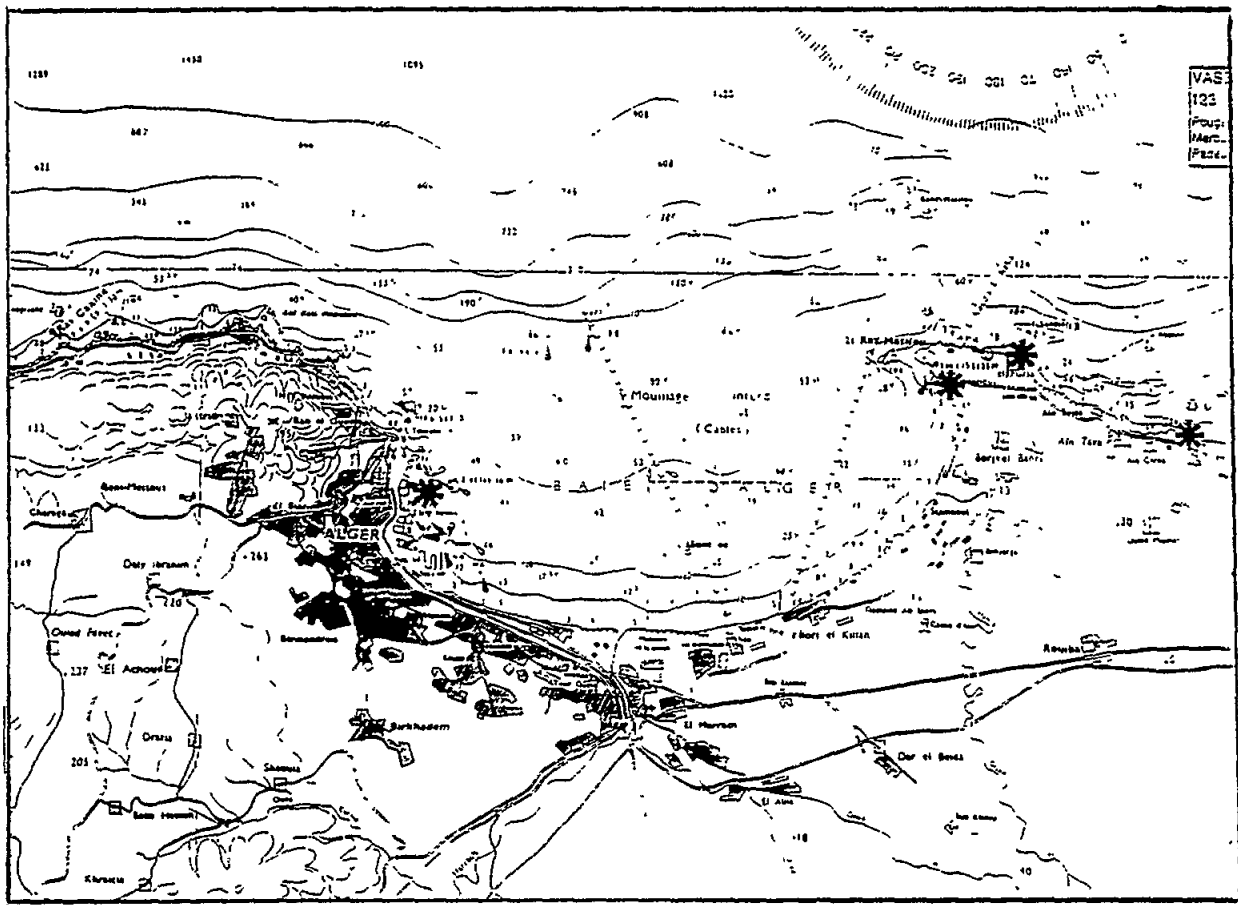


Fig. 1 Localisation des stations dans la région d'Alger (*)

3.1.1.1. Morphologie

L'étude de la largeur des feuilles adultes en fin de croissance apparaît comme l'unique critère distinctif, par rapport aux autres populations méditerranéennes.

La largeur moyenne des limbes de *P. oceanica* de La Marsa est significativement différente de celle des limbes de la station de Port-Cros (données in Pergent, 1987). La comparaison des histogrammes de fréquence de la largeur des feuilles adultes montre que les modes sont bien distincts, quelle que soit la saison. Ils se situent dans la classe des 10 mm à Port-Cros et celles des 11 mm et des 12 mm à La Marsa (fig. 3 et 4).

La largeur moyenne des feuilles adultes en fin de croissance de *P. oceanica* indiquée par plusieurs auteurs (Tableau 3) (Giorgi et Thelin, 1983; Pergent, 1987), varie en fonction de la région et de la profondeur.

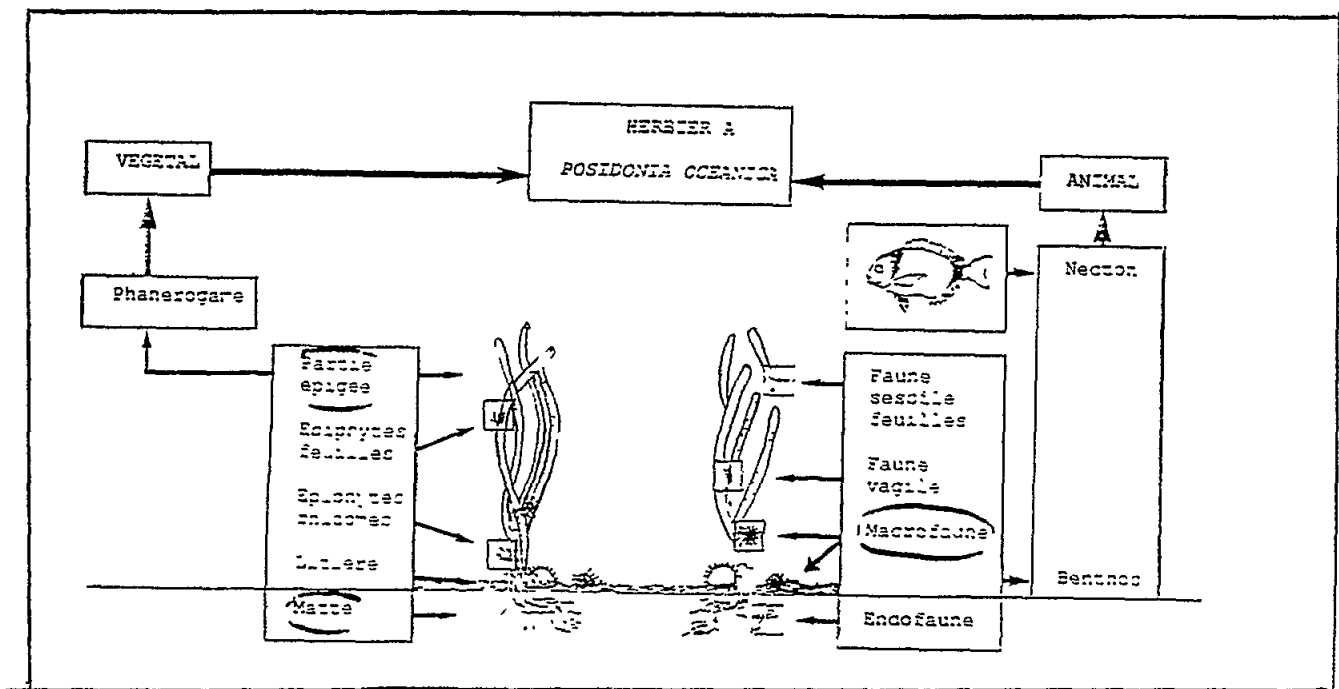


Fig. 2 Schématisation des différents compartiments de l'herbier à *Posidonia oceanica* (d'après Francour, 1990). Les parties encadrées représentent les compartiments étudiés

3.1.1.2 Caryologie

La comparaison détaillée de nos nombreux dessins et d'idiogrammes correspondants révèle, outre une très forte hétérogénéité de taille des chromosomes, la présence de multiples constriction secondaires et de plusieurs satellites parfois peu visibles et fluctuants (fig. 5).

De plus, au sein d'une même population et d'un échantillon à l'autre, il existe des variations notables dans la dimension des chromosomes et quelques fois aussi dans la position des centromères. Pour ces diverses raisons, nous préférons reporter sur un tableau récapitulatif (Tableau 4) la synthèse de nos observations, en donnant les tailles extrêmes (et non les moyennes) pour chacune des 10 paires de chromosomes très caractéristiques.

3.1.1.3 Anatomie et histologie

Les données récentes permettent de distinguer les différentes espèces de *Posidonia* par la largeur, l'épaisseur et le nombre de nervures des feuilles et des gaines; sont également pris en compte les caractères des épidermes (forme externe des cellules, largeur x longueur), et pour les gaines, la localisation des fibres de soutien (sous l'épiderme, sous l'hypoderme, dans le mésophylle) (Hartog Den, 1970; Cambridge, 1975; Albergoni *et al.*, 1978; Kuo, 1978; Cambridge et Kuo, 1979).

Tableau 1

Méthodes abordées au cours de notre étude sur les compartiments épigé et endogé de la plante. Les fréquences des prélèvements ainsi que le nombre d'échantillon y sont portés.

PARTIE PLANTE

POSIDONIA OCEANICA (L.) DELILE

COMPARTIMENTS (3)

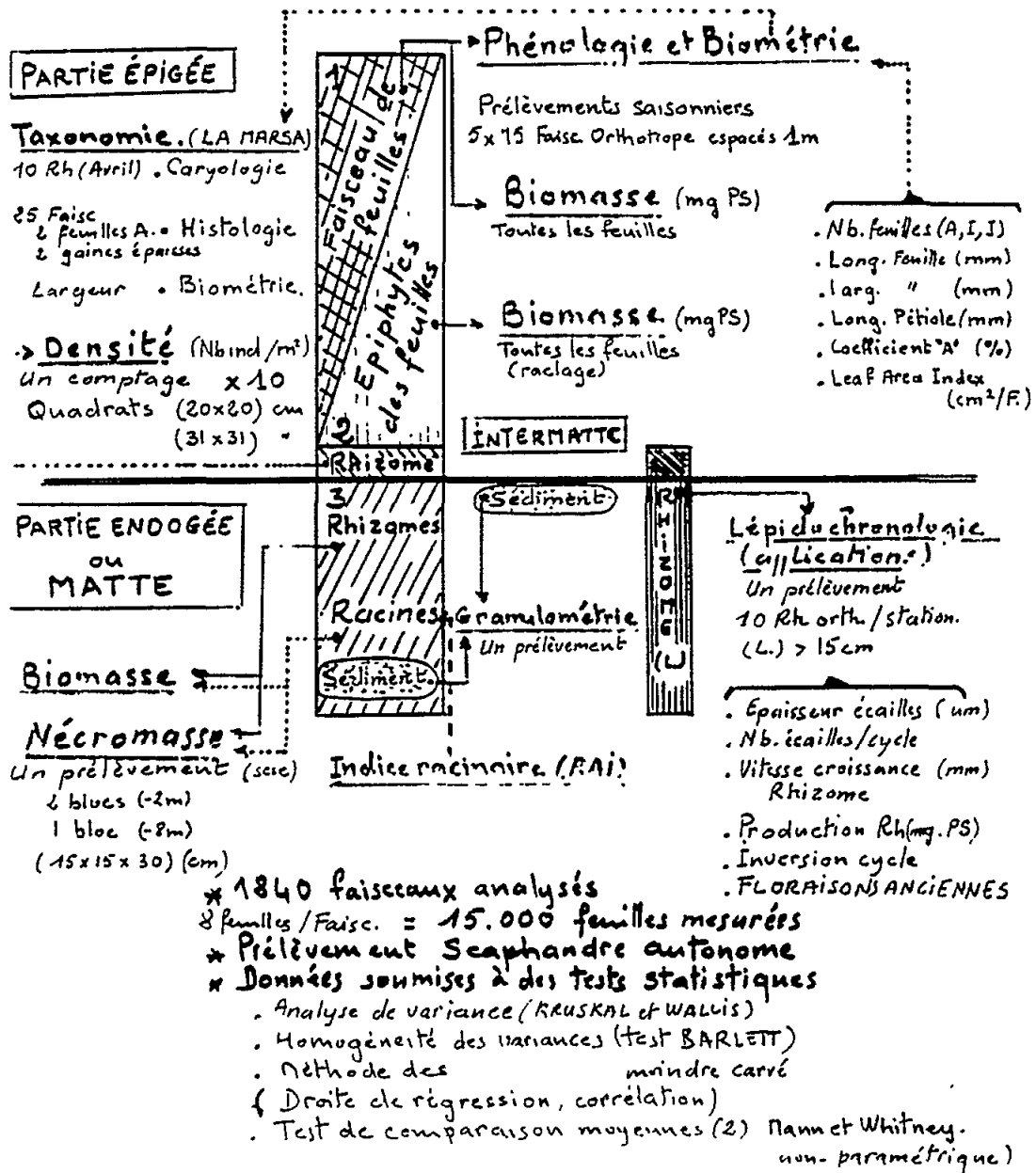
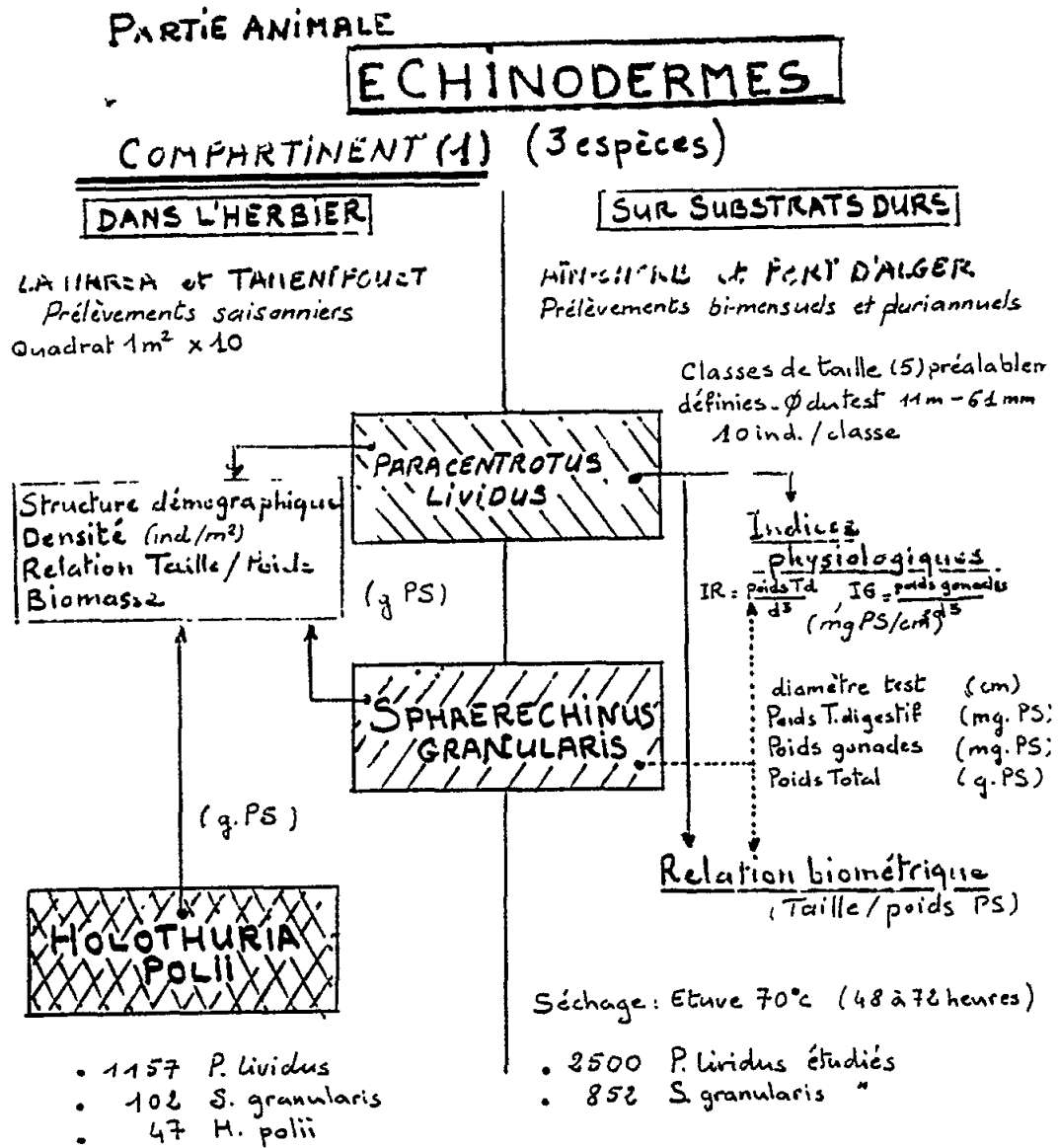


Tableau 2

Méthodes abordées au cours de notre étude sur le compartiment échinoderme (oursins et holothurie) Les fréquences des prélèvements ainsi que nombre d'échantillon y sont portés.



* Prélèvements en scaphandre autonome
* Données soumises à des tests statistiques

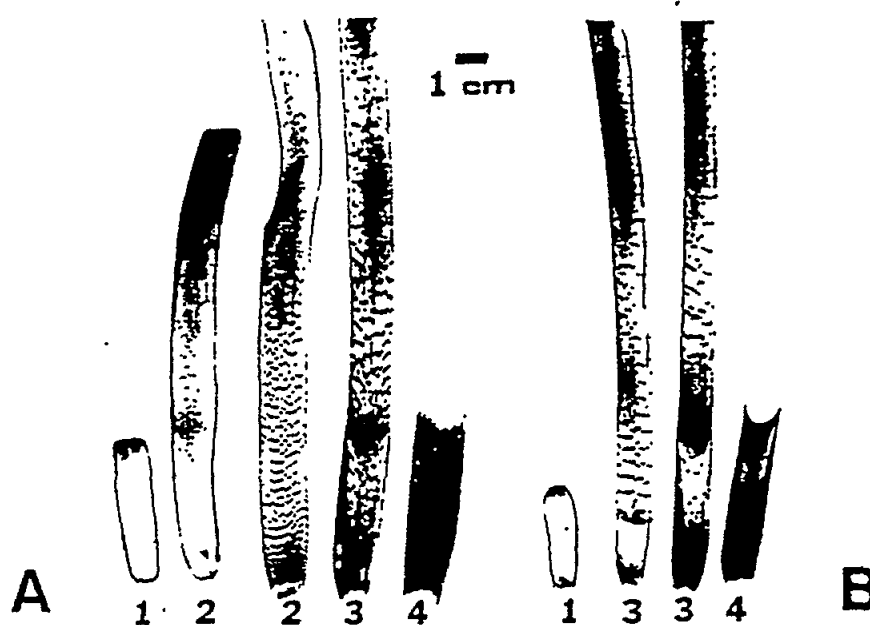


Fig. 3 Aspect des feuilles et des gaines de *P. oceanica* au mois d'Avril. A=La Marsa et B=Port-Cros. 1=feuilles juvéniles, 2=feuilles intermédiaires, 3=feuilles adultes et 4=gaines

Les gaines de la population de *Posidonia* de La Marsa diffèrent des données classiques sur *P. oceanica* (confirmées par l'étude du matériel et Port-Cros) par de nombreux paramètres: la forme et les dimensions (largeur x hauteur) en coupe transversale des cellules épidermiques, la forme et l'épaisseur de la paroi des fibres, et par le nombre de nervures (19-21 au de 13-17); cette variation de nombre se retrouve dans les feuilles: 15-17 pour La Marsa, 14-15 pour Port-Cros.

3.1.1.4

La découverte à La Marsa d'une population de *Posidonia* nettement individualisée par rapport à la description classique de l'espèce *P. oceanica* (largeur des feuilles, nombre de nervures dans les gaines et les feuilles nettement supérieurs, caryotype original et particularités anatomiques et histologiques) confirme que le genre *Posidonia* en Méditerranée n'est pas aussi homogène qu'on a pu le penser.

3.2 *Posidonia oceanica* et ses épiphytes

3.2.1 Phénologie

L'étude biométrique et phénologique de *P. oceanica* apporte des éléments nouveaux et permet de confirmer plusieurs résultats établis par différents auteurs dans d'autres secteurs de la Méditerranée. La phénologie est étudiée au cours d'un cycle annuel et à deux profondeurs (2 et 8 m).

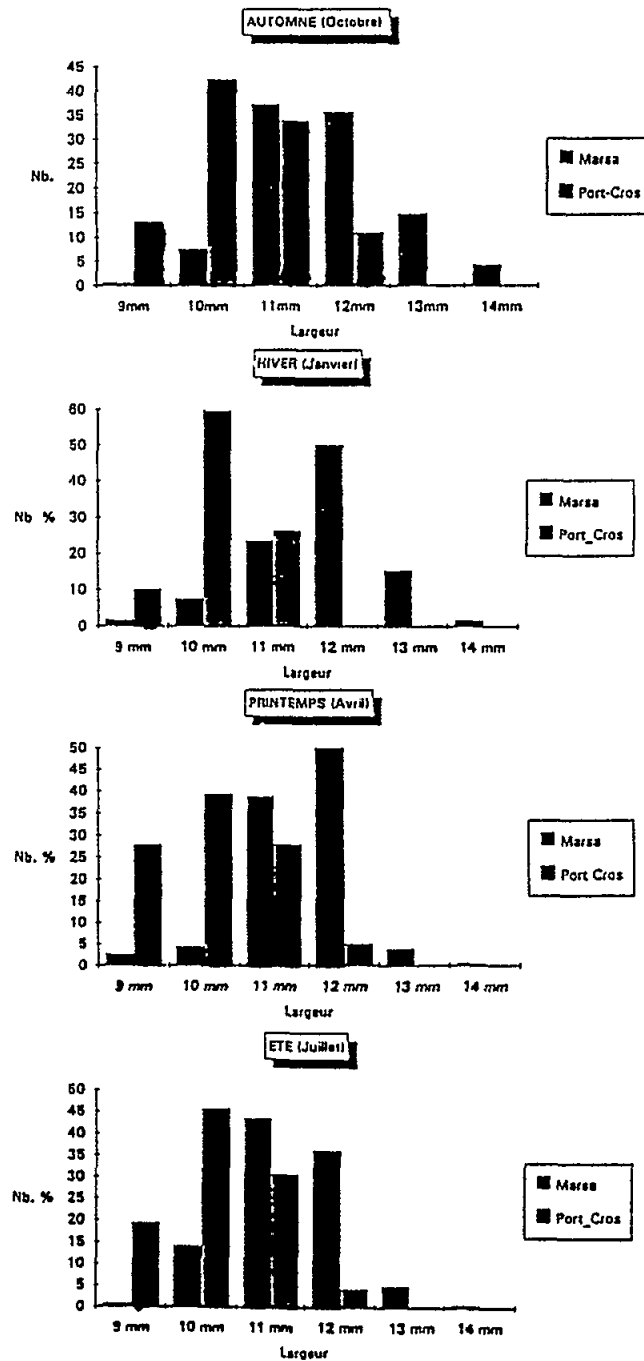


Fig. 4 Histogramme de fréquence (en pourcentage) de la largeur des feuilles adultes de *P. oceanica* à La Marsa (profondeur = 8-10 m) et à Port-Cros (profondeur = 10-11 m)

Tableau 3

Données bibliographiques sur la largeur des feuilles
(feuilles adultes et intermédiaires réunies) de *P. oceanica*.

Pays	Références	Localités	Largeur (mm)	Profondeur (m)
Egypte	Thelin <u>et al.</u> , 1985	El Dabaa	6 à 10	8 à 24
France	Giraud, 1977 Giorgi et Thelin, 1983 Pergent, 1987	Marseille	8 à 12	variable
		Port-Cros	10,5	3
		Port-Cros	9,8	2
			10,4	11
			10,3	23
			10,3	32
		Banuyls	8,3	2
			9,8	12
			10,0	19
Italie	Caltagirone, 1986		9,6	2
			10,0	10
Sicile	Pessani <u>et al.</u> , 1984	Iles éoliennes	8,0	5
			8,9	9
Sardaigne	Rico et Pergent, 1990	Porto Conte	8,6	4 à 6
			8,9	8 à 12
			8,6	15 à 23
Turquie	Pergent, 1987	Urla	9,7	2
			8,6	5
Algérie	nos données	Marsa	10,8	2
			11,4	8
		Tamentfoust	10,8	2
			10,4	8

Les principaux résultats de cette étude sont consignés sur le Tableau 5.

3.2.2 Lépidochronologie

L'ensemble des résultats de l'étude sur la lépidochronologie et de ses applications sont consignés sur le Tableau 6.

Au cours de ce travail nous avons essayé de connaître les cycles d'épaisseur des écailles, le nombre d'écailles par cycle (périodicité) et la date d'inversion des cycles d'épaisseur.

Une comparaison est faite entre les localités et les profondeurs. Il ressort de ces résultats la particularité de la station La Marsa (-8m).

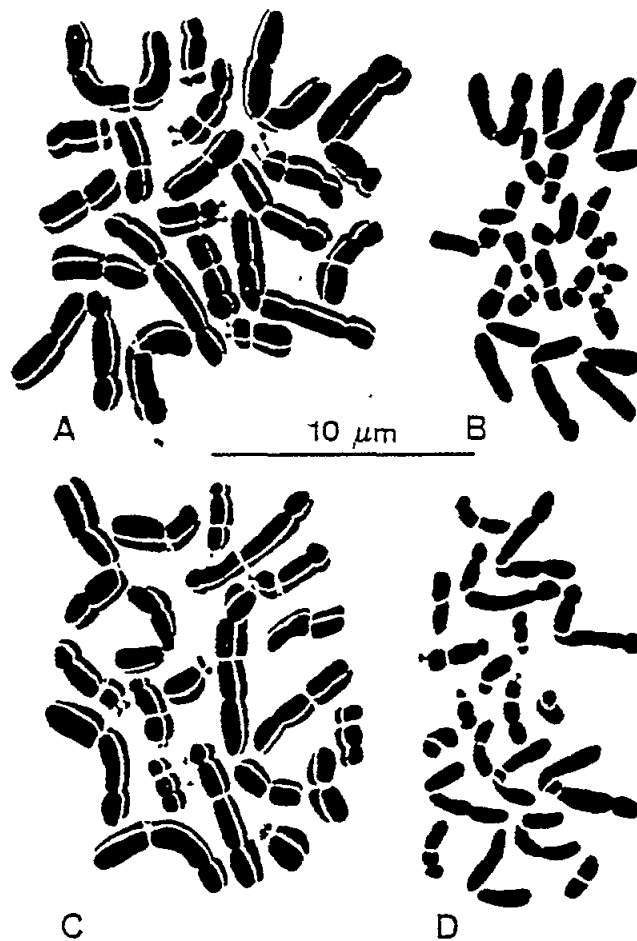


Fig. 5 Figures des métaphases (A, C) et des anaphases somatiques (B, D) de *P. oceanica* à La Marsa (A et B) et à Port-Cros (C et D)

Les résultats sur la vitesse de croissance et la production des rhizomes montrent des différences significatives.

Des restes de pédoncules floraux ne sont notés qu'à La Marsa.

3.2.3 Biomasses des feuilles et des épiphytes

Les biomasses des feuilles et des épiphytes varient au cours de l'année. Des variations saisonnières de la biomasse sont plus ou moins importantes selon les stations et la profondeur (Tableau 7).

3.2.4 La matre de l'herbier à *Posidonia oceanica*

Lors de nos prélèvements, il est apparu que la structure des carottes obtenues présente un aspect variable à plusieurs points de vue: texture, réseau de rhizomes et de racines, type de rhizomes, épaisseur des racines et types de sédiment.

Tableau 4

Comparaison des 10 paires de chromosomes de *P. oceanica* dans les 3 stations étudiées: L=longueurs extrêmes; Centro/Sat=centromères et satellites, ()=cas rares ou fluctuants; *=caractères distinctifs des populations. Le trait horizontal sépare le groupe des grands chromosomes des plus petits.

	La Marsa		Port-Cros		Sausset	
Paire	L(μm)	Centro/Sat	L(μm)	Centro/Sat	L(μm)	Centro/Sat
1	6.5-8.0	m	5.4-6.0	m	5.5-6.3	m
2	6.0-7.0	m*	4.9-5.6	(m)sm*	5.1-5.6	sm*
3	5.4-6.7	sm	4.6-5.4	sm	4.5-5.2	sm
4	3.8-4.5	m*	3.8-4.5	m-sm*	3.9-4.4	m-sm*
5	3.2-3.6	m	2.8-3.2	m	2.5-2.9	m
6	2.7-3.4	m/(Sat*)	2.4-2.7	m	2.5-2.8	m
7	2.7-3.3	st/Sat	2.4-2.9	st/Sat	2.0-2.6	st/Sat
8	2.5-3.2	m*	2.0-2.4	(m)sm*/Sat*	2.0-2.5	sm*/Sat*
9	1.5-2.1	st/(Sat*)	1.8-1.9	st	1.7-1.9	st
10	1.8-2.2	(t)st	1.6-1.9	st	1.7-1.8	st

Les valeurs de la biomasse et de la nécromasse des rhizomes et des racines diffèrent entre les stations (Tableau 8). Elles diminuent avec la profondeur comme le font remarquer Giraud (1977), Romero (1985) et Francour (1990); cette diminution est directement liée à la diminution du nombre de faisceaux par m² qui est elle-même probablement due à la diminution de l'intensité lumineuse.

Quant à la biomasse végétale épigée et endogée, peu de travaux sont consacrés à cette question. Les données que nous possédons à l'heure actuelle sont celles réunies par Francour (1990). Nous avons tenté de rechercher pour les herbiers de La Marsa et de Tamentfoust les valeurs de ces biomasses, ainsi que le rapport de la biomasse épigée et de la biomasse endogée (Tableau 9).

3.2.5 L'indice racinaire

Les résultats ont fait l'objet d'une publication par Francour et Semroud (1992).

Les résultats obtenus (Tableau 10) pour l'indice racinaire et pour l'indice foliaire font ressortir les observations suivantes: l'indice racinaire est très important à Tamentfoust (-2m), il est 4 fois plus grand que l'indice foliaire. Ce résultat traduit en quelque sorte le type d'herbier (herbier sur mat) et l'écologie du site caractérisé

Tableau 5

Valeurs moyennes des maxima et des minima des paramètres biométriques et phénologiques de *P. oceanica* dans les stations étudiées.

STATION	LA MARSÀ 2	LA MARSÀ 8	TAMENT.2	TAMENT.8
Densité (faisc m ⁻²)	476	172	275	114
Nb moy feuille (A+l) (mm)	M.6.4 (Avril) m.5.0 (Octobre)	6.8 (Avril) 6.1 (Octobre)	6.2 (Avril) 5.5 (Octobre)	6.1 (Janvier) 5.5 (Octobre)
Littérature	sensiblement le même nombre			
Long moy feuille (A+l) (mm)	M.255 (Juillet) m.126 (Octobre)	445 (Juillet) 282 (Janvier)	302 (Juillet) 158 (Janvier)	330 (Avril) 198 (Janvier)
Littérature	Période légèrement décalée, mais conforme au modèle décrit dans la littérature			
Larg moy feuille (A+l) (mm)	M.10.8 (Avril) m.10.0 (Octobre)	11.4 (Octobre) 11.2 (Avril)	10.7 (Janvier) 10.2 (Octobre)	10.4 (Octobre) 9.8 (Janvier)
Littérature	Plus important, particulièrement à La Marsa (-8m)			
Long moy du pétiole (mm)	M.28.4 (Avril) m.19.6 (Octobre)	38.5 (Juillet) 33.4 (Octobre)	33.1 (Avril) 26.6 (Janvier)	34.1 (Avril) 24.6 (Octobre)
Littérature	Valeurs équivalentes			
Coefficient "A" moy (ensemble du cycle)	77%	66%	69%	60%
Littérature	Valeurs élevées/à la littérature (oursins important et hydrodynamisme)			
Leaf Area Index (A+l) *Faisc/cm ² *m ² /m ²	M.165 (Juillet) m.69 (Octobre) M.7.8 m.3.2	305 (Juillet) 203 (Janvier) 5.2 3.5	186 (Juillet) 104 (Janvier) 5.1 2.9	204 (Juillet) 117 (Octobre) 2.3 1.3
Littérature	Valeurs faibles/à la littérature			

Tableau 6

Valeurs moyennes des paramètres mesurés sur les rhizomes orthotropes de *P. oceanica* des stations étudiées.

STATION	LA MARSÀ 2	LA MARSÀ 8	TAMENT.2	TAMENT.8
LEPIDOCHROLOGIE				
Epaisseur des cycles (µm)	562.3	639.3	601.3	705.5
Nb. d'écailles/cycle	9.0	9.8	8.7	8.8
Vitesse de croissance Rhizome (mm)	7.0	12.8	7.0	6.9
Production Rh. (mg PS/rh/an)	60.2	124.2	91.1	79.2
Production Rh. (g PS/m ² /an)	28.8	21.4	25.0	9.0

Tableau 7

Valeurs moyennes des maxima et des minima des biomasses des feuilles et des épiphytes de *P. oceanica* dans les stations étudiées.

STATION	LA MARSÀ 2	LA MARSÀ 8	TAMENT.2	TAMENT.8
Biomasse moy feuilles/faisc. (g PS)	M.0.96 (Juillet) m.0.38 (Octobre)	1.33 (Juillet) 0.38 (Janvier)	0.92 (Juillet) 0.52 (Octobre)	1.21 (Juillet) 0.52 (Oct-Jan)
Biomasse moy feuilles/m ² /m ² (g PS)	M.457 m.181	229 65	253 143	138 59
Littérature:	Valeurs supérieures dans l'ensemble			
Biomasse: moy épiphytes/faisc. (g PS)	M.0.40 (Juillet) m.0.08 (Octobre)	0.25 (Avril) 0.05 (Janvier)	0.18 (Juillet) 0.08 (Janvier)	0.23 (Juillet) 0.10 (Janvier)
Biomasse moy (feuilles+épiphyte)/Faisc. (g PS)	M.1.36 (Juillet) m.0.46 (Octobre)	1.52 (Juillet) 0.43 (Janvier)	1.26 (Octobre) 0.67 (Janvier)	1.44 (Juillet) 0.60 (Janvier)
% Epiphytes	M.17.4 (Octobre) m.8.7 (Juillet)	22.3 (Avril) 11.6 (Janvier)	22.4 (Octobre) 11.9 (Janvier)	22.4 (Octobre) 14.3 (Janvier)

Tableau 8

Biomasses et nécromasses (en g de poids sec) des différents compartiments de la mat de l'herbier à *P. oceanica* dans les stations étudiées.

RHV=rhizomes vivants (épigés+endogés);
RV=racines vivantes.

STATION	LA MARSÀ 2	LA MARSÀ 8	TAMENT.2	TAMENT.8
RHV (g m ⁻²)	3246	1340	1406	635
RV (g m ⁻²)	397	93	1784	61
Nécromasse totale (Kg m ⁻²)	18	8	28	1
Masse végétale globale (Kg m ⁻³)	94	51	51	68
RHV (g/Faisceau)	6.8	7.8	5.1	5.6
RV (g/Faisceau)	0.8	0.5	6.4	0.5
Total (g/Faisceau)	9.5	10.0	24.4	6.2
RHV/T(%)	71	78	21	91
RV/T(%)	9	5	27	9

principalement par son mode calme et qui est sous l'influence de la pollution. A l'inverse, à La Marsa (-8 m) l'indice racinaire est plus faible que l'indice foliaire (3 fois plus faible). Le développement considérable des feuilles dans cette station souligne l'importance de la qualité du milieu.

Tableau 9

Rapport biomasse épigée/biomasse endogée dans l'herbier des stations étudiées. La biomasse des rhizomes ne concerne que les rhizomes endogés.

STATION	LA MARSAS 2	LA MARSAS 8	TAMENT.2	TAMENT.8
Rapport de la biomasse Epigée/endogée	0.26	0.28	0.14	0.36

Tableau 10

Indice racinaire (RAI) de *P. oceanica*, exprimé en surface de racine (m²) par unité de surface d'herbier (m²) ou par (faisceau), pour les différentes stations. L'indice foliaire (LAI) est également indiqué pour les stations.

STATION	LA MARSAS 2	LA MARSAS 8	TAMENT.2	TAMENT.8
RAI (m ² /Faisceau)	0.01	0.01	0.05	0.01
RAI (m ² /m ²)	3.7	1.5	15.0	1.5
LAI	3.5	4.3	3.6	1.7

La variabilité des indices calculés reflète la variabilité des biomasses des racines vivantes calculées dans nos stations. Cette variabilité est aussi mise en évidence à Port-Cros par Francour (1990).

3.3 Les échinodermes

Les populations d'herbivores, et tout particulièrement les Echinoïdes, jouent un rôle fondamental dans la structure et le fonctionnement des écosystèmes benthiques. Ce sont souvent des espèces-clés "keystone species" ou des intermédiaires importants "strong interactors" qui tiennent une place centrale dans le transfert d'énergie de l'échelon primaire vers les échelons supérieurs.

Les préférences alimentaires de ces espèces déterminent la composition et la structure du couvert végétal. Lorsque la pression du broutage devient très forte, ces herbivores peuvent induire l'apparition de faciès de surpâturage "barren rocks".

En Méditerranée, les oursins *Paracentrotus lividus* et *Sphaerechinus granularis* jouent en tel rôle dans deux écosystèmes infralittoraux: l'herbier à *Posidonia oceanica* et les peuplements photophiles végétaux (Kempf, 1962; Traer, 1980; Kirkmann et Young, 1981; Nedelec, 1982; Verlaque et Nedelec, 1983a et 1983b; Verlaque, 1984, 1987a et 1987b).

Les différences de densité en fonction de la profondeur sont très nettes. Les densités maximales se rencontrent dans les stations superficielles avec un grand effectif à La Marsa pour *P. lividus* et à Tamentfoust pour *S. granularis*. Ces données concordent avec les données de la littérature qui précisent que les effectifs les plus forts se situent entre 1 et 5 m (Verlaque, 1984).

Les effectifs (toutes classes confondues) recensés à La Marsa et à Tamentfoust, varient d'une saison à l'autre, mais de façon très nette à La Marsa.

A partir des données disponibles de diamètre moyen et de densité, la biomasse des oursins pour chaque station est calculée (Tableaux 11 et 12).

Tableau 11

Synthèse des valeurs de diamètre moyen, de densité et de biomasse pour *Paracentrotus lividus* pour les stations superficielles des différentes localités. (mm)=diamètre du test sans les piquants en millimètres; (g PH)=poids humide total en grammes; (g PS)=poids sec en grammes; (ind. m⁻²)=nombre d'individus par mètre carré.

STATION	LA MARSa 2	LA MARSa 8	TAMENT.2	TAMENT.8
Densité moyenne (ind. m ⁻²)	19.3	1.1	8.3	0.3
Diamètre moyen (mm)	34.8	25.8 (peu d'individus)	38.5	9.4 (peu d'individus)
Biomasse moy. (g PS/oursin)	6.3	-	8.4	-
Biomasse moy. (g PS m ⁻²)	121.6	-	69.5	-

3.3.1 Les indices physiologiques (Indice de réplétion (IR) et indice gonadique (IG))

La détermination des fluctuations du poids du contenu digestif et du poids des gonades au sein des populations d'oursin permet d'une part une approche de l'étude trophique de ces espèces qui jouent un rôle déterminant dans la structure et l'évolution des phytocénoses benthiques (Nedelec, 1982; Verlaque et Nedelec, 1983a, 1983b) et d'autre part de préciser l'activité gonadique.

Tableau 12

Synthèse des valeurs de diamètre moyen, de densité et de biomasse pour *Sphaerechinus granularis* pour les stations superficielles des différentes localités. (mm)=diamètre du test sans les piquants en millimètres; (g PH)=poids humide total en grammes; (g PS)=poids sec en grammes; (ind. m⁻²)=nombre d'individus par mètre carré.

STATION	LA MARSA 2	LA MARSA 8	TAMENT.2	TAMENT.8
Densité moyenne (ind. m ⁻²)	0.5	0.2	4.0	1.0
Diamètre moyen (mm)	55.7	42.3 (peu d'individus)	44.5	59.7 (peu d'individus)
Biomasse moy. (g PS/oursin)	20.6	-	11.8	-
Biomasse moy. (g PS m ⁻²)	9.3	-	46.7	-

L'indice de réplétion (Regis, 1978, 1979; Nedelec, 1982) met en relation le contenu du tube digestif (dont il permet de mesurer ces fluctuations) et le diamètre au cube du test. Il en est de même pour l'indice gonadique (Semroud et Kada, 1987; Semroud et Senoussi, 1988).

3.3.1.1 *Paracentrotus lividus*

Les résultats montrent que les indices de réplétion et gonadique de *P. lividus* pour l'ensemble des prélèvements (fig. 6) ont une évolution similaire. Ces indices mettent en évidence des variations importantes dont les minima sont de 6,2 (03/08/86) pour l'indice de réplétion moyen et de 1,2 (29/08/86) pour l'indice gonadique. Cependant, l'indice gonadique moyen présente un léger décalage dans le temps par rapport à l'indice de réplétion moyen. Ce décalage significatif varie entre 3 et 4 semaines.

3.3.1.2 *Sphaerechinus granularis*

Malgré son caractère préliminaire, cette étude apporte quelques informations intéressantes.

L'évolution des valeurs moyennes de l'indice gonadique et de l'indice de réplétion pour l'ensemble des prélèvements de *S. granularis*, quel que soit son biotope, est significative.

Les valeurs moyennes de l'indice gonadique sont plus fortes dans l'herbier de Tamentfoust que sur les substrats rocheux du port d'Alger. Cette différence serait due probablement au milieu environnant qui intervient sur la maturation des gonades et sur la ponte de l'oursin. Elle se traduit dans notre cas par une ponte plus importante au niveau de l'herbier. Parmi les facteurs intrinsèques intervenant dans

le déroulement des différentes phases du cycle de reproduction, la nourriture joue sans nul doute un rôle déterminant sur la maturation des gonades (Fenaux, 1981).

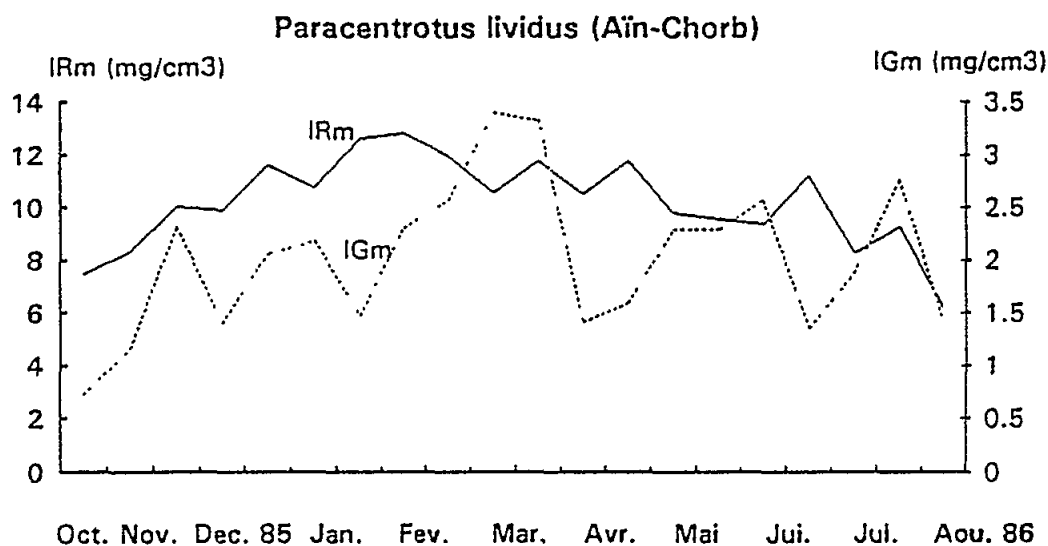


Fig. 6 Variations saisonnières de l'indice de réplétion moyen (IRm) et de l'indice gonadique moyen (IGm) exprimés en milligrammes de poids sec par centimètres cube de la population de *P. lividus* d'Aïn-Chorb durant la période d'octobre 1985 à août 1986

Les variations de l'indice de réplétion obtenues pour l'ensemble des prélèvements sont significatives au port d'Alger et dans l'herbier de Tamentfoust (fig. 7).

L'allure des courbes obtenues diffère par l'ampleur plus ou moins prononcée de leurs variations, probablement liées aux ressources trophiques disponibles, différentes selon les stations. En effet, la première est caractérisée par un peuplement algal pauvre en espèces, dominé par des algues encroûtantes; la seconde par la présence d'un herbier à *Posidonia oceanica* riche en épiphytes.

Cela a été confirmé par un examen sommaire des contenus digestifs avec, dans le port d'Alger, une dominance de matériel détritique par rapport à la fraction organique (comportement de racleur: Verlaque, 1984), contrairement aux individus de l'herbier qui présentent un comportement de brouteur plus ou moins marqué (Lawrence, 1975).

Si l'on se rapporte aux résultats concernant les interactions entre la période de reproduction et l'intensité de collecte de la nourriture, nous pouvons dire que les deux populations d'oursins présentent un comportement différent. Dans le cas de la station du port, les variations de l'indice gonadique et de l'indice de réplétion sont faibles et sensiblement parallèles; au contraire, dans l'herbier, où les ressources trophiques ne sont pas limitantes, ces deux indices sont nettement opposés, ce qui est également le cas pour *P. lividus* de la région d'Alger (Semroud et Kada, 1987) et d'*Echinus esculentus* (Nichols et al., 1985) en Grande-Bretagne.

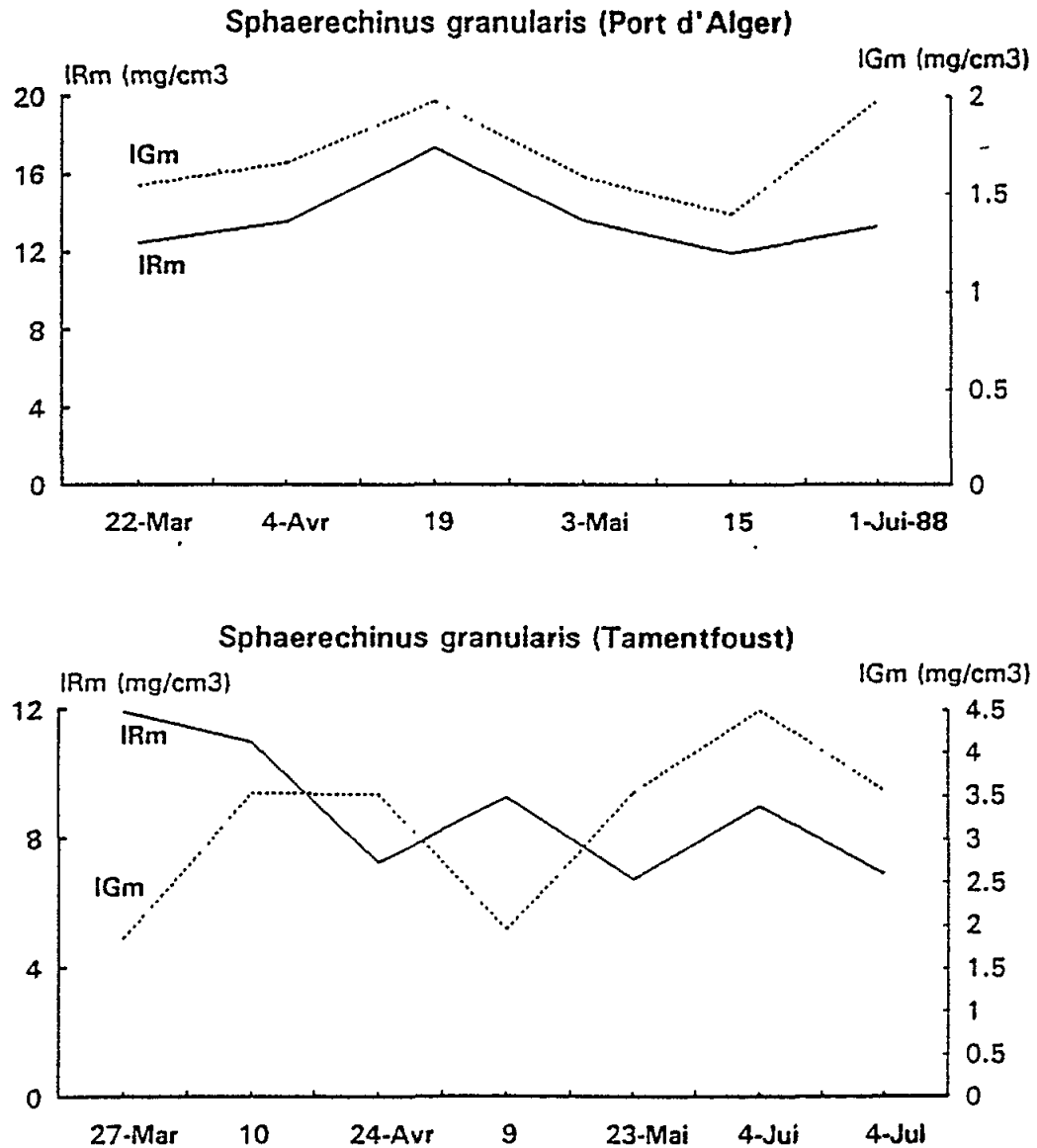


Fig. 7 Variations de l'indice de réplétion et de l'indice gonadique moyens pour l'ensemble du prélèvement de *Sphaerechinus granularis* (tous sexes confondus) des stations du port d'Alger (-5 m) et Tamentfoust (-4 m)

3.4 Essai de synthèse sur les biomasses des différents compartiments de l'écosystème à *Posidonia oceanica* dans la région Est d'Alger

Les données quantitatives (densités et biomasses) établies pour les herbiers de La Marsa et de Tamentfoust (deux stations à écologie différente) sont présentées sur le Tableau 13.

Tableau 13

Synthèse des données de biomasse (en g PS m⁻²) estimée pour le compartiment végétal et le compartiment animal des stations superficielles (-2 m) de La Marsa et de Tamentfoust.
Total 1=biomasse épigée; Total 2=biomasse de la matre.
*=poids sec établi à partir du rapport PS/PH=19,9 de Francour (1990).

	LA MARSa (-2 m)		TAMENTFOUST (-2 m)		LA MARSa (-8 m)	TAMENTFOUST (-8 m)
		% Total		% Total		
COMPARTIMENT DE LA PLANTE						
Biomasse des feuilles	457	10.7	253	7.2	229	138
Biomasse des épiphytes (feuilles)	190	4.4	85	2.4	48	52
Total 1	647	15.1	338	9.6	277	190
Biomasse des rhizomes (épigés et endogés)	3245.9	75.6	1406.2	39.9	1339.9	634.9
Biomasse des racines	396.5	9.2	1783.5	50.6	93.2	61.5
Total 2	3642.4	84.8	3189.7	90.5	1433.1	696.4
TOTAL (végétale)	4289.8	100	3527.7	100	1710.1	886.4
COMPARTIMENT ECHINODERMES						
Biomasse de P. lividus	121.6	85.5	69.5	49.3		
Biomasse de S. granularis	9.3	6.5	46.7	33.1		
Biomasse de H. polii	11.3*	7.9	25.1*	17.8		
TOTAL (biomasse animale)	142.2	100	141.3	100		

4. CONCLUSIONS GENERALES

Cette première étude des herbiers à *Posidonia oceanica* des côtes algériennes est une contribution à la connaissance de l'écosystème à *Posidonia oceanica* en Méditerranée.

La découverte dans la station de La Marsa d'une population nettement individualisée montre que le genre *Posidonia* n'est pas aussi homogène qu'on a pu le penser auparavant.

L'étude biométrique, phénologique, lépidochronologique et des biomasses (feuilles et épiphytes) apporte des éléments nouveaux (nombre de feuilles, largeur des feuilles, épaisseur des écailles, inversion des cycles) et permet de confirmer plusieurs résultats déjà avancés (longueur des feuilles, coefficient "A", longueur des pétioles) par différents auteurs.

Les biomasses des rhizomes et des racines de la matte ramenées à l'unité biologique (le faisceau) sont homogènes dans l'ensemble des stations. Elles sont plus importantes à La Marsa (-8 m) pour les rhizomes et à Tamentfoust (-2 m) pour les racines.

L'indice racinaire (donnée rare dans la littérature) confirme l'importance du compartiment racinaire dans la physiologie de la plante et de l'herbier.

L'ensemble de ces résultats fait ressortir:

- i) d'une part, le caractère particulier de la station de La Marsa (-8 m) confirme ce qui nous avançons sur la taxonomie de cette *Posidonia*. En Australie les différentes espèces se distinguent nettement au niveau de leurs exigences écologiques. Cela pourrait être le cas à La Marsa.
- ii) d'autre part, la faible vitalité relative des herbiers de Tamentfoust pourrait se traduire par les effets des pollutions diverses, la forte turbidité engendrée par les apports telluriques et le type de sédiment. Il est probable que cette dégradation est irréversible.

Le chapitre échinodermes comprenant les oursins *Paracentrotus lividus* et *Sphaerechinus granularis* a permis de décrire les effectifs des populations, leur structure démographique, leur biomasse et les indices physiologiques (indice gonadique et indice de réplétion) le long d'un cycle ou de plusieurs cycles annuels.

Les densités sont très importantes, surtout pour l'oursin *Sphaerechinus granularis*; de telles densités non jamais été signalées en Méditerranée. Contrairement aux données bibliographiques, la corrélation est négative entre l'indice de réplétion et l'indice gonadique.

Il s'agit là des premières recherches concernant la biologie des populations d'échinodermes des côtes algériennes. Ces données sont d'autant plus importantes qu'il s'agit d'espèces d'intérêt économique dont l'exploitation croît régulièrement dans le monde.

Enfin, une comparaison des biomasses totales des compartiments Posidonies et Echinodermes, à faible profondeur, fait ressortir que les rapports obtenus (1/25 à 1/30) confirment les résultats communiqués pour le Nord de la Méditerranée occidentale.

5. REMERCIEMENTS

Le projet a été exécuté dans le cadre du programme MED POL et grâce à un concours financier du Fonds d'affectation spéciale pour la Méditerranée octroyé par l'entremise du Bureau FAO du Plan d'Action pour la Méditerranée.

Nous tenons, tout particulièrement, à remercier Mademoiselle Salima Boumaza pour sa contribution à la mise en forme de ce rapport.

6. REFERENCES

- Abada-Guerroui, H. (1985), Qualités granulométrique et chimique de la matre d'herbier de *Posidonia oceanica* (L.) Delile du littoral marseillais. Thèse Doct. 3ème Cycle Océanol., Univ., Aix-Marseille II, pp.1-208
- Albergoni, F.G., B. Basso et G. Tedesco (1978), Considérations sur l'anatomie de *Posidonia oceanica* (Zosteraceae). Plant Syst.Evol., 130:191-201
- Augier, H. et C.F. Boudouresque (1970), Végétation marine de l'île de Port-Cros (parc national). V. La baie de Port-Man et le problème de la régression de l'herbier de Posidonies. Bull.Mus.Hist.Nat.Marseille, 30:145-164
- Azzolina, J.F. et J.G. Harmelin (1989), Répartition et fluctuation de densité de trois espèces d'holoturies (Echinodermata): résultats préliminaires. In: International Workshop *Posidonia oceanica* Beds, edited by C.F. Boudouresque, A. Meinesz, E. Fresi et V. Gravez, GIS Posidonie publ., 2:219-230
- Bell, J.D. et M.L. Harmelin-Vivien (1982), Fish fauna of french mediterranean *Posidonia oceanica* seagrass meadows. 1. Community structure. Téthys, 10(4):337-347
- Blanc, J.J. (1953), Premiers résultats des recherches sédimentologiques de la "Calypso" et de la station d'Endoume à l'archipel de Riou (Marseille). Bull.Soc.Géol., Sér.6,3:133-146
- Blanc, J.J. et A. Jeudy de Grissac (1978), Recherches de géologie sédimentaire sur les herbiers à Posidonies du littoral de la Provence. Centre Nation.Exploit.Océans, i-vii:1-185
- Boudouresque, C.F. (1971), Contribution à l'étude phytosociologique des peuplements algaux des côtes varoises. Vegetatio, 22:83-184
- Boudouresque, C.F. (1989), Bibliographie "*Posidonia oceanica*". Contrat Parc National de Port-Cros et GIS Posidonie No. 85051, GIS Posidonie, pp.1-227
- Boudouresque, C.F. et A. Meinesz (1982), Découverte de l'herbier de Posidonie. Cah.Parc Nation.Port-Cros, 4:1-79
- Boudouresque, C.F. et A. Jeudy de Grissac (1984), Relations entre la sédimentation et l'allongement des rhizomes orthotropes de *Posidonia oceanica* dans la baie d'Elbu (Corse). In: International Workshop *Podisonia oceanica* Beds, edited by C.F. Boudouresque, A. Jeudy de Grissac et J. Olivier, GIS Posidonie publ., 1:185-191
- Caltagirone, A. (1986), Fauna epifita della *Posidonia oceanica* (L.). Delile di P.Ta Garavano (Ventimiglia). Idroidi e Biozoi. Tesi di Laurea, Università degli studi di Torino. Italy, pp.1-154

- Cambridge, M.L. (1975), Seagrasses of southwestern Australia with special reference to ecology of *Posidonia australis* Hook F. in a polluted environment. Aquat.Bot., 1:149-161
- Cambridge, M.L. et J. Kuo (1979), Two new species of seagrasses from Australia, *Posidonia sinuosa* and *Posidonia angustifolia* (*Posidoniaceae*). Aquat.Bot., 6:307-328
- Caye, G. (1989), Sur la morphogenèse, le cycle végétatif et la reproduction de deux phanérogames marines de Méditerranée: *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile et *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson. Thèse d'Etat, Univ. Nice, pp.1-229
- Chraïbi, F. (1987), Dynamique des populations des principaux crustacés de l'herbier de phanérogames marines *Posidonia oceanica* (L.) Delile au Parc National de Port-cros (Méditerranée, France). Thèse Doct. 3ème cycle Ecol. mar., Fac. Sci. Univ. Aix-Marseille III, pp.1-26
- Cristiani, G. (1980), Biomasse et répartition de l'herbier de *Posidonia oceanica* de la côte bleue (B-d-Rh., France) et pollution marine par les métaux lourds. Thèse 3ème cycle, Univ. Aix-Marseille III, pp.1-150
- Degiovani, C. (1973), Etude de sédimentologie dynamique à la presqu'île de Sidi-Ferruch (ouest d'Alger). Thèse de 3ème cycle, Univ. de Provence, U.E.R. des sci. Nat., pp.1-105
- Drew, E.A. et B.P. Jupp (1976), Some aspects of the growth of *Posidonia oceanica* in Malta. Underwater Res., pp.357-367
- Eugene, C. (1978), Etude de l'épifaune des herbiers de *Posidonia oceanica* (L.) Delile du littoral provençal. Thèse Doct. Océanol., Univ. Aix-Marseille II, pp.1-117
- Fenau, L. (1981), Cycles saisonniers de reproduction et croissance larvaire chez les Echinodermes. Océanis, 6:277-307
- Francour, P. (1990), Dynamique de l'écosystème à *Posidonia oceanica* dans le parc national de Port-cros. Analyse des compartiments matte, litière, faune vagile, échinodermes et poissons. Thèse Doct. Univ., Univ. P. et M. Curie, Paris, pp.1-373
- Francour, P. et R. Semroud (1992), Calculation of the root area index in *Posidonia oceanica* the western Mediterranean. Aquat.Bot., 42:281-286
- Giorgi, J. et I. Thelin (1983), Phénologie, biomasse et production primaire de *Posidonia oceanica* (feuilles et épiphytes) dans la baie de Port-cros. D.E.A. Ecol.médit.Univ. Aix-Marseille III, pp.1-126

- Giraud, G. (1977), Contribution à la description et à la phénologie quantitative des herbiers à *Posidonia oceanica* (L.) Delile. Thèse Doct. 3ème cycle, Univ. Aix-Marseille II, pp.1-150
- Harmelin-Vivien, M.L. (1982), Ichtyofaune des herbiers de Posidonies du Parc de Port-cros: I) Composition et variation spatio-temporelles. Trav.Sci.Parc Nation.Port-Cros, 8:69-92
- Hartog, C. den (1970), The seagrasses of the world. Koninklijke Nederl. Akad. Wetenschap., Nat Tweede Reeks, 59(1):1-275
- Kempf, M. (1962), Recherches d'écologie comparées sur *Paracentrotus lividus* (Lmk.) et *Arbacia lixula* (L.). Rec.Trav.Stn.Mar.Endoume, 25(39):47-116
- Kikuchi, T. et J.M. Peres (1977), Consumer ecology of seagrass beds. In: Seagrass ecosystems, edited by Mc Roy and C. Helfferich, Dekker publ., USA:1476194
- Kirkman, H. et P.C. Young (1981), Measurement of health and Echinoderm grazing on *Posidonia oceanica* (L.) Delile. Aquat.Bot., 10:329-338
- Kuo, J. (1978), Morphology, anatomy and histochemistry of Australian seagrasses of the genus *Posidonia* König (*Posidonaceae*). I. Leaf blade and leaf sheath of *Posidonia australis* Hook. Aquat.Bot., 5:171-190
- Lawrence, J.M. (1975), On the relationships between marine plants and sea-urchins. Oceanogr.Mar.Biol.Ann.Rev., USA, 13:213-286
- Molinier, R. et J. Picard (1952), Recherches sur les herbiers de phanérogames marines du littoral méditerranéen français. Ann.Inst.Océanogr., 27:157-234
- Molinier, R. et J. Picard (1953), Etudes biologiques sur les herbiers phanérogames marines à l'ouest d'Alger. Bull.Stn.Aquicult.Pêche Castiglione, 4:7-34
- Nedelec, H. (1982), Ethologie alimentaire de *Paracentrotus lividus* dans la baie de Galeria (Corse) et son impact sur le peuplement phytobenthique. Thèse Doct. 3ème cycle, océanogr. Biol., Univ. P. et M. Curie. Univ. Paris VI, Aix-Marseille, pp.1-175
- Nichols, D., G.M. Bishop et A.A.T. Sime (1985), Reproductive and nutritional periodicities in populations of European sea urchin, *Echinus esculentus* (Echinodermata: Echinoidea) from the English channel. J.Mar.Biol.Assoc.U.K., 65:203-220
- Ott, J.A. (1980), Growth and production in *Posidonia oceanica* (L.) Delile. Mar.Ecol., 1:47-64
- Panayotidis, P. (1980), Contribution à l'étude de l'association *Posidonietum oceanicae* Funk, 1927. Thèse 3ème cycle, Univ. Aix-Marseille II, pp.1-213

- Peres, J.M. et J. Picard (1964), Nouveau manuel de bionomie benthique de la Méditerranée. Rec.Trav.Stn.Mar.Endoume, 31(47):1-137
- Pergent, G. (1987), Recherches lépidochronologiques chez *Posidonia oceanica* (Potamogetonaceae). Fluctuations des paramètres anatomiques et morphologiques des écailles des rhizomes. Thèse Doct. Océanol., Univ. Aix-Marseille II, pp.1-853
- Pergent, G. et C. Pergent-Martini (1991), Leaf renewal cycle and primary production of *Posidonia oceanica* in the bay of Lacco Ameno (Ischia, Italy) using lepidochronological analysis. Aquat.Bot., 42:49-66
- Pessani, D., F. Poncini et M. Vetere (1984), Premières données sur la distribution de *Posidonia oceanica* Delile autour de l'île de Salina (Iles eoliennes, Sicile). In: International Workshop *Posidonia oceanica* Beds, edited by C.F. Boudouresque, A. Jeudy de Grissac et J. Olivier. GIS Posidonie publ., Fr., 1:129-135
- Regis, M.B. (1978), Croissance de deux échinoïdes du Golfe de Marseille (*Paracentrotus lividus* (Lmk.) et *Arbacia lixula* (L.)). Aspects écologiques de la microstructure du squelette et de l'évolution des indices physiologiques. Thèse Doct. Etat, Fac. Sci. Techn. St. Jérôme, Univ. Aix-Marseille III, pp.1-221
- Regis, M.B. (1979), Analyse des fluctuations des indices physiologiques chez *Paracentrotus lividus* (Lmk.) et *Arbacia lixula* (L.) dans le quartier maritime de Marseille. Thetys, pp.167-181
- Rico, V. et G. Pergent (1990), Evaluation de la production primaire de l'herbier à *Posidonia oceanica* de la baie de Porto Conte (Sardaigne) par le modèle lépidochronologique. GIS Posidonie, Marseille, Fr. pp.1-136
- Romero, J. (1985), Estudio ecologico de las Fanerogamas marinas de la costa Catalana: produccion primaria de *Posidonia oceanica* (L.) Delile en las islas Medes. Tesis Doct. Facultad Biol. Univ. Barcelon, pp.1-261
- Semroud, R. et H. Kada (1987), Contribution à l'étude de *Paracentrotus lividus* (Lmk.) dans la région d'Alger (Algérie): l'indice de réplétion, l'indice gonadique et le sex-ratio de *Sphaerechinus granularis* (Lam.) (Echinodermata, Echinoïdea) de la baie d'Alger. Vie Marine, 10:86-94
- Semroud, R. et Y. Senoussi (1988), Données préliminaires sur l'indice de réplétion, l'indice gonadique et le sex-ratio de *Sphaerechinus granularis* (Lam.) (Echinodermata, Echinoïdea) de la baie d'Alger. Vie Marine, 10:86-94
- Semroud, R., R. Verlaque, A. Crouzet et C.F. Boudouresque (1992), On a broad-leaved form of the seagrass *Posidonia oceanica* (Posidoniaceae) from Algiers (Algeria). Aquat.Bot., 43:181-198

- Thelin, I., R.A. Mosse, C.F. Boudouresque et R. Lion (1985), Le benthos littoral d'El Dabaa (Méditerranée, Egypte). II. L'herbier à *Posidonia oceanica*. Rapp.P.-V.Réun.CIESM, 29(5):247-248
- Traer, K. (1980), The consumption of *Posidonia oceanica* Delile by echinoids at the Isle of Ischia. In: Jangoux, Medit. Echinoderms: Present and Past, edited by A.A. Balkema, Rotterdam, pp.241-244
- Verlaque, M. (1984), Biologie des juvéniles de l'oursin herbivore *Paracentrotus lividus* (Lamarck): sélectivité du broutage et impact de l'espèce sur les communautés algales de substrat rocheux en Corse (Méditerranée, France). Bot.Mar., 27:401-424
- Verlaque, M. (1987a), Relations entre *Paracentrotus lividus* (LmK.) et le phytobenthos de Méditerranée occidentale. In: Colloque international sur *Paracentrotus lividus* et les oursins comestibles, edited by C.F. Boudouresque, GIS Posidonie publ., pp.5-36
- Verlaque, M. (1987b), Contribution à l'étude du phytobenthos d'un écosystème photophile thermophile marin en Méditerranée occidentale. Etude structurale et dynamique du phytobenthos et analyse des relations faune-flore. Thèse Doct. Sci. Nat., Univ. Aix-Marseille II, pp.1-396
- Verlaque, M. et H. Nedelec (1983a), Note préliminaire sur les relations biotiques *Paracentrotus lividus* (LmK.) et herbier de Posidonies. Rapp.P.-V.Réun.CIESM, 28(3):157-158
- Verlaque, M. et H. Nedelec (1983b), Biologie de *Paracentrotus lividus* (LmK.) sur un substrat rocheux en Corse (Méditerranée, France): alimentation des adultes. Vie Milieu, 33(3-4):1-30
- Willsie, A. (1987), Structure et fonctionnement de la macrofaune associée à la matte morte et d'herbier vivant de *Posidonia oceanica* (L.) Delile: influence des facteurs abiotiques et biotiques. Thèse Doct. Océanol., Univ. Aix-Marseille II, pp.1-647
- Zieman, J.C. (1974), Methods for the study of the growth and production of turtle grass, *Thalassia testudum* König. Aquaculture, 4:139-143

INFLUENCE DES FLEUVES SUR LA DYNAMIQUE DES
POPULATIONS PLANCTONIQUES (PRODUCTION PRIMAIRE) -
CAS TYPIQUE DE LA COTE CENTRALE DU LIBAN

par

Marie ABBOUD-ABI SAAB

Centre de Recherches Marines
B.P. 123, Jounieh, Liban

R E S U M E

Ce travail présente les résultats de l'étude de nombreux prélèvements d'eaux effectués suivant la méthode d'Utermöhl en 3 stations situées sur le trajet du courant marin véhiculant le panache d'un fleuve côtier du Liban.

Selon la position de chaque station et de la saison, les salinités des eaux marines ont été affectées par la dilution fluviale (S atteint parfois 30‰). Les différences de salinités entre les niveaux 0 et 5 m sont significatives à la station N1, la plus proche du fleuve, ce qui laisse supposer que la profondeur des eaux diluées reste inférieure à 5 m. Les populations nano- et phytoplanctoniques qui suivent un cycle annuel d'abondance déjà noté dans les eaux libanaises, ont été plus abondantes à la station N1 au printemps. En ce qui concerne l'aspect qualitatif, les espèces phytoplanctoniques sont presque comparables aux 3 stations, surtout en été, mais le pourcentage des espèces les plus abondantes par rapport au total phytoplanctonique varie beaucoup, surtout durant la période de crue de fleuve.

En conclusion, les effets de tels fleuves se limitent à la saison des pluies et de la crue dans les zones côtières.

1. INTRODUCTION

Le Liban est situé dans une région tempérée chaude, favorisée par un climat méditerranéen, c'est-à-dire sec et chaud, à hiver pluvieux et tempéré. La topographie du pays fait que les eaux qui arrivent à la mer sont sous forme de torrents et de cours d'eaux saisonniers qui peuvent influencer profondément la dynamique des populations, surtout celle de l'échelon primaire.

Le fleuve choisi pour étudier ce type d'influence n'est ni le plus grand ni le plus long, ni le plus important, mais il nous intéresse directement par sa position géographique, car il débouche au nord de Beyrouth à moins de 12 km de la baie de Jounieh, région importante étudiée par plusieurs projets de recherches océanographiques. C'est un fleuve côtier de 27 km de long qui descend de la chaîne du mont-Liban et se jette dans la mer. S'agissant du régime hydraulique, le fleuve est à son plein débit depuis les premières pluies d'automne jusqu'en juin. La

moyenne de débit calculée sur 21 ans (1951-1971) et d'après les données du ministère des ressources hydrauliques et électriques, est de $9,18 \text{ m}^3/\text{sec}$. Ce fleuve n'est pas atteint par la pollution organique (Khalaf et Lahoud, 1983).

2. MATERIEL ET METHODES

2.1 Description des stations

Les stations ont été choisies dans les lieux supposés se trouver sur le trajet du courant marin véhiculant l'eau du fleuve (fig. 1). Rappelons qu'il existe un courant général de direction Ouest-Est qui, venant du détroit de Gibraltar, longe toute la côte Nord de l'Afrique et remonte le long de la côte levantine en se redressant et prenant le long des côtes de Syrie une direction générale Sud/Sud-Ouest - Nord/Nord-Est, c'est-à-dire parallèle à la côte (Gruvel, 1931). Les eaux du Nahr-el-Kalb, quand elles se jettent dans la mer, dévient vers le Nord, charriées par le courant général.

Station N1: Située en face de l'embouchure du fleuve à 200 m environ de la côte par 8 m de fond. Elle subit l'action directe de l'eau douce qui dilue les eaux de surface.

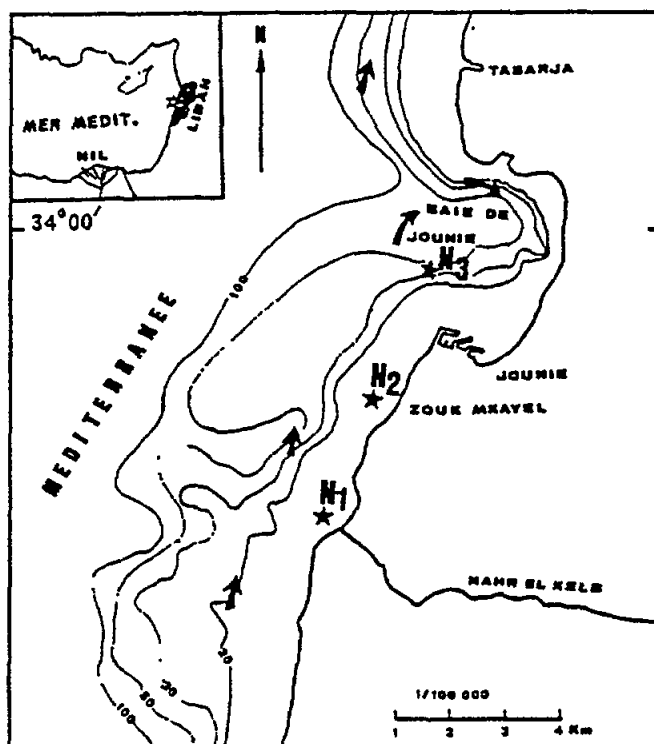


Fig. 1 Partie centrale de la côte libanaise montrant les stations prospectées (★) et la direction du courant marin général (→)

Station N2: Située à environ 2,5 km de la première et à 100 m de la côte et par 15 m de fond.

Station N3: Située au milieu de la baie de Jounieh, environ à 3 km de N2 et 2 km de la côte par 150 m de fond. Cette station est située sur le flanc d'un canyon sous-marin noté par Goedicke (1972). Des travaux antérieurs ont montré que l'eau du fleuve apportée par le courant atteint cette station, et ceci est prouvé par la baisse de salinité remarquée en hiver, après l'écoulement des eaux du fleuve (Abboud-Abi Saab, 1985).

2.2 Travaux en mer

Il était normal d'effectuer certaines sorties "test" avant de fixer les stations et les niveaux afin de choisir celles et ceux qui seraient les plus représentatifs. Les prélèvements réguliers ont commencé à la mi-septembre 1988, c'est à dire à la fin de la saison sèche, dans le but de suivre l'évolution de la dynamique des populations dès les premières pluies. Jusqu'au mois de février, les sorties étaient régulières et ont eu lieu au milieu de chaque mois. Malheureusement, le 14 mars 1989, la guerre qui a éclaté dans le pays a compromis l'étude. Les travaux en mer n'ont pu reprendre qu'en mars 1991.

Les échantillons d'eau, prélevés à l'aide de bouteille de renversement de 1,71 (Hydro Bios), ont été destinés à l'analyse de salinité et au dénombrement cellulaire. Des volumes de 250 cc et 11 ont été fixés immédiatement au lugol. Les niveaux explorés étaient 0 et 5 m.

La salinité a été mesurée au laboratoire à l'aide d'un salinomètre Beckmann et le comptage cellulaire a été fait suivant la méthode d'Utermöhl (1958) après sédimentation de 100 cc de chaque échantillon.

Systématiquement et lors de chaque sortie, des traits de filets fin (52 µm de largeur de maille) horizontaux ont été effectués à une vitesse de 0,5 noeuds pendant 2 minutes.

Parallèlement aux prélèvements, des mesures de température de l'eau ont été effectuées ainsi que des mesures météorologiques.

3. RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 Paramètres hydrologiques

3.1.1 Température

La figure 2a et 2b montre l'évolution de la température durant la période de recherches dans 3 stations. Le cycle suit le même schéma qu celui décrit sur la côte (Abboud-Abi Saab, 1989) avec un maximum noté en août 1992 (29,6EC à 5 m à toutes les stations) et des minima en 1992 (14,5EC en janvier, 15,9 et 16,5EC en mars successivement à N1, N2 et N3). Certaines remarques peuvent être formulées:

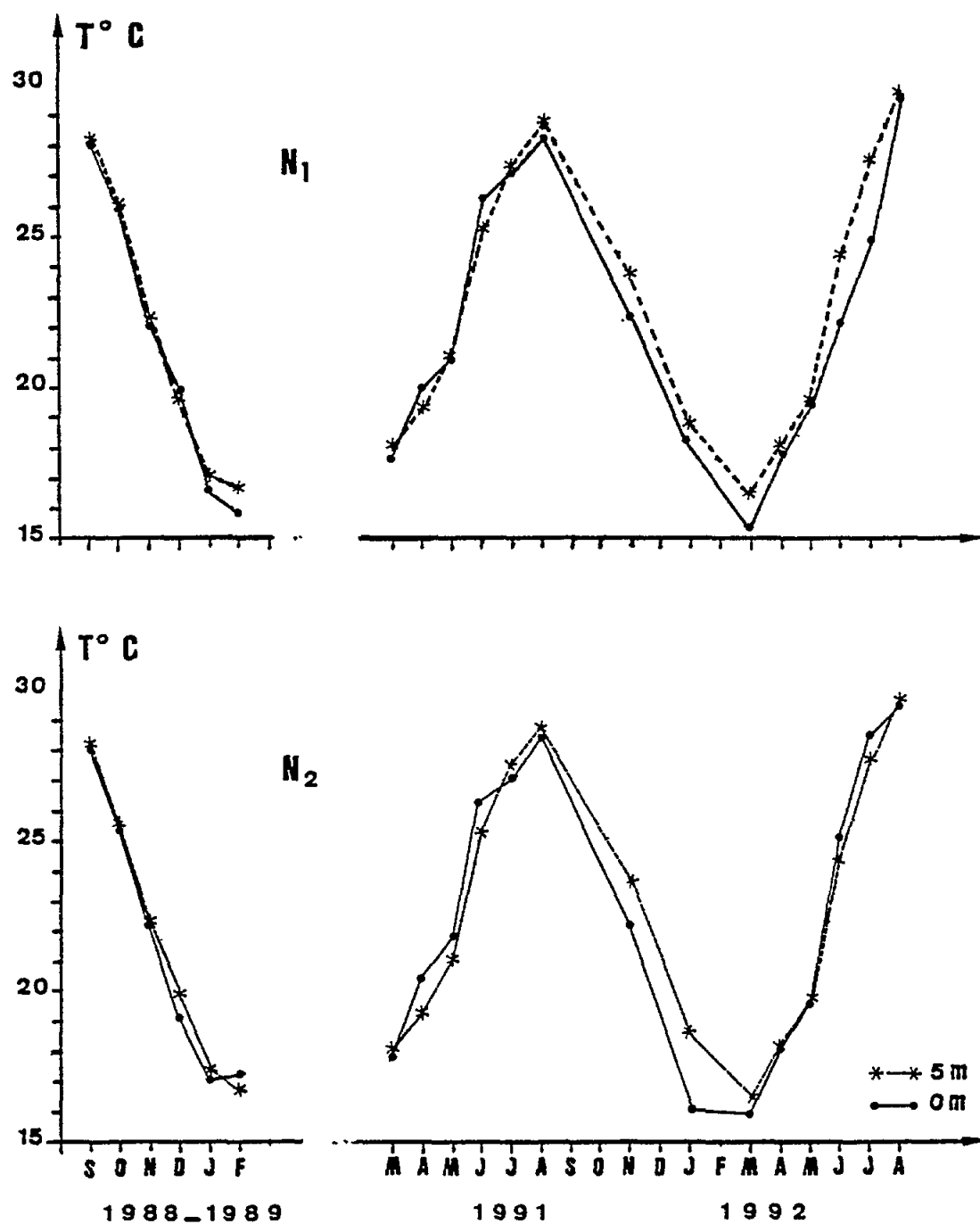


Fig. 2a Variations de la température au cours de l'étude aux 2 niveaux et aux stations N1 et N2

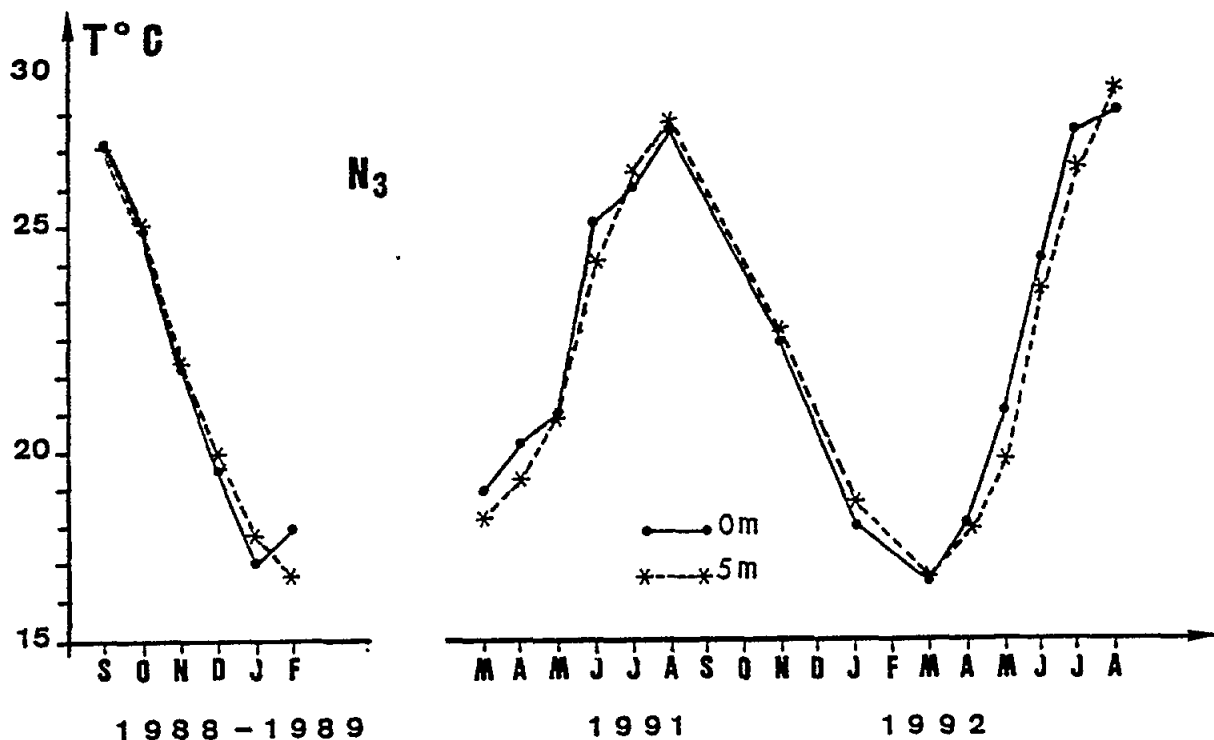


Fig. 2b Variations de la température au cours de l'étude aux 2 niveaux et à N3

- En général, la température à 0 m est plus élevée qu'à 5 m durant la période du réchauffement printanier, et plus basse durant le refroidissement automnal.
- A N1, l'eau douce apportée par le fleuve, moins dense et plus froide, s'étale à la surface et l'effet de réchauffement est retardé; ce phénomène a été surtout remarqué en 1992.
- Le fait que les sorties sont effectuées le matin, la fraîcheur nocturne de l'air influençant les eaux de surface, surtout quand la mer est calme, ce qui a accentué la différence entre les 2 niveaux 0 et 5 m.

3.1.2 Salinité

Dans ce genre d'étude, il est normal que le niveau de surface dans les stations situées à proximité des eaux fluviales soit sujet à des variations annuelles importantes de salinité; par contre, elles restent atténuées à la station N3, la plus lointaine du fleuve (fig 3a et 3b). A N1, les salinités présentent des variations allant

de 9,63‰ en janvier 1992 jusqu'à 39,61‰ en novembre 1991 ($S=30‰$). A 5 m les salinités restent supérieures à 38,5‰ durant tous les mois de l'année ce qui nous permet d'inférer que la hauteur du panache fluvial ou les eaux diluées n'atteignent pas ce niveau.

A N2 les variations sont aussi importantes en surface et un minimum est atteint en mai 1992 (14,67‰), tandis qu'à N3 les valeurs très basses sont exceptionnelles (31,95‰ en mai, 1992). Durant les autres mois et au niveau de 5 m à N2 et à N3, les salinités sont celles normalement notées sur la côte libanaise et atteignent des valeurs supérieures à 39,7‰.

En considérant les variations interannuelles, les salinités présentent presque le même cycle, mais les écarts de salinité sont plus importants durant l'année 1992 et dans toutes les stations. Ceci s'explique par les valeurs élevées des précipitations durant cette année. Quant aux variations verticales, la différence entre le niveau de surface et celui de 5 m est variable en fonction des saisons; elle est plus importante en hiver et au printemps, surtout en période de crue de fleuve (en 1992 S atteint 30‰ en janvier à N1 et 25‰ à N2 et 8‰ à N3 en mai); elle est très atténuée en été.

3.2 Paramètres biologiques

Des résultats préliminaires sur une partie de l'étude ont été publiés (Abboud-Abi Saab et Kassab, 1992).

3.2.1 Les populations nanoplanctoniques

Les variations des populations planctoniques durant les années de l'étude sont représentées à la figure 4. Notons que ces populations sont en général abondantes dans nos eaux durant toute l'année, mais leurs densités varient en fonction des saisons et des salinités (Abboud-Abi Saab, 1988). D'après cette étude, ces populations sont surtout abondantes au printemps à toutes les stations et moins denses en fin d'été et au début d'hiver. Ce schéma, dans les détails, n'est pas strictement le même dans toutes les stations; ceci est dû à la position côtière des 2 premières stations et de leur influence directe par les eaux du fleuve et les précipitations qui, par conséquent, changent la salinité, laquelle à son tour affecte ces populations. Les amplitudes de variations à N1 sont plus importantes qu'aux autres stations et surtout au niveau de surface et le maximum est noté dans cette station (11 5000 000 cell./l en avril 1992).

3.2.2 Les populations phytoplanctoniques

Aspect quantitatif: la présence d'un cycle annuel a déjà été relevé dans les eaux côtières libanaises avec une poussée printanière importante et un minimum en été à partir du mois d'août (Abboud-Abi Saab, 1985; 1986). Ce cycle est net aux 3 stations (fig. 5a et 5b). A l'étiage, l'eau de fleuve est très faible et par suite l'effet de dilution est très atténué à N1, mais il garde un certain effet d'enrichissement de sorte que les densités restent supérieures à celles notées à N3, la station la plus lointaine

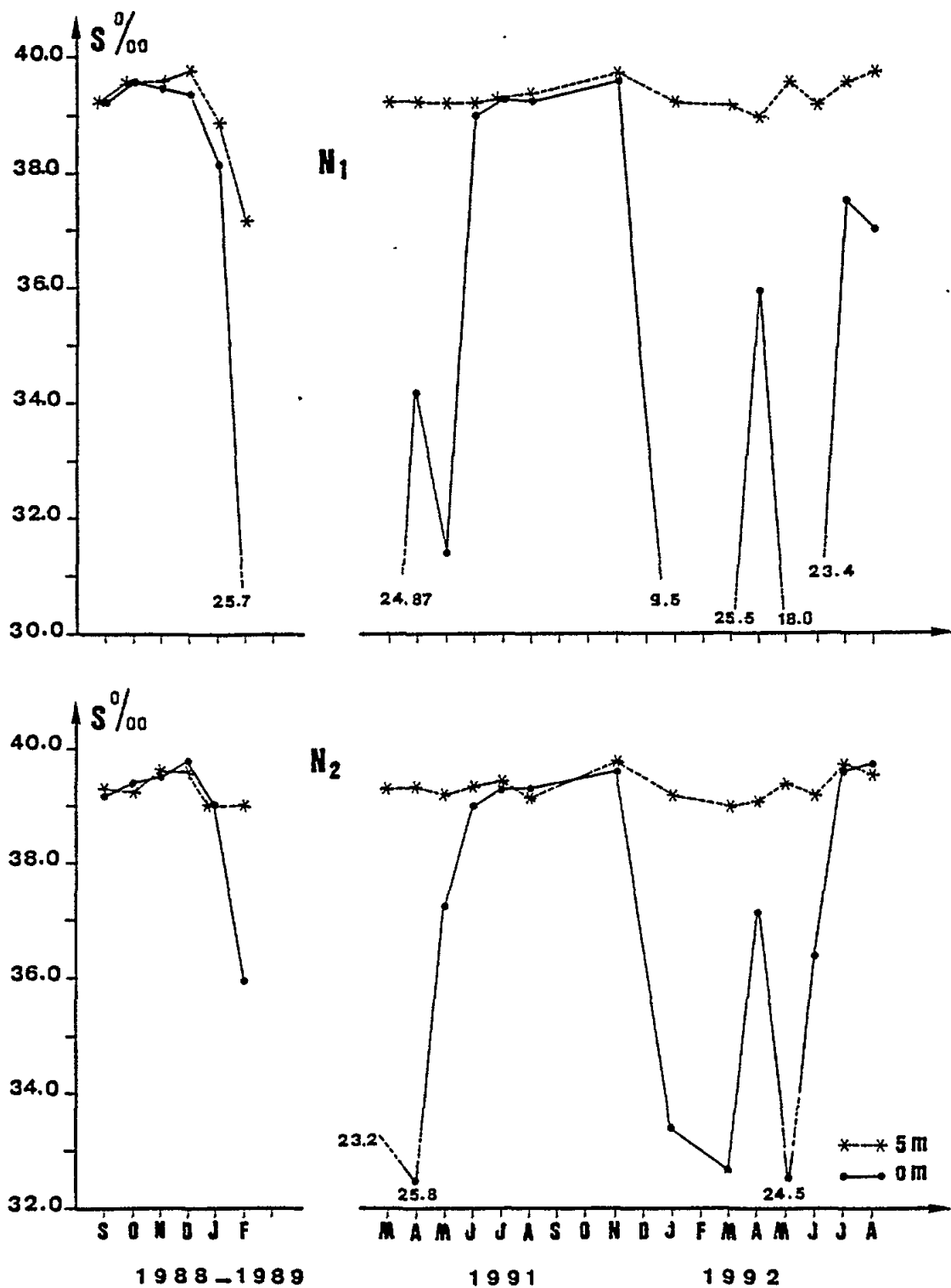


Fig. 3a Variations de la salinité au cours de l'étude aux 2 niveaux et aux stations N1 et N2

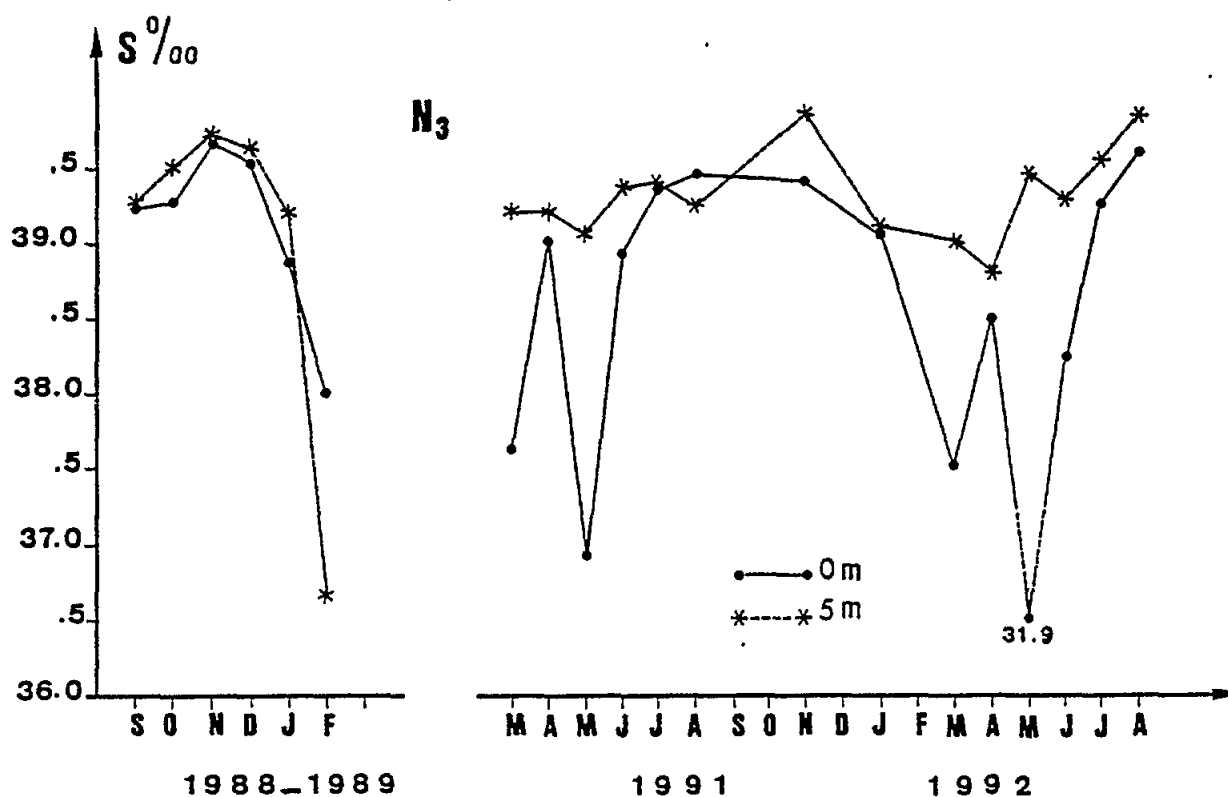


Fig. 3b Variations de la salinité au cours de l'étude aux 2 niveaux et à N3

du fleuve et de l'influence de ces eaux. Les valeurs minimales et maximales du total phytoplanctonique figurent au tableau 1. Il est important de signaler que le niveau 5 m est à plusieurs reprises plus dense que le niveau de surface, notamment à N1 en 1992; ceci s'explique en partie de la manière suivante: La population phytoplanctonique exige une certaine stabilité des masses d'eau pour se multiplier normalement; ceci est plus assuré à 5 m qu'au niveau de surface qui est exposé au brassage entre eau marine et eau fluviale, et est encore accentué à N1. Un phénomène similaire est noté dans les eaux rhodaniennes (Coste, 1975).

Aspect qualitatif: les espèces les plus abondantes ont été comptées à chaque station et à chaque niveau ainsi que leur pourcentage par rapport au total phytoplanctonique (tableau 2). Les espèces sont pour le plus fréquemment les mêmes, mais leur pourcentage par rapport au total phytoplanctonique varie d'une station à l'autre. Au printemps, une espèce représente à elle seule de 75 à 90%, comme par exemple *Skeletonema costatum*, *Nitzschia delicatissima*, *Leptocylidrus danicus*, L.

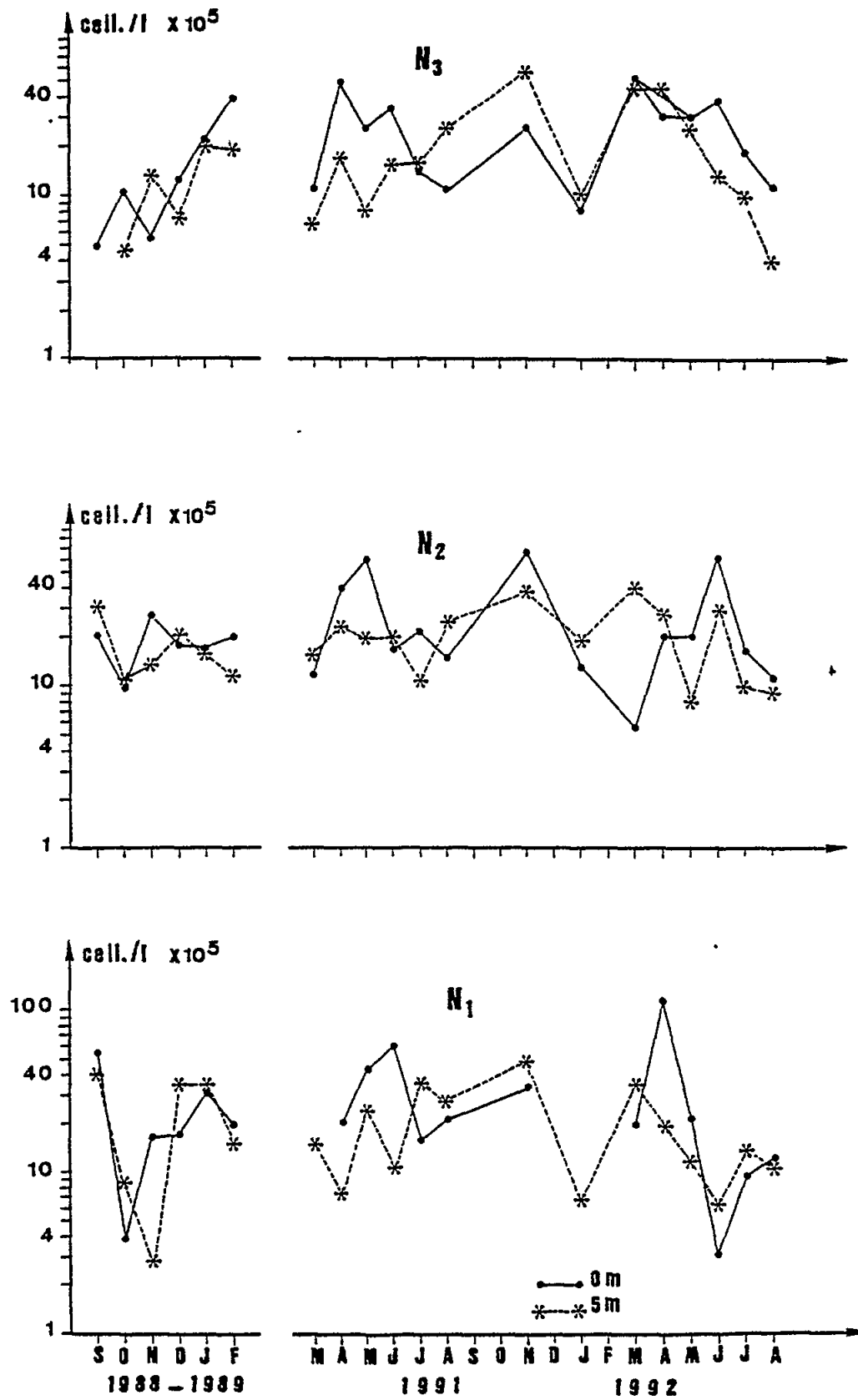


Fig. 4 Variations des populations nanoplanctoniques au cours de l'étude aux 2 niveaux et aux stations N1, N2 et N3

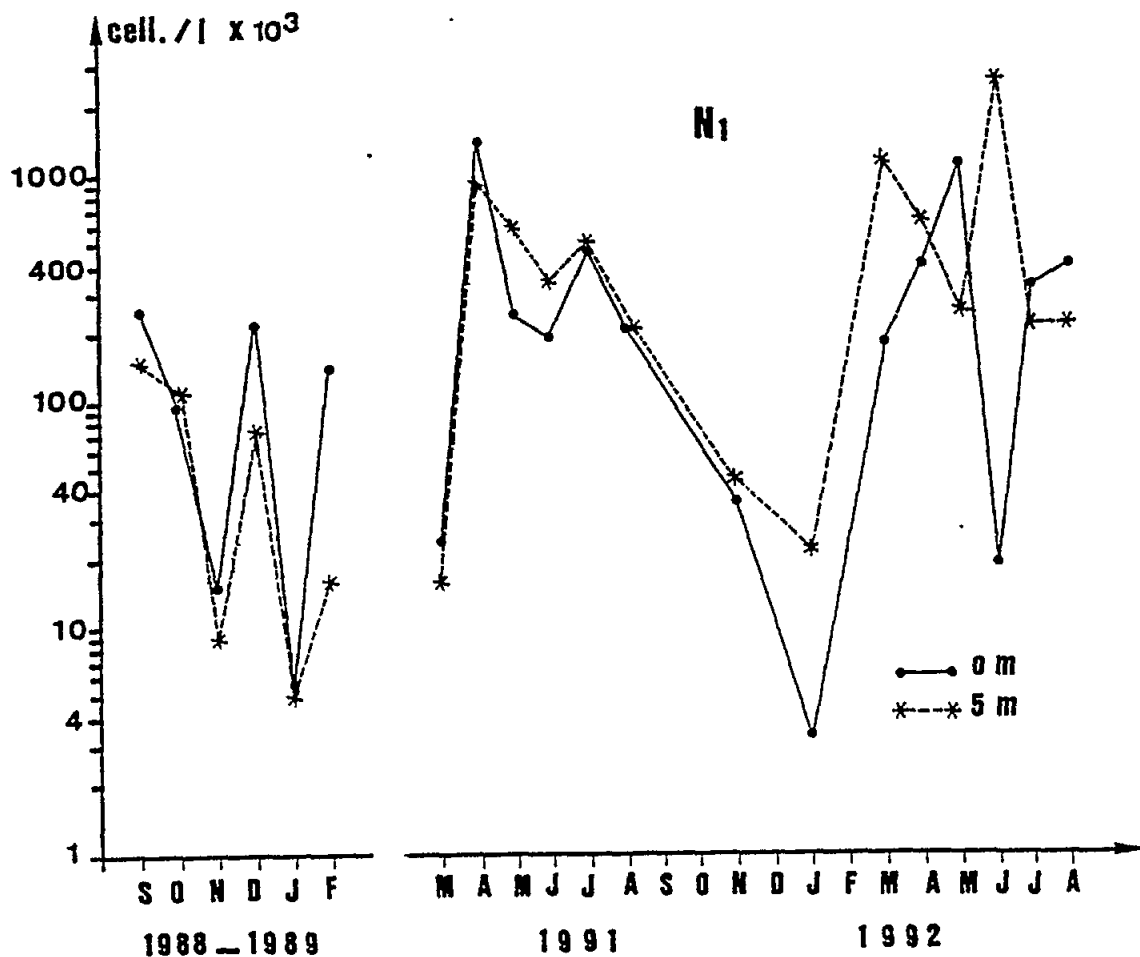


Fig. 5a Variations des populations phytoplanctoniques au cours de l'étude aux 2 niveaux et à N₁

minimus et certaines espèces de *Chaetoceros*. Au niveau de surface, les stations N₁ et N₂ sont plus proches tant de point de vue aspect qualitatif que du taux de l'espèce calculé; ceci est plus vrai à la période de plein débit du fleuve qu'à la période d'étiage. Au niveau de 5m, les différences entre les stations sont moins accentuées. Il est déjà noté d'après les résultats de salinité que l'eau du fleuve n'atteint pas ce niveau; c'est uniquement la différence géographique entre les stations et leur distance de la côte qui influent sur la densité et l'aspect qualitatif des populations.

4. CONCLUSION

Les résultats de l'étude suggèrent que la dilution a un effet notable sur les eaux marines. Ces effets sont tributaires, d'une part, du débit du fleuve qui varie énormément en fonction du climat méditerranéen et par suite des pluies saisonnières et de la topographie du pays, d'autre part, du vent qui peut, selon sa direction et sa force, presser la nappe d'eau diluée contre la côte ou au contraire l'étaler vers le large.

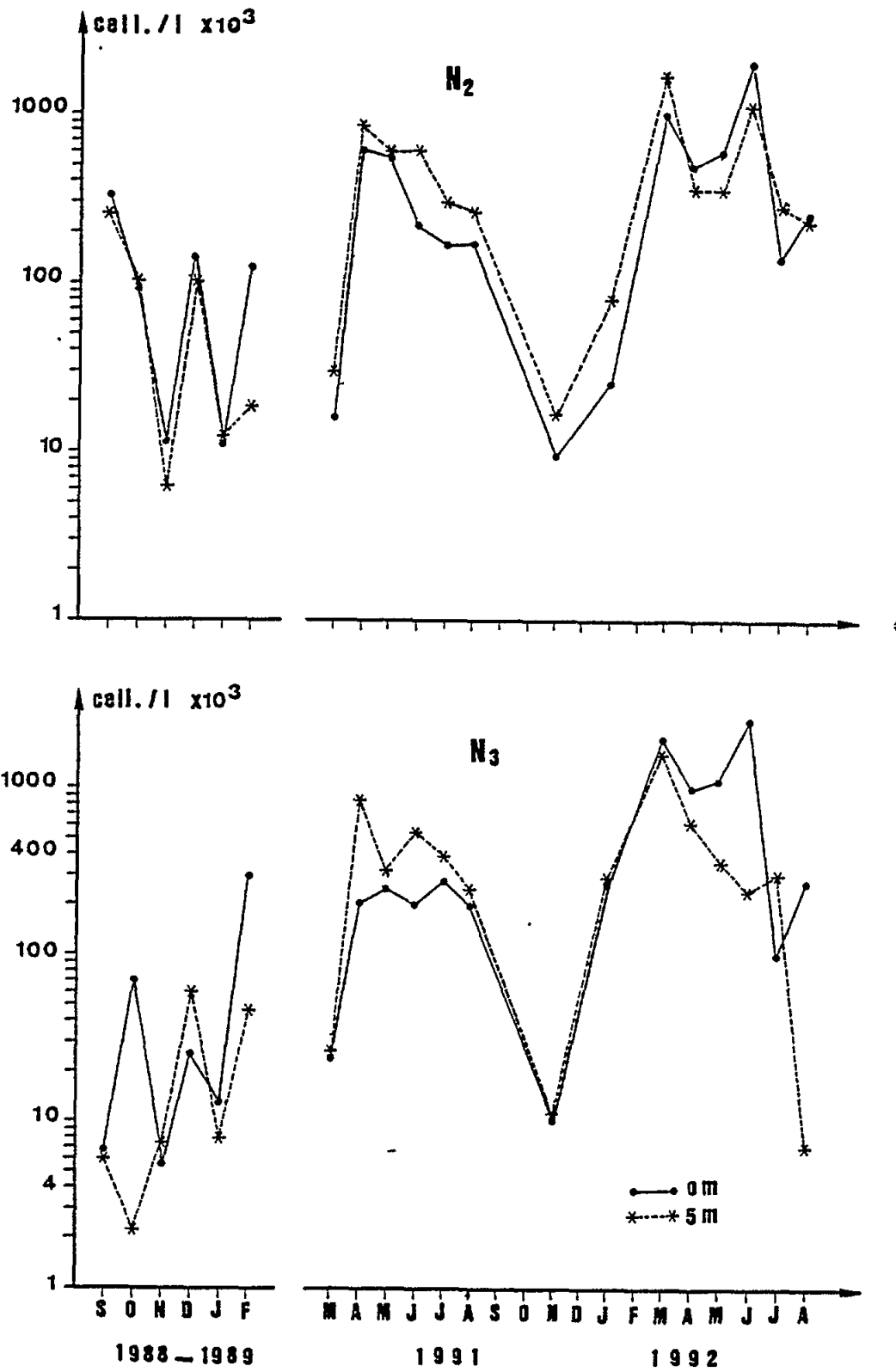


Fig. 5b Variations des populations phytoplanctoniques au cours de l'étude aux 2 niveaux et aux stations N2 et N3

Tableau 1

Valeurs des minima et des maxima du total phytoplanctonique
aux différentes stations et aux différentes années d'étude.

	N1		N2		N3	
1988-89	Min	Date	Min	Date	Min	Date
0 m	5800	Jan.89	11000	Jan.89	5540	Nov.88
5 m	5140	Jan.89	6320	Nov.88	2300	Oct.88
	Max	Date	Max	Date	Max	Date
0 m	244594	Sept.88	335972	Sept.88	293436	Fév.89
5 m	154820	Sept.88	264640	Sept.88	61478	Déc.88
1991	Min	Date	Min	Date	Min	Date
0 m	24354	Mars	9680	Nov.	10780	Nov.
5 m	16020	Mars	17200	Nov.	11060	Nov.
	Max	Date	Max	Date	Max	Date
0 m	1406994	Avril	630428	Avril	276012	Juillet
5 m	943700	Avril	865260	Avril	856992	Avril
1992	Min	Date	Min	Date	Min	Date
0 m	3360	Janvier	25516	Janvier	98238	Juillet
5 m	22520	Janvier	79360	Janvier	73308	Août
	Max	Date	Max	Date	Max	Date
0 m	1069860	Mai	2033988	Juin	2732136	Juin
5 m	2645808	Juin	1718310	Mars	1608750	Mars

Etant donné le régime à variations fortes de ce fleuve et de presque tous les fleuves libanais, leur effet bénéfique sur la production primaire et par suite sur toute la chaîne alimentaire se limite à la période printanière de la zone côtière entendue au sens plus ou moins large. Cette zone est généralement enrichie par le mélange vertical hivernal et est le siège d'une poussée phytoplanctonique importante; l'apport nécessaire de sels minéraux en période de stratification thermique et de déficit (surtout l'été) ne peut pas être assuré à cause du débit faible ou nul de ces fleuves. L'absence de grands fleuves côtiers est probablement un facteur associé à d'autres facteurs naturels (plateau continental étroit, mer plus ou moins fermée, thermocline permanente, faible échange vertical et horizontal,...) qui sont responsables de l'oligotrophie de nos eaux.

5. REMERCIEMENTS

Ce projet a été exécuté dans le cadre du programme MED POL et grâce à un concours financier du Fonds d'affectation spéciale pour la Méditerranée octroyé par l'entremise du bureau FAO du Plan d'Action pour la Méditerranée.

Tableau 2

Espèces les plus abondantes et leur pourcentage par rapport au total
phytoplanctonique à chaque mois aux différentes stations.

	N1		N2		N3	
1988-1989						
Sept. 0 m	<i>Skeletonema costatum</i> <i>Prorocentrum scilleri</i>	36,7% 21,5%	<i>S. costatum</i> <i>Nitzschia delicatissima</i>	55,6% 28,3%	<i>Prorocentrum schilleri</i> <i>Protoperidinium trochoidium</i>	12,5% 12,5%
5 m	<i>S. costatum</i> <i>P. schilleri</i>	45,8% 10,2%	<i>S. costatum</i> <i>N. delicatissima</i>	61,8% 18%	<i>P. trochoidinum</i> <i>Protoperidinium sp.</i>	17% 10,2%
Oct. 0 m	<i>Rhizosolenia fragilissima</i> <i>R. hebetata</i>	65% 20%	<i>Leptocylindrus minimum</i> <i>Protop. quinquecorne</i>	68,5% 20,7%	<i>R. fragilissima</i>	68%
5 m	<i>R. fragilissima</i> <i>N. delicatissima</i>	67% 10%	<i>R. fragilissima</i> <i>N. delicatissima</i>	52% 24,4%		
Nov. 0 m	<i>P. quinquecorne</i>	58%	<i>P. trochoidinum</i>		<i>P. quinquecorne</i>	
5 m	<i>Navicula membranacea</i>	21%				
Dec. 0 m	<i>Skeletonema costatum</i> <i>Lauderia borealis</i>	38.5% 27,4%	<i>Cerataulina bergonii</i>	62,2%	<i>C. bergonii</i>	63%
5 m	<i>C. bergonii</i>	68,4%	<i>C. bergonii</i>	88,9%	<i>Lauderia borealis</i> <i>S. costatum</i>	33% 25,4%
Jan Fev. 0 m					<i>P. schilleri</i>	31%
1991						
Mars 0 m					<i>P. schilleri</i>	38%
5 m	<i>N. delicatissima</i>	19,2%	<i>Phaeodactylum tricornutum</i> <i>Chaetoceros curvisetus</i>	15% 14,8%	<i>P. tricornutum</i>	18%
Avril 0 m	<i>S. costatum</i>	81,5%	<i>S. costatum</i>	86%	<i>S. costatum</i> <i>L. minimus</i>	52% 42,3%
5 m	<i>S. costatum</i>	78%	<i>S. costatum</i>	72,4%	<i>S. costatum</i>	77,6%
Mai 0 m	<i>S. costatum</i>	47,3%	<i>S. costatum</i>	46,8%	<i>L. minimus</i>	47,4%
5 m	<i>L. danicus</i> <i>S. costatum</i>	32% 24,5%	<i>L. danicus</i> <i>L. minimus</i>	58,3% 14,6%	<i>L. minimus</i> <i>N. delicatissima</i>	53% 20%
Juin 0 m	<i>L. minimus</i>	25,4%	<i>L. minimus</i>	66,6%	<i>L. minimus</i> <i>S. costatum</i>	56% 21,5%
5 m	<i>L. minimus</i> <i>S. costatum</i>	48% 41%	<i>S. costatum</i> <i>L. minimus</i>	47% 30,3%	<i>L. minimus</i> <i>S. costatum</i>	42,4% 42%

Tableau 2 (cont.)

Juillet 0 m	<i>N. delicatissima</i> <i>L. minimus</i>	45% 41,6%	<i>L. minimus</i> <i>N. delicatissima</i>	57% 17,2%	<i>L. minimus</i> <i>N. delicatissima</i>	53% 14%
5 m	<i>N. delicatissima</i> <i>L. minimus</i>	43,5% 30,7%	<i>L. minimus</i> <i>N. delicatissima</i>	48% 30%	<i>N. delicatissima</i> <i>L. minimus</i>	52,8% 37,3%
Août 0 m	<i>R. fragilissima</i> <i>L. minimus</i>	61,6% 13,5%	<i>R. fragilissima</i> <i>L. minimus</i>	56% 8,6%	<i>R. fragilissima</i>	56,4%
5 m	<i>R. fragilissima</i> <i>L. minimus</i>	46% 21,5%	<i>R. fragilissima</i> <i>L. minimus</i>	45,4% 15,8%	<i>R. fragilissima</i> <i>L. minimus</i>	52% 8,2%
Nov. 0m	<i>S. costatum</i>	36,2%	<i>S. costatum</i> <i>N. delicatissima</i>	16,3% 12,6%	<i>S. costatum</i>	42,8%
5 m	<i>S. costatum</i>	57,7%	<i>S. costatum</i>	25,4%	<i>S. costatum</i> <i>Nitzschia sp.</i>	27% 22,6%
1992						
Janv. 0 m			<i>S. costatum</i>	68,8%	<i>S. costatum</i>	91%
5 m	<i>S. costatum</i> <i>Nitzschia sp.</i>		<i>S. costatum</i>	84,8%	<i>S. costatum</i>	92,5%
Mars 0 m	<i>N. delicatissima</i>	64%	<i>N. delicatissima</i> <i>S. costatum</i>	76% 14,6%	<i>N. delicatissima</i> <i>S. costatum</i>	87,7% 17,3%
5 m	<i>N. delicatissima</i>	83,5%	<i>N. delicatissima</i> <i>S. costatum</i>	76% 21%	<i>N. delicatissima</i>	85%
Avril 0 m	<i>L. danicus</i> <i>Ch. curvisetus</i>	35% 31%	<i>Ch. curvisetus</i> <i>L. danicus</i>	34% 33%	<i>Ch. curvisetus</i> <i>L. danicus</i>	39% 19%
5 m	<i>L. danicus</i> <i>Ch. curvisetus</i>	42% 24%	<i>L. danicus</i> <i>Ch. curvisetus</i>	56% 18%	<i>L. danicus</i> <i>Ch. curvisetus</i>	43,4% 35%
Mai 0 m	<i>S. costatum</i> <i>R. setigera</i>	77% 5,6%	<i>S. costatum</i> <i>R. setigera</i>	58,7% 4,7%	<i>S. costatum</i> <i>R. setigera</i>	43% 13%
5 m	<i>L. danicus</i> <i>N. delicatissima</i> <i>S. costatum</i>	41% 21,3% 9,6%	<i>L. danicus</i> <i>N. delicatissima</i> <i>S. costatum</i>	36,3% 22,3% 15,6%	<i>L. danicus</i> <i>N. delicatissima</i> <i>S. costatum</i>	39% 20% 12,3%
Juin 0 m			<i>S. costatum</i>	96,5%	<i>S. costatum</i> <i>L. minimus</i>	95% 27%
5 m	<i>S. costatum</i>	94,7%	<i>S. costatum</i>	93,6%	<i>S. costatum</i>	60%
Juillet 0 m	<i>L. minimus</i>	43,3%	<i>L. minimus</i>	41,8%		
5 m	<i>L. minimus</i>	66%	<i>L. minimus</i>	57,6%	<i>L. minimus</i>	70,2%
Août 0 m	<i>Chaetoceros sp.</i>		<i>Chaetoceros sp.</i>		<i>L. minimus</i>	10,5%
5 m	<i>Chaetoceros sp.</i>		<i>Chaetoceros sp.</i>		<i>R. fragilissima</i>	8,3%

6. REFERENCES

- Abboud-Abi Saab, M. (1985), Etude quantitative et qualitative du phytoplancton des eaux côtières libanaises. Leb.Sci.Bull., 1(2):197-222
- Abboud-Abi Saab, M. (1986), Contribution à l'étude de la poussée phytoplanctonique printanière dans les eaux côtières libanaises. Leb.Sci.Bull., 2(1):29-51
- Abboud-Abi Saab, M. (1988), Importance du nanoplancton dans les eaux côtières libanaises (Méditerranée orientale). Rapp.P.-V.Réun.CIESM, 31(2):125
- Abboud-Abi Saab, M. (1989), Distribution and ecology of the Tintinnids in the plankton of Lebanese coastal water (Eastern Médit.). J.Pank.Res., 11(2):203-222
- Abboud-Abi Saab, M. and M.T. Kassab (1992). Influence de la dilution fluviale sur la dynamique des populations phyto-et nanoplanctonique dans les eaux libanaises. Rapp.P.-V.Réun.CIESM, 33:243
- Coste, B. (1975), Rôle des apports nutritifs minéraux rhodaniens sur la production organique des eaux du golfe du Lion. Téthys, 6:727-740
- Goedicke, T.R. (1972), Submarine canyons on the central continental shelf of Lebanon. pp.655-670, In: The Mediterranean sea: A natural sedimentation laboratory, edited by D.J. Stanley, Dowden, Hutchinson and Ross Inc., Stroudsburg, Pa., 765 p.
- Gruvel, A. (1931), Les états de Syrie. Richesses marines et fluviales. Exploitation actuelle. Avenir.Soc.Edit.Geogr.marit.colon, Paris, 453 p.
- Khalaf, G. et M. Lahoud (1983), Contribution à l'étude écologique des fleuves côtiers du Liban. 1. Le Nahr-el-Kalb. Bull.mens.Soc.Linn.Lyon, 51:21-32
- Utermöhl, H. (1958), Zur Vervollkömnnung der quantitativen Phytoplankton Methodik. Mitt.int.Ver.Limnol., 9:1-38

EFFET DE LA POLLUTION SUR L'ECOSYSTEME PLANCTONIQUE DES EAUX COTIERES SYRIENNES (EN FACE DE LATTAKUIE)

par

H. MAYHOUB, M. BAKER, N. HAMOUD,
S. NOUREDDIN, M. OMRAN et A.K. YOUSSEF

Institut de Recherches Marines, B.P. 2242,
Université de Tichrine
Lattaquié, Syrie

R E S U M E

La composition spécifique, l'abondance du phytoplancton et du zooplancton, la biomasse zooplanctonique ont été étudiées en relations avec les caractéristiques hydrologiques et hydrochimiques de quatre stations côtières de la ville de Lattaquié (Syrie). Les stations océanographiques explorées étaient de nature écologique différente, trois d'entre elles étant soumises à l'influence d'une pollution de nature urbaine et/ou industrielle.

Au total, 108 espèces phytoplanctoniques et 160 espèces zooplanctoniques ont été déterminées dans les eaux de surface de la zone étudiée.

Les résultats ont montré de grandes variations spatio-temporelles de la composition spécifique et de la densité de ces deux communautés planctoniques. Ces variations seraient principalement dues à la pollution influant relativement sur trois des quatre stations étudiées.

Le nombre total d'espèces et l'indice de diversité, pour les deux communautés planctoniques, ont été plus élevés à la station non polluée, tandis que l'abondance a été plus importante aux stations considérées comme relativement polluées. L'effet de la pollution était plus prononcé sur la communauté zooplanctonique que sur le phytoplancton; des espèces spécifiques ont caractérisé chacune des quatre stations.

1. INTRODUCTION

L'écosystème pélagique méditerranéen et plus particulièrement celui des zones eutrophes, portuaires et polluées a fait, aux cours des dernières années, l'objet de nombreux travaux écologiques et hydrologiques.

Parmi les travaux concernant l'effet de la pollution sur les écosystèmes planctoniques en Méditerranée occidentale, nous citeront ceux réalisés par Yamazi (1964), Levi (1969), Citarella (1973), Groupe Epopem (1979), Patriti et al. (1979) et

Aid et al. (1983). En Méditerranée orientale, les études effectuées sur ce même sujet sont moins nombreuses; parmi celles-ci, nous pouvons citer les travaux de: Kouyoumjian (1972), Lakkis et Kouyoumjian (1975), Lakkis et Aboud (1977) Lakkis et Zeidan (1987), Basson et al. (1976), Yannopoulos-Yannopoulos (1976), Damoglu et Uysal (1992) et Dorgham (1987).

Les travaux relatifs à l'étude de la pollution du milieu marin côtier en Syrie étaient, cependant, tout à fait absents jusqu'aux années 1990, à l'exception du travail d'Abosamra et al. (1989). Plusieurs travaux ont eu lieu au début de ce décennie (Baker et al., 1992; Baker et al., in press; Nouredin et al., 1993). Dans cet article, nous présentons les résultats obtenus lors d'une étude effectuée entre avril 1992 et avril 1994, sur l'effet de la pollution sur l'écosystème planctonique de quelques sites côtiers en face de la ville de Lattaquié.

Ce travail a été exécuté dans le cadre du programme MED POL et grâce à une subvention du Fonds d'affectation spéciale pour la Méditerranée, octroyée par l'entremise de la FAO.

2. MATERIEL ET METHODES

2.1 Sites et dates de prélèvement

Quatre stations océanographiques ont été retenues pour réaliser cette étude; elles étaient situées à 500 m environ de la côte (figure 1) en face de la ville de Lattaquié. La profondeur de la colonne d'eau à ces stations varie entre 3 et 10 m. Ces stations sont, par ailleurs, de nature écologique différente; trois d'entre elles se caractérisent, en effet, par l'influence d'une pollution de nature urbaine et/ou industrielle:

Station IRM: Située en face de l'Institut des Recherches Marines et considérée exempte de toute pollution (Omran et al., 1995).

Station Port: Située à l'entrée du port de Lattaquié et considérée comme station polluée par les hydrocarbures (Hourieh, 1995).

Station KS: Située au sud de Lattaquié et à 200 m environ d'un effluent urbain desservant une partie de la ville.

Station EKC: Située à 500 m environ en face de l'estuaire du Al-Kabir Al-Chimali: ce cours d'eau est soumis à l'influence de quelques rejets urbains et industriels de plusieurs usines, le long de son parcours.

Les prélèvements hydrologiques et planctoniques ont été effectués sur deux périodes. La première période a compris six sorties réalisées entre avril et octobre 1992 (30/4, 26/5, 4/7, 5/8, 10/9 et 13/10/1992). La deuxième période a compris sept sorties effectuées entre juillet 1993 et avril 1994 (31/7, 14/10, 23/11, 24/12 1993, 24/2, 23/3 et 26/4/1994).

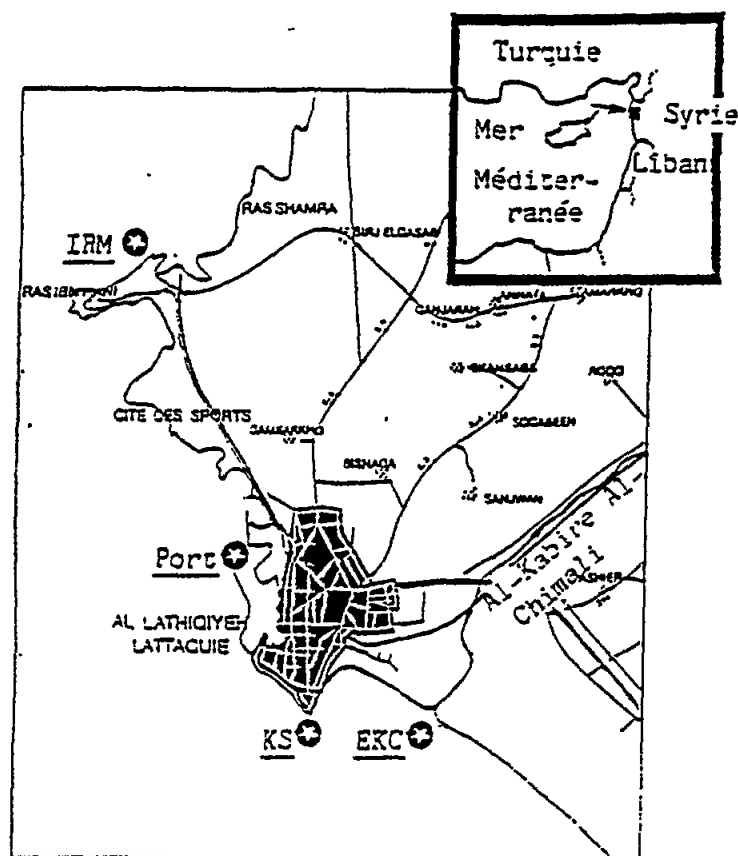


Fig. 1 Localisation géographique des stations de prélèvement

2.2 Méthodes d'analyse et de pêche

Les échantillons d'eau ont été prélevés à - 0,5 m, à l'aide d'une bouteille WILDCO, de 2 litre de capacité. Des mesures hydrologiques telles que la température et la salinité ont été effectuées sur place à l'aide d'un S.C.T mètre YSI (modèle 33); de plus, un dosage ultérieur de salinité a été effectué selon la méthode volumétrique de Knudsen. Le pH a été mesuré uniquement sur les échantillons prélevés en 1992, à l'aide d'un pH-mètre de laboratoire. Les orthophosphates ont été analysés selon la méthode de Murphy et Riley (1962). Le dosage de l'azote ammoniacal est effectué par la méthode de Koroleff (1969). Le dosage de l'azote nitreux est réalisé selon la méthode de Benschneider et Robinson (1952); l'azote nitrique est mesuré après une réduction sur une colonne de cadmium traitée au cuivre selon la technique de Wood *et al.* (1967); les nitrates transformés en nitrites sont dosés par la suite selon la méthode de Benschneider et Robinson (1952). La chlorophylle *a* a été déterminée selon la méthode trichromatique (Aminot et Chaussepied, 1983).

Les échantillons de phytoplancton ont été récoltés, par un filet "General Oceanic" de 20 μ m de largeur de maille, et de 50 cm de diamètre d'ouverture. Des prélèvements avec la bouteille WILDCO ont été effectués pour recueillir les espèces ayant une taille < 20 μ m.

Les prélèvements zooplanctoniques ont été faits à l'aide d'un filet de type WP2 (200 µm de vide de maille, 176 cm de longueur et 56 cm de diamètre d'ouverture).

Des traits horizontaux de surface, de 3 minutes de durée, pour le phytoplancton, et de 5 minutes pour le zooplanctons, ont été effectués à chaque sortie. Les échantillons phytoplanctoniques (80 échantillons) et zooplanctoniques (48 échantillons) ont été fixés, à bord, au formol à 4% pour l'analyse au laboratoire.

Les analyses d'abondance et de composition spécifique sont faites de la façon suivant:

A - Le phytoplancton: Les cellules phytoplanctoniques ont été déterminées, jusqu'à l'espèce, et ensuite comptées en utilisant la cellule Kammer BURKER (divisée en 144 carrés). Le comptage des cellules de chaque espèce est effectué sur les 144 carrés; le nombre moyen de cellules dans un carré (NS) est utilisé pour calculer le nombre de cellules en ml de l'échantillon selon la relation suivante:

$$\text{Nombre de cellules/ml} = \text{NS} * 250 * 1000$$

Le comptage des cellules est rapporté au nombre de cellules par litre d'eau de mer à partir du volume d'eau filtré par le filet.

B - Le zooplancton: détermination jusqu'à l'espèce et comptage des organismes dans des sous-échantillons, fractionnés à l'aide de la boîte de Motoda (1959); la fraction de récolte examinée varie selon la densité du zooplancton. Le calcul de l'abondance par m³ pour chaque espèce (à partir de la vitesse du bateau, du trajet parcouru et de l'ouverture de filet) a été réalisé en supposant que la distribution des espèces est homogène. La biomasse (en m³), de chaque espèce, a été calculée en multipliant l'abondance/m³ par le poids sec moyen d'un individu de cette espèce.

3. RESULTATS

3.1 Evolution des paramètres hydrologiques

3.1.1 La température

La température des eaux a varié pendant la période d'étude entre 15 et 32°C; les valeurs maximales et minimales de la température ont été respectivement relevées en période estivale et hivernale. Le cycle annuel (1993-1994) de la température des eaux de la station IRM est représenté sur la figure 2. Le comportement de ce paramètre dans les autres stations est étroitement similaire, en raison de l'absence de pollution thermique dans la zone étudiée.

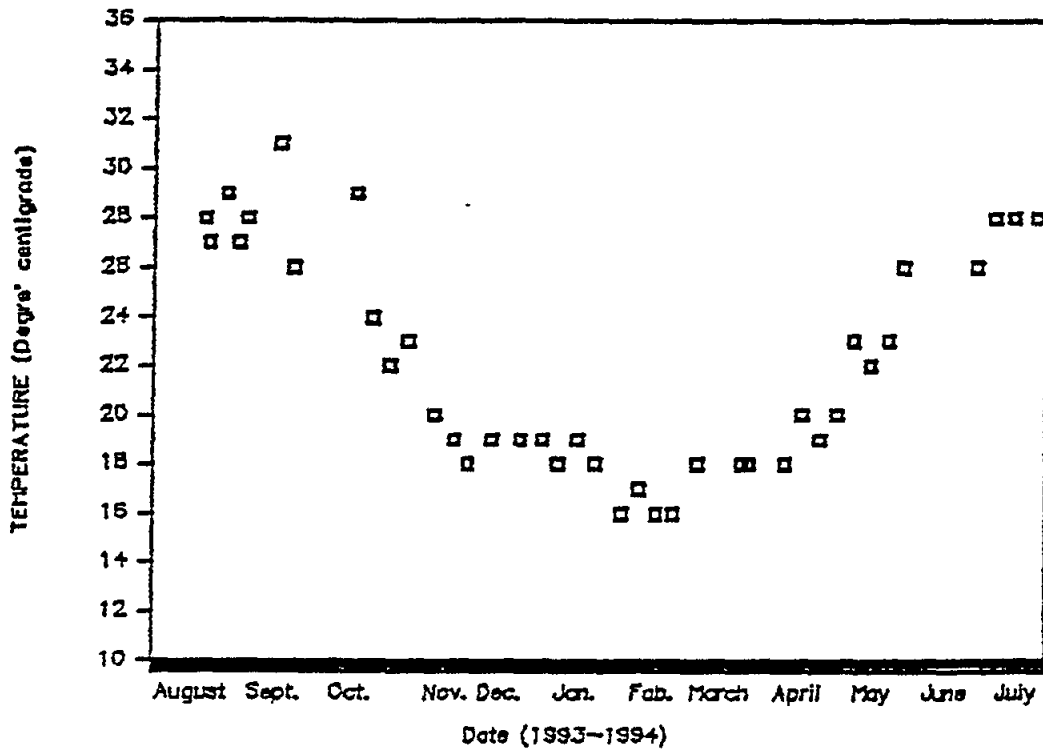


Fig. 2 Cycle annuel de la température des eaux de la station IRM, exprimée en degrés centigrades (°C)

3.1.2 La salinité

Les valeurs de la salinité des eaux ont varié pendant la période d'étude entre 24,5 et 40,4‰. Les eaux de la station EKC ont accusé des différences notables de salinité d'une sortie à l'autre, avec une influence fluviale plus accentuée aux mois d'octobre (1992 et 1993), de mai-juillet 1992 et de février 1994; la plus basse salinité a été ainsi enregistrée en juillet 1992 (figure 3); Ces valeurs de salinité indiquent que les courants peuvent, parfois, être à l'origine d'une baisse notable de salinité en dirigeant les eaux estuariennes vers ce point de prélèvement (EKC). Aux autres stations, les valeurs de la salinité restent supérieures à 36,5‰ et évoluent généralement de la même manière; on enregistre ainsi une légère baisse de la salinité des eaux au mois d'octobre 1992 et en hiver 1993, en raison des pluies ayant lieu durant cette période (figure 3).

3.2 Evolution des paramètres chimiques et biotiques

3.2.1 Le pH

Les valeurs de pH ont varié pendant la première période d'étude (1992) entre 7,8 et 8,1; les mesures effectués indiquent que ce paramètre se comporte de la

même manière dans l'ensemble des stations étudiées. Une légère baisse de pH a été relevée aux mois de mai et de juillet ($\text{pH} = 7,8 - 7,9$) dans les eaux étudiées.

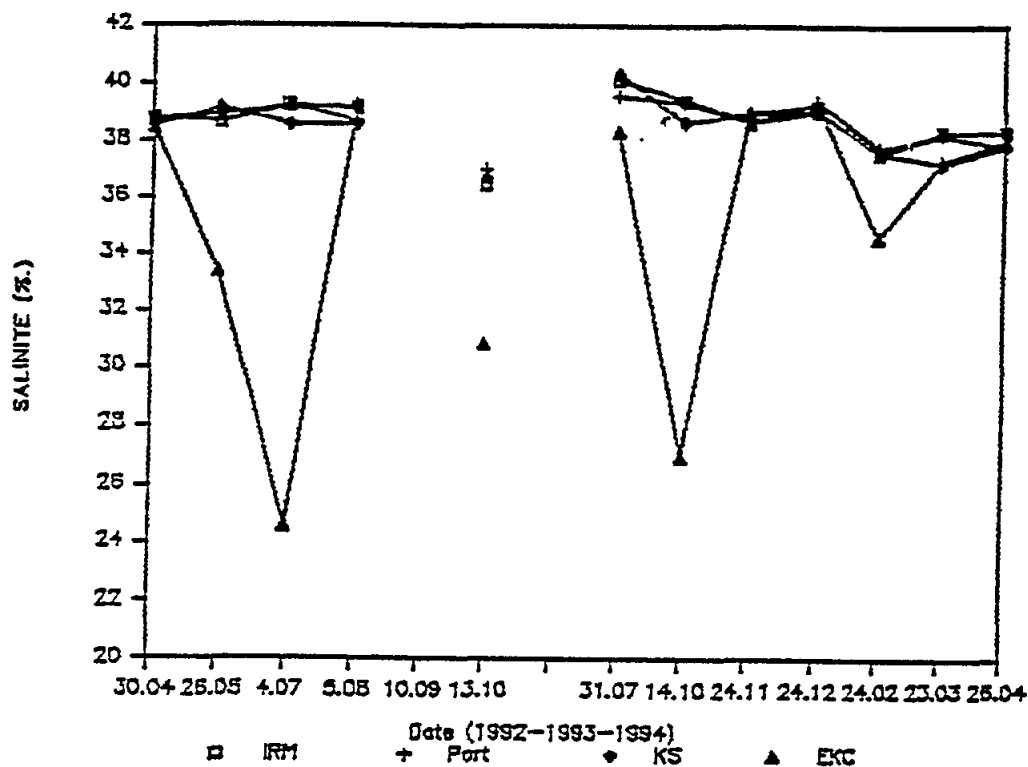


Fig. 3 Variations de la salinité (‰) des eaux

3.2.2 Les orthophosphates

Les teneurs mises en évidence en orthophosphates varient entre 0,0 et 1,4 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ (figure 4). Les teneurs élevées des eaux en orthophosphates sont liées aux apports externes (urbains et/ou estuariens); des teneurs relativement importantes sont également enregistrées en période hivernale (0,0-0,8 $\mu\text{mol.l}^{-1}$), en raison de l'affaiblissement de l'activité biologique du système.

Les eaux de la station IRM sont les plus pauvres en orthophosphates, avec des valeurs variant entre 0,0 et 0,55 $\mu\text{mol.l}^{-1}$. Une chute remarquable de ces teneurs ($[\text{PO}_4^{3-}] = 0,0 \mu\text{mol.l}^{-1}$) a été relevée entre mai et juillet 1992, en raison de l'activité biologique accélérée du milieu à cette période de l'année. Les concentrations maximales d'orthophosphates enregistrées à cette station ont eu lieu en avril et octobre.

Les eaux des stations Port et KS contiennent des concentrations d'orthophosphates relativement élevées. Les variations mises en évidence révèlent une certaine irrégularité traduisant l'interférence des apports externes et des apports internes (cycle biologique) de cet élément nutritif; on enregistre cependant une valeur de l'ordre de 0,0 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ au mois d'avril à la station KS (figure 4).

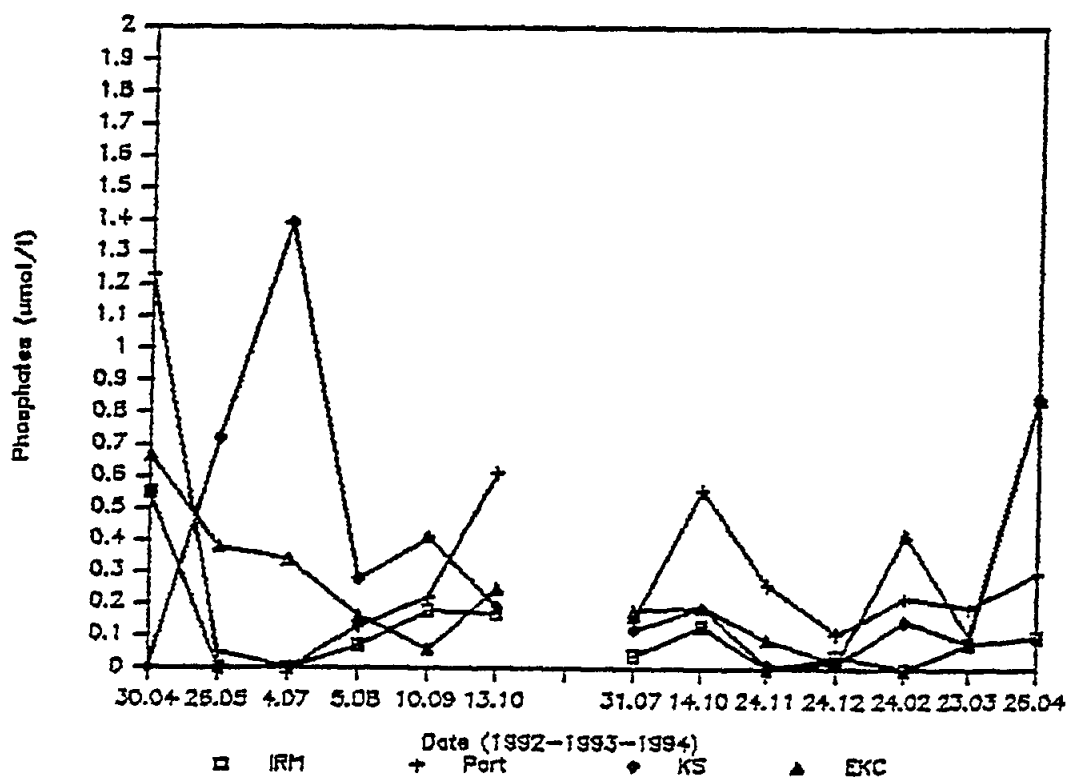


Fig. 4 Variations des orthophosphates, exprimés en $\mu\text{mol.l}^{-1}$, dans les eaux étudiées

Les teneurs des eaux de la station EKC en orthophosphates sont plutôt intermédiaires ($0,02-0,85 \mu\text{mol.l}^{-1}$). Les résultats indiquent que la baisse de salinité enregistrée aux mois de mai-juillet 1992, d'octobre 1993 et de février 1994 ne s'est pas accompagnée de teneurs élevées en phosphore minérale; en même temps, aucune disparition totale des orthophosphates dans ces eaux n'a été relevée.

3.2.3 Les nitrates

La concentration des nitrates dans les eaux étudiées a varié entre $0,06$ et $17,4 \mu\text{mol.l}^{-1}$. Les valeurs les plus élevées ont été enregistrées à la station EKC (figure 5) et pendant les deux périodes d'étude (mai-juillet 1992 et février 1994), en raison d'une influence estuarienne plus marquée, comme l'indiquent les valeurs de la salinité. Les résultats de la première période d'étude témoignent d'une légère baisse de la teneur des eaux des stations KS et Port en nitrates, en mai et en septembre; la station Port a son maximum en août, tandis que la plus grande valeur, pour la station KS, est relevée au mois d'octobre (figure 5). Les eaux de la station IRM sont les plus pauvres en nitrates, et les variations enregistrées indiquent une légère diminution en période printanière.

Les évolutions temporelles des nitrates, pendant la deuxième période, sont bien comparables entre stations avec un enrichissement bien net en février aux

stations EKC, Port et IRM, tandis que le maximum de la station KS s'étale entre février et mars 1994; les valeurs minimales sont enregistrées en décembre et avril.

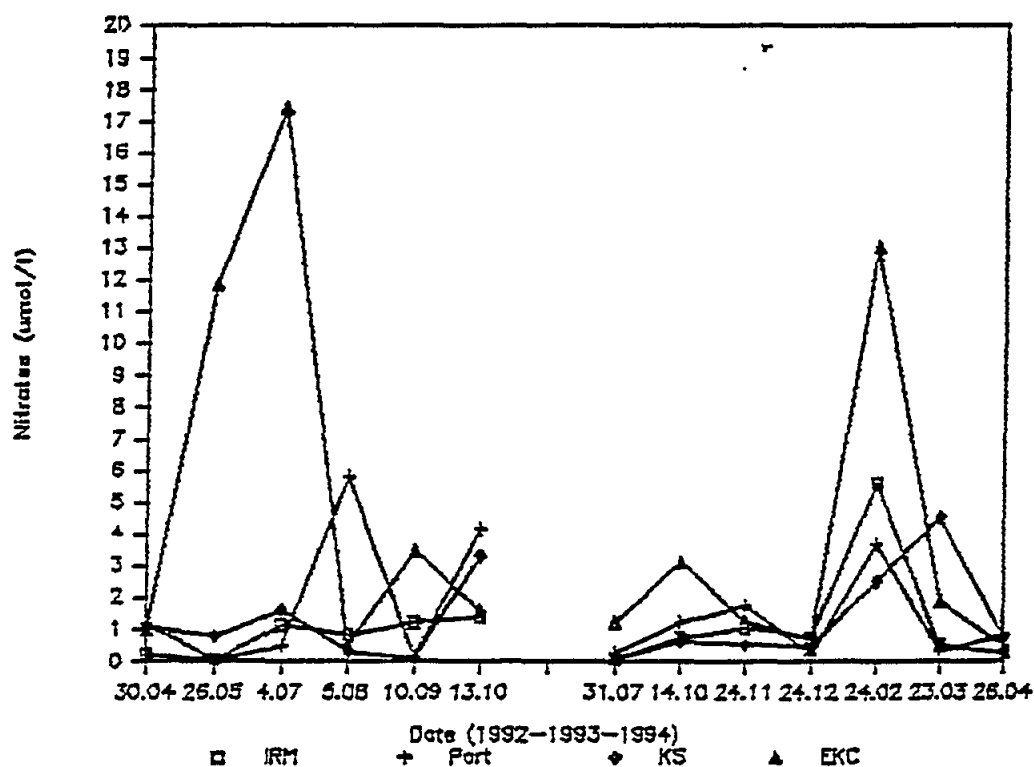


Fig. 5 Variations des nitrates, exprimés en $\mu\text{mol.l}^{-1}$, dans les eaux étudiées

3.2.4 L'ammonium

Les teneurs de l'eau en ammonium ont varié pendant les deux périodes d'étude entre 0,04 et 4,5 $\mu\text{mol.l}^{-1}$. La plus forte valeur a été relevée à la station EKC en raison d'une influence estuarienne plus prononcée (comme pour les nitrates; voir plus haut). D'une manière générale, des valeurs relativement élevées ont été enregistrées entre mai et août à la station KS, alors que les variations marquées (figure 6) concordent mieux dans les stations IRM et Port avec le comportement des autres paramètres chimiques et biotiques. Après une baisse quasi-générale de la concentrations d'ammonium en septembre, les résultats indiquent une nouvelle hausse en octobre dans les eaux de toutes les stations étudiées, avec un maximum bien prononcé à la station Port.

Pendant la deuxième période d'étude, la concentration maximale en ammonium a été enregistrée en février comme pour les autres sels azotés. Les eaux de la station IRM se sont caractérisées par des faibles concentrations d'ammonium, alors que celles des autres stations contenaient des teneurs très comparables et présentaient quasiment les mêmes variations temporelles.

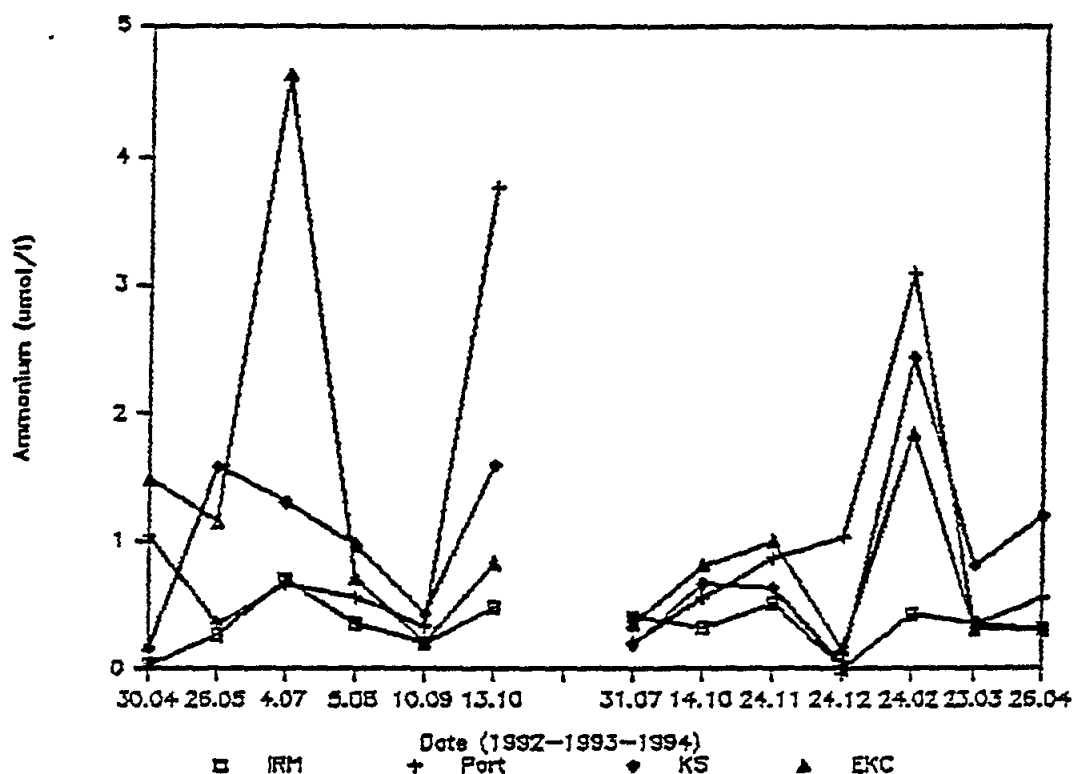


Fig. 6 Variations de l'ammonium, exprimé en $\mu\text{mol.l}^{-1}$, dans les eaux étudiées

3.2.5 Les nitrites

Les teneurs des eaux en nitrites ont varié entre 0,0 et 0,7 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ (figure 7). Les eaux de la station EKC étaient, généralement, les plus chargées en nitrites, avec quatre maxima situés en mai-juillet, septembre 1992, octobre 1993 et février 1994. Les eaux de la station IRM sont, par contre, les plus pauvres en nitrites, avec un maximum très prononcé en septembre 1992. Les eaux des stations Port et KS contiennent des concentrations intermédiaires de nitrites. Les variations temporelles enregistrées dans ces stations sont comparables à celle constatée à la station EKC.

3.2.6 La chlorophylle a

Les concentrations de chlorophylle a mesurées dans les eaux étudiées ont varié entre 0,0 et 3,4 $\mu\text{g l}^{-1}$. Les plus fortes valeurs ont été relevées à la station Port, où on enregistre deux maxima de chlorophylle à chaque période d'étude: avril-mai et septembre 1992, juillet-octobre 1993 et avril 1994.

A la première période d'étude, deux maxima de chlorophylle ont été observés dans les eaux de la station KS (avril-mai et août-septembre) et EKC (juillet et septembre-octobre). A la station IRM, les valeurs de la chlorophylle a sont plutôt moyennes avec un maximum très prononcé en juillet (figure 8).

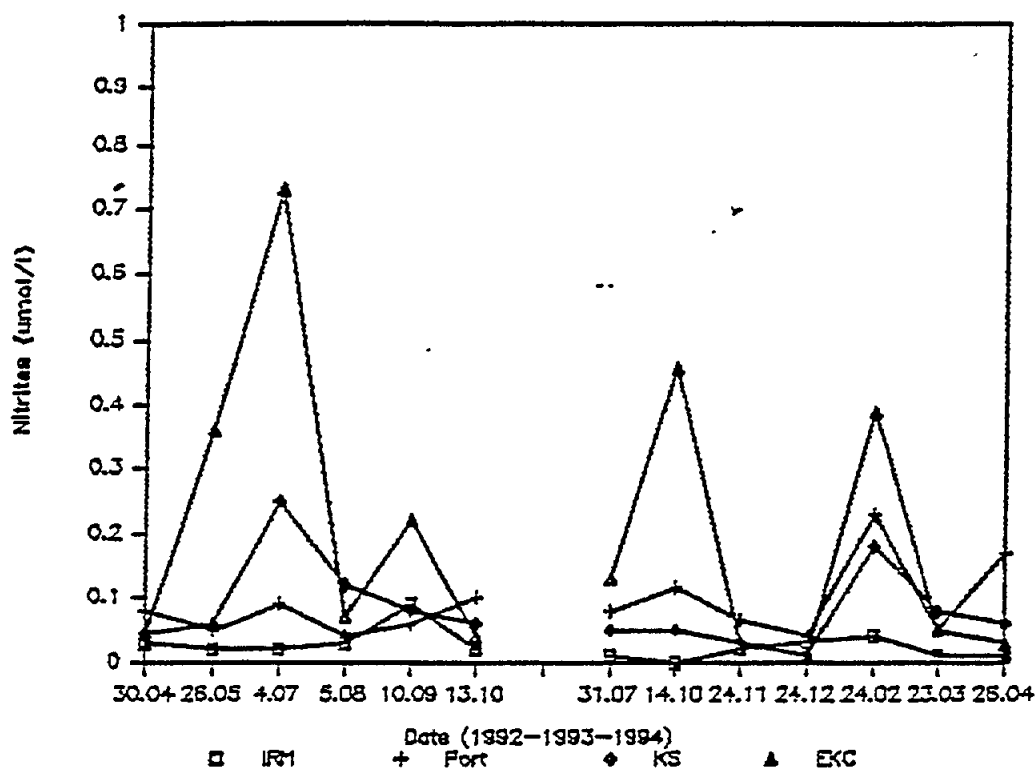


Fig. 7 Variations des nitrites, exprimés en $\mu\text{mol.l}^{-1}$, dans les eaux étudiées

Les variations observées concordaient mieux pendant la deuxième période d'étude, pour toutes les stations étudiées avec deux maxima en juillet-octobre 1993 et avril 1994.

Ces résultats témoignent de la présence de deux poussées phytoplanctoniques, printanière et automnale, dans les eaux étudiées. La station KS se caractérise par ailleurs par le maintien de la chlorophylle *a* en bon état physiologique durant la quasi-totalité de notre période de prélèvement, en raison de l'apport quasi constant en sels nutritifs dans cette station.

3.3 Le phytoplancton

Malgré le fait que la zone étudiée soit limitée à quatre points de prélèvement seulement de la côte de la ville de Lattaquié, nous avons pu identifier 108 espèces phytoplanctoniques appartenant à deux groupes essentiels: les diatomées (61 espèces) et les dinoflagellés (41 espèces); quatre autres groupes ont été représentés par deux espèces pour chacun: les chlorophycées, les cyanophycées, les silicoflagellés et les prymnésiofycées (tableau 1). Les espèces identifiées sont les plus communes en Méditerranée orientale (Lakkis et Zeidan, 1987), à l'exception de *Crucioplacolithus neohelis* et *Ochrosphaera neapolitana*; la première espèce n'est rencontrée en Méditerranée que dans les eaux côtières syriennes (Mayhoub, 1976; Fresnel, 1986).

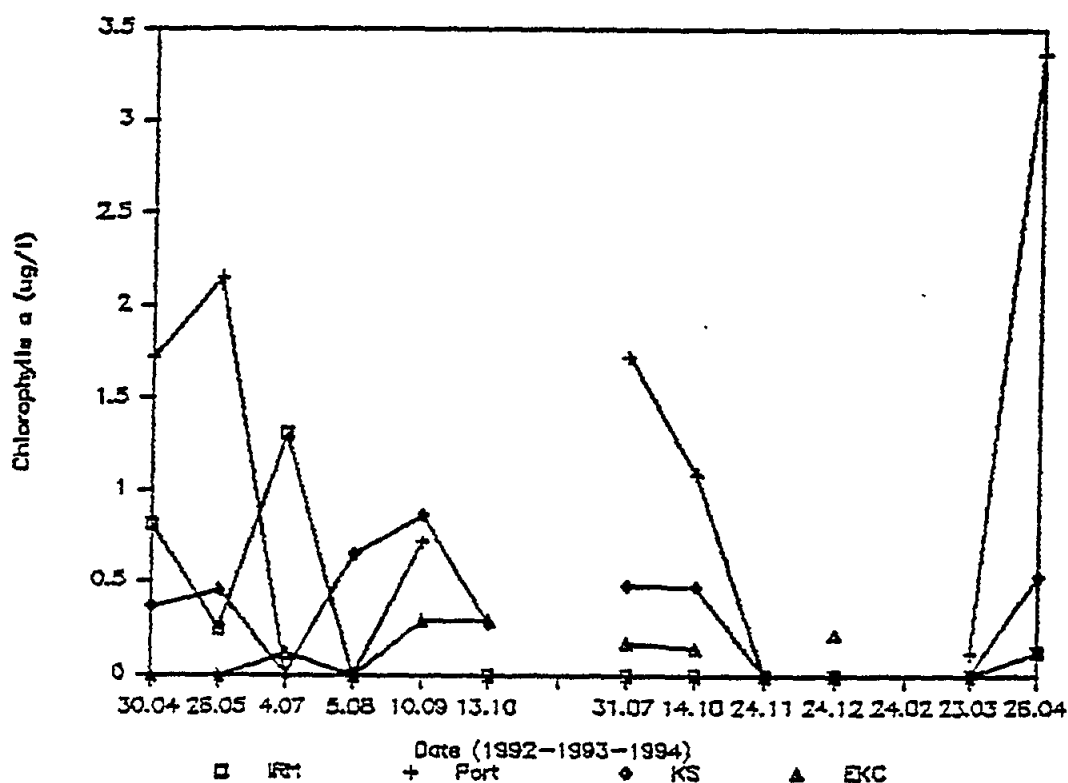


Fig. 8 Variations de la chlorophylle a, exprimée en $\mu\text{g l}^{-1}$, dans les eaux étudiées

Le nombre d'espèces déterminées pendant la deuxième période d'étude montre des variations spatio-temporelles relativement importantes; il oscille entre: 17 (juillet) et 43 (avril) à la station EKC, 14 (juillet, février) et 29 (avril et octobre) à la station KS, 12 (décembre) et 30 (octobre) à la station Port et 18 (décembre) et 52 (avril) à la station IRM. Une nette différence est remarquée, aux quatre stations, entre avril et octobre d'une part, où se trouvent les valeurs maximales, et les autres mois d'autre part; le nombre d'espèces était presque le même entre novembre et février et commence à augmenter en mars pour atteindre son maximum en avril.

Concernant le nombre total d'espèces identifiées à chaque station, il diminue, progressivement du sud vers le nord: 94 (EKC), 89 (KS), 88 (Port) et 70 espèces (IRM). La différence est plus nette entre les trois stations considérées polluées d'une part et la station IRM (considérée propre) d'autre part.

La diversité spécifique a été calculée en utilisant la formule de Margalef (1958):

$$I = S - 1 / \log N$$

où I est l'indice de diversité, S est le nombre d'espèces dans un échantillon et N est le nombre d'individus dans l'échantillon. Cette diversité spécifique a été suivie pour chaque prélèvement afin de caractériser l'évolution et la succession écologique des populations phytoplanctoniques. Les valeurs de cet indice montrent des variations

Tableau 1

Compositions spécifiques du phytoplancton dans les
quatre stations étudiées.

R: rare, A: abondant, C: commun, TA: très abondant,
X: présent, -: absent

ESPECES	STATION			
	EKC	KS	Port	IRM
DIATOMEES				
<i>Achnanthes longipes</i>	X	X	X	-
<i>Amphiprora alata</i>	-	X	X	-
<i>Amphiprora sp.</i>	R	R	R	-
<i>Asterionella Mediterranea</i>	R	-	-	-
<i>A. japonica</i>	R	C	C	X
<i>Amphora sp.</i>	R	R	R	-
<i>Bacillaria paradoxa</i>	R	-	-	-
<i>Bacillaria sp.</i>	X	X	-	-
<i>Bacteriastrium delicatulum</i>	X	-	-	-
<i>B. elegans</i>	X	X	-	-
<i>B. mediterranean</i>	X	X	X	-
<i>Biddulphia alternans</i>	X	-	-	-
<i>B. pelagica</i>	X	-	-	-
<i>B. pellucida</i>	X	-	-	-
<i>B. regia</i>	C	R	R	-
<i>B. mobiliensis</i>	-	-	X	X
<i>Cerataulina pelagica</i>	C	C	C	R
<i>Chaetoceros affinis</i>	C	C	C	R
<i>C. teres</i>	C	C	C	R
<i>C. alata</i>	A	A	A	C
<i>C. compressus</i>	R	R	R	X
<i>C. curvisetus</i>	A	A	R	X
<i>C. didymus</i>	-	-	X	-
<i>C. lauderi</i>	R	R	X	X
<i>C. peruvianus</i>	R	X	X	R
<i>C. pseudocurvisetus</i>	-	-	-	X
<i>Compilodiscus sp.</i>	X	X	X	-
<i>Cocconeis pseudomacrinidia</i>	X	-	-	-
<i>Cocconeis sp.</i>	X	X	X	X
<i>Coscinodiscus sp.</i>	-	-	-	X
<i>Dactyliosolen mediterraneus</i>	R	R	C	-
<i>Detonula moselyana</i>	X	X	X	X
<i>Guninardia blavyana</i>	C	C	C	R
<i>G. flaccida</i>	R	R	R	X
<i>Gyrosigma balticum</i>				

Tableau 1 (cont.)

ESPECES	STATION			
	EKC	KS	Port	IRM
<i>Hemiaulis hauckii</i>	R	R	R	R
<i>H. heirbergii</i>	X	X	-	-
<i>Hemiaulis sinensis</i>	C	R	R	R
<i>Lauderia borealis</i>	R	R	C	R
<i>Leptocylindrus danicus</i>	R	R	R	X
<i>L. minimus</i>	-	X	X	-
<i>Licmophora abbreviata</i>	X	X	X	X
<i>Melosira</i> sp.	C	C	C	R
<i>Navicula membranacea</i>	R	R	X	X
<i>Navicula</i> sp.	R	R	R	R
<i>Nitzchia seriata</i>	A	R	R	R
<i>Rhizosolenia alata</i>	A	A	A	C
<i>R. calcar-avis</i>	A	A	A	C
<i>R. hebetata</i>	R	C	C	X
<i>R. hebetata</i>	R	A	A	X
<i>R. stolterfothii</i>	C	C	C	X
<i>R. stylformis</i>	C	C	C	R
<i>R. imbricata</i>	X	-	-	X
<i>Skeletonema costatum</i>	-	-	-	X
<i>Streptotheca thamesis</i>	-	-	-	X
<i>Surirella</i> sp.	R	-	-	-
<i>Syndra ulna</i>	A	A	A	C
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	C	C	C	R
<i>T.frauenfeldii</i>	C	C	A	C
<i>Thalassiosira decipiens</i>	A	C	C	C
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>	X	R	R	R
<i>Triceratium</i> sp.				
DINOFLAGELLES				
<i>Alexandrium tamarense</i>	R	C	C	R
<i>Amphisolenia calavipes</i>	-	R	R	R
<i>Ceratium arietinum</i>	R	R	R	R
<i>C. furca</i>	C	C	C	R
<i>C. karsteni</i>	X	X	X	X
<i>C. teres</i>	X	X	X	X
<i>C. seta</i>	X	X	X	-
<i>C. tripos</i>	X	X	X	X
<i>C. candelabrum</i>	X	X	X	X
<i>C. egyptiacum</i>	X	R	R	R
<i>Ceratocorys armata</i>	X	R	R	R
<i>Ceratocorys</i> sp.	A	A	A	C
<i>Dinophysis caudata</i>	R	R	R	X
<i>D. tripos</i>				

Tableau 1 (cont.)

ESPECES	STATION			
	EKC	KS	Port	IRM
<i>Diplosalis lenticula</i>	-	R	R	R
<i>Exuviella compressa</i>	X	C	C	R
<i>Gonyaulax polyedricum</i>	X	R	R	X
<i>Gemnodinium sp.</i>	R	R	R	X
<i>G. nelsoni</i>	R	R	R	-
<i>Gonyaulax orientalis</i>	R	C	C	R
<i>G. polygramma</i>	C	C	C	R
<i>G. polyedera</i>	C	C	C	R
<i>G. spinifera</i>	R	R	R	-
<i>Noctiluca scintillans</i>	A	TR	TR	A
<i>Ornithocercus carolinae</i>	R	R	R	-
<i>Ornithocercus sp.</i>	R	R	R	-
<i>Oxytoxum sp.</i>	X	X	X	-
<i>Oxyrrhis marina</i>	-	R	R	-
<i>Phalacroma acutum</i>	C	C	C	R
<i>Protoperidinium prochi</i>	A	A	A	R
<i>P. diabolus</i>	C	C	C	R
<i>P. divergens</i>	C	C	C	R
<i>P. globulus</i>	C	C	C	R
<i>P. steini</i>	A	A	A	R
<i>P. depressum</i>	A	A	A	R
<i>P. quinquecorne</i>	A	TA	TA	A
<i>P. ovatum</i>	-	R	R	-
<i>Prorocentrum micans</i>	-	X	X	-
<i>Podolampas elegans</i>	X	R	R	-
<i>Podolampas sp.</i>				
<i>Pyrophacus sp.</i>				
SILICOFLAGELLES				
<i>Distephanus speculum</i>	R	R	R	C
PRYMNESIOPHYCEES				
<i>Crucioplacolithus neohelis</i>	R	R	R	R
<i>Ochrosphaera neapolitana</i>	R	X	X	X
CHLOROPHYCES				
<i>Pediastrum sp.</i>	C	-	-	-
<i>Eudorina elegans</i>	C	-	-	-
CYANOPHYCES				
<i>Microcystis sp.</i>	R	C	R	-
<i>Merismopedia sp.</i>	R	R	R	-

remarquables entre stations et entre sorties, durant la deuxième période (figure 9); elles varient entre: 1,7 (juillet) et 4,1 (avril) à la station EKC, 1,29 (novembre) et 2,73 (octobre) à la station KS, 1,26 (novembre) et 2,72 (octobre) à la station Port et entre 2,25 (juillet et novembre) et 5,03 (avril) à la station IRM; La dernière station avait, toujours, l'indice le plus élevé (presque le double de ceux enregistrés aux stations Port et KS). Les valeurs minimales ne se retrouvent plus en décembre aux stations Port et IRM, comme c'était le cas pour le nombre d'espèces, mais en novembre, ce qui signifie que l'abondance était plus grande durant ce dernier mois, comme nous verrons plus loin. Les deux stations KS et Port avaient presque les mêmes valeurs pendant toutes les sorties. Les valeurs de l'indice moyenne, sont: 3,01 (IRM), 1,75 (Port), 1,82 (KS) et 2,46 (EKC).

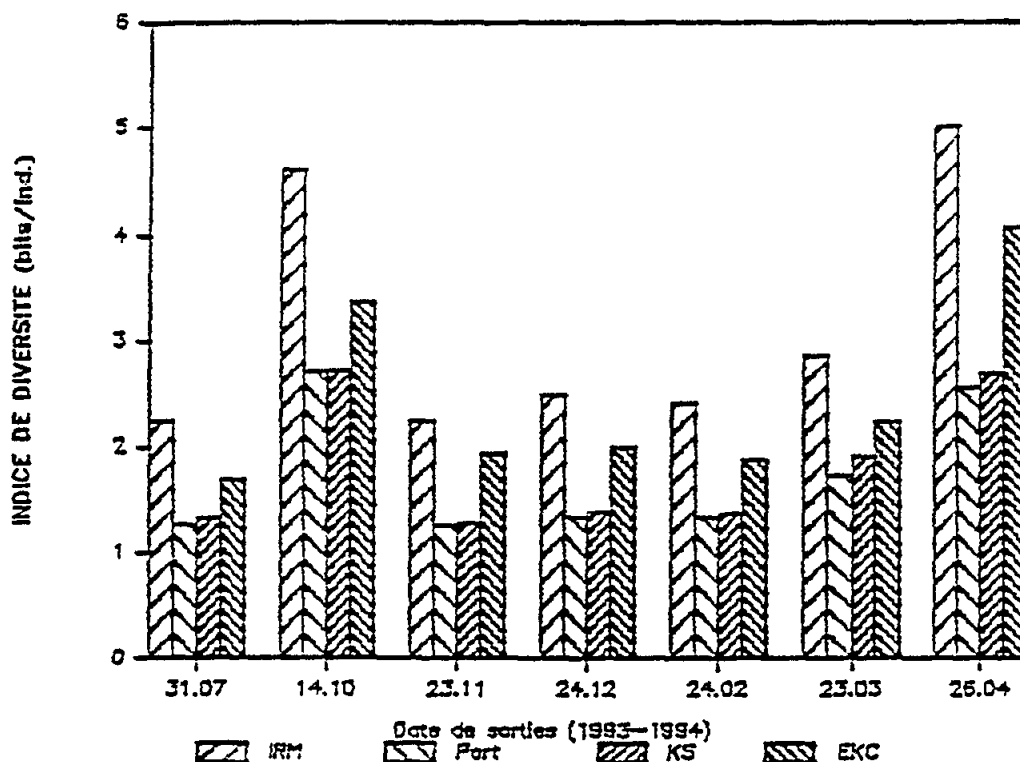


Fig. 9 Evolution spatio-temporelle de l'indice de diversité (bits.ind.⁻¹)

Le coefficient de similitude (Cs), est calculé à partir de la formule:

$$Cs = 2 \cdot C / a + b$$

où C est le nombre commun d'espèces aux deux stations considérées, a et b étant le nombre total d'espèces dans les deux stations respectives; la station IRM a été prise comme station de référence. Les valeurs obtenues pour ce coefficient, montrent que la station Port (la plus proche de IRM) est la plus similaire à la station de référence IRM où Cs varie entre 0,55 et 0,8 (M = 0,72) suivie par KS (Cs = 0,53-0,63 (M = 0,58)). La station EKC (la plus loin de IRM) avait le coefficient le plus faible (0,37-0,53 avec une moyenne de 0,41). Les valeurs maximales de ce coefficient sont enregistrées en juillet et décembre et celles les plus faibles en février.

3.3.1 Abondance totale de phytoplancton

Nous constatons à partir de la figure 10 que la densité de cellules phytoplanctoniques par litre d'eau de mer, montre des variations spatio-temporelles remarquables.

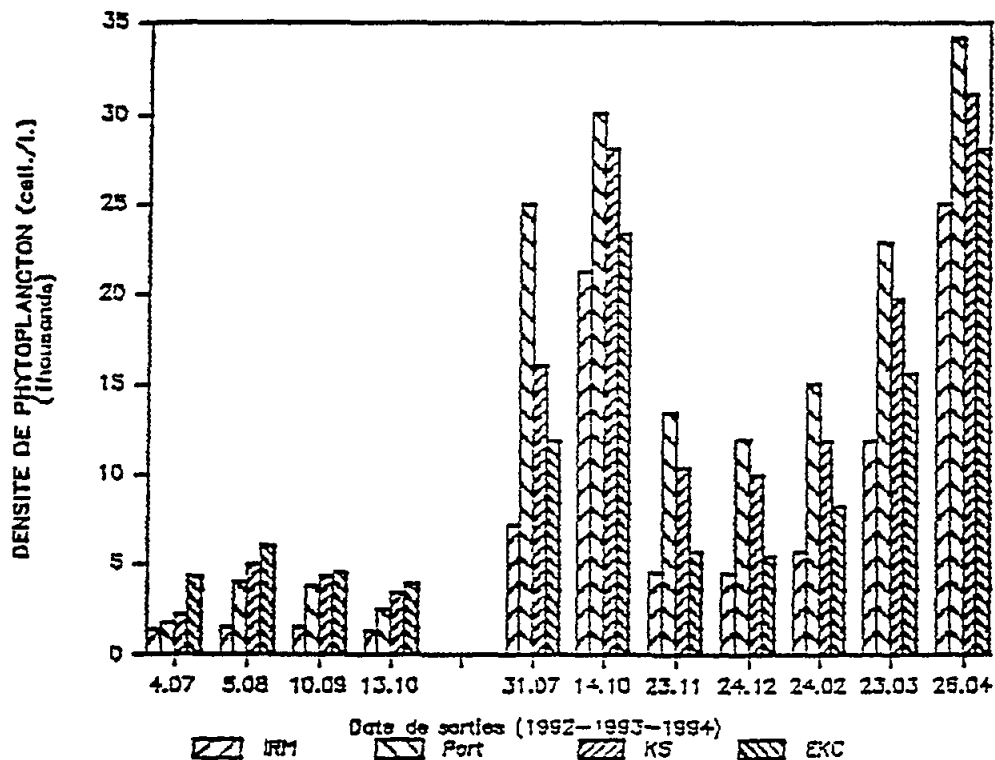


Fig. 10 Evolution spatio-temporelle de la densité totale du phytoplancton

A la première période, durant laquelle les cellules ayant une taille supérieure à 20 microns ont été seulement déterminées, la station IRM était la plus pauvre en cette catégorie de cellules phytoplanctonique et le nombre de cellules était presque le même durant les quatre sorties; l'abondance augmente progressivement vers la station du sud (EKC). Les valeurs maximales ont été enregistrées en août, aux quatre stations et commencent à diminuer en septembre aux stations EKC et KS.

La densité du phytoplancton, pendant la deuxième période, montre deux maxima (figure 10) aux quatre stations: le plus fort se situe en avril et le deuxième en octobre; un autre pic, relativement important, est enregistré en juillet (station Port). La station Port avait toujours la densité la plus forte avec un maximum de 34000 cell.l⁻¹ (avril), suivie par la station KS puis par EKC. La station IRM est toujours la plus pauvre. Les valeurs minimales ont été enregistrées en décembre, aux quatre stations. La différence entre stations était minimale au moment du maximum de l'abondance.

3.3.2 Abondance de diatomées

Les diatomées ont constitué entre 20 et 80% de la densité totale de phytoplancton pendant la première période (20% en été et 80% au printemps). La contribution de ce groupe à l'abondance totale, durant la deuxième période, a varié entre 59 et 92%: 64-92% (EKC), 60-90% (KS), 59-89% (Port) et 63-91 (IRM). Les plus faibles valeurs sont enregistrées, comme pour la première période, en été (juillet) et celles les plus fortes en février.

Concernant l'évolution spatio-temporelle de la densité des diatomées, nous constatons au vu de la figure 11 qu'elle ressemble beaucoup à celle de la densité totale du phytoplancton. La station EKC était la plus riche en diatomées ayant une taille supérieure à 20 microns, pendant la première période, avec un déplacement du maximum vers septembre. La station Port a pris l'avantage pendant la deuxième période et les valeurs maximales se trouvent toujours en avril et en octobre, aux quatre stations.

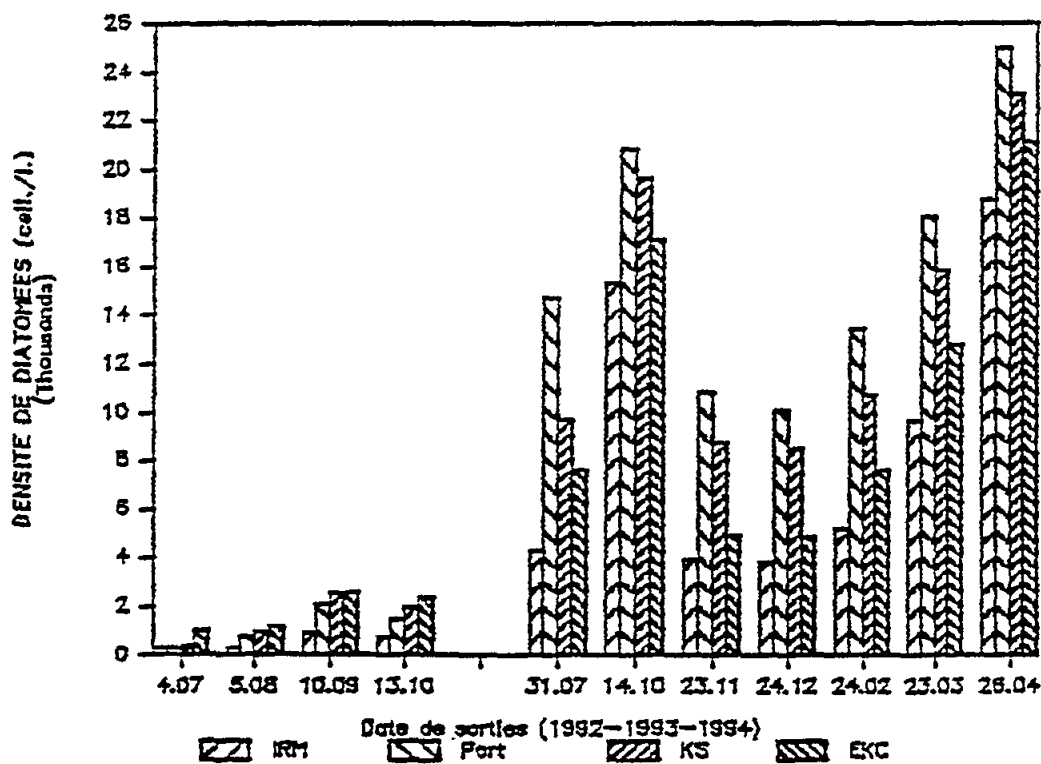


Fig. 11 Evolution spatio-temporelle de la densité de diatomées

Les espèces dominantes des diatomées sont: *Chaetoceros compressus*, *C. didymus*, *Rhizosolenia alata*, *R. stolterfothii*, *R. calcar-avis*, *Thalassionema nitzschioides*, *Thalassiosira decipiens*.

3.3.3 Les dinoflagellés

Ils sont, pratiquement, les seuls concurrents des diatomées. Ils ont formé jusqu'à 80% de la densité totale du phytoplancton pendant la première période (été); leur contribution à l'abondance totale a varié entre 8% (février) et 40% (juillet) durant la deuxième période.

L'évolution spatio-temporelle de la densité de ce groupe montre aussi que les stations EKC et Port ont été les plus riches en dinoflagellés, à la première et à la deuxième période respectivement (figure 12). Nous constatons que les dinoflagellés étaient les plus abondants en été (juillet et août), durant la première période, avec un seul maximum en août. Pendant la deuxième période, nous constatons une nette diminution de la densité de dinoflagellés en hiver; cette densité commence à augmenter en mars. Trois pics remarquables ont été enregistrés en juillet, en octobre et en avril avec un maximum de 10300 cell.l⁻¹ à la station Port (juillet). La station IRM est aussi la plus pauvre en dinoflagellés.

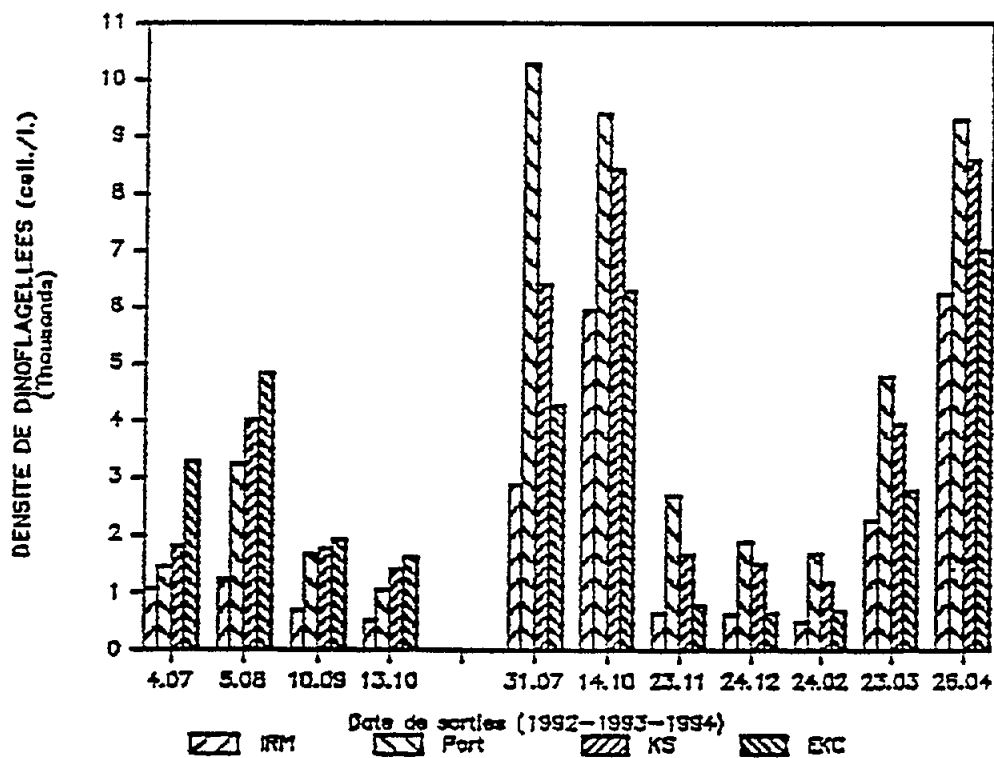


Fig. 12 Evolution spatio-temporelle de la densité de dinoflagellés

Dans le groupe de dinoflagellés, il y a des espèces qui dominent toutes les autres espèces phytoplanctoniques, telles: *Prorocentrum micans* qui a constitué > 50% de la densité totale de phytoplancton supérieur à 20 microns en été 1992, et *Noctiluca scintillans*, au premier rang, suivi par *Protoperdinium quinquecorne*, *P. diabolis* et *Dinophysis caudata*, au deuxième rang.

3.4 Le zooplancton

L'étude de la composition spécifique, de l'abondance et de la biomasse des différentes espèces et groupes zooplanctoniques a fait ressortir des variations spatio-temporelles importantes au cours des deux ans d'étude et aux quatre stations explorées.

3.4.1 Composition spécifique

Plus de 160 espèces zooplanctoniques, dont 76 de copépodes, ont été déterminés dans les 50 échantillons étudiés; les 84 autres espèces appartiennent à 15 autres groupes (tableau 2).

Le nombre d'espèces zooplanctoniques défini pendant les différentes sorties a oscillé entre: 15 et 33 à la station EKC, 12 et 39 à la station KS, 17 et 35 à la station Port et entre 16 et 48 espèces à la station IRM. Les limites supérieures pour les quatre gammes se trouvent toujours en décembre (période hivernale), tandis que les limites inférieures sont enregistrées en périodes post-printanière et estivale (en mai aux stations IRM et Port, en avril et juillet à la station EKC et en juillet et août à la station KS).

Le nombre total d'espèces déterminées a accusé une nette augmentation du sud vers le nord de la zone étudiée: 71 (EKC), 85 (KS), 89 (Port) et 113 espèces à la station IRM; autrement dit, la station IRM (considérée propre) est plus riche en nombre d'espèces que les trois autres stations (considérées polluées).

Les résultats de calcul de l'indice de diversité spécifique montrent que cet indice subit des variations relativement importantes. Il varie entre:

1,5 et 5,53 bits.ind.⁻¹ (M = 3,94) à la station EKC
1,7 et 8,47 bits.ind.⁻¹ (M = 4,24) à la station KS
2,34 et 8,57 bits.ind.⁻¹ (M = 4,70) à la station Port
2,9 et 8,03 bits.ind.⁻¹ (M = 4,62) à la station IRM

L'indice moyen le plus faible est enregistré à la station EKC et augmente vers le nord pour arriver à son maximum à la station (Port) et non pas à la station IRM comme c'était le cas pour le nombre d'espèces total; ce qui peut être dû à l'abondance élevée à la station IRM en février. Concernant l'évolution temporelle de l'indice de diversité, ses valeurs les plus fortes ont été enregistrées durant la période thermiquement froide (novembre, décembre et février) correspondant à une densité faible du zooplancton; les plus faibles valeurs ont été enregistrées entre mai et juillet, période durant laquelle l'abondance de zooplancton était maximale comme nous verrons plus loin.

Les valeurs du coefficient de similitude (Cs), calculé en adoptant IRM comme station de référence, indiquent que la station Port est la plus similaire à IRM du point de vue de la diversité et de l'abondance (Cs = 0,88), suivie par KS (Cs = 0,8), alors que EKC avait le coefficient le plus bas (Cs = 0,7), ce qui montre une augmentation progressive de ce coefficient, du sud vers le nord.

Tableau 2

Composition spécifique des différents groupes zooplanctoniques
présents dans les stations étudiées.

A: abondant, TA: très abondant, C: commun, R: rare,
X: présent, - : absent

GROUPES	STATION			
	IRM	Port	KS	EKC
COPEPODES				
<i>Acartia clausi</i>	C	A	C	R
<i>A. discaudata</i>	-	A	C	-
<i>A. grani</i>	-	A	C	-
<i>Anomalocera patersoni</i>	-	-	X	-
<i>Auetideus armata</i>	R	-	-	-
<i>Calanus attenticus</i>	X	-	-	-
<i>C. minor</i>	R	X	X	R
<i>C. tenuicornis</i>	R	-	-	-
<i>C. brevicornis</i>	X	-	-	-
<i>Candatia armata</i>	C	-	-	R
<i>C. bispinosa</i>	-	X	X	-
<i>C. pibinnata</i>	-	X	X	-
<i>C. simplex</i>	X	-	X	-
<i>C. varicans</i>	-	-	X	-
<i>C. aetheopica</i>	C	C	C	C
<i>Clausocalanus furcatus</i>	TA	TA	TA	TA
<i>C. arcuicornis</i>	A	A	A	A
<i>C. arcuicornis</i>	C	C	C	C
<i>Ctenocalanus vanus</i>	C	C	C	C
<i>Pseudocalanus sp.</i>	X	X	X	X
<i>P. elongata</i>	-	-	X	-
<i>Calocalanus pavo</i>	-	-	X	-
<i>Eucalanus attenuatus</i>	C	X	-	-
<i>E. monachus</i>	-	-	-	X
<i>E. elongata</i>	A	A	A	A
<i>Paracalanus parvu</i>	R	C	C	C
<i>P. grassus</i>	-	X	X	X
<i>P. nanus</i>	X	X	-	-
<i>Rhincalanus nasutus</i>	X	X	X	X
<i>Centropages kroyeri</i>	R	R	R	R
<i>C. cherchei</i>	X	-	-	X
<i>C. typicus</i>	X	-	R	X
<i>C. violaceus</i>	X	X	X	X
<i>Corycella rostrata</i>	X	-	-	X
<i>Corycaeus furcatus</i>				

Tableau 2 (cont.)

GROUPES	STATION			
	IRM	Port	KS	EKC
<i>C. typicus</i>	X	X	-	X
<i>C. flaccus</i>	-	X	X	-
<i>C. giesbrechi</i>	-	X	X	-
<i>C. brehmi</i>	X	X	X	X
<i>C. clausi</i>	C	C	C	C
<i>C. latus</i>	C	C	C	C
<i>Clytemnestra scutellatta</i>	X	R	R	R
<i>Cymbisoma regidum</i>	-	X	-	-
<i>Euchaeta curta</i>	X	-	-	-
<i>E. marina</i>	-	-	X	-
<i>Euaugaptilus hecticus</i>	-	X	-	-
<i>Euterpina acutifrons</i>	C	C	C	C
<i>Euaetideus giebrechti</i>	X	X	-	-
<i>Isias clavipes</i>	X	X	X	-
<i>Isias clavipes</i>	X	-	-	-
<i>Isoechaeta hebes</i>	X	-	-	-
<i>I. ovalis</i>	X	X	X	X
<i>Labidocera acutifrons</i>	-	X	-	-
<i>L. bavo</i>	X	-	-	-
<i>L. bruscence</i>	-	X	X	X
<i>L. wollaston</i>	X	X	X	X
<i>Lucicutia flavicornis</i>	X	X	X	X
<i>L. ovalis</i>	-	X	X	X
<i>Microstella rosea</i>	X	X	X	X
<i>Macrostella gracilis</i>	C	C	C	C
<i>Mecynocera clausi</i>	C	C	C	C
<i>Oithona plumifera</i>	A	A	A	A
<i>O. nana</i>	X	X	-	-
<i>O. hebes</i>	X	-	-	-
<i>O. brevicornis</i>	-	-	-	X
<i>O. helgolendica</i>	R	C	R	R
<i>Oncaea curta</i>	R	C	R	R
<i>O. media</i>	-	R	R	R
<i>Phaenna spenifera</i>	X	X	X	X
<i>Pleurommama abdominalis</i>	-	-	X	X
<i>P. gracilis</i>	X	-	-	-
<i>Pontella la bianca</i>	A	C	C	C
<i>P. plumata</i>	-	-	X	X
<i>Temora stylifera</i>	-	X	-	-
<i>T. longicauda</i>				
<i>T. acutifrons</i>				

Tableau 2 (cont.)

GROUPE	STATION			
	IRM	Port	KS	EKC
<i>Sapphirina opalina</i>	X	X	X	X
<i>S. metalis</i>	X	X	X	X
CHAETOGNATHES				
<i>Sagitta inflata</i>	C	C	C	C
<i>S. frederici</i>	X	R	R	R
<i>S. lyra</i>	-	X	-	-
<i>S. minima</i>	X	X	X	X
<i>S. setosa</i>	X	R	R	R
<i>S. serratodendata</i>	-	X	X	X
<i>S. bunctata</i>	X	X	X	X
LARVES DES CRUSTACES				
Nauplii des copépodes	C	C	C	C
Zoé d'euphausiacés	X	R	R	R
Metanauplius de				
<i>Meganoctiphanes norvegica</i>	X	X	X	X
<i>Caligus rapax</i>	R	C	X	R
<i>Eupagerrus bernhardus</i>	R	R	R	X
Trachelifer " <i>Jaxea noctura</i> "	-	X	X	X
<i>Gennades elongata</i>	X	-	-	-
<i>Municha banffica</i>	X	R	R	R
<i>Porcellana longicornis</i>	-	X	X	X
<i>Portunus puber</i>	X	R	R	X
<i>Eriphia spinifrons</i>	X	X	X	X
LUCIFER				
<i>Lucifer acestra</i>	X	X	X	X
APPENDICULAIRES				
<i>Oikopleura dioica</i>	A	A	A	A
<i>O. albicans</i>	R	X	X	R
<i>O. fusiformis</i>	C	C	R	R
<i>O. longicauda</i>	C	C	C	C
<i>O. helgolendicus</i>	R	R	R	X
<i>Fritillaria formica</i>	-	X	X	-
<i>F. haplostoma</i>	-	-	X	X
<i>F. megachile</i>	R	R	X	X
<i>Kowalewskia tenuis</i>	-	-	X	X
<i>Stegosomma magnum</i>	X	X	-	-

Tableau 2 (cont.)

GROUPES	STATION			
	IRM	Port	KS	EKC
PTEROPODES				
<i>Limacina inflata</i>	C	C	C	C
<i>L. bulloides</i>	-	-	-	X
<i>Cavolinia inflexa</i>	X	X	-	-
<i>Creseis acicula</i>	X	X	X	X
<i>Peraclis reticulata</i>	-	-	-	X
CLADOCERES				
<i>Evadne nordmani</i>	X	X	X	R
<i>E. tergestina</i>	X	C	X	R
<i>E. spinifera</i>	X	R	X	R
<i>Podon intermedius</i>	X	-	-	-
MEDUSES				
<i>Aglaura hemistomas</i>	R	R	X	X
<i>Clytia noliiformis</i>	-	X	X	X
<i>Obelia sp.</i>	X	X	X	X
<i>Phialidium tetraphylla</i>	X	-	-	-
<i>Ph. hemisphaericum</i>	X	X	X	X
<i>Podocoryne carnea</i>	-	-	X	-
<i>Rhopalonema velatum</i>	-	-	X	X
SIPHONOPHORES				
<i>Agalma okeni</i>	-	X	X	X
<i>A. elegans</i>	-	-	-	X
<i>Abylopsis tetragona</i>	X	X	X	X
<i>A. eschlsoltz</i>	X	X	X	X
<i>Bassia bassinum</i>	X	X	X	-
<i>Diphys dispar</i>	-	X	X	X
<i>Enneagonum hyalinum</i>	-	-	X	-
<i>Eudoxoide spiralis</i>	R	R	R	R
<i>Hippopodium hippopus</i>	X	-	-	-
<i>Lensia subtilis</i>	-	X	X	X
<i>L. companella</i>	-	X	X	-
<i>Liliopsis rosea</i>	X	X	X	X
<i>Muggiea kochi</i>	X	-	-	X

Tableau 2 (cont.)

GROUPES	STATION			
	IRM	Port	KS	EKC
ANNELIDES POLYCHETES + LARVES				
<i>Lopadorhynchus unicatus</i>	X	X	X	X
<i>Pygospio elegans</i>	X	X	X	X
<i>Polydora ciliata</i>	X	X	X	X
<i>Disoma multisetosum</i>	-	X	X	X
<i>Sagitella kovalevskyi</i>	-	-	-	X
<i>Lanica conchilega</i>	X	-	-	-
<i>Larve de Polynoinien</i>	X	-	-	-
<i>Torrea candida</i>	X	-	-	-
OSTRACODES				
<i>Conchoecera obtusata</i>	R	X	X	X
<i>Cypridina mediterranea</i>	R	X	X	X
<i>Cythersus tuberculata</i>	X	X	X	X
<i>Cytheridia papillosa</i>	X	X	X	X
<i>Loxoconche tamarindus</i>	X	X	X	X
<i>Philomedes globosa</i>	-	X	R	-
MYSIDACES				
<i>Eucopia sculpticauda</i>	-	-	X	-
<i>Siriella thomopsani</i>	X	-	X	-
<i>Schistomysis ornata</i>	X	-	-	-
AMPHIPODES				
<i>Anchylomera blossevillei</i>	-	-	-	X
<i>Hyperia latissima</i>	-	-	-	X
<i>Hyperoides longipas</i>	X	-	-	-
CTENOPHORES				
<i>Beroe forskali</i>	-	-	X	-
LARVES CIRRHIPÉDES				
<i>Lepas anatifera</i>	C	C	C	C
THALIACES				
<i>Salpa fusiformis</i>	-	X	-	-
<i>Thalia democratica</i>	X	X	-	-
<i>Doliolum nationalus</i>	-	X	-	-
RADIOLAIRES	X	X	X	X

3.4.2 Evolutions spatio-temporelles de l'abondance

3.4.2.1 Abondance totale de zooplancton

L'abondance totale de zooplancton a montré des variations spatio-temporelles remarquables (figure 13). D'une façon générale, le zooplancton était plus abondant pendant la première période d'étude (1992) que pendant la deuxième (octobre 1993 jusqu'à avril 1994). L'abondance maximale est enregistrée au mois de juillet aux stations EKC, KS et Port (considérées polluées) où nous avons compté 10000 individus m^{-3} (maximum) à la station EKC et plus de 3770 i. m^{-3} aux stations Port et KS; l'abondance diminue brusquement entre juillet et août aux stations EKC, KS tandis qu'elle reste importante à la station Port (3150 i. m^{-3}). Concernant la station IRM, nous avons observé deux pics modérés d'abondance: l'un se produit en juillet (1016 i. m^{-3}) et l'autre, le plus grand, se situe en septembre (1200 i. m^{-3}) et présente un maximum pour les quatre stations durant ce mois. La station EKC montre une faible poussée en octobre.

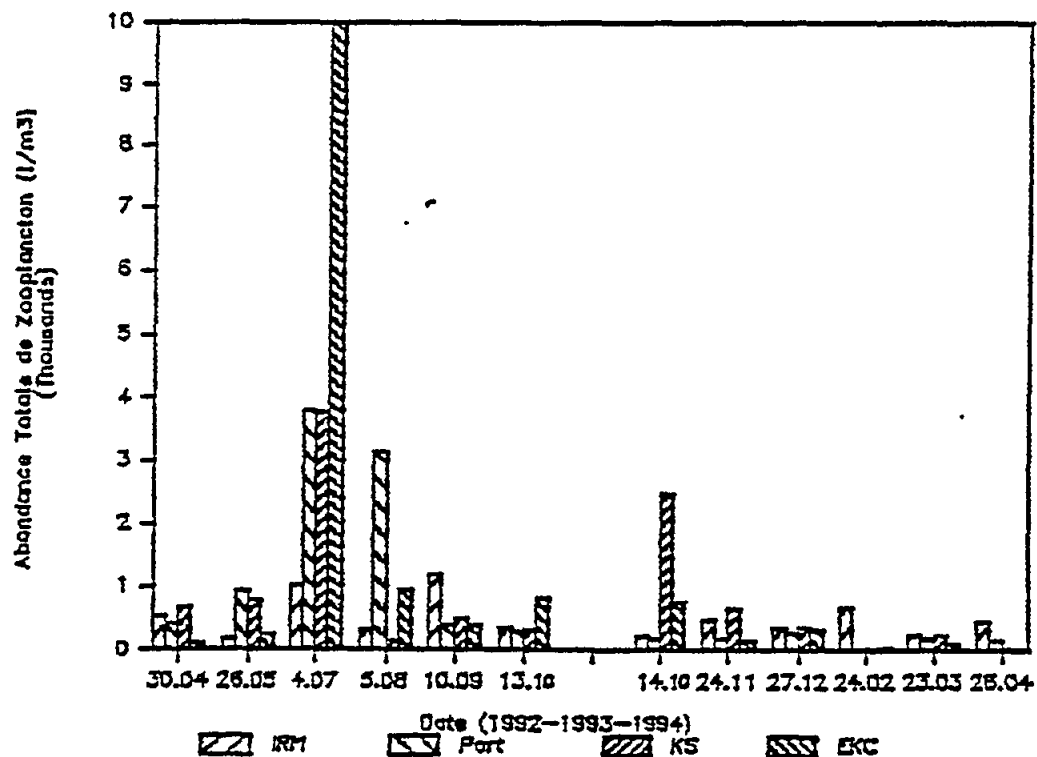


Fig. 13 Evolutions spatio-temporelles de l'abondance du total de zooplancton (individus m^{-3})

Un seul pic remarquable de densité a été observé pendant la deuxième période, celui de la station KS en octobre 1993 avec 2500 i. m^{-3} . La station KS est restée la plus riche en zooplancton durant novembre et décembre pour laisser l'avantage à la station IRM aux trois dernières sorties avec un maximum en février

(685 i.m^{-3}). L'abondance minimale est enregistrée en février à la station Port (16 i.m^{-3}) et en mars aux stations EKC et KS (28 et 35 i.m^{-3} respectivement).

L'abondance moyenne des différents échantillons, et pour chaque station, montre une diminution de plus de 50%, de sud vers le nord: 1165 i.m^{-3} (EKC), 839 i.m^{-3} (KS), 828 i.m^{-3} (Port) et 505 i.m^{-3} (IRM).

3.4.2.2 Abondance des copépodes

Les copépodes sont le groupe le plus important au sein de la communauté zooplanctonique tant en nombre d'espèces (78) qu'en abondance où ils constituent souvent plus de 80 %, et atteignent par foir jusqu'à 99%, de l'abondance totale de zooplancton. Leur plus faible contribution à l'abondance totale est enregistrée en février (IRM) et en mars (EKC, KS et Port).

Vu leur grande dominance, l'évolution spatio-temporelle de l'abondance des copépodes (figure 14) a la même allure que celle du zooplancton total, sauf aux mois de février et de mars 1994, en raison de la dominance d'autres groupes tels que les larves des cirripèdes. Nous constatons au vu de la figure 14 que l'abondance maximale des copépodes est aussi enregistrée en juillet pour les stations EKC, KS et Port, avec un maximum de 9977 i.m^{-3} à la station EKC, et en septembre pour la station IRM et que les copépodes ont été beaucoup plus abondants à la première période qu'à la deuxième.

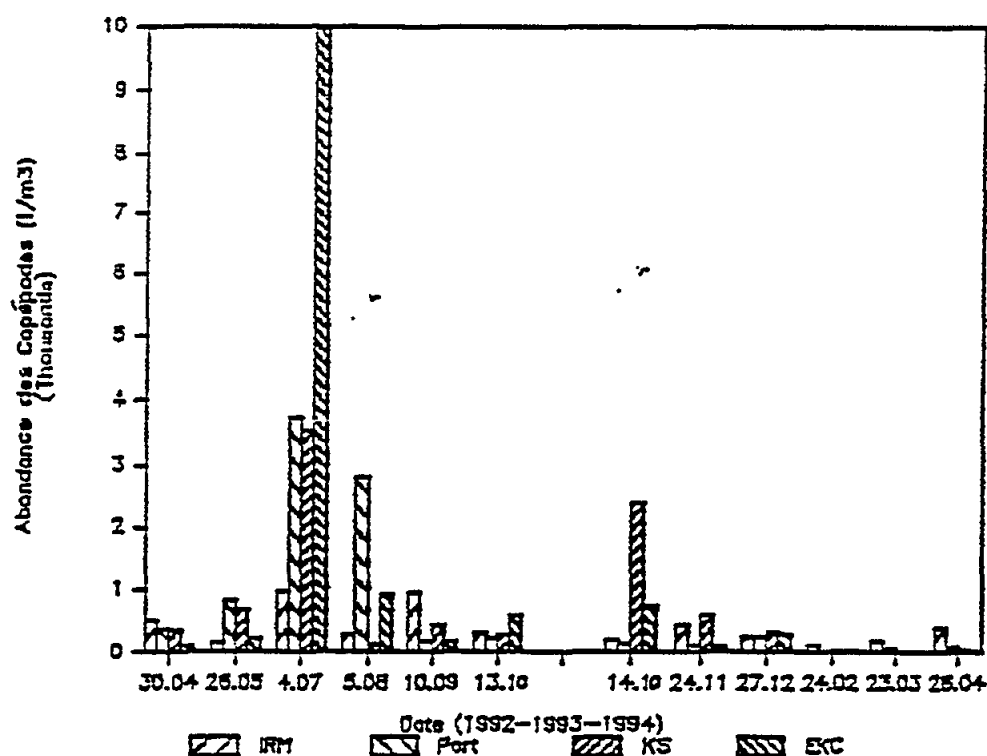


Fig. 14 Evolutions spatio-temporelles de l'abondance des copépodes (individus m^{-3})

Les espèces dominantes, dans ce groupe sont presque les mêmes dans la plupart des échantillons étudiés: *Clausocalanus furcatus*, *C. arcuicornis*, *Paracalanus parvu* qui viennent au premier rang et *Temora stylifera*, *Euterpina arcuicornis*, *Centropages* sp. qui occupent souvent la deuxième place. En avril 1992, les espèces *Oithona nana*, *O. plumifera*, *Euterpina acutifrons* et *Temora stylifera* ont dominé les autres espèces dans les quatre stations, la même situation est observée en mai aux stations EKC et KS. D'autres espèces comme celles du genre *Corycoeus* ont été très abondantes surtout à la deuxième période. Les espèces du genre *Acartia*, surtout *A. grani* et *A. discaudata*, sont présentes en nombre relativement important à la station (Port) et en nombre plus faible aux stations EKC et KS.

Ces sont les appendiculaires qui occupent la deuxième place en abondance après les copépodes dans la plupart des échantillons avant les chaetognathes et les larves des crustacés.

3.4.3 Evolution de la biomasse

L'étude de la biomasse est nécessaire pour évaluer le stockage en matière vivante du milieu étudié.

L'évolution spatio-temporelle de la biomasse totale du zooplancton (figure 15) montre aussi des grandes oscillations, mais moins fortes que celles de l'abondance.

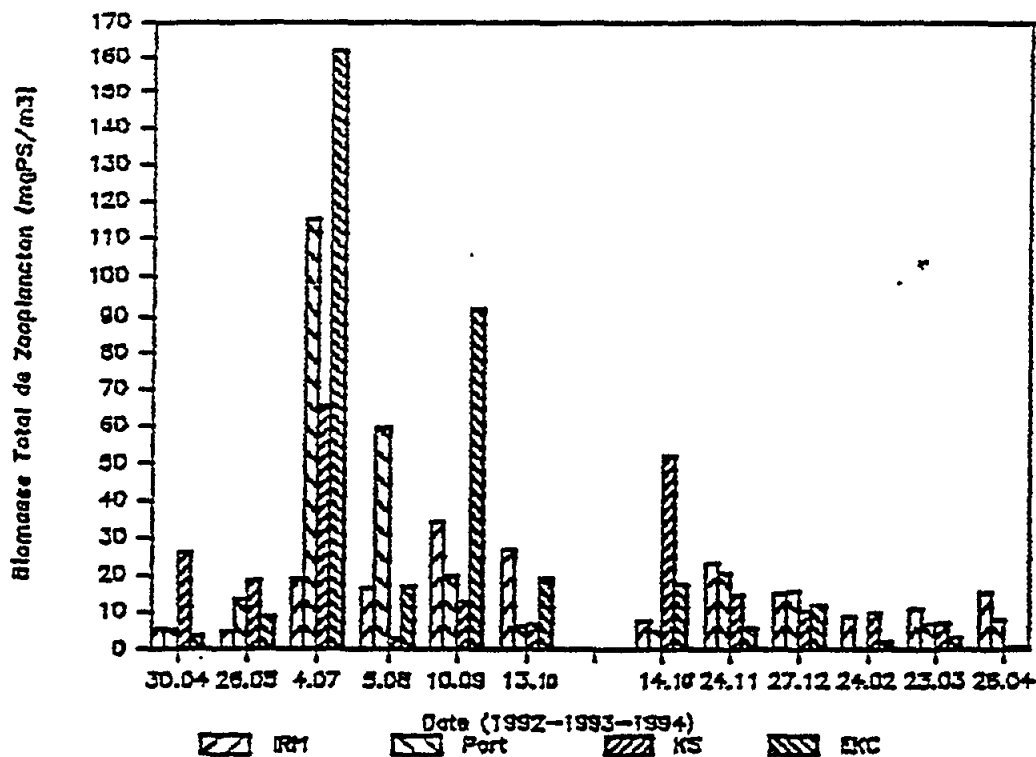


Fig. 15 Evolutions spatio-temporelles de la biomasse totale du zooplancton (mg.PS.m⁻³)

Les biomasses obtenues à la première période sont en général plus fortes que celles de la deuxième. Les valeurs de la biomasse les plus élevées sont enregistrées, comme pour l'abondance, en juillet aux stations EKC, KS et Port (considérées polluées) avec 162, 115 et 66 mg.PS.m⁻³ respectivement, à partir de laquelle on constate la chute progressive de la biomasse du sud vers le nord. Les biomasses tendent à diminuer après juillet aux trois stations; pourtant, un deuxième pic relativement important est enregistré en septembre à la station EKC (91 mg.PS. m⁻³); ce dernier est essentiellement dû aux ptéropodes (83,7%). L'évolution de la biomasse à la station IRM est différente de celles des autres stations, la biomasse augmente progressivement entre avril et septembre où se situe le maximum (34 mg.PS.m⁻³); cette biomasse reste relativement élevée en octobre.

A la deuxième période, Il y a une tendance à la baisse de la biomasse à partir d'octobre 1993 jusqu'à avril 1994. La biomasse maximale durant cette période se trouve à la station KS en octobre. A partir de novembre, c'est la station IRM qui devient la plus riche en biomasse, parmi les quatres stations, avec un maximum de 23 mg.PS.m⁻³.

Seulement 12,5% des valeurs de biomasse obtenues durant les deux périodes dépassent 30 mg.PS.m⁻³, ce qui donne une idée de la situation du stockage de matière vivante dans les eaux étudiées.

3.4.3.1 Biomasse de copépodes

La biomasse des copépodes a constitué entre 11,7 et 99,6% (> 50% dans 67 % des échantillons) de la biomasse totale du zooplancton. Ce pourcentage varie entre stations, mais les valeurs les plus faibles sont enregistrées en période automnale: en septembre aux stations EKC, KS et Port (stations considérées polluées) et en octobre à la station IRM.

Concernant les évolutions spatio-temporelles de la biomasse de copépodes, il ressort de la figure 16, et contrairement à l'abondance, que le type de l'évolution spatiale a bien changé par rapport à celui de la biomasse totale du zooplancton (figure 15). Bien que les maxima soient toujours enregistrés en juillet pour les trois stations EKC, KS et Port, la station Port est devenue plus riche que KS, en mai et en juillet. Le maximum de la station IRM est enregistré en septembre.

La contribution des copépodes à la biomasse totale a diminué beaucoup durant la deuxième période au profit d'autres groupes, surtout carnivores, tels les siphonophores et les chaetognathes.

Si l'on excepte la valeur maximale enregistrée, en octobre, à la station KS; la biomasse des copépodes ne dépasse pas 10 mg.PS.m⁻³ durant la deuxième période.

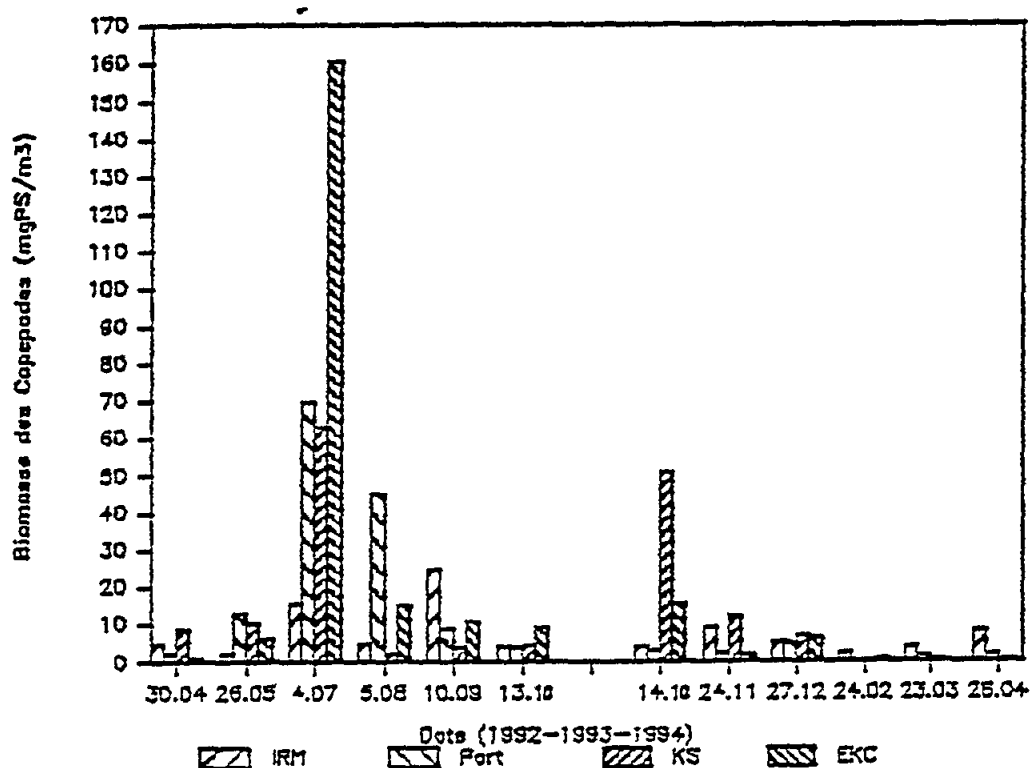


Fig. 16 Evolutions spatio-temporelles de la biomasse de copépodes (mg.PS.m⁻³)

3.4.3.2 Biomasse de ptéropodes

La biomasse de ptéropodes constitue une partie importante de la biomasse zooplanctonique totale; ils dominent quelques fois les autres groupes, comme c'est le cas en septembre aux stations EKC et KS où ils constituent respectivement entre 83 et 62 % de la biomasse totale.

La figure 17 montre la grande différence, en biomasse de ptéropodes, entre les deux périodes d'étude. Le maximum de la biomasse (76 mg.PS.m⁻³) se trouve en septembre à la station EKC; un autre pic moins remarquable est enregistré en juillet à la station Port. A la station KS, les valeurs de la biomasse, sont presque les mêmes en avril, en mai et en septembre (10 mg.PS.m⁻³). Le maximum de la station IRM (8 mg.PS.m⁻³) se situe en août.

Durant la deuxième période, la biomasse ne dépasse pas 5 mg.PS.m⁻³ (Port décembre), elle est souvent inférieure à 2 mg.PS.m⁻³ aux quatre stations. L'espèce *Limacina inflata* domine fortement les autres espèces dans ce groupe.

3.4.3.3 Biomasse de larves de crustacés

Les larves de crustacés forment respectivement entre 0 et 18% et entre 0 et 35,7% de l'abondance et de la biomasse totale du zooplancton.

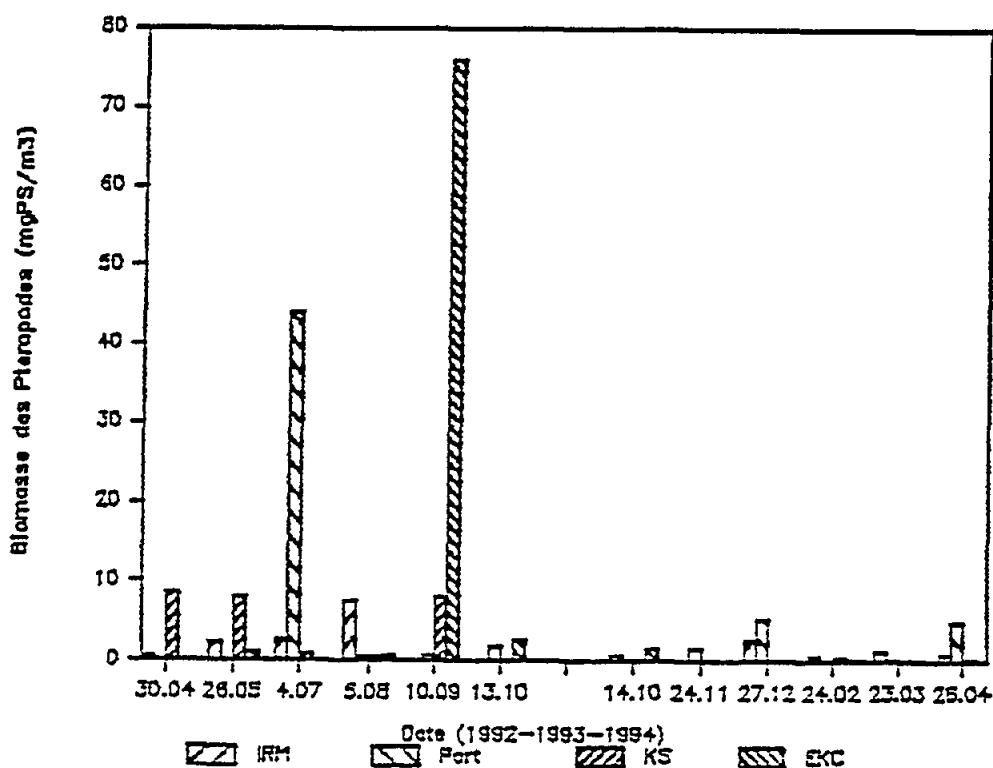


Fig. 17 Evolutions spatio-temporelles de la biomasse de ptéropodes (mg.PS.m⁻³)

Les biomasses maximales se situent entre août et octobre (figure 18). La station Port était la plus riche, en août et septembre (12,6 mg.PS.m⁻³) et la station EKC en octobre (7 mg.PS.m⁻³). Les stations KS et IRM avaient leurs maxima de biomasse en septembre (0,5 et 1,2 mg.PS.m⁻³ respectivement).

Pendant la deuxième période, la biomasse des larves de crustacés était très faible et a oscillé entre 0 et 0,77 mg.PS.m⁻³, ce qui ne représente que 0 à 7,5% de la biomasse totale.

3.4.3.4 Biomasse des appendiculaires

Contrairement aux autres groupes herbivores, les appendiculaires avaient la biomasse la plus forte pendant la deuxième période où ils ont constitué entre 0,2 et 91,5% (mars: stations KS) de la biomasse totale contre 0 à 5,7% durant la première période d'étude.

L'évolution de la biomasse des appendiculaires, pendant la première période, accuse un maximum en juillet pour les stations KS, Port et IRM (figure 19), tandis que le maximum de la station EKC, qui ne dépasse pas 0,4 mg.PS.m⁻³, se situe en octobre.

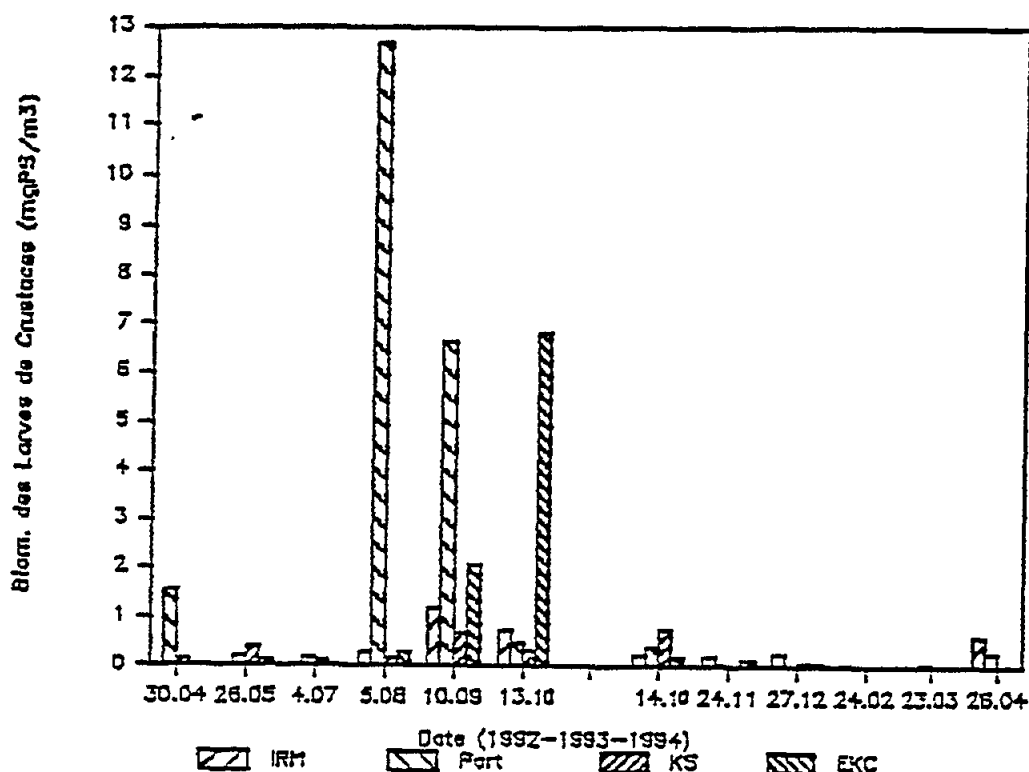


Fig. 18 Evolutions spatio-temporelles de la biomasse des larves des crustacés (mg.PS.m⁻³) .

A la deuxième période, la biomasse de ce groupe avait une tendance à augmenter, aux quatre stations, entre octobre et mars où se situent les valeurs maximales de la biomasse des appendiculaires avec un avantage pour la station KS (6,8 mg.PS.m⁻³); cette biomasse diminue beaucoup en avril et devient comparable entre les quatre stations.

Les espèces dominantes sont celles du genre *Oikopleura*. Durant la deuxième période, nous avons déterminé plusieurs espèces qui étaient absentes à la première période comme: *Fritillaria formica*, *F. haplostoma*, *F. megachile*, *Kowalewsikia tenuis* et *Stegosomma magnum*.

3.4.3.5 Biomasse de chaetognathes

Les chaetognathes constituent une partie relativement importante de la biomasse zooplanctonique totale (0-16% et 0-21,7% à la première et deuxième période respectivement). Les plus fortes valeurs de la biomasse, durant la première période, sont enregistrées en avril (station KS) et en septembre (station IRM). La présence de chaetognathes, aux station EKC et Port, s'est limitée à la période estivale (figure 20).

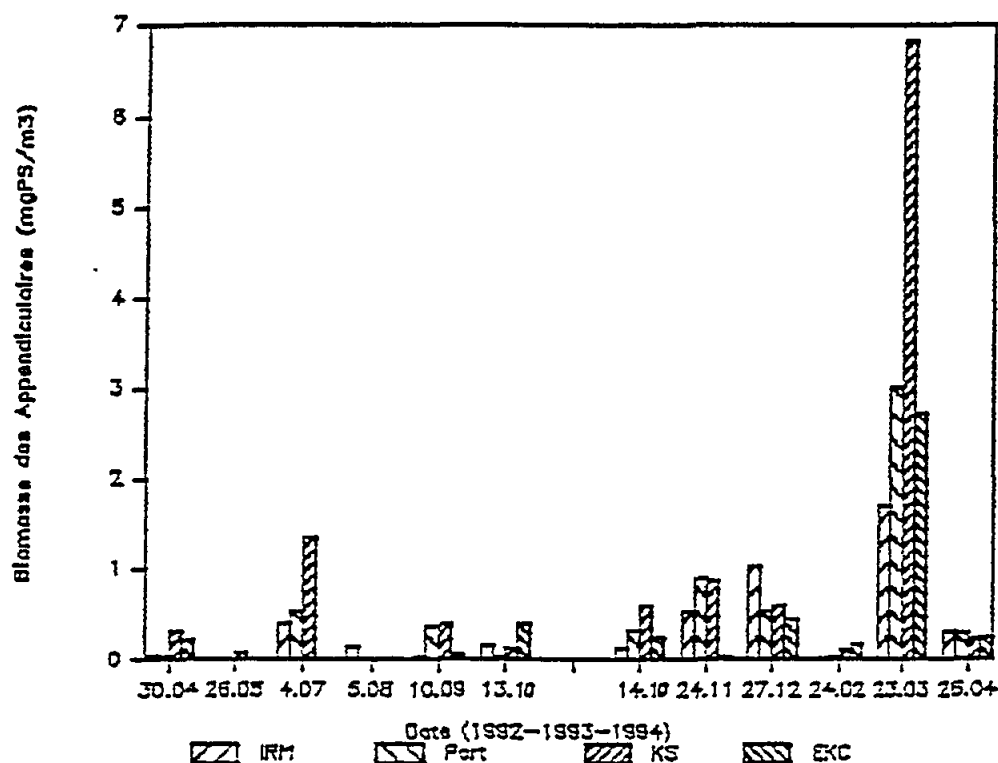


Fig. 19 Evolutions spatio-temporelles de la biomasse des appendiculaires (mg.PS. m⁻³)

La biomasse de chaetognathes enregistrée pendant la deuxième période était très faible en période post-hivernale (février et mars); les valeurs maximales se sont situées en novembre pour les stations EKC, KS et Port et en décembre pour la station IRM qui devient la plus riche; un autre pic est relevé en avril aux stations IRM et Port. L'espèce dominante en nombre et en biomasse est *Sagitta inflata* au premier rang suivie par *S. setosa*.

3.4.3.6 Biomasse de méduses

Les méduses n'ont été présentes que dans cinq échantillons durant la première période (figure 21) avec un maximum de 2,2 mg.PS.m⁻³ (10,4% de la biomasse totale) en septembre à la station Port. Leur biomasse a bien augmenté pendant la deuxième période avec un maximum en novembre aux stations IRM et Port (3,9 et 3,34 mg.PS.m⁻³ qui représentent 16,7 et 16,1 %, respectivement, de la biomasse totale) suivi par une diminution progressive jusqu'à mars. Le maximum de la station EKC (3,45 mgPS.m⁻³ soit 27,2 % de la biomasse totale) est enregistré en décembre et celui de la station KS est en février. Aucune méduse n'a été capturée en avril. Les espèces *Aglaura hemistoma* et *Obelia sp.* ont été les plus dominantes.

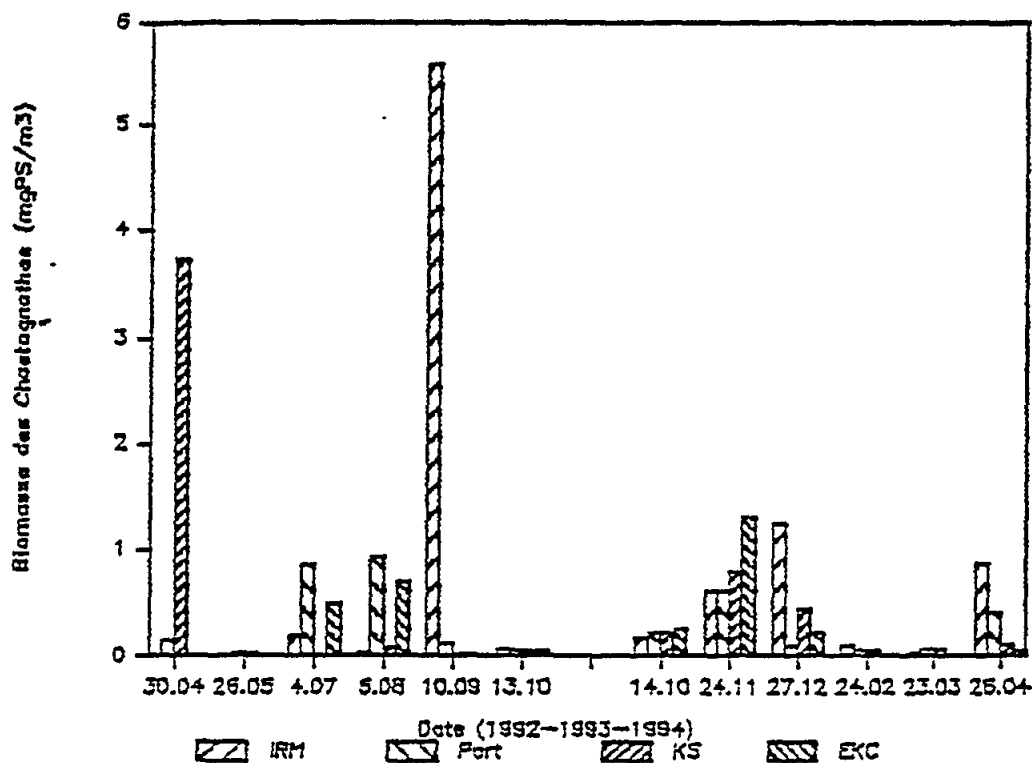


Fig. 20 Evolutions spatio-temporelles de la biomasse des chaetognathes (mg.PS.m⁻³)

3.4.3.7 Biomasse de siphonophores

Comme pour le précédent groupe, les siphonophores n'ont été capturés que rarement (3 fois) à la première période (figure 22) avec un maximum de 4 mg.PS.m⁻³ (15,4% de la biomasse totale) à la station KS. A la deuxième période, la biomasse de siphonophores est devenue très importante et a dominé celles des autres groupes en novembre, à la station Port, et en février à la station KS (57 et 67 % respectivement de la biomasse totale). La figure 22 montre de grandes variations de la biomasse de ce groupe, entre mois et entre stations, avec un maximum de 11,7 mg.PS.m⁻³ en novembre à la station Port et de 6,6 mg.PS.m⁻³ en février à la station KS; le maximum de la station IRM se situe en avril avec 4,7 mg.PS.m⁻³. La station EKC était la plus pauvre de ce groupe. Les espèces dominantes sont *Eudoxoide spiralis*, *Abylopsis sp.* et *Agalma okeni*.

S'agissant des autres groupes zooplanctoniques, ils ont été divisés en deux catégories:

Première catégorie - comprenant des espèces de gros individus dont la présence s'est limitée à certains échantillons seulement, et dont la biomasse a été parfois très importante, comme c'est le cas pour les:

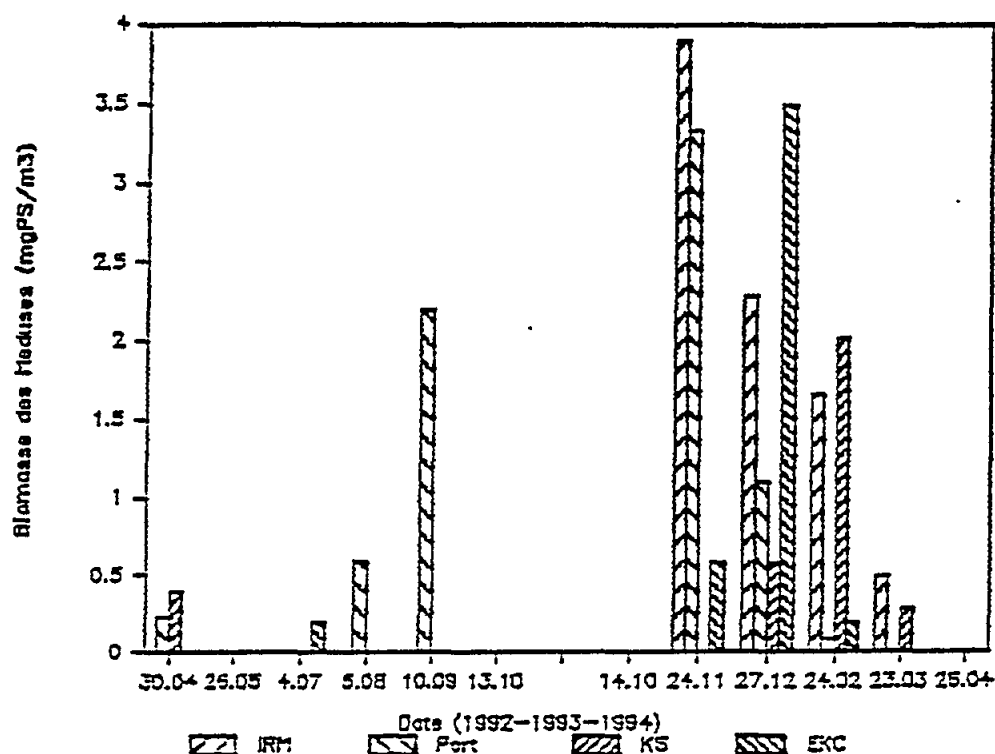


Fig. 21 Evolutions spatio-temporelles de la biomasse des méduses (mg.PS.m⁻³)

- *mysidacés* relevés à la station IRM en octobre 1992 (21,5 mg.PS.m⁻³ soit 70,7% de la biomasse totale) et en novembre 1993 (2,6 mg.PS.m⁻³ soit 11%).

- *cténophores* qui ont contribué à raison de 28,9 et 12,5% de la biomasse totale enregistrée à la station EKC en avril et en mai (1992) respectivement et à raison de 19,7% de la biomasse à la station IRM (août).

- *amphipodes* qui ont contribué à raison de 31% de la biomasse totale à la station EKC (avril 1992).

Deuxième catégorie - comprenant des espèces de petites tailles, relativement abondantes mais dont la biomasse est plutôt négligeable comme: les cladocères, les ostracodes, les larves des cirrhipèdes et les larves d'annélides.

4. DISCUSSION ET CONCLUSION

Des variations spatio-temporelles importantes de la composition spécifique et de la densité du phyto- et du zooplancton, ont été relevées dans la zone étudiée. Si l'on met de côté certaines valeurs de faible salinité à la station EKC, les oscillations des valeurs de la salinité et de la température sont très faibles entre stations.

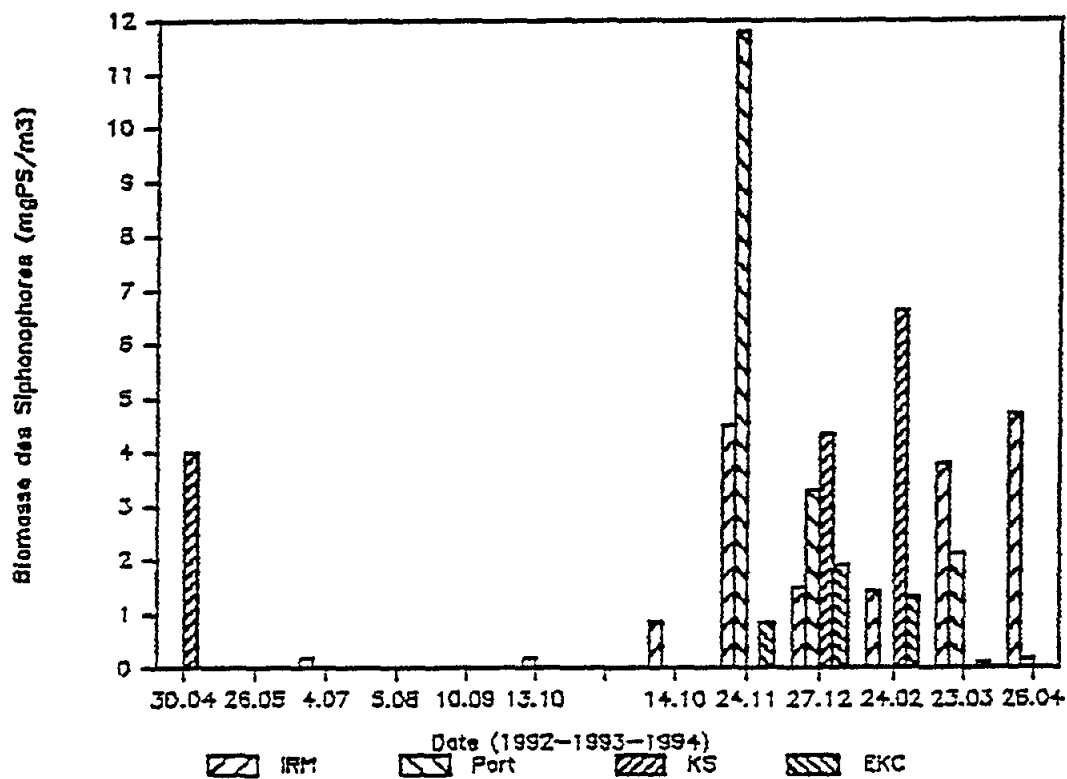


Fig. 22 Evolutions spatio-temporelles de la biomasse des siphonophores (mg.PS.m⁻³)

Les variations spatiales du plancton, qui nous intéressent dans cette étude, sont dues, probablement, à la pollution d'origine urbaine et industrielle localisée aux stations EKC, KS et Port.

Pendant la première période, la station EKC était souvent la plus riche en cellules phytoplanctoniques, ce qui concorde bien avec la concentration la plus élevée en sels azotés (nitrate, nitrite et ammonium) dans les eaux de cette station. Les valeurs maximales de la densité phytoplanctonique ont été enregistrées en août, aux quatre stations; cette poussée peut être traduite par la forte concentration en sels nutritifs qui a été enregistrée, un mois avant, en juillet 1992 et peut expliquer, en même temps, la chute des concentrations en sels en août. L'évolution spatio-temporelle de la chlorophylle *a*, en 1992, ne concorde pas avec celles de la densité phytoplanctonique et de sels azotés; par contre, elle est mieux liée à celle du phosphate. Même si nous n'avons pas de données sur la densité du phytoplancton avant juillet 1992, les valeurs de la chlorophylle indiquent qu'une grande poussée phytoplanctonique pourrait avoir eu lieu en avril et mai 1992. En plus, le maximum de l'abondance du zooplancton a été enregistré en juillet, ce qui témoigne d'une alternance des pics (maxima) de différents niveaux trophiques dans les eaux étudiées.

Pendant la deuxième période, La station Port est devenue la plus riche en cellules phytoplanctoniques; trois maxima enregistrés coïncident bien avec les maxima de la chlorophylle a. Il apparaît que la forte concentration de sels azotés enregistrée en février 1994 pourrait être à l'origine du déclenchement d'une poussée phytoplanctonique à partir de mars. La forte concentration du phosphate en avril 1994 pourrait être due à un origine externe (urbaine, par exemple). Un seul pic, relativement important, du zooplancton a été enregistré durant la deuxième période (octobre: st. KS).

S'agissant de la structure des populations, dans les quatre stations, il apparaît que le phytoplancton n'est pas très sensible aux facteurs de pollution. Pourtant, nous avons trouvé des espèces spécifiques pour certaines stations: la station EKC (zone estuarienne) s'est caractérisée par la présence de deux espèces de chlorophycées: *Eudorina elegans* et *Pediastrum* sp., qui ont comme origine l'eau douce (Starmarch, 1963); d'autres espèces sont limitées à cette station comme: *Cocconeis* sp., *Syndra ulna*, *Bacillaria paradoxa* et plusieurs espèces du genre *Buddulphia*. 5 espèces sont caractéristiques à la station IRM: *Suriella* sp., *Compilodiscus* sp., *Streptotheca thamesis*, *Dactiliosolen méditerranéen* et *Distiphanus speculum*. Pour les stations KS et Port, il n'y a pas d'espèces vraiment spécifiques pour chacune d'entre elles mais *Microcystis* sp., *Merismopedia* sp. (cyanophycées) sont les plus abondantes à la station KS; de même, *Lauderia annulata* et *Thalassiosira decipiens* (diatomées) sont les plus abondantes à la station Port. De plus, il y a des espèces communes et ne se trouvant qu'aux stations Port et KS telles que: *Amphiprora* sp., *Podolampas elegans*, *Phalacroma acutum*; d'autres espèces ont été rencontrées dans d'autres stations mais en faible nombre telles: *Exuviella compressa*, *Gonyaulax orientalis*, *Noctiluca scintillus*, *Alexandrium tamarensi*, *Rhizosolenia stolterfotti*, *Chaetoceros brevis* et *C. decipiens*.

L'effet de la pollution était plus marqué sur la densité ou l'abondance en cellules phytoplanctoniques; les trois stations considérées polluées (EKC, KS et Port) ont été souvent plus riches que la station propre (IRM).

Les espèces *Prorocentrum micans*, *Ceratium furca*, *Dinophysis caudata* et *Alexandrium tamarensi*, *Noctiluca scintillans*, *Gonyaulax* sp., *Gymnodinium* sp. et *Amphidinium* sp. (dinoflagellés) et *Microcystis* sp. (cyanophycées) sont toxiques et définies comme des espèces caractéristiques des zones polluées (Loeblich, 1989; Kocwowa, 1975; Lassus, 1989; Larsen et Moestrup 1989); ces espèces ont été très dominantes (en été) dans les trois stations polluées (EKC, KS et Port). D'autres espèces peuvent être tolérantes à la pollution comme: *Chaetoceros* sp. et *Rhizosolenia* sp. (diatomées); ces espèces ont toujours accompagné les espèces dominantes des dinoflagellés et forment ensemble >70 de l'abondance du phytoplancton en été et au début de l'automne. L'abondance élevée de l'espèce *Prorocentrum micans* a été signalée par l'UNESCO (1983) et celle de l'espèce *Noctiluca scintillans* par Larsen et Moestrup (1989).

S'agissant du zooplancton, il apparaît qu'il était plus sensible aux facteurs de pollution. Les résultats concernant la distribution géographique montrent que la majorité d'espèces identifiées sont communes aux quatre stations. Pourtant, nous

avons défini des espèces spécifiques pour chacune d'entre elles (tableau 2). Vingt espèces n'ont été rencontrées qu'à la station IRM (considérée propre) comme: *Auetideus armata*, *Calanus attendicus*, *C. brevicornis*, *A. tenuicornis*, *Eucalanus monachus*, *Candatia simplex*, *Labidocera bruscence*, *Isochaeta hebes*, *I. ovalis*, *Pontella plumata*, *P. la bianca*, *Oithona brevicornis*, *Phialidium tetraphyla*, *Hippopodium hippopus*, *Podon intermedius*, *Schistomysis armata*, *Gennades elongata*, *Torrea candida*, *Lanica conchilega*, *Hyprionides longipis*. Huit espèces sont caractéristiques de la station Port: *Euchaeta curta*, *Labidocera bavo*, *Cymbisoma regidum*, *Euaugaptilis hecticus*, *Fritillaria formica*, *Sagitta lyra*, *Salpa fusiformis* et *Doliolum nationalis*. Dix autres espèces sont limitées à la station KS: *Candatia varicans*, *Euchaeta marina*, *Calocalanus pavo*, *Pseudocalanus elongata*, *Anomalocera patersoni*, *Podocoryne carnea*, *Lensia conoida*, *Enneagonum hyalinum* et *Eucopia sculpticauda*. La station EKC, la moins saline, est caractérisée par les espèces suivantes: *Oithona helgolendica*, *Eucalanus elongata*, *Limacina bulloides*, *Peraclis heticulata*, *Agalma elegans*, *Sagittella kovalevskyi*, *Hyperia latissima* et *Anchylomera blessevillei*.

De plus, il y a beaucoup d'espèces qui sont communes aux trois stations polluées et n'ont jamais été capturées à la station IRM, comme: *Phaenna spenifera*, *Paracalanus nanus*, *Sagitta serradentata*, *Diphys dispar*, *Lensia compenula*, *L. subtilis*, *Agalma okeni* et *Clytia noliformis*.

D'autres espèces ont été observées aux quatre stations, mais leur abondance a été plus forte aux stations considérées polluées, parmi celles-ci: *Acartia grani*, *A. discadata* qui ont été les plus abondantes à la station Port; cela a été également observé dans d'autres régions portuaires méditerranéennes (Lakkis et Kouyoumjian, 1975; Benon et al., 1977; Patrìti, 1984; Lakkis et Zeidan, 1987).

Dans l'ensemble, la forte abondance du zooplancton dans des zones influencées par différentes sources de pollution a été mentionnée par plusieurs auteurs (Levi, 1969; Citarella, 1973; Benon et al., 1977; Moraitou-Apostolopoulou et Ignatiades, 1980; Siokou-Frangou et Papathanassiou, 1991).

Le nombre maximal d'espèces et l'indice de diversité spécifique le plus élevé du zooplancton ont été enregistrés durant la période thermiquement froide et d'homothermie avec un avantage pour la station propre (IRM), ce qui correspond avec une faible abondance durant cette période. Ces observations sont en accord avec celles de Lakkis et Aboud (1977). Par contre, l'indice de diversité du phytoplancton a été le plus faible en hiver et en juillet, ce concorde bien avec les résultats de Lakkis (1994) dans les eaux libanaises. La faible diversité spécifique du plancton à la station EKC (en face d'un estuaire) peut être reliée au degré de tolérance des espèces et des groupes vis-à-vis d'une faible salinité.

Nous pouvons conclure que l'écosystème planctonique des eaux étudiées subit des modifications qualitatives et quantitatives entre stations et que les sources de pollution affectent, d'une façon ou d'une autre, cet écosystème. En outre, il apparaît que l'influence de la pollution sur la distribution et la composition spécifique

de la communauté planctonique dépend aussi de la combinaison de différents facteurs écologiques qu'il faut prendre en compte pour des études détaillées. Enfin, les quantités de polluants se déversant dans les eaux étudiées ne sont pas régulières et les prélèvements ponctuels ne reflètent pas parfaitement le degré de pollution.

5. REFERENCES

- Abosamra, F., R. Nahas, N. Zablawi, S. Baba, G. Taljo and F. Kassoumeh (1989), Trace metals and petroleum hydrocarbon in Syrian coastal water and selecte biota species. In: Marine Pollution, edited by J. Albaiges, Hemisphere Publishing Corporation, pp.185-199
- Aid, F., G. Gaumer et F.L. Samson-Kechacha (1983), Action du cuivre sur des populations naturelles phytoplanctoniques de la baie d'Alger. Journ.Etud.Pollut.CIESM, 6(1982):795-800
- Aminot, A. et M. Chaussepied (1983), Manuel des analyses chimiques en milieu marin. CNEXO, Brest, 395 p.
- Baker, M., S. Nouredin et A.K. Youssef (1992), Etude préliminaire de l'hydrochimie et du zooplancton dans les eaux côtières syriennes (en face de Lattaquié). In: XXXII Sciences Week, Novembre 1992, Book (2), Vol.(2), pp.299-326
- Baker, M., S. Nouredin, B. Neimeh et A.K. Youssef (in press), Contribution à l'étude des flux de matière dans les eaux côtières syriennes (en face de Lattaquié). Rôle du plancton dans le transfert des quelques métaux lourds. MAP Technical Reports Series (in press).
- Basson, P.W., J.P. Hardy and V. Lakkis (1976), Ecology of marine macroalgae in relation to pollution along the coast of Lebanon. Acta Adria, 18(19):307-324
- Benschneider, K. and R.J. Robinson (1952), A new spectrophotometric method for the determination of nitrite in sea waters. J.Mar.Res., 11:87-96
- Benon, P., B. Bourgade et R. Kantin (1977), Impact de la pollution sur les écosystèmes méditerranéens côtiers-aspects planctoniques. Thèse 3^{ème} cycle. Université Aix-Marseille II.
- Citarella, G. (1973), Zooplancton et pollution. Cah.Biol.Mar., 14:707-710
- Damoglu, E. and H. Uysal (1992), Seasonal variation of some heavy metals in the zooplancton of Izmir bay. Rapp.Comm.int.Mer Medit., 33:171
- Dorgham, M.M. (1987), Occurence of tintinnids in two polluted areas of Alexandria coast. In: Papers presented at the FAO/UNEP Meeting on the effects of pollution on marine ecosystem. Blanes, Spain, 7-11 October 1985. FAO Fish.Rep., (352) Suppl., pp.76-83

- Fresnel, J. (1986), Nouvelles observations sur une coccolithacée rare: *Crucioplacolithus neohelis*. Protistologica, 22(2):193-192
- Groupe EPOPEM (1979), Système planctonique et pollution urbaine. Un aspect des populations zooplanctoniques. Oceanologica Acta, 2(4):379-388
- Hourieh, J. (1995), Investigation of phenols and hydrocarbons in Syrian coastal waters. M.Sc. Thesis, Tishreen University, 60 p.
- Kocwowa, E. (1975), Biologia w ochronie zdrowia srodowiska. Panstwowe wydawnictwo naukowe warslaw. 408 p.
- Koroleff, F. (1969), Direct determination of ammonia in natural waters as indophenol blue. Int.Counc.Explor.Sea, C.M., 1969/C, 9:19-22
- Kouyoumjian, H. (1972), A preliminary study of bacterial pollution and physiology of Beirut coastal water. Rev.Int.Oceanogr.Méd., 26:5-27
- Lakkis, S. (1994), Communauté planctonique des eaux neritiques libanaises. Structure et dynamique des populations. Libanese Science Bulletin, 7(1):69-91
- Lakkis, S. et H. Kouyoumjian (1975), Observations sur la composition et l'abondance du zooplancton aux embouchures d'effluents urbains des eaux de Beyrouth. Rapp.Comm.Int.Mer Médit., 22(9):107-108
- Lakkis, S. et M. Aboud M. (1977), Zooplancton et pollution du secteur libanais en Méditerranée orientale. Rapp.Comm.Int.Mer Médit., 23(9):79-81
- Lakkis, S. et R. Zeidan (1987), Modification 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 ecosystem. Blanes, Spain, 7-11 October 1985. FAO Fish.Rep., (352) Suppl., pp.123-159
- Larsen, J. and O. Moestrup (1989), Guide to toxic and potentially toxic marine algae. Published by the Fish Inspection Service, Ministry of fisheries. 61 p.
- Lassus, P. (1989), Plancton toxique et plancton d'eaux rouges sur les côtes européennes. IFREMER, 111 p.
- Levi, D. (1969), Osservazioni sul plancton del porto di Civitavecchia. Pubbl.Staz.Zool.Napoli, 37(3):421-433
- Loeblich, A.R. (1989), Aspects of the physiology and biochemistry of the Pyrrophyta. Reprinted from *Phykos Prof Iyengar, Memorial Vol.5* (1,2):216-255

- Moraitou-Apostolopoulou, M. and L. Ignatiades (1980), Pollution effects on the phytoplankton - zooplankton relationships in an inshore environment. Hydrobiologia, 75:259-266
- Margalef, R. (1958), Information theory in ecology. Gan.Syst., 3:36-71
- Mayhoub, H. (1976), Recherches sur la végétation marine de la côte syrienne. Thèse. Doc. Etat, Univ. Caen, 286 p.
- Motoda, S. (1959), Devices of simple plankton apparatus. Mem.Fac.Fish.Hokkaido Univ., 7:73-94
- Murphy, J. and J.P. Riley (1962), A modified single solution method for the determination of phosphates in natural waters. Anal.Chim.Acta, 27:31-36
- Noureddin, S., M. Baker, B. Neime and A.K. Youssef (1993), Investigations of some heavy metal levels in seawater and zooplankton of coastal area of Latakia region (Syria). In: Proc. 1st. Int. Conf. in Chemistry and its Applications, Doha (Qatar), 125 p.
- Omran, M., S. Noureddin and A.K. Youssef (in press), Contribution to the study of annual cycle of nitrogen and phosphorus nutrients in Syrian coastal waters (North of Latakia city). Research Journal of Tishreen University (in press)
- Patriti, G. (1984), Aperçu sur la structure des populations zooplanctoniques de la zone portuaire et du golfe Fos-sur-mer. Téthys, 11(2):155-161
- Patriti, G., F. Blanc et F. Cubizolles-Bastiani (1979), Système planctonique en milieu portuaire (port de Marseille). Structure et fonctionnement- étude chronologique. Téthys, 9(2):137-148
- Siokou-Frangou, I. and E. Papathanassiou (1991), Differentiation of zooplankton population in a polluted area. Mar.Ecol.Progr.Ser., 76:41-51
- Starmarch, K. (1963), Rosliny słonowodne, wstęp ogólny i zarys metod badania. P.W.N. Warszawa, 271 p.
- UNESCO (1983), UNESCO Reports in marine science quantitative analysis and simulation of Mediterranean coastal ecosystems: The gulf of Naples and case study, 158 p.
- Wood, E.D., F.A. Armstrong and F.A. Richards (1967), Determination of nitrate in sea waters by cadmium copper reduction to nitrite. J.Mar.Biol.Assoc.U.K., 47:23-31
- Yamazi, I. (1964), Structure of the netted plankton communities in the inner area of the gulf of Naples in September 1962. Pubbl.Staz.Zool.Napoli, 34:98-136
- Yannopoulos, E. and A.A. Yannopoulos (1976), Zooplankton biomass in the Saronikos gulf, winter 1972-73. Acta Adria, 18(23):327-337

PHYSIOGNOMICAL POLAR VARIATIONS OF MARINE PHANEROGAMES AREAS IN THE MARINE RESERVE OF MIRAMARE (TRIESTE)

by

Guido BRESSAN¹ and Roberto ODORICO²

¹ Dipartimento di Biologia
Università degli Studi di Trieste
Trieste, Italy

² Riserva Marina di Miramare
Grignano 34014
Trieste, Italy

SUMMARY

The vegetation and flora characteristics of the marine reserve of Miramare represents an important reference to future research to be carried out in this protected area.

The aims of the present study were the identification and distribution areas of marine phanerogames, their registration, and the interpretation of any quality-quantity transformation. Most of the regions are occupied by *Cymodocea nodosa* (UCRIA) ASCH., *Zostera noltii* HORNEM and *Zostera marina* L. which are present in different percentages.

The plan was possible thanks to an underwater survey and other techniques similar to those used for terrestrial topography. Both geometrical aspects (shape of the perimeter of the region) and biological ones (shoot density per unity of surface; rate of growth; estimate of percentage cover) have been taken into account.

The data collected has been listed in a table divided in series relating to periods of time (years 1988-1989-1990) and worked out using some multivariate analysis techniques.

The results obtained show: on one side a variation in the shape of the regions occupied by marine phanerogames, and on the other side a regression (vegetal rarefaction) of the areas surveyed. In both cases you can note a strong polarity of the phenomenon referred to the biotope taken into account. This polarity seems to be linked to the presence of two reflux water reserves and to the intensity of the water spilling.

1. INTRODUCTION

The marine phanerogames in the gulf of Trieste are *Cymodocea nodosa* (UCRIA) ASCH., *Zostera noltii* HORNEM and *Zostera marina* L. These plants make

small and wide grasslands (Techet, 1906; Benacchio, 1938; Simonetti, 1973) in which spreading areas are pointed out only by the more recent authors (Simonetti, 1973; Ghirardelli et al., 1975). The nearly total disappearance of *Posidonia oceanica*, once confined to certain coastal areas of Slovenia and around Grado, precedes a gradual thinning also of the other marine phanerogames in the gulf of Trieste. In certain parts these plants have disappeared without the phenomenon being registered nor linked to some environmental changes.

The main purpose of this research is to locate and survey the distribution of marine phanerogames in the area protected by the marine reserve of Miramare (TS) following two routes:

- i. space, through the survey of the species studied;
- ii. temporal, through a three-year registration and interpretation of a possible change in quality or quantity of the regions observed.

This aim is achieved using a more general method, original, applied for the first time in the gulf of Trieste.

The description of the processing made on the temporal data collected in order to obtain a detailed picture on the underwater vegetation in the gulf of Trieste could be repeated in other areas.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1 Biotope

The choice of the location (marine reserve of Miramare) represents in the gulf of Trieste (Fig. 1) an area with several advantages both natural, strategic and logistic. These advantages can be summarized in three parts:

- a) natural characteristic of the location
- b) protection of the area
- c) operative convenience

2.1.1 Natural characteristic of the location

Possible peculiarities that can be pointed out in this area and that initially are attributed to certain protection rules, are in fact due to the natural characteristics of the location.

Geomorphology

The marine reserve of Miramare (Long. 13E42'70' East - Lat. 45E42'10' North) is situated at the bottom of Miramare promontory (Fig. 1). This formation interrupts the continuity of the Trieste coast with a modest high ground confined by two streams very emphasized and by one less deep which has been modified following the digging works to build the stairs and garden of the surrounding park.



Fig. 1 Marine reserve of Miramare (scale 1:5000)

From a bathymetric aspect (Fig. 2) it results that the bottom of the sea far from the promontory of Miramare is rather accidental: it reaches quite regularly the depth of 17-18 meters (at about 400 meters from the coast), but towards South-West the bottom of sea is more irregular with a higher long shaped areas which attenuate to very deep cuts.

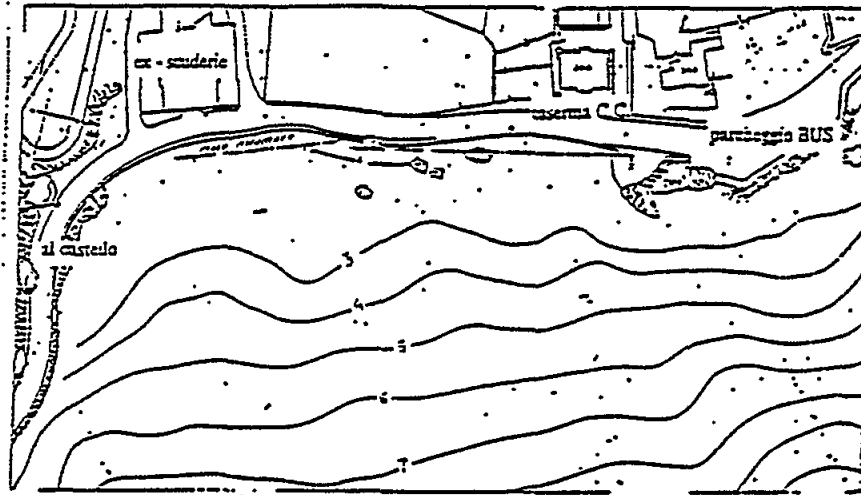


Fig. 2 Bathymetry

At present there is a pebbles beach which keeps the same characteristics to the depth of 1.5 meters. From the depth of 1.5 meters to 6 meters the bottom of the sea is mostly sand (95%) that further away from the coast, sand and gravel and finally sand and pelite (sand 75%-95%).

Hydrology

The area is submitted to a relevant hydrodynamism, especially in the winter months when waves of Scirocco (SE) and rarely Libeccio (SW) carry out an erosive action.

Under the same meteorological conditions, a difference has been noted between the two slopes. This is especially because of the current caused by the wind called Bora (ENE) in this area, and at a dozen meters from the coast, moves the sea water towards west, while further out in the open sea is moved towards WNW (Fig. 3). Along the coast of Grignano the added structure of the promontory and the karst bank keep the effect of the wind far at some hundred meters out in the sea.

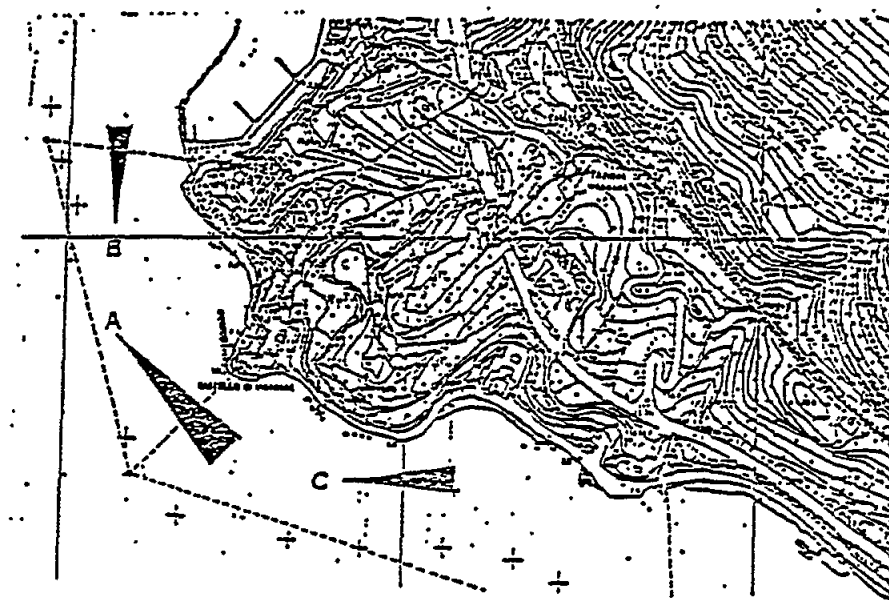


Fig. 3 Currents A=gradient current B=Isonzo current C=wind (Bora) current

Objects of inquiry

Nearby the beach, a grassland occupied by marine phanerogames, has been discovered on a soft base formed by sand. On the contrary of what has been observed in other areas such as the coast of Barcola, on the littoral near Trieste, the plants are distributed irregularly and not following regular bands depending on the depth.

2.1.2 Protection of the area

Since 1973 the promontory of Miramare is under a restrictive clause of protection that since 1986 has become an institutional decree of the marine reserve of Miramare. Almost twenty years prohibition of human activities such as fishing, bathing, anchoring and the traffic of boats have reduced the direct anthropogenic pressure. On the contrary of what happens for the animal component, the protection with restrictions directed to "direct human inconveniences" (i.e.: the human presence) has a relative impact on vegetation as the most important elements are those linked to the characteristics of the underwater layer and the quality of the water.

The problem of the presence of indirect human elements, linked to the vicinity of a town with its normal activity and waste waters, remains unsolved.

2.1.3 Operative convenience

The existence of prohibitions and the facility to control people, gives some practical advantages, necessary for a research based on measures repeated over a long period.

2.2 Survey methods

The first part of the survey based on the present study looks on the geometrical side of the areas surveyed. There are a lot of different examples of surveys of marine phanerogames in which various methods satisfying local requirements have been applied.

2.2.1 Measurements (geometrical aspect)

In the first part, a region has been defined using the spatial component. We have considered various points in order to be able to characterize the irregular surface of the areas, and in order to obtain a very close resemblance between the real configuration taking into account 26 points (region 1) + 24 points (region 2) situated at about 5 meters away from each other (Fig. 4).

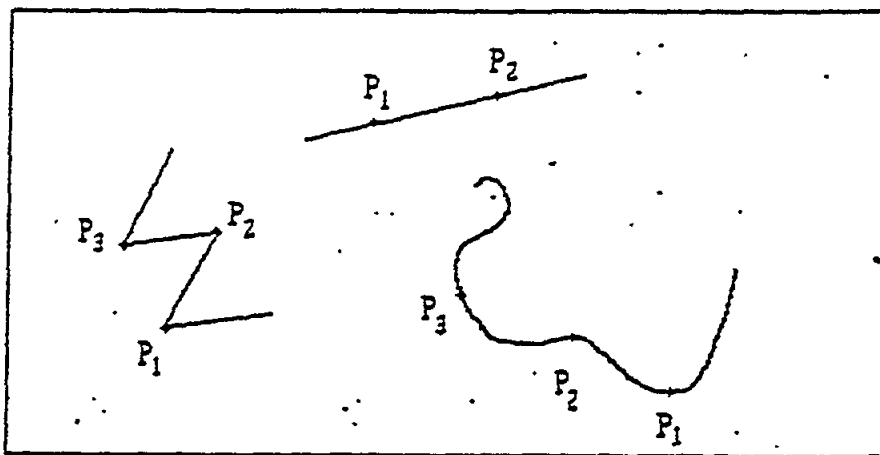


Fig. 4 Examples of characterization of a perimeter

Point P has been obtained projecting a point from the perimeter towards the surface (Fig. 5). It must be underlined that the measurement has been taken on the sea surface and therefore the accuracy of passing from the bottom to the sea surface defines the future precision. The low depth (max 5 meters) gives the opportunity to work in perpendicular conditions, reasonably precise; for this purpose we use some buoys tied to a string to a dead weight of 10 kilos previously located along the perimeter of the area studied, one for each point (therefore 50 points = 50 dead weights). In this way you can obtain an up-side-down plumb-line. The

efficiency of this system depends on the way in which the string is stretched when the measurement is taken.

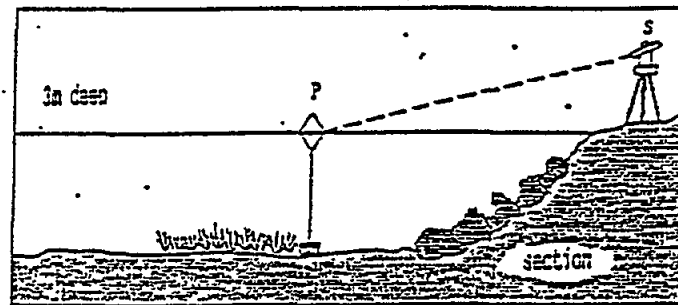


Fig. 5 Section with equipment (P=survey point; S=station point)

At this stage, one of the most common problems relates to the tension of the line which must be the maximum at the time of reading.

Point S (station)

Point S represents the station point in which the survey measurement is based. A straight line is drawn from point S with the function of reference axis (Fig. 6). From the point S a reading of the angles, whose width is compared to that in reference is taken. The width in reference is the resetting of the measurement to a fixed period of time and easily spotted (generally, hand made object of a regular geometrical shape).

Reference axis d

In d distance measures from point S (station point) are taken. The distance DS represents the orthogonal projection of the segment SP on d (Fig. 7).

Definition of point P in the space

P is characterized therefore by two elements directly measured:

- an angle b between the two straight lines p and d
- a distance SD on d measured with a metric string

Measurement in detail

After calculating the perimeter, we have proceeded to a survey in detail of the various species. This study has been based on the direct observation supported

by the topographic data. Some iron poles have been positioned around the perimeter and a drawing has been done directly underwater on a plexiglass board with the shape of the surface of the two regions.

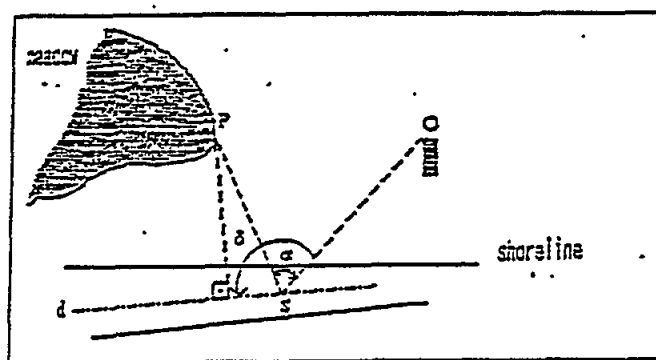


Fig. 6 Map of research place d=directrix, s=station, α =angle between (O) landmark and (P), δ =angle between (O) landmark and (d) directrix

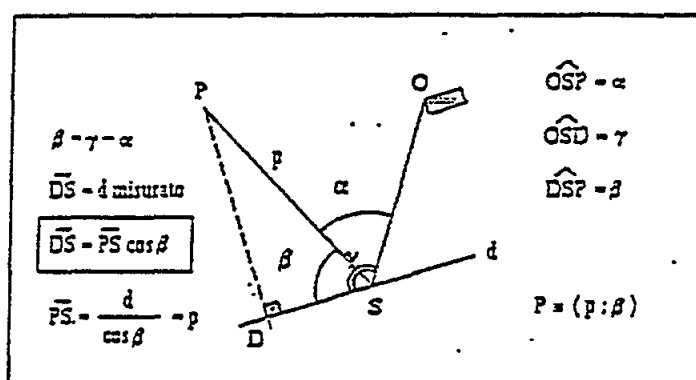


Fig. 7 Geometric components of the problem

The topographic instrument, which is necessary for wider areas, has anyway been used in areas with more discontinuities.

2.2. Density measurement (biological aspect)

Because of the trend to the rarefaction of the vegetal population, also observed in adjacent areas during some periodical monthly checks, it has been necessary to introduce a new measurement which would allow to quantify these variations also within the area surveyed, and not only around the perimeter. In this way a further parameter has been introduced to characterize the area.

The measurement able to quantify this variation is without a doubt the shoot density.

The calculation of the number of shoots (groups of leaves) in a certain area is necessary for the calculation of several parameters linked to the system of phanerogames. For example several measures of biomass and estimate of the productivity refer exactly to the density. This measure has been related to the concentration of nutrients in the sediments, to the type of sediment, and finally to the variety of species (Dennison, 1990). The shoot density is often linked to the density of the roots, even if in the calculation of biomass only the foliage element is considered and rarely, because of the difficulty of the measurement, can be quantified.

In certain species, particularly *Cymodocea nodosa*, two kinds of sprout can be distinguished on the basis of the differences found in the ramification. The long sprouts show long interknot spaces, they grow horizontally with short scaly leaves and are called rhizomes, while the sprouts with short interknot spaces and short leaves and which grow vertically are called shoots.

The density of the tufts is therefore referred to the foliage density and can be thought as an estimate of the number of meristems on a particular area, as every tuft represents an active meristem. The techniques to measure this parameter are several but can be assembled into two categories: destructive techniques and non destructive techniques (Dennison, 1990).

2.2.3 Executing the measures

In our case the non-destructive technique has been chosen. A square of PVC tubes has been used and to this some elastic elements have been added to form a grille to facilitate the count.

The total attachment to the bottom of the sea has been guaranteed by some holes made to the surrounding tubes which have allowed the sinking of the instrument. The non-destruction guarantees a small impact on the environment studied. The small interface is extremely useful in measures repeated. The experimental mistake can be reduced acting repeatedly in the some areas and using techniques which do not modify the following measures. Because of the small extension of the region the system chosen to survey the density is that to casually consider some square spaces to point some extreme situations: either the maximum vegetal growth or those areas with rarefaction of vegetales. The spaces chosen have allowed to define the situation very quickly (even during just one year). As much as possible these measurements have been done in similar geographic and climatic situations.

2.3 Data processing

The data obtained have been resumed on a double entry table stations (species/high grounds) - seasons (months/years). On the tables we have acted on a different way depending on the data significance. For example, regarding the

geometrical data, this has simply been taken as reference for future measures of this kind. The results is a start-to end sequence which defines a certain situation instead the data about vegetation (shoot density, growth and covering) have been studied to obtain a graphic presentation of the tendency to the variations studied.

2.3.1 Automatic classification

Some methods of automatic classification have been used in order to obtain a graphic presentation of the similarity among the matrix. To the next preparation of dendrograms we must add to the matrix obtained some algorithms of classification. The method of the average link has been chosen as it underline better than other methods, the hierarchic structure of the set of the elements studied.

The method of the average link merges only those elements whose average likeness is the closest to the level at which the merging of an element to a certain group takes place derives from the average similarity that the element has with all elements of the group.

3. RESULTS

The acquisition of the relevant data used for the characterization of the area studied has been carried out during three years: from 1988 to 1990.

During this period several data have been gathered and for operative reasons have been divided in distinct groups as the methods described in chapter 3 are different (materials and methods). To make it easier we can have the following groups:

- a) topographic data (geometry of the area, distribution of the species)
- b) data about vegetation (shoot density, growth and covering)

3.1 Topographic data

According to the modalities in chapter 2 (materials and methods) the region come out in a set of numbers representing angles (from the theodolite) and lengths measured along the line d (distance 1). These data, processed by an original program in Basic language, produce a length value (distance 2). Maps result from these new numbers (Table 1).

3.2 Vegetational data (shoot density)

After the geometrical aspect (very important for the evolution and dynamic of the vegetation), we examine the real characterization of the two regions. We consider measures of the density and growing of leaves. These measures have been taken in the same time. It is not possible to survey the regions entirely, so we have chosen some area samples on which we have applied the methodology explained in chapter 2. These area samples (stations) represent a model of vegetational situation (max density/min. density, evident thinning) in a region with its different tipologies.

Table 1

Angle and dist.1 are values measured;
Dist.2 are values found by computing;
Stat. is the number of the points on the map.

Region no. 1			
angle	dist.1	dist.2	stat.
17.05	48.84	50.65	0201
18.85	40.93	42.80	0202
24.95	45.00	48.70	0203
20.80	51.90	54.80	0204
23.22	60.72	65.00	0205
29.00	52.49	58.45	0206
28.35	54.82	60.75	0207
25.77	64.11	69.75	0208
32.50	56.01	64.20	0209
34.00	50.09	58.20	0210
40.70	43.98	54.80	0211
51.05	36.01	51.80	0212
69.05	23.71	50.75	0213
76.80	20.49	57.50	0214
83.05	15.46	58.75	0215
84.65	12.77	53.50	0216
79.70	14.13	45.10	0217
89.05	8.30	48.50	0218
92.10	6.62	53.55	0219
98.45	1.05	43.50	0220
100.03	-0.2	49.10	0221
105.48	-4.12	48.00	0222
94.50	2.80	32.50	0223
88.45	4.24	23.55	0224
49.00	23.23	32.35	0225
44.45	21.44	28.00	0226

Region no. 2			
angle	dist.1	dist.2	stat.
95.18	5.03	66.50	0101
89.50	11.44	69.70	0102
88.15	13.40	72.45	0103
73.20	30.50	74.65	0104
77.00	23.71	67.10	0105
73.25	25.86	63.40	0106
62.80	36.38	65.95	0107
66.00	34.86	68.50	0108
49.30	56.36	78.85	0109
39.00	65.73	80.35	0110
27.60	81.00	89.25	0111
14.45	100.89	103.55	0112
8.05	92.60	93.35	0113
5.18	77.29	77.55	0114
7.10	67.18	67.60	0115
17.30	57.50	59.70	0116
12.95	49.45	50.50	0117
27.70	35.95	39.65	0118
47.70	29.65	40.50	0119
66.00	19.59	38.50	0120
79.45	13.72	43.25	0121
90.10	6.44	41.55	0122
100.00	0.00	51.00	0123
85.90	13.56	61.75	0124

The identification of the stations has been made easier by an initiating system: first number for the region, second number (a progressive number) in the same species and a letter for that species (Fig. 8).

In the same stations we have measured growth and covering, but these parameters have not been significant.

4. DISCUSSION

All information on distribution of marine phanerogames in marine reserve of Miramare have been classified on the basis of the aim of this research (chapter 2). Accordingly the first objective concerns the precise mapping of the borders of the studied areas, not only of the external perimeter, but also of the subregion of the separate species (par. 3.1 topographic data). Afterwards shoot density data have been analysed for the characterization of the area, and laos for the interpretation of the dynamics of the vegetation considered in this research.

4.1 Topographic data

The spatial - temporal mapping methods applied to places occupied by marine phanerogames have made it possible to follow the seagrasses evolution until their total disappearance (1990). Since the beginning of the research, interesting aspects about the distribution of the species have been appeared. From the geometric point of view, data (Table 1) and following processes have revealed only limited regressions and increases of the surface, not the same can be said for biotic parameters like shoot density or covering. The precise perimeter of the seagrass resulted from the measures and the first elaboration. There were two distinct regions later on called region 1 and region 2. These two regions are different from each others, not only for the two places occupied (and separated by stones) but also for the species contained (Table 2).

Increases and decreases less than experimental error (1%) for this research have not been considered, the evolution after one year is shown in Table 2.

We noted an increase of 3.7% of *C. nodosa*. We observed in subregion occupied by *Z. noltii* a decrease of 1.2%, very slight if related to the total region.

Region no. 2 has decreased by -6.4% of the total after one year. The shoots of *C. nodosa* have been slight for the decrease that was recorded in *Z. noltii*.

The minimum entity of the variations during the first year (max 6.4%) has confirmed the precision of methods of research, but the geometric parameter cannot explain by itself the rapid decrease during 1990. It must be supported by vegetation data.

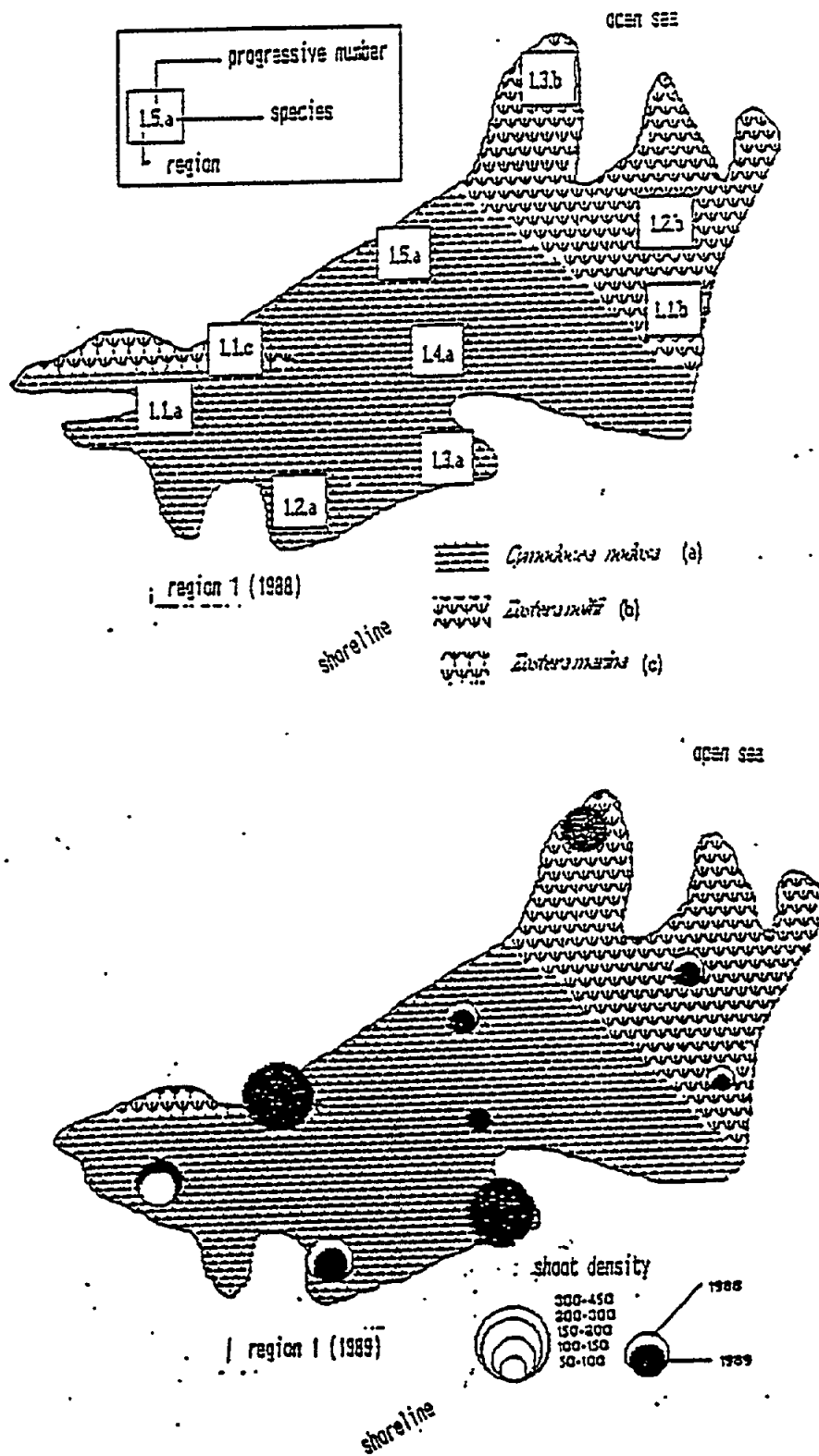


Fig. 8 Shoot density and geometric variations in the region 1 using special symbols (Meinesz *et al.*, 1983)
4a: stations and species in the region 1
4b: shoot density in 1988/1989

Table 2

Extension of phanerogames and annual variation.

	Region no. 1			Region no. 2			Total m ² (species)		
	1988	1989	D%	1988	1989	D%	1988	1989	D%
<i>C. nodosa</i>	750	778	+3.7	60	--	100	810	718	-1.8
<i>Z. noltii</i>	406	401	+1.2	2990	2796	-6.4	3456	3197	-7.4
<i>Z. marina</i>	62	62	0	--	--	--	62	62	0
TOTAL extent	1218	1241	+1.8	2990	2796	-6.4			

4.2 Vegetation data

The biotic parameters that were measured, were processed for finding the increase/decrease speed of the seagrasses. An important aspect is the correlation and comparison between topographic information and growth of vegetation. For better understanding the regions are discussed separately.

4.2.1 Region no. 1

Region no. 1 is more heterogeneous. It has a lot of discontinuities caused by submerged stones (a sort of border between region 1 and region 2) and by the presence of different species that suggest some edaphic discontinuities. For example we observed *Zostera noltii* in a particularly rich sediment on organic matter, while *C. nodosa* and *Z. noltii* growing on a sediment totally different.

On the grounds of multivariate analysis, the study of shoot density (Fig. 9) has characterized the region with a best detail. The frequency of observations during the maximum activity period of phanerogames could have revealed a trend of increase or decrease of number of shoots, if these changes had happened in this period. But after six surveys (one year of measurements) the variations were very slight and comparable with an hypothetic systematic error during the positioning of PVC frames. In other words the stations, chosen for the characterization of a particular situation of a region, were very homogeneous during one year. The same situation was observed during the second year, but after some important changes between the two years.

We proceed to an in depth analysis on the trend of the shoot density during the time of the research, after verifying a general evolution to the thinning out of the region.

The shoot density has been utilized mainly in order to explain the regression, also because it has been measured with more continuity.

The matrix of shoot density of region 1 is made of 14 rows X 9 columns.

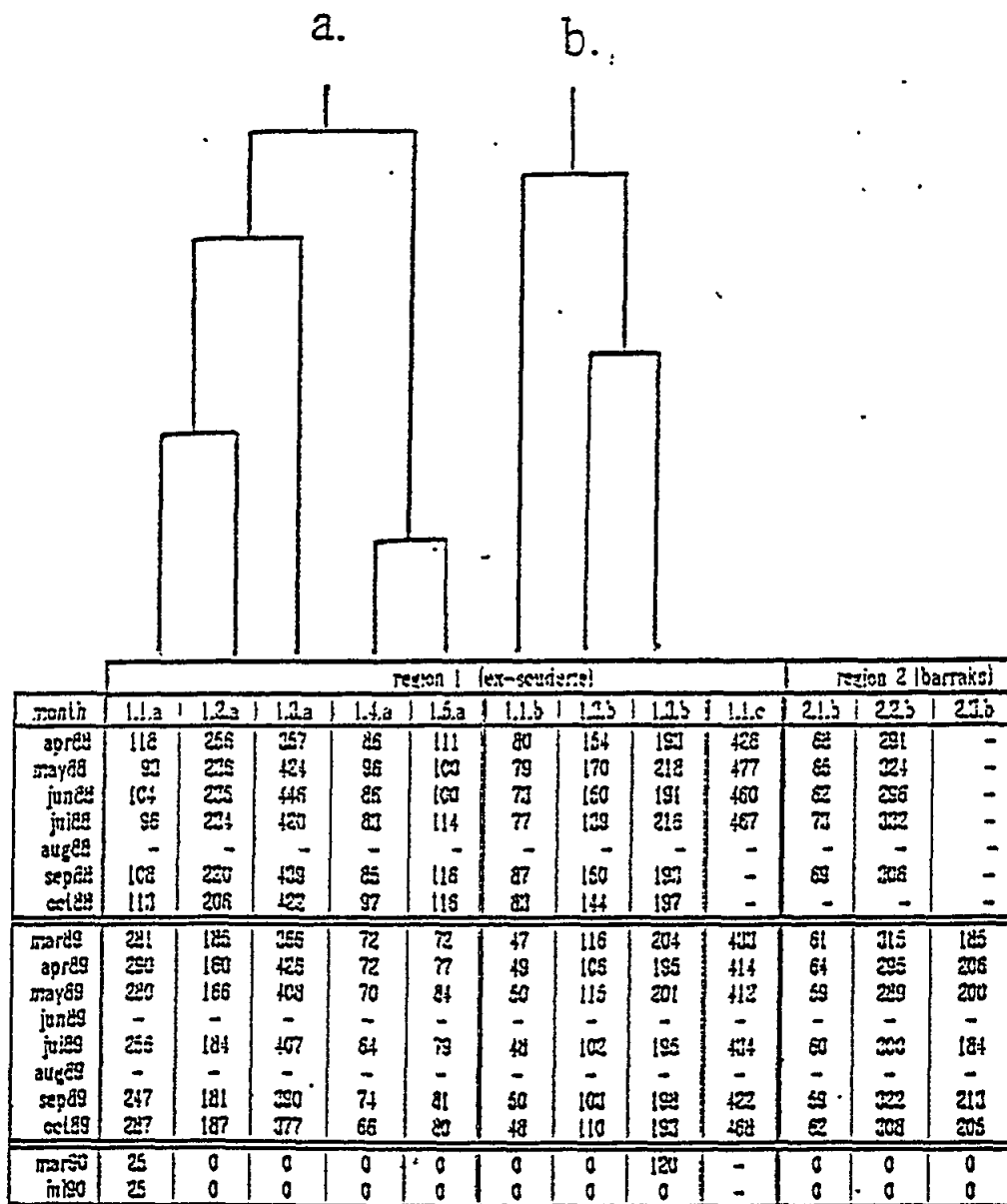


Fig. 9 Shoot density (- = no data, 0 = no shoots)

Data processing has been carried out through different statistical approaches (multivariate analysis ch. 2) for interpreting-describing the thinning process.

This matrix has been divided into submatrixes to help analysis.

This division has permitted us to operate in homogeneous circles characterized by monospecificity and by the same time intervals.

Shoot density of the region, a value measured in regular intervals during three years, has been a useful element to characterize a thinning trend through a well defined direction (polarity). From the localization of the stations we can observe a different polarity if compared with the general trend of seagrasses in the gulf of Trieste. They have left the deeper bottoms following a direction from off-shore to the shore-line, for the reduction of the transparency (Bressan et al., 1990). In this case we found different polarities according to the different species ordered along density values. In the region 1 we observed 2 types of polarity:

- a. *C. nodosa* before the total disappearance, changed its polarity. The axis of regression changed from perpendicular to the stones (the border between the regions) to East with a rotation of 90E with increasing values proceeding to shoreline (Fig. 8).
- b. The polarity of *Z. noltii* was unchanging during the two years before its disappearance. It followed the direction North-South with crescent shoot density values from shore-line to the open sea against all waits (Fig. 8).

4.2.2 Region no. 2

Region no. 2, near the barracks of Carabinieri (at East from ex Scuderie) has a regular border and an extension almost double compared with region no. 1. It has a sense of direction from East to West. We have found only a species *Z. noltii* even if we observed also a little place occupied by rare shoots of *C. nodosa* during the first year of observation. Figure 8 shows the starting point of the perimetral extension of seagrass. From this point of reference we measured again the regions to control the variations after one year.

We can observe an apparent lack of data in this case, but the information are sufficient to characterize an homogeneous environment like the region 2. For example in 1988, 2 stations (2.1.b, 2.2.b) could represent the entire region. After one year we introduced station 2.3.b to represent a situation between the two stations (see Fig. 10).

4.2.2.1 From the processing of shoot density data

The average values confirmed the same trend that we have found in Region 1: homogeneity during the years and the change between two years.

Following the same survey line of Region 1 we focused to the polarity. The direction followed the line East-West also, in this case, against all waits.

5. RESULTS

From the morphological study of the region in the marine reserve of Miramare, a regression model of the meadows appeared and gave a lot of information about the thinning cause and how it did appear in the studied regions.

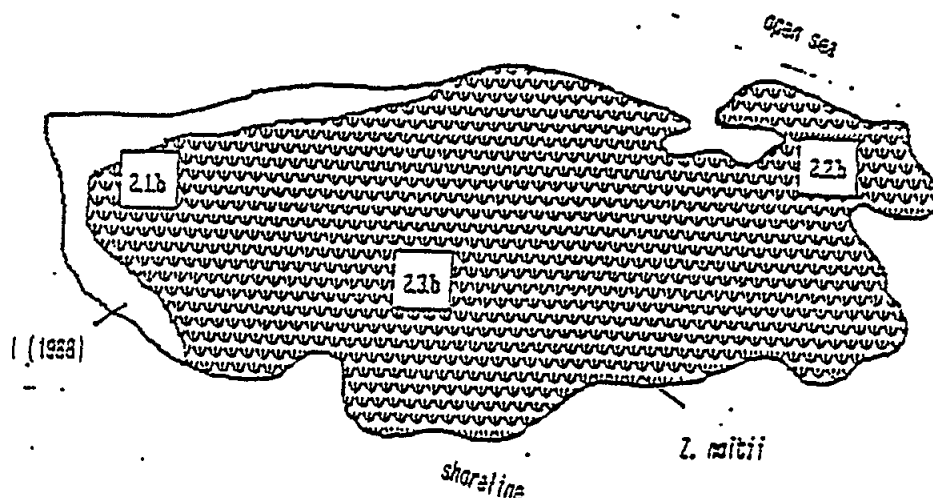


Fig. 10 Region no. 2

5.1 Spatial approach

The results of this research from a geometrical point of view are data that could have represented an important starting point if there had not been the unexpected disappearance of marine phanerogames in the marine reserve during 1990. Before this date we did not find any important changes either after the measures into sub-regions (homogeneous circles). But they showed the reliability of methodology, able to record little changes.

5.2 Temporal approach

The thinning that preceded the total disappearance of meadows, was recorded on it dynamic above all by vegetation data. Now we consider necessary to know these quick phenomena. If we consider the shoot density it showed more readiness than the covering and the growing, less representative.

The growth study during the period of the research was disturbed by grazing. Fig. 11 shows a different trend of the polarity if compared to the normal regression trend of meadows in the gulf of Trieste. The methodology of the research (automatic classification) that was applied on historical series of shoot density surveys went over the occasional or puntiform impoverishment of the vegetation. It also pointed out the preferential direction of thinning (polarity), different during the time, the space, and different for the various species.

Therefore the different polarities in a limited region had to be put in correlation with some presumed causes. First of all the submerged dam of stones as border of the region 1 that deviated the polarity along a perpendicular direction of the stones (1988). In 1989 an unexpected deviation from this natural situation of polarity

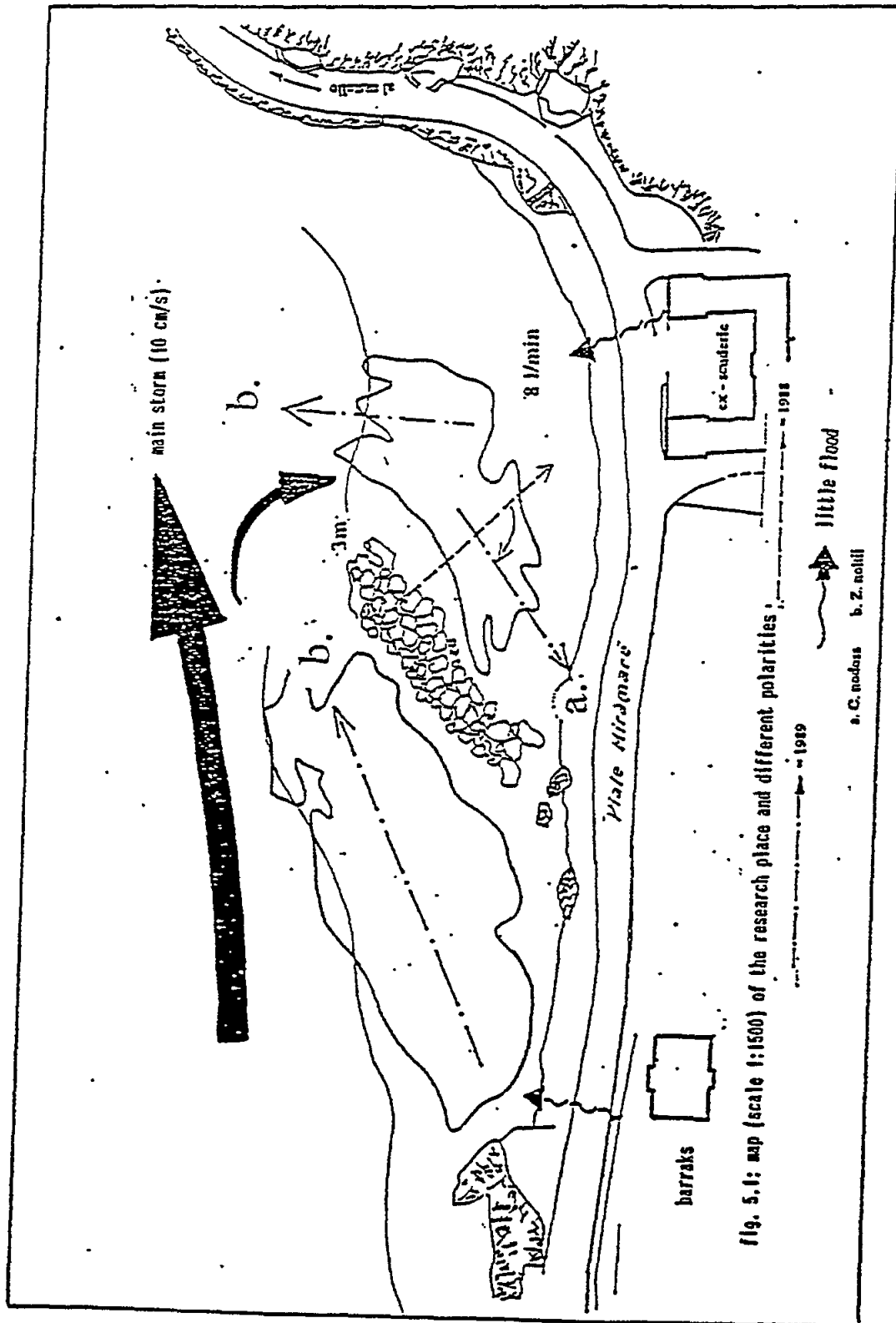


Fig. 11 Map (scale 1:1500) of the research place and different polarities

was probably caused by a little flood that discharged water from an occasional building yard. This rotation of the polarity was noted in sub region a. *C. nodosa* where we noted that matched effect of the regression to shoreline and the deviation caused by the flood. In the same way we can interpret the regression of region 2: the polarity followed the effect of another flood matched with the main storm, as showed in Fig. 11.

This research now needs another period of study to verify these hypothesis in other places in the gulf of Trieste. For example it is important to know the effects of polluting substances in the sea base such as the rapidity in which the environment reacts to this problem.

6. REFERENCES

- Benacchio, N. (1938), Osservazioni sistematiche e biologiche sulle Zosteracee dell'Alto Adriatico, Thalassia, 3:1-37
- Bressan, G. and R. Odorico (1992), Variazioni nella fisionomia di aree a fanerogame marine (Riserva marina di Miramare). Bollettino della Società Adriatica di Scienze LXXIII, pp.57-61
- Bressan, G., L.E. Sergi and C. Welker (1990), Variazioni della distribuzione batimetrica di macroalghe dell'infralitorale fotofilo nel golfo di Trieste (Mare Adriatico). Bollettino della Società Adriatica di Scienze, Vol. LXXII:107-126
- Dennison, W.C. (1990), from Phillips R.C., and C.P. Mc Roy. Seagrass research methods, Monographs on oceanographic methodology, Vol. 9, 210 p.
- Ghirardelli, E., G. Orel and G. Giaccone (1975), Esperienze sullo scarico a mare di Trieste. Metodologie e ricerche per la valutazione degli effetti sul benthos. Ing.Ambientale, Vol. 14, 6 p.
- Meinesz, A., C.F. Boudouresque, C. Falconetti, J.M. Astier, D. Bay, J.J. Blanc, M. Bourcier, F. Cinelli, S. Cirik, G. Cristini, I. Di Geronimo, G. Giaccone, J.G. Harmelin, L. Laubier, A.Z. Lovric, R. Molinier, J. Soyer et C. Vamvakas (1983), Normalization des symboles pour la représentation et la cartographie des biocénoses benthiques littorales de Méditerranée. Annales de l'Institut Océanographique, Tome 59, fasc. 2
- Simonetti, G. (1973), I consorzi a fanerogame marine nel golfo di Trieste. Ist. Veneto di Scienze, Lettere ed Arti, Tomo CXXXI:460-500
- Techet, K. (1906), Uber die marine Vegetation des Triester Golfes. K.K. Zool.Bot.Gesellsch. Wien 3, 3:1-19

PUBLICATIONS OF THE MAP TECHNICAL REPORTS SERIES

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).
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).
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).
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).
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).
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).
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).
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).
8. UNEP: Biogeochemical studies of selected pollutants in the open waters of the Mediterranean
Add. MED POL VIII). Addendum, Greek Oceanographic Cruise 1980. MAP Technical Reports Series No. 8, Addendum. UNEP, Athens, 1986 (66 pages) (English only).
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).
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).
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).
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).

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).
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).
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).
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).
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).
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).
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).
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).
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).
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).
23. UNEP: National monitoring programme of Yugoslavia, Report for 1983-1986. MAP Technical Reports Series No. 23. UNEP, Athens, 1988 (223 pages) (English only).
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).
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).

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 (196 pages) (English only).
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).
28. UNEP: State of the Mediterranean marine environment. MAP Technical Reports Series No. 28. UNEP, Athens, 1989 (225 pages) (English only).
29. UNEP: Bibliography on effects of climatic change and related topics. MAP Technical Reports Series No. 29. UNEP, Athens, 1989 (143 pages) (English only).
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).
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).
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).
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).
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).
35. UNEP: Bibliography on marine pollution by organotin compounds. MAP Technical Reports Series No. 35. UNEP, Athens, 1989 (92 pages) (English only).
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).
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).
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).
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).
40. UNEP/FAO: Final reports on research projects (Activities H,I and J). MAP Technical Reports Series No. 40. UNEP, Athens, 1990 (125 pages) (English and French).

41. UNEP: Wastewater reuse for irrigation in the Mediterranean region. MAP Technical Reports Series No. 41. UNEP, Priority Actions Programme, Regional Activity Centre, Split, 1990 (330 pages) (English and French).
42. UNEP/IUCN: Report on the status of Mediterranean marine turtles. MAP Technical Reports Series No. 42. UNEP, Athens, 1990 (204 pages) (English and French).
43. UNEP/IUCN/GIS Posidonia: Red Book "Gérard Vuignier", marine plants, populations and landscapes threatened in the Mediterranean. MAP Technical Reports Series No. 43. UNEP, Athens, 1990 (250 pages) (French only).
44. UNEP: Bibliography on aquatic pollution by organophosphorus compounds. MAP Technical Reports Series No. 44. UNEP, Athens, 1990 (98 pages) (English only).
45. UNEP/IAEA: Transport of pollutants by sedimentation: Collected papers from the first Mediterranean Workshop (Villefranche-sur-Mer, France, 10-12 December 1987). MAP Technical Reports Series No. 45. UNEP, Athens, 1990 (302 pages) (English only).
46. 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 rotavirus-induced gastroenteritis among bathers (1986-88). MAP Technical Reports Series No.46, UNEP, Athens, 1991 (64 pages) (English only).
47. UNEP: Jellyfish blooms in the Mediterranean. Proceedings of the II workshop on jellyfish in the Mediterranean Sea. MAP Technical Reports Series No.47. UNEP, Athens, 1991 (320 pages) (parts in English or French only).
48. UNEP/FAO: Final reports on research projects (Activity G). MAP Technical Reports Series No. 48. UNEP, Athens, 1991 (126 pages) (parts in English or French only).
49. UNEP/WHO: Biogeochemical cycles of specific pollutants. Survival of pathogens. Final reports on research projects (Activity K). MAP Technical Reports Series No. 49. UNEP, Athens, 1991 (71 pages) (parts in English or French only).
50. UNEP: Bibliography on marine litter. MAP Technical Reports Series No. 50. UNEP, Athens, 1991 (62 pages) (English only).
51. UNEP/FAO: Final reports on research projects dealing with mercury, toxicity and analytical techniques. MAP Technical Reports Series No. 51. UNEP, Athens, 1991 (166 pages) (parts in English or French only).
52. UNEP/FAO: Final reports on research projects dealing with bioaccumulation and toxicity of chemical pollutants. MAP Technical Reports Series No. 52. UNEP, Athens, 1991 (86 pages) (parts in English or French only).
53. UNEP/WHO: Epidemiological studies related to environmental quality criteria for bathing waters, shellfish-growing waters and edible marine organisms (Activity D). Final report on epidemiological study on bathers from selected beaches in Malaga, Spain (1988-1989). MAP Technical Reports Series No. 53. UNEP, Athens, 1991 (127 pages) (English only).
54. UNEP/WHO: Development and testing of sampling and analytical techniques for monitoring of marine pollutants (Activity A): Final reports on selected microbiological projects. MAP Technical Reports Series No. 54. UNEP, Athens, 1991 (83 pages) (English only).

55. UNEP/WHO: Biogeochemical cycles of specific pollutants (Activity K): Final report on project on survival of pathogenic organisms in seawater. MAP Technical Reports Series No. 55. UNEP, Athens, 1991 (95 pages) (English only).
56. UNEP/IOC/FAO: Assessment of the state of pollution of the Mediterranean Sea by persistent synthetic materials which may float, sink or remain in suspension. MAP Technical Reports Series No. 56. UNEP, Athens, 1991 (113 pages) (English and French).
57. UNEP/WHO: Research on the toxicity, persistence, bioaccumulation, carcinogenicity and mutagenicity of selected substances (Activity G): Final reports on projects dealing with carcinogenicity and mutagenicity. MAP Technical Reports Series No. 57. UNEP, Athens, 1991 (59 pages) (English only).
58. UNEP/FAO/WHO/IAEA: Assessment of the state of pollution of the Mediterranean Sea by organophosphorus compounds. MAP Technical Reports Series No. 58. UNEP, Athens, 1991 (122 pages) (English and French).
59. UNEP/FAO/IAEA: Proceedings of the FAO/UNEP/IAEA Consultation Meeting on the Accumulation and Transformation of Chemical contaminants by Biotic and Abiotic Processes in the Marine Environment (La Spezia, Italy, 24-28 September 1990), edited by G.P. Gabrielides. MAP Technical Reports Series No. 59. UNEP, Athens, 1991 (392 pages) (English only).
60. UNEP/WHO: Development and testing of sampling and analytical techniques for monitoring of marine pollutants (Activity A): Final reports on selected microbiological projects (1987-1990). MAP Technical Reports Series No. 60. UNEP, Athens, 1991 (76 pages) (parts in English or French only).
61. UNEP: Integrated Planning and Management of the Mediterranean Coastal Zones. Documents produced in the first and second stage of the Priority Action (1985-1986). MAP Technical Reports Series No. 61. UNEP, Priority Actions Programme, Regional Activity Centre, Split, 1991 (437 pages) (parts in English or French only).
62. UNEP/IAEA: Assessment of the State of Pollution of the Mediterranean Sea by Radioactive Substances. MAP Technical Reports Series No. 62, UNEP, Athens, 1992 (133 pages) (English and French).
63. UNEP/WHO: Biogeochemical cycles of specific pollutants (Activity K) - Survival of Pathogens - Final reports on Research Projects (1989-1991). MAP Technical Reports Series No. 63, UNEP, Athens, 1992 (86 pages) (French only).
64. UNEP/WMO: Airborne Pollution of the Mediterranean Sea. Report and Proceedings of the Second WMO/UNEP Workshop. MAP Technical Reports Series No. 64, UNEP, Athens, 1992 (246 pages) (English only).
65. UNEP: Directory of Mediterranean Marine Environmental Centres. MAP Technical Reports Series No. 65, UNEP, Athens, 1992 (351 pages) (English and French).
66. UNEP/CRU: Regional Changes in Climate in the Mediterranean Basin Due to Global Greenhouse Gas Warming. MAP Technical Reports Series No. 66, UNEP, Athens, 1992 (172 pages) (English only).
67. UNEP/IOC: Applicability of Remote Sensing for Survey of Water Quality Parameters in the Mediterranean. Final Report of the Research Project. MAP Technical Reports Series No. 67, UNEP, Athens, 1992 (142 pages) (English only).

68. UNEP/FAO/IOC: Evaluation of the Training Workshops on the Statistical Treatment and Interpretation of Marine Community Data. MAP Technical Reports Series No. 68. UNEP, Athens, 1992 (221 pages) (English only).
69. UNEP/FAO/IOC: Proceedings of the FAO/UNEP/IOC Workshop on the Biological Effects of Pollutants on Marine Organisms (Malta, 10-14 September 1991), edited by G.P. Gabrielides. MAP Technical Reports Series No. 69. UNEP, Athens, 1992 (287 pages) (English only).
70. UNEP/IAEA/IOC/FAO: Organohalogen Compounds in the Marine Environment: A Review. MAP Technical Reports Series No. 70. UNEP, Athens, 1992 (49 pages) (English only).
71. UNEP/FAO/IOC: Selected techniques for monitoring biological effects of pollutants in marine organisms. MAP Technical Reports Series No. 71. UNEP, Athens, 1993 (189 pages) (English only).
72. UNEP: Costs and Benefits of Measures for the Reduction of Degradation of the Environment from Land-based Sources of Pollution in Coastal Areas. A - Case Study of the Bay of Izmir. B - Case Study of the Island of Rhodes. MAP Technical Reports Series No. 72. UNEP, Athens, 1993 (64 pages) (English only).
73. UNEP/FAO: Final Reports on Research Projects Dealing with the Effects of Pollutants on Marine Communities and Organisms. MAP Technical Reports Series No. 73. UNEP, Athens, 1993 (186 pages) (English and French).
74. UNEP/FIS: Report of the Training Workshop on Aspects of Marine Documentation in the Mediterranean. MAP Technical Reports Series No. 74. UNEP, Athens, 1993 (38 pages) (English only).
75. UNEP/WHO: Development and Testing of Sampling and Analytical Techniques for Monitoring of Marine Pollutants (Activity A). MAP Technical Reports Series No. 75. UNEP, Athens, 1993 (90 pages) (English only).
76. UNEP/WHO: Biogeochemical Cycles of Specific Pollutants (Activity K): Survival of Pathogens. MAP Technical Reports Series No. 76. UNEP, Athens, 1993 (68 pages) (English and French).
77. UNEP/FAO/IAEA: Designing of monitoring programmes and management of data concerning chemical contaminants in marine organisms. MAP Technical Reports Series No. 77. UNEP, Athens, 1993 (236 pages) (English only).
78. UNEP/FAO: Final reports on research projects dealing with eutrophication problems. MAP Technical Reports Series No. 78. UNEP, Athens, 1994 (139 pages) (English only).
79. UNEP/FAO: Final reports on research projects dealing with toxicity of pollutants on marine organisms. MAP Technical Reports Series No. 79. UNEP, Athens, 1994 (135 pages) (parts in English or French only).
80. UNEP/FAO: Final reports on research projects dealing with the effects of pollutants on marine organisms and communities. MAP Technical Reports Series No. 80. UNEP, Athens, 1994 (123 pages) (English only).
81. UNEP/IAEA: Data quality review for MED POL: Nineteen years of progress. MAP Technical Reports Series No. 81. UNEP, Athens, 1994 (79 pages) (English only).
82. UNEP/IUCN: Technical report on the State of Cetaceans in the Mediterranean. MAP Technical Reports Series No. 82. UNEP, Regional Activity Centre for Specially Protected Areas, Tunis, 1994 (37 pages) (English only).

83. UNEP/IUCN: Specially protected Areas in Mediterranean. Sketch of an Analytical Study of Relevant Legislation. MAP Technical Reports Series No. 83. UNEP, Regional Activity Centre for Specially Protected Areas, Tunis, 1994 (55 pages) (French only).
84. UNEP: Integrated Management Study for the Area of Izmir. MAP Technical Reports Series No. 84, UNEP, Regional Activity Centre for Priority Actions Programme, Split, 1994 (130 pages) (English only).
85. UNEP/WMO: Assessment of Airborne Pollution of the Mediterranean Sea by Sulphur and Nitrogen Compounds and Heavy Metals in 1991. MAP Technical Report Series No. 85, Athens, 1994 (304 pages) (English only).
86. UNEP: Monitoring Programme of the Eastern Adriatic Coastal Area - Report for 1983-1991. MAP Technical Report Series No. 86, Athens, 1994 (311 pages) (English only).
87. UNEP/WHO: Identification of microbiological components and measurement development and testing of methodologies of specified contaminants (Area I) - Final reports on selected microbiological projects. MAP Technical Reports Series No. 87, UNEP, Athens, 1994 (136 pages) (English only).
88. UNEP: Proceedings of the Seminar on Mediterranean Prospective. MAP Technical Reports Series No. 88, UNEP, Blue Plan Regional Activity Centre, Sophia Antipolis, 1994 (176 pages) (parts in English or French only).
89. UNEP: Iskenderun Bay Project. Volume I. Environmental Management within the Context of Environment-Development. MAP Technical Reports Series No. 89, UNEP, Blue Plan Regional Activity Centre, Sophia Antipolis, 1994 (144 pages) (English only).
90. UNEP: Iskenderun Bay Project. Volume II. Systemic and Prospective Analysis. MAP Technical Report Series No. 90, Sophia Antipolis, 1994 (142 pages) (parts in English or French only).
91. UNEP: A Contribution from Ecology to Prospective Studies. Assets and Issues. MAP Technical Reports Series No. 91, Sophia Antipolis, 1994 (162 pages) (French only).
92. UNEP/WHO: Assessment of the State of Pollution in the Mediterranean Sea by Carcinogenic, Mutagenic and Teratogenic Substances. MAP Technical Reports Series No. 92, UNEP, Athens, 1995 (238 pages) (English only).
93. UNEP/WHO: Epidemiological studies related to the environmental quality criteria for bathing waters, shellfish-growing waters and edible marine organisms. MAP Technical Reports Series No. 93, UNEP, Athens, 1995 (118 pages) (English only).
94. UNEP: Proceedings of the Workshop on Application of Integrated Approach to Development, Management and Use of Water Resources. MAP Technical Reports Series No. 94, UNEP, Athens, 1995 (214 pages) (parts in English or French only).
95. UNEP: Common measures for the control of pollution adopted by the Contracting Parties to the Convention for the Protection of the Mediterranean Sea against Pollution. MAP Technical Reports Series No 95, UNEP, Athens, 1995 (69 pages) (English and French).
96. UNEP/FAO: Final reports of research projects on effects (Research Area III) - Pollution effects on plankton composition and spatial distribution, near the sewage outfall of Athens (Saronikos Gulf, Greece). MAP Technical Reports Series No. 96, UNEP, Athens, 1996 (121 pages) (English only).

PUBLICATIONS "MAP TECHNICAL REPORTS SERIES"

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).
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).
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).
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).
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).
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).
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).
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).
8. PNUE: Etudes biogéochimiques de certains polluants au large de la Méditerranée (MED POL VIII).
- Add. Addendum, Croisière Océanographique de la Grèce 1980. MAP Technical Reports Series No. 8, Addendum. UNEP, Athens, 1986 (66 pages) (anglais seulement).
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).
10. PNUE: 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).
11. PNUE: 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).
12. PNUE: 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).

13. PNUE: 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).
14. PNUE: 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).
15. PNUE: 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).
16. PNUE: 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).
17. PNUE: 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).
18. PNUE/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).
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).
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).
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).
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).
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).
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).

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).
26. 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. 26. UNEP, Athens, 1989 (196 pages) (anglais seulement).
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).
28. PNUE: Etat du milieu marin en Méditerranée. MAP Technical Reports Series No. 28. UNEP, Athens, 1989 (225 pages) (anglais seulement).
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).
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).
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).
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).
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).
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).
35. PNUE: Bibliographie sur la pollution marine par les composés organostanniques. MAP Technical Reports Series No. 35. UNEP, Athens, 1989 (92 pages) (anglais seulement).
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).
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).
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).
39. PNUE/FAO/OMS/AIEA: Evaluation de l'état de la pollution par les composés organohalogénés. MAP Technical Reports Series No. 39. UNEP, Athens, 1990 (224 pages) (anglais et français).

40. PNUE/FAO: Rapports finaux sur les projets de recherche (Activités H, I et J). MAP Technical Reports Series No. 40. UNEP, Athens, 1990 (125 pages) (anglais et français).
41. PNUE: Réutilisation agricole des eaux usées dans la région méditerranéenne. MAP Technical Reports Series No. 41. UNEP, Priority Actions Programme, Regional Activity Centre, Split, 1990 (330 pages) (anglais et français).
42. PNUE/UICN: Rapport sur le statut des tortues marines de Méditerranée. MAP Technical Reports Series No. 42. UNEP, Athens, 1990 (204 pages) (anglais et français).
43. PNUE/UICN/GIS Posidonie: Livre rouge "Gérard Vuignier" des végétaux, peuplements et paysages marins menacés de Méditerranée. MAP Technical Reports Series No. 43. UNEP, Athens, 1990 (250 pages) (français seulement).
44. PNUE: Bibliographie sur la pollution aquatique par les composés organophosphorés. MAP Technical Reports Series No. 44. UNEP, Athens, 1990 (98 pages) (anglais seulement).
45. PNUE/AIEA: Transfert des polluants par sédimentation: Recueil des communications présentées aux premières journées d'études méditerranéennes (Villefranche-sur-Mer, France, 10-12 décembre 1987). MAP Technical Reports Series No. 45. UNEP, Athens, 1990 (302 pages) (anglais seulement).
46. 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 la gastroentérite provoquée par le rotavirus entre les baigneurs (1986-88). MAP Technical Reports Series No. 46. UNEP, Athens, 1991 (64 pages) (anglais seulement).
47. PNUE: Les proliférations de méduses en Méditerranée. Actes des 11^{èmes} journées d'étude sur les méduses en mer Méditerranée. MAP Technical Reports Series No. 47. UNEP, Athens, 1991 (320 pages) (parties en anglais ou français seulement).
48. PNUE/FAO: Rapports finaux sur les projets de recherche (Activité G). MAP Technical Reports Series No. 48. UNEP, Athens, 1991 (126 pages) (parties en anglais ou français seulement).
49. PNUE/OMS: Cycles biogéochimiques de polluants spécifiques. Survie des Pathogènes. Rapports finaux sur les projets de recherche (activité K). MAP Technical Reports Series No. 49. UNEP, Athens, 1991 (71 pages) (parties en anglais ou français seulement).
50. PNUE: Bibliographie sur les déchets marins. MAP Technical Reports Series No. 50. UNEP, Athens, 1991 (62 pages) (anglais seulement).
51. PNUE/FAO: Rapports finaux sur les projets de recherche traitant du mercure, de la toxicité et des techniques analytiques. MAP Technical Reports Series No. 51. UNEP, Athens, 1991 (166 pages) (parties en anglais ou français seulement).
52. PNUE/FAO: Rapports finaux sur les projets de recherche traitant de la bioaccumulation et de la toxicité des polluants chimiques. MAP Technical Reports Series No. 52. UNEP, Athens, 1991 (86 pages) (parties en anglais ou français seulement).
53. 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 l'étude épidémiologique menée parmi les baigneurs de certaines plages à Malaga, Espagne (1988-1989). MAP Technical Reports Series No. 53. UNEP, Athens, 1991 (127 pages) (anglais seulement).

54. PNUE/OMS: Mise au point et essai des techniques d'échantillonnage et d'analyse pour la surveillance continue des polluants marins (Activité A): Rapports finaux sur certains projets de nature microbiologique. MAP Technical Reports Series No. 54. UNEP, Athens, 1991 (83 pages) (anglais seulement).
55. PNUE/OMS: Cycles biogéochimiques de polluants spécifiques (Activité K): Rapport final sur le projet sur la survie des microorganismes pathogènes dans l'eau de mer. MAP Technical Reports Series No. 55. UNEP, Athens, 1991 (95 pages) (anglais seulement).
56. PNUE/COI/FAO: Evaluation de l'état de la pollution de la mer Méditerranée par les matières synthétiques persistantes qui peuvent flotter, couler ou rester en suspension. MAP Technical Reports Series No. 56. UNEP, Athens, 1991 (113 pages) (anglais et français).
57. PNUE/OMS: 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 cancérogénicité et la mutagénicité. MAP Technical Reports Series No. 57. UNEP, Athens, 1991 (59 pages) (anglais seulement).
58. PNUE/FAO/OMS/AIEA: Evaluation de l'état de la pollution de la mer Méditerranée par les composés organophosphorés. MAP Technical Reports Series No. 58. UNEP, Athens, 1991 (122 pages) (anglais et français).
59. PNUE/FAO/AIEA: Actes de la réunion consultative FAO/PNUE/AIEA sur l'accumulation et la transformation des contaminants chimiques par les processus biotiques et abiotiques dans le milieu marin (La Spezia, Italie, 24-28 septembre 1990), publié sous la direction de G.P. Gabrielides. MAP Technical Reports Series No. 59. UNEP, Athens, 1991 (392 pages) (anglais seulement).
60. PNUE/OMS: Mise au point et essai des techniques d'échantillonnage et d'analyse pour la surveillance continue des polluants marins (Activité A): Rapports finaux sur certains projets de nature microbiologique (1987-1990). MAP Technical Reports Series No. 60. UNEP, Athens, 1991 (76 pages) (parties en anglais ou français seulement).
61. PNUE: Planification intégrée et gestion des zones côtières méditerranéennes. Textes rédigés au cours de la première et de la deuxième phase de l'action prioritaire (1985-1986). MAP Technical Reports Series No. 61. UNEP, Priority Actions Programme, Regional Activity Centre, Split, 1991 (437 pages) (parties en anglais ou français seulement).
62. PNUE/AIEA: Evaluation de l'état de la pollution de la mer Méditerranée par les substances radioactives. MAP Technical Reports Series No. 62, UNEP, Athens, 1992 (133 pages) (anglais et français).
63. PNUE/OMS: Cycles biogéochimiques de polluants spécifiques (Activité K) - Survie des pathogènes - Rapports finaux sur les projets de recherche (1989-1991). MAP Technical Reports Series No. 63, UNEP, Athens, 1992 (86 pages) (français seulement).
64. PNUE/OMM: Pollution par voie atmosphérique de la mer Méditerranée. Rapport et actes des deuxième journées d'études OMM/PNUE. MAP Technical Reports Series No. 64, UNEP, Athens, 1992 (246 pages) (anglais seulement).
65. PNUE: Répertoire des centres relatifs au milieu marin en Méditerranée. MAP Technical Reports Series No. 65, UNEP, Athens, 1992 (351 pages) (anglais et français).
66. PNUE/CRU: Modifications régionales du climat dans le bassin méditerranéen résultant du réchauffement global dû aux gaz à effet de serre. MAP Technical Reports Series No. 66, UNEP, Athens, 1992 (172 pages) (anglais seulement).

67. PNUE/COI: Applicabilité de la télédétection à l'étude des paramètres de la qualité de l'eau en Méditerranée. Rapport final du projet de recherche. MAP Technical Reports Series No. 67. UNEP, Athens, 1992 (142 pages) (anglais seulement).
68. PNUE/FAO/COI: Evaluation des ateliers de formation sur le traitement statistique et l'interprétation des données relatives aux communautés marines. MAP Technical Reports Series No. 68. UNEP, Athens, 1992 (221 pages) (anglais seulement).
69. PNUE/FAO/COI: Actes de l'Atelier FAO/PNUE/COI sur les effets biologiques des polluants sur les organismes marins (Malte, 10-14 septembre 1991), publié sous la direction de G.P. Gabrielides. MAP Technical Reports Series No. 69. UNEP, Athens, 1992 (287 pages) (anglais seulement).
70. PNUE/AIEA/COI/FAO: Composés organohalogénés dans le milieu marin: Une synthèse. MAP Technical Reports Series No. 70. UNEP, Athens, 1992 (49 pages) (anglais seulement).
71. PNUE/FAO/COI: Techniques sélectionnées de surveillance continue des effets biologiques des polluants sur les organismes marins. MAP Technical Reports Series No. 71. UNEP, Athens, 1993 (189 pages) (anglais seulement).
72. PNUE: Coûts et bénéfices des mesures pour la réduction de la dégradation de l'environnement des sources de pollution d'origine tellurique dans les zones côtières. A - Etude de cas de la baie d'Izmir. B - Etude de cas de l'île de Rhodes. MAP Technical Reports Series No. 72. UNEP, Athens, 1993 (64 pages) (anglais seulement).
73. PNUE/FAO: Rapports finaux sur les projets de recherche traitant des effets de polluants sur les communautés et les organismes marins. MAP Technical Reports Series No. 73. UNEP, Athens, 1993 (186 pages) (anglais et français).
74. PNUE/FIS: Rapport de l'Atelier de formation sur les aspects de la documentation marine en Méditerranée. MAP Technical Reports Series No. 74. UNEP, Athens, 1993 (38 pages) (anglais seulement).
75. PNUE/OMS: Mise au point et essai des techniques d'échantillonnage et d'analyse pour la surveillance continue des polluants marins (Activité A). MAP Technical Reports Series No. 75. UNEP, Athens, 1993 (90 pages) (anglais seulement).
76. PNUE/OMS: Cycles biogéochimiques de polluants spécifiques (Activité K): Survie des pathogènes. MAP Technical Reports Series No. 76. UNEP, Athens, 1993 (68 pages) (anglais et français).
77. PNUE/FAO/AIEA: Conception des programmes de surveillance continue et de gestion des données concernant les contaminants chimiques dans les organismes marins. MAP Technical Reports Series No. 77. UNEP, Athens, 1993 (236 pages) (anglais seulement).
78. PNUE/FAO: Rapports finaux sur les projets de recherche traitant des problèmes de l'eutrophisation. MAP Technical Reports Series No. 78. UNEP, Athens, 1994 (139 pages) (anglais seulement).
79. PNUE/FAO: Rapports finaux sur les projets de recherche traitant de la toxicité des polluants sur les organismes marins. MAP Technical Reports Series No. 79. UNEP, Athens, 1994 (135 pages) (parties en anglais ou français seulement).
80. PNUE/FAO: Rapports finaux sur les projets de recherche traitant des effets des polluants sur les organismes et communautés marins. MAP Technical Reports Series No. 80. UNEP, Athens, 1994 (123 pages) (anglais seulement).

81. PNUE/AIEA: Examen de la qualité des données pour le MED POL: Dix-neuf années de progrès. MAP Technical Reports Series No. 81. UNEP, Athens, 1994 (79 pages) (anglais seulement).
82. PNUE/UICN: Rapport technique sur l'état des cétacés en Méditerranée. MAP Technical Reports Series No. 82. PNUE, Centre d'activités régionales pour les aires spécialement protégées, Tunis, 1994 (37 pages) (anglais seulement).
83. PNUE/UICN: Les aires protégées en Méditerranée. Essai d'étude analytique de la législation pertinente. MAP Technical Reports Series No. 83. PNUE, Centre d'activités régionales pour les aires spécialement protégées, Tunis, 1994 (55 pages) (français seulement).
84. PNUE: Etude de gestion intégrée pour la zone d'Izmir. MAP Technical Reports Series No. 84, PNUE, Centre d'activités régionales pour le programme d'actions prioritaires, Split, 1994 (130 pages) (anglais seulement).
85. PNUE/OMM: Evaluation de la pollution transférée par voie atmosphérique en mer Méditerranée pour les composés soufrés, azotés et pour les métaux lourds en 1991. MAP Technical Reports Series No. 85, UNEP, Athens, 1994 (304 pages) (anglais seulement).
86. PNUE: Programme de surveillance continue de la zone côtière de l'Adriatique Est - Rapport pour 1983-1991. MAP Technical Reports Series No. 86, UNEP, Athens, 1994 (311 pages) (anglais seulement).
87. PNUE/OMS: Identification de constituants microbiologiques et de dosage (mise au point et essai de méthodes) de contaminants donnés (Domaine de recherche I) - Rapports finaux sur certains projets de nature microbiologique. MAP Technical Reports Series No. 87, UNEP, Athens, 1994 (136 pages) (anglais seulement).
88. PNUE: Actes du Séminaire débat sur la prospective méditerranéenne. MAP Technical Reports Series No. 88, UNEP, Blue Plan Regional Activity Centre, Sophia Antipolis, 1994 (176 pages) (parties en anglais ou français seulement).
89. PNUE: Projet de la Baie d'Iskenderun. Volume I. Gestion de l'environnement dans le cadre de l'environnement-développement. MAP Technical Reports Series No. 89, PNUE, Centre d'activités régionales pour le Plan Bleu, Sophia Antipolis, 1994 (144 pages) (anglais seulement).
90. PNUE: Projet de la Baie d'Iskenderun. Volume II. Analyse systémique et prospective. MAP Technical Reports Series No. 90, UNEP, Sophia Antipolis, 1994 (142 pages) (parties en anglais ou français seulement).
91. PNUE: Une contribution de l'écologie à la prospective. Problèmes et acquis. MAP Technical Reports Series No. 91, Sophia Antipolis, 1994 (162 pages) (français seulement).
92. PNUE/OMS: Evaluation de l'état de la pollution de la mer Méditerranée par les substances cancérogènes, tératogènes et mutagènes. MAP Technical Reports Series No. 92, UNEP, Athens, 1995 (238 pages) (anglais seulement).
93. PNUE/OMS: Etudes épidémiologiques relatives à la qualité de l'environnement pour les eaux servant à la baignade, à la culture des coquillages et à l'élevage d'autres organismes marins comestibles. MAP Technical Reports Series No. 93, UNEP, Athens, 1995 (118 pages) (anglais seulement).

94. PNUE: Actes de l'Atelier sur l'application d'une approche intégrée au développement, à la gestion et à l'utilisation des ressources en eau. MAP Technical Reports Series No. 94, UNEP, Athens, 1995 (214 pages) (parties en anglais ou français seulement).
95. PNUE: Mesures communes de lutte contre la pollution adoptées par les Parties contractantes à la Convention pour la protection de la mer Méditerranée contre la pollution. MAP Technical Reports Series No. 95, UNEP, Athens, 1995 (69 pages) (anglais et français).
96. PNUE/FAO: Rapports finaux des projets de recherche sur les effets (Domaine de recherche III) -Effets de la pollution sur la composition et la répartition spatiale à proximité de l'émissaire d'eaux usées d'Athènes (Golfe Saronique, Grèce). MAP Technical Reports Series No. 96, UNEP, Athens, 1996 (121 pages) (anglais seulement).



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:

Coordinating 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
GRECE