





*PROCEEDINGS OF THE FIRST MEDITERRANEAN  
SYMPOSIUM ON MARINE VEGETATION  
(AJACCIO, 3-4 OCTOBER 2000)*

**ACTES DU PREMIER SYMPOSIUM MEDITERRANEEN  
SUR LA VÉGÉTATION MARINE  
(AJACCIO, 3-4 OCTOBRE 2000)**

## FORWARD

The knowledge of the elements of the biological spectrum in the Mediterranean, in details, is a hard task to which the countries from the region, the qualified international intergovernmental organisations in the field and NGO's got down for a long time.; but the results were not convincing. Due to the fact that marine and coastal living world is facing an eternal mutation, in some case quickly, as a follow up to changes that affect certain components of the coastal environment. The examples of these mutations and changes which are the cause are many : the proliferation, in some place quickly of invasive species, the rarefication of certain endemic species of the region etc...

Meanwhile, a perfect knowledge of biological diversity components at specific, genetic and ecosystemic level is necessary to country to undertake a sustainable and rational exploitation and management of their coastal and marine biological resources taken into account the human and ecological conditions that prevail in the region.

Aware of the importance of that task on which depend the future evolutions of the elements of the biological spectrum in the Mediterranean and convinced that only a complementary and integrated approach between all who have the possibility to produce and diffuse information and knowledge relative to the living world of these central sea, the serie «Med Nature» offer to contribute, within the limit of facilities available at the Regional Activity Centre for Specially Protected Areas (RAC/SPA) of MAP/UNEP in the enhancement of knowledge within these large field of biological Diversity.

The first issue, dedicated to Mediterranean marine vegetation, constitute a call to scientific communities and to biological resources managers in the Mediterranean to participate in an enhanced knowledge of the Mediterranean. The information and data produced by research activities and by technical reports are important to know and to promote between the specialists. Med nature aims to offer also a forum for discussion in these contexts.

**The Director of RAC/SPA**

## AVANT PROPOS

Connaître les éléments du spectre biologique en Méditerranée, dans leurs détails, est une tâche ardue à laquelle les pays de la région, les organisations intergouvernementales compétentes en la matière et des organisations non gouvernementales se sont attelés depuis longtemps ; mais les résultats n'étaient pas toujours probants. C'est que le monde vivant marin et côtier de la Méditerranée vit une éternelle mutation, par moment rapide, suite aux changements que subissent certaines des composantes de l'environnement de la biocénose. Les exemples de ces mutations et des changements qui en sont les causes sont nombreux : la prolifération, par endroit rapide, des espèces invasives, la raréfaction de certaines espèces endémiques de la région etc...

Cependant, une connaissance parfaite des éléments de la diversité biologique sur les plans spécifique, génétique et écosystémique est nécessaire pour que les pays puissent entreprendre une gestion et une exploitation rationnelle et durable de leurs ressources biologiques marines et côtières tenant compte des conditions écologiques et humaines qui prévalent dans la région.

Consciente de l'importance de cette tâche dont dépendent les évolutions futures des éléments du spectre biologique de la Méditerranée, et étant convaincue que seule une approche intégrée et de complémentarité entre tous ceux qui aient la possibilité de produire ou de diffuser des informations et des connaissances relatives au monde vivant de cette mer centrale, la série «Med Nature» se propose de contribuer, dans la limite des moyens du Centre d'Activités Régionales pour les Aires Spécialement Protégées relevant du PAM/PNUJ, à améliorer les connaissances dans ce vaste domaine de la diversité biologique.

Ce premier numéro, consacré à la végétation marine méditerranéenne, constitue un appel à la communauté des scientifiques, et aux gestionnaires des ressources biologiques en Méditerranée pour participer à une meilleure connaissance de la Méditerranée. Les informations et données produites à l'occasion des travaux de recherche ou dans le cadre de rapports techniques divers sont importantes à connaître et à valoriser à travers l'échange entre les spécialistes. Med Nature ambitionne d'offrir également un forum de dialogue à cet effet.

**Le Directeur du CAR/ASP**

## SOMMAIRE

Programme .....	10
Report of the First Mediterranean Symposium on Marine Vegetation.....	12
Rapport du Premier Symposium Méditerranéen sur la Végétation Marine .....	15
<b>BEN MAÏZ N.</b> : Menaces sur les espèces végétales marines en méditerranée occidentale (Keynote speech).....	19
<b>GIACCONE G., DI MARTINOV.</b> : Past, present and future of vegetational diversity and assemblages on mediterranean sea (keynote speech).....	34
<b>ALAOUI KASMI M.C., NAJIM L.</b> : Le macrophytobenthos marin du Maroc menace par l'activité humaine .....	62
<b>ANTOLIC B., ZULJEVIC A., ONOFRI V. and SMIRCIC A.</b> : Characteristics of the <i>Caulerpa prolifera</i> (forsskål) lamoroux on the rocky vertical bottom.....	65
<b>ARGYROU M.</b> : The "cladophora" phenomenon in the coastal waters of Cyprus.....	69
<b>BABBINI L. , BRESSAN G.</b> : Corallinales of the mediterranean sea, present knowledge and future perspectives .....	74
<b>BALATA D., PIAZZI L., CINELLI F.</b> : Preliminary observations of the effects of spread of the introduced algae <i>Caulerpa taxifolia</i> and <i>C. racemosa</i> on a turf-dominated macroalgal assemblage in north-western mediterranean .....	79
<b>BELSHER T.</b> : Cartographie du parc national sous-marin de port-cros, techniques d'étude .....	83
<b>BEN SAID R. , KSOURI J.</b> : L'algue rouge <i>Gracilaria verrucosa</i> (hudson) papenfuss, du lac de Bizerte (Tunisie) , teneur et qualite de l'agar-agar. ....	87
<b>BENHISSOUNE S., NAJIM L. , VERLAQUE M.</b> : Macrophytobenthos des substrats rocheux de la région de m'diq-ceuta (Maroc, méditerranée).....	92
<b>BITAR G, J HARMELIN.G., VERLAQUE M., ZIBROWIUS H.</b> : Sur la flore marine benthique supposée lessepsienne de la cote libanaise. cas particulier de <i>Styopodium schimperi</i> .....	97
<b>BORDEHORE C., RIOSMENA-RODRÍGUEZ R., and RAMOS-ESPLÁ A.</b> : Maerl-forming species in alicante province (se spain), a taxonomic analysis .....	101
<b>BORDEHORE C., BORG J.A., LANFRANCO E., RAMOS-ESPLÁ A., RIZZO M., SCHEMBRI.P.</b> : Trawling as a major threat to mediterranean maerl beds.....	105
<b>BOUMAZA S., SEMROUD R.</b> : Surveillance de l'herbier a <i>Posidonia oceanica</i> d'El Djamila (Algérie) .....	110
<b>BRESSAN G. , COPPOLA DI CANZANO M.</b> : Comment projeter des collections algales pour une étude de biodiversité .....	115
<b>CECERE E., PETROCELLI A. , SARACINO O.D.</b> : Benthic algal flora of the gulf of Taranto (Italy, ionian sea).....	119
<b>DJELLOULI, A</b> : <i>Caulerpa racemosa</i> (forskaal) j. agardh en Tunisie.....	124

<b>DJELLOULI A., VERLAQUE M., RAIS C.:</b> Macroflore benthique de la lagune de Bizerte.....	<b>128</b>
<b>EL ASMI-DJELLOULI Z., DJELLOULI A.S. et ABDELJAOUED S.:</b> Présentation des herbiers de la baie de Monastir (Tunisie) .....	<b>132</b>
<b>FALACE A. et BRESSAN G.:</b> Le macrophytobenthos du golfe de Trieste : trente ans après.....	<b>136</b>
<b>GHIRARDELLI Lia A.:</b> Preliminary study on endolithic microorganisms as a sensitive mean of biological monitoring of pollution.....	<b>141</b>
<b>HAMZA A., BOUAIN A., EL ABED A.:</b> Influence de la qualité du milieu et de la nature de l'herbier sur le processus de la reproduction sexuée chez la posidonie dans le golfe de Gabès (Tunisie).....	<b>145</b>
<b>ISRAEL A., BEER S.:</b> Photosynthetic and growth responses of macroalgae to globally changing co2 concentrations.....	<b>150</b>
<b>KSOURI J. et BEN SAID R.:</b> Intégration de l'algoculture dans la gestion lagunaire. exemple , culture de Gracilaria verrucosa dans le lac de Bizerte – Tunisie .....	<b>155</b>
<b>MIFSUD C.:</b> Malta country report, marine vegetation .....	<b>159</b>
<b>MANSOUR H., MOSTAFA M.:</b> Extension of Posidonia oceanica meadows in the mediterranean waters of egypt, historical preview.....	<b>163</b>
<b>PANAYOTIDIS P., DIAPOULIS A., VARKITZI I., MONTESANTO B.:</b> Cystoseira spp., used for the typology of the natura-2000 code 1170 ("reefs") at the Aegean Sea (NE mediterranean) .....	<b>168</b>
<b>PANAYOTIDIS P., DRAKOPOULOU P.:</b> The mediterranean phytobenthos in the frame of natura-2000 project .....	<b>173</b>
<b>RAMOS-ESPLÁ A.A., OUERGUI A., BAYLE J.T., BEN MBAREK N., FERNÁNDEZ-TORQUEMADA Y., GUALLOUZ S., KHIDRI R., SÁNCHEZ-LIZASO J.L., YAMAK S.:</b> Contribution a la caracterisation des herbiers a Posidonia oceanica (L.) delile aux iles kerkennah (Est de la Tunisie, mediterranée orientale).....	<b>177</b>
<b>RELINI G., DIVIACCO G., TUNESI L.:</b> Marine vegetation areas identified as sci (E.C. habitat directive) in the liguria (NW-mediterranean).....	<b>182</b>
<b>SIKAVARA K., VALAVANIS V., BANKS A. C.:</b> Mapping of natura 2000 seagrass habitats using remote sensing techniques .....	<b>186</b>
<b>TURK R., VUKOVICA.:</b> Status of marine vegetation in slovenian coastal waters.....	<b>191</b>
<b>List des participants</b> .....	<b>195</b>
<b>Marine vegetation (Macrophyta) in the Mediterranean</b> .....	<b>201</b>
<b>La végétation marine (Macrophyte) en Méditerranée</b> .....	<b>203</b>
<b>Annexe Iconographique</b> .....	<b>205</b>

## PROGRAMME

## PROGRAMME

### Tuesday 3 October 2000

#### 09:30 Opening session

- Welcome speeches
- Presentation on the Action Plan for the Conservation of Marine Vegetation in Mediterranean Sea and on the Symposium programme.
- Introductory conference on marine vegetation in the Mediterranean.

#### 10:30 – 10:50 Coffee break

#### 10:50 – 11:50 Poster session

#### 11:50 – 13:00 Discussion on Posters (20 minutes)

Roundtable 1: Taxonomy and taxonomists (50 minutes)

#### 14:30 Session 2: Threats to species

- Keynote speeches (East Mediterranean, 20 minutes)  
(West Mediterranean, 20 minutes)
- Poster session (1 hour)

#### 16:30 Session 3: Threats to assemblages

- Keynote speech (30 minutes)
- Poster session (1 hour)

### Wednesday 4 October 2000

#### 09:00 Roundtable 2: Marine Vegetation and coastal zone management (Impacts, Mapping, Databases)

#### 11:00 Coffee break

#### 11:30 Roundtable 3: Suggestions for additional species and assemblages to be considered as priorities in the implementation of the Action Plan

#### 13:00 Session 4: Conclusions and recommendations

- Recommendation from the roundtables.
- Scientific objectives of the Second Mediterranean Symposium on Marine Vegetation

#### 15:00 Closure of the Symposium

## PROGRAMME

### Mardi 3 octobre 2000

#### 09h30 Séance d'ouverture

- Allocutions de Bienvenue
- Présentation du Plan d'Action pour la Conservation de la Végétation Marine en Mer Méditerranée et du programme du Symposium.
- Conférence introductive sur la végétation marine en Méditerranée

#### 10h30 – 10h50 Pause café

#### 10h50 – 11h50 Séance Posters

#### 11h50 – 13h00 Séance Discussion Posters (20 minutes)

Table ronde 1: Taxinomie et taxinomistes (50 minutes)

#### 14h30 Séance 2: Les menaces aux espèces

- Exposés introductifs (Méditerranée orientale, 20 minutes)  
(Méditerranée occidentale, 20 minutes)
- Séance posters (1 heure)

#### 16h30 Séance 3: Les menaces aux peuplements

- Exposé introductif (30 minutes)
- Séance posters (1 heure)

### Mercredi 4 octobre 2000

#### 09h00 Table ronde 2: Végétation marine et gestion de la zone côtière (Impacts, Cartographie, Bases de données)

#### 11h00 Pause café

#### 11h30 Table ronde 3: Suggestions pour l'ajout d'espèces et de peuplements pour être considérés prioritaires dans la mise en oeuvre du Plan d'Action

#### 13h00 Séance 4: Conclusions et recommandations

- Recommandation des tables rondes
- Les objectifs scientifiques du Deuxième Symposium Méditerranéen sur la Végétation Marine

#### 15h00: Clôture du Symposium

## Report of the First Mediterranean Symposium on Marine Vegetation

### Introduction:

The Action Plan for the Conservation of Marine Vegetation in the Mediterranean Sea was adopted by the Contracting Parties in October 1999, with a view to facing up to the retreat of marine meadows noticed in several countries of the region, and avoid the decline of marine plant species. In the context of the said Action Plan, the Regional Activity Centre for Specially Protected Areas (RAC/SPA) organised the First Mediterranean Symposium on Marine Vegetation on 3 and 4 October 2000 in Ajaccio (Corsica, France).

### Progress of the work:

Given the fact that the Symposium was of short duration, the presentations were given in the form of POSTERS, each supported by an article that was one to four pages long and had been written according to the instructions sent by the organisers to the authors. Several poster sessions had been anticipated during the progress of the Symposium, as well as round tables aiming for making a rapid assessment of the present situation and for taking stock of a certain number of relevant issues and tools for implementing the Action Plan.

*Round tables :*

#### Round Table 1 : «Taxonomy and taxonomists»

Chairman: R. Semroud

Rapporteur: S. Boumaza

The debate widely emphasised the increasing lack of taxonomists generally, and the absence of documents describing the Mediterranean flora that could be used in implementing the Action Plan. Also, the following points were recommended:

*Recommendations:*

- Make a descriptive list of Mediterranean flora presented in the form of sheets.
- In the list of the group of experts in the Mediterranean network, it is recommended that the species or groups of species in which each person specialises be added.
- Organise training sessions on systems.

#### Round Table 2: «Marine vegetation and management of coastal areas (impact, cartography, database)»

Chairman: G. Pergent

Rapporteur: C. Pergent-Martini

It was generally thought that a wide range of cartography methods can at present be used, which would lead to the work being disparate. Similarly, it can be seen that various different work has already been done or is being done. It therefore seems to be necessary to standardise methods and presentation of results.

*Recommendations:*

- Standardise the methods of making cartographical studies. But it is advisable to start essentially by generalising the use of identical techniques, that may be very simple but are tried and tested.
- And, then to define methods that are easily implemented, whose cost will allow everyone to use them.
- Seek and perfect new cartographical tools for deep structures.
  - Make out practical sheets on methods of cartography, which would be made available on the RAC/SPA's website. In terms of methods, it was also agreed that thought would be given to non-destructive techniques that could be applied in specially protected areas.
  - Form a working group (Greece, Italy) to finalise a list of standard patterns or colours to be used for Mediterranean plant populations that can be used with various software.
  - Circulate the list of patterns thus finalised to the various participants to be discussed, confirmed and adopted fairly rapidly. It will then be necessary to put it on the RAC/SPA website for use and circulation.
  - Add some additional elements to the Standard Data Form, particularly as regards the problem of accumulation of litter in lagoons.
  - Set up a forum on the RAC/SPA site about rare species.
  - Organise the data - proving to be increasingly great - in hierarchic order to allow better access.
  - Organise training sessions in in-field techniques on workshop sites as well as multi-disciplinary missions, at the request of the interested countries.

#### Round Table 3: «Suggestions for considering other species and populations as having priority in the implementing of the Action Plan»

Chairman: G. Relini

Rapporteur: A. Djellouli

- As regards 'Habitats'

It was generally thought that the lists and selection criteria for habitats, as already defined, were ready. These lists are objective and have been sufficiently well discussed, but must remain dynamic and must evolve. However, to the Action Plan should be added:

- Maerl bottoms, and generally speaking calcareous bioconstructions
- *Cystoseira* ssp. habitats
- For species:

Three (3) selection criteria were chosen:

- Habitat-building species;
- Vulnerable species;
- Endemic and/or rare species.

*Recommendations:*

- Following the discussion concerning the presence of *Caulerpa olivierii* on the Action Plan list, it was decided to keep this species on the list.
- As regards the species that should be added to the Action Plan list, where two cases were particularly discussed:
  - *Penicellus*; the debate ended in a decision not to add this species to the list.
  - *Cymodocea nodosa*; for this species, it was suggested that a work group be set up to decide on its case.
- Problems of synonymy for certain species, especially for *Goniolithon bysseoides* and *Lithophyllum lichenoides*; for these cases it was decided that:
  - *Goniolithon bysseoides* should become *Lithophyllum trocanter auctorum*;
  - *Lithophyllum lichenoides* should become *Lithophyllum tortuosum auctorum*.

At the end of the discussions, it was decided to have an additional round table in order to discuss the list of species as well as the particular case of *Cymodocea nodosa*.

## Rapport du Premier Symposium Méditerranéen sur la Végétation Marine

**Introduction :**

Le Plan d'Action pour la Conservation de la Végétation Marine en Mer Méditerranée a été adopté par les Parties contractantes, en octobre 1999, en vue de faire face à la régression des herbiers marins constatée dans plusieurs pays de la région et d'éviter le déclin des espèces végétales marines. Dans le cadre dudit Plan d'Action, le Centre d'Activités Régionales pour les Aires Spécialement Protégées (CAR/ASP) a organisé le Premier Symposium Méditerranéen sur la Végétation Marine les 3 et 4 octobre 2000 à Ajaccio (Corse, France).

**Déroulement des travaux :**

Considérant la courte durée du Symposium, les présentations ont été réalisées sous la forme de «POSTERS», chacun étant soutenu par un article de une à quatre pages et préparé selon les indications envoyées par les organisateurs aux auteurs. Plusieurs sessions posters ont été prévues dans le déroulement du Symposium, ainsi que des tables rondes visant à faire une évaluation rapide de la situation actuelle et à faire le point sur un certain nombre de questions et d'outils pertinents pour la mise en œuvre du Plan d'Action.

*Tables rondes :***Table ronde 1 : «Taxinomie et taxonomistes»**

Chairman: R. Semroud

Rapporteur : S. Boumaza

Les débats ont largement souligné le manque accru de taxonomistes de façon générale, ainsi que l'absence de documents descriptifs de la flore méditerranéenne pouvant être utilisés dans la mise en œuvre du Plan d'Action. Aussi les points suivants ont-ils été recommandés.

*Recommandations :*

- Elaborer un répertoire descriptif de la flore méditerranéenne présenté sous la forme de fiches.
- Rajouter les espèces ou groupes d'espèces objet de spécialité de chacun des experts figurant dans le répertoire des experts méditerranéens en végétation marine.
- Organiser des sessions de formation en systématique.

**Table ronde 2 : «Végétation marine et gestion des zones côtières (impact, cartographie, base de données)»**

Chairman : G. Pergent

Rapporteur : C. Pergent-Martin

De l'avis général, il ressort qu'un large éventail de méthodes de cartographie peut être actuellement utilisé ce qui conduirait à une disparité des travaux. De même il est à noter que différents travaux ont déjà été réalisés ou sont en cours de réalisation. Dès lors il apparaît nécessaire d'uniformiser les méthodes ainsi que la présentation des résultats.

**Recommandations :**

- Standardiser les méthodes d'études cartographiques. Cependant, il convient de commencer essentiellement par généraliser l'utilisation de techniques identiques, pouvant être simples mais ayant fait leur preuve.

Définir, ensuite, des méthodes faciles à mettre en œuvre, dont le coût permettra leur utilisation par tous.

- Rechercher et mettre au point de nouveaux outils de cartographie pour les structures profondes.
- Etablir des fiches pratiques sur les méthodes de cartographie qui seraient mises à disposition sur le site web du CAR/ASP. En terme de méthodes, il a été aussi convenu de réfléchir sur des techniques non destructives pouvant être appliquées dans des aires spécialement protégées.
- Constituer un groupe de travail (Grèce, Italie) pour mettre au point une liste de trames ou de couleurs standards à utiliser pour les peuplements végétaux méditerranéens utilisables avec divers software.
- Faire circuler la liste de trames, ainsi mise au point, auprès des différents participants pour être discutée, validée et adoptée assez rapidement. Il sera nécessaire ensuite de la mettre sur le site web du CAR/ASP pour utilisation et diffusion.
- Adjoindre quelques éléments complémentaires au niveau du Formulaire Standard des Données, notamment en ce qui concerne le problème des accumulations de litière en lagune.
- Mettre en place un forum sur le site web du CAR/ASP, sur les espèces rares.
- Hiérarchiser les données -s'avérant de plus en plus nombreuses- afin d'en permettre un meilleur accès.
- Organiser des sessions de formation aux techniques de terrains sur des sites ateliers, ainsi que des missions pluridisciplinaires et ceci à la demande des pays intéressés.

**Table ronde 3 : «Suggestions pour considérer d'autres espèces et peuplements comme prioritaires dans la mise en œuvre du Plan d'Action»**

Chairman : G. Relin

Rapporteur : A. Djellouli

- En ce qui concerne les «Habitats» :

De l'avis général, il ressort que les listes ainsi que les critères de sélection pour les habitats, tels que déjà définis, sont prêts. Ces listes sont objectives et suffisamment discutées, toutefois elles doivent rester dynamiques et évolutives. Il faudrait cependant rajouter au Plan d'Action :

- Les fonds à maërl et d'une façon générale les bioconstructions calcaires ;
- Les habitats à *Cystoseira* ssp.
- Pour les espèces :

Trois (3) critères de sélection ont été retenus :

- Espèces édifiatrices d'habitats ;
- Espèces vulnérables ;
- Espèces endémiques ou rares.

**Recommandations :**

- Suite à la discussion relative à la présence de *Caulerpa olivierii* sur la liste du Plan d'Action, il a été convenu de maintenir cette espèce dans la liste.
- Concernant les espèces qu'il faudrait rajouter à la liste du Plan d'Action, deux cas ont été particulièrement discutés :
  - *Penicellus*, la conclusion des débats est de ne pas rajouter cette espèce à la liste.
  - *Cymodocea nodosa*, pour cette dernière il a été proposé de créer un groupe de travail afin de statuer sur son cas.
- Les problèmes de synonymies pour certaines espèces et en particulier pour *Goniolithon bysseoides* et *Lithophyllum lichenoides*, pour ces derniers cas, il a été retenu que :
  - *Goniolithon bysseoides* devient : *Lithophyllum trocanter auctorum* ;
  - *Lithophyllum lichenoides* devient *Lithophyllum tortuosum auctorum*.

A la clôture, des débats il a été convenu d'effectuer une table ronde supplémentaire afin de discuter la liste des espèces ainsi que le cas particulier de *Cymodocea nodosa*.

Naceur BEN MAIZ  
 Société de Promotion du Lac de Tunis, B.P. 36, 1080 Tunis Cedex,  
 E-mail : dg@splt.com.tn

## MENACES SUR LES ESPECES VEGETALES MARINES EN MEDITERRANEE OCCIDENTALE

### **INTRODUCTIVE CONFERENCES CONFERENCES INTRODUCTIVES**

*MENACES SUR LES ESPECES VEGETALES MARINES EN MEDITERRANEE OCCIDENTALE (BEN MAIZ N.)*

*PAST, PRESENT AND FUTURE OF VEGETATIONAL DIVERSITY AND ASSEMBLAGES ON MEDITERRANEAN SEA (GIACCONE G., DI MARTINO V.)*

#### **1 - INTRODUCTION**

La Méditerranée, dont la superficie ne représente que 0,7% de la surface des eaux marines de la planète, abrite plus d'un millier d'espèces végétales marines macroscopiques (environ 1300 espèces; in BOUDOURESQUE, 1995), avec un fort pourcentage d'espèces rares et/ou endémiques. L'endémisme est l'une des principales caractéristiques de la faune et de la flore marine en Méditerranée où 20% des espèces d'algues recensées sont endémiques.

En outre, la Méditerranée se caractérise par une diversité spécifique relativement importante ; rares sont les régions marines ayant une diversité de flore comparable à celle de la Méditerranée (Tableau 1). Par ailleurs, bien que les connaissances disponibles sur la végétation marine en Méditerranée soient actuellement insuffisantes et souvent fragmentaires (seuls les Angiospermes, les Chlorophyta et les Fucophyceae ont fait l'objet d'un inventaire récent), et que la plupart des travaux ont été menés sur les côtes nord-ouest, la richesse spécifique de la Méditerranée occidentale reste plus importante par rapport à celle de la Méditerranée orientale (avec 1109 espèces sur un total de 1280 espèces pour toute la Méditerranée), et ce grâce notamment à sa position géographique et aux caractéristiques géomorphologiques de ses zones côtières.

En Méditerranée, où la concentration des activités sur le littoral est très ancienne mais devenue très importante, en particulier sur les côtes septentrionales, il est évident que les espèces macrophytes subissent des pressions de plus en plus importantes souvent d'origine anthropique qui engendrent une dégradation et une régression des espèces signalées dans plusieurs régions.

Les dégradations enregistrées et la régression évidente des peuplements, et notamment des herbiers de Posidonie, ont atteint dans certaines régions de la Méditerranée des niveaux alarmants, soulevant la nécessité d'entreprendre des mesures à l'échelle de tous les pays méditerranéens et d'établir un Plan d'Action pour la Conservation de la végétation marine en mer Méditerranée.

Ceci étant justifié par le rôle primordial des espèces macrophytes dans le maintien de l'équilibre des écosystèmes marins, et par les conséquences directes et indirectes multiples engendrées par leur régression tant sur le plan écologique qu'économique (production primaire, frayères, nurseries, stabilité des côtes,...).

**Tableau 1** : Effectifs des taxons et stades de Chlorophyta, Fucophyceae et Rhodophyta marins dans quelques mers régionales.

Mer	Surface (en km <sup>2</sup> )	Chloro-phyta	Fuco-phyceae	Rhodo-phyta	TOTAL	Sources
Mer du Groenland	1 200 000	96	136	135	367	SOUTH et TITILEY, 1986*
Mer du Nord	570 000	136	214	362	712	SOUTH et TITILEY, 1986*
Baltique	420 000	128	90	111	329	PANKOW, 1971
Mer Noire	420 000	80	80	129	289	RIBERA et al., 1992*, GALLARDO et al., 1993* ZINOVA, 1967
Sud-Est des Etats-Unis	500 000	65	59	200	324	SCHNEIDER et SEARLES, 1991*
Méditerranée (sans la Mer Noire)	2 500 000	209	255	816	1 280	RIBERA et al., 1992* GALLARDO et al., 1993* et **
Méditerranée occidentale	820 000	185	220	704	1 109	Idem et **
Adriatique	130 000	129	156	390	675	Idem et GIACCONE, 1978
Mers du Sud Australie	3 500 000	123	231	?	?	WOMRSLEY, 1984, 1987
Afrique tropicale Ouest	1 900 000	71	61	231	363	LAWSON et JOHN, 1987*, ***
Golfe du Mexique	1 500 000	122	62	230	414	TAYLOR, 1960*
Mer des Caraïbes	2 800 000	159	73	330	562	TAYLOR, 1960*
Effectif total		2 500	1 500	4 000	8 000	BOURRELLY, 1972* ; BOLD et WYNNE, 1978* ; MARGULIS et SCHWARTZ, 1985* ; STRASBURGER et al., 1988 ; LUNING, 1990

Source : extrait de UNEP(OCA)/MED WG. 100/Inf.3 (BOUDOURESQUE, 1995)

\* = Valeurs calculées d'après les données des auteurs cités en référence.

\*\* = Valeur extrapolée à partir du nombre de Fucophyceae et du rapport R/P moyen de 3.2.

\*\*\* = Les espèces «douteuses» ont été comptabilisées. Pour les côtes océaniques, la surface est calculée en multipliant la longueur de côte par 500 km de large (demi-largeur moyenne de la Méditerranée). Afrique tropicale de l'Ouest : de la Gambie à l'équateur.

## 2 - PROBLEMES ET MENACES PESANT SUR LA VEGETATION MARINE EN MEDITERRANEE

Les menaces qui pèsent sur les végétaux marins en Méditerranée sont nombreuses et varient selon les espèces affectées et aussi d'une région à une autre. La plupart de ces menaces sont d'origine anthropique. Les menaces peuvent se situer soit au niveau de l'espèce soit au niveau du peuplement. Ces menaces peuvent être induites par un ou plusieurs facteurs dont les principaux sont :

- les aménagements opérés au niveau du littoral
- le grossissement des plages
- la modification des flux sédimentaires
- la pollution
- la turbidité
- l'ancrage
- la pose de câbles marins
- le recouvrement
- le chalutage de fond pour la pêche
- l'usage d'explosifs pour la pêche
- le piétinement
- la compétition spécifique
- l'introduction des espèces étrangères
- le surpâturage
- l'exploitation irrationnelle et incontrôlée

*Les aménagements* : Les travaux et ouvrages entrepris au niveau des côtes de la Méditerranée tels que les ports (et marinas), le comblement d'espaces marins ou lagunaires, le grossissement des plages ainsi que les divers ouvrages (épaves, digues, etc.) entraînent souvent une dégrada-

tion parfois irréversible des herbiers. Ils constituent une menace sérieuse pour la végétation marine, à travers leurs impacts aussi bien directs (comblement de zones à herbiers, destruction par les dragages de ports, marinas et chenaux de navigation, dépôt de produits de dragage etc.) qu'indirects (modifications des courants littoraux qui entraînent des changements dans les flux sédimentaires, des déchaussements et la création de zones «mortes» où s'installe un confinement avec le développement de peu d'espèces et donc une diminution de la diversité spécifique).

*La pollution* : La pollution, sous toutes ses formes (chimique, organique, thermique, etc.), est la principale menace qui affecte les peuplements marins. Dans les zones marines polluées on enregistre souvent soit la disparition totale des peuplements végétaux soit la prolifération excessive de seulement une ou quelques espèces ; il s'ensuit donc une érosion de la diversité biologique. Une des sources les plus évidentes de la pollution affectant la végétation marine est constituée par les émissaires en mer pour le déversement des eaux usées domestiques ou industrielles. Des régressions importantes des herbiers ont été enregistrées dans les zones d'émissaires. La pollution engendre également des apports de «fertilisants» qui favorisent le développement excessif de certaines espèces aux dépens de la diversité spécifique. Les apports de nutriments entraînent aussi une poussée de phytoplancton et par conséquent une diminution de la pénétration de la lumière dont l'effet est négatif sur les végétaux benthiques.

La pollution par les hydrocarbures, induisant la formation de films et d'écrans à la surface de l'eau, ont des répercussions négatives directes et indirectes très graves sur les communautés benthiques, qui s'avèrent quelques fois irréversibles. Ce type de pollution est observé notamment au niveau des zones portuaires et des grands axes de navigation de la mer où il a été souvent noté une régression de la diversité biologique.

Les principaux peuplements phytobenthiques marins en Méditerranée, à savoir l'herbier de Posidonie, les forêts à Cystoseira et le récif de coralligènes, sont très sensibles à la pollution, et sont des formations qui se construisent à l'échelle de plusieurs dizaines d'années voir des siècles.

*L'ancrage* : L'effet destructeur des ancres sur la faune et la flore benthiques est évident notamment dans les zones très fréquentées pour le mouillage des bateaux par ancres. Les herbiers subissent des dommages considérables par arrachage, ces dommages sont souvent irréversibles à cause de leur faible capacité de régénération naturelle.

*Le chalutage de fond* : Le chalutage est une technique de pêche largement répandue dans plusieurs zones de la Méditerranée. Elle entraîne des dommages importants sur le fond de la mer notamment là où l'effort de pêche est considérable. Plusieurs espèces de végétation marine subissent l'effet destructeur de cette technique de pêche, les plus spectaculaires sont enregistrés au niveau des herbiers et prairies. Quand l'effort de pêche est important le taux de destruction est tel que la recolonisation des secteurs détruits devient difficile et il s'en suit une destruction irréversible des herbiers. Dans ce cas la durabilité de la pêche elle-même est compromise car la disparition des herbiers s'accompagne de la disparition de plusieurs espèces dont celles recherchées par les pêcheurs. Dans certains pays méditerranéens le chalutage est interdit près des côtes (3 milles ou dans les fonds de moins de 50 m de profondeur). Ceci est de nature à épargner une bonne partie des herbiers et devrait être étendue à tous les pays méditerranéens ou du moins dans les zones à herbiers. Les sennes de plages, les sennes tournantes utilisées

dans des eaux peu profondes, ainsi que la plupart des arts traînants utilisés pour la pêche ont un impact similaire à celui du chalut de fond.

*La pêche aux explosifs* : L'usage des explosifs par des pêcheurs détruit les herbiers et laisse des traces sous forme de tâches circulaires bien visibles. Pratiquée d'une façon répétée sur un site donné, cette technique (interdite dans plusieurs pays méditerranéens) peut s'avérer dévastatrice au niveau local. Son usage doit être contrôlé de très près au niveau des herbiers protégés et des récifs barrières de Posidonie.

*Le piétinement* : Action de l'homme marchant le long du littoral. Il est provoqué par les pêcheurs à la ligne, les touristes accostant le long ou débarquant sur des encorbellements à Lithophyllum lichenoïdes, la fréquentation des plages par le tourisme balnéaire, etc.

*Le surpâturage* : Destruction par un herbivore favorisé par l'action de l'homme (par exemple par élimination de ses prédateurs). Il s'agit souvent de l'oursin herbivore *Paracentrotus lividus*.

*La compétition* : La compétition avec une autre espèce, éventuellement favorisée par l'homme, se fait aux dépens de l'espèce considérée. Par exemple, on a constaté dans certains endroits le remplacement de *Posidonia oceanica* par l'algue verte introduite *Caulerpa taxifolia*.

*L'introduction des espèces étrangères* : Les espèces introduites constituent, dans certains cas, une forme de menace pour les espèces autochtones. Les répercussions sont assez variables selon l'état d'adaptation et de prolifération éventuelle de l'espèce. Certaines espèces s'avèrent menaçantes sur le double plan écologique et économique : deux cas remarquables ont attiré l'attention en Méditerranée, celui de l'algue brune *Sargassum muticum* et celui de l'algue verte *Caulerpa taxifolia*.

Les principales sources d'introduction d'espèces étrangères en Méditerranée occidentale sont liées aux activités piscicoles ou aquacoles et aux activités de transport maritimes qui peuvent faciliter l'introduction de souches d'algues étrangères susceptibles de s'acclimater rapidement et de se développer de manière à perturber l'équilibre existant. L'introduction à travers les courants marins peut être considérée comme le résultat d'une évolution naturelle, sans conséquences significatives sur l'équilibre des milieux, dans la mesure où elle consiste à une intégration progressive parmi les espèces autochtones.

Quatre-vingt-deux (82) espèces de macrophytes ont été recensées en Méditerranée en tant qu'espèces introduites accidentellement ou par l'intermédiaire d'activités humaines (VERLAQUE 1994), dont plus que la moitié au niveau de la Méditerranée occidentale. La liste des espèces comprend 52 Rhodophyta, 17 Phaeophyceae, 12 Chlorophyta et 1 Magnoliophyta.

Les causes probables des introductions sont :

- Trafic maritime / Origine inconnue (26 espèces)
- Migration lésseptienne et pré-lésseptienne (34 espèces)
- Conchyliculture (21 espèces), toutes introduites en Méditerranée occidentale
- Aquariologie (1 espèce)
- Recherche et Phycoculture (1 espèce)
- Usage pour conditionnement de produits ou autres (2 espèces)

Les espèces introduites sont originaires de diverses mers : Mer rouge (31 espèces), Mer du Japon (11 espèces), Atlantique (7 espèces), Atlantique tropical (3 espèces), Atlantique du Nord (1 espèce), Hémisphère sud (1 espèce), Australie/Afrique du Sud (4 espèces), Afrique occidentale (1 espèce), Zone tropicale ou sub-tropicale (3 espèces), Caraïbes (2 espèces), Pacifique (3 espèces), Indo-pacifique (2 espèces), Océan indien (1 espèce), Antilles (1 espèce), Antarctique (1 espèce), Iles Canaries (1 espèce), Mer Noire (1 espèce), origine indéterminée (8 espèces).

Si on analyse le comportement de ces espèces introduites au niveau des sites de leur présence en Méditerranée on peut noter que :

- 65 espèces sont restées limitées à l'état rare
- 14 espèces ayant été intégrées à la végétation méditerranéenne
- 3 espèces ayant proliféré aux dépens des espèces autochtones dont deux considérées menaçantes.

En effet, le cas des deux espèces *Sargassum muticum* et *Caulerpa taxifolia* constituent, par leur taille et leur large potentialité écologique, des menaces réelles pour les espèces autochtones en Méditerranée occidentale.

*Sargassum muticum* est une espèce originaire de la mer du Japon ; elle a été introduite accidentellement en Méditerranée, précisément dans l'Etang de Thau en France, depuis 1980, à la suite de l'importation du naissain d'huître japonaise «*Crassostrea gigas*». Après une période d'acclimatation, elle a connu un développement extraordinaire atteignant des tailles qui dépassent même les dimensions connues dans son biotope d'origine (des longueurs de 5 m ont été mesurées ; (BEN MAIZ 1986). Par sa progression rapide, elle est arrivée à sortir en mer ouverte et former aujourd'hui des peuplements assez importants sur la côte Nord-Ouest française. Cette espèce représente deux types de menaces : elle a bouleversé les écosystèmes existants dans plusieurs localités, faisant quelquefois des peuplements à espèce unique (BEN MAIZ, 1986), d'une part, et d'autre part elle a affecté d'une manière considérable la production des huîtres dans l'Etang (en réduisant leur croissance par manque de lumière et de nutriments infiltrés).

*Caulerpa taxifolia* est une algue verte connue des mers chaudes du Pacifique, qui a été introduite accidentellement en 1984 à Monaco, puis a progressé rapidement sur la côte d'Azur ; elle a atteint par la suite les côtes espagnoles à l'Ouest et les côtes italiennes à l'Est, et a été repéré récemment en Tunisie dans la région de Sousse. C'est une espèce considérée comme menaçante, susceptible de perturber toutes les chaînes alimentaires littorales, dans la mesure où elle rentre en concurrence avec les algues de la Méditerranée et elle n'est pas appréciée par les herbivores. De plus, elle semble avoir de larges potentialités écologiques lui permettant de s'acclimater à presque tous les milieux : dissémination et extension rapides, tolérance vis-à-vis l'éclairement (vit en biotope photophile et sciophile), la profondeur (vit de la surface jusqu'à plus de 100 m), la pollution portuaire, etc. (MEINEZ et HESSE, 1991 ; VERLAQUE, 1994 ; VERLAQUE et FRITAYRE, 1994).

*L'exploitation des végétaux marins* : Cette pratique n'est pas encore très courante en Méditerranée et ne devrait pas poser de problèmes si certaines mesures sont respectées. Parmi

ces mesures il convient d'éviter les exploitations irrationnelles et incontrôlées, interdire la collecte des espèces rares ou menacées, interdire l'introduction d'espèces étrangères (« espèces non indigènes »), contrôler l'aspect phytosanitaire, etc.

### 3 - ESPECES MENACEES EN MEDITERRANEE

#### 3.1 - Notion d'espèces menacées / Critères de sélection

Dans la plupart des cas, il est difficile de connaître les effectifs réels d'une espèce, et a fortiori de juger de l'évolution actuelle de ces effectifs ; d'une part parce que la répartition des espèces et/ou la carte qui peut en être dressée n'est que le reflet de quelques sites mieux explorés que d'autres, et d'autre part, au niveau des algues, qui sont des espèces généralement annuelles, leur répartition et leur abondance fluctuent beaucoup d'une année à l'autre. C'est la raison pour laquelle que la notion d'espèces menacées ne concerne que celles qui sont en général pérennantes, de grande taille (passant difficilement inaperçues), et dont la position taxonomique est relativement claire (PNUE/UICN/GIS Posidonie, 1990).

Les principaux critères de sélection ont ainsi permis de définir les espèces menacées comme :

- Espèces en danger : quand elles ont disparu d'une grande partie de leur aire d'origine et que leurs effectifs sont réduits à un niveau critique ou que leur habitat a régressé de façon drastique. Elles sont menacées de disparition si les causes de leur déclin continuent d'agir. Les espèces qui sont peut-être éteintes mais qui ont été vues depuis moins de 50 ans sont placées dans cette catégorie.
- Espèces vulnérables : si leurs effectifs et/ou leur habitat ont fortement diminué. Ces espèces passeront vraisemblablement dans la catégorie « en danger » dans un futur proche si les causes de leur déclin continuent d'agir.
- Espèces rares : si leurs effectifs sont naturellement faibles ou leurs stations naturellement très localisées, ce qui les expose à des risques : un petit nombre d'aménagements, des accidents (pollution) même localisés, peuvent en effet les faire passer rapidement dans la catégorie des espèces en danger.
- Espèces dont la menace est indéterminée : quand il est clair qu'elles sont « en danger », « vulnérables » ou « rares », mais que les données scientifiques sont insuffisantes pour les placer de façon précise dans l'une de ces trois catégories.

En plus des critères principaux exposés ci-dessus, basés sur le degré de menace qui pèse sur une espèce, d'autres critères complémentaires peuvent être utilisés pour justifier le besoin de sa surveillance et sa protection, comme :

- L'importance écologique : espèces formant des populations ou peuplements particuliers, ou des espèces « indicateurs biologiques ».
- La valeur de symbole : notamment chez les populations littorales et les usagers de la mer
- Le rôle dans la protection d'autres organismes : dans la mesure où la régression de l'espèce peut constituer une menace indirecte pour d'autres espèces.

Il convient de remarquer qu'une espèce peut être menacée dans une partie de son aire géographique et pas dans une autre. De plus, les menaces pour les végétaux marins et aquatiques ne sont pas comparables à ce que cette notion représente pour les vertébrés ; l'espèce peut

être rare à l'échelle d'un pays ou d'une mer, telle que la Méditerranée par exemple, mais bien représentée dans son propre biotope.

**Remarque** : Il peut paraître paradoxal de placer une espèce introduite accidentellement parmi les espèces menacées. Cette prise en considération est basée sur la définition adoptée pour « l'espèce menacée », en tant que rare et à faible extension spatiale dans les stations connues ; il est clair néanmoins que si l'espèce en question montre une expansion, sa vulnérabilité liée aux petits nombres de ses stations durant une période donnée ne durera guère. C'est l'exemple de *Caulerpa racemosa* qui était signalé seulement dans quelques stations jusqu'au début des années 90 et qui connaît aujourd'hui une large répartition en Méditerranée.

#### 3.2 - Espèces menacées, susceptibles d'être menacées ou formant des peuplements menacés

Les experts méditerranéens qui ont participé à l'élaboration du « Livre rouge - Gérard Virgnier - des végétaux, peuplements et paysages marins menacés de Méditerranée » (PNUE/UICN/GIS Posidonie, 1990), ont identifié cinquante quatre (54) espèces de macrophytes considérées comme menacées ou susceptibles d'être menacées, en mettant en exergue leurs caractéristiques et les différents types de menaces qui pèsent sur elles. La liste des espèces comprend :

**20 Rhodophyta** : *Chondrymenia lobata*, *Corallina elongata*, *Goniolithon byssoïdes*, *Grateloupia doryphora*, *Gymnogongrus crenulatus*, *Halarachnion ligulatum*, *Halymenia trigona*, *Hypnea cervicornis*, *Hypnea esperi*, *Lihophyllum licheoïides*, *Naccaria wiggii*, *Nemastoma dichotomum*, *Neogoniolithon notarisii*, *Platymacroclypea*, *Ptilophora mediterranea*, *Sarconema filiforme*, *Schimmelmania schousboei*, *Schizymenia dubyi*, *Spyridia hypnoides*, *Tenarea tortuosa*.

**25 Phaeophyta** : *Cystoseira amentacea*, *Cystoseira caespitosa*, *Cystoseira elegans*, *Cystoseira ercegovicii*, *Cystoseira mediterranea*, *Cystoseira sauvageauiana*, *Cystoseira schiffneri*, *Cystoseira sedoïdes*, *Cystoseira spicata*, *Cystoseira spinosa*, *Cystoseira stricta*, *Cystoseira zosteroïdes*, *Desmarestia dresnayi*, *Desmarestia ligulata*, *Desmarestia viridis*, *Dictyopteris membranacea*, *Dilophus mediterraneus*, *Fucus virsoïdes*, *Laminaria ochroleuca*, *Laminaria rodriguezii*, *Padina boergesenii*, *Phyllariopsis purpurascens*, *Sacchoriza polyschides*, *Stipodium schimperi*, *Undaria pinnatifida*.

**7 Chlorophyta** : *Acetabularia calyculus*, *Acetabularia parvula*, *Caulerpa mexicana*, *Caulerpa ollivieri*, *Caulerpa racemosa* (espèce devenue assez répandue, n'est plus menacée), *Caulerpa scalpelliformis*, *Penicillus capitatus*.

**2 Magnoliophyta** : *Posidonia oceanica*, *Zostera marina*.

Deux espèces ont été rajoutées par la suite à cette liste après avoir constaté qu'elles sont aussi vulnérables (BOUDOURESQUE et al., 1996) ; il s'agit des deux Magnoliophyta *Cymodocea nodosa* et *Zostera noltii*.

**Au niveau de cette liste on peut compter** : 26 espèces rares, 21 espèces endémiques, 11 espèces indicatrices biologiques, 33 espèces sensibles à la pollution, 28 espèces sensibles aux aménagements littoraux et aux diverses activités humaines, 13 espèces représentant des peuplements remarquables (population ou formation ou paysage particuliers, etc.) et 14 espèces

à extension limitée (limite de l'aire de répartition, mais l'espèce peut être bien représentée dans sa localité d'existence).

**Tableau 2 :** Espèces menacées (marines et saumâtres) dont la protection est proposée en Méditerranée - avec indication de la distribution, du statut, de l'intensité de la menace, de l'origine de(s) menace(s) et des protections éventuellement existantes (Source : Extrait de BOUDOURESQUE et al., 1996)

Groupe	Liste des espèces	Distribution (1)	Statut (2)	Origine des menaces (3)	Intensité des menaces (4)	Protections existantes (5)
Magnoliophyta	<i>Cymodocea nodosa</i>	M, AO	R	Aménagement	1	CAT, F, V
	<i>Posidonia oceanica</i>	E, M	V, MI, E	Aménagement Pollution Transparence Introduction Chalutage Ancrage	2	CAT, F, V
	<i>Zostera marina</i>	N	R, V, E	Aménagement Pollution	3	CAT, PACA, V
	<i>Zostera noltii</i>	AN, M	R	Aménagement	1	CAT, PACA, V
Chlorophyta	<i>Caulerpa ollivieri</i>	E, M	R	Aménagement	4	
Phaeophyta	<i>Cystoseira amentacea</i>	E, M	V	Pollution Surpâturage	2	
	<i>Cystoseira mediterranea</i>	E, MO	V	Pollution Surpâturage	3	
	<i>Cystoseira sedoïdes</i>	E*	R	Pollution Surpâturage	1	
	<i>Cystoseira spinosa</i>	E	V	Surpâturage Pollution Chalutage	3	
	<i>Cystoseira zosteroides</i>	E	V	Transparence Surpâturage	2	
	<i>Laminaria rodriguezii</i>	E, MO	R	Transparence	2	
Rhodophyta	<i>Goniolithon byssoïdes</i>	E, MO**	R	Pollution Piétinement	1	
	<i>Lihophyllum lichenoïdes</i>	MO***, PA, J	V, E	Pollution Piétinement	3	
	<i>Ptilophora mediterranea</i>	G	R	Transparence	1	
	<i>Schimmelmania schousboei</i>	S, LY, PA	R	Aménagement	3	

## Abréviations utilisées

(1) Distribution : AN = Atlantique Nord. AO = Afrique Nord-occidentale. E = Endémique méditerranéenne. G = Grèce. J = Japon. LY = Libye. M = Méditerranée. MO = Méditerranée occidentale. N = Hémisphère Nord. PA = Proche Atlantique (côtes européennes ou africaines proches du détroit de Gibraltar). S = Sicile.

\* = Aire de *C. sedoïdes* localisée à l'Algérie, Tunisie du Nord et île de Pantelleria, au Sud de l'Italie.

\*\* = Les signalisations de *G. byssoïdes* en Méditerranée orientale pourrait être dues à une confusion d'espèce.

\*\*\* = Quelques stations de *L. lichenoides* très localisées ont également été découvertes en Grèce et Turquie.

(2) Statut : D = en danger. E = importance écologique. I = indéterminé. MI = menace indirecte. R = rare. V = vulnérable.

(3) Origine des menaces : Les origines sont mentionnées par ordre d'importance décroissante, notamment quand il s'agit de plusieurs causes qui se conjuguent.

(4) Intensité de la menace : 1 = encore moyenne, mais pourrait devenir sérieuse dans la prochaine décennie. 2 = sérieuse, au moins localement. 3 = sérieuse, dans une grande partie de l'aire méditerranéenne de l'espèce. 4 = très sérieuse ; l'espèce, ou ses stations méditerranéennes, pourraient disparaître dans les prochaines décennies. 5 = Peut-être irréversible ; il n'est pas sûr que les mesures de protection puissent sauver l'espèce, ou ses stations méditerranéennes.

(5) Protections existantes (liste des pays ou régions disposant de textes de protection bien définis ; liste non exhaustive) : CAT = Catalogne (Espagne). F = France. PACA = Région Provence-Alpes-Côte d'Azur (France). V = Comunitat Valenciana (Espagne).

Parmi toutes les espèces identifiées ci-dessus, quinze (15) ont été proposées comme espèces (marines et saumâtres) menacées, nécessitant des mesures de protection en Méditerranée, dont quatorze (14) retenues déjà sur la liste des espèces annexée au nouveau Protocole des Aires Spécialement Protégées (UNEP (OCA)/MED WG.153/Inf.3.). Ces espèces, les critères (principaux et/ou complémentaires) de leur sélection, l'origine des menaces qui les affectent et leurs intensités, les protections éventuellement existantes (avec références des textes de protection) sont récapitulées dans le tableau 2.

Dans l'ensemble des considérations évoquées, la part de la Méditerranée occidentale s'avère très importante. En effet, on compte près de 80% des espèces faisant partie de la liste des macrophytes identifiés dans le « Livre rouge », et 13 parmi les 15 espèces proposées dans la liste prioritaire des programmes de protection. Ce qui dénote l'importance des menaces et pressions exercées dans cette partie de la Méditerranée par rapport à la Méditerranée orientale considérée à ce stade, dans une certaine mesure, comme un « écotopé de réserve de la diversité biologique méditerranéenne ».

Les commentaires concernant l'impact des menaces qui pèsent sur chacune des espèces retenues dans les priorités des programmes d'action et mesures de protection, notamment au niveau des espèces de la Méditerranée occidentale, sont les suivantes :

### *Cymodocea nodosa* :

Cette espèce constitue une des caractéristiques de la Méditerranée sans qu'elle y soit une endémique. Ses peuplements, où l'espèce joue le rôle d'un « ingénieur d'écosystème », sont localisés généralement à faible profondeur dans des sites abrités, en mer ouverte ou dans les lagunes littorales ; ils occupent en particulier les lagons situés en arrière des récifs-barrières de *Posidonia oceanica*. Ils sont susceptibles d'être affectés par les aménagements littoraux.

### *Posidonia oceanica* :

L'espèce en elle-même n'est pas menacée de disparition, et les surfaces couvertes, à l'échelle de la Méditerranée, restent importantes, malgré sa régression spectaculaire aux alentours des grands centres industrialo-portuaires : Barcelone, Valence, Alicante (Espagne), Marseille, Toulon, Nice (France), côte Syro-libanaise, Malte, Golfe de Gabès (Tunisie).

La pollution, considérée globalement, constitue la principale menace sur *Posidonia oceanica* : sa disparition autour des sources de pollution en témoigne. Toutefois, la sensibilité de l'espèce aux polluants pris isolément, aux concentrations effectivement réalisées dans la nature, et dans des conditions expérimentales qui ne permettent que des observations à court terme, n'a pas été clairement démontrée. La diminution de la transparence de l'eau, sous l'effet de la turbidité ou de l'eutrophisation et du développement planctonique qui en résulte, réduit la quantité de la lumière en profondeur et entraîne la remontée de la limite inférieure de l'herbier. La pollution thermique (élévation de la température de l'eau) pourrait constituer une menace ; mais à ce jour, aucune preuve probante n'a été apportée quant à la nuisance réelle d'une forte différence de température ; au contraire, des variations de 20°C ont été enregistrées.

En outre, d'autres causes de la régression de *Posidonia oceanica* s'y ajoutent : l'ancrage des bateaux, les chalutages (bien qu'ils soient théoriquement interdits aux profondeurs où vit *Posidonia oceanica*, en Algérie, Espagne, Italie, France et Tunisie), les explosifs illégalement utilisés pour la pêche (éventuellement les bombes tombées pendant la guerre de 39-45) et les aménagements littoraux. Une nouvelle menace est constituée par l'expansion de l'algue introduite *Caulerpa taxifolia*.

La recolonisation naturelle des herbiers de Posidonie est très lente, et peu significative à l'échelle humaine. La réimplantation, bien que techniquement possible par endroit, ne constitue pas une solution satisfaisante et s'avère insuffisante à court et moyen terme (BOUDOURESQUE et al., 1996). L'arrêt de la régression de l'herbier de Posidonie par une protection rigoureuse apparaît donc comme un objectif prioritaire.

#### *Zostera marina* :

L'espèce joue un rôle important dans certaines lagunes littorales où elle constitue des prairies relativement denses dans l'infralittoral supérieur. Elle se montre plus rare en mer ouverte où elle a beaucoup régressé en Méditerranée. Les stations restantes en mer ouverte sont extrêmement localisées, et la survie de l'espèce sur les côtes méditerranéennes apparaît comme dépendante d'aménagements éventuels (en Espagne, l'espèce est très menacée dans la Baie de Port Ligat et semble avoir disparue du Golfe de Rosas (Catalogne) où elle était autrefois abondante, en outre elle n'a pas été retrouvée aux Baléares depuis 1921 (!); en France elle a disparu de l'Etang de Berre à la suite de son dessalement, à noter aussi la destruction par un endigage des herbiers d'une petite station qui existait à Bandol; en Algérie, il n'est pas certain que la station de Bou-Ismaïl existe encore). De plus, *Zostera marina* pourrait être menacé par la maladie (wasting disease) qui a déjà touché cette espèce en Atlantique.

#### *Zostera noltii* :

En Méditerranée, l'espèce vit dans des biotopes infralittoraux superficiels ; elle joue un rôle important dans les lagunes littorales et dans certaines baies abritées. On la rencontre également dans les lagons situés en arrière des récifs-barrières de *Posidonia oceanica*. L'espèce est menacée en premier lieu par l'aménagement ce qui fait qu'elle soit rare.

#### *Caulerpa ollivieri* :

C'est une espèce rare, qui apparaît comme gravement menacée dans la mesure où la seule station subsistante, Golfe Juan, est située dans une zone fortement urbanisée et à haut risque

d'aménagement. Deux des trois stations françaises signalées auparavant (Ville franche-sur-Mer et Beaulieu) ont déjà disparu.

#### *Cystoseira amentacea* :

L'espèce en elle-même, n'est pas menacée de disparition et les ceintures à *Cystoseira amentacea* restent très répandues dans les archipels de la mer Egée. Néanmoins, une nette régression a été constatée aux alentours des centres urbains et portuaires comme le Pirée. La pollution par les hydrocarbures, au voisinage des grands axes de navigation de la mer Egée, semble être la cause principale de la régression des ceintures à *Cystoseira amentacea*. En outre, c'est une espèce appréciée par plusieurs macro-herbivores, ce qui la rend sensible au surpâturage.

#### *Cystoseira mediterranea* :

L'espèce est très sensible à la pollution et à tout autre facteur producteur de stress. Elle a disparu de nombreux points de la côte catalane et aux Baléares (Espagne), et en particulier aux environs de toutes les grandes villes, où elle a été remplacée par des espèces banales (*Corallina elongata*, en particulier). Sa régression est signalée également à Illetas (Palma de Mallorca, Baléares).

#### *Cystoseira sedoides* :

Espèce sensible à la pollution et au surpâturage (comme beaucoup d'espèces du genre *Cystoseira*). Son aire de répartition relativement restreinte, et la rareté de ses stations, font d'elle une espèce vulnérable.

#### *Cystoseira spinosa* :

L'espèce a, sans doute, constitué, tout le long des côtes continentales de Méditerranée française (Alpes-Maritimes, Var, Bouches-du-Rhône, Pyrénées-Orientales), des peuplements très importants, aujourd'hui presque entièrement disparus ; de tels peuplements se rencontrent encore en Corse et aux îles Baléares où l'espèce est encore abondante. La pollution, l'arrachage par les filets ou les chaluts, mais peut-être surtout le surpâturage par les échinodermes (dont les poissons prédateurs ont régressé) pourraient expliquer la raréfaction de l'espèce.

En tant qu'individus isolés, l'espèce peut toutefois toujours être rencontrée dans la plus grande partie de son ancien territoire. C'est le cas par exemple de la Tunisie, où elle n'est observée qu'en individus isolés ou en petits groupes d'individus dans certains endroits rocheux du golfe de Tunis.

#### *Cystoseira zosteroides* :

L'espèce est devenue rare dans beaucoup de stations où elle était autrefois abondante (Golfe du Lion, côte Catalane). Néanmoins, il reste des sites (îles Columbretes, par exemple) où *Cystoseira zosteroides* forme encore des peuplements très étendus. Compte tenu de son écologie, l'espèce est menacée par l'augmentation de la turbidité des eaux, par l'accroissement de la vitesse de sédimentation, par l'altération des équilibres entre algues, herbivores et carnivores causés par la pêche avec pour conséquence le surpâturage.

**Laminaria rodriguezii :**

La relative rareté de ses stations (si elle se confirme), la pratique actuelle des rejets d'effluents pollués ou partiellement épurés à «grande profondeur» (50 à 100m), et l'augmentation générale de la turbidité en Méditerranée, sont susceptibles de constituer une menace pour *Laminaria rodriguezii*, qui semble inféodé à des eaux claires et très pures. Les engins de pêche constituent aussi une menace.

**Goniolithon byssoïdes :**

Bien que ce soit une espèce qui passe difficilement inaperçue, ses signalisations sont rarissimes. L'espèce apparaît donc comme vulnérable de par la rareté de ses stations. En outre, ses coussinets se détachent très facilement, de telle sorte qu'elle est sensible au piétinement (pêcheurs à pied, tourisme balnéaire) et à la pollution, plus particulièrement aux films d'hydrocarbures à la surface de la mer.

**Lithophyllum lichenoides :**

Les stations de Méditerranée orientale sont très localisées ; du reste, elles n'ont été découvertes que récemment, l'espèce ayant longtemps été considérée comme absente du bassin oriental. L'espèce est en outre inféodée à un biotope très menacé par les pollutions de surface (détergents, hydrocarbures) et le piétinement. Elle est donc considérée comme vulnérable. Pourtant en Méditerranée occidentale, *Lithophyllum lichenoides* ne semble pas encore menacé vu sa présence dans plusieurs stations, sauf en Algérie et dans le sud de l'Espagne où l'espèce semble rare et est donc considérée comme vulnérable.

Les encorbellements ont disparu d'un certain nombre de secteurs de la Méditerranée Nord-occidentale : Région de Marseille, Catalogne française par exemple. L'édification d'un encorbellement nécessite environ un millénaire : sa destruction est donc irréversible à l'échelle humaine.

**Ptilophora mediterranea :**

L'espèce semble relativement commune dans les limites de son aire de répartition. Toutefois, cette aire, dont les limites sont crédibles, s'agissant d'une espèce qui passe difficilement inaperçue, est très restreinte, ce qui pourrait traduire des exigences écologiques très étroites. L'étroitesse de son aire et de ses exigences écologiques rendent cette espèce vulnérable, dans une région où le développement du tourisme et la pollution sont susceptibles de modifier profondément l'environnement.

**Schimmelmania schousboei :**

L'extrême rareté des stations de *Schimmelmania schousboei* en fait une espèce très vulnérable aux aménagements littoraux, à la pollution des eaux de surface et aux dérangements hydrogéologiques de l'arrière-pays.

#### 4 - MESURES PRECONISEES POUR LA PROTECTION ET LA CONSERVATION DES ESPECES MACROPHYTES BENTHIQUES MENACEES

En Méditerranée, dans le cadre du PAM, une série d'initiatives ont été entreprises ces dernières années pour la conservation et la protection des espèces en général et de la végétation marine en particulier.

Une attention particulière est accordée à cet effet, aux espèces menacées, aussi bien au niveau des dispositions et la mise en œuvre du plan d'action pour la conservation de la diversité biologique en Méditerranée que dans le cadre du Protocole des Aires Spécialement Protégées (UNEP (OCA)/MED WG.153/Inf.3.). Les espèces figurant dans l'annexe de ce protocole, avec notamment les herbiers de *Posidonia oceanica* et les trottoirs à *Lithophyllum lichenoides*, sont placées en priorité à cause de l'intérêt particulier qu'ils présentent en Méditerranée.

Les textes de protection qui existent actuellement sont naturellement insuffisants ; l'inventaire des textes de protection dénote le retard constaté dans ce domaine (Les quatre espèces de Magniliophyta (*Cymodocea nodosa*, *Posidonia oceanica*, *Zostera marina* et *Zostera noltii*) sont protégées par la loi en Catalogne et dans la Comunitat Valenciana (Espagne). *C. nodosa* et *P. oceanica* sont protégés par la loi en France. *Z. marina* et *Z. noltii* sont protégées par Arrêté en région de Province-Alpes-Côtes d'Azur).

A cet effet, plusieurs actions ont été recommandées au niveau national et régional, dont certaines sont déjà engagées. Parmi ces actions qui doivent certainement contribuer à la protection et la conservation des végétaux marins, on peut citer :

**Au niveau national :**

- l'inventaire des espèces, la détermination de leur distribution et la cartographie de leur répartition
- la cartographie détaillée des herbiers
- la protection des herbiers
- la protection renforcée des récifs barrières de Posidonie et des trottoirs à *Lithophyllum*
- l'élaboration et la mise en œuvre des législations appropriées
- la mise en place de réseaux de surveillance de la végétation marine.

**Au niveau régional :**

- le renforcement de la coopération et de l'échange d'expérience
- la diffusion rapide et fiable de l'information notamment en cas d'apparition de phénomènes trans-frontaliers (pollution, invasion par de nouvelles espèces etc...)
- la promotion et la coordination de la mise en place de réseaux nationaux de surveillance de la végétation marine
- la promotion et la création d'aires protégées pour la sauvegarde des herbiers, des récifs barrières de Posidonie et des trottoirs de *Lithophyllum*.

**REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

BEN MAIZ N., 1986. Flore algale (Rhodophyta, Phaeophyceae, Chlorophyceae, Bryosidophyceae) de l'Etang de Thau (Hérault). Thèse Doct. 3ème cycle, Lab. Ecol. Benthos et Biol. Végét. Mar., Fac. Sci. Luminy, Univ. D'Aix-Marseille II, p. 1-354.

BEN MAIZ N., 1995. Etude nationale sur la diversité biologique de la flore marine et aquatique en Tunisie (Monographie). Projet MEAT/PNUE/GEF, Ministère de l'Environnement, Tunisie, p. 1-78.

BOUDOURESQUE C.F., 1995. La biodiversité marine en Méditerranée: état des espèces, des populations et des peuplements. Document d'information (UNEP(OCA)/MED WG100/ inf.3) de la Réunion d'experts sur les espèces menacées en Méditerranée organisée par le CAR/ASP à Montpellier, France du 22 au 25 novembre 1995. 35 pp.

BOUDOURESQUE C.F. BEAUBRUN P. C., RELINI G., TEMPLADO J., VAN KLAVEREN M. C., VAN KLAVEREN P. et WALMSLEY J. G., 1996. Critères de sélection et liste révisée des espèces en danger et menacées (marines et saumâtres) en Méditerranée. GIS Posidonie Publishers, Marseille, Fr. : 1-67.

BOLD H.C., WYNNE M.J., 1978. Introduction to the algae. Structure and reproduction. Prentice Hall Biological Sciences Series: ixiv + 1-706.

BOURELLY P., 1972. Les algues d'eau douce. Initiation à la systématique. Tome I: les algues vertes. Boubée et Cie publ., Paris: 1-572.

GALLARDO T., GOMEZ-GARRETA A., RIBERA M.A., CORMACI M., FURNARI G., GIACCONZE G., BOUDOURESQUE C.F., 1993. Check-list of Mediterranean seaweeds ; II. Chlorophyta (Pascher, 1914). Botanica marina, 36: 399-421.

GIACCONE G., 1978. Revisione della flora marina del Mare Adriatico. Annuario Parco Marinodi Miramare, Ital., 6 (19 suppl.): 1-118.

GIACCONE G., COLONNA P., GRAZIANO C., MANNINO A.M., TORNATORE E., CORMACI M., FURNARI G., SCAMMACCA B., 1985. Revisione della flora marina di Sicilia e Isole Minori. Boll. Accad. Gioenia Sci. Nat., Ital., 18 (326): 537-781.

LAWSON G.W., JOHN D.M., 1987. The marine algae and coastal environment of tropical West Africa (second edition). J. Cramer publ., Berlin, Allemagne: 1-415.

LUNING K., 1990. Seaweeds; their environment, biogeography and ecophysiology. John Wiley 1 sons publ., New York, USA: i-xiii + 1-527.

MARGULIS L., SCHWARTZ K.V., 1985. Cinco Reinos. Guia ilustrada de los phyla de la vida en la tierra. Editorial Labor publ., Esp.: i-xiv + 1-335.

MEINESZ A., HESSE B., 1991. Introduction et invasion de l'algue tropicale *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée nord-occidentale. Oceanologica Acta, 14 : 415-426.

PANKOW H., 1971. Algenflora der Ostsee. I. Benthos (Blau-, Grün-, Braun- und Rotalgen). Fischer Verlag publ., Jena, Allemagne: 1-419.

PNUE/IUCN/GIS Posidonie, 1990.- Livre rouge «Gérard Vuignier» des végétaux peuplements et paysages marins menacés de Méditerranée. MAP Technical Reports Series N° 43, UNEP, Athens, 1990, p.1- 250.

RIBERA M.A., GOMEZ GARRETA A., GALLARDO T., CORMACI M., FURNARI G., GIACCONE T., 1992. Checklist of Mediterranean seaweeds. I. Fucophyceae (Warming, 1884). Botanica marina, 35: 109-130.

SCHNEIDER C.W., SEARLES R.B., 1991. Seaweeds of the Southeastern United States. Duke Univ. Press publ.: 1-553.

SOUTH G.R., TITTLE I., 1986. A checklist and distributional index of the benthic marine algae of the North Atlantic Ocean. Huntsman Marine Laboratory and British Museum (Natural History), St Andrus et London: 1-76.

STRASBURGER E., NOLL F., SCHENCK H., SCHIMPER A.F.W., DENFFER D. von, BRESINSKY A., EHRENDORFER F., ZIEGLER H., 1988. Tratado de Botanica, 7a edicion. Ediciones Omega publ., Barcelona, Espagne: i-xvi + 1-1100.

TAYLOR W.R., 1960. Marine algae of the Eastern tropical and subtropical coasts of the Americas. Ann Arbor, The University of Michigan Press publ., USA: 1-870.

UNEP (OCA)/MED WG.153/Inf.3. Les végétaux marins macrophytes en danger ou menacés en mer Méditerranée. Document de la Réunion d'experts pour l'élaboration du plan d'action pour la conservation de la végétation marine en Méditerranée, organisée par le CAR/ASP à Tunis, Tunisie, du 09 au 10 avril 1999. 49 pp.

VERLAQUE M., 1994. Inventaire des plantes introduites en Méditerranée : origines et répercussions sur l'environnement et les activités humaines. Oceanologica Acta, 17 (1) : 1-23.

VERLAQUE M., FRITAYRE P., 1994. Modifications des communautés algales méditerranéennes en présence de l'algue envahissante *Caulerpa taxifolia* (Vahl) C. Agardh. Oceanologica Acta, 17(6) : 659-672.

WOMERSLEY H.B.S., 1984. The marine benthic flora of Southern Australia. Part I. Woolman D.J. publ., Australie: 1-329.

WOMERSLEY H.B.S., 1987. The marine benthic flora of Southern Australia. Part II. The Flora and fauna of South Australia Committee publ., Adelaide, Australie: 1-484.

ZINOVA A.D., 1967. Opredelitel zelenich, bourich i krasnich vodorosliei youjnich moriei S.S.S.R. Isdatielstvo «Naouka», Moscou, Leningrad: 1-397.

Giuseppe GIACCONE & Vincenzo DI MARTINO\*

Dipartimento di Botanica, Università di Catania; via Antonino Longo, 19; 95125 Catania (Italy)

\*ICRAM, via dei Casalotti, 300, 00166 Roma (Italy)

## PAST, PRESENT AND FUTURE OF VEGETATIONAL DIVERSITY AND ASSEMBLAGES ON MEDITERRANEAN SEA

### INTRODUCTION

In a recent study (GIACCONE, 1991) we confronted the problem of understanding the evolution of Mediterranean marine vegetation, probing the biogeography of several orders of Brown algae above all on a geodynamic basis (plate tectonics) concerning principally the lower Tertiary (Eocene-Oligocene) and middle (Miocene). Necessarily we had to recall also paleoclimatic and hydrologic elements, which on a planetary level interest the world ocean. Continuing in this research we have widened our window of observation, including, besides the orders Laminariales and Fucales of the Fucophyceae, also some Chlorophyceae belonging principally to the orders Bryopsidales and Dasycladales (GIACCONE & al., 1995).

The geological period, which we want to examine in this paper, covers events that are essentially climatic and hydrologic in nature, which happened in the Pliocene and above all in the Pleistocene and in the Holocene in the area of the present Mediterranean.

Some considerations which we will develop appeared to us, moreover, justified by the phytosociologic synthesis for the Mediterranean, that we have just published (GIACCONE & al., 1993, 1994a, 1994b).

A synthesis on the climatic crises and on the consequent destruction of the biological groupings of the Mediterranean, during the latest geological periods, has been written by DOUMENGE (1993). Interesting information can also be found in BELLAN-SANTINI & al. (1992).

From these and other studies are deduced facts, some well-known others lesser known, that can be put at the base both of the current vegetational characterization of the various basins and sectors of the Mediterranean and of their evolutive tendencies; keeping in mind also the synergy originating from some anthropic actions with both hydrologic (the dam on the Nile at Aswan) and climatic (the greenhouse effect) and edaphic (organic and industrial pollution) effects.

### CLIMATIC AND HYDROLOGIC BASES

The marine vegetation of the Mediterranean testifies, in its typology and distribution, to climatic and hydrologic events both preceding and contemporary to and also following the salinity crisis of the Messinian (Higher Miocene).

As is well-known this crisis was caused by geodynamic events (the closure of the communications with the bordering oceans) and climatic events (a dry tropical climate). Before during the Oligocene there had been one of the great crises of coldness in the biosphere, which in the Tethys sea had stimulated intense processes of speciation above all in the inside of the Fucophyceae and of the marine Angiosperms (GIACCONE, 1991; LÜNING, 1990).

The Messinian certainly determined in the old Mediterranean a biological catastrophe above all on a synecologic level. On a floristic level, on the other hand, many species, that we refer as tethyan species, took refuge in the residual basins or «Sea-Lakes» (STANLEY, 1990), and in

particular in the areas of contact with the Paratethys, in which marine environmental conditions continued. This is demonstrated among other things by the presence of the *Fucetum virsoidis* from Albania to Venice. Therefore it can be affirmed that the present Mediterranean around 5 million years ago was from the point of view of the vegetational typology at its starting point.

For all of the Pliocene, furthermore, the atlantic infringement caused long periods of environmental instability and a changeable hydrologic situation. We can date the present vegetational order back to the beginning of the Pleistocene. But also in this period, and then in the Holocene, we have had a series of climatic and hydrologic crises that explain the differences, sometimes profound, in the vegetational typology of the basins and sectors in which the Mediterranean Sea is articulated.

This sea, in fact, is characterized by a considerable dependency on the continental climatic environment both for that which regards the contributions of fresh water and for sediments. The hydrologic basin is supported by both the precipitations and the evaporation which on the oceanic level influence the global eustatic equilibrium. This dependency makes the equilibrium of the mediterranean basin fragile and unstable in the middle period and it exposes it to recurrent ecological catastrophes. The temporal scale of these events goes from a few millennia to a few centuries; these are not however geological times.

The most evident example of this environmental fragility is given by the Sapropel crises, which, for a dozen times in the Holocene, destroyed in a catastrophic manner the eastern marine biome and some sectors of the western one (STANLEY, 1978). The last of these crises goes back to the era of the first Pharaonic dynasties and there are reports in tales, spread throughout many civilizations, present also in the Bible, of a flood of great dimensions and of long duration. Between 10,000 and 8,000 years B.C. there is the highest point of the last Sapropel crisis, with significant returns up to 5,000 B.C. As a consequence the typology of the vegetation of the Eastern Mediterranean is subsequent to this date and, as we will see below, still in a phase of colonization and structuralization. Similar catastrophic events, but of different origin, have conditioned the immaturity of the marine plant associations along the Ligurian-Provençal and north Adriatic coasts.

The Sapropel crisis takes place every time that a layer of fresh water forms on the surface of the sea which lowers the salinity by 2-3 ‰ to a depth of 100 meters. This halothermocline blocks the phenomena of upwelling of the deep waters, which condition their oxygenation. There follow widespread phenomena of dystrophy and anoxia, comparable to those present now in the Black Sea.

The flooding of the Nile, at the origin of the Sapropel, happens under the action of the monsoons of East Africa. The catastrophic phases are regulated by cycles of rainfall provoked by the precession of the equinoxes, that is the cycles of Milankovich (ROSSIGNOL-STRICK, 1985).

Also the Black Sea because of phenomena of rainfall in the basins of the rivers that flow into it (Danube, Dniepr, Dniestr, Don, etc.) and of synergic events of a eustatic nature can cause phenomena of Sapropel in the Aegean Sea with rhythms characterized by a period of 3,000 years (STANLEY & al., 1980). The continental rainfall has caused periodically conditions of eutrophication in the waters of the surface and anoxia in the deeper waters in the sectors around the Ebro, the Rhone and the Po (CALVERT & al., 1992).

The phenomena which cause the Sapropel crises are capable of inverting the currents of entrance and exit in the Straits of Gibraltar and the Sicilian Channel, altering so profoundly the relations of biological and hydrological dispersion between the Eastern Mediterranean and the Western and between the biogeographic sectors in which the two basins are articulated. To worsen this capacity of destabilization of the continental waterways in the last 50 years, a concentration of pollutants (urban and industrial) was added which is causing phenomena of eutrophy and anoxia recurring both in the coastal areas, subject to strong human presence, and in the deep waters (MONACO & al., 1990).

The scenarios in the forecast models for the first century of the third millennium are such as to make one consider the possibility of a return of a Sapropel phase because of the joined action of pollution of continental origin and of weak phenomena tied to the cycles of Milankovich (ROHLING & BRYDEN, 1992; BETHOUX, 1984).

### PRESENT STATE AND EVOLUTIVE TENDENCIES OF MEDITERRANEAN MARINE VEGETATION

The climatic and hydrologic phenomena, the coastal pollution, the acceleration in the migration and introduction of species into the Mediterranean are at the foundation of the present distribution of the vegetational typology and of its evolutive tendencies in the medium and short periods.

The marine vegetation in the Mediterranean has been described with the phytosociological method of BRAUN-BLANQUET and there have been found 83 syntaxa: 5 Classes, 9 Orders, 11 Alliances, 52 Associations and 9 Sub-associations (tab. 1). About 200 species characterize these syntaxa, that is about 1/5 of all the plant species recognized for the Mediterranean, many of these species are also endemic (Tab. 2-7).

The western basin of the Mediterranean is populated by about a thousand species while the eastern one counts about 500 (ATHANASIADIS, 1987), with a relatively scarce endemic contingent. The same proportion is obtained by the animal component (FREDJ & al., 1992).

The ecological valence and the bionomic distribution of the species in the eastern basin are generally ample; as a consequence the marine associations appear as loosely structured and with characteristics more typical of durable groupings of a edaphic climax than of true associations pointing to a climatic climax. Among the well-described syntaxa only three are reported for the Aegean and ten for the Adriatic. More frequent is the case of the presence of vicariant species in the combination characterizing the floristic composition, which in every case presents a relatively impoverished typology with a prevalence of eurivalent elements (SCAMMACCA & al., 1993).

This impoverishment of species (tab. 4), and in particular of stenovalent species, and the structural instability of the vegetable associations of the Eastern Mediterranean and of the Adriatic Sea are the consequence of the repeated natural catastrophes (Sapropel crises) in prehistoric and protohistoric times and of the recent anthropic modifications (Suez Canal, Aswan Dam, anoxia in the Black Sea, coastal pollution).

Paleoclimatic and hydrologic causes explain, therefore, the present state of the destructurization of the plant associations in this basin. The evolutive tendencies are put into evidence by

their extremely fast dynamism, which in the space of about 20 years (GIACCONE & al., 1972; SCAMMACCA & al., 1993) has caused us to notice in the depths of the Pelagie islands and on the eastern coasts of Sicily (ALONGI & al., 1993, Marino & al., 1999) an important change in the typology of the marine vegetation.

The same evolutive tendency is taking place in some sectors and coastlines of the Western Mediterranean subject to strong degradation of anthropic origin.

In the last ten years in these degraded areas both in the Eastern Mediterranean and in the Western Mediterranean several species are spreading with invasive behavior, above all Codiaceae and Caulerpaceae, migrants and/or introduced both from the Atlantic and from the Indian-Pacific (GIACCONE & DI MARTINO, 1995 and 1997; VERLAQUE, 1994). This phenomenon causes in the degraded areas the initial phase of a new structuring of the plant groupings, but accelerates contemporaneously the destruction of those present in marginal areas, which often denoted, even before, signs of suffering and imbalance, at least of a quantitative type, in the marine flora.

### CONCLUDING CONSIDERATIONS

The paleoclimatic data reconstructed through the cycles of Milankovich and the Sapropel crises, of both Nilotic, continental, and Bosphoric origins, explain the profound differences that exist both in the floristic contingent and in the chorologic spectrum of plants (tab. 3), and in general of marine organisms (tab. 4, 5, 6), present respectively in the western and eastern basins of the Mediterranean.

Both the biocenotic and the phytosociological examinations confirm these differences and make the Eastern Mediterranean characterized as a basin with syntaxa still in an initial stage of rearrangement; the western ones characterized generally by a edaphic climax and by vicariant aspects and with a characterizing contingent that is eurieval and eurichoric respectively. Similar evolutive tendencies are present in the Adriatic and in the Ligurian-Provençal sectors, but they are due to anthropic and/or synergic causes, along with paleoclimatic causes. Because of fluvial contributions and coastal pollution, it is predicted that, if the dumping continues at the same rhythm of the last 30 years, an anoxia crisis in the deep waters of the Mediterranean will occur around the year 2050. This date could bring on, therefore, in both basins (Eastern and Western) a Sapropel crisis of catastrophic consequences for the biotic community and the associations principally of the Circalittoral and of the lower Infralittoral.

The time of renewal of the mediterranean waters, as is well-known, is inferior to a century. As a consequence the rising of the anoxic waters is relatively rapid. The reduction of the contributions of the Nile and that of the river tributaries of the Black Sea is bringing about a 3% deficit in the balance of alimentation/evaporation in the Eastern Mediterranean, with a consequent rise of the water entering the Sicilian Channel. This brings a rise in the values of the density of the intermediate Levantine water as well as a rise of temperature in the waters of Western Mediterranean (DOUMENGE, 1993). This phenomenon is at the base of the present process of tropicalization of the marine environment of the Mediterranean. As a consequence, become unstoppable both the success of the installation and the acceleration of the dispersion of tropical species coming from Indian-Pacific and Atlantic areas, or also introduced by the practices of aquaculture and aquariology.

The case of the *Caulerpa* with invasive behavior (*C. taxifolia*, *C. mexicana*, *C. racemosa* and *C. scalpelliformis*) is the synergic result of this phenomenon of tropicalization and the spread of organic pollution along all the coastlines. The endemic and stenovalent species (*Posidonia oceanica*, *Cystoseira* sp. pl.) in the degraded areas are absent or present in extremely reduced groupings or show in any case signs of suffering and of reproductive inefficiency. In these conditions their competitiveness decreases and the euryvalent species prevail in the characterizing contingent, which is by definition stenovalent.

On mobile substrata organic pollution creates anoxia. The prevalence of reductive processes over those oxidative favors the spread of species, characterized by heterotrophic metabolism such as the *Caulerpa* (CRAWFORD & al., 1972; GIACCONE & DI MARTINO, 1995; CHISHOLM & al., 1995).

On rocky substratum the sedimentary facies of the *Cystoseira* beds, with a prevalence of Dictyotales and Sphacelariales, tend to expand both because of the rise in sedimentation and because of the installation of a widespread environmental instability. Even the shade vegetation responds to these solicitations with the expansion of durable associations independent from the zonation, as do those of the *Peyssonnelion squamariae* (GIACCONE & al., 1994a-b).

This model of evolution of the vegetation pushed by paleoclimatic conditions, comparable to the present process of tropicalization, is documented in geological times at least for the *Caulerpa*, which in the old Tethys basin, from the Eocene to the Miocene, had invaded, in favorable paleoecologic conditions, extensions comparable to those noteworthy ones occupied today by *C. racemosa*, *C. mexicana* and by *C. scalpelliformis* in the Eastern Mediterranean and by *C. taxifolia* in the Western Mediterranean (LE RENARD, 1983).

To conclude this necessarily synthetic presentation of the causes of the evolutive phenomena and of threats to assemblages of Mediterranean marine vegetation, it seems we have made an attempt to reconcile the vision in the correct space-time scale, with the significance of the anthropic action, which appears to accelerate to the magnitude of generations, phenomena which until now generally had rhythms of millennia or at least centuries.

## Note

Paper and annexes updated from two original reprints:

GIACCONE G. & DI MARTINO V. (1997) - Syntaxonomic relationship of the Mediterranean phytobenthos assemblages: paleoclimatic bases and evolutive tendencies. VIIIth OPTIMA Meeting; Lagascallia 19 (1-2): 129-144

GIACCONE G. (1999) - L'origine della biodiversità vegetale del Mediterraneo. Notiziario SIBM. 35: 35-51.

## REFERENCES

ALONGI, G. CORMACI, M. FURNARI, G. & GIACCONE, G. (1993). Prima segnalazione di *Caulerpa racemosa* (Chlorophyceae, Caulerpales) per le coste italiane. *Boll. Accad. Gioenia Sci. Nat.*, 342: 49-53.

ATHANASIADIS, A. (1987). A survey of the seaweeds of the Aegean Sea with taxonomic studies on species of the tribe Anthithamnieae (Rhodophyta). *Akad. Filos. Doktorsexamen mar. Bot. Univ. Gothenborg. Sweden*: 1-174.

BELLAN-SANTINI, D. FREDJ, G. BELLAN, G. (1992). Mise au point sur les connaissances concernant le benthos profond méditerranéen. *Oebalia suppl.* XVII: 21-36.

BETHOUX, J.P. (1984). Paléo-hydrologie de la Méditerranée au cours des derniers 20.000 ans. *Oceanologica Acta*, 7(1): 43-48.

CALVERT, S. E. NIELSEN, B. & FONTUGNE, M. R. (1992). Evidence from nitrogen isotope ratios for enhanced productivity during formation of eastern Mediterranean sapropels. *Nature*, 359: 223-225.

CHISHOLM, J. R. M. FERNEX, F. MATHIEU, D. & JAUBERT, J. M. (1995) - Links between sediment pollution and *Caulerpa taxifolia* proliferation. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, 34: 24.

CRAWFORD, G. H. & RICHARDSON, W. N. (1972). Heterotrophic potential of the macroscopic alga *Caulerpa racemosa*. *Proc. of the 7th Int. Seaweed Symp.* 1971: 262.

DOUMENGE, F. (1993). La Méditerranée peut-elle mourir? Crises climatiques et pollution anthropique dans une mer fermée. in: *La mer assassinée. Peuples Méditerranéens*, 62-63: 11-27 FREDJ, G. BELLAN-SANTINI, D. MEINARDI M. (1992). Etat des connaissances sur la faune marine méditerranéenne. *Bull. Inst. Océanogr. Monaco*, n° sp. 9: 133-145.

GIACCONE, G. (1991). Biogeografia di alghe brune e tettonica a zolle. *Boll. Accad. Gioenia Sci. Nat.*, 24(337): 65-86.

GIACCONE G. (1999) - L'origine della biodiversità vegetale del Mediterraneo. *Notiziario SIBM*; 35: 35 - 51.

GIACCONE, G. SCAMMACCA, B. CINELLI, F. SARTONI, G. & FURNARI, G. (1972). Studio sulla tipologia della vegetazione sommersa del Canale di Sicilia e isole vicine. *Giorn. Bot. Ital.*, 106(4): 211-229.

GIACCONE, G. ALONGI, G. COSSU, A. DI GERONIMO, R. & SERIO, D. (1993). La vegetazione marina bentonica del Mediterraneo: I. Sopralitorale e Mesolitorale; proposte di aggiornamento. *Boll. Accad. Gioenia Sci. Nat.* 26(341): 245-291.

GIACCONE, G. ALONGI, G. PIZZUTO, F. & COSSU, A. (1994a). La vegetazione marina bentonica fotofila del Mediterraneo: II. Infralitorale e Circolitorale. Proposte di aggiornamento. *Boll. Accad. Gioenia Sci. Nat.* 27(346): 111-158.

GIACCONE, G. ALONGI, G. PIZZUTO, F. & COSSU, A. (1994b). La vegetazione marina bentonica sciafila del Mediterraneo: III. Infralitorale e Circolitorale. Proposte di aggiornamento. *Boll. Accad. Gioenia Sci. Nat.* 27(346): 201-228.

GIACCONE G. & DI MARTINO V. (1995) - Le Caulerpe in Mediterraneo: un ritorno del vecchio Bacino Tetide verso il dominio Indo-Pacifico. *Biol. Mar. Medit.*, 2 (2): 607-612.

GIACCONE G. & DI MARTINO V. (1997) - Inquadramento fitosociologico ed ecologia della vegetazione a caulerpe in Mediterraneo. *Atti del Convegno S.O.S. Caulerpa? Introduzione di nuove specie nel Mediterraneo e compatibilità con quelle presenti.* Cagliari 25 Novembre 1996: 69-86.

GIACCONE G. & DI MARTINO V. (1997) - Syntaxonomic relationship of the mediterranean phytobenthos assemblages: paleoclimatic bases and evolutive tendencies. VIIIth OPTIMA Meeting; Lagasalia 19 (1-2): 129-144

LE RENARD, J. (1983). Mise en évidence d'algueraies à *Caulerpa* par les Juliidae (Gasteropodes à 2 valves: Saccoglossa) dans l'Éocène du Bassin de Paris. *Geobios* 16(1): 39-51.

LÜNING, K. (1990). Seaweeds. ed. Wiley and Sons; New York pp. 527.

MARINO G., DI MARTINO V., GIACCONE G. (1999) - Diversità della flora marina della penisola Maddalena (Siracusa, Sicilia S.E.): cambiamento ventennale ed evoluzione. *Boll. Accad. Gioenia Sci. Nat.* 31(354): 289 - 315.

MONACO, A. BISCAYE, P. E. & POCKLINGTON, R. (1990). Particle fluxes and ecosystem response on a continental margin. *Continental Shelf Research*, 10 (9-11): 807-1156.

ROHLING, E. J. & BRYDEN, H. L. (1992). Man-induced Salinity and Temperature Increases in Western Mediterranean Deep Water. *Journal of Geophysical Research*, 97(c7): 11-198.

ROSSIGNOL-STRICK, M. (1985). Mediterranean quaternary Sapropels, an immediate response of the african monsoon to variation of insolation. *Palaeogeogr., palaeoclimatol., palaeoecol.*, 49: 237-263.

SCAMMACCA, B. GIACCONE, G. PIZZUTO, F. & ALONGI, G. (1993). La vegetazione marina di substrato duro dell'isola di Lampedusa (Isole Pelagie). *Boll. Accad. Gioenia Sci. Nat.*, 26(341): 85-126.

STANLEY, D. J. (1978). Ionian Sea Sapropel distribution and late quaternary palaeoceanography in the eastern Mediterranean. *Nature* 274: 149-152.

STANLEY, D. J. & BLANPIED, CH. (1980). Late quaternary water exchange between the eastern Mediterranean and Black Sea. *Nature*, 285: 537-541.

STANLEY, D. J. (1990). Med desert theory is drying up. *Oceanus* 33(1): 12-23.

VERLAQUE, M. (1994). Inventaire des plantes introduites en Méditerranée: origines et répercussions sur l'environnements et les activités humaines. *Oceanologica Acta*, 17(1): 1-23.

#### TABLE 1

CHECK-LIST OF SYNTAXA DESCRIBED FOR THE MARINE VEGETATION IN THE MEDITERRANEAN SUPRALITTORAL AND MIDLITTORAL ZONES

CLASS : ENTOPHYSALIDETEA Giaccone 1993.

Char. class. *Brachytrichia quojii*

ORDER : ENTOPHYSALIDETALIA DEUSTAE Ercegovic 1932.

Char. ord. *Microcoleus lyngbyaceus*

All. Entophysalidion deustae Ercegovic 1932.

Char. all. *Microcoleus lyngbyaceus*

1 Ass. Entophysalidetum deustae Berner 1931.

Char ass. *Entophysalis deusta*

*Mastigocoleum testarum*

*Calothrix crustacea*

*Verrucaria symbalana*

*Verrucaria maura*

ORDER: BANGIETALIA ATROPURPUREAE Giaccone 1993.

Char. ord. *Mesospora macrocarpa*

All. Bangion atropurpureae Giaccone 1993.

Char. all. *Mesospora macrocarpa*

2 Ass. Bangietum atropurpureae Giaccone 1993.

Char ass. *Bangia atropurpurea*

*Ulothrix flacca*

3 Ass. Porphyretum leucostictae Boudouresque 1971

Char ass. *Porphyra leucosticta*

*Scytosiphon simplicissimus*

*Polysiphonia sertularioides*

4 Ass. Nemalio-Rissoelletum verruculosae Boudouresque 1971

Char ass. *Rissoella verruculosa*

*Nemalion helminthoides*

*Audouinella nemalionis*

5 Ass. Polysiphonio-Lithophylletum papilloso Marino, Di Martino e Giaccone 1998

Char. ass.: *Lithophyllum papillosum*

*Polysiphonia opaca*

*Polysiphonia sertularioides*

ORDER: RALFSIETALIA VERRUCOSAE Giaccone 1993.

Char ord. *Ralfsia verrucosa*

*Nemoderma tingitanum*

*Gastroclonium clavatum*

*Corallina elongata*

All. *Ralfsion verrucosae* Giaccone 1993.

Char all. *Ralfsia verrucosa*

*Nemoderma tingitanum*

*Gastroclonium clavatum*

*Corallina elongata*

5 Ass. Lithophylletum byssoidis Giaccone 1993.

Char ass. *Lithophyllum byssoides**Chaetomorpha mediterranea**Chondrophyucus papillosus**Pterocladia melanoidea**Lophosiphonia cristata**Taenioma nanum*

Subass. Lithophylletosum trochanteris Marino, Di Martino, Giaccone 1998

Sp. diff.: *Lithophyllum trochanter*

6 Ass. Ceramio-Corallinetum elongatae Pignatti 1962

Char ass. *Ceramium ciliatum**Ceramium rubrum* v. *barbatum**Gelidium pusillum**Antiithamnion cruciatum**Ceramium diaphanum* v. *diaphanum* (con ris.)

7 Ass. Fucetum virsoidis Pignatti 1962

Char ass. *Fucus virsoides**Enteromorpha flexuosa**Schizothrix calcicola**Gelidium pulvinatum**Gelidium spathulatum*

8 Ass. Phymatolithetum lenormandii Giaccone 1993.

Char ass. *Phymatolithon lenormandii**Cruoriella armorica**Hildenbrandia rubra**Gymnothamnion elegans*

9 Ass. Enteromorphetum compressae (Berner 1931) Giaccone 1993

Char ass. *Enteromorpha compressa**Callithamnion granulatum**Cladophora pellucida**Blidingia minima*

## INFRALITTORAL AND CIRCALITTORAL ZONES. PHOTOPHILIC VEGETATION.

CLASS: CYSTOSEIRETEA Giaccone 1965

Char Class.: *Jania rubens**Lithophyllum incrustans**Padina pavonica**Dasycladus vermicularis**Dictyota fasciola* v. *repens**Laurencia obtusa* auct.*Acetabularia acetabulum**Pseudolithoderma adriaticum**Erythrocytis montagnei**Amphiroa rigida**Liagora viscida*

ORDER: CYSTOSEIRETALIA Molinier 1958 emend. Giaccone 1994

Char Ord.: *Jania rubens**Lithophyllum incrustans**Padina pavonica**Dasycladus vermicularis**Dictyota fasciola* v. *repens**Laurencia obtusa* auct.*Acetabularia acetabulum**Pseudolithoderma adriaticum**Erythrocytis montagnei**Amphiroa rigida**Liagora viscida*

All. Cystoseirion crinitae Molinier 1958

Char All.: *Jania rubens**Lithophyllum incrustans**Padina pavonica**Dasycladus vermicularis**Dictyota fasciola* v. *repens**Laurencia obtusa* auct.*Acetabularia acetabulum*

*Pseudolithoderma adriaticum**Erythrocytis montagnei**Amphiroa rigida**Liagora viscida*

1 Ass. Cystoseiretum strictae Molinier 1958

Char Ass.: *Cystoseira amentacea* v. *stricta**Feldmannia paradoxa*

Subass. Cystoseiretosum tamariscifoliae Giaccone 1972

Sp. diff.: *Cystoseira tamariscifolia**Mesophyllum lichenoides**Saccorhiza polyschides**Phyllariopsis brevipes**Asparagopsis armata**Schyzimonia dubyii**Desmarestia dresnay**Halurus equisetifolius*

2 Ass. Dasycladetum vermicularis Mayhoub 1976

Char Ass.: *Dasycladus vermicularis**Polysiphonia ferulacea*

3 Ass. Sargassetum vulgare Mayhoub 1976

Char Ass.: *Sargassum vulgare**S. trichocarpum*

4 Ass. Cystoseiretum crinitae Molinier 1958

Char Ass.: *Cystoseira crinita**Sphacelaria cirrosa**Stypocaulon scoparium**Cladostephus spongiosus* f. *verticillatus**Anadyomene stellata*

Subass. Alsidietosum helmintochortonis Molinier 1958

Sp. diff.: *Alsidium helmintochorton*

Subass. Cystoseiretosum compressae Molinier 1958

Sp. diff.: *Cystoseira compressa*

Subass. Stypocauletosum scoparii Boudouresque 1971

Sp. diff.: *Stypocaulon scoparium*

Subass. Halopitetosum incurvae Boudouresque 1971

Sp. diff.: *Halopitys incurva**Dipterosiphonia rigens*

Subass. Gelidietosum spinosi hystricis Marino, Di Martino e Giaccone 1998

Sp. diff.: *Gelidium spinosum* v. *hystricis*

5 Ass. Cystoseiretum barbatae Pignatti 1962

Char Ass.: *Cystoseira barbata**Halymenia floresia**Gracilaria bursa-pastoris**Hypnea musciformis**Nemastoma dichotoma**Ceramium diaphanum* v. *diaphanum**C. diaphanum* v. *strictum**C. diaphanum* v. *lophophorum**Bonnemaisonia asparagoides*

6 Ass. Trichosoletoletum myurae Mayhoub 1976

Char Ass.: *Liagora farinosa**Trichosolen myura**Hydroclathrus clathratus*

7 Ass. Herposiphonio-Corallinetum elongatae Ballesteros 1988

Char Ass.: *Herposiphonia secunda* f. *tenella**Corallina elongata*

8 Ass. Cystoseiretum sauvageauanae Giaccone 1994.

Char Ass.: *Cystoseira sauvageauana**C. schiffneri* f. *tenuiramosa**Stilophora rhizodes*

9 Ass. Chaetomorpha-Valonietum aegagropilae Giaccone 1974.

Char Ass.: *Valonia aegagropila**Chaetomorpha linum*

10 Ass. Gracilariopsitetum longissimae Giaccone 1974.

Char Ass.: *Gracilariopsis longissima*

11 Ass. Cladophoro-Rytiphloetum tinctoriae Giaccone 1994.

Char Ass.: *Cladophora echinus*

*Rytiphloea tinctoria*

12 Ass. Myrionemo-Giraudietum sphacelarioidis Van der Ben 1971

Char Ass.: *Myrionema orbiculare*

*Giraudia sphacelarioides*

*Cladosiphon cylindricus*

*C. irregularis*

*Myractula gracilis*

*Chondria mairei*

*Spermothamnion flabellatum f. bisporum*

13 Ass. Microdictyetum tenuii Giaccone & Di Martino 1995

(on Caulerpetum racemosae Giaccone & Di Martino 1995)

char. ass.: *Microdictyon tenuius*

*Champia parvula*

*Halodictyon mirabile*

*Lejolisia mediterranea*

14 Ass. Laurencietum microcladiae Giaccone & Di Martino 1995

(on Caulerpetum taxifoliae mexicanae Giaccone & Di Martino 1995)

char. ass.: *Laurencia microcladia*

*Aglaothamnion byssoides*

*Crouania attenuata*

15 Ass. Acrothamnetum preissii Di Martino & Giaccone 1997

(on Caulerpetum taxifoliae taxifoliae Di Martino & Giaccone 1997 and on

Caulerpetum proliferae Giaccone & Di Martino 1997)

char. ass.: *Acrothamnion preissii*

*Womersleyella setacea*

All. Sargassion hornsouchii Giaccone 1973

Char All.: *Sargassum hornsouchii*

*Codium bursa*

*Spatoglossum solieri*

*Zanardinia prototypus*

*Zonaria tournefortii*

13 Ass. Cystoseiretum spinosae Giaccone 1973

Char Ass.: *Cystoseira spinosa*

*C. schiffneri v. latiramosa*

*Valonia macrophysa*

*Halopteris filicina*

*Dictyota dichotoma v. intricata*

14 Ass. Cystoseiretum zosteroidis Giaccone 1973

Char Ass.: *Cystoseira zosteroides*

*Arthrocladia villosa*

*Sporochnus pedunculatus*

*Polysiphonia foeniculacea*

Subass. Laminarietosum rodriguezii Giaccone 1973

Sp. diff.: *Laminaria rodriguezii*

15 Ass. Cystoseiretum usneoidis Giaccone 1972

Char Ass.: *Cystoseira usneoides*

*Laminaria ochroleuca*

*Phyllariopsis purpurascens*

*Ulva olivascens*

*Callophyllis laciniata*

*Phyllophora heredia*

Subass. Laminarietosum ochroleucae Giaccone 1994.

Sp. diff.: *Laminaria ochroleuca*

*Lithothamnion philippi*

16 Ass. Cystoseiretum dubiae Furnari, Cormaci, Scammacca & Battiato 1977

Char Ass.: *Cystoseira dubia*

*Nitophyllum tristromaticum*

*Kallymenia patens*

ORDER: ULVETALIA Molinier 1958

Char Ord.: *Ulva laetevirens*

*Spermothamnion irregulare*

*Gymnogongrus griffithsiae*

All. Ulvion laetevirentis Berner 1931

Char All.: *Ulva laetevirens*

*Spermothamnion irregulare*

*Gymnogongrus griffithsiae*

17 Ass. Ulvetum laetevirentis Berner 1931

Char Ass.: *Enteromorpha linza**Ulva laetevirens**Pterosiphonia parasitica*

18 Ass. Pterocladello-Ulvetum laetevirentis Molinier 1958

Char Ass.: *Pterocladella capillacea**Colpomenia sinuosa**Chondracanthus acicularis**Nitophyllum punctatum*

19 Ass. Dictyopteretum polypodioidis Berner 1931

Char Ass.: *Dictyopteris polypodioides*

20 Ass. Ceramietum rubri Berner 1931

Char Ass.: *Ceramium rubrum*

21 Ass. Corallinetum officinalis Berner 1931

Char Ass.: *Corallina officinalis*

CLASS: ZOSTERETEA Pignatti 1953

Char Class.: *Zostera noltii*

ORDER: ZOSTERETALIA Bèguinot 1941

Char Ord.: *Zostera noltii*

All. Zosterion Braun-Blanquet &amp; Tüxen 1943

Char All.: *Zostera noltii*

22 Ass.: Posidonietum oceanicae Molinier 1958

Char Ass.: *Posidonia oceanica*

23 Ass. Cymodoceetum nodosae Giaccone e Pignatti 1967

Char Ass.: *Cymodocea nodosa*

24 Ass. Zosteretum marinae Pignatti 1962

Char Ass.: *Zostera marina*

25 Ass. Zosteretum noltii Pignatti 1953

Char Ass.: *Zostera noltii*

CLASS: CAULERPETEA Giaccone &amp; Di Martino 1997

Char Class.: *Caulerpa prolifera*, *Caulerpa racemosa*

ORDER CAULERPETALIA Giaccone &amp; Di Martino 1997

Char. order: *Caulerpa prolifera*, *Caulerpa racemosa*All. *Caulerpion* Giaccone & Di Martino 1997Char. all.: *Caulerpa prolifera**Caulerpa racemosa*

1 Ass. Caulerpetum racemosae Giaccone &amp; Di Martino 1995

Char Ass.: *Caulerpa racemosa*

2 Ass. Caulerpetum taxifoliae mexicanae Giaccone &amp; Di Martino 1995

Char Ass.: *Caulerpa taxifolia ecad mexicana*

3 Ass. Caulerpetum scalpelliformis Mayoub 1976 emend Giaccone &amp; Di Martino 1995

Char Ass.: *Caulerpa scalpelliformis**Schizothrix arenaria*

4 Ass. Caulerpetum taxifoliae taxifoliae Di Martino &amp; Giaccone 1997

Char Ass.: *Caulerpa taxifolia ecad taxifoliae*

5 Ass. Caulerpetum proliferae Di Martino &amp; Giaccone 1997

Char Ass.: *Caulerpa prolifera*

INFRALITTORAL AND CIRCALITTORAL ZONE. SCIAPHILIC VEGETATION.

CLASS: LITHOPHYLLETEA Giaccone 1965 emend. Giaccone 1994

Char Classe : *Lithophyllum stictaeforme**Peyssonnelia rubra**Peyssonnelia inamoena*

ORDER: RHODYMENIETALIA Boudouresque 1971 emend. Giaccone 1994

Char Ord.: *Botryocladia botryoides**Cutleria chilosa**Eupogodon planus**Mesophyllum lichenoides**Nereia filiformis**Phyllophora crispa**Valonia macrophysa*

All.: Schotterion nicaeensis Boudouresque &amp; Cinelli 1971 emend. Giaccone 1994

Car.All.: *Lomentaria clavellosa**Cruoria cruoriaeformis*

*Griffithsia flosculosa**Lomentaria articulata*

1 Ass.: Schotteretum nicaeensis Berner 1931

Char Ass.: *Gymnogongrus crenulatus**Schottera nicaeensis*

2 Ass.: Rhodymenietum ardissoni Pignatti 1962

Char Ass.: *Chondracanthus acicularis**Rhodophyllis divaricata*

3 Ass.: Pterothamnio-Compsothamnetum thuyoidis Boudouresque, Belsher &amp; Marcot-Coqueugniot 1977

Char Ass.: *Compsothamnion thuyoides**Pterothamnion crispum*.

All.: Peyssonnelion squamariae Augier &amp; Boudouresque 1975 emend. Giaccone 1994

Char All.: *Botryocladia botryoides**Cutleria chilosa**Eupogodon planus**Mesophyllum lichenoides**Nereia filiformis**Phyllophora crispa**Valonia macrophysa*

4 Ass.: Flabellio-Peyssonnelietum squamariae Molinier 1958

Char Ass.: *Flabellia petiolata**Peyssonnelia squamaria**Osmundaria volubilis*

Subass.: Osmundarietosum volubilis Serio &amp; Pizzuto 1992

Sp. diff.: *Osmundaria volubilis*

5 Ass.: Halymenietum floresiae Giaccone &amp; Pignatti 1967

Char Ass.: *Alsidium corallinum**Boergeseniella fruticulosa**Chrysimenia ventricosa**Cladophora prolifera**Halarachnion ligulatum**Halymenia floresia**Scinaia furcellata**Sphaerococcus coronopifolius**Thuretella schousboei*

6 Ass.: Rhodymenio-Codietum vermilarae Ballesteros 1989

Char Ass.: *Aglaothamnion tripinnatum**Codium vermilara**Spermothamnion flabellatum*

ORDER: LITHOPHYLLETALIA Giaccone 1965

Char Ord.: *Halimeda tuna**Peyssonnelia polymorpha**Peyssonnelia rosa-marina**Polysiphonia sanguinea**Rhodymenia pseudopalmata*

All.: Lithophyllion stictaeformis Giaccone 1965

Char All.: *Halimeda tuna**Peyssonnelia polymorpha**Peyssonnelia rosa-marina**Polysiphonia sanguinea**Rhodymenia pseudopalmata*

7 Ass.: Lithophyllo-Halimedetum tunae Giaccone 1965

Char Ass.: *Halimeda tuna**Lithophyllum stictaeforme*

8 Ass.: Rodriguezelletum strafforellii Augier &amp; Boudouresque 1975

Char Ass.: *Blastophysa rhizopus**Ceramium bertholdii**Polysiphonia subulifera**Rodriguezella pinnata**Rodriguezella strafforellii**Spermothamnion johannis**Sphacelaria plumula*

9 Ass.: Phymatholitho-Lithothamnetum corallioidis Giaccone 1965

Char Ass.: *Lithothamnion corallioides**Phymatholithon calcareum*

**TABLE 2**  
BIODIVERSITY IN THE MEDITERRANEAN SEA

	Surface	Vegetals (Macrophytobenthos)	Animals (Metazoa)
World Ocean	99,2 %	8.000	130.000
Mediterranean Sea	0,8 %	1.351 (16,2 %)	7.241 (5,5 %)

**TABLE 3**  
CHOROLOGIC SPECTRUM OF THE MARINE ORGANISMS OF THE MEDITERRANEAN

	Animals	Vegetals
Mediterranean (endemic)	28,6 %	26,6 %
Mediterranean + Atlantic	50,1 %	48,6 %
Mediterranean + Indian-Pacific	4,4 %	4,9 %
Mediterranean + Atlantic + Indian-Pacific	16,8 %	19,9 %

**TABLE 4**  
SPECIES LIVING IN THE MEDITERRANEAN AND COLLECTED DURING LAST 50 YEARS

	Western Mediterranean	Adriatic Sea	Eastern Mediterranean
Animals sp. n° 4094 / 7.241	87,1 %	48,9 %	43,1 %
Vegetals sp. n° 1.100 / 1.351	89,5 %	64,4 %	57,6 %

**TABLE 5**  
CHOROLOGIC SPECTRUM OF THE MARINE FLORA ALONG THE ITALIAN COAST

Biogeographical Groups	N° taxa	%
A (Atlantic)	13	1,44
Ab (Atlantic boreal)	181	20,00
Abt (Atlantic boreo-temperate)	39	4,30
At (Atlantic tropical)	21	2,32
AP (Atlantic-Pacific)	23	2,54
Aptf (Atlantic-Pacific temperate cold)	10	1,10
IA (Indian-Atlantic)	100	11,05
IAt (Indian-Atlantic tropical)	6	0,66
Iatf (Indian-Atlantic temperate cold)	8	0,90
IP (Indian-Pacific)	45	4,97
P (Pantropical)	28	3,09
SC (Subcosmopolite)	96	10,60
C (Cosmopolite)	91	10,05
CA (Circumastral)	1	0,11
CB (Circumboreal)	8	0,90
CBA (Circumboreoastral)	3	0,33
M (Mediterranean)	232	25,64
<b>Total taxa (only valid taxa)</b>	<b>905</b>	

**TABLE 6**  
SUPPOSED ORIGIN OF THE MARINE FLORA ALONG THE ITALIAN COAST

	N° taxa	%
Tethyan and Mesogean	202	22,3
Plio - pleistocenic	254	28,0
Cosmopolite	217	23,9
Endemic mediterranean	232	25,6

## TABLE 7

## LIST OF MEDITERRANEAN ENDEMIC SEAWEEDS

(C = Chlorophyta; R = Rhodophyta; F = Fucophyceae; CY = Cyanobacteriophyta)

- C - *Acrochaete inflata* (Ercegovic) Gallardo et al. -  
R - *Acrochaetium pallens* (Zanardini) Nägeli [T.i.] - ,  
R - *Acrodiscus vidovichii* (Meneghini) Zanardini -  
R - *Acrosymphyton purpuriferum* (J. Agardh) G. Sjöstedt -  
R - *Aeodes marginata* (Roussel) F. Schmitz  
R - *Aglaothamnion caudatum* (J. Agardh) Feldmann-Mazoyer -  
R - *Aglaothamnion tenuissimum* (Bonnemaison) Feldmann-Mazoyer v. *mazoyerae* G. Furnari, L'Hardy-Halos, Rueness et Serio -  
R - *Ahnfeltiopsis pusilla* (Montagne) P.C. Silva et DeCew -  
R - *Alsidium helminthochorton* (Schwendemann) Kützing  
R - *Antithamnion heterocladum* Funk -  
R - *Antithamnion piliferum* Cormaci et G. Furnari -  
R - *Antithamnion tenuissimum* (Hauck) Schiffner -,  
R - *Antithamnionella elegans* (Berthold) J.H. Price et D.M. John v. *decussata* Cormaci et G. Furnari  
R - *Arachnophyllum confervaceum* (Meneghini) Zanardini -  
F - *Asperococcus bullosus* J.V. Lamouroux f. *profundus* Feldmann -  
R - *Audouinella duboscqii* (Feldmann) Garbary -  
R - *Audouinella hauckii* (Schiffner) Ballesteros -  
R - *Audouinella incrassata* (Ercegovic) F. Conde Poyales -  
R - *Audouinella mediterranea* (Levring) Ballesteros -  
R - *Audouinella minutissima* (Zanardini) Garbary -  
R - *Balliella cladoderma* (Zanardini) Athanasiadis -  
R - *Boergesenella deludens* (Falkenberg) Kylin -  
C - *Bryopsisidella neglecta* (Berthold) Rietema -  
C - *Bryopsis adriatica* (J. Agardh) Frauenfeld -  
C - *Bryopsis cupressina* J.V. Lamouroux -  
C - *Bryopsis dichotoma* De Notaris -  
C - *Bryopsis feldmannii* Gallardo et G. Furnari -  
C - *Bryopsis penicillum* Meneghini -  
C - *Bryopsis secunda* J. Agardh -  
F - *Carpomitra costata* (Stackhouse) Batters v. *dichotoma* (Zanardini) Feldmann -  
R - *Ceramium bertholdii* Funk  
R - *Ceramium ciliatum* (J. Ellis) Ducluzeau v. *robustum* (J. Agardh) Feldmann-Mazoyer  
R - *Ceramium echionotum* J. Agardh v. *mediterraneum* G. Mazoyer -  
R - *Ceramium gaditanum* (Clemente) Cremades v. *mediterraneum* (Debray) Cremades -  
R - *Ceramium giacconeae* Cormaci et G. Furnari -  
R - *Ceramium graecum* Lazaridou et Boudouresque -  
R - *Ceramium inconspicuum* Zanardini -  
R - *Ceramium rubrum auctorum* v. *implexo-contortum* Solier -  
R - *Ceramium rubrum auctorum* v. *tenuis* C. Agardh -  
C - *Chaetomorpha mediterranea* (Kützing) Kützing v. *crispa* (Feldmann) Gallardo et al. -  
F - *Chilionema hispanicum* (Sauvageau) R.L. Fletcher -  
R - *Chondria boryana* (J. Agardh) De Toni -  
R - *Chondria mairei* Feldmann-Mazoyer -  
R - *Chondrymenia lobata* (Meneghini) Zanardini -  
F - *Choristocarpus tenellus* Zanardini -  
R - *Chylocladia pelagosae* Ercegovic -  
R - *Chylocladia pygmaea* (Funk) Kylin -  
R - *Chylocladia verticillata* (Lightfoot) Bliding v. *kaliformis-unistratosa* (Ercegovic) Cormaci et G. Furnari  
R - *Chylocladia verticillata* (Lightfoot) Bliding v. *kaliformis-unistratosa* (Ercegovic) Cormaci et G. Furnari f. *breviarticulata* (Ercegovic) Cormaci et G. Furnari -  
F - *Cladosiphon cylindricus* (Sauvageau) Kylin -  
F - *Cladosiphon irregularis* (Sauvageau) Kylin -  
F - *Cladosiphon mediterraneus* Kützing -  
F - *Climacosorus mediterraneus* Sauvageau -  
C - *Codium coralloides* (Kützing) P.C. Silva -  
R - *Contarinia peyssonneliaeformis* Zanardini  
R - *Contarinia squamariae* (Meneghini) Denizot -  
R - *Corallophila cinnabarina* (Grateloup ex Bory) R.E. Norris  
R - *Cordylecladia guiryi* Gargiulo, G. Furnari et Cormaci -  
F - *Corynophlaea flaccida* (C. Agardh) Kützing -  
F - *Corynophlaea hamelii* Feldmann -  
F - *Corynophlaea umbellata* (C. Agardh) Kützing -  
R - *Crouania attenuata* (C. Agardh) J. Agardh f. *bispora* (P. et H. Crouan) Hauck -  
R - *Cryptonemia tunaeformis* (A. Bertoloni) Zanardini -  
F - *Cutleria chilosa* (Falkenberg) P.C. Silva -  
F - *Cystoseira algeriensis* J. Feldmann -  
F - *Cystoseira amentacea* (C. Agardh) Bory v. *amentacea* -  
F - *Cystoseira amentacea* (C. Agardh) Bory v. *spicata* (Ercegovic) Giaccone -  
F - *Cystoseira amentacea* (C. Agardh) Bory v. *stricta* Montagne -  
F - *Cystoseira barbata* (Stackhouse) C. Agardh [v. *barbata*] f. *aurantia* (Kützing) Giaccone -  
F - *Cystoseira barbata* (Stackhouse) C. Agardh [v. *barbata*] f. *insularum* Ercegovic -  
F - *Cystoseira barbata* (Stackhouse) C. Agardh v. *tophuloidea* (Ercegovic) Giaccone -  
F - *Cystoseira barbatula* Kützing emend. Cormaci, G. Furnari et Giaccone -  
F - *Cystoseira brachycarpa* J. Agardh emend. Giaccone v. *brachycarpa* -  
F - *Cystoseira brachycarpa* J. Agardh emend. Giaccone v. *claudiae* (Giaccone) Giaccone -  
F - *Cystoseira compressa* (Esper) Gerloff et Nizamuddin f. *plana* (Ercegovic) Cormaci et al. -

- F - *Cystoseira compressa* (Esper) Gerloff et Nizamuddin f. *rosetta* (Ercegovic) Cormaci et al. -
- F - *Cystoseira crinita* Duby -
- F - *Cystoseira crinitophylla* Ercegovic -
- F - *Cystoseira dubia* Valiante -
- F - *Cystoseira elegans* Sauvageau -
- F - *Cystoseira funkii* Schiffner ex Gerloff et Nizamuddin - [T.I.]
- F - *Cystoseira hybrida* Giaccone -
- F - *Cystoseira jabukae* Ercegovic -
- F - *Cystoseira mediterranea* Sauvageau v. *mediterranea* -
- F - *Cystoseira mediterranea* Sauvageau v. *valiantei* Sauvageau -
- F - *Cystoseira pelagosae* Ercegovic -
- F - *Cystoseira sauvageauana* Hamel -
- F - *Cystoseira schiffneri* Hamel f. *latiramosa* (Ercegovic) Giaccone -
- F - *Cystoseira schiffneri* Hamel f. *schiffneri* -
- F - *Cystoseira schiffneri* Hamel f. *tenuiramosa* (Ercegovic) Giaccone -
- F - *Cystoseira sedoides* (Desfontaines) C. Agardh -
- F - *Cystoseira spinosa* Sauvageau v. *compressa* (Ercegovic) Cormaci et al. -
- F - *Cystoseira spinosa* Sauvageau v. *spinosa* -
- F - *Cystoseira spinosa* Sauvageau v. *tenuior* (Ercegovic) Cormaci et al. -
- F - *Cystoseira squarrosa* De Notaris -
- F - *Cystoseira susanensis* Nizamuddin -
- C - *Derbesia attenuata* Funk [N.i.] [T.i.] -
- C - *Derbesia corallicola* Funk -
- F - *Dictyota mediterranea* (Schiffner) G. Furnari -
- C - *Didymosporangium repens* Lambert -
- R - *Dohrniella neapolitana* Funk
- F - *Ectocarpus siliculosus* (Dillwyn) Lyngbye v. *adriaticus* (Ercegovic) Cormaci et G. Furnari -
- F - *Ectocarpus siliculosus* (Dillwyn) Lyngbye v. *subulatus* (Kützing) Gallardo -
- F - *Ectocarpus siliculosus* (Dillwyn) Lyngbye v. *venetus* (Kützing) Gallardo -
- F - *Ectocarpus tenellus* (Kützing) Zanardini [T.i.] -
- C - *Enteromorpha adriatica* Bliding -
- C - *Enteromorpha aragoensis* Bliding -
- C - *Enteromorpha jugoslavica* Bliding -
- C - *Enteromorpha stipitata* P.J.L. Dangeard v. *linzoides* Bliding -
- C - *Entocladia endolithica* (Ercegovic) R. Nielsen -
- C - *Entocladia major* (Feldmann) R. Nielsen -
- R - *Erythrocytis montagnei* (Derbès et Solier) P.C. Silva -
- R - *Erythrogloussum balearicum* (Rodriguez) J. Agardh -
- R - *Erythrotrichia rosea* P.J. L. Dangeard -
- R - *Eupogodon penicillatus* (Zanardini) P.C. Silva -
- F - *Feldmannia battersiides* (Ercegovic) Cormaci et G. Furnari -
- R - *Feldmannophycus rayssiae* (Feldmann et Feldmann-Mazoyer) H. Augier et Boudouresque -
- F - *Fucus virsoides* J. Agardh -
- R - *Gelidiella nigrescens* (Feldmann) Feldmann et Hamel
- R - *Gelidiocolax cristianae* Feldmann et Feldmann-Mazoyer -
- R - *Gelidium spinosum* (S.G. Gmelin) P.C. Silva v. *hystrix* (J. Agardh) G. Furnari -
- R - *Gloiocladia furcata* (C. Agardh) J. Agardh -
- R - *Gracilaria corallicola* Zanardini -
- R - *Gracilaria dendroides* Gargiulo, De Masi et Tripodi -
- R - *Gracilaria heteroclada* (Montagne) Feldmann et Feldmann-Mazoyer -
- R - *Gracilaria longa* Gargiulo, De Masi et Tripodi -
- R - *Grateloupia cosentinii* Kützing -
- R - *Grateloupia proteus* Kützing
- R - *Gulsonia nodulosa* (Ercegovic) Feldmann et Feldmann-Mazoyer -
- R - *Halosia elisae* Cormaci et G. Furnari -
- R - *Halymenia asymmetrica* Gargiulo, De Masi & Tripodi -
- R - *Halymenia floresia* (Clemente) C. Agardh v. *ulvoidea* Codomier -
- F - *Hapalospongidion macrocarpum* (Feldmann) M.J. Wynne -
- F - *Hincksia dalmatica* (Ercegovic) Cormaci et G. Furnari -
- F - *Hincksia hauckii* (Ercegovic) Cormaci et G. Furnari -
- R - *Hypnea furnariana* Cormaci, Alongi et Dinaro -
- R - *Kallymenia lacerata* Feldmann -
- R - *Kallymenia patens* (J. Agardh) P.G. Parkinson -
- R - *Kallymenia spathulata* (J. Agardh) P.G. Parkinson -
- F - *Kuetzingiella battersii* (Bornet ex Sauvageau) Kornmann v. *mediterranea* (Sauvageau) Gomez et Ribera -
- F - *Laminaria rodriguezii* Bornet -
- R - *Laurencia minuta* Vandermeulen, Garbary et Guiry ssp. *scammaccae* G. Furnari et Cormaci -
- F - *Leathesia mucosa* Feldmann v. *condensata* Feldmann -
- F - *Leathesia mucosa* Feldmann v. *mucosa* -
- F - *Leptonematella neapolitana* (Schussnig) Cormaci et G. Furnari -
- R - *Lithophyllum trochanter* (Bory) H. Huvé ex Woelkerling.] -
- R - *Lithothamnion minervae* Basso -
- R - *Lithothamnion valens* Foslie -
- R - *Lomentaria articulata* (Hudson) Lyngbye v. *linearis* Zanardini -
- R - *Lomentaria chylocladiella* Funk -
- R - *Lomentaria clavaeformis* Ercegovic -
- R - *Lomentaria compressa* (Kützing) Kylin -
- R - *Lomentaria ercegovicii* Verlaque, Boudouresque, Meinesz, Giraud, Marcot-Coqueugniot
- R - *Lomentaria firma* (J. Agardh) Kylin f. *compressa* Ercegovic -
- R - *Lomentaria jabukae* Ercegovic

R - *Lomentaria verticillata* Funk -  
 R - *Mesophyllum macroblastum* (Foslie) W.H. Adey -  
 R - *Metapeyssonnelia feldmannii* Boudouresque, Coppejans et Marcot -  
 R - *Monosporus pedicellatus* (J.E. Smith) Solier v. *tenuis* (Feldmann-Mazoyer) Huisman et Kraft -  
 F - *Myriactula elongata* (Sauvageau) Hamel -  
 F - *Myriactula gracilis* Ben van der -  
 F - *Myriactula rigida* (Sauvageau) Hamel -  
 R - *Myriogramme distromatica* Boudouresque [N.i.] [i.s.] -  
 F - *Myriotrichia adriatica* Hauck -  
 F - *Nemacystus flexuosus* (C. Agardh) Kylin v. *giraudyi* («*giraudii*») (J. Agardh) De Jong -  
 R - *Nemastoma dichotomum* J. Agardh -  
 R - *Neurocaulon foliosum* (Meneghini) Zanardini -  
 R - *Nitophyllum albidum* Ardissonne -  
 R - *Nitophyllum flabellatum* Ercegovic -  
 R - *Nitophyllum micropunctatum* Funk -  
 R - *Nitophyllum tristromaticum* Rodriguez ex Mazza [i.s.] -  
 R - *Osmundea pelagiensis* G. Furnari -  
 R - *Osmundea pelagosae* (Schiffner) Nam -  
 R - *Osmundea verlaquei* G. Furnari -  
 C - *Pedobesia solieri* Feldmann ex Abélard et Knoepffler -  
 R - *Peyssonnelia bornetii* Boudouresque et Denizot -  
 R - *Peyssonnelia coriacea* Feldmann -  
 R - *Peyssonnelia crispata* Boudouresque et Denizot -  
 R - *Peyssonnelia magna* Ercegovic -  
 R - *Peyssonnelia rara-avis* Marcot et Boudouresque -  
 R - *Peyssonnelia rosa-marina* Boudouresque et Denizot -  
 R - *Peyssonnelia squamaria* (S.G. Gmelin) Decaisne -  
 R - *Peyssonnelia stoechas* Boudouresque et Denizot -  
 F - *Phaeostroma bertholdii* Kuckuck -  
 R - *Polysiphonia arachnoidea* (C. Agardh) Zanardini -  
 R - *Polysiphonia atra* Zanardini -  
 R - *Polysiphonia banyulensis* Coppejans -  
 R - *Polysiphonia breviararticulata* (C. Agardh) Zanardini -  
 R - *Polysiphonia cladorhiza* Ardissonne -  
 R - *Polysiphonia derbesii* Solier ex Kützing -  
 R - *Polysiphonia deusta* (Roth) Sprengel -  
 R - *Polysiphonia dichotoma* Kützing -  
 R - *Polysiphonia flexella* (C. Agardh) J. Agardh -  
 R - *Polysiphonia mottei* Lauret -  
 R - *Polysiphonia ornata* J. Agardh -  
 R - *Polysiphonia perforans* Cormaci, G. Furnari, Pizzuto et Serio -

R - *Polysiphonia polyspora* (C. Agardh) Montagne -  
 R - *Polysiphonia tripinnata* J. Agardh -  
 A - *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile -  
 R - *Predaea ollivieri* Feldmann -  
 R - *Predaea pusilla* (Berthold) Feldmann -  
 F - *Protasperococcus myriotrichiiformis* Sauvageau -  
 C - *Pseudochlorodesmis tenuis* Ercegovic -  
 R - *Pseudocrouania ischiana* Funk -  
 F - *Pseudolithoderma adriaticum* (Hauck) Verlaque -  
 R - *Ptilocladopsis horrida* Berthold -  
 R - *Radicilingua adriatica* (Kylin) Papenfuss -  
 R - *Rhodochaete parvula* Thuret -  
 R - *Rhodophyllis strafforelloii* («*strafforellii*») Ardissonne -  
 R - *Rhodymenia ligulata* Zanardini -  
 R - *Rissoella verruculosa* (A. Bertoloni) J. Agardh -  
 R - *Rodriguezella bornetii* (Rodriguez) F. Schmitz -  
 R - *Rodriguezella ligulata* Feldmann [N.n.] -  
 R - *Rodriguezella pinnata* (Kützing) F. Schmitz ex Falkenberg -  
 R - *Rodriguezella strafforelloii* («*strafforerllii*») F. Schmitz ex Rodriguez -  
 F - *Sargassum hornschurchii* C. Agardh -  
 F - *Sargassum trichocarpum* J. Agardh -  
 CY - *Shizothrix codiiformis* (Giaccone) Giaccone -  
 R - *Sebdenia dichotoma* Berthold -  
 R - *Sebdenia monardiana* (Montagne) Berthold -  
 R - *Sebdenia rodrigueziana* (Feldmann) P.G. Parkinson -  
 R - *Seirospora apiculata* (Meneghini) Feldmann-Mazoyer -  
 R - *Seirospora giraudyi* (Kützing) De Toni -  
 R - *Seirospora sphaerospora* Feldmann -  
 C - *Siphonocladus pusillus* (C. Agardh ex Kützing) Hauck -  
 R - *Spermothamnion flabellatum* Bornet f. *flabellatum* -  
 R - *Spermothamnion flabellatum* Bornet f. *disporum* Feldmann-Mazoyer -  
 R - *Spermothamnion johannis* Feldmann-Mazoyer -  
 F - *Sphacella subtilissima* Reinke -  
 F - *Stictyosiphon adriaticus* Kützing -  
 F - *Streblonemopsis irritans* Valiante -  
 F - *Taonia atomaria* (Woodward) J. Agardh f. *ciliata* (C. Agardh) Nizamuddin -  
 F - *Taonia lacheana* Cormaci, G. Furnari et Pizzuto -  
 R - *Tenarea tortuosa* (Esper) Me. Lemoine -  
 C - *Trichosolen myura* (J. Agardh) W.R. Taylor -  
 C - *Ulva neapolitana* Bliding -  
 F - *Zosterocarpus oedogonium* (Meneghini) Bornet -

**PRESENTED POSTER PAPERS**  
**ARTICLES DE POSTERS PRESENTES**

ALAOUI KASMI M.C. &amp; NAJIM L.

Université Mohammed V, Faculté des Sciences - B.P. 1014, Département de Botanique, U.E.R. d'Algologie, Rabat - Maroc.

## LE MACROPHYTOBENTHOS MARIN DU MAROC MENACE PAR L'ACTIVITE HUMAINE

**RESUME :** La flore algale constituant le macrophytobenthos marin Atlantique et Méditerranéen du Maroc est relativement riche. Trois cent quatre vingt dix espèces sont répertoriées; dans tous les relevés, les Rhodophyceae sont dominantes en nombre, suivies des Phaeophyceae et des Chlorophyceae. Au niveau de certaines zones côtières, la flore algale est sérieusement menacée par la dégradation due à l'activité humaine.

**MOTS CLES :** Macrophytobenthos, activité humaine, dégradation

## MARINE MACROPHYTOBENTHOS OF MOROCCO THREATENED BY HUMAN ACTIVITY

**ABSTRACT :** Algal flora that constitutes the marine macrophytobenthos of Atlantic and Mediterranean of Morocco is relatively rich. Three hundred and ninety species are indexed. In all survey, the Rhodophyceae are dominant followed by Phaeophyceae and Chlorophyceae. At the level of certain coastal zones, the algal flora is seriously threatened by the human activity.

**KEY-WORDS :** Macrophytobenthos, human activity, degradation

### INTRODUCTION

Le Maroc est un pays Nord africain qui présente deux façades maritimes (Atlantique et Méditerranéenne) qui s'étendent sur 3400 km. Il présente une flore algale assez riche.

L'étude des répartitions verticale et horizontale ainsi que l'évolution de la flore algale benthique au niveau des côtes Atlantique et Méditerranéenne, durant plus d'une quinzaine d'années, ont révélé au cours de ces dernières années, que bon nombre d'espèces d'algues sont menacées à un degré plus au moins important par la dégradation due à l'activité humaine (procédures de récolte anarchiques, surexploitation industrielle, pollution urbaine, rejets d'éléments chimiques néfastes pour la faune et la flore par des unités industrielles, travaux de construction de nouveaux ports, nettoyage de soutes de pétroliers (phénomène important en mer Méditerranée et qui prend aussi de l'ampleur dans l'Océan Atlantique) ...).

Cette dégradation de la flore est particulièrement frappante au niveau de certaines localités sur la côte Atlantique où sont localisées les plus grandes villes et les plus importantes unités d'industrie chimique et d'exploitation de certaines espèces telles que *Gelidium sesquipedale*, *Gelidium pulchellum* et *Pterocladia capillacea*.

### MATERIEL ET METHODES

La réalisation de ce document est basée sur des travaux effectués par notre laboratoire depuis 1984, aussi bien sur la côte Atlantique (ALAOUI, 1984; OUAHI, 1987; KAZZAZ, 1989; BERDAY, 1989; OUAHI, 1993; BENHISSOUNE, 1995 ; NAJIM et ALAOUI, 1999) que Méditerranéenne (KAZZAZ, 1989) et des observations personnelles lors des excursions effectuées avec les étudiants aux différentes zones des deux façades maritimes depuis 1983 jusqu'à nos jours. A titre comparatif, des travaux plus anciens ont été consultés (DANGEARD, 1949 ; GAYRAL, 1958 -1961), et WERNER, 1962.

### DISCUSSION

Dans certaines zones côtières où sont localisés des complexes importants d'industrie chimique il y a une dégradation accrue de la biodiversité du macrophytobenthos, telle qu'à Jorf-Lasfar (à 25 km au sud d'El Jadida) où est installé un complexe de production d'acide phosphorique, il y a élimination quasi-totale de la végétation sur une zone de 5 km de part et d'autre du site des effluents. Les Entéromorphes, bien développées dans cette zone constituent l'unique espèce algale, indiquant une pollution certaine, causée par les effluents très acides et riches en phosphore. Des mesures du pH dans cette zone (BERDAY, 1989) ont donné des valeurs de l'ordre de 2, 3 à 5 ; cette acidité élevée de l'eau de mer constitue un danger pour la faune et la flore marines. On sait qu'un pH inférieur à 5 est létale pour le poisson (VIVIER, 1954); chez les algues un pH acide inhibe la germination des zygotes (OGAW, 1983).

De même le phosphate rejeté par les eaux de refroidissement du complexe augmente considérablement la turbidité de l'eau de mer et une fois décanté, il forme une couche plus ou moins épaisse de boue qui couvre le substrat.

Au niveau d'autres zones l'activité humaine est marquée par les travaux de construction de nouveaux ports qui conduisent à l'élimination totale de la flore. On peut citer le cas du port de Mehdiya (à 30 km au Nord de Rabat), où, les récents travaux au niveau du port ont conduit à l'élimination de *Fucus vesiculosus*.

Au niveau d'autres sites tels qu'à El Jadida (à 200 Km au sud de Rabat), Essaouira (à 400 Km au sud de Rabat), Larache (180 Km au Nord de Rabat), on a constaté un appauvrissement important de la biomasse de l'espèce agarophyte *Gelidium sesquipedale*, espèce d'une grande importance économique pour l'industrie des algues au Maroc, cette espèce est utilisée soit pour l'extraction de l'agar-agar soit pour l'exportation (algue brute). La surexploitation (trois unités d'exploitation) de cette algue et les procédés anarchiques de sa récolte ainsi que le non respect de la période de récolte sont responsables de la chute considérable de sa biomasse au cours de ces dernières années.

D'autres espèces telles que *Laminaria ochroleuca*, *Sacchoriza bulbosa*, *Bifurcaria tuberculata*, *Ulva fasciata*, *Pterocladia capillacea*, *Sargassum vulgare* et *Porphyra umbilicalis*, espèces constituant une richesse potentielle pour l'industrie des algues (pharmacie, médecine, industrie des alginates, fertilisation des sols,...) sont également en voie de dégradation au niveau de nombreuses localités.

Autant, les problèmes de la végétation marine au niveau de l'océan Atlantique sont énormes autant en Méditerranée ils sont particuliers. En Méditerranée, en dehors de la pollution d'une manière générale, on assiste progressivement à une modification de la diversité biologique avec l'envahissement de certains secteurs par la *Caulerpa taxifolia*. Bien que cette dernière, semble pour le moment, éviter les côtes méditerranéennes marocaines; probablement grâce aux courants marins Atlantico-Méditerranéen.

### CONCLUSION

L'impact néfaste de l'activité humaine sur la flore algale des côtes marocaines est certain. Des mesures nécessaires et urgentes doivent être prises pour la sauvegarde de la biomasse et de la biodiversité du macrophytobenthos marocain, parmi ces mesures on peut citer:

- La sensibilisation des acteurs socio-économiques sur la valeur des zones maritimes et la nécessité de les préserver.

- La réglementation et la rationalisation de l'exploitation de certaines espèces à grand intérêt économique.
- La surveillance continue pour faire respecter la période de récolte de certaines espèces.
- La formation des ramasseurs aux procédés convenables pour la récolte d'algues.
- Le pré traitement des effluents émanants de complexes industriels et urbains.
- La création de centres spécialisés dans la recherche sur la phycologie marine.

## BIBLIOGRAPHIE

- ALAOUI KASMI M.C. (1984)- Etude de quelques éléments minéraux chez certaines agarophytes du genre *Gelidium*. Mém. C.E.A. Fac. Sc. Rabat
- BENHISSOUNE S.- Contribution à l'étude phyto-écologique du phytobenthos marin la région Rabat-Mohammedia (Atlantique marocain). Thèse de 3ème cycle. Fac. Sc. Rabat.
- BERDAY N. (1989)- Contribution à l'étude du phytobenthos de la zone littorale de la région d'El Jadida. Thèse de 3ème cycle. Fac. Sc. Rabat.
- DANGEAD P. (1949)- Les algues marines de la côte occidentale du Maroc. Le Botaniste, série 34: 89-189.
- GAYRAL P. (1958)- Algues de la côte atlantique marocaine. La Nature du Maroc II. Casablanca. 523p.
- GAYRAL P. (1961)- Liste commentée des algues marines nouvelles pour le Maroc. Bull. Soc. Sc. Nat. Phys. du Maroc, 41: 1-17.
- KAZAZ M. (1989)- Contribution à l'étude de la flore algale de la région ouest de la Méditerranée. Thèse de 3ème cycle. Fac. Sc. Rabat.
- NAJIM L., ALAOUI KASMI M.C. (1999)- Le Phytobenthos marin marocain de l'atlantique à la méditerranée et le *Caulerpa taxifolia*. Actes de l'atelier sur les espèces *Caulerpa* invasives en Méditerranée. Heraklion, Crète, 18-20 mars 1998.
- OGAW H. (1983)- Development in Hydrobiology. Eleventh International Seaweed Symposium, 19-25: 390-400.
- OUAHI M. (1987)- Contribution à l'étude de la végétation algale marine de la zone de Mohammedia. Mém. C.E.A. Fac. Sc. Rabat.
- OUAHI M. (1993)- Contribution à l'étude biologique, systématique, phénologique et écologique du *Gelidocolax verruculata* sp. nov., parasite des Gelidiaceae du littoral marocain. Thèse de 3ème cycle. Fac. Sc. Rabat.
- VIVIER H. (1953)- Influence du pH d'une eau résiduaire sur la faune piscicole. L'eau, N° 9: 129-136.
- WERNER R.G. (1962)- Essai d'une étude de la répartition des cryptogames marines et maritimes du Maroc. Bull. Soc. Sc. Nat. Phys. du Maroc, 42: 1-34 Boris ANTOLIC\*, Ante ZULJEVIC\*, Vlado ONO

ANTOLIC B.\*, ZULJEVIC A.\*, ONOFRI V.\*\* and SMIRCIC A.\*\*\*

\*Institute of Oceanography and Fisheries, Laboratory for Benthos

Set. I. Mestrovica 63, 21000 Split, Croatia; antolic@jadran.izor.hr zuljevic@jadran.izor.hr

\*\*Institute of Oceanography and Fisheries, Laboratory of Ecology and Marine organism breeding, D. Jude 12, 20000 Dubrovnik, Croatia; onofri@labdu.izor.hr

\*\*\*Hydrographic Institute of the Republic of Croatia, Zrinsko-Frankopanska 161, 21000 Split, Croatia; dbi-oco@dbi.tel.hr

## CHARACTERISTICS OF THE CAULERPA PROLIFERA (FORSSKÅL) LAMOUROUX ON THE ROCKY VERTICAL BOTTOM

### ABSTRACT

The species *Caulerpa prolifera* (Forsskål) Lamouroux (Caulerpales, Chlorophyta) is a rare species for the Adriatic Sea especially in the Croatian part. The new record on the Lokrum Island is specific due to habitat where the alga has developed (vertical rocky bottom with strong hydrodynamics). *C. prolifera* grows between 5 and 12 m depth as an epiphyte on the algae which form vegetation typical for the sciaphilic, vertical bottom.

**KEY WORDS:** Macroalgae, *C. prolifera*, vertical rocky bottom

### INTRODUCTION

The genus *Caulerpa* comprises about 72 species (Calvert & Dowes, 1976); in the Mediterranean Sea there are eight taxa (Gallardo et al., 1993). For the Adriatic Sea only two species (Span et al., 1998) are known: *C. prolifera* and *C. taxifolia*. Indigenous Mediterranean species *C. prolifera* is widely distributed offshore Mediterranean (Gallardo et al., 1993) forming different colonies in size and density. Contrary to the other part of the Mediterranean, on the East Adriatic coast this species is quite rare. Until now only 4 locations in Croatian part of the Adriatic Sea are known (Giaccone, 1978; Span et al., 1998). Here we are reporting a new record of *C. prolifera* colonies found on the south west side of the Lokrum Island. Beside a new record, this colony is interesting due to specific habitat (vertical and rocky bottom with strong hydro dynamics) where the algae is placed, unique for the Adriatic and probably for the whole Mediterranean Sea.

### MATERIAL AND METHODS

One-day investigation of *Caulerpa prolifera* colony on the Island of Lokrum (42° 37' N, 18° 7' E) (Dubrovnik Town area, South Adriatic) (Figure 1) was made in the middle of June 2000. The colony was mapped, and phytobenthic samples was collected on the transect from 0 till 15 m depth. Collected samples were preserved in 4% formaldehyde seawater.

### RESULTS AND DISCUSSION

#### Localities

*Caulerpa prolifera* is a species quite rare on the East part of the Adriatic Sea. Until today in the Croatian part of the Adriatic Sea it was found on only 4 locations: Rovinj (Giaccone, 1978), Luka Dubrovacka Bay, Skrivena Luka Bay and Stari Grad Bay (Span et al., 1998). A new record on the Lokrum Island is the fifth known location of the species. The abiotic factors of the location are different then on the other known sites.

The previous, quite extended investigation of the benthic flora (Lerman et al., 1981) and benthic communities (Pozar-Domac et al., 1989; Belamarić and Serman, 1989) of the Lokrum Island, did not register presence of this alga offshore the island. The alga was recorded for a first time in 1990 by one of us.

### Habitat

The previous known locations in the Croatian part of the Adriatic Sea with the species *Caulerpa prolifera* are the bays and protected coves. The bottoms are almost horizontal (the slope is less than 10°) covered with sandy, sandy-muddy or rocky-sandy sediments (Span et al., 1998). The new record of the *C. prolifera* on the south-west side of the Lokrum Island is specific for this species. The rocky bottom follows a vertical shore cliff (15-20 m height) with almost vertical slope till 12-15 m depth (Figure 2).

Due to exposition to an open sea and winds from south and west direction, a hydro dynamics caused by wind waves on the location is significant. In the area of the Lokrum Island it is possible to find episodes with very strong sea state. Very developed waves may occur in autumn and winter seasons as a result of strong cyclonic activity over the Adriatic Sea (maximum recorded wave height was 9.40m) (Smirčić et al., 1998). A developed sea state can occur in the second half of August, as a result of more frequent summer mesoscale thunderstorms (wind directions W and SW), characteristic for that period.

In the Mediterranean this algae groves usually on the sandy and sandy-muddy bottoms while the location with rocky bottom are rare. The locations are protected, as are harbours and lagoon or the locations without stronger waves (Meinesz, 1973; Terrados and Ros, 1995). The slope of these locations are usually small and it is significantly different than the slope on the Lokrum Island (almost 90°).

### Depth distribution

On the East Adriatic Sea *Caulerpa prolifera* was noted on the depth from 0.5 till 10m maximum (Span et al., 1998). On the Lokrum Island the species groves between 5 and 12m depth. We have to emphasise that the slope of the bottom for the previous records are small and the light conditions in those cases are more favourable than for the vertical bottom on the Lokrum Island at the same depth. Even the seawater is more transparent on the Lokrum Island, the vertical slope of the bottom probably significantly reduce the light intensity. On the other location in the Mediterranean Sea the algae was noted on relatively shallow bottom; on the France coast between 0.5 and 8m depth (Meinesz, 1973), or maximum 4m in Spain (Terrados and Ros, 1995).

### Temperature

During our investigation, the seawater temperature was 21°C from the surface up to 15m. According to accessible temperature data for the years 1973/74 and 1996/97, the seawater temperature is lowest during winter period when the surface temperature oscillates between 12 and 13°C, even the temperature can drop under 12°C. During summer, the thermocline is formed on around 15m depth. That could be the reason why the alga does not grow deeper than 12m. The maximum seawater temperatures are between 24 and 25°C.

On the location with *C. prolifera* in France the seawater temperature varied between 14 and 24°C (Meinesz, 1973) and between 10.7 - 12.5 and 29.5°C for the Mar Menor lagoon in Spain (Terrados and Ros, 1995).

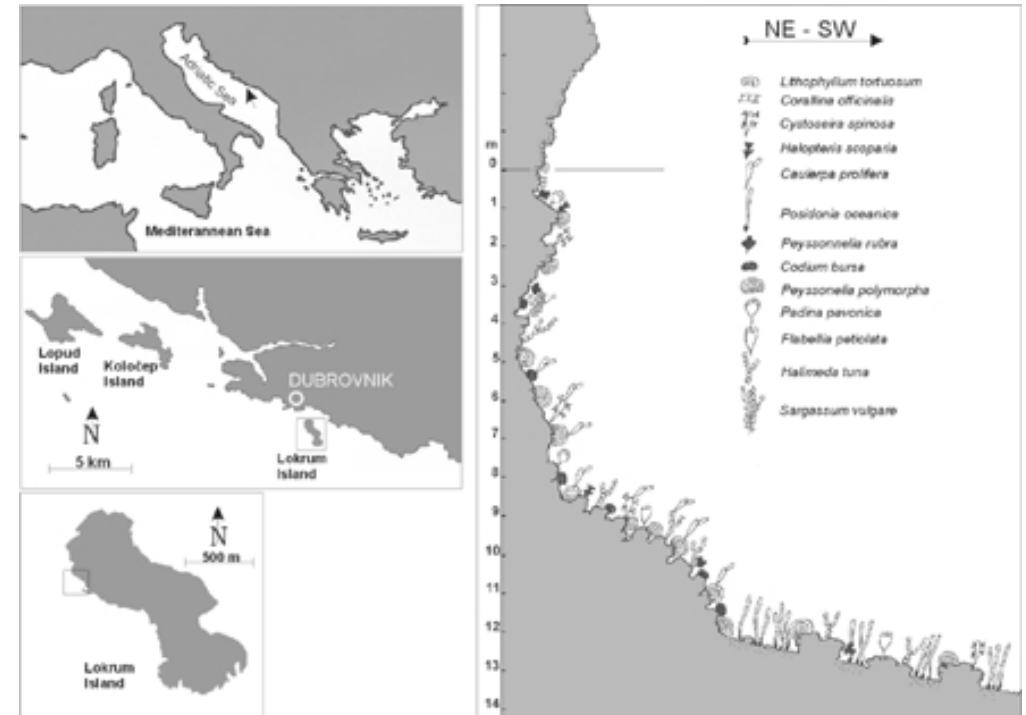


Fig. 1. The position of the Lokrum Island and the study site

Fig. 2. Schematic chart of the investigated transect on the SW side of the Lokrum Island.

### Vegetation – the structure

On the previously known location in the Adriatic Sea the predominant species of the benthic vegetation with *Caulerpa prolifera* are *Cymodocea nodosa*, *Rytiphloea tinctoria*, *Gracilaria verrucosa*, *Padina pavonica*, *Cystoseira adriatica* and *C. schifneri* (Span et al., 1998). On the S-W side of the Lokrum Island, between surface and 12 (15) m depth, developed vegetation of the benthic algae covers 100% of the rocky, vertical bottom. Deeper than 12 (15) m there is a sandy bottom with well-developed meadow of *Posidonia oceanica*. A different dense colony of the *Caulerpa prolifera* is placed between 5 and 12 m depth, covering in total around 300 m<sup>2</sup> on a 60m of a coastline. *C. prolifera* groves as an epiphyte on a different taxa of the benthic algae. The predominant algae typical for the vertical and sciaphilic habitat are: *Peyssonella polymorpha*, *Peyssonella rubra*, *Codium bursa*, *Flabellia petiolata*, *Halimeda tuna* and *Zanardinia prototypus*. Also a few specimens of the photophilic algae are found: *Amphiroa rigida*, *Padina pavonica*, *Halopteris scoparia* and *Cystoseira spinosa* (Figure 2).

On a location with *Caulerpa prolifera* in the Mediterranean, mostly on the sandy bottom, a predominant species is *Cymodocea nodosa*. Beside that seagrass, the important species could be a seagrass *Zostera noltii* and the algae: *Caulerpa ollivieri*, *Dasycladus vermicularis*, *Padina pavonica*, *Flabellia petiolata* and *Dictyopteris membranacea*.

## CONCLUSION

The location of *Caulerpa prolifera* on the Island of Lokrum is unique for the Adriatic and probably also for the Mediterranean Sea. The location is unique because the alga is developed on the vertical rocky bottom exposed to the strong hydrodynamics. *C. prolifera* grows as epiphyte on the algae which formed vegetation typical for the sciaphilic, vertical rocky bottom with reduced light intensity.

## REFERENCES

- BELAMARIC J. & SERMAN D. (1989) - Ekoloska studija podmorja Lokruma. – Ecological study of Lokrum underwater communities. - Hrvatsko ekolosko drustvo, Ekoloske monografije, 1, Otok Lokrum: 361-411.
- CALVERT H. E. & DOWES C. J. (1976) - Phylogenetic relationships of *Caulerpa* (Chlorophyta) based on comparative chloroplast ultrastructure. *J. Phycol.*, 12: 149-162.
- GALLARDO T., GÓMEZ GARRETA A., RIBERA M. A., CORMACI M., FURNARI G., GIACCONE G. & BOUDOURESQUE C. F. (1993) - Checklist of Mediterranean Seaweeds. II. Chlorophyceae Wille s. l. *Bot.Marina*, 36: 399-421.
- GIACCONE, G. (1978) - Revisione della Flora Marina del Mare Adriatico. WWF & Ann. Parco Mar. Miramare (Trieste), 6: 1-118.
- MEINESZ, A. (1972) - Répartition de *Caulerpa prolifera* (Forsskål) Lamouroux sur les côtes continentales Françaises de la Méditerranée. *Tethys*, 4 (4): 843-858.
- SMIRCIC A, LEDER N., VILIBIC I. (1998) – Surface Waves in the Southern Adriatic area. *Int. Symph. Water Management and Hydraulic Engineering*, (1): 461-471.
- SERMAN D., SPAN A., PAVLETIC Z. & ANTOLIC B. (1981) - Phytobenthos of Island Lokrum. *Acta Bot. Croat.*, 40: 167-182.
- SPAN A., POZAR-DOMAC A., ANTOLIC B. & BELAMARIC J. (1989) - Bentos litoralnog područja otoka Lokruma, juzni Jadran. - Benthos of the littoral area of the Island Lokrum. - Hrvatsko ekolosko drustvo, Ekoloske monografije, 1, Otok Lokrum: 329-360.
- SPAN A., ANTOLIC B. & ZULJEVIC A. (1998) - The genus *Caulerpa* (Caulerpales, Chlorophyta) in Adriatic Sea. *Rapp.Comm.int.Mer Médit.*, 35 (2): 584-585.
- TERRADOS J. & ROS J. (1995) - Temporal variation of the biomass and structure of *Caulerpa prolifera* (Forsskål) Lamouroux meadows in the Mar Menor lagoon (SE Spain). *Scient. Mar.*, 59 (1): 49-56.

ARGYROU Marina, Marine Biology and Ecology Section, Department of Fisheries and Marine Research, Ministry of Agriculture, Natural Resources and Environment, 13 Aeolou Str., 1416 Nicosia, CYPRUS.

## THE «CLADOPHORA» PHENOMENON IN THE COASTAL WATERS OF CYPRUS

### ABSTRACT

The seasonal and spatial variability of rocky intertidal phytobenthic communities, with a particular emphasis on the green macroalga *Cladophora* spp., were examined in Liopetri Bay, Cyprus, along with changes in nutrient inputs from a fish-hatchery. Increased nutrient inputs, and particularly nitrates, in the effluents of the hatchery resulted in significant changes in the composition and density of intertidal rocky phyto-communities and particularly, in the stimulation of the overgrowth of the macroalgae *Ulva* spp. and *Cladophora* spp. in the adjacent area of the hatchery. *Cladophora* spp. then expanded in the Bay most likely by wind-driven currents and waves, while it continued its proliferation presumably by other nutrient sources such as the discharge of the nitrates-rich groundwater horizon, domestic effluents and the open sea fish cages. Based on the data on the situation of *Cladophora* spp. along the broader coastline of Cyprus, it seemed that *Cladophora* spp. appears every year in «normal» growth around most of the coasts of Cyprus; in the presence of excess nutrient inputs combined with high temperatures it causes eutrophication events.

### KEY-WORDS

Macroalgae, fish-hatchery, nutrients, *Cladophora* spp., Liopetri Bay (Cyprus)

### INTRODUCTION

Over recent years, there have been considerable ecological changes in the coastal waters of Cyprus, including the pronounced proliferation of ephemeral macroalgae such as *Ulva* spp., *Enteromorpha* spp. and *Cladophora* spp. The *Cladophora* species found in Cyprus waters has been identified as *C. patentiramea* (?) (Boudouresque and Verlaque, pers. com., 1991), a Red Sea migrant and as *C. vagabunda* (L.) (van den Hoek, pers. com., 1999). Since taxonomic identification of this genus is very complex and difficult (Dodds and Gudder, 1992), for the purpose of this study it is reported as *Cladophora* spp.. The macroalgae, *Ulva* spp. and *Enteromorpha* spp., were observed to be growing in a constrained area in the immediate of a nutrient source (e.g., fish farms) (Hadjichristophorou, 1990), while growths of the filamentous alga *Cladophora* spp. created nuisance blooms during the period 1990-1991, that resulted in mass aggregates of free-floating filaments along the coastline of Cyprus and, particularly, in the embayments of Liopetri Bay and the touristic beaches of Ayia Napa (Hadjichristophorou 1990). The massive growth of *Cladophora* spp. was attributed to the increased nutrient inputs and, particularly, to the excess nitrates pulses from the seepage of the coastal groundwater horizon (Baird and Muir, 1990), combined with the complex interactions of other synergistic factors such as increases of water temperature, mild weather conditions, appropriate substrate etc. (Hadjichristophorou, 1990).

In the present paper, we attempt to determine the main triggering mechanisms governing the *Cladophora* spp. proliferation along the Cyprus coastline and, in particular, in the shallow

embayments of Liopetri Bay. For this purpose, we provide data on the ecological changes of rocky intertidal phyto-communities in relation to nutrient inputs from the Telia Fish-Hatchery, in the Liopetri Bay as well as data on the situation of *Cladophora* spp. along the broader coast-line of Cyprus.

## RESULTS & DISCUSSION

Seasonal variations in effluents discharge from the fish hatchery to the coastal waters of Liopetri Bay contributed significantly to the spatial and temporal distribution and composition of macroalgae. Increases of nutrient inputs and particularly nitrates (Fig. 1), in the Liopetri Bay, at the vicinity of the hatchery, enhanced primary production with the most prominent effect on fast-growing macroalgae. While the phytal system of the rocky intertidal zone of the Bay mainly consisted of the brown macroalga beds of *Cystoseira* combined with the Red macroalgae, *Laurencia obtusa* and *L. papillosa*, the phytal system at the outfall site of the hatchery is primarily dominated, throughout the year, by the ephemeral macroalga *Ulva* and the red alga *Hypnea musciformis*. The most significant change in macroalgae composition occurred in May 1998, in March and June 1999 during an algal bloom of the *Cladophora* spp (Fig. 3).. This macroalga was firstly observed in abundance as an epiphyte on *Cystoseira* at the coastal area between the fish hatchery and the Potamos, when the nutrient pulses from the hatchery were very high and the N/P ratio was significantly higher than the Redfield ratio (Fig.1, 2). In a short period of time, *Cladophora* spp. extended easterly to the Liopetri Bay reaching dense populations, while, mass aggregates of its floating fragments were drifted by wind-driven currents and accumulated at the adjacent touristic beaches of Ayia Napa creating nuisance problems. Based on our observations, *Cladophora* spp. presumably detached from its original substrate by the waves, drifted by the currents until it became attached to the new substrate and/or accumulated in loose mats, while it continued to be photosynthetically active since there were other nutrient sources such as domestic effluents. Similar observations of this passive mechanism of *Cladophora* were reported by Dodds and Gudder (1992). In addition to this, the reproduction and propagation mechanisms of this alga contributed significantly to its expansion and colonization on new areas.

The enhanced nutrient content of the hatchery's effluents, and of nitrates in particular, is to a large degree due to the fact that the water supply for the hatchery needs is obtained through pumping from the adjacent boreholes, which are connected to the local aquifer, which is overloaded with nutrients (Charalambides, Geol. Dept., pers. com.). An analysis of the water inflow from the boreholes of the hatchery in June 1998, showed a salinity range from 33.8 to 37.1 ‰ and significant high nitrate concentrations, from 600 to 3500 mg L<sup>-1</sup> (data not shown). It is evident from the above that some quantities of fresh water are obtained from the aquifer, which has high nitrates content. However, the hatchery needs to avoid this practice in order to reduce significantly the nutrient content in its effluents by pumping directly nutrient-poor seawater. Furthermore, a pre-fattening (fry-production) procedure was being carried out in the hatchery, resulting in increase concentrations of nutrient inputs in its effluents.

Based on the N/P ratios in the Liopetri Bay, it appeared that macroalgae most of the time were limited by nitrogen except at the vicinity of the hatchery during May 1997, February and May 1998, March and June 1999, which were limited by phosphorus (Fig.2). The wide range of

N/P ratios ( $1.73 \pm 0.06$  to  $131.7 \pm 5.2$ ) (Fig.2) was primarily due to marked changes in dissolved inorganic nitrogen (DIN) species (NO<sub>3</sub>--NO<sub>2</sub>-), although there were significant increases in phosphate concentrations in the vicinity of the hatchery throughout the year (Fig.1). However, when the N/P ratio observed to be greater than 50 (February and May 1998, March and June 1999), *Cladophora* spp. was found in densities in the area causing eutrophication problems. Moreover, N/P ratios in the coastal waters of Liopetri Bay (except in May 1997, February and May 1998, March and June 1999) were considerably lower than those found in the open East Mediterranean Sea which was shown to be phosphorus-limited system (Krom et al., 1991). These differences may indicate preferential uptake of nitrogen, primarily by the ephemeral macroalgae (i.e., *Ulva* and *Cladophora*). In fact, a recent study by Valiela et al. (1997) have shown that *Cladophora* can be extremely productive by absorbing and storing large amounts of nitrogen.

While nutrients are considered the primary factor for the *Cladophora* spp. blooming, the interactions with other environmental factors, such as temperature and light, are likely to be also important in the enhancement of their utilization (Dodds and Gudder, 1992). In fact, responses to temperature were used to describe the seasonal fluctuations of freshwater *Cladophora* (Muller, 1983), and thermal effluents have been shown to be related to increased biomass (Squires et al., 1979). There are also cases where high temperatures may cause summer die-offs in freshwater systems but this depends on the growth responses of a particular species to temperature (Dodds and Gudder, 1992). In the Liopetri bay, higher temperatures were observed between May and June for the years 1997 and 1998 and these were likely to accelerate the assimilation of nutrients by *Cladophora* spp. and its subsequent growth. However, in the case of Liopetri Bay, excess nutrient inputs combined with high temperatures may have stimulated the overgrowth of *Cladophora* spp. in the area. Although water temperature rose for all the coastal waters of Cyprus, no *Cladophora* spp. blooming was observed, except in Liopetri Bay, due to the absence of excess nutrient inputs.

While effluent inputs from the hatchery impacted a confined area at the vicinity of the farm, other nutrient sources may be significantly contributed with their inputs to the proliferative growth of *Cladophora* spp.. Significant components of the nutrient sources in the area are the discharge of the nutrient-rich groundwater horizon and fertilizers run-off from the extensive agricultural land found in the area. Fertilizers run-off for the past two years was not expected to be significant, since the last years' rainfall was at its minimum and flooding events did not occur. On the other hand, nutrient content of the boreholes along the coastline of Liopetri showed significant concentrations of nitrates (Charalambides, Geol. Dept., pers. com.), which in turn, may seep to the bay and subsequently, fuel the expansion of *Cladophora* spp.. In 1990, there was an apparent seepage of the N-rich groundwater to the Bay, which was largely related to the *Cladophora* spp. bloom (Baird and Muir, 1990). Although the groundwater seepage is considered one of the most important nutrient sources in the area, the degree of impact for the past two years remains uncertain and needs to be investigated, since, the groundwater level presumably is lower than in previous years due to the last two years prevailed dryness. Furthermore, the potential impact from the domestic effluents and the fish cages into the coastal waters of the Bay needs also to be investigated.

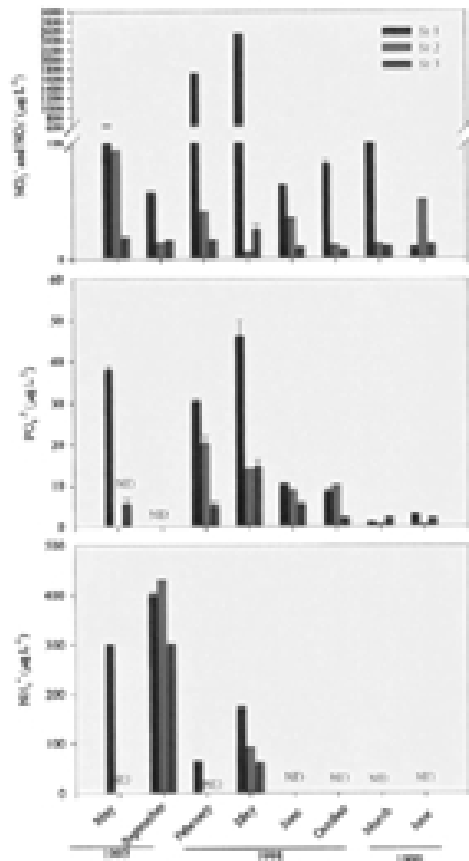


Figure 1. Nutrient ( $\text{NO}_3\text{-NO}_2$ ,  $\text{PO}_4$ ,  $\text{NH}_4$ ) concentrations ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ) from the three stations in Liopetri Bay, sampled from May 1997 - June 1999. (ND = Not Detected)

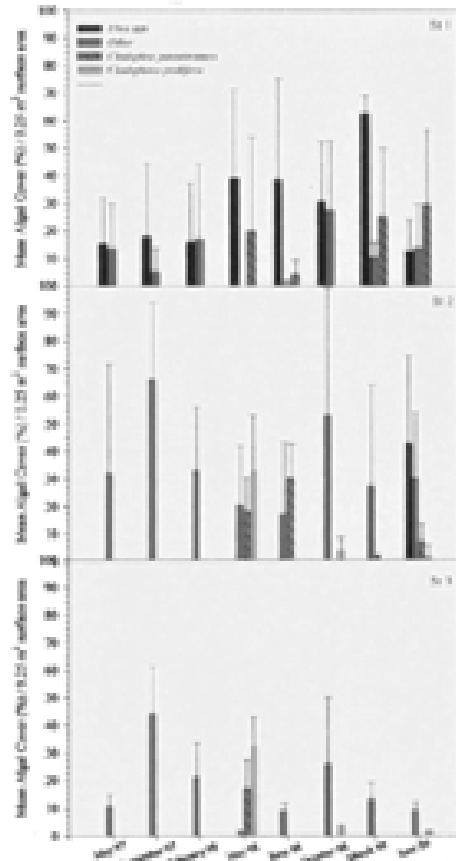


Figure 3. Percentage (%) mean algal cover per  $0.25 \text{ m}^2$  surface area from the three stations in Liopetri Bay, sampled from May 1997 - June 1999.

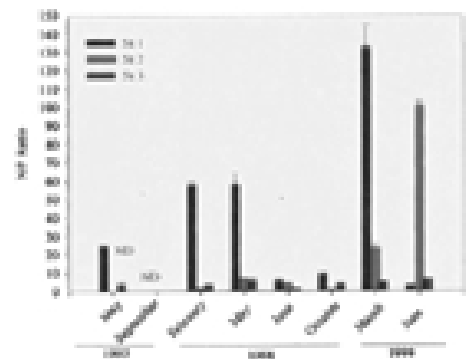


Figure 2. Nitrogen/Phosphorus (N/P) ratio from the three stations in Liopetri Bay, sampled from May 1997 - June 1999. (ND = No Data)

## CONCLUSIONS

On the basis of this study the conclusions are:

1. Enhanced nutrient inputs and particularly nitrates, stimulated the nuisance growth of *Cladophora* spp. at the vicinity of the hatchery, and then extended in the Bay predominantly by the wind-driven currents.
2. *Cladophora* spp. continued proliferation in the Liopetri Bay may be fuelled by the cumulative nutrient inputs from the different sources found in the area, among those the groundwater horizon seepage, domestic effluents and the open sea fish-cages.
3. The potential impact from the groundwater seepage, domestic effluents and the open sea fish-cages to the Bay needs to be investigated.
4. *Cladophora* spp. after its introduction/appearance to the marine environment of Cyprus has become a part of the ecosystem and therefore, every year occurred in «normal» densities along most of the coasts of Cyprus.
5. In the presence of excess nutrient inputs and the interaction with other environmental factors *Cladophora* spp. can reach nuisance blooms.

## REFERENCES

- BAIRD D. J., MUIR J. (1990) - The environmental impact of the Telia Aqua Marine fish farm on the coastal environment at Liopetri in Cyprus. A report for the Department of Fisheries of the Cyprus Government under the auspices of the United Nations Development Programme (Cyprus Office): 44 PP.
- DODDS W. K., GUDDER D. A. (1992) - Review: the Ecology of *Cladophora*. *J. Phycol.* 28: 415-427.
- HADJICHRISTOPHOOU, M. (1990) - Study on the impact of the Telia Aqua Marine fish farm on the ecology of the coastal area of Liopetri. Fisheries Department Report, Ministry of Agriculture, Natural Resources and Environment: 55 PP.
- KROM M. D., KRESS N., BRENNER S. (1991) - Phosphorus limitation of primary productivity in the eastern Mediterranean Sea. *Limnol. Oceanogr.*, 36: 424-432.
- MULLER C. (1983) - Uptake and accumulation of some nutrient elements in relation to the biomass of an epilithic community. In: Wetzel R. G. (ed.) *Periphyton of Freshwater Ecosystems*. Dr. W. Junk, The Hague: 147-151.
- SQUIRES L. E., RUSHFORTH S. R., BROTHERTON J. D. (1979) - Algal response to a thermal effluent: study of a power station on the Provo River, Utah, USA. *Hydrobiologia (Buchar.)* 63: 17-32.
- VALIELA I., McCLELLAND J., HAUXWELL J., BEHR P. J., HERSH D., FOREMAN K. (1997) - Macroalgal blooms in shallow estuaries: Controls and ecophysiological and ecosystem consequences. *Limnol. Oceanogr.*, 42: 1105-1118.

BABBINI Lorenza &amp; BRESSAN Guido

Dipartimento di Biologia, Università di Trieste, via Licio Giorgieri 10, 34127 Trieste, Italy.

## CORALLINALES OF THE MEDITERRANEAN SEA: PRESENT KNOWLEDGE AND FUTURE PERSPECTIVES.

**ABSTRACT:** The knowledge of the algal biodiversity (s.l.) of the Mediterranean eco-system especially if we consider a certain number of Corallinales and the related populations should be considered as threatened so to be safeguarded from pollution (s.l.). Therefore, a census of the taxa of Corallinales was conducted from all the bio-geographical areas of the Mediterranean Sea. 86 species were checked: 33 species have been considered as species dubiae aut rariter inventae (i.e. species rarely recorded) and 3 species inquirendae (i.e. species that have to be taxonomically re-examined). This study has highlighted that the phytogeographical distribution of the Corallinales in the Mediterranean Sea does not appear to be uniform, not only as a result of a real absence of these species but also because of a lack of researches. Such a gap of knowledge is particularly evident in different areas of the Western Mediterranean Sea. So, this may be the right opportunity to create a monitoring network both in terms of the presence/absence and of the abundance of the Corallinales particularly along the less studied coasts of the Mediterranean Sea.

**KEY-WORDS:** Corallinales, Mediterranean Sea, inventory, taxonomy, biogeography.

### INTRODUCTION

The Corallinales of the Mediterranean Sea, although poorly studied, play a major role in the ecological system of this area. It is worth mentioning how their presence, in terms of bathymetric distribution, range from the upper littoral zone to the greatest depths compatible with the vegetal life. Moreover they are also a significant building element of several bioconstructions recorded in different biogeographical areas of the Mediterranean such as the «encorbellements» of Lithophyllum lichenoides Philippi or of Tenarea tortuosa (Esper) Lemoine and the trottoir of Vermetidae.

The aim of this work is to verify the current knowledge of the distribution of the Corallinales in the Mediterranean Sea.

### MATERIAL AND METHODS

A census of the taxa of Corallinales was conducted: from an analysis of specific literature been published since 1837 (8043 records drew on 473 entries) from all the bio-geographical areas of the Mediterranean Sea; from direct collection by means of scuba diving and from specimen exchanges.

### RESULTS

86 species were identified (assigned to 21 genera and 7 subfamilies) distributed in different areas (Babbini & Bressan, 1997) (see Tab. 1, Tab. 2).

**Tab.1** – Floristic list of articulated Corallinales

<i>Genus</i>	<i>species</i>	<i>dubiae aut rariter inventae</i>
Amphiroa	beauvoisii	
cryptarthrodia		
fragilissima		
rigida		
Corallina	elongata	gracilis
officinalis	muscoides	pinnatifolia
Haliptilon	attenuata	
squamatum		
Haliptilon	virgata	
Jania	adhaerens	longiarthra
	longifurca	
	rubens	

**Tab 2** – Floristic list of non-articulated Corallinales

<b>genus</b>	<b>species</b>	<b>dubiae aut rariter inventae</b>
Boreolithon	van-heurckii	
Choreonema	thuretii	
Lithophyllum	decussatum	absimile
	dentatum	ercegovicii
	fasciculatum	frutescens
	incrustans	gypsaceum
	lichenoides	imbricatum
	racemus	investiens
	(duckeri)	leve
		lithophylloides
		papillosum
		polycarpum
		setchellii
		tarentinum
		vickersiae
Lithophyllum (Pseudolithoph.)	frondosum	
	lobatum	
	orbiculatum	
Titanoderma	byssoides	
	corallinae	
	cystoseirae	

	mediterranea	
	pustulatum	
<b>Lithophyllum</b>	disciforme	
<b>(Goniolithon)</b>	rubrum	
Tenarea	tortuosa	
Hydrolithon	boreale	<b>F. ischitana (i)</b>
	cruciatum	
	farinosum	
Neogoniolithon	brassica-florida	
	mamillosum	
Pneophyllum	confervicola	
	fragile	
	caulerpae	
Spongites	fruticulosus	hauckii
		ramulosa
	corallioides	australe
Lithothamnion	crispatum	elegans
	philippii	granii
	sonderi	granulatum
	tenuissimum	<b>minervae</b>
	valens	propontidis
		validum
Melobesia	membranacea	melobesioides
		polycarpa
Mesophyllum	lichenoides	
	macroblastum	
Phymatolithon	calcareum	
	lenormandii	
Sporolithon	ptychoides	molle
<b>Leptophytum</b>	bornetii	

Of the 86 species, 33 species have been considered as species dubiae aut rariter inventae (i.e. species rarely recorded) and 3 species inquirendae (i.e. species that have to be taxonomically re-examined).

## DISCUSSION AND CONCLUSIONS

This study has highlighted that the phyto-geographical distribution of the Corallinales in the Mediterranean Sea does not appear to be uniform, not only as a result of a real absence of these species but also (and maybe mainly?) because of a lack of researches. Such a gap of knowledge is particularly evident in different areas of the Western Mediterranean (see i.e. Figure 1). In fact, the best-studied sites are often those with the presence along their coasts of laboratory or marine biology centres (i.e. Sicily, Port Cros, Cataluña), or those particularly pleasant (i.e. islands) also from a touristy point of view.

The importance of some «species», «varieties» or «forms» of high biogeographical specificity for their exclusive presence only in western and eastern basins or in some of the Mediterranean sectors, has also been evidenced. A clear example of a species at high biogeographical value is *Tenarea tortuosa* typical of the warmer area of the eastern Mediterranean Sea and of the southern Adriatic Sea.

Moreover, there are also characteristic transition areas such as: the Alboran Sea, the South Adriatic Sea and the southern part of the East Mediterranean Sea.

The chorological spectrum of the Corallinales is mainly formed by atlantic, cosmopolitan, circumboreal and indopacific species. Variations in the distribution of the frequency of presence of Atlantic, Cosmopolitan and especially Mediterranean Corallinales in contiguous biogeographical areas appear continuous: in particular, Mediterranean species seem to be concentrated in the western Mediterranean and in the southern sector of the eastern Mediterranean which represent, therefore, a floristic «core» of the Corallinales.

From a taxonomical point of view the status of different species needs to be clarified. In recent years some progress have been made in the definition of various generic concepts such as that, for example, of *Lithophyllum*, *Lithothamnion* or *Spongites* (Woelkerling 1983a,b; 1985) but there is a constant lack of information on the taxonomical status regarding Mediterranean species.

The small number of researches may influence in a negative way the knowledge of the algal biodiversity (s.l.) of the Mediterranean ecosystem especially if we consider that, on the basis of specific literature (Boudouresque, et al. 1990), a certain number of Corallinales and the related populations should be considered as threatened so to be safeguarded from pollution (s.l.).

For this reason our future purpose is, once gained more information on the distribution and on taxonomical characters, to prepare an identification key of the Mediterranean species. This is particularly important if we consider that the Corallinales are a systematic order whose taxonomical nomenclature has often been too complex and dubious (Johansen 1981, Woelkerling 1988).

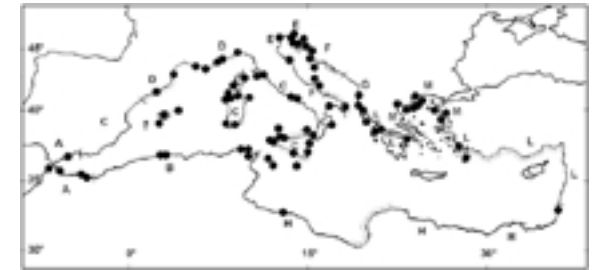


Figure. 1 - Distribution of *Corallina officinalis* in the Mediterranean Sea.

In conclusion, this may be the right opportunity to create a monitoring network both in terms of the presence/absence and of the abundance of the Corallinales particularly along the less studied coasts of the Mediterranean Sea.

## REFERENCES

- BABBINI L., BRESSAN G. (1997) - Recensement de Corallinacées de la Mer Méditerranée et considérations phytogéographiques. *Bibliotheca Phycologica*, 103: 1-421.
- BOUDOURESQUE C.F., BALLESTEROS E., BEN MAIZ N., BOISSET F., BOULADIER E., CINELLI F., CIRIK S., CORMACI M., JEUDI DE GRISSAC A., LABOREL J., LANFRANCO E., LUNDBERG B., MAYHOUB H., MEINESZ A., PANAYOTIDIS P., SEMROUD R., SINNASSAMY J.M., SPAN A. & VUIGNIER G. (1990) - Livre rouge des végétaux, peuplements et paysages marins menacés de Méditerranée. PNUE-MAP Technical Report Series. 43: 1-250.
- JOHANSEN H.W. (1981) - Coralline algae. A first synthesis. CRC Press, Boca Raton, Florida. : 1-239.
- WOELKERLING W.J. (1983a) - A taxonomic reassessment of Lithothamnium (Corallinaceae, Rhodophyta) based on studies of R. A. Philippi's original collections. *Br. phycol. J.* 18: 165-197.
- WOELKERLING W.J. (1983b) - A taxonomic reassessment of Lithophyllum (Corallinaceae, Rhodophyta) based on studies of R.A. Philippi's original collections. *Br. Phycol. J.* 18: 299-328.
- WOELKERLING W.J. (1985) - A taxonomic reassessment of Spongites (Corallinaceae, Rhodophyta) based on studies of Kützing's original collections. *Br. phycol. J.* 20: 123-153.
- WOELKERLING W.J. (1988) - The coralline red algae: an analysis of the genera and subfamilies of nongeniculate Corallinaceae. Oxford Univ. Press. : 1-268.

BALATA D., PIAZZI L., CINELLI F.

Dipartimento di Scienze dell'Uomo e dell'Ambiente, Università di Pisa  
Via A. Volta 6, 56126 Pisa, Italy

## PRELIMINARY OBSERVATIONS OF THE EFFECTS OF SPREAD OF THE INTRODUCED ALGAE CAULERPA TAXIFOLIA AND C. RACEMOSA ON A TURF-DOMINATED MACROALGAL ASSEMBLAGE IN NORTH-WESTERN MEDITERRANEAN

### ABSTRACT

*Caulerpa taxifolia* and *Caulerpa racemosa* are tropical green algae that once introduced in the Mediterranean Sea, invaded different habitats and interfered with native seaweeds and seagrasses. Since 1996 the two algae came into contact along the Tuscan coast near Livorno. The present study has been carried out to evaluate the effects of spread of the two species on the macroalgal assemblage. A significant decrease of turf cover in the areas where the two *Caulerpaceae* were present was observed. The two introduced green algae seem to have considerable effects on the original macroalgal community.

**KEY-WORDS:** *Caulerpa taxifolia*, *Caulerpa racemosa*, invasions, macroalgal assemblages.

### INTRODUCTION

Biological invasions play an important role in decreasing biodiversity and in modifying natural marine vegetation communities (Walker and Kendrick, 1998). In the Mediterranean Sea the tropical green algae *Caulerpa taxifolia* (Vahl) C. Agardh and *Caulerpa racemosa* (Forsskål) J. Agardh exhibited particular invasive traits (Meinesz et al 1993, Verlaque et al 2000). Their strong competitive ability, linked to high growth rate and persistence of population, led them to interfere with macroalgal (Verlaque and Frytaire 1994, Piazzini et al 2000) and seagrass (Devillele and Verlaque 1995, Ceccherelli et al 2000) native communities. The two *Caulerpaceae* came into contact for the first time in the Mediterranean Sea along the rocky shore South Livorno (Italy). The aim of the present work is to compare the effects linked to *C. racemosa* and *C. taxifolia* colonization on the structure of a turf-dominated benthic macroalgal community. To achieve this aim the structure of macroalgal assemblage was studied in invaded and control areas using algal species and functional groups as descriptors.

### MATERIAL AND METHODS

This study was carried out at 10 meters depth on the rocky shore South Leghorn (43°28'24" N and 10°19'42" E). In this zone *Caulerpa taxifolia* was recorded for the first time in 1992 while *C. racemosa* was found in 1996.

In November 1999, six areas were randomly chosen inside the studied zone: two colonized by *C. racemosa*, two colonized by *C. taxifolia* and two control areas without the two *Caulerpaceae*. To obtain similar periods of invasion, sampling areas were chosen among zones free from the two *Caulerpaceae* at the start of previous vegetative season (June 1999). In each area, two surfaces of 400 cm<sup>2</sup> were randomly chosen and sampled by total scraping. Samples were preserved in 4% formalin seawater and observed under microscope to determine macroalgal species and to estimate cover of each species. Cover was expressed as the per-

centage of surface covered in vertical projection by the species. Community structure was described by vegetation layers (turf, encrusting layer and erect layer) and by macroalgal functional groups: filamentous, corticated terete, articulated calcareous and crustose (Steneck and Dethier, 1994).

Similarity in species composition and abundance among samples were analysed by calculation of Bray-Curtis similarity coefficients after double square transformation of data. For graphical representation of the data, a two dimensional non-metric multidimensional scaling (MDS) ordination was performed.

For each sample, the following variables were also calculated: species number, total percent cover, Shannon-Weaver index and species number of each functional group. Data were analysed using two-way ANOVAs with the presence of Caulerpaceae (*C. racemosa* vs. *C. taxifolia* vs. controls) treated as fixed factor, while area as random. Homogeneity of variances was evaluated by Cochran's test. SNK test was used to compare levels of significant factors.

**RESULTS**

A total of 77 macroalgal species were identified: 10 Chlorophyta, 8 Fucophyceae and 59 Rhodophyta. In control areas, turf showed a percent cover of 62.7±12.4 (mean ± ES, n=4) and was dominated by *Womersleyella setacea*. *Halimeda tuna* and *Flabellia petiolata* were the most abundant species of the erect layer (percent cover of 41.83±7.84). The encrusting layer (percent cover 9.42±3.35) was characterized by encrusting *Corallinaceae* and *Peyssonnelia* spp.

In invaded areas percent cover of *Caulerpa racemosa* and *C. taxifolia* were 88.5 ± 3.1 and 100 ± 0 respectively. Percent cover of erect layer (21.4±4.9 and 28.3±6.9 in *C. racemosa* and *C. taxifolia* areas respectively) and turf (34.9±15.3 and 49.9±13.9 in *C. racemosa* and *C. taxifolia* areas respectively) decreased compared to controls.

MDS analysis showed three distinct groups: control areas, areas colonized by *C. racemosa* and areas colonized by *C. taxifolia*. Control areas appeared more separated from the other groups (fig. 1).

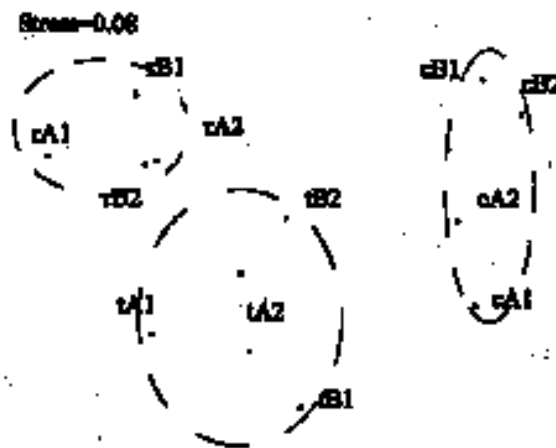


Fig. 1 MDS ordination model of the station points, with Bray-Curtis cluster superimposed. r = *Caulerpa racemosa* areas, t = *Caulerpa taxifolia* areas, c = Control areas. The letters A and B refer to the two different areas, the numbers to the replicates.

Values of species number and total percent cover of invaded and control areas are reported in tab. 1.

**Tab.1** Shannon-Weaver index (H'), total percent cover (R%) and species number (N) in invaded and control areas (mean±ES, n=4).

	H'	R%	N
<i>C. racemosa</i>	1.85±0.08	97.67±29.11	39.75±2.78
<i>C. taxifolia</i>	1.43±0.04	107.77±17.43	29.25±2.78
Controls	1.49±0.03	171.05±21.15	22.67±0.85

ANOVA didn't show significant differences in percent cover, while species number was higher in *C. racemosa* areas compared to *C. taxifolia* and control areas (F=17.49, p=0.022). Species number of each functional group is reported in tab. 2.

**Tab. 2** Species number of functional groups in invaded and control areas (mean±ES, n=4): a= articulate, c= crustose, ct= corticated terete, fi= filamentous, fo=foliose.

	a	c	ct	fi	fo
<i>C. racemosa</i>	4.5±0.3	2.0±0.0	10.8±1.9	17.0±1.2	5.5±0.9
<i>C. taxifolia</i>	3.7±0.6	3.2±0.2	6.2±1.1	11.8±2.3	4.2±0.5
Controls	3.2±0.5	2.0±0.4	4.2±0.2	9.0±1.2	4.0±0.4

A significant increase in number was detected for filamentous species in *C. racemosa* and *C. taxifolia* vs. control areas (F=158.6, p=0.001).

**DISCUSSION**

Effects of the two *Caulerpaceae* on macroalgal assemblage were similar. Studies carried out in areas where the presence of *Womersleyella setacea* is less abundant showed that *C. racemosa* colonisation rapidly cause the decrease in number of species and in total cover (Piazzi et al., 2000). The introduction of *C. taxifolia* and *C. racemosa* in the study area led to peculiar results as the macroalgal community was already altered by the *W. setacea* presence (Airoldi et al., 1995). In the present investigation a higher number of species were found in the areas invaded by the *Caulerpaceae*, although the erect stratum tended to diminish. Turf cover decreased in relation with the decrease of *W. setacea*, however turf species increased. We can assume that in the first phase, both the presence of *C. racemosa* and of *C. taxifolia* caused a reduction of *W. setacea* that seems to positively affect the development of turf species mainly consisting in filamentous algae. In the first phase of colonisation the competition between the two *Caulerpaceae* and *W. setacea* seems positively affect biodiversity but the decrease of erect species in invaded assemblages suggests a subsequent decrease of community structure complexity. More researches are required to evaluate the evolution of competition between *W. setacea*, *C. taxifolia* and *C. racemosa* and their effects on the algal assemblages.

## REFERENCES

- AIROLDI L., RINDI F., CINELLI F. (1995) - Structure, seasonal dynamics and reproductive phenology of a filamentous turf assemblage on a sediment influenced, rocky subtidal shore. *Bot. Mar.* 38:227-237.
- CECCHERELLI G., PIAZZI L., CINELLI F. (2000) - Response of the non-indigenous *Caulerpa racemosa* (Forsskål) J. Agardh to the native seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile: effect of density of shoots and orientation of edges of meadows. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 243:227-240.
- DEVILLÈ X., VERLAQUE M. (1995) - Changes and degradation in a *Posidonia oceanica* bed invaded by the introduced tropical alga *Caulerpa taxifolia* in the north western Mediterranean, *Bot. Mar.* 38 (1995) 79-87.
- MEINESZ A., DE VAUGELAS J., HESSE B., MARI X. (1993) - Spread of the introduced tropical green alga *Caulerpa taxifolia* in northern Mediterranean waters, *J. Appl. Phycol.* 5 (1993) 141-147.
- PIAZZI L., CECCHERELLI G., CINELLI F. (2000) - Threat to macroalgal diversity: effects of the introduced green alga *Caulerpa racemosa* in the Mediterranean, *Mar. Ecol. Prog. Ser.* In press.
- VERLAQUE M., FRITAYRE P. (1994) - Modifications des communautés algales méditerranéennes en présence de l'algue envahissante *Caulerpa taxifolia* (Vahl) C. Agardh. *Oceanologica Acta* 17: 659-672.
- VERLAQUE M., BOUDOURESQUE C.F., MEINESZ A., GRAVEZ V. (2000) - The *Caulerpa racemosa* complex (*Caulerpales*, *Ulvophyceae*) in the Mediterranean Sea. *Bot. Mar.* 43: 49-68.
- WALKER D.I., KENDRICK G.A. (1998) - Threats to macroalgal diversity: marine habitat destruction and fragmentation, pollution and introduced species. *Bot. Mar.* 41:105-112.

BELSHER T., Ifremer/Centre de Brest, BP 70, 29280 Plouzané cedex, France

HOULGATTE E., Bureau de Géologie, 7 rue de Lyon, 29200 Brest, France

## CARTOGRAPHIE DU PARC NATIONAL SOUS-MARIN DE PORT-CROS TECHNIQUES D'ETUDE

### RESUME

Un document de gestion a été demandé à l'Ifremer par le Ministère français de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (MATE). Les données nécessaires ont été acquises par sonar latéral, vidéo-tractée, plongées et prélèvements par bennes.

**MOTS-CLES :** Cartographie, espèces invasives, *Caulerpa taxifolia*, vidéo sous-marine, mosaïque.

### INTRODUCTION

Le domaine marin du Parc national de Port Cros voit apparaître depuis plusieurs années, des taches de *Caulerpa taxifolia*, principalement dans la zone de mouillage autorisé, la baie de port Man. Des signalisations nouvelles, profondes, affectent la face est de l'île. Ainsi, lors de la mission océanographique menée à bord du N.O. Ifremer/Icram «L'Europe» (06/09/99-16/09/99) l'algue *Caulerpa taxifolia* a été détectée à la Pointe du Tuf, par les plongeurs Ifremer, par -34 m, et éradiquée par le Parc national de Port Cros.

Aussi un document cartographique, similaire à la carte bio-sédimentaire de cap d'Ail à Menton (in Belsher et Houlgatte, 2000) est apparu nécessaire afin de déterminer en particulier, les zones à risques vis à vis des espèces invasives, et en définitive permettre d'établir un protocole de surveillance.

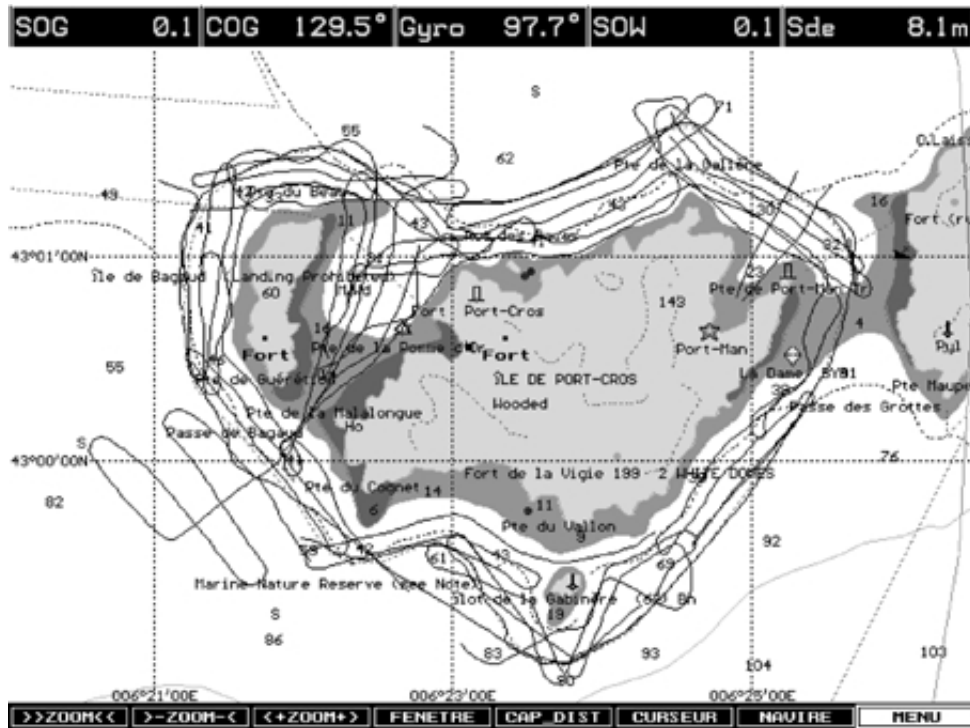
### LES MOYENS ET LES TECHNIQUES D'ETUDE MIS EN OEUVRE

Afin de lever la carte du Parc national sous-marin de Port-Cros, une prospection systématique mettant en jeu sonar latéral, vidéo sous-marine et plongées a été mise en œuvre. Le domaine marin a ainsi été renseigné jusqu'à -100 m. L'ensemble des isobathes est emprunté des cartes SHOM. Le domaine terrestre sera illustré par une imagerie informatisée issue de photographies aériennes.

### SONAR A BALAYAGE LATÉRAL

Le principe de fonctionnement d'un sonar à balayage latéral, remorqué par un câble électroporteur, réside dans l'émission d'un signal de très courte durée d'impulsion, de l'ordre de la milliseconde. L'engin, ou «poisson», est équipé de deux transducteurs représentés par des céramiques piézoélectriques qui jouent simultanément le rôle d'émetteur et de récepteur d'ultrasons. Le signal acoustique, une fois rétrodiffusé par le fond marin avec plus ou moins d'intensité, est ensuite récupéré et transcrit sous la forme d'enregistrements graphiques et/ou magnétiques (Berné et al., 1986). Une image (sonogramme) de la surface du substrat marin est ainsi obtenue, traduisant la morphologie et la nature des fonds, avec un pouvoir de résolution de l'ordre de 0,5 m (Weber, 1989). Le suivi des profils est réalisé à la vitesse moyenne de 5 nœuds. L'analyse de ces enregistrements permet avant tout un repérage des principaux faciès acoustiques et de leurs limites, la retranscription à l'échelle retenue du 1/7500 se faisant par traitement informatique pour parvenir à une correction d'anamorphose entre les sonogrammes d'origine et la réalité géométrique des objets.

La maquette de répartition d'échofaciès sonar est ensuite interprétée en terme de nature sédimentaire et de recouvrement des fonds par la faune et la flore, avec l'appui d'informations directes de terrain acquises par prélèvements et par enregistrements vidéo.

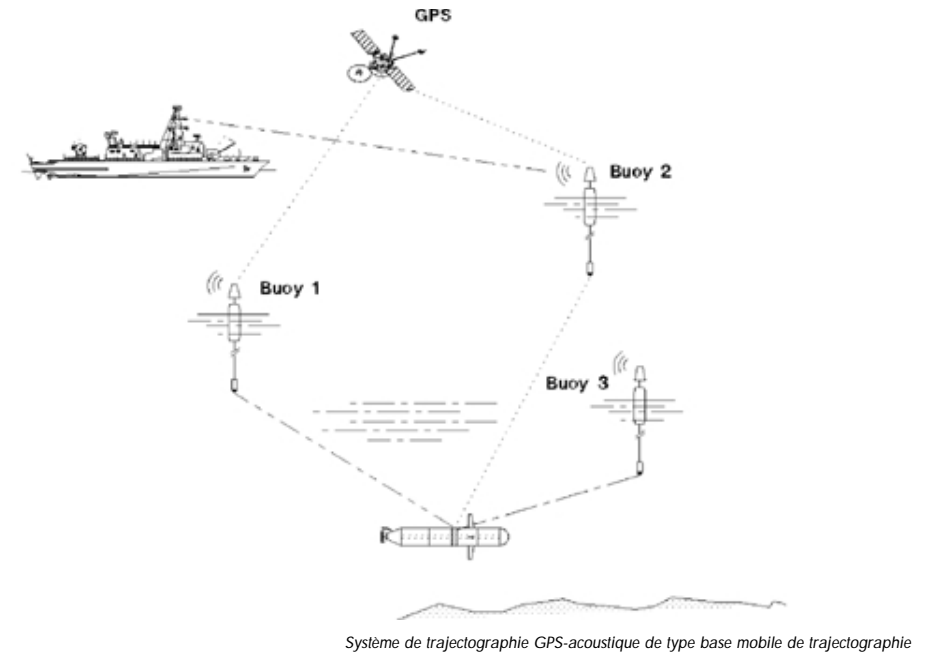


Routes sonar parcourues au 16/10/1999

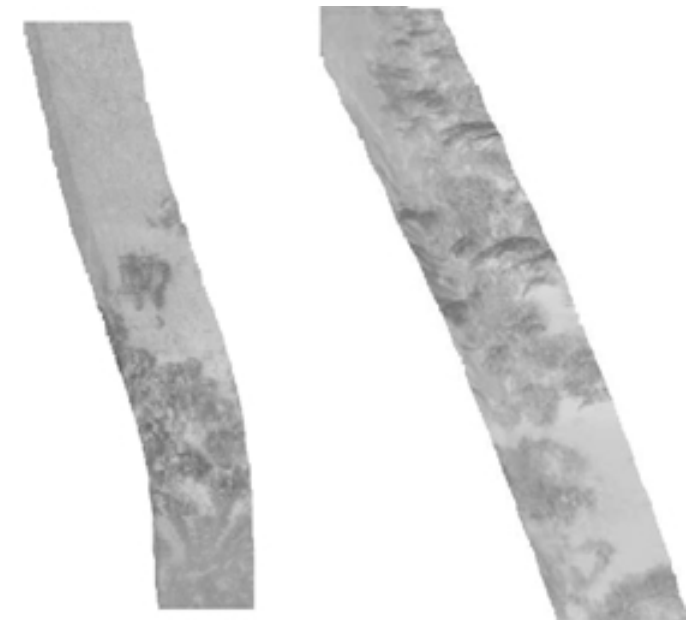
### LOGICIEL DE NAVIGATION ET VIDEO SOUS-MARINE

Le logiciel de navigation assisté Sodena permet de suivre en direct le trajet d'une caméra de vidéo sous-marine tractée par le bateau. Le positionnement est effectué, comme pour le sonar latéral, par GPS différentiel. Les images acquises sont retransmises en direct, par un ombilical, sur les moniteurs de bord. Au PC scientifique du navire, un codage suivant les biocénoses observées densité est immédiatement réalisé pendant que les données sont magnétoscopées et enregistrées sur la centrale informatique du bord. Les données sont ensuite rejouées à terre toujours avec la même précision. En particulier, chaque image sous-marine ayant été affectée d'un data horaire lors de son acquisition, il est possible de la situer exactement sur le trajet.

Une équipe de la direction des navires océanographiques et de l'intervention sous-marine a testé, à cette occasion, en collaboration avec la société ACSA un nouveau système de positionnement acoustique appelé «Base Mobile de Trajectographie». Il a été développé avec le soutien du service recherche de la région PACA. Cet équipement permet de localiser plus précisément la trajectoire de la caméra remorquée, ce qui permettrait à terme de géo-référencer les images et les mosaïques d'images sous-marines. Par ailleurs cette équipe a utilisé pour la première fois un système prototype de construction automatique de mosaïque d'images sous-marines.



Système de trajectographie GPS-acoustique de type base mobile de trajectographie



Trace vidéo du prototype de vidéo mosaïquing DNIS

## CONCLUSION

Cette étude, motivée par la nécessité de disposer d'un document de gestion et de prévention vis à vis d'espèces invasives, telle l'algue *Caulerpa taxifolia*, susceptibles d'altérer la biodiversité du Parc national sous-marin de Port-Cros (1800 ha) a permis l'obtention des données nécessaires au levé de la carte bio-sédimentaire. Elles sont en cours de traitement, l'ensemble des résultats apparaîtra sous la forme d'une cartographie au 1/7 500.

L'usage du sonar à balayage latéral, couplé à une prospection par vidéo sous-marine et complété par une analyse de photographies aériennes et des observations effectuées en plongée, est montré comme un moyen efficace pour une définition de l'agencement des fonds. Les composantes sédimentaires et biologiques majeures ont été identifiées et délimitées avec la précision permise par l'emploi systématique du Global Positioning System (GPS) en mode différentiel.

Le principal herbier à phanérogame identifié est celui à *Posidonia oceanica* ; l'algue *Caulerpa taxifolia* apparaît sous forme de peuplements peu denses pouvant encore être éradiqués.

## REMERCIEMENTS

Il nous est très agréable d'adresser ici nos remerciements à tous ceux qui ont permis la réalisation de cette étude notamment au MATE, qui la co-finance, aux commandants et équipages du N.O. L'Europe (Ifremer/Icram) ainsi qu'aux scientifiques et techniciens appartenant tant à l'Ifremer, à Genavir, qu'au Leml (université de Nice), au GIS Posidonie (Marseille), dont l'aide nous a été précieuse lors des campagnes océanographiques ainsi que pour le traitement des données de navigation et la connaissance générale du milieu.

Cette étude a pu être initiée grâce aux soutiens logistiques et financiers du Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement et du Parc national de Port-Cros.

## BIBLIOGRAPHIE

BELSHER T., HOULGATTE., 2000. Etude des sédiments marins, des herbiers à phanérogames et des peuplements à *Caulerpa taxifolia* de Menton au cap d'Ail (France-Principauté de Monaco). ISBN 2-905434-87-2; Editions Ifremer : 43p +3cartes.

BERNE S., AUGUSTIN J.-M., BRAUD F., CHENE G., WALKER P., 1986. Cartographie et interprétation de la dynamique sédimentaire des plateformes continentales : améliorations de la technique d'observation par sonar latéral. Bull. Soc. Géol. France, 2 (3) : 437-446.

WEBER O., 1989. Utilisation et intérêt de l'emploi du sonar latéral sur le plateau continental. Cours intensif européen ; connaissance et gestion de la frange littorale et du proche plateau continental. AESTM Editeur, Strasbourg, 333-356.

Rafik BEN SAID & Jamel KSOURI

Institut National des Sciences et Technologies de la Mer (INSTM)

Centre de Khéreddine; 29, Rue du Général Khéreddine Pacha. Le Kram 2015, Tunis.

## L'ALGUE ROUGE GRACILARIA VERRUCOSA (HUDSON) PAPENFUSS, DU LAC DE BIZERTE (TUNISIE) : TENEUR ET QUALITE DE L'AGAR-AGAR.

### RESUME

Au cours de l'année 1999, un suivi mensuel de la rhodophycée *Gracilaria verrucosa* (Hudson) Papenfuss (Rhodophytes ; Gracilariales, Gracilariacées), a été effectué dans le lac de Bizerte (au Nord de la Tunisie). Les paramètres étudiés sont : la teneur en agar-agar (ou rendement d'extraction), la force de gel, le point de fusion et le point de gélification de ce phycocolloïde. Les résultats obtenus montrent que le meilleur rendement en agar est enregistré en avril (37,92 %), tandis que le rendement minimal est noté en septembre (10,67 %). La force de gel maximale et minimale sont obtenues, respectivement en mai (410 g/cm<sup>2</sup>) et en décembre (125 g/cm<sup>2</sup>). Le point de gélification varie entre 31°C et 44°C. Quant au point de fusion il varie au cours de l'année entre 79°C et 100°C.

**KEY-WORDS :** *Gracilaria verrucosa* ; agar-yield ; quality ; Bizerte lake ; Tunisia.

### INTRODUCTION

L'utilisation des algues ne cesse de croître de par le monde. Les secteurs d'application au profit de l'Homme sont très divers. Dans ce contexte, 47 % des tonnages d'algues sont consommés par l'Homme comme aliments, 43 % sont utilisés pour la production des colloïdes, 7 % pour la production du maërl et 3 % dans la pharmacie, la parapharmacie, la cosmétique et l'agriculture (PEREZ, 1997). Parmi les colloïdes produits par les algues, figurent les alginates extraits des algues brunes ; Les carraghénanes et les agars, quant à eux, ils sont obtenus à partir des algues rouges. Parmi ces dernières, les algues agarophytes les plus intéressantes se rapportent à trois genres : *Gelidium*, *Pterocladia* et *Gracilaria*, représentés par différentes espèces dans différentes régions du monde. Parmi les gracilaires, figure l'espèce *Gracilaria verrucosa* (Hudson) Papenfuss (Rhodophytes ; Gracilariales, Gracilariacées), qui est une espèce cosmopolite, largement exploitée et cultivée dans plusieurs pays tels que la Chine et le Chili, dans le but d'en extraire son agar de qualité. Les études portant sur la qualité de l'agar obtenu de diverses espèces, en particulier de *Gracilaria verrucosa* sont très nombreuses. Citons dans ce contexte ceux de LAHAYE et al (1985), et YENIGÜL (1993).

Dans ce travail, seront présentés les résultats obtenus concernant la variation de la teneur et de la qualité de l'agar extrait de *Gracilaria verrucosa* récoltée dans le lac de Bizerte (au Nord de la Tunisie) au cours de l'année 1999.

### MATERIEL ET METHODES

Le matériel biologique utilisé est la rhodophycée *Gracilaria verrucosa* (Hudson) Papenfuss (Rhodophytes ; Gracilariales ; Gracilariacées). Elle est récoltée mensuellement dans le lac de Bizerte (au Nord de la Tunisie), de janvier jusqu'en décembre 1999.

## \* Extraction de l'agar :

Le protocole expérimental utilisé pour l'extraction de l'agar à partir de *Gracilaria* est le suivant : 15 g d'algues sèches sont mis dans 800 ml d'H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> à 0,05 % à froid pendant 2 h. Ensuite, elles sont rincées à l'eau douce pendant 1 h. L'extraction de l'agar est réalisée dans une solution alcaline (NaOH) à 5 %, à 90°C pendant 80 mn. Cette dernière est filtrée sous pression. Le filtrat obtenu subit une congélation pendant une nuit puis une décongélation. L'agar obtenu sous forme d'un film, est récupéré puis mis à sécher dans une étuve pendant 24 h. Ensuite l'agar sec est pesé pour estimer le rendement d'extraction.

## \* Etude de la qualité de l'agar :

Trois critères importants sont recherchés pour évaluer la qualité de l'agar. Ce sont la force de gel, le point de gélification et le point de fusion.

L'agar extrait est réduit en poudre puis séché à l'étuve à 110°C pendant 3 h. Six grammes (6 g) sont pesés puis mis à bouillir pendant 40 mn, dans 400 ml d'eau distillée afin d'avoir une concentration de 1,5 %.

## \* force de gel :

Dans un petit récipient, sont coulés, 300 ml d'agar chauffé qu'on laisse refroidir pendant 24 h jusqu'à la prise complète du gel. Ensuite, des poids sont ajoutés progressivement sur le plateau d'un gélo-mètre fabriqué artisanalement, jusqu'à ce que le gel soit brisé entre 15 et 20 secondes.

## \* Point de gélification et point de fusion :

Dans deux tubes à essai, sont mis respectivement 20 ml de la solution d'agar chauffé. Dans le premier, un thermomètre est plongé, avec une petite bille en verre. Le tout est mis en rotation entre les mains jusqu'à stabilisation de la bille. La température est alors prélevée. C'est le point de gélification. Le deuxième tube est laissé refroidir pendant 24 h, puis mis dans un bain-marie qu'on chauffe lentement. Dans ce bain est plongé également un thermomètre. Une bille en acier est placée à la surface du gel formé dans le tube. Lorsque la bille tombe au fond, la température est prélevée. C'est le point de fusion de l'agar.

## RESULTATS

Les résultats globaux obtenus sur la teneur et la qualité de l'agar de *Gracilaria verrucosa* sont consignés dans le tableau n° 1.

**Tableau n° 1** : Variation de la teneur et de la qualité de l'agar de *Gracilaria verrucosa* du lac de Bizerte au cours de l'année 1999.

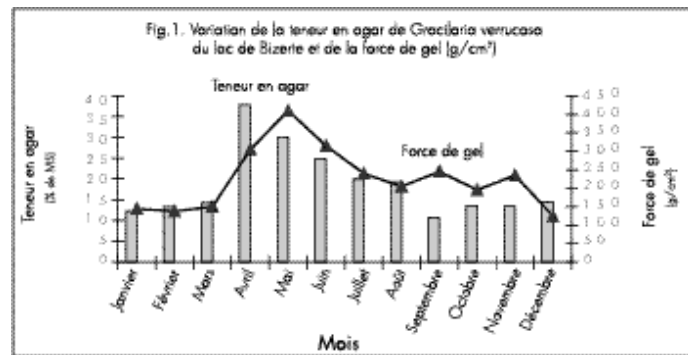
Mois	Teneur en agar (% de la matière sèche)	Force de gel (g/cm <sup>2</sup> )	Point de gélification (°C)	Point de fusion (°C)
Janvier	12,28	144	36	89
Février	13,35	137,5	34	86
Mars	14,26,	150	32	91
Avril	37,92	305	33	89
Mai	30,09	410	36	100
Juin	24,87	315	42	86
Juillet	19,89	240	44	89
Août	19,39	205	32	93
Septembre	10,67	245	37	96
Octobre	13,56	195	34	98
Novembre	13,48	235	40	94
Décembre	14,51	125	31	79

## Teneur en agar et force de gel

La variation mensuelle de la teneur et de la force de gel de l'agar de *Gracilaria verrucosa*, du lac de Bizerte sont représentées dans la fig. 1. Sur cette figure, il est à remarquer que le rendement d'extraction augmente progressivement depuis le début de l'année pour atteindre son maximum en avril (37,92 %), puis chute lentement jusqu'à sa valeur minimale en septembre (10,67 %). En octobre, la teneur de *Gracilaria* en agar commence à augmenter de nouveau.

Quant à la force de gel, elle augmente depuis janvier pour atteindre son maximum en mai (410 g/cm<sup>2</sup>) puis, elle diminue jusqu'à atteindre sa plus basse valeur en décembre

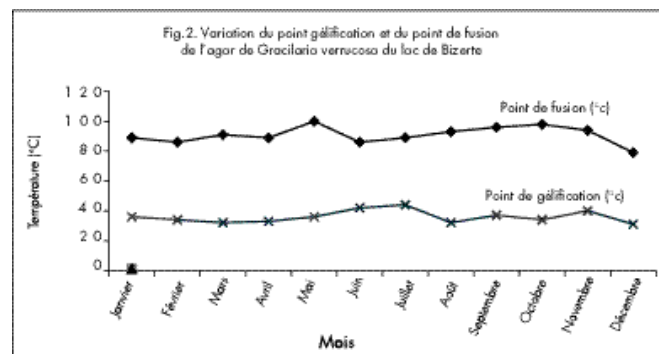
(125 g/cm<sup>2</sup>). Les plus hautes valeurs sont donc enregistrées pendant les saisons printanière et estivale, tandis que les plus faibles valeurs sont obtenues en période hivernale.



### Point de gélification et point de fusion

Les variations mensuelles du point de gélification et du point de fusion sont représentées dans la fig. 2. Concernant le point de gélification, les valeurs minimale et maximale sont enregistrées, respectivement en décembre (31°C) et en juillet (44°C).

Le point de fusion, quant à lui, il varie de 79°C en décembre à 100°C en mai.



### DISCUSSION ET CONCLUSION

Cette étude portant sur la variation de la teneur et de la qualité de l'agar extrait de *Gracilaria verrucosa* du lac de Bizerte a permis de montrer les faits suivants :

- Le rendement d'extraction fluctue au cours de l'année d'un mois à un autre et d'une saison à une autre. En effet, le rendement maximal : 37,92 % est enregistré au printemps (en avril), tandis que le rendement minimal : 10,67 % est obtenu en automne (septembre). Nos résultats corroborent ceux de CHIRAPART et al. (1993) qui ont remarqué le même phénomène sur *Gracilaria* sp. (type Chorda). Cette évolution au cours du temps semble suivre les mêmes variations que subit le développement des peuplements de *Gracilaria* observé personnellement dans le lac de Bizerte et qui atteint son apogée au printemps et au début de l'été et régresse vers la fin de l'été et au début de l'automne.

- La force de gel varie également au cours de l'année et atteint sa valeur maximale de 410 g/cm<sup>2</sup> au printemps (avril) et sa valeur minimale de 125 g/cm<sup>2</sup> en hiver (décembre). Nos résultats rejoignent ceux de BIRD et RYTHYER (1990) qui trouvent une qualité supérieure de l'agar obtenu de *Gracilaria verrucosa* récolté en été. En revanche, CHRISTIAEN et al. (1987) trouvent une relation inverse entre la force de gel et l'élévation de la température de l'eau. Cette controverse entre les auteurs peut être expliquée par les différences de localisation géographique et écologique des gracilaires de par le monde.

- Le point de gélification et le point de fusion montrent également des variations au cours de l'année mais, ces variations ne sont pas très claires.

En conclusion, *Gracilaria verrucosa* du lac de Bizerte présente une bonne source d'agar, puisque la teneur maximale de celui-ci, coïncide bien avec le développement optimum de l'algue, c'est à dire au printemps et au début de l'été. La récolte de cette algue dans ce plan d'eau ne doit pas dépasser le mois de juin, car la température et la salinité augmentent et les algues dégénèrent. L'agar de *G. verrucosa* du lac de Bizerte est aussi de bonne qualité puisqu'il a une force de gel supérieur à 300 g/cm<sup>2</sup> pendant la même période, critère le plus important à rechercher pour mieux s'orienter quant à son utilisation ultérieure. Les résultats obtenus montrent qu'il conviendrait le mieux dans le domaine des industries agro-alimentaires, en tant qu'épaississant et gélifiant. Ceci laisse augurer un bon avenir pour la culture de *Gracilaria verrucosa* en Tunisie, en particulier, dans le lac de Bizerte.

### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BIRD K T and RYTHYER J H. (1990) – Cultivation of *Gracilaria verrucosa* (*Gracilariales*, *Rhodophyta*) Strain G-16 for Agar. *Hydrobiologia*. 204 /205: 347-351.
- CHIRAPART A and OHNO M. (1993) -Seasonal variation in the physical properties of agar and biomass of *Gracilaria* sp. (*Chorda* type) from Tosa Bay, southern Japan. *Hydrobiology*. 151 / 152: 541-547.
- CHRISTIAEN D; STADLER T ; ONDARZA M et VERDUZ M C. (1987)- Structure and functions of polysaccharides from cell wall of *Gracilaria verrucosa* (*Rhodophyceae*, *Gigartinales*). *Hydrobiologia*. 151 /152: 139-146.
- LAHAYE M; ROCHAS C. and YAPHE W (1985) –A new procedure for determining the heterogeneity of agar polymers extracted in the cell walls of *Gracilaria* spp. (*Gracilariaceae* , *Rhodophyta*). *Canadian Journal of Botany*. 64, 579-585.
- PEREZ R. (1997)- Ces algues qui nous entourent. Conception actuelle, rôle dans la biosphère, utilisations, culture. éd. IFREMER , 272 PP .
- YENIGÜL M. (1993)- Seasonal changes in the chemical and gelling characteristics of agar from *Gracilaria verrucosa* collected in Turkey. *Hydrobiologia* ; 260/261 : 627-631.

Said BENHISSOUNE\*, Larbi NAJIM\*\* et Marc VERLAQUE\*\*\*

\* Laboratoire d'Hydrobiologie, Département de Biologie, Faculté des Sciences, BP 28/S, Agadir, Maroc

\*\* Laboratoire de Mycologie Algologie, Département de Biologie, Faculté des Sciences de Rabat, Maroc

\*\*\* Centre d'Océanologie de Marseille, campus de Luminy, 13288 Marseilles Cedex 9, France

## MACROPHYTOBENTHOS DES SUBSTRATS ROCHEUX DE LA REGION DE M'DIQ-CEUTA (MAROC, MEDITERRANEE)

**ABSTRACT:** MACROPHYTOBENTHOS OF ROCKY SEMI-EXPOSED COAST OF THE MDIQ-CEUTA REGION (MOROCCO, MEDITERRANEAN SEA). Three hundred and twenty-two macroalgal taxa were listed: 70 Chlorophyta, 72 Fucophyceae, and 180 Rhodophyta. The qualitative dominances of taxonomic and biogeographical groups of the algal flora have been calculated.

**KEY-WORDS:** Macroalgae, Biogeography, Morocco, Mediterranean coast.

**RESUME:** 322 taxa de macroalgues ont été dénombrés : 70 Chlorophyta, 72 Fucophyceae et 180 Rhodophyta. Les dominances qualitatives des grands groupes systématiques et biogéographiques des différents taxa de la flore de la région ont été établies.

### INTRODUCTION

Avec plus de 3500 km de littoral, des conditions hydrologiques particulièrement favorables en raison de l'existence d'«upwellings», un ensoleillement qui s'étend sur presque toute l'année, des côtes rocheuses diversifiées et encore peu dégradées et une flore algale riche où se côtoient des groupes biogéographiques très différents, le Maroc se trouve doté de grandes potentialités en matière de ressources algales exploitables. Depuis les premiers travaux de Bornet (1892), les connaissances phycologiques accumulées sur le Maroc restent encore fragmentaires. Or, une gestion durable des ressources naturelles nécessite une bonne connaissance de leur composition et de leur renouvellement. Dans le cadre d'un travail de Doctorat consacré à des recherches floristiques et taxonomiques sur la végétation algale des côtes du Maroc (Atlantique & Méditerranée), nous avons effectué l'étude d'un secteur Méditerranéen Marocain encore exempt de pollution : la région de M'diq-Ceuta.

### MATÉRIEL ET MÉTHODES

La zone de M'diq-Ceuta, située sur le littoral Méditerranéen marocain, à l'est de la ville de Tetouan (fig. 1) est soumise à des conditions hydrologiques très particulières en raison de la proximité du détroit de Gibraltar et de la fréquence élevée des vents d'Est «Chergui» (tempé-



Fig 1 : Localisation de la région étudiée

rature de l'eau : 14-15 °C en hiver, 24-26 °C en été ; salinité : 36,5 et 37,7 PSU). La marée est faible. La côte, comme le reste du littoral marocain, est une succession de plages sableuses et de substrats rocheux de grès calcaires quaternaires soumis à une houle fréquente. L'étude concerne les substrats rocheux entre 0 et 15 mètres de profondeur. Les groupes taxonomiques considérés sont les Rhodophyta, Fucophyceae et Chlorophyta. Neuf groupes biogéographiques ont été retenus (cf. tableau I). Les Dominances Qualitatives (DQ) sont exprimées en pourcentages. Les résultats doivent être complétés par l'échantillonnage des peuplements profonds (au-delà de - 15 m).

### RÉSULTATS

#### Composition floristique (Tableaux I-III)

L'étude des peuplements algaux de Région de M'diq-Ceuta a permis d'identifier 322 taxa répartis en 180 Rhodophyta (55,9 %), 72 Fucophyceae (22,4 %) et 70 Chlorophyta (21,7 %).

- \* **Rhodophyta** : Les Ceramiales constituent l'ordre dominant avec 52,2 % des espèces, suivi par les Corallinales (DQ = 13,3 %), les Nemaliales (7,8 %) et les Gracilariales (5,6 %). Les autres Ordres qui n'excèdent pas 5 %, représentent un total de 21,1 %.
- \* **Fucophyceae**: Les Ordres les mieux représentés (DQ > 5 %) sont les Ectocarpales (27,8 %), les Dictyotales, Fucales et Sphacelariales (15,3 %), les Cutleriales et Scytosiphonales (6,9 %), et enfin les Laminariales (5,6 %), (autres Fucophyceae : 7 %).
- \* **Chlorophyta** : Les Bryopsidales constituent l'ordre le mieux représenté: (34,3 %), suivi par les Cladophorales (27,1 %), les Ulvales (24,3 %) et les Dasycladales (5,7 %), les 3 derniers ordres atteignant un total de 8,6 %.

#### Affinités biogéographiques de la flore (Tableau IV)

La flore des régions tempérées est formée d'un mélange d'espèces d'eaux froides et d'eaux chaudes avec des proportions variables suivant les températures locales. Proche du détroit de Gibraltar, la région de M'diq-Ceuta est fortement influencée par les eaux d'origine atlantique responsables de courants tourbillonnaires et d'«upwellings» renforcés par les vents d'est violents. Nous avons considéré les affinités biogéographiques de la flore sur la base de Feldmann (1938, 1946) ; Werner (1962) ; Hoek (1979, 1982 a et b) ; Ardré (1970), Lawson et John (1987), Lawson et Price (1969) ; Gonzalez-Garcia et Conde-Poyales (1994, 1995) ; Prud'Homme van Reine (1988) ; Prud'homme van Reine et Hoek (1988). La composition biogéographique de la flore est donnée dans le tableau I. Comme pour la Méditerranée (Feldmann, 1938), l'élément le plus riche de la flore de M'diq-Ceuta est Atlantique Boréal (50,9 % de la flore). Les espèces tempérées (AB, M & MLA) représentent 66,4 % de la flore, les algues à affinités tropicales (P, AT & IP) 11,5 % et le groupe cosmopolite (19,6 %) ; les algues à affinités froides (B & CB) ne représentant que 2,2 %.

## DISCUSSION ET CONCLUSION

Cette étude du phytobenthos de la région de M'diq-Ceuta, portion du littoral méditerranéen marocain encore épargnée de la pollution, constitue un point de référence pour la surveillance de la qualité des eaux de la région. Au total, 322 espèces ont été recensées (180 Rhodophyta, 72 Fucophyceae et 70 Chlorophyta) parmi lesquelles plusieurs espèces d'intérêt économique potentiel (*Gelidium*, *Grateloupia* et *Gracilaria*). Sur le plan biogéographique, la végétation se rapproche de celles décrites au sud-ouest de l'Espagne (Conde, 1984; Conde et Soto, 1986; Conde et al.; 1996), ou du Portugal (Ardré, 1971). Par contre, elle diffère très nettement de celle des Canaries par l'abondance de certaines espèces tempérées et par l'absence ou la rareté des algues à affinités tropicales qui caractérisent ces îles (Gil-Rodríguez et Wildpret de la Torre, 1980). La composition floristique de la végétation est influencée, en grande partie, par la proximité du détroit de Gibraltar et l'hydrodynamisme.

**Tab. I: Dominances qualitatives des Rhodophyta**

Rhodophyta = 180 taxa	
Bangiales	1.7 %
Bonnemaisoniales	0.5 %
Ceramiales	52.2 %
Corallinales	13.3 %
Cryptonemiales	4.4 %
Erythropeltidales	1.1 %
Gelidiales	3.9 %
Gigartinales	3.9 %
Gracilariales	5.6 %
Nemaliales	7.8 %
Porphyridiales	1.7 %
Rhodymeniales	3.9 %

**Tab. II: Dominances qualitatives des Chlorophyta**

Chlorophyta = 70 taxa	
Bryopsidales	34.3 %
Cladophorales	27.1 %
Ctenocladales	4.3 %
Dasycladales	5.7 %
Phaeophilales	1.4 %
Ulotrichales	2.9 %
Ulvales	24.3 %

**Tab. III: Dominances qualitatives des Fucophyceae**

Fucophyceae = 72 taxa	
Ectocarpales	27.8 %
Chordariales	2.8 %
Cutleriales	6.9 %
Dictyotales	15.3 %
Dictyosiphonales	1.4 %
Fucales	15.3 %
Laminariales	5.6 %
Scytosiphonales	5.6 %
Sphacelariales	15.3 %
Sporochnales	2.8 %

**Tab. IV: Dominances qualitatives des Eléments biogéographiques**

Atlantique Boréal (AB)	50.9 %
Atlantique Tropical (AT)	5.0 %
Boréal (B)	0.3 %
Cosmopolite (C)	19.6 %
Circum Boréal (CB)	1.9 %
Indo-Pacifique (IP)	0.9 %
Méditerranéen (M)	13.0 %
Méditerano-Lusitano-Africain (MLA)	2.5 %
Pantropicale (P)	5.6 %

## BIBLIOGRAPHIE

- ARDRE, F. 1970. Contribution à l'étude des algues marines du Portugal. I. La Flore. Portug. Acta. Biol. 10(1-4): 1-423. pls. 1-56.
- BORNET, E. 1892. Les algues de P.-K.-A Schousboe récoltées au Maroc et dans la Méditerranée de 1815 à 1829 et déterminées par M. Edouard Bornet. Mém. Soc. Sci. Nat. Math. Cherbourg, 3ème Série, 28: 165-378, pls. 1-3. Botaniste 44 (1-6): 229-239.
- CONDE, F. 1984. Catalogo de las algas macrobentónicas marinas de Malaga. Acta Bot. Malacitana, 9 : 47 – 78.
- CONDE, F. et J. Soto. 1986. Notas corológicas del macrofitobentos de Andalucía (España). Acta Bot. Malacitana. 11 : 9-16.
- CONDE, F., A. Flores-Moya, J. Soto, M. Altamirano et A. Sanchez 1996. Check-list of Andalusia (S. Spain) seaweeds. III. Rhodophyceae. Acta Bot. Malacitana, 21 : 7-33.
- FELDMANN, J. 1938. Recherches sur la végétation marine de la Méditerranée : la côte des Albères. Rev. Algol. 10(1-4): 340p.
- FELDMANN, J. 1946. La flore marines des îles atlantides. Mém. Soc. Biogeogr., Fr. 8 : 395-435.
- GIL-RODRIGUEZ, M.C. et WILDPRET DE LA TORRE, W., 1980. Contribucion al estudio de la vegetation ficologica marine del littoral canario. Enciclopedia Canaria, Aula de cultura de Tenerife ed. 100p + 25 tableaux.
- GONZÁLEZ-GARCÍA, J. A. and F. CONDE-POYALES. 1994. Catálogo del macrofitobentos del Mediterráneo de Marruecos. Acta Bot. Malacitana 19: 5-27.
- GONZALEZ-GARCIA, J. A. et F. CONDE-POYALES. 1995. Etudes comparatives sur le macrophytobenthos de trois lagunes côtières de la Méditerranée occidentale. Nova hedwigia 61 (3-4): 377-390.
- HOEK, C. VAN DEN. 1979. The phytogeography of *Cladophora* (Chlorophyceae) in the northern Atlantic Ocean, in comparison to that of other benthic algal species. Helgol. Meeres., 32: 374 – 393.
- HOEK, C. VAN DEN. 1982a. Phytogeographic distribution groups of benthic marine algae in the North Atlantic Ocean, A review of experimental evidence from life history studies. Helgol. Meeres., 35: 153 – 214.
- HOEK, C. VAN DEN. 1982b. The distribution of benthic marine algae in relation to the temperature regulation of their life histories. Biol. J. Linn. Soc., U. K., 18: 81 – 144.
- LAWSON, G. W. and D. M. JOHN. 1987. The marine algae and coastal environment of Tropical West Africa (second edition). Nova Hedwigia 93: i- vi, 1-415.

LAWSON, G. W. and J. H. PRICE. 1969. Seaweeds of the western coast of Tropical Africa and adjacent islands: a critical assessment. I. Chlorophyta and Xanthophyta. Bot. J. Linn. Soc. 62: 279-346.

PRUD'HOMME VAN REINE, W. F. 1988. Phytogeography of seaweeds of the Azores. Helgoländer Meeresunters. 42: 165-185.

PRUD'HOMME VAN REINE, W. F. and C. VAN DEN HOEK 1988. Phytogeography of Capverdean seaweeds. Cour. Forsch. Inst. Senckenberg 105: 35-49.

WERNER, R. G. 1962. Essai d'une étude de la répartition des cryptogames marines et maritimes du Maroc. Bull. Soc. Sci. Nat. Phys. Maroc 42: 1-33.

Ghazi BITAR, J.G. HARMELIN, M. VERLAQUE, H. ZIBROWIUS.  
Université libanaise, Faculté des Sciences, Hadeth, Beyrouth, Liban.

## SUR LA FLORE MARINE BENTHIQUE SUPPOSEE LESSEPSIENNE DE LA COTE LIBANAISE. CAS PARTICULIER DE STYPOPODIUM SCHIMPERI

### RESUME

A ce jour, la flore marine benthique libanaise renferme huit espèces Lessepsiennes plus ou moins probables déjà signalées dans le bassin levantin : *Halophila stipulacea*, *Caulerpa mexicana*, *Caulerpa racemosa*, *Caulerpa scalpelliformis*, *Styopodium schimperi*, *Padina boergesenii*, *Liagora farinosa* et *Galaxaura rugosa*. Seulement une d'entre elles est envahissante (*Styopodium schimperi*), les autres sont généralement rares et éparses sauf *Halophila stipulacea* qui constitue des herbiers plus ou moins denses. Récemment, nous avons rencontré *Caulerpa scalpelliformis* sous forme d'un peuplement bien établi à Khaldé (au sud de Beyrouth) dans la Marina Villamar.

**MOTS CLES:** Végétation marine, espèces lessepsiennes, Liban.

**KEY-WORDS:** Marine vegetation, Lessepsian species, Lebanon

### INTRODUCTION

Les travaux portant sur la flore benthique de la côte libanaise sont peu nombreux. D'après la bibliographie (Hamel, 1930; Rayss, 1955; Basson et al., 1976; Mayhoub et Billard, 1991; Verlaque et Boudouresque, 1991; Bitar et Bitar-Kouli, 1995a, 1995b; Bitar in UNEP, 1999), la flore libanaise marine compte 208 espèces de macrophytes dont 2 phanérogames et 206 algues. Parmi ces espèces, 5 étaient considérées comme des migrants Lessepsiens (d'origine indopacifique) plus ou moins probables: *Halophila stipulacea* (Forsskål) Ascherson, *Caulerpa mexicana* (Sonder) J. Agardh, *Caulerpa racemosa* (Forsskål) J. Agardh, *Caulerpa scalpelliformis* (R. Brown ex Turner) C. Agardh, *Styopodium schimperi* (Buchinger ex Kützing) Verlaque & Boudouresque.

### MATERIEL ET METHODES

Depuis 1991, l'un de nous (G.B.) a prospecté systématiquement la côte libanaise en plongée, en effectuant des relevés visuels et en prélevant des échantillons pour l'étude desquels il a toujours cherché à obtenir le concours de spécialistes divers. Deux campagnes de plongées intensives inspirées par la même motivation (faire progresser l'inventaire de la biodiversité, identifier des différences par rapport à la Méditerranée occidentale, relever les incidences des activités humaines) ont eu lieu ensuite en octobre 1999 et en mai/juin 2000 dans le cadre d'une coopération franco-libanaise (CEDRE). La reconnaissance visuelle immédiate des communautés et des principaux organismes les composant a été complétée par des photographies sous-marines et la collecte d'échantillons par grattages de surfaces et par prélèvements d'organismes, entre les hauts niveaux et 44 m de profondeur. Une attention particulière a été portée à l'absence de certaines espèces bien établies dans d'autres secteurs de la Méditerranée et à la présence d'autres formes, particulières aux côtes du Levant, soit à cause de facteurs naturels (comme la température et la salinité plus élevées qu'en Méditerranée occidentale) soit à cause de facteurs anthropiques (communication du bassin levantin avec la mer Rouge par le canal de Suez; rejet en mer d'eaux usées urbaines).

## RESULTATS

Des prospections multiannuelles depuis 1991 (G.B.) ont permis d'identifier 25 espèces nouvelles pour le Liban dont deux ) sont supposées être Lessepsiennes ; ce sont *Padina boergesii* Allender et Kraft et *Liagora farinosa* Lamouroux.

Lors de la première mission CEDRE d'octobre 1999, nous avons trouvé une espèce lessepsienne : *Galaxaura rugosa* (Ellis et Solander) Lamouroux. La découverte de cette algue, en abondance au large du port de Jbail (sur un haut-fond nommé localement Tablieh), mérite une mention spéciale car il s'agit de la confirmation de la présence d'une nouvelle algue Lessepsienne au Liban. Auparavant, elle était connue en Méditerranée uniquement en Syrie: citée par Mayhoub (1990) entre Baniyas et Lattaquié et observée par G.B. (14/6/1999) à Ras Ibn Hani, au Nord de Lattaquié.

Au total, 8 espèces Lessepsiennes sont ainsi connues actuellement dans les eaux libanaises. Elles se répartissent en: une phanérogame (*Halophila stipulacea*), 3 Chlorophyceae (*Caulerpa mexicana*, *C. racemosa*, *C. scalpelliformis*) ; 2 Fucophyceae (*Padina boergesii*, *Styopodium schimperi*) et 2 Rhodophyceae (*Liagora farinosa*, *Galaxaura rugosa*).

Une autre espèce mérite notre attention, c'est l'algue rouge *Asparagopsis taxiformis* (Delile) Trevijan qui a été décrite d'Alexandrie en 1813 donc avant l'ouverture du Canal de Suez en 1869. Il s'agit d'une espèce à affinités tropicales à large répartition (Atlantique, Méditerranée, Indopacifique). En Méditerranée, on a le choix entre 2 hypothèses:

- soit sa présence est naturelle; ce serait une espèce relique de la Téthys,
- soit c'est une espèce exotique qui a été introduite avant l'ouverture du Canal de Suez, soit par des bateaux à voiles en provenance de l'Atlantique, soit par

des échanges Mer Rouge-Méditerranée effectués au travers de canaux

percés durant l'antiquité. Nous l'avons trouvée la première fois en 1993 à Barbara (sud de Batroun). Elle rentre, parfois, en compétition avec d'autres algues, en particulier avec *Dictyopteris polypodioides* (De Candolle) J. V. Lamouroux.

Parmi ces espèces, *Styopodium schimperi* est la seule qui a un comportement d'espèce envahissante. Nous l'avons trouvée la première fois, à Barbara, en 1991. En 1993, dans la même localité, nous avons commencé à étudier ses variations saisonnières et son expansion.

La période de végétation s'étend de fin février à septembre. Des jeunes frondes (3 à 5 cm de haut) ont été observées dans la dernière semaine de février. Les thalles adultes apparaissent en avril-mai. En juin, les frondes dépassent 25 cm de haut. A cette période, l'algue envahit le fond au détriment des autres espèces. Au cours des mois de juin et juillet, de grandes quantités d'algues en épaves s'observent sur le fond et à la côte. Dès la fin d'août, les peuplements régressent et l'algue se raréfie. Elle disparaît presque complètement en novembre. De telles variations saisonnières ont déjà été décrites sur la côte syrienne (Mayhoub et Billard, 1991).

Du point de vue écologique, *S. schimperi* semble inféodée à la biocénose des algues photophiles de l'étage infralittoral où il a été observé entre 1 m et 29 m de profondeur (au large de Barbara). En juin 2000, elle a été trouvée en abondance au large de la rivière El Ouali (au Nord de Saida) sur un fond de 31 m. Elle se développe aussi bien dans les zones plus ou moins

protégées que dans celles ouvertes. La taille des thalles augmente avec la profondeur et peut atteindre fréquemment 25 cm de haut.

Actuellement, *Styopodium schimperi* semble s'être très bien adaptée aux conditions levantines. Elle a envahi des grandes surfaces dans plusieurs localités de la côte libanaise où saisonnièrement il se substitue aux communautés autochtones à *Halopteris scoparia* (Linnaeus) Sauvageau. L'invasion débute par des taches d'environ 50 cm de diamètre à l'intérieur des communautés indigènes. A terme, l'algue finit par remplacer totalement l'algue d'origine. Cette espèce qui est également présente en Syrie (Mayhoub et Billard, 1991), en Libye, en Egypte et en Turquie (Verlaque & Boudouresque, 1991), mérite une attention particulière afin de suivre son expansion en Méditerranée orientale. Rappelons qu'elle renferme une puissante ichtyotoxine, le stypoldione (Gerwick et al., 1985 in Mayhoub et Billard, 1991), ce qui peut expliquer en partie sa réussite (absence de prédation).

Au contraire, les autres algues ne sont pas envahissantes; elles sont rarement signalées, bien localisées et ne forment généralement pas (d'après nos prospections en plongée) de peuplements denses. C'est le cas, par exemple, des trois représentants du genre *Caulerpa* (Bitar in PNUE, 1999). Lors de nos deux missions CEDRE (octobre 1999 et mai-juin 2000), nous en avons retrouvé seulement deux espèces: *Caulerpa racemosa* var. *lamourouxii* (Turner) Weber van Bosse f. *requienii* (Montagne) Weber van Bosse à Selaata (18/10/1999, à 9 m), à l'île Ramkine (Tripoli) (22/10/1999 à 12 m), au large de la rivière El Ouali (5/6/2000 à 31 m) et au large d'El Zahrani (au Nord de Sarafand) sur un fond de 25 m nommé Harf Shbak (6/6/2000). L'un d'entre nous (G. B.) avait trouvé la var. *turbinata* (J. Agardh) Eubank – uvi-fera (C. Agardh) J. Agardh à El Mina au sud de Tripoli (15/5/1992). La deuxième espèce, *C. scalpelliformis*, a été trouvée à Khaldé (au sud de Beyrouth) dans la Marina Villamar sur la jetée en béton dans les deux premiers mètres sous la surface où elle forme un peuplement bien établi (7/6/2000). Elle a été signalée une seule fois à Beyrouth (Hamel, 1930). Par contre la troisième espèce, *C. mexicana*, a déjà été trouvée jadis par Bitar, près de la Marina de l'hôtel Riviera à Beyrouth (8/8/1991).

En ce qui concerne, l'herbier d'*Halophila stipulacea*, nous l'avons trouvé, bien établi, à Selaata (23/10/1999) entre 12 et 20 m. de profondeur. Parfois, il est associé à l'herbier de *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson. Il est à signaler que nos prospections en plongée et à la côte (attention portée aux rejets sur la côte) confirment que la grande phanérogame typiquement méditerranéenne, *Posidonia oceanica*, est absente du secteur.

## CONCLUSION

Actuellement, la flore Lessepsienne, établie sur la côte libanaise, ne cause pas de problèmes majeurs à l'exception de l'algue *Styopodium schimperi* qui est bien installée et peut envahir de grandes surfaces dans la région tout en produisant saisonnièrement des couvertures denses quasi-monospécifiques. Cette flore doit être surveillée car elle est susceptible de modifier la biodiversité naturelle de la région.

## REFERENCES

- BASSON P.W., HARDY J.T., LAKKIS V. (1976) - Ecology of marine macroalgae in relation to pollution along the coast of Lebanon. *Acta Adriatica*, 18, 19: 307-325.
- BITAR G., BITAR-KOULI S. (1995 a) - Aperçu de bionomie benthique et répartition des différents faciès de la roche littorale à Hannouch (Liban- Méditerranée orientale). *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, 34, p.19.
- BITAR G., BITAR-KOULI S. (1995 b) - Impact de la pollution sur la répartition des peuplements de substrat dur à Beyrouth (Liban- Méditerranée orientale). *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, 34, p 19.
- HAMEL G. (1930) - Les Caulerpes méditerranéennes. *Rev. Algol.*, 5: 229-230.
- MAYHOUB H. (1990)- Algae of Syria. 1- On some Rhodophyceae New to the Mediterranean Sea. *Damascus Univ. J.*, 6: 21- 37.
- MAYHOUB H., BILLARD C. (1991) - Contribution à la connaissance d'un *Styopodium* (Dictyotales, Phaeophyceae) installé récemment sur les côtes syriennes. *Cryptog.-Algol.*, 12(2): 125-136.
- RAYSS T. (1955) - Les algues marines des côtes palestiniennes. I. Chlorophyceae. *The Sea Fish. Res. St.*, Haifa, 9:1-36.
- UNEP (1999) - Proceeding of the Workshop on Invasive *Caulerpa* Species in the Mediterranean, Heraklion, Crete, Greece, 18-20 March 1998. MTS No.125, UNEP (= United Nations Environment Programme), Athens.
- VERLAQUE M., BOUDOURESQUE C.F. (1991) - *Styopodium schimperi* (Buchinger ex Kutzing) Verlaque et Boudouresque comb.nov. (Dictyotales, Fucophyceae), algue de Mer Rouge récemment apparue en Méditerranée. *Cryptog.-Algol.*, Fr., 12 (3): 195-211.

César BORDEHORE<sup>1\*</sup>, Rafael RIOSMENA-RODRIGUEZ<sup>2</sup> and Alfonso A. RAMOS-ESPLÁ<sup>1</sup>

\*Corresponding author present address, Instituto Espanol de Oceanografía (C.O. Mercia) – C/Varadero 1, San Pedro 30740 Murcia, Spain. cesar.bordehore@mu.ieo.es

<sup>1</sup>Unidad de Biología Marina, Universidad de Alicante. Ap-99 E-03080 Alicante, Spain. aramos@carn.ua.es

<sup>2</sup>Herbario Ficológico, Departamento de Biología Marina, Universidad Autónoma de Baja California Sur, Ap. 19-B, La Paz B.C.S. 23080 México. riosmena@uabcs.mx

## MAERL-FORMING SPECIES IN ALICANTE PROVINCE (SE SPAIN): A TAXONOMIC ANALYSIS

### ABSTRACT

During the course of an investigation of maerl forming species in Alicante (SE Spain) we found records of three well known species (*Lithothamnion corallioides*, *Phymatolithon calcareum* and *Lithophyllum duckerii*) and two genera not previously registered there: *Sporolithon* sp. and *Neogoniolithon* sp. and an additional species of *Lithophyllum* that might be new. In addition to this, only *P. calcareum* showed different growth-forms, and the rest of the plants presented only one growth form with the dominance of the fructicose plants. We present the taxonomic problem linked with the distribution knowledge of maerl forming species in the Mediterranean.

### INTRODUCTION

Maerl beds are ecologically interesting areas due to their fragility and scarcity and their high fauna and flora diversity (Biomaerl team, 1998). In European waters maerl beds are indirectly protected by EC 43/92 Directive, which regulates commercial exploitation of *Lithothamnion corallioides* and *Phymatolithon calcareum*, however this economic activity only occurs in the Atlantic. In the Mediterranean there are other sources of impact that affects maerl communities: trawling fishing acts as a major threat to their persistency, due to physical disturbance and other collateral effects as sediment suspension and turbidity increasing (Steller and Foster, 1995; Hall-Spencer and Moore, 2000). Maerl beds are one of the terms used to name the accumulations of unattached non-geniculate coralline algae that belong to the order Corallinales (Woelkerling 1988). These formations are present in all oceans, from the intertidal to depths of over 100m deep (Foster et al., 1997). In the Mediterranean, well-developed maerl beds are present in some patchy areas of the circalittoral, between depths of 25 and 100m (Ballesteros, 1988) although sparse plants can be found out of these limits. Most of the studies have been carried out in French and Italian Mediterranean coasts (Jacquotte, 1962; Giaccone et al., 1972). A problem concerning maerl-forming species is their identification, usually based on external morphology, which can vary in relation to depth distribution (Steller & Foster, 1995). In addition to this, there are records of multi-species composing a single rhodolith in Mediterranean areas (Basso, 1998). Problems in species recognition and distribution are also present in other areas e.g. north Europe (Irvine and Chamberlain 1994); meanwhile in other places a comprehensive identification effort has already been done (Riosmena-Rodriguez et al., 1999).

Unfortunately the taxonomy of these plants in Alicante coast was based on limited geographical sampling and out of date taxonomic concepts (Aranda 1997), which could mislead their identification and make inadequate their species level protection. Prior to this reassessment, Aranda (1997) established the following species for the study area: *Mesophyllum lichenoides*,

*Lithothamnion minervae*, *Phymatolithon calcareum*, and *Lithothamnion corallioides*. Our recent work on maerl forming calcareous algae in Alicante waters has revealed that there are more species in the area, and there was some taxonomic confusion, which should be solved in order to avoid misleading results and optimise management and preservation. In this paper we outline the problem linked to the taxonomic and distribution knowledge of maerl forming species in Alicante and its relation with the general problem in the Mediterranean.

## MATERIALS AND METHODS

**Study sites:** We studied 2 localities offshore Alicante province (SE Spain). Tabarca and Benidorm Island are two small coastal islands, approximately 4 km off the coast, and 35 km apart. At each locality, we located maerl beds between 34 and 39 m deep (figure 1).

**Collecting and herbarium methods:** To collect calcareous algae we used dredges and SCUBA diving. All specimens were catalogued by their external characteristics under the binocular. Their internal structure was analysed using scanning electronic microscope (SEM, JEOL JSM-840) and optical microscopy (OM). Plants were determined to species and genus using regional and general references depending on their taxonomic status (Cabioch et al., 1995; Woelkerling, 1988). Once all plants were examined, we prepared voucher material to be located at Alicante University Herbarium (AUH) and in Herbario Ficologico of UABCS (FBCS).

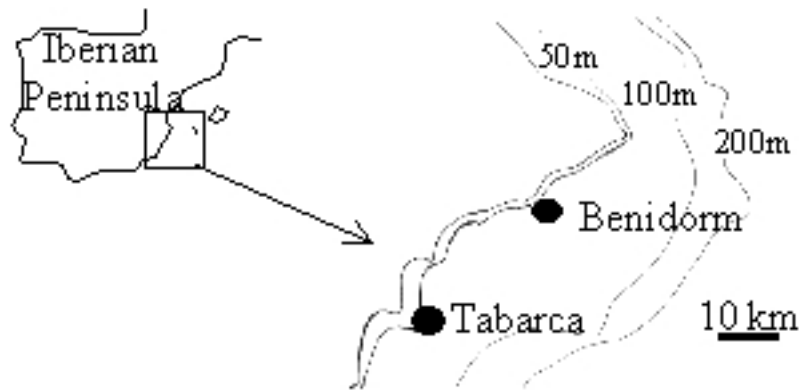


Figure 1. Sampling areas offshore Alicante province

## RESULTS

As a result of the present study we determined that 5 genus and at least 6 species are present in the Alicante area (table 1). In a further study we will show vegetative and conceptacles' anatomy supporting this identification. Most of the species found belong to the fruticose growth-form and only one was foliose (figure 2). We considered *Lithophyllum* sp. as a new species because of the tetrasporangial conceptacle morphology and we continue working with this plant to describe it in a modern concept. In the case of *Neogoniolithon* we are looking for spermatangial conceptacles to confirm the status.

Table 1. Found species at each sampling site.

	<i>Sporolithon</i> sp.	<i>Lithothamnion corallioides</i>	<i>Phymatolithon calcareum (lumpy)</i>	<i>Phymatolithon calcareum (fruticose)</i>	<i>Lithophyllum duckerii</i>	<i>Lithophyllum</i> sp.	<i>Neogoniolithon</i>
Tabarca	not found	found	not found	found	not found	found	not found
Benidorm	found	found	found	not found	found	found	found

## DISCUSSION

Based on our observations the composition of maerl forming deposits around Alicante waters has more species than previously suspected (Aranda 1997). The present paper shows a new record of *Neogoniolithon* spp. in the area. Differences encountered between this work and previous cataloguing of maerl forming species in Alicante coast (Aranda 1997) reveals that further study should be done to avoid misleading species-level identification using appropriate techniques and modern taxonomic concepts (Woelkerling, 1988). The taxonomic status of many of these species should be reconsidered as described in recent literature (Riosmena-Rodriguez et al., 1999). Further studies should be done in order to clarify species identification hence maerl beds composition. This new knowledge should be taken into account in order to improve the management and legal cover of European and Mediterranean maerl beds.

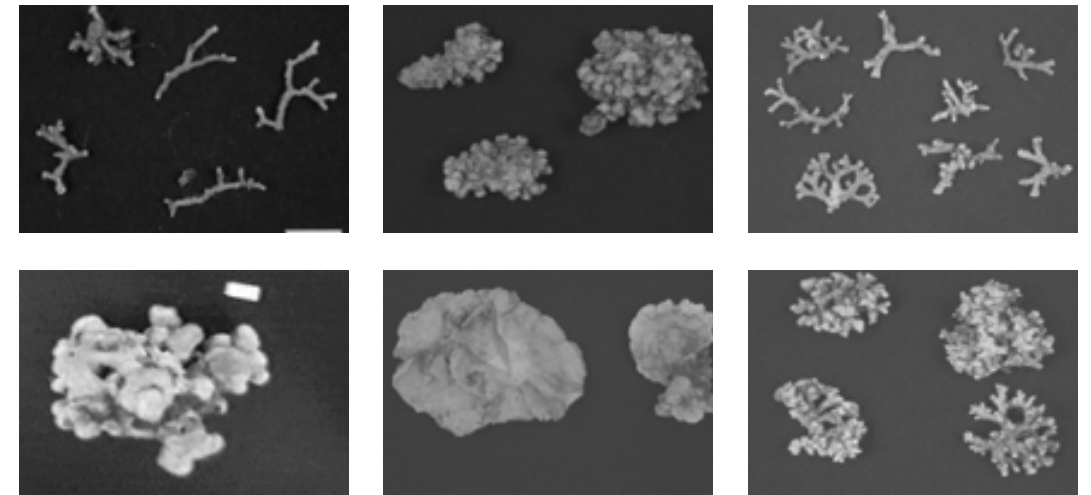


Figure 2. Growing forms of maerl forming species. a) *Sporolithon* sp.; b) *Lithothamnion corallioides*; c) *Phymatolithon calcareum*; d) *Lithophyllum duckerii*; e) *Lithophyllum* sp.; f) *Neogoniolithon* sp. Bar 1cm.

## ACKNOWLEDGEMENTS

This research has been funded by European Commission (BIOMAERL project MAS3-CT95-0020) and C. Bordehore was awarded a scholarship from the Spanish Ministerio de Educación y Cultura. Thanks to UABCS for a sabbatical leave permit and A. Angeles-Pérez for the support in this study.

## REFERENCES

- ARANDA A. (1997) – Informe de Algas del maerl. Internal report, Institut d'Ecologia Litoral: 25 PP.
- BALLESTEROS E. (1989) – Composición y estructura de los fondos de maerl de Tossa de Mar (Gerona, España). *Collectanea Bot. (Barcelona)*, 17(2): 161-182.
- BASSO D. (1998) - Deep rhodolith distribution in the Pontian Islands, Italy - a model for the paleoecology of a temperate sea. *Palaeogeog.Palaeoclim.Palaeoeco.* 137(1-2): 173-182.
- BIOMAERL team (1998) – Maerl grounds: habitat of high biodiversity in European seas. Third European Marine Science and Technology Conference, Lisbon 23-27 May 1998, Project Synopses 1: 170-178
- CABIOCH J.(1995) - contribution of Giraud, Georges to studies on the function of Corallinaceae and some calcified Rhodophyceae. *Cryp.Algol.* 16(3): 135-137.
- FOSTER M.S., RIOSMENA-RODRÍGUEZ R., STELLER D.L., WOELKERLING Wm.J. (1997) – Living rhodolith beds in the Gulf of California and their implications for paleoenvironmental interpretation. In: Johnson M.E., Ledesma-Vázquez J. (eds.), *Pliocene carbonates and related facies flanking the Gulf of California, Baja California, México*, Geological Society of America, especial paper 318, Boulder, Colorado: 127-139.
- GIACCONE G., ALESSI M.C., TOCCACELI M. (1962) – Flora e vegetazione marina del l'Isola di Ustica. *Boll.Acc.Sci.Nat.Gio.* 18: 505-536.
- HALL-SPENCER J.M., MOORE P.G. (2000) – Impact of scallop dredging on maerl grounds. In: Kaiser M.J., de Groot S.J. (eds), *The effects of fishing on non-target species and habitats: biological, conservation and socio-economic issues*. Blackwell Science: 105-117.
- IRVINE L.M., CHAMBERLAIN Y.M. (1994) – Seaweeds of the British Isles. Vol I Rhodophyta part 2 Corallinales. HMSO, London: 276 PP.
- JACQUOTTE R. (1962) – Etude des fonds de maerl de Mediterranee. *Rec.T.St.Mar.End.* 26: 141-216.
- RIOSMENA-RODRIGUEZ R., WOELKERLING Wm. J., FOSTER M.S. (1999) – Taxonomic reassessment of rhodolith-forming species of *Lithophyllum* (Corallinales, Rhodophyta) in the Gulf of California, México. *Phycologia* 38(5): 41-117.
- WOELKERLING Wm. J. (1988) – *The Coralline Red Algae*. Oxford University Press, London & Oxford: 268 PP.

C. BORDEHORE\*1, J.A. BORG2, E. LANFRANCO2, A. RAMOS-ESPLÁ1, M. RIZZO2, P.J. SCHEMBRIZ

1Unidad de Biología Marina, Universidad de Alicante, Spain.

2Department of Biology, University of Malta, Malta, Malta.

\*Corresponding author present address, e-mail: cesar.bordehore@mu.ieuo.a.es, Instituto Espanol de Oceanographia (C.O. Mercia) – C/Varadero 1, San Pedro 30740 Murcia, Ap 99 E-03080 Alicante, Spain

## TRAWLING AS A MAJOR THREAT TO MEDITERRANEAN MAERL BEDS

### ABSTRACT

European project MAST III CT95-0020 studied the characteristics of European of European maerl beds and the effects of human activities upon them. In the Mediterranean, trawling appeared as the major impact on these habitats. In this study we compare the characteristics of maerl beds from a fished and an unfished site from 2 localities, Alicante (SE Iberian Peninsula) and Malta (central Mediterranean). We conclude that recurrent trawling affects negatively the maerl ecosystem by decreasing the size and cover of the component calcareous algae and increasing the relative proportion of fines thus diminishing mean sediment grain size.

**KEY WORDS:** Trawling, maerl beds, Mediterranean

### INTRODUCTION

Maerl is a term used to describe biogenic gravels formed by the accumulation of unattached non-geniculate coralline algae (Corallinales, Rhodophyta) and occasionally also from calcified peyssoneliacean algae. These algae typically take the form of nodules known as rhodoliths. Maerl beds are present in all oceans, from the intertidal to depths of over 100m (Bosence, 1983; Littler et al., 1991). In the Mediterranean, well developed maerl beds are patchily present in transition zone between the lower infralittoral where *Posidonia oceanica* reaches its lower bathymetric limit, and the upper circalittoral, hence at depths of between 25m and 100m (Pérès and Picard, 1964; Ballesteros; Ballesteros, 1989); however sparse rhodoliths can be found outside these depth limits.

Maerl beds are ecologically interesting habitats for several reasons (Jacquote, 1962; BIO-MAERL team, 1998): i) they develop on fine sedimentary bottoms creating coarser substrata and increasing spatial heterogeneity; ii) they support a highly diverse biota, members of which are exploited commercially while others are rare or even endemic; and iii) rhodoliths are extremely slow growing and well developed maerl beds may take centuries to develop.

Mediterranean maerl habitats are not explicitly protected. Maerl is considered an «endangered landscape» by UNEP/IUCN/GIS Posidonie (1990), while some individual maerl-forming species are protected at a Mediterranean level: *Lithophyllum lichenoides* (SPA, 1999) and *Lithothamnion corallioides* and *Phymatolithon calcareum* in European Community waters, where their exploitation is regulated (EC Directive 43/92, Annex V).

In the Mediterranean trawling is considered the most important source of negative impact on the benthos (Bellan-Santini, 1994) and recent work has demonstrated the dramatic effect of

such fishing on benthic marine assemblages (e.g. Dayton et al., 1995; Watling and Norse, 1998), including on maerl beds (Hall-Spencer and Moore, 2000).

The present work focuses on Spanish and Maltese waters. Fishing regulation in these two countries are different: in Spain trawling is prohibited at depths shallower than 50m; in Malta trawling is prohibited closer than 3 nautical miles from the coast. However maerl occurs outside these prohibited zones and illegal practices are more frequent than desired. To study the impacts of trawling on maerl beds, we compared rhodolith characteristics and bed sedimentology of fished and unfished grounds in Alicante (SE Spain) and in Malta.

## MATERIALS AND METHODS

Within Alicante and Malta localities we selected two sites, one impacted by trawling and other unfished, thus serving as a control (figure 1) on the basis of published (see Ramos-Espla, 1985 for Alicante and Borg et al., 1998 for Malta) and unpublished work and after consulting with local fishermen.

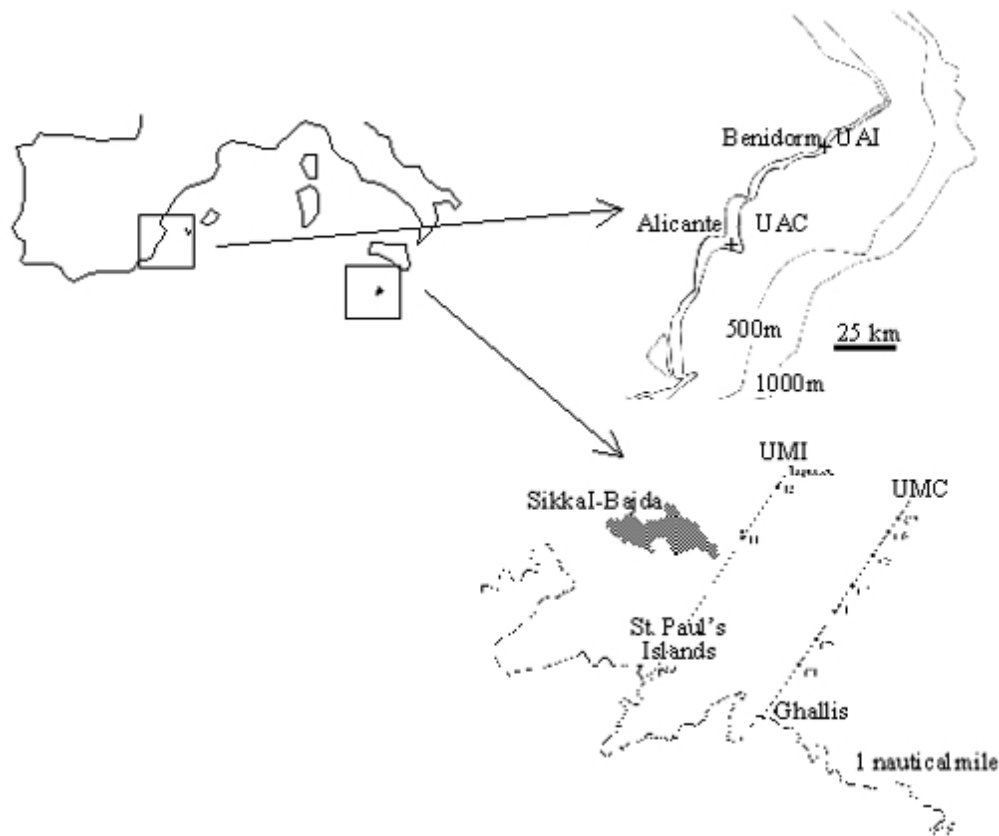


Figure 1. Location of the study sites. UMC, UMI: Malta control/impacted; UAC, UAI: Alicante control/impacted.

At Alicante samples were collected by SCUBA divers from 0.01 m<sup>2</sup> (x 4cm deep) quadrats fitted with a 1mm mesh bag. At Malta, we used a Van Veen grab (Khalisco) and samples were sieved through a 1mm mesh on deck. We obtained 6 replicate samples per season and per site, during two consecutive years (winter 1997-autumn 1999). We estimated total cover and

size of living rhodoliths. Sediment was sampled using diver-deployed corers (9 cm diameter x 15 cm deep).

## RESULTS

Figure 2A shows that UAC had a much higher cover of calcareous algae than UAI, but for Malta, UMC has less cover than UMI. Rhodolith size was bigger at UAC than at UAI, but the opposite occurred at UMC and UMI; however, note that rhodoliths from UMI, UMC and UAC had similar sizes. Figure 2B shows that median grain size was larger at UAC than at UAI, and the percentage of fines was much greater at UAI than at UAC. At Malta median grain size was larger at UMI, and fines percentage of fines greater at UMC. Note that the Maltese sites and UAC show the same pattern for both variables, but the opposite occurs at UAI.

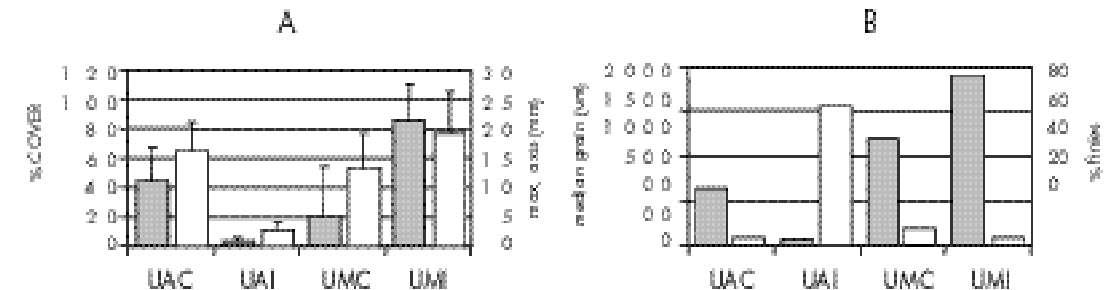


Figure 2. A) Mean rhodolith cover and length of maximum axis of living rhodoliths at each locality. B) Median grain size and percentage of fines (<63 µm) at each locality. (Gray and white bars correspond to left and right scales respectively; error bars are +1SD).

## DISCUSSION

Our results show that there is a large difference between UAC and UAI, but for the Maltese localities differences are not as large, being both sites similar to UAC. This pattern may reflect differences in fishing effort: in Malta there are only 6 trawlers and none can legally fish the maerl bed, whereas at UAI (La Vila harbour) there are at about 50 trawlers (IEO-SGPM, 1998). Differences in measured variables of UAI from the other three sites supports the hypothesis that intense and recurrent trawling activity could have changed the characteristics of this maerl bed: rhodoliths here are sparser and smaller, while the sediment is finer than any of the other sites. Furthermore, using grab sampling at UAI, we were able to collect large rhodoliths (15-50 mm diameter) in rocky bottoms precluded from trawling. At UAI we also observed a shift in the algal assemblage from hard Corallinales at rocky areas to more opportunistic soft Peyssonneliaceae in the trawled areas, probably due to changes induced by trawling (e.g. turbidity, physical damage, sedimentation increasing). A parallel study reported elsewhere showed a lower diversity of maerl-associating macrofauna and loss of mature ecosystem species at the impacted sites (BIOMAERL team, 1998). Although we cannot assert that differences at the UAI site are due exclusively to trawling, since we lack a formal BACI design (Underwood, 1994), our data coincide with experimental studies carried out in shallower waters in other seas (e.g. Hall-Spencer and Moore, 2000) where experimental work is possible, given the shallower water (< 30m).

## ACKNOWLEDGEMENTS

The research in Alicantes was funded by the European Commission (BIOMAERL project MAS3-CT95-0020) and C. Bordehore was supported by a scholarship from the Spanish Ministerio de Educación y Cultura. The Maltese work was funded by the University of Malta.

## REFERENCES

- BALLESTEROS E. (1989) – Composición y estructura de los fondos de maërl de Tossa de Mar (Gerona, España). *Collectanea Bot. (Barcelona)*, 17(2):161-182.
- BELLAN-SANTINI D., LACAZE J.C., POIZAT C. (1994) – Les biocénoses marines et littorales de Méditerranée, synthèse, menaces et perspectives. *Coll. Patrimoines Naturels* 19, M.N.H.N. Paris: 246 pp.
- BIOMAERL team (1998) – Maërl grounds: habitat of high biodiversity in European seas. *3rd Eur. Mar. Sci. Tech. Conf.*, Lisbon 23-27 May 1998, *Project Synopses* 1: 170-178.
- BORG J.A., HOWEGE H.M., LANFRANCO E., MICALLEF, S.A., MIFSUD C., SCHEMBRI P.J. (1998) - The macrobenthic species of the infralittoral to circalittoral transition zone off the north-eastern coast of Malta (Central Mediterranean). *Xjenza [Malta]* 3(1): 16-24.
- BOSENCE D.W.J. (1983) – The occurrence and ecology of recent rhodoliths: A review. In: Peryt T., (ed), *Coated grains*, Springer-Verlag, Berlin: 225-242.
- DAYTON P.K., THRUSH S.F., AGARDY M.T., HOFMAN R.J. (1995) – Environmental effects of marine fishing. *Aquat. Cons.* 5:5: 205-232.
- HALL-SPENCER J.M., MOORE P.G. (2000) – Impact of scallop dredging on maerl grounds. In: Kaiser M.J., de Groot S.J. (eds), *The effects of fishing on non-target species and habitats: biological, conservation and socio-economic issues*. Blackwell Science: 105-117.
- IEO-SGPM (1998) – Estadísticas de los pesqueros de arrastre de la Comunidad Valenciana. Instituto Español de Oceanografía, Secretaría General de Pesca Marítima.
- JACQUOTE R. (1962) – Etude des fonds de maerl de Méditerranée. *Rec. Trav. St. Mar. End.* 26(41): 141-216.
- LITTLER M.M., LITTLER D.S., HANISAK M.D. (1991) – Deep-water rhodolith distribution, productivity, and growth history at sites of formation and subsequent degradation. *J. Exp. Mar. Ecol. Biol.* 150:163-182.
- PÉRÈS J.M., PICARD J. (1964) – Nouveau manuel de bionomie benthique de la mer Méditerranée. *Rec. Trav. St. Mar. End.* 31(47): 5-137.
- RAMOS-ESPLA A. (1985) – Contribución al conocimiento de las biocenosis bentónicas litorales de la isla Plana o Nueva Tabarca. In: Ramos-Esplá A. (ed.) *La reserva marina de la Isla Plana o Nueva Tabarca*, Ayuntamiento de Alicante-Universidad de Alicante: 111-149.
- SPA protocol (1999) – Action plan for the conservation of marine vegetation in the Mediterranean Sea. *Barcelona Convention for the Protection of the Mediterranean Sea*, Annex 2.

UNDERWOOD A.J. (1994) - On Beyond BACI - sampling designs that might reliably detect environmental disturbances. *Ecol. Appl.* 4(1):3-15.

UNEP/IUCN/GIS Posidonie (1990) – Livre rouge «Gérards Vuignier» des végétaux, peuplements et paysages menacés de Méditerranée. *Mediterranean Action Plan Tech. Rep. Ser.* 43: 1-250.

WATLING L., NORSE, NORSE E.A. (1998) – Disturbance of the seabed by mobile fishing gear: a comparison to forest clearcutting. *Conserv. Biol.* 12: 1180-1197.

S. BOUMAZA, R. SEMROUD

Institut national des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral, BP54, Sidi-Fredj, Algérie

## SURVEILLANCE DE L'HERBIER A POSIDONIA OCEANICA D'EL DJAMILA (ALGERIE)

**RESUME :** Les résultats du premier suivi de la limite inférieure de l'herbier à *Posidonia oceanica* d'El Djamil, trois ans après la mise en place du balisage en 1997, confirment le caractère érosif de cette limite, matérialisé in situ par une surélévation des balises par rapport à la ligne de base du substrat et un déchaussement important des rhizomes, ce qui entraîne leur fragilisation. L'hydrodynamisme est à l'origine de ce type de limite. Quant aux indicateurs de la vitalité des herbiers (densité, recouvrement, phénologie et lépidochronologie), ceux-ci ne montrent pas de fluctuations significatives.

**MOTS-CLÉS :** *Posidonia oceanica*, lower limit, monitoring, Algeria.

### INTRODUCTION

Le système de surveillance de l'herbier à *Posidonia oceanica* d'El Djamil mis en place en 1997 comporte un carré permanent et un balisage d'une portion de sa limite inférieure. Ces techniques, déjà employées depuis de nombreuses années dans le cadre du Réseau de Surveillance Posidonies (Charbonnel et al., 1995 ; Sinnassamy et al., 1991), associées à des études de caractérisation de la vitalité des herbiers à *Posidonia oceanica*, permettent une surveillance à long terme de leur évolution. Cette surveillance à long terme constitue un complément indispensable au contrôle de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux littorales. Cette étude présente les résultats du premier suivi, réalisé au mois d'août 2000, de la limite inférieure de l'herbier à *Posidonia oceanica* d'El Djamil, trois ans après la mise en place du balisage.

### MATERIEL ET METHODES

Le secteur étudié est situé dans la petite baie d'El Djamil (Figure 1). C'est une zone dont le linéaire côtier connaît une forte occupation (habitations, port), ce qui engendre une pollution principalement domestique.

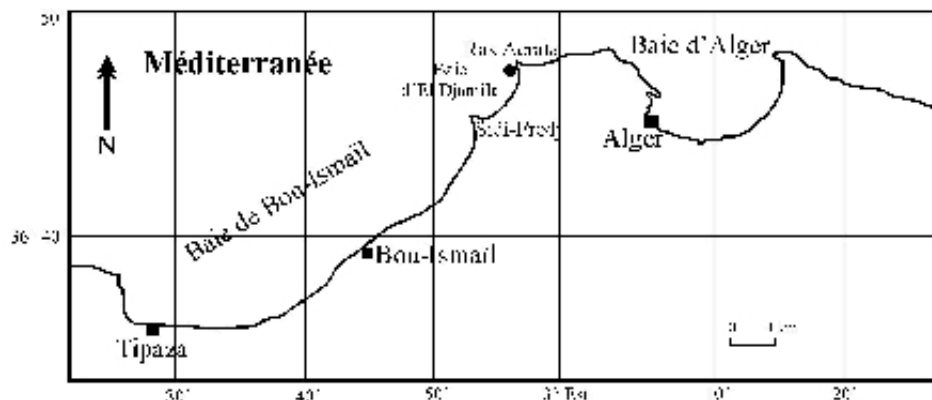


Figure 1. Localisation géographique de la zone d'étude (.)

Le balisage de la limite inférieure de l'herbier à *Posidonia oceanica*, mis en place en septembre 1997 (Semroud et al., 1997), est situé dans le secteur est de la baie, à environ 250 m du rivage et à une profondeur moyenne de 8 m (Figure 2).

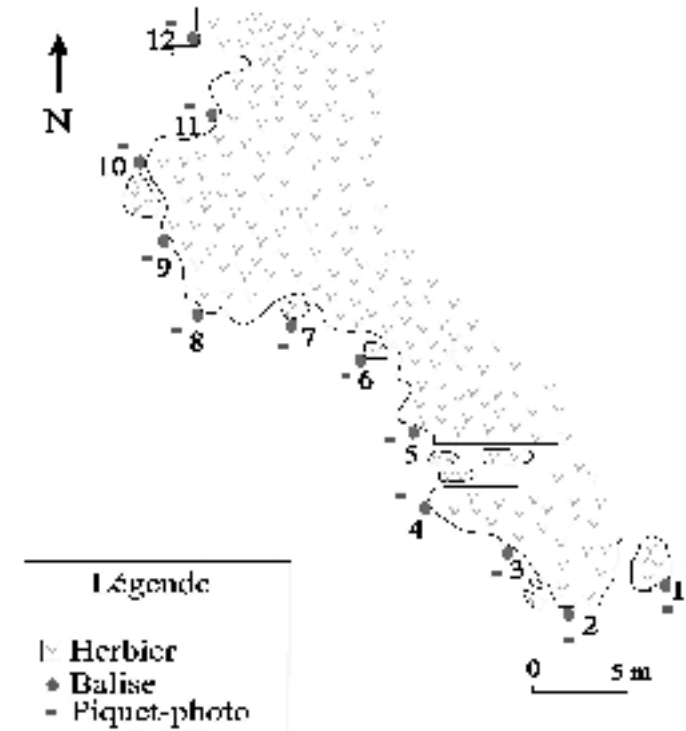


Figure 2. Cartographie du balisage de la limite inférieure de l'herbier d'El Djamil.

C'est une limite peu profonde ; en effet, dans l'ensemble de la zone orientale de la baie de Bou-Ismaïl, l'extension bathymétrique maximale des herbiers à *Posidonia oceanica* est faible. C'est une limite plus ou moins continue, se présentant sous l'aspect d'une succession de grandes tâches de 1 à 3 m de largeur, qui confluent par endroits. 12 balises en béton de 25 kg environ et munies de flotteurs numérotés sont fixées à l'aide de 3 barres métalliques de 1 m de long et distantes de 5 m les unes des autres, le long de la limite. Des photographies ont été prises depuis un point fixe situé à 1.5 m en aval et à 0.5 m au-dessus du fond ; elles serviront d'éléments de référence lors des suivis ultérieurs. Les paramètres indicateurs de la vitalité des herbiers à *Posidonia oceanica* sont mesurés en utilisant le même protocole qu'en 1997, à savoir :

- la densité est estimée à l'aide d'un quadrat de 20 cm de côté ; 3 réplicats sont effectués en arrière de chaque balise ;
- le recouvrement est estimé en amont de chaque balise à l'aide d'un quadrat de 1 m de côté ; 5 réplicats sont réalisés ;
- le déchaussement des rhizomes qui correspond à la distance entre le point végétatif de la plante et la surface du sédiment (Boudouresque et al., 1984) est estimé à partir de 72 faisceaux (orthotropes et plagiotropes) ;
- l'observation minutieuse du substrat est notée, il s'agit d'indiquer sa nature, la présence de matte morte et de ripple-marks ;
- l'étude phénologique a porté sur 20 faisceaux orthotropes récoltés le long de la limite et étudiés selon le protocole de Giraud (1977). Les paramètres

relatifs à la biométrie foliaire permettront le calcul de la surface foliaire par faisceau et le coefficient A (Giraud, 1977) ; (vi) les biomasses des feuilles et des épiphytes des feuilles exprimées en g Ps/faisceau sont obtenues après passage à l'étuve (70°, 48 heures) ; (vii) l'étude lépidochronologique a également porté sur 20 rhizomes, selon le protocole de Pergent (1990). Elle permet d'évaluer le nombre de feuilles produites annuellement (nombre d'écaillés par cycle) et d'estimer la vitesse de croissance des rhizomes.

## RESULTATS ET DISCUSSION

Le balisage mis en place en septembre 1997 n'a pas subi de détérioration, seuls les flotteurs portant les numéros des balises ont dû être remplacés. Les relèvements de balise à balise indiquent que celles-ci n'ont pas subi de déplacement. En revanche, les balises B6, B7 et B8 présentent une surélévation importante de 60 cm en moyenne, par rapport à la ligne de base du substrat. Un déchaussement important des rhizomes, particulièrement au centre des îlots, est également noté, dont l'intervalle des mesures oscille entre 3 et 10.5 cm, contre 0.5 et 7 cm, en 1997. Les mattes mortes ainsi que le substrat dur sous-jacent, en aval du balisage, ne sont plus masqués par du sédiment et de nombreuses ripple-marks sont observables. Cette limite érosive caractérisée par la présence de tombants de matte est le résultat d'un hydrodynamisme important qui érode l'herbier lui interdisant toute progression vers le large.

La densité moyenne est de  $460 \pm 90$  faisceaux par  $m^2$  contre  $432 \pm 84$  en 1997. Ces valeurs indiquent une densité normale, selon la classification de Pergent et al. (1995).

Le recouvrement moyen est de 30% en amont du balisage, il est du même ordre de grandeur que celui noté en 1997 (25%).

Les paramètres phénologiques ne montrent pas de fluctuations entre 1997 et 2000 (Tableau 1). Seule la longueur moyenne des feuilles adultes est légèrement plus importante.

**Tableau 1.** Comparaison des paramètres de phénologie de *Posidonia oceanica* d'El Djamilia entre 1997 et 2000.

Paramètres	1997	2000
Nombre de feuilles adultes par faisceau	$3.3 \pm 0.8$	$3.4 \pm 0.9$
Longueur moyenne des feuilles adultes (mm)	$460.8 \pm 153.1$	$536 \pm 215.5$
Largeur moyenne des feuilles adultes (mm)	$10.9 \pm 0.9$	$10.7 \pm 0.6$
Longueur moyenne des bases des feuilles adultes (mm)	$34.3 \pm 8.5$	$36.3 \pm 12.1$
Coefficient A des feuilles adultes (%)	98.5	89.6
Surface foliaire des feuilles adultes ( $cm^2$ /faisceau)	$162.1 \pm 64.1$	$181.2 \pm 70.1$
Nombre de feuilles intermédiaires par faisceau	$2.6 \pm 0.8$	$2.7 \pm 0.6$
Longueur moyenne des feuilles intermédiaires (mm)	$233.7 \pm 157.1$	$233.5 \pm 134.0$
Largeur moyenne des feuilles intermédiaires (mm)	$10.0 \pm 0.6$	$10.0 \pm 1.5$
Coefficient A des feuilles intermédiaires (%)	13.8	13.0
Surface foliaire des feuilles intermédiaires ( $cm^2$ /faisceau)	$60.4 \pm 26.5$	$63.9 \pm 21.0$

La biomasse moyenne des feuilles adultes présente des fluctuations entre 1997 et 2000 (Tableau 2), cette augmentation est à lier à la longueur des feuilles.

**Tableau 2.** Comparaison des biomasses moyennes des feuilles et des épiphytes des feuilles, entre 1997 et 2000.

Biomasse moyenne par faisceau (g Ps)	1997	2000
Feuilles adultes	$0.6 \pm 0.3$	$1.0 \pm 0.3$
Epiphytes des feuilles adultes	$0.3 \pm 0.2$	$0.3 \pm 0.2$
Feuilles intermédiaires	$0.2 \pm 0.1$	$0.2 \pm 0.8$
Epiphytes des feuilles intermédiaires	$0.08 \pm 0.13$	$0.01 \pm 0.01$

La biomasse moyenne des épiphytes des feuilles ne montre pas de variations notables entre les deux années. Toutefois, ces valeurs sont importantes et s'expliqueraient par un enrichissement du milieu en nutriments, selon Pergent et al. (1995).

L'évolution au cours du temps du nombre moyen de feuilles produites par an, depuis la mise en place du balisage en 1997, semble en augmentation (Tableau 3). Inversement, la vitesse de croissance des rhizomes montre une diminution entre 1993 et 1999, ces résultats sont cohérents avec les niveaux de déchaussement relevés et avec la nature du sédiment (sable coquiller) observé au niveau des intermattes et en aval du balisage.

**Tableau 3.** Nombre d'écaillés par cycle et vitesse de croissance des rhizomes de *Posidonia oceanica* de l'herbier d'El Djamilia.

Années lépidochronologiques	Nombre d'écaillés	Vitesse de croissance des rhizomes
1999	$9.9 \pm 1.1$	$7.1 \pm 4.7$
1998	$9.7 \pm 1.3$	$7.7 \pm 2.4$
1997	$8.6 \pm 1.4$	$8.5 \pm 5.1$
1996	$8.0 \pm 1.4$	$8.6 \pm 4.0$
1995	$8.7 \pm 1.9$	$9.0 \pm 2.8$
1994	$8.9 \pm 1.5$	$11.1 \pm 5.4$
1993	$8.3 \pm 0.8$	$15.8 \pm 5.8$

## CONCLUSION

Le suivi de la limite de l'herbier à *Posidonia oceanica* d'El Djamilia montre son caractère vulnérable qui résulte d'une part de l'important hydrodynamisme qui règne dans ce secteur, et d'autre part de l'action anthropique, dont l'impact est matérialisé par la présence de matte morte. Les paramètres caractérisant la vitalité des herbiers à *Posidonia oceanica* ne montrent pas de fluctuations en trois ans ; un retour sur le site tous les cinq ans serait plus indiqué. Néanmoins, il serait judicieux d'effectuer un entretien annuel des structures fixes, du fait de l'importance de l'hydrodynamisme.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BOUDOURESQUE C.F., JEUDY DE GRISSAC A., MEINESZ A. (1984) – Relation entre la sédimentation et l'allongement des rhizomes orthotropes de *Posidonia oceanica* dans la baie d'Elbu (Corse). International workshop *Posidonia oceanica* Beds, Boudouresque C.F, Jeudy de grissac A., Olivier J. édité. GIS Posidonie publ., Fr., 185-191.

CHARBONNEL E., BOUDOURESQUE C.F., MEINESZ A., PERGENT-MARTINI C., RICO-RAIMONDINO V., SAN-MARTIN., BERTRANDY M. C., FORET P., RAGAZZIM., LECCIA G. (1995) - Le Réseau de surveillance Posidonies de la région Provence-Alpes. Côte d'Azur. Rapport 1995 (4ème phase 2ème année). Région PACA/GIS Posidonie / CQEL 13 / CQEL 83 / DQECV / CQEL 06. GIS Posidonie Publ., Marseille, Fr. : 193 PP.

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, Fr. : 1-150.

PERGENT G. (1990) - Lepidochronological analysis of the seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile : a standardized approach. *Aquat. Bot., Netherl.*, 37 : 39-54.

PERGENT G., PERGENT-MARTINI C., BOUDOURESQUE C. F. (1995) - Utilisation de l'herbier à *Posidonia oceanica* comme indicateur biologique de la qualité du milieu littoral en Méditerranée : Etat des connaissances. *Mesogée*, 54 : 3-27.

SEMROUD R. , BOUMAZA S. , BOUKORTT R., BADJOU R. , BOUMOULA N., HADJ AÏSSA R., SIDI BOUMEDIENNE T. (1998) - Surveillance de l'herbier à *Posidonia oceanica* (L.) Delile au large de la Grande Plage d'El Djamilia (Baie de Bou-Ismaïl, Algérie). Contrat DGE / ISMAL , ISMAL publ., Alger, Alg. : 48 PP.

SINNASSAMY J. M., BERTRANDY M. C., BOUDOURESQUE C. F., FORET P., LECCIA M., MEINESZ A., PERGENT G., PERGENT-MARTINI C., RICO-RAIMONDINO V. (1991) - Réseau de surveillance Posidonie. Rapport 2ème année/ 2ème phase. GIS Posidonie publ., Marseille, Fr. : 1-66.

BRESSAN Guido et COPPOLA DI CANZANO Mirella  
 Département de Biologie, Université de Trieste,  
 10, rue Giorgieri - 34127 Trieste (Italie)

## COMMENT PROJETER DES COLLECTIONS ALGALES POUR UNE ÉTUDE DE BIODIVERSITÉ

**RESUME:** Afin qu'un monitoring soit significatif, même pour la «protection de l'environnement», la précision des déterminations ainsi que la capacité d'organiser ensuite des collections, sur la base des relevements réalisés sur le terrain, sont indispensables. Un exemple d'application nous est fourni par la révision de la «Nova Collectio Corallinales» de l'Herbarium Universitatis Tergestinae (TSB). Ce travail a été effectué sur la base de la distinction combinée entre des caractères descriptifs et diacritiques, d'une part, prévus et observés, de l'autre. Cette approche, appliquée à la section *Articulatae* (2 sous-familles: *Corallinoideae* et *Amphiroideae*) a permis d'évaluer la valeur de chaque échantillon, et par conséquent de toute la collection, considérée comme la correspondance/proximité entre tout ce qui est prévu et ce qui est observé.

**KEY-WORDS:** biodiversity, monitoring, collections, features, specimens.

### INTRODUCTION

Depuis les temps modernes, avec l'avènement de l'industrialisation, on a universellement reconnu la nécessité de protéger l'environnement des déséquilibres naturels toujours plus fréquents et évidents. Au cours de ces dix dernières années, cette nécessité de protection s'est révélée progressivement plus pressante, un véritable impératif catégorique pour les politiciens et les scientifiques.

En particulier, dans le cadre de la protection de l'environnement sous-marin, l'étude de la biodiversité des peuplements macrophytobenthiques s'est imposée pour la particularité de ces végétaux qui par leur présence-absence, abondance-dominance, luxuriance-vitalité, fertilité, sont des «indicateurs de qualité» de l'environnement.

La communauté scientifique poursuit encore la mise au point de techniques de monitoring algal basées sur des références incontestables; on cherche actuellement une méthode de détermination et de structuration des collections pour améliorer le monitoring depuis l'activité sur le terrain.

Sous le profil de la «richesse» floristique, un monitoring peut être estimé significatif seulement si l'exhaustivité de l'échantillonnage s'accompagne de la précision des déterminations et la capacité successive d'organiser les échantillons en «collections» sur la base des prélèvements réalisés en mer. Dans cette optique, l'organisation correcte d'une collection s'avère d'autant plus importante.

Une approche à cette thématique a été essayé à partir de l'étude (Coppola di Canzano, 1999) d'une collection de *Corallinales Articulatae* (Rhodophyta). Ce travail a été effectué sur des algues rouges calcaires, car bon nombre de ces espèces jouent un rôle fondamental dans l'écosystème marin: on peut en effet affirmer qu'aucun autre groupe d'algues marines n'occupe une gamme d'habitat si vaste aussi bien du point de vue «temporel» (Johansen, 1981) que «spatial» (Steneck, 1986).

## MATERIEL ET METHODES

L'approche de l'organisation d'une collection a été considérée sous des différents aspects : analytiques, relatifs à la détermination (1a et 1b) ; synthétiques, relatifs à l'évaluation des échantillons prélevés (2) et à l'élaboration de fiches descriptives (3).

Lors de la recherche d'une méthode visant à obtenir des déterminations correctes et rapides, accessible même aux « moins compétents », on a procédé de la façon suivante :

1a) pour chaque espèce examinée, les caractères utiles à la détermination ont été subdivisés en deux catégories (ensembles) :

- caractères diacritiques (D) liés au génotype de l'algue, issus de la littérature scientifique et obtenus grâce à des instruments de détermination ;
- caractères descriptifs (d) qui contribuent tous ensemble à décrire d'une façon précise un individu appartenant à une espèce déterminée ; ces caractères sont moins constants parce qu'ils sont souvent influencés par les conditions environnementales ;

1b) création de « fiches synoptiques de détermination » qui présentent : horizontalement, les caractères diacritiques (D) et descriptifs (d) prévus pour chaque espèce de la collection appartenant à une sous-famille donnée, la plupart issus de la littérature ; verticalement, les caractères prévus pour chaque espèce et une colonne vide (blank) réservée aux caractères observés sur l'échantillon pris en examen (ces fiches sont utiles à la détermination ex novo) ;

2) création de « fiches d'évaluation » qui présentent :

- les caractères prévus, diacritiques et descriptifs (Dp et dp) pour une espèce donnée ;
- les caractères observés, diacritiques et descriptifs (Do et do) dans un échantillon donné.

Du rapport des différences entre le total des caractères prévus et le total des caractères observés (Dp - Do) et (dp - do), on peut facilement évaluer la ressemblance entre l'échantillon observé et l'échantillon prévu.

3) En ce qui concerne le problème de la « dispersion » des données et de l'iconographie, on a créé (pour chaque espèce appartenant à la collection) des fiches descriptives.

Chaque fiche présente :

- la caractérisation de l'espèce tirée de la littérature scientifique ;
- des renseignements sur les échantillons d'une espèce donnée présents dans la Collection (numération des boîtes, état de conservation, présence de conceptacles, etc.) ;
- des renseignements de type « visuel » sur l'espèce (photo et/ou dessins) comme images obtenues lors de l'observation des échantillons, relatives aux caractères macroscopiques des différentes espèces appartenant à la collection. La plupart de ces images ont été sélectionnées et intégrées à l'intérieur d'une banque de données relationnelle, avec des images provenant de textes différents et d'autres dérivant de recherches au microscope optique et à balayage.

Chaque fiche, ainsi rédigée, peut ensuite être utilisée afin de mettre en évidence les caractères les plus importants pour la détermination, à savoir diacritiques et descriptifs récurrents et facilement repérables.

Pour ce qui est ensuite de la nécessité de mise à jour, les fiches ont été étudiées comme des structures « ouvertes », subissant également des modifications (révisions des nomenclatures, vérification des déterminations précédentes, etc.) et des intégrations (arrivage de nouveaux échantillons). L'élaboration par des instruments digitaux de ces fiches se prête bien en outre à la divulgation de ces renseignements dans les circuits multimédiaux.

La réalisation pratique de la collection est amplement documentée (Coppola di Canzano, 1999) et en partie illustrée dans une affiche jointe à cette présentation.

## RESULTATS

Vu que dans un « échantillon idéal » le rapport : nombre des caractères observés / nombre des caractères prévus = 1, ce rapport a été calculé pour chaque échantillon de la collection selon cette formule :

$$y = Do/Dp; \quad x = do/dp$$

les valeurs obtenues à partir de ce critère figurent dans un graphique de dispersion (voir Figure 1) qui nous fait comprendre combien la collection se rapproche de l'optimum. L'analyse de cette figure permet de voir quelle est la section qui mérite le plus d'attention afin d'accroître la valeur et l'exhaustivité de la collection.

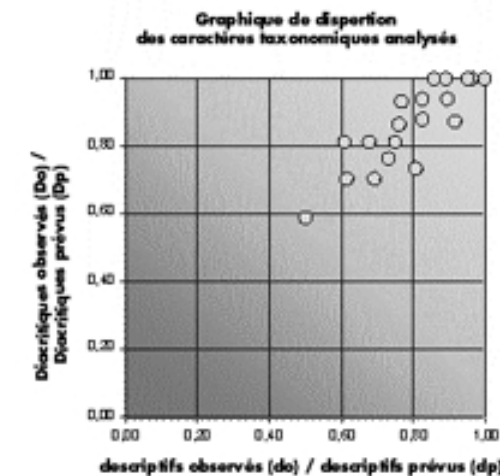


Figure 1: Graphique de dispersion des caractères taxonomiques analysés (chaque boule indique le résultat de l'application de la formule, ci dessus, à un échantillon)

A remarquer : les méthodologies susmentionnées peuvent être appliquées à d'autres organismes (ex. : mousses et lichens) qui, comme les algues, présentent peu de caractères et/ou des phénomènes de convergence morphologique qui rendent difficiles leur détermination.

## DISCUSSION ET CONCLUSIONS

Dans l'élaboration de collections il faut tenir compte de la double valence de ces instruments :

- comme archives de biodiversité (présence/absence d'une espèce donnée par rapport aux paramètres de temps/lieu). Cette approche permet de comparer des situations actuelles et des situations passées et d'obtenir aussi des renseignements d'ordre climatique/environne-

mental. Dans ce contexte sont fondamentalement importantes: l'«exhaustivité» des échantillons, la «précision» des déterminations, la «correspondance» des caractères (valeur substantielle), plutôt que la «beauté» (valeur formelle).

- comme instrument didactique (exposition des échantillons représentatifs et point de repère pour des déterminations successives). Le concept de «valeur formelle» de la collection prend une connotation importante.

Outre les divers aspects d'un même «problème» (protection de l'environnement, biodiversité, monitoring, collections), il convient d'ajouter la nécessité d'une «comparabilité méthodologique» visant à conserver sur des bases confrontables, par conséquent, constantes et homogènes, les protocoles d'analyse. C'est justement la comparabilité méthodologique qui permet de garantir une historicité fondamentale pour une approche systématique des études de biodiversité.

Sans un engagement commun qui va dans ce sens, toute observation risque d'être dépourvue de tout fondement (pour les Corallinales, par exemple, c'est le cas de la Méditerranée; Babbini et Bressan, 1997), le terme de comparaison entre passé et présent venant ainsi à manquer dans une comparaison rigoureuse et nécessaire.

## REMERCIEMENTS

Il nous est agréable d'exprimer ici toute notre reconnaissance à tous ceux qui nous ont permis de présenter ce manuscrit et en particulier à Lorenza Babbini, Noela Brunetta et Alessio Semerani.

## BIBLIOGRAPHIE

BABBINI L. & BRESSAN G. (1997) - Recensement de Corallinacées de la Mer Méditerranée et considérations phytogéographiques. *Bibliotheca Phycologica*. 103: 421 PP.

COPPOLA DI CANZANO M.C. (1999) - Revisione critica tassonomico-nomenclaturale della Collezione di Corallinales (Rhodophyta) dell'Herbarium Universitatis Tergestinae (TSB). 221 + 22 PP.

JOHANSEN H. W. (1981) - *Coralline Algae, A First Synthesis*. CRC Press, Boca Raton, Florida. [vii] + 239 PP.

STENECK R.S. (1986) - The ecology of coralline algal crusts: convergent patterns and adaptive strategies. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 17: 273-303.

CECERE Ester, PETROCELLI A. and SARACINO O.D.  
Istituto Talassografico - C.N.R. - v. Roma 3, 74100 Taranto, Italy  
E-mail: cecere@istta.le.cnr.it

## BENTHIC ALGAL FLORA OF THE GULF OF TARANTO (ITALY, IONIAN SEA)

**RUNNING HEAD:** Benthic algal flora of the Gulf of Taranto (Italy, Ionian Sea).

**ABSTRACT:** The present paper reports data on the benthic algal flora of the Gulf of Taranto (Italy, Ionian Sea) based on literature. A total of 474 species are reported of which 319 are Rhodophyceae, 82 are Fucophyceae and 73 are Chlorophyceae. 54 species, reported in the ancient papers have not been collected recently; conversely, 295 species are reported only in the most recent papers. Two exotic species and some species, which are the first and the second report for the Mediterranean Sea, are present.

**KEY-WORDS:** seaweeds, invasive species, Solieriaceae, Ionian Sea, Mediterranean Sea.

## INTRODUCTION

Up to the end of the eighties the Gulf of Taranto was one of the least studied among the seas of the Central area of the Mediterranean Sea, from both a floristic and a vegetational point of view. In fact, the available papers were scarce and ancient and most reported only very few species (Piccone, 1896; Bentivoglio, 1903; Pierpaoli, 1923; 1959; 1960; Solazzi, 1967; 1968; 1969; Mastroilli, 1969).

Since 1987, the study of the flora and the vegetation of the coasts near the town of Taranto has been undertaken, mainly to evaluate the effects of the anthropogenic impact (Cecere and Perrone, 1987; Pardi et al., 1988; Cecere et al., 1991a; Cecere et al., 1991b; Cecere et al., 1992; Cecere et al., 1996) and to plan the environmental recovery of particularly polluted areas, but also to establish a local baseline and increase the knowledge of the flora of the Mediterranean Sea.

## DESCRIPTION OF THE AREA

The Gulf of Taranto is located on the northern Ionian Sea and is bounded on the eastern side by Capo S. Maria di Leuca and on the western one by Capo delle Colonne (Fig. 1). The town of Taranto rises astride two basins, called the Mar Piccolo and the Mar Grande, which are subject to both urban and industrial pollution. Going from Taranto to Porto Cesareo, the coast is mainly low with sandy zones alternating to rocky ones. From Porto Cesareo to Capo S. Maria di Leuca, the coast is generally high and rocky with small sandy coves. Offshore this tract of coast, the sandbanks of Ugento are present, which are very dangerous for the coastal navigation. From Taranto to Capo delle Colonne the coast is sandy and gravelly, faced by many dangerous emerging rocks; the mouths of many rivers and several small both fishing and yachting ports are scattered along the coastline. The homonymous seamount Amendolara is located offshore of the city.

## RESULTS AND CONCLUSION

A total of 474 species are reported of which 319 are Rhodophyceae, 82 are Fucophyceae and 73 are Chlorophyceae. Obviously, these are not all the species present in the Gulf of Taranto, which is a very wide area; many studies are still necessary to get a species number near to the real one. Most of the papers on the Gulf deal with the coasts near Taranto and are the most thorough. Probably, just for this reason, the number of Fucophyceae is very low; in fact, as these coasts are subject to a strong anthropogenic impact and Fucophyceae are the most sensitive algae to both urban and industrial pollution, their number is decreased along these coasts.

54 species, reported in the ancient papers, of which 31 are Rhodophyceae, 11 are Fucophyceae and 12 are Chlorophyceae, have not been collected recently. On the contrary, 295 species, namely 207 Rhodophyceae, 48 Fucophyceae and 40 Chlorophyceae, are reported only in the most recent papers and were not found in the ancient ones.

The studies recently carried out showed the occurrence of many noteworthy species, of which the Solieriaceae *Agardhiella subulata* (C. Agardh) Kraft et Wynne and *Solieria filiformis* (Kützinger) Gabrielson (Rhodophyta, Gigartinales) are particularly interesting. These species, collected in the Mar Piccolo of Taranto for the first time in 1987 and 1988, respectively, represent the first report for the Mediterranean Sea (Cecere, 1987; Cecere, 1990). Among the dried samples in Pierpaoli's herbarium one sheet dated 1922 was found with *S. filiformis* misidentified as «*Gracilaria confervoides*» Greville. These two Ionian Solieriaceae, which are the dominant species of the Mar Piccolo drift community (Cecere et al., 1992), have been widely studied from both an anatomic and a morphological point of view and new vegetative features have been individuated, useful for the taxonomic identification of the two species. In fact, the reproductive organs, which are usually used for identification, have never been found on the specimens collected in the Mar Piccolo of Taranto, as, in this basin, these two species are present only in the unattached form and, therefore, reproduce only by vegetative propagation (Perrone and Cecere, 1994).

Other two species have been found in the Gulf of Taranto and represent the second report for the Mediterranean Sea; these are *Chondria polyrhiza* Collins et Hervey (Rhodomelaceae, Rhodophyta) and *Apoglossum gregarium* (Dawson) Wynne (Delesseriaceae, Rhodophyta). In October 1991 some tetrasporic thalli of the first species were collected near the Cheradi Islands at -15 m and -20 m depth, epiphytic on *Halimeda tuna* (Ellis et Solander) Lamoureaux (Cecere et al., 1996). A few sterile plants of *A. gregarium* were collected in July 1995, at a depth of -17 m near the outflow of a steelworks in a sciaphilous assemblage, epiphyte on *Halimeda tuna*.

Moreover, plants of *Ceramium graecum* Lazaridou et Boudouresque (Ceramiaceae, Rhodophyta) were the first collected since the description of this species. Tetrasporic and female gametophytic plants with carposporangia were found near the Cheradi Islands, at depths ranging from -3 to -23 m, epiphyte on both *H. tuna* and different species of *Peyssonnelia* (Cecere et al., 1996).

During the studies recently carried out, two exotic species were also found. In October 1996, *Caulerpa racemosa* (Forsskål) J. Agardh (Chlorophyta, Bryopsidales, Caulerpaceae) was col-

lected for the first time in the Mar Grande of Taranto within a «matte» of *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile where it formed rare and scattered patches (Buia et al., 1998). Since then, this species has spread throughout the basin, where it is overwhelming the other species of the assemblages becoming the dominant one (unpublished data).

In April 1998, *Undaria pinnatifida* (Harvey) Suringar (Fucophyceae, Laminariales, Alariaceae), a species native of the temperate Japan seas, was collected for the first time in the Mar Piccolo of Taranto, where it probably arrived by means of the oysters imported from France. The population included plants of different sizes with sporophylls in different development stages settled on the wharf of the old city of Taranto from the upper sublittoral to -1.5 m of depth. Plants were about 1 m in length, like the other Mediterranean specimens, and exhibited a great morphological variability (Cecere et al., 2000).

These interesting reports, from what remains a less studied area, highlight that floristic and vegetational studies are not out of fashion and that, on the contrary, they are more and more necessary to increase the knowledge of the biodiversity of marine ecosystems, especially the coastal ones, in order to manage and protect them at the same time.

**ACKNOWLEDGEMENTS** We are indebted to Prof. G. Furnari for the nomenclatural and systematic updating of literature data.

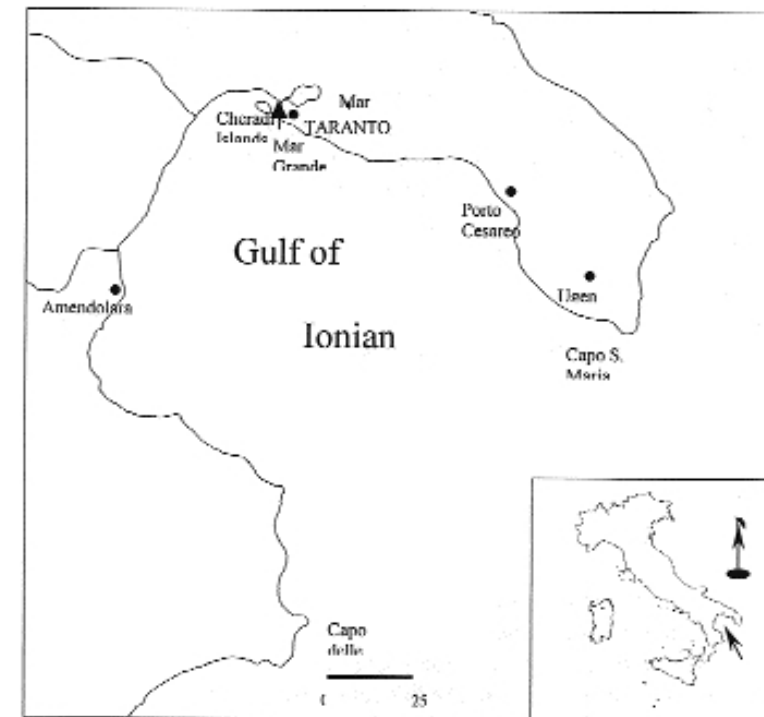


Fig. 1 - Map of the Gulf of Taranto and its location in Italy (frame).

## REFERENCES

- BENTIVOGLIO T. (1903) - La Galaxaura adriatica Zanard. a Taranto e la sua area di distribuzione nel Mediterraneo. La Nuova Notarisa, 14: 109-112.
- BUIA M.C., PETROCELLI A. and SARACINO O.D. (1998) - Caulerpa racemosa spread in the Mediterranean Sea: first record in the Gulf of Taranto. Biol. Mar. Medit., 5(1): 527-529.
- CECERE E. (1987) - Un'alga della famiglia delle Solieriaceae (Rhodophyta, Gigartinales) nel Mar Piccolo di Taranto. in: Atti del Convegno Nazionale «Alghe e loro utilizzazione». Lecce, 5-7 Giugno 1987: 177-178.
- CECERE E. (1990) - Sulla presenza nel Golfo di Taranto di una specie nuova per il Mediterraneo: Solieria filiformis (Kützinger) Gabrielson (Rhodophyta, Gigartinales). In: Atti del XX Congresso della Società Italiana di Biologia Marina. Vibo Valentia, 19-24 settembre 1988. Oebalia, 17, Suppl.2, N.S.: 629-631.
- CECERE E. and PERRONE C. (1987) - First contribution to the knowledge of macrobenthic flora of the Amendolara sea-mount (Ionian Sea). Oebalia, 14, N.S.: 1-14.
- CECERE E., CORMACI M. and FURNARI G. (1991a) - The marine algae of Mar Piccolo, Taranto (southern Italy): a re-assessment. Bot. Mar., 34: 221-227.
- CECERE E., PETROCELLI A. and SARACINO O.D. (2000) - Undaria pinnatifida (Fucophyceae, Laminariales) spread in the central Mediterranean: its occurrence in the Mar Piccolo of Taranto (Ionian Sea, southern Italy). Cryptogamie, Algologie, 21(3): 305-309.
- CECERE E., CORMACI M., FURNARI G., TURSI A. & CACIORGNA O. - (1991b) - Fouling communities in Mar Piccolo in Taranto (Ionian Sea - Southern Italy): vegetal population in mid-littoral level and infralittoral fringe. Boll. Acc. Gioenia Sci. Nat. Catania, 24: 21-38.
- CECERE E., SARACINO O.D., FANELLI M. and PETROCELLI A. (1992) - Presence of a drifting algal bed in the Mar Piccolo basin, Taranto (Ionian Sea, Southern Italy). J. appl. Phycol., 4(4): 323-328.
- CECERE E., CORMACI M., FURNARI G., PETROCELLI A., SARACINO O. and SERIO D. (1996) - Benthic algal flora of Cheradi Islands (Gulf of Taranto, Mediterranean Sea). Nova Hedwigia, 62(1-2): 191-214.
- MASTRORILLI V.I. (1969) - Melobesia viventi nel Golfo di Taranto. Thalassia Jonica, 3: 147-159.
- PARDI G., SALGHETTI-DRIOLI U. and DELLA PIETÀ F. (1988) - Vegetazione bentonica. In: Studio ecologico dell'area marina di Porto Cesareo. Congedo Editore. Galatina (LE): 67-71.
- PERRONE C. and CECERE E. (1994) - Two solieriacean algae new to the Mediterranean: Agardhiella subulata and Solieria filiformis. J. Phycol., 30: 98-108.
- PICCONE A. (1896) - Alghe della Secca di Amendolara nel Golfo di Taranto. Atti della Società Ligustica di Sc. Nat. e Geografiche, 7: 358-362.
- PIERPAOLI I. (1923) - Prima contribuzione allo studio delle alghe del Golfo di Taranto. Rivista di Biologia, 5(6): 1-19.

- PIERPAOLI I. (1959) - L'epifitismo sulle alghe. Nota sugli ambienti Tarantino e Anconetano. Thalassia Jonica, 2: 46-51.
- PIERPAOLI I. (1960) - Microfotografie di alghe del Golfo di Taranto. Thalassia Jonica, 3: 100-106.
- SOLAZZI A. (1967) - Primi dati sulle alghe macroscopiche bentoniche della Costa Neretina. Giorn. Bot. Ital., 101: 425-426.
- SOLAZZI A. (1968) - Flora e vegetazione macroscopica bentonica della costa neretina (Lecce) - Atti e Relazioni dell'Accademia Pugliese delle Scienze, N.S., 26: 1-33.
- SOLAZZI A. (1969) - Su alcuni ritrovamenti interessanti di alghe in Puglia e in Sardegna. Giorn. Bot. Ital., 103: 163-167.

Aslam DJELLOULI, Faculté des Sciences de Tunis, Département de Biologie, Le Belvédère, 1002 Tunis-Tunisie.

## CAULERPA RACEMOSA (FORSKAAL) J. AGARDH EN TUNISIE

**ABSTRACT:** Since 1996, a large number of new localities to *Caulerpa racemosa* (Caulerpales, Ulvophyceae) have been discovered in Tunisia, leaving to suggest a multiplicity of origins. The morphological analysis of samples coming from the different sites, allows to distinguish the existence in Tunisia of at least three different forms.

**MOTS CLES :** *Caulerpa racemosa*, Tunisie, répartition, morphologie.

### INTRODUCTION

*Caulerpa racemosa*, espèce pan-tropicale à tempérée chaude, est signalée pour la première fois en Méditerranée par Hamel en 1926, dans le port de Sousse (Tunisie). Depuis cette première observation et jusqu'au milieu des années 90, peu de nouvelles signalisations font état de la progression de l'algue en Tunisie, où sa présence reste discrète. En effet, d'après les différents recensements des algues marines de Tunisie, regroupés dans les travaux de Ben Maiz et al. (1987), cette progression se limitait alors à trois nouvelles localités réparties depuis Sousse jusque dans le golfe de Gabès (Fig.1). Elle est ainsi signalée au large de La Sékhira, dans le Golf de Gabès, à 15 m de profondeur et sur de la matre morte de *Posidonia oceanica*, dans le port de Mahdia et au large de Salakta à 10 m de profondeur (Ben Alaya, 1971), ainsi que sur des blocs rocheux du petit port de cette dernière localité (Ben Maiz, 1985). A partir de 1996, *C. racemosa* est retrouvée dans un grand nombre de nouvelles localités du centre et du Sud Tunisien, mais également au Nord du pays. Ces nouvelles observations soulèvent l'hypothèse de la multiplicité des origines de l'introduction de l'espèce et suggèrent d'éventuelles potentialités invasives. Pour ces raisons, nous avons voulu faire le point sur la situation actuelle en Tunisie, en nous intéressant aussi bien à sa répartition actuelle, qu'aux variations morphologiques qu'elle peut présenter.

### MATERIEL ET METHODES

Au cours de plongées d'exploration et de recherches, que nous menons sur le littoral tunisien, plusieurs nouvelles localités à *C. racemosa* ont été récemment découvertes de façon fortuite. Ces stations ont été répertoriées et font depuis l'objet d'un suivi régulier de notre part. Des échantillons ont été récoltés à partir de ces stations et conservés, soit dans de l'eau de mer formolée à 5%, soit simplement au réfrigérateur. Ils constituent les éléments de référence de nos descriptions. Par ailleurs des fragments de thalles nous ont été rapportés d'autres stations par des pêcheurs ou des plongeurs amateurs. Ces fragments, n'ont pas pu être utilisés pour l'étude descriptive mais ont toutefois constitué pour nous une source d'information sur la répartition actuelle de l'espèce.

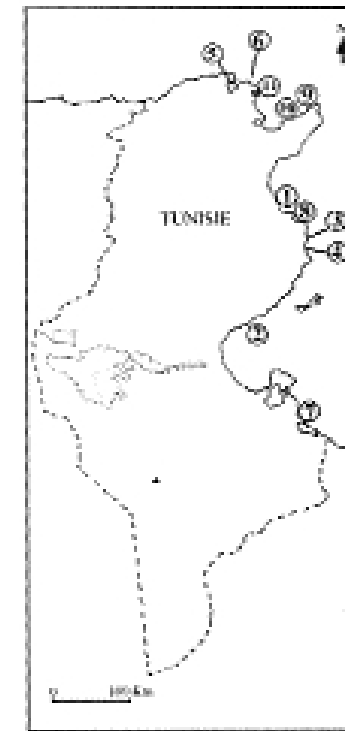


Fig. 1 : Signalisations de *C. racemosa* en Tunisie : (1) Port de Sousse ; (2) golfe de Gabès ; (3) Port de Mahdia ; (4) Salakta ; (5) Lagune de Bizerte ; (6) Iles Cani ; (7) Zarzis ; (8) Baie de Monastir ; (9) Sidi Daoud ; (10) Korbous et Ras Fartas et (11) Metline et Rafrat.

### RESULTATS

La compilation des observations de *C. racemosa* nous a permis d'évaluer l'extension de son aire de répartition actuelle en Tunisie (Fig.1) : c'est ainsi qu'en août 1996, nous l'avons récoltée dans la Lagune et le Canal de Bizerte. Dans la même région, nous l'avons observée en août 1997 aux îles Cani, situées au large de Bizerte. En 1998, elle nous fut rapportée de Zarzis, au sud du Golf de Gabès. En mars de la même année nous l'avons récoltée dans la baie de Monastir et en septembre, dans le Golf de Hammamet. Enfin, au cours de l'été 1999, nous avons pu l'observer à Sidi Daoud, à Ras Fartas et Korbous, sur le littoral Ouest du Cap bon, ainsi qu'à Metline et Rafrat, au Nord du Golfe de Tunis.

En nous basant sur l'aspect des thalles d'une façon générale, et plus particulièrement sur le nombre, la forme ainsi que la disposition des ramules sur les frondes, nous avons distingué trois groupes morphologiquement différents parmi les échantillons de *C. racemosa* récoltés en Tunisie :

Le premier groupe correspond aux échantillons récoltés à Monastir, Hammamet, Bizerte et aux îles Cani. Les thalles (fig. 2), dans ce cas, forment sur le fond, des colonies n'excédant pas quelques dizaines de cm de diamètres. Les stolons, d'un diamètre de 2 à 3 mm, sont ramifiés irrégulièrement et finement enchevêtrés. Ils sont fixés au substrat par des groupes de rhizoïdes disposés irrégulièrement. Chlorophylliens à la base, ces rhizoïdes deviennent rapidement incolores.

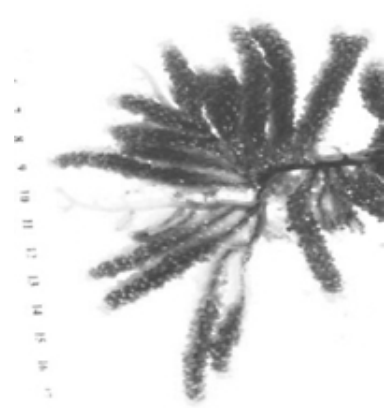


Fig. 2 : Aspect général d'un thalle du groupe 1



Fig. 3 : Détail d'une fronde du groupe 1

Les frondes (fig. 3) sont faiblement espacées entre elles, avec une distance séparant leur point d'insertion sur le stolon inférieure au centimètre. D'une hauteur moyenne variant de 2 à 8 cm, elles sont garnies sur toute leur hauteur d'un manchon dense de ramules vésiculeux, disposés selon huit orthostiques. La longueur des ramules est en moyenne de 3,8 mm et leur diamètre est de (600) 800 (950)  $\mu\text{m}$  en leur milieu. Les ramules ont une forme aplatie, voir convexe, au sommet où leur diamètre peut alors atteindre (1900) 2200 (2600)  $\mu\text{m}$ .

Le deuxième groupe correspond aux spécimens rapportés du Cap Bon. Les thalles forment ici des colonies s'étendant sur plusieurs dizaines de m<sup>2</sup>. Les stolons, d'un diamètre de 1 à 1,5 mm, sont peu ramifiés et les frondes sont espacées de 2 à 70 mm, la distance moyenne étant de 14 mm. Ces frondes, ont une hauteur moyenne de 15 mm. Elles portent des ramules vésiculeux, en forme de massue, disposés de façon alterne en deux ou quatre orthostiques. La longueur des ramules varie de 4 à 5 mm et leur diamètre de 1 mm à la base, atteint 2 mm au sommet.

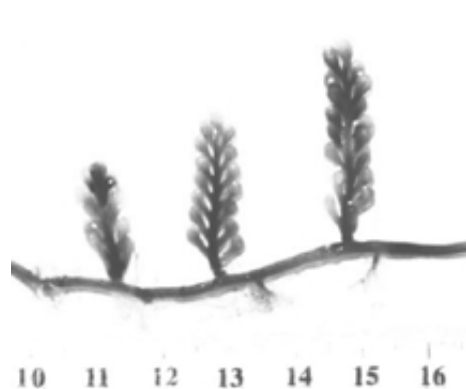


Fig. 4 : aspect général d'un thalle du groupe 2

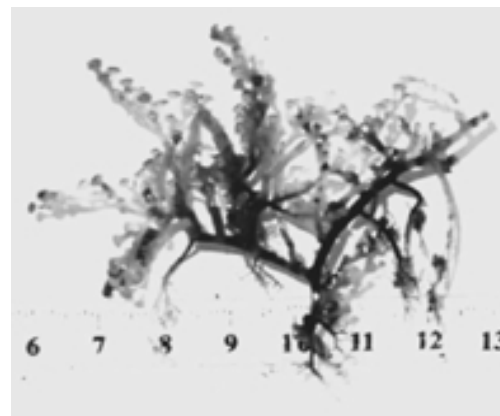


Fig. 5 : aspect général d'un thalle du groupe 3

Les échantillons appartenant au troisième groupe ont été récoltés dans la baie de Monastir, fixés à des rhizomes de *Posidonia oceanica* où ils formaient de petites colonies groupant une

dizaine de frondes. Les stolons portent des frondes séparées par une distance de 2 à 5 mm. Ces frondes peuvent être ramifiées et leur hauteur est comprise entre 25 et 55 mm. Elles portent de façon espacée et disposés selon 2 à 3 orthostiques, des ramules claviformes dont le diamètre, à la base mesure en moyenne (700) 750 (950). Le sommet des ramules est aplati, son diamètre est compris entre 1,8 et 2 mm.

Pour les localités de Zarzis, Metline, Rafraf et Sidi Daoud, les échantillons récoltés ne constituaient pas un matériel en quantité suffisante pour effectuer une étude morphologique détaillée.

## CONCLUSION

Les différences morphologiques relevées chez les échantillons de *C. racemosa* de Tunisie, ainsi que les aires de répartition différentes, correspondant à chaque groupe morphologique, semblent indiquer clairement que les souches de *C. racemosa* existantes en Tunisie ont des origines différentes et correspondent à des formes ou des variétés différentes de l'espèce. D'autre part, si les populations de Sousse semble stables depuis 1926 et n'occupent que des surfaces restreintes (quelques dizaines de cm<sup>2</sup>), en revanche les populations récemment apparues au Cap bon et appartenant au groupe 2, ont une tendance à l'expansion et occupent des surfaces largement plus étendues. Il apparaît dès lors nécessaire d'accorder un intérêt accru à ces populations, afin de pouvoir suivre avec précision l'évolution des peuplements de cette espèce.

## BIBLIOGRAPHIE

- BEN ALAYA H., 1971.- Sur la présence de *Caulerpa racemosa* J. Agardh dans le Golfe de Gabès et le port de Mahdia. Bull. Inst. Océanogr. Pêche, Salambô, 2 (1): 53-54.
- BEN MAIZ N., 1985.- Quelques algues rares ou nouvelles pour la flore marine de la Tunisie. Rapp. Comm. Int. Mer Médit., 29 (5) : 269-270.
- BEN MAIZ N., BOUDOURESQUE C.F. et OUAHCHI F., 1987.- Inventaire des algues et phanérogames marines benthiques de Tunisie. Giorn. Bot. Ital., 121 (5-6) : 259-304.
- HAMEL G., 1930.- Les Caulerpales méditerranéennes. Rev. Alg., 5 : 229-230

Aslam DJELLOULI\*, M. VERLAQUE et C. RAIS

\*Faculté des Sciences de Tunis, Département de Biologie, Le Belvédère, Tunis-Tunisie.

## MACROFLORE BENTHIQUE DE LA LAGUNE DE BIZERTE

**ABSTRACT:** A checklist of the benthic marine flora (Rhodophyceae, Fucophyceae, Ulvophyceae and Spermatophyta) of the «Lagune de Bizerte» (Tunisia) – 75 species of algae and seagrasses are listed. 62 of them are listed for the first time from the «Lagune» and 12 are new for Tunisia.

### INTRODUCTION

Relativement bien connue sur les plans physico-chimique et faunistique, la lagune de Bizerte reste cependant floristiquement peu étudiée. Pour cette raison nous avons entrepris d'y effectuer un inventaire du macrophytobenthos. Notre étude concerne les Phanérogames, les Rhodophyceae, les Fucophyceae et les Ulvophyceae.

Située au Nord-Est de la Tunisie, la lagune de Bizerte occupe une dépression de 150 Km<sup>2</sup> de superficie. Elle communique, au nord, avec la mer par le «Canal de Bizerte» et à l'ouest, l'«Oued Tinja» la met en relation avec le lac Ichkeul. De plus, un nombre important d'oueds se déversent dans la lagune. Ces particularités ont pour conséquence une variation importante de la salinité en fonction des saisons et du secteur lagunaire. Dans l'ensemble, le substrat est vaseux ou argilo-limoneux sauf sur la côte est où il est sableux et en bordure du canal de Bizerte où il est rocheux. La déclivité est faible et le fond constitue une dépression centrale située à 10 m de profondeur et occupant environ la moitié de la superficie de la Lagune.

### MATERIEL ET METHODES

Notre étude porte sur un ensemble de 34 stations réparties sur l'ensemble de la lagune et de 4 transects. Nos récoltes ont été réalisées entre décembre 1989 et ce jour. La localisation des stations a été déterminée sur le terrain au moyen d'un compas de relèvement. La récolte des échantillons ainsi que l'observation des conditions stationnelles ont été réalisées directement pour les stations en bordure de littoral, et au moyen d'un scaphandre autonome pour les stations éloignées de la côte.

### RESULTATS

Un total de 91 taxons différents a été reconnu dans nos récoltes, toutefois nous ne reportons ici que ceux d'entre eux que nous avons déterminé au niveau spécifique, 75 taxa, comprenant 3 Spermatophyta, 13 Ulvophyceae, 17 Fucophyceae et 42 Rhodophyceae, auxquels nous rajoutons une espèce non déterminée et appartenant à la famille des Solieriaceae, en raison de la faible représentation de cette famille en Méditerranée, ce qui porte le total des espèces retenues à 76 dont la liste est la suivante :

### SPERMATOPHYTA

- Cymodocea nodosa (Ucria) Ascherson;
- Ruppia maritima Linnaeus;
- Zostera noltii Hornemann (= Z. nana Roth);

### ULVOPHYCEAE

- Bryopsis duplex De Notaris (= B. balbisiana lamouroux);
- Bryopsis plumosa (Hudson) C. Agardh;
- Caulerpa prolifera (Forsskaal) Lamouroux;
- Caulerpa racemosa (Forsskaal) J. Agardh
- Chaetomorpha linum (Müller) Kützing;
- Cladophora hutchinsiae (Dillwyn) Kützing;
- Cladophora ruchergeri (C. Agardh) Kützing;
- Codium fragile (Suringar) Hariot;
- Enteromorpha flexuosa (Wulfen) J. Agardh;
- Enteromorpha linza (Linnaeus) J. Agardh;
- Rhizoclonium tortuosum (Dillwin) Kützing (= R. riparium (Roth) harvey) ;
- Ulva rigida C. Agardh;
- Valonia utricularis (Roth) C. Agardh.

### FUCOPHYCEAE

- Cutleria multifida (Smith) Greville;
- Cystoseira compressa (Esper) Gerloff et Nizamuddin;
- Dictyopteris polypodioides (De candolle) Lamouroux (= D. membranacea (Stackhouse) Batters);
- Dictyota dichotoma (Hudson) Lamouroux var. intricata (C. Agardh) Greville;
- Dictyota fasciola (Roth) Lamouroux var fasciola (= Dilophus fasciola (Roth) Howe);
- Dictyota spiralis Montagne (= Dilophus spiralis (Montagne) Hamel);
- Ectocarpus siliculosus (Dillwyn) Lyngbye;

- Feldmannia globifera (Kützing) Hamel;
- Hinksia mitchelliae (Harvey) Silva;
- Kuckuckia spinosa (Kützing) Kuckuck;
- Padina pavonica (Linnaeus) Lamouroux;
- Punctaria latifolia Greville;
- Ralfsia verrucosa (Areschoug) J. Agardh;
- Scytosiphon simplicissimus (clemente) Cremades (= S. lomentaria (Lyngbye) Link);
- Sphacelaria tribuloides Meneghini;
- Stypocaulon scoparium (Linnaeus) Kützing;
- Taonia atomaria (Woodward) J. Agardh;

### RHODOPHYCEAE

- Audouinella virgatula (Harvey) Dixon in Parke et Dixon (= Acrochaetium virgatulum (Harvey in Hooker) J. Agardh);
- Alsidium corallinum C. Agardh;
- Amphiroa beauvoisii Lamouroux;
- Amphiroa rigida Lamouroux;
- Antithamnion cruciatum (C. Agardh) Nägeli;
- Antithamnionella elegans (Berthold) Price et John
- Bangia atropurpurea (Roth) C. Agardh;
- Callithamnion corymbosum (Smith) Lingbye;
- Ceramium diaphanum (Lightfoot) Roth var. diaphanum;
- Ceramium fastigiramosum f. flaccidum Petersen Boo et Lee ex Boergesen;
- Ceramium flaccidum (Harvey ex Kützing) Ardissona;
- Champia parvula (C. Agardh) Harvey;
- Chondria tenuissima (Goodenough. et Woodward.) C. Agardh;
- Corallina elongata Ellis et Solander;
- Dasya baillouviana (Gmelin) Montagne;

- *Dasya hutchinsiae* Harvey (= *D. arbuscula* (Dillwyn) C. Agardh);
- *Erythrocladia subintegra* Rosenvinge;
- *Erythrotrichia bertholdii* Batters;
- «*Falkenbergia rufolanosa* (Harvey) Schmitz in Engler et Prantl» stadium (sporophyte d'*Asparagopsis armata* Harvey);
- *Gelidium crinale* (Turner) Lamouroux in Bory;
- *Gracilaria bursa-pastoris* (Gmelin) Silva;
- *Gracilaria verrucosa* (Hudson) Papenfuss;
- *Grateloupia filicina* (Lamouroux) C. Agardh;
- *Griffithsia corallinoides* (Linnaeus) Batters;
- *Halymenia floresia* (Clemente) C. Agardh;
- *Herposiphonia secunda* (C. Agardh) Ambronn f. *tenella* (C. Agardh) Wynne;
- *Heterosiphonia crispella* (C. Agardh) Wynne;
- *Hypnea cervicornis* (Turner) J. Agardh;
- *Hypnea musciformis* (Wulfen) Lamouroux;
- *Laurencia obtusa* (Hudson) Lamouroux;
- *Laurencia pinnatifida* (Hudson) Lamouroux;
- *Lomentaria chylocladiella* Funk;
- *Nitophyllum punctatum* (Stackhouse) Greville;
- *Peyssonnelia dubyi* Crouan et Crouan;
- *Pleonosporium borneri* (Smith) Nägeli ex Hauck;
- *Porphyra leucosticta* Thuret in Le Jolis;
- *Pterocladia melanoidea* (Schousboe ex Bornet) Frediksen et Rueness;
- *Rhodophyllis divaricata* (Stackhouse) Papenfuss;
- *Seirospora interrupta* (Smith) Schmitz;
- Solieriaceae indéterminée;
- *Spyridia filamentosa* (Wulfen) Harvey in Hooker;
- *Stylonema alsidii* (Zan.) Drew.

Parmi les espèces inventoriées, cinq d'entre-elles retiennent notre intérêt en raison de leur rareté en Méditerranée ou des potentialités d'utilisation industrielle qu'elles présentent, c'est ainsi que nous retenons :

- *Alsidium corallinum* C. Agardh : Largement répandu dans la lagune, elle suscite notre intérêt en raison de ses possibilités d'utilisations médicales avec des propriétés antimicrobiennes reconnues (Delépine et al., 1987).
- *Griffithsia* cf. *corallinoides* (Linnaeus) Batters : Cette algue est généralement connue pour être une espèce d'affinités froides, appartenant à l'Atlantique Nord. En Méditerranée, elle n'est signalée qu'avec doute (Boudouresque, 1970 et 1973; Ben Maiz, 1986), c'est pourquoi nous la mentionnons ici.
- *Hypnea cervicornis* J. Agardh : Elle est largement répandue en Atlantique tropical : aussi bien sur les côtes américaines, depuis les Antilles jusqu'au Brésil, ainsi que sur les côtes africaines. En Méditerranée, sa rareté et la disparité de ses signalisations ont attiré notre attention.
- Solieriaceae indéterminée : La famille des Solieriaceae est peu représentée en Méditerranée, c'est pourquoi il nous paraît intéressant de rapporter ici la récolte d'échantillons dans la lagune de Bizerte et se rapportant à cette famille. L'anatomie de nos échantillons correspond à une

structure typique de Solieriaceae, cependant l'absence d'organes reproducteurs ne nous permet pas de les attribuer à un des 14 genres connus à l'heure actuelle. De plus, de par sa morphologie l'algue de Tunisie ne semble pas attribuable à une des Solieriaceae déjà signalées en Méditerranée, d'autres récoltes seront effectuées afin de trouver des échantillons fertiles.

- *Caulerpa racemosa* : Les travaux du PNUE (Héraklion, 1999) ont montré le caractère invasif de l'espèce, c'est pour cela que nous tenons à mettre en évidence sa présence récente dans la lagune de Bizerte.

## CONCLUSION

La comparaison de notre inventaire avec les données de la littérature, notamment les travaux de Zaouali (1980), nous a permis de constater que sur un total de 30 espèces signalées par l'auteur à Bizerte, 17 n'ont pu être retrouvées, parmi celles-ci, certaines signalisations anciennes (*Jania rubens*, *Corallina officinalis*, *Ulva lactuca*) mériteraient d'être confirmées par de nouvelles récoltes. En revanche, nous avons identifié 61 espèces nouvelles pour la Lagune de Bizerte. Nous avons également comparé notre inventaire à celui réalisé par Ben Maiz et al. (1987), 12 espèces sont nouvelles pour la Tunisie.

En Conclusion, bien que renfermant des espèces d'intérêt économique (*Alsidium corallinum*, *Gracilaria*, *Hypnea*, etc...), la flore marine benthique tunisienne n'a suscité jusqu'ici qu'un faible intérêt. Pour cette raison, elle reste dans une large mesure mal connue. A l'issue de notre travail sur la Lagune de Bizerte, 62 espèces sont nouvelles pour la flore de cette région et 12 d'entre-elles n'avaient jamais été rencontrées auparavant en Tunisie.

## BIBLIOGRAPHIE

- BEN MAIZ N. (1986) – Flore algale (Rhodophyta, Phaeophyceae, Chlophyceae, Bryopsidophyceae) de l'étang de Thau (Hérault). Thèse Doc., Univ. Aix-Marseille II : 1 – 358.
- BEN MAIZ N., BOUDOURESQUE C.F. et OUAHCHI F. (1987) – Inventaire des algues et phanérogames marines benthiques de la Tunisie. Giorn. Bot. Ital., 121 (5-6) : 259-304.
- BOUDOURESQUE C.F. (1970) – Recherches de bionomie analytique, structurale et expérimentale sur les peuplements benthiques sciaphiles de Méditerranée occidentale (fraction algale). Thèse de Doct., Univ. Aix-Marseille II : 1-624.
- BOUDOURESQUE C. F. (1973) – Recherches de bionomie analytique, structurale et expérimentale sur les peuplements benthiques sciaphiles de Méditerranée occidentale (fraction algale). Les peuplements sciaphiles de mode relativement calme sur substrats durs. Bull. Mus. Hist. Nat. Marseille, 33 : 147-225.
- DELEPINE R., BOUDOURESQUE C.F., FRADA-ORESTANO C., NOAILLES M.C., et ASENSI A. (1987) – Algues et autres végétaux marins. Fiches d'identification des espèces pour les besoins de la pêche, révision 1, Méditerranée et mer Noire, zone de pêche 37. Vol. I : Végétaux et invertébrés : 1-136
- ZAOUALI J. (1980) – Flore et faune benthique de deux lagunes tunisiennes : le lac de Bizerte, Tunisie septentrionale et la mer de Bou Grara, Tunisie méridionale. Bull. Off. Nation. Pêches, 4 (1) : 169-200.

\*Zohra EL ASMI-DJELLOULI, A.S. DJELLOULI et S. ABDELJAOUED.

\*Laboratoire d'Océanographie et de sédimentologie. Faculté des Sciences de Tunis.  
Campus universitaire Tunis. Tunisie.

## PRESENTATION DES HERBIERS DE LA BAIE DE MONASTIR (TUNISIE)

### ABSTRACT

The Monastir bay's bottom are occupied by an important *Posidonia oceanica* bed that develops from the line of -1m. The beam density inferior to 400/m<sup>2</sup> as well as the barring of the rhizomes indicate there a sedimentary balance rupture. Regions situated between the line of shore and -1 m are occupied by a *Ruppia* sp. bed then to *Cymodocea nodosa* that testify lagoon conditions.

### RESUME

Les fonds de la baie de Monastir (Tunisie) sont occupés par un important herbier à *Posidonia oceanica* qui se développe à partir de la ligne de -1m. La densité des faisceaux inférieure à 400 au m<sup>2</sup> ainsi que le déchaussement des rhizomes y indiquent une rupture d'équilibre sédimentaire. Les régions comprises entre la ligne de rivage et -1 m sont occupées par un herbier à *Ruppia* sp. puis à *Cymodocea nodosa* qui témoignent de conditions lagunaires.

### INTRODUCTION

Siège d'une urbanisation accrue, d'aménagements côtiers d'envergure (ports de pêche et de plaisance, sites touristiques) et d'une activité de pêche importante, la baie de Monastir (Tunisie), voit son équilibre écologique de plus en plus fragilisé.

L'herbier de *Posidonia oceanica* (L.) Delile, terme ultime et parfaitement équilibré d'une succession de peuplements évolutifs (Augier 1986), en rendant parfaitement compte de l'écologie du littoral, (Boudouresque et al., 1977 ; Molinier et Picard 1951, 1952), par sa sensibilité aux différentes agressions que peut subir ce même littoral servira de base pour un schéma général d'évaluation et d'évolution de l'état de l'environnement de cette frange littorale située entre les latitudes 35°50' - 35°40' et les longitudes 10°47' - 10°55'.

La caractérisation préliminaire de l'herbier et sa cartographie, objet de ce travail, sont la première étape de ce schéma.

### MATERIELS ET METHODE

La zone d'étude, se situe sur la côte orientale de la Tunisie centrale et fait partie de la baie de Monastir (Fig.1). Celle-ci est largement ouverte sur la direction nord-est et se caractérise par une faible déclivité bathymétrique. Ainsi l'isobathe -1m n'est atteinte qu'à une distance de 1200 m du rivage. Cette particularité entraîne la formation d'un platier étendu fermé dans sa partie nord par une flèche thyrénéenne constituant ce qui est communément appelé la lagune de Khniss.

Nos observations portent sur un ensemble de 17 stations, réparties sur une zone couvrant une superficie d'environ 60 km<sup>2</sup>, entre la ligne de rivage et l'isobathe -9 m. Les récoltes d'échantillons ainsi que les observations de la végétation benthique, des herbiers et du substrat, ont été effectuées directement sur le terrain, soit à pied ou à partir d'une embarcation de faible

tirant d'eau lorsque la bathymétrie est faible, soit par plongée au moyen de scaphandres autonomes dans les zones plus profondes. Au niveau de chaque station nous avons relevé les paramètres suivants :

La profondeur; la pente; la nature et le recouvrement de la végétation dominante; la nature du substrat.

Le positionnement des stations a été effectué, soit en relevant la direction d'amères pris à la côte au moyen d'un compas de relèvement, les stations sont par la suite placées sur la carte au moyen d'une règle «Jean Cras», soit, comme pour la majorité des sites, en relevant les longitude et latitude de chaque station grâce à un G.P.S.

### RESULTATS

Nos observations nous ont permis de reconnaître dans la baie de Monastir, quatre types d'herbiers différents (Fig.1) en fonction de leur proximité de la côte et de la bathymétrie :

- Directement à proximité de la ville de Khniss on relève la présence d'un herbier à *Ruppia* sp, qui appartient à des groupements d'étangs saumâtres peu profonds, très eutrophes à fond vaseux et à grandes variations de salinité et de température (VAN DEN HOEK, 1960). En effet cette zone est caractérisée par une profondeur inférieure à 1m, un hydrodynamisme réduit, dû à la construction d'une chaussée l'isolant du reste de la lagune et d'un important apport terrigène.

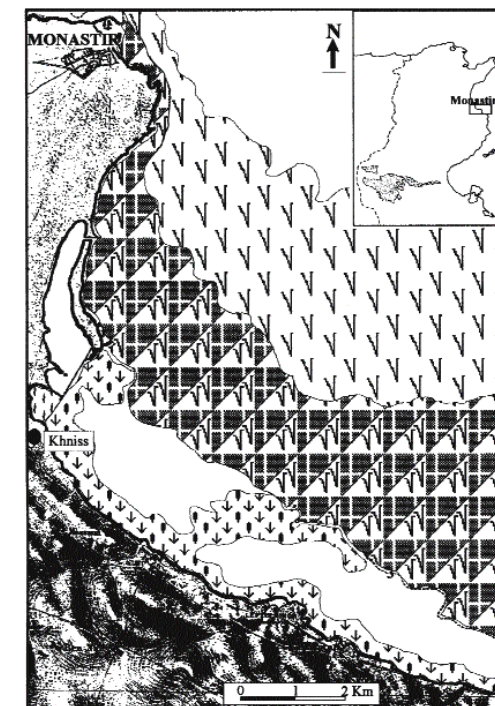


Fig. 1: Localisation de la Baie de Monastir et cartographie des herbiers.

- Le reste du platier est occupé par un herbier à *Cymodocea nodosa* en mosaïques avec *Caulerpa prolifera*, témoignant de l'influence marine plus importante avec un hydrodynamisme calme et un bon éclaircissement.

*Caulerpa prolifera* occupe les dépressions vaseuses situées dans cet herbier.

- Les profondeurs supérieures à -1m sont colonisées par un herbier dense de *Posidonia oceanica*. Deux entités peuvent être distinguées au sein de cet herbier :

- Dans les zones de faible profondeur, entre les isobathes -1 et -6m, nous avons pu noter dans tous les cas une alternance entre des bandes d'herbier de *Posidonia oceanica* et des prairies à *Caulerpa prolifera* établies sur de la matte morte. Identiques aux rides se formant sur les fonds sableux, quand de telles structures sont présentes dans l'herbier, elles sont généralement le fait des houles, leur mise en place étant due à l'action d'un système d'onde stationnaire. Elles dénotent donc d'un régime régulier de houles homogènes et très largement dominant.

- Les stations situées au-delà de -6m sont colonisées par un herbier de plaine (MOLINIER et PICARD, 1952 ; BOUDOURESQUE et al., 1985a, 1986b) caractérisé par une matte plus ou moins continue et plane, en faisant abstraction des structures érosives, ceci dénote de la diminution de l'hydrodynamisme (MOLINIER et PICARD, 1952 ; BLANC, 1958 ; AUGARDE et MOLINIER, 1968 ; BLANC, 1974).

Les pentes relevées au niveau de notre zone d'étude sont horizontales à sub-horizontales, les substrats sont vaseux à sablo-vaseux avec deux stations de sables sur matte. Au niveau de toutes les stations, les rhizomes étaient plagiotropes et pour la plupart déchaussés, le déchaussement noté varie de 4 à 18 cm, la moyenne étant de 8 cm.

La densité des faisceaux, relevée au sein de ces herbiers varie de 300 à 400 faisceaux de feuilles au m<sup>2</sup>, ce qui permet de les classer, selon Giraud (1977), parmi les herbiers clairsemés de type III traduisant soit une rupture d'équilibre (et donc une tendance à la régression) soit un état d'équilibre dynamique.

## CONCLUSION

L'analyse de nos résultats, tels que révélés par la cartographie des herbiers de la baie de Monastir permet de montrer que :

D'une part, les conditions d'hydrodynamisme réduit prévalant dans la zone de Khniss, comme en témoigne la présence l'herbier de *Ruppia* sp., favorisent l'eutrophisation.

D'autre part, l'herbier de *Posidonia oceanica* témoigne de conditions relativement homogènes, avec soit une rupture d'équilibre sédimentaire soit un équilibre dynamique.

Toutefois à proximité de côte et au-dessus de l'isobathe -6 m, l'effet de la houle devenant marqué, la rupture d'équilibre est plus nette comme l'atteste le développement de l'herbier ondoyant.

L'herbier de *Cymodocea nodosa*, intercalé entre les deux précédents fait part de conditions intermédiaires qui soulignent le caractère fragile du platier.

## BIBLIOGRAPHIE

AUGARDE J. et MOLINIER R. (1968) - Contribution à l'étude écologique des peuplements marins superficiels. Etude des facteurs hydrodynamiques à proximité de la surface. Bull. Mus. Hist. Nat. Marseille, FR., 1 : 255-259.

AUGIER H. (1986) - L'herbier à *Posidonia oceanica*, son importance pour le littoral méditerranéen, sa valeur biologique de l'état de santé de la mer, son utilisation dans la surveillance du milieu, les bilans écologiques et les études d'impact.

BLANC J.J. (1958) - Recherches de sédimentologie littorale et sous-marine en Provence occidentale. Thèse Doctorat Etat, Univ. Paris, Masson édit., FR. : 1-140.

BLANC (1974) : Phénomènes d'érosion sous-marines à la presqu'île de Giens (Var). C.R. Acad. Sci. Paris, Fr., 278 : 225-240.

BOUDOURESQUE C.F., GIRAUD G. et PERRET M. (1977) - *Posidonia oceanica*. Bibliographie. Univ. Aix - Marseille II - CNEXO, Fr., 11 : 145 - 187.

BOUDOURESQUE C.F., JEUDY DE GRISSAC A., et MEINESZ A., (1985a) - Un nouveau type d'herbier à *Posidonia oceanica* : l'herbier de colline. Rapp. P.V. Réunion. Commiss. Intern. Explor. Sci. Médit., Monaco, 29 (5) : 173-175

BOUDOURESQUE C.F., JEUDY DE GRISSAC A., et MEINESZ A., (1986b) - Chronologie de l'édification d'une colline de *Posidonies*. Trav. Sci. Parc Nat. Région. Rés. Nat. Corse, Fr., 2 : 3-12.

MOLINIER R., et PICARD J., (1951) - Biologie des herbiers de Zostéracées des côtes françaises de la Méditerranée. C.R. Acad. Sci., Fr., 233 : 1212-1214.

MOLINIER R., et PICARD J., (1952) - Recherches sur les herbiers de Phanérogames marines du littoral méditerranéen français. Ann. Inst. Océan., Fr., 27 (3) : 157-234.

VAN DEN HOEK, 1960 C. (1960) - Groupements d'algues des étangs saumâtres méditerranéens de la côte française. Vie Milieu, Fr., 11 (3) pp : 39 - 412.

FALACE Annalisa et BRESSAN Guido  
 Dipartimento di Biologia, Università di Trieste  
 Via L. Giorgieri, 10 - 34127 Trieste (Italie)

## LE MACROPHYTOBENTHOS DU GOLFE DE TRIESTE : TRENTE ANS APRES.

**RESUME:** Ce travail présente les résultats préliminaires d'une étude menée dans le Golfe de Trieste visant l'évaluation de la qualité de l'écosystème marin et des modifications environnementales qui se sont produites au cours de ces 30 dernières années, à travers l'analyse des variations de la diversité spécifique du macrophytobenthos.

**KEY-WORDS:** macrophytobenthos, biomonitoring, Gulf of Trieste, Northern Adriatic Sea.

### INTRODUCTION

La demande croissante de protection environnementale, due à la dégradation du territoire, exige d'urgence la nécessité d'un contrôle systématique des niveaux de pollution et de la qualité de l'environnement. Dans le domaine marin le problème de la gestion, de la conservation et de la restauration des zones côtières ne peut faire abstraction d'une connaissance approfondie de la qualité et de la consistance des ressources. Ainsi le monitoring moyennant des paramètres biologiques de la pollution, considérée comme toute forme d'altération subie par l'environnement, s'est révélé dans différentes réalités un excellent instrument pour la définition de politiques de gestion territoriales.

Le but de ce travail préliminaire est d'évaluer la qualité de l'écosystème marin du golfe de Trieste (Adriatique du Nord) et les modifications environnementales qui se sont produites au cours de ces 30 dernières années par les différentes activités qui gravitent autour de la zone côtière, à travers l'analyse des variations de la diversité spécifique du macrophytobenthos.

### MATERIELS ET METHODES

Dans le but d'étudier les principales variations spatio-temporelles de la biodiversité du macrophytobenthos du golfe de Trieste on a prélevé chaque mois, des échantillons dans neuf stations représentatives des conditions moyennes du Golfe (S. Bartolomeo, Punta Sottile, Piastroni, Barcola, Miramare, Aurisina, Canovella, Sistiana, Duino) (Figure 1) pendant toute une année, par herborisation en immersion avec ARA, le long de transects horizontaux et verticaux (mars 1998 - mai 1999). De toutes les espèces prélevées on a conservé des échantillons en herbier sec et humide, ce qui a permis de mettre au point une banque de données.

Même si la phase d'étude et de détermination de certains échantillons est actuellement encore en cours, on possède des résultats préliminaires sur la base desquels on a tiré des considérations d'ordre général relatives aux observations obtenues lors des immersions.

### RESULTATS

Les altérations subies au cours de ces années par le Golfe de Trieste (impacts de différentes natures, variations climatiques, activité croissante de l'aquaculture) s'avèrent particulièrement évidentes dans la décroissance générale du nombre d'espèces enregistrées au cours de ces 30 dernières années d'après l'étude menée dans cette zone par Pignatti et Giaccone (1967). A l'appauvrissement qualitatif s'ajoute une réduction quantitative de la couverture algale.

Il existe un gradient d'appauvrissement du nombre d'espèces et de la couverture végétale de S. Bartolomeo à Duino (Figure 1). La réduction de la colonisation de la couche végétale dans les stations qui vont de Aurisina à Duino est intrinsèquement liée à la forte présence de l'oursin *Paracentrotus lividus* (L.). À Duino et à Sistiana, notamment, le substrat est presque totalement dépourvu de végétation, tandis que sur le fond vaseux (surtout pendant la saison printanière) on constate la présence d'importantes biomasses algales (surtout *Ulva laetivirens* Areschoug, *Nitophyllum punctatum* (Stackhouse) Greville, *Dictyota dichotoma* (Hudson) Lamouroux var. *dichotoma*).

*Corallina elongata* Ellis & Solander et les algues calcaires incrustantes deviennent dominantes sur le substrat rocheux dans les stations concernées par le broutage des oursins.

Les deux associations qui dominaient, il y a trente ans, la végétation submergée du Golfe de Trieste, caractéristiques respectivement du médiolittoral et de l'infra-littoral photophile du substrat dur (*Fucetum virsoidis* Pignatti et *Cystoseiretum barbatae* Pignatti) se présentent en forte régression ou ont totalement disparu dans les zones où elles étaient présentes avec d'importantes biomasses.

Dans le médiolittoral *F. virsoides* J. Agardh apparaît en forte régression du point de vue quantitatif, sa colonisation est discontinuée et il est principalement remplacé par les Chlorophycées qui apparaissent pendant l'année dans différentes générations (*Enteromorpha* spp., *Ulva* sp., *Cladophora* spp.). La zone inférieure du médiolittoral est occupée par des feutres algaux constitués principalement de *Gelidium pusillum* (Stackhouse) Le Jolis, *G. crinale* (Turner) Gaillon, *Gelidiella* spp. et *Pterosiphonia pennata* (C. Agardh) Sauvageau. Au printemps dans certaines stations (de Duino à Miramare) deviennent prédominants *Porphyra leucosticta* Thuret, *Scytosiphon lomentaria* (Lyngbye) Link, *Ceramium ciliatum* (Ellis) Ducluzeau.

*Cystoseira* spp. qui occupait des surfaces importantes de l'infra-littoral, est actuellement réduite à une petite zone dans la station de S. Bartolomeo et de Punta Sottile et à de rares thalles dans certaines stations (un à Barcola, dix à Aurisina, douze à Canovella et deux à Sistiana). À Miramare on a retrouvé les éléments du *Cystoseiretum* mais pas l'espèce caractéristique de cette association. Les seules espèces retrouvées dans le Golfe de Trieste sont *Cystoseira barbata* (Stackhouse) C. Agardh et *C. compressa* (Esper) Gerloff & Nizamuddin selon leur niveau majeur de tolérance aux stress environnementaux.

La réduction des Phéophycées ne concerne pas exclusivement *F. virsoides* et *Cystoseira* spp., mais du point de vue quantitatif est généralisée et concerne aussi des espèces comme *Padina pavonica* (Linnaeus) Lamouroux, *D. dichotoma*, *Stypocaulon scoparium* (Linnaeus) Kützinger, *Cladostephus spongiosum* (Hudson) C. Agardh f. *verticillatum* (Lightfoot) Prud'homme van Reine et *Dictyopteris polypodioides* (De Candolle) Lamouroux.

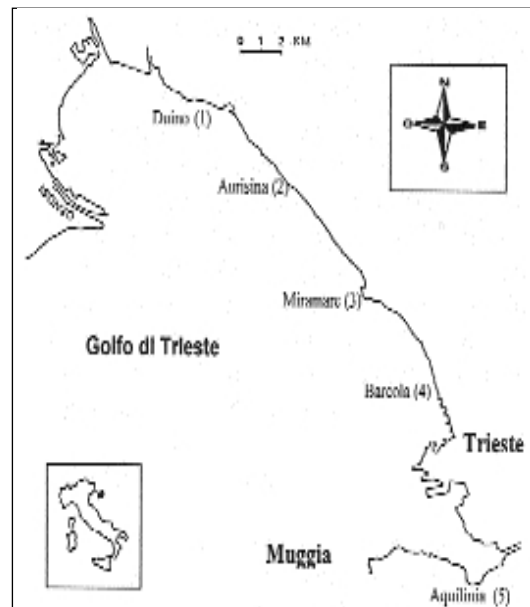
En été, on assiste à une régression générale des conditions dans tout le Golfe caractérisée par la prédominance des espèces thionitrophiles comme par exemple *U. laetivirens*, *Pterocladia capillacea* (Gmelin) Santelices & Hommersand, *Codium fragile* (Suringar) Hariot subsp. *tomentosoides* (Goor) Silva, *C. vermilara* (Olivi) Delle Chiaje, *C. elongata* et *N. punctatum*, qui dans certaines stations deviennent dominantes et caractérisant le paysage sous-marin. L'aggravation est plus évidente dans les stations plus balnéaires.

Dans l'infralittoral inférieur la végétation est presque totalement absente ou dominée par des espèces incrustantes comme *Peyssonnelia* spp. et par des algues rouges calcaires incrustantes. Des espèces caractéristiques de cette zone comme *Halimeda tuna* (Ellis & Solander) Lamouroux et *Flabellia petiolata* (Turra) Nizamuddin ont été retrouvées occasionnellement sauf dans les stations de Miramare et de San Bartolomeo. Dans les anfractuosités la végétation est presque totalement absente, à l'exception de *Peyssonnelia* spp. et de quelques thalles de *Rhodomenia* spp.

Des espèces une fois présentes communément dans le Golfe ont été retrouvées en exemplaires peu nombreux comme *Halymenia floresia* (Clemente) C. Agardh var. *floresia*, *Sphaerococcus coronopifolius* Stackhouse, *Grateloupia filicina* (Lamouroux) C. Agardh, *Acetabularia acetabulum* (Linnaeus) Silva. De nombreuses espèces appartenant aux genres *Ceramium*, *Polysiphonia*, *Dasya*, *Aglaothamnion*, *Antiithamnion* auparavant présentes en quantités importantes et caractéristiques de certaines associations, n'apparaissent qu'en exemplaires uniques et n'influencent pas la structure de la végétation.

En résumé le Golfe de Trieste peut être divisé en trois secteurs caractérisés par différents facteurs d'altération:

- une bande septentrionale, exposée à SW, (Figure 1) qui inclut les stations de Duino, de Sistiana, de Canovella, et d'Aurisina, où le peuplement végétal est extrêmement réduit et discontinu à cause surtout du broutage des oursins. En été ces stations ressentent fortement de l'impact dû à l'activité balnéaire qui détermine une prédominance d'espèces indicatrices de conditions eutrophiques ;
- une zone préportuaire inclut les stations de Miramare et de Barcola (Figure 1) où la présence des oursins devient moins importante. Ces deux stations sont caractérisées par de profonds changements impliquant l'extinction d'espèces caractéristiques des associations climatiques (Pignatti et Giaccone, 1967) et par des augmentations périodiques de la biomasse de certaines espèces qui marquent des conditions de dégradation et d'eutrophisation ;
- une bande méridionale, exposée au I ou IV quadrant qui concerne les stations de Muggia (Piastroni, Punta Sottile, S. Bartolomeo) (Figure 1) où les oursins ne sont pas présents. Ces stations sont caractérisées par une décroissance de la biomasse de Phéophycées due toutefois à la récente installation de bassins pour la pisciculture, de filières pour la mytiliculture et aux travaux (entamés parallèlement à l'expérimentation) de modification de la zone côtière et à la construction d'un port touristique.



## DISCUSSION ET CONCLUSIONS

Les différents stress écologiques subis par l'environnement, au cours de ces trente dernières années, principalement dus à l'activité de l'homme et à une gestion pas toujours rationnelle de la zone côtière influent de plus en plus sur le développement et sur la colonisation de la végétation benthique dans un milieu naturellement instable comme l'Adriatique du Nord. L'augmentation des températures minimales hivernales ainsi que la réduction des vents de bora (Aleffi et al., 1995; Stravisi, 1984) et l'invasion commencée à partir de 1970 par les oursins influencent profondément l'évolution des peuplements benthiques et notamment la composante algale. Un autre important facteur d'instabilité pour tout l'Adriatique du Nord consiste dans la discontinuité spatio-temporelle des apports terrigènes et des formations sédimentaires imputables également à différentes activités humaines (Aleffi et al., 1995; Brambati et Marocco, 1983). En outre les actuelles caractéristiques morphologiques de la côte du Golfe de Trieste et des fonds immédiatement contigus sont en grande partie le résultat de continues et importantes modifications apportées par l'homme dans le temps (Brambati et Catani, 1988).

Depuis outre une vingtaine d'années le Golfe de Trieste est équipé d'égouts qui, tout en étant pourvus d'épurateurs ou d'autres moyens visant à rendre moins polluant le déversement des eaux sales, déchargent leur contenu dans le milieu marin. Ce problème s'avère surtout important dans des lieux et lors des saisons balnéaires. En outre la bande côtière est équipée d'un port toujours plus actif et d'un terminal d'oléoducs situé à quelques kilomètres de distance. Même l'activité aquacole, qui au cours de ces trente dernières années a vu croître le nombre de zones données en concession, a contribué aux variations environnementales de cet écosystème marin.

Les changements et la régression/disparition de certaines espèces caractéristiques de la végétation benthique de l'Adriatique du Nord et notamment des phéophycées ont été déjà signalées au cours de ces dernières années (Munda, 2000) comme le résultat de différents facteurs de pollution et d'altération du milieu.

## BIBLIOGRAPHIE

ALEFFI F., DELLA SETA G., GORIUP F., LANDRI P., OREL G. (1995) - Fattori climatici ed edafici e popolamenti bentonici dell'Adriatico settentrionale e del Golfo di Trieste. Evoluzione dello stato trofico in Adriatico : analisi degli interventi attuati e future linee di intervento. Marina di Ravenna 28-29 Sett. : 81-99.

BRAMBATI A., CATANI G. (1988) - Le coste e i fondali del Golfo di Trieste dall'Isonzo a Punta Sottile : aspetti geologici, geomorfologici, sedimentologici e geotecnici. *Hydrores*, 6: 13-28.

BRAMBATI A., MAROCCO R. (1983) - Dispersion and sedimentation of industrial waste of bauxite, blends, fluorite and phosphourites dumped in the Gulf of Venice, Italy. *Boll. Ocean. Teor. Appl.*, 1, 3.

MUNDA I. (2000) - Long-term marine floristic changes around Rovinj (Istrian coast, North Adriatic) estimated on the basis of historical data from Paul Kuckucks's field diaries from the end of the 19th century. *Nova Hedwigia*, 71: 1-36.

PIGNATTI S., GIACCONE G. (1967) - Studi sulla produttività primaria nel Golfo di Trieste – I. Flora sommersa del Golfo di Trieste. *Nova Thalassia*, 3 (1): 1-17.

STRAVISI F. (1984) - Meteorological influence on the bloom of *Pelagia noctiluca* in the Northern Adriatic. *Proceeding of the Workshop on jellyfish in the Mediterranean Sea*. UNEP: 179-184.

GHIRARDELLI Lia Angela

Dipartimento di Biologia, Università di Trieste, via Giorgieri 10, I-34127 Trieste (Italy)

## PRELIMINARY STUDY ON ENDOLITHIC MICROORGANISMS AS A SENSITIVE MEAN OF BIOLOGICAL MONITORING OF POLLUTION

**RUNNING HEAD:** Endolithic microorganisms and pollution

**ABSTRACT:** This study was conducted in order to evaluate the effect of the environment on the distribution of the endolithic microorganisms in the Gulf of Trieste. The physical and chemical aspects of the habitat and the abundance and luxuriance of the species were studied simultaneously. The first results showed that the presence and the abundance of endolithic cyanophyta and chlorophyta are related to the trophic conditions of the gulf waters. In this study the endoliths living in coralline algae, considered as calcareous substrate for the endolithic microorganisms were examined.

**KEY WORDS:** Endolithic cyanophyta, Endolithic chlorophyta, Environment, Pollution, Trophic conditions.

### INTRODUCTION

The intention of this investigation is to find qualitative respectively semi-quantitative criterion for the degree of pollution along the Adriatic coasts by means of endolithic microorganisms.

Coralline algae were chosen as a mean of the investigation as they usually are bored by microendoliths and they are easier to collect and to study than the carbonate substrata, which have been investigated by other authors. Furthermore, they represent a limestone source also when there are no carbonate rocks or where the coast consists of artificial reefs.

Schneider and Torunski (1976) found that changes in the community composition of endolithic microorganisms do occur under the influence of pollution. Campbell (1984) showed that the diversity of endolithic taxa decreases to two species (*Hyella balani* Lehman and/or *Hyella caespitosa* Born. et Flah.) in protected harbours, and in coastal regions subject to eutrophication (mainly through municipal sewage).

The general reaction of the endolithic community to harbour pollution (which includes organic sewage, petroleum from motors, effluent of nearby factories and freshwater) is a reduction in species diversity. It is not known however whether this development is due to any of these factors or a combination of them.

Not every endolithic species occurs at every unpolluted site in the Mediterranean Sea, and some are rather irregular in their occurrence for as yet undetermined reasons.

This study was conducted in order to evaluate the effect of the environment on the presence of the endolithic species, therefore to try to obtain a biological parameter to evaluate the presence of pollution based on the presence or the absence of endoliths.

### MATERIAL AND METHODS

The natural habitat of five sites along the coast of Trieste was studied: nutrients (nitrates, phosphates and ammonia) water temperature, salinity, pH, dissolved oxygen and total suspended matter were examined.

These sites were chosen since they are subject to natural and urban freshwater inflow, whose effect we wished to study, and human trophication. The nutrient concentration of the seawater was determined colorimetrically using Automated Analysing Equipment.

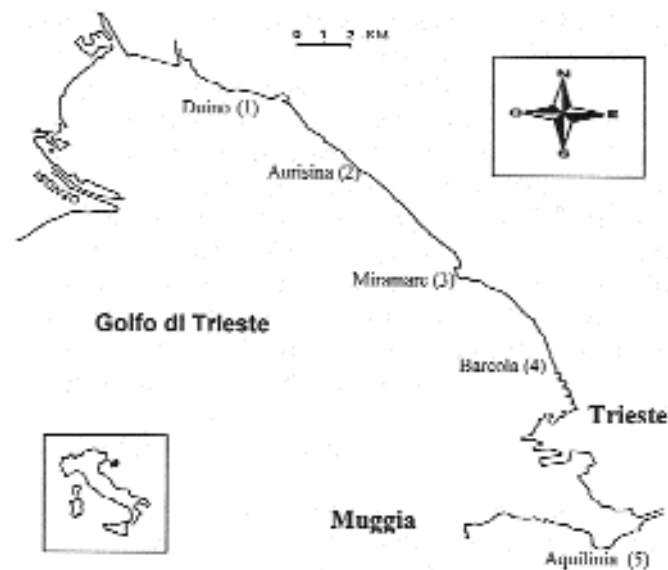


Fig. 1 - The coast of Trieste with the stations examined. 1= Duino, 2= Aurisina, 3= Miramare, 4= Barcola, 5= Aquilinia.

Nitrates were determined according to the method proposed by Morris and Riley (1963), while ammonia was determined according to Grasshoff et al. (1976).

Duino (1) and Aurisina (2) stations were chosen for the presence of freshwater inflows that can provoke salinity and temperature fluctuations. The site (1) is also influenced by the presence of a little harbour. Miramare station (3) was chosen for being near the Wildlife Park, where it is believed to have a good level of environmental conditions. Barcola station (4) is exposed to tourist pressure during summer and to urban waste. Oil pollution and urban waste influence Aquilinia station (5), situated near the oil pipeline terminal.

Coralline algae, belonging prevalently to the genus *Lithophyllum*, *Titanoderma* and *Hydrolithon* were collected from the five sites. The specimens were fixed in formaldehyde 3% in seawater and the dissolution was performed in Perenyi solution (0.5% chromic acid, 10% nitric acid, 70 to 90 % alcohol, in the relation 3:4:3) in order to remove the limestone to the cell wall. The extracted endoliths were observed with a light microscope and identified.

## RESULTS

The first results of this study concern the specimens collected at the three sites (among the five sites examined from the physical and chemical point of view) that present the extreme environmental conditions. The site of Miramare (located close to the natural marine park and less polluted than the other sites), the site of Aurisina (subject to natural freshwater inflows) and the site of Aquilinia (located inside the harbour area, near the oil pipeline terminal and subject to occasional sewage outlets) are of particular interest and were examined before the others.

The majority of endoliths, considering both the variety of species and the number of individuals, was found in the samples of Corallinales collected in Miramare station (3). In this site the cyanophyta *Plectonema terebrans* Born. et Flah., *Mastigocoleus testarum* Lagerheim, *Scopulonema hansgirianum* Ercegovic and *Hyella* spp. were observed. Also the chlorophyta *Ostreobium quekettii* Born. et Flah and *Phaeophila dendroides* (Crouan) Batters and numerous fungi were found. *Ostreobium quekettii* is the dominant species: about twenty specimens/mm<sup>3</sup>. *Plectonema terebrans* is also well represented, while the other species are rarer. Other cyanophyta were noticed, but not yet determined. Moreover a lot of endolithic fungi were seen in the corallinae algae cells.

At Aquilinia station, endoliths are rare and limited to the cyanophyta *Hyella* sp.

At Aurisina station ambiguous results were obtained, as the presence of microendoliths varies very much from one point of the site to another.

The other two stations must be yet examined.

## DISCUSSION AND CONCLUSIONS

A preliminary study of the correlation between the physical and chemical parameters analysed in the sea water of five different sites of the gulf of Trieste and the presence of endolithic microorganisms revealed a connection between the sea water composition, the nutrient concentration, the pollution of the harbour and the endolithic flora living in the examined sites.

Endolithic flora is abundant in the site of Miramare. The several present species testify the relatively good quality of the environment. This is in accordance with the observations conducted by Campbell (1984) near capo Passero, an unpolluted site of Sicily (Italy).

At the site of Aquilinia, on the contrary, the species and the individuals present are very few, sometimes absent. This is the site of maximum pollution and the marked changes in the endolithic community structures are indicative of a very high level of disturbance, supporting the conclusions of Giaccone (1978).

The site of Aurisina gave contrasting results. The presence or the absence of the endolithic microorganisms, as assumed by Ercegovic (1929), probably is directly linked to the numerous freshwater inflows that overflow in that site,

Thus, investigations of epilithic and endolithic biocoenoses combined (including macroalgae, microalgae, other endoliths and grazers), as proposed by Schneider and Torunski (1976), have the best potential as a sensitive mean of biological monitoring of levels of pollution.

## ACKNOWLEDGEMENTS

I am very grateful to Dr. M. Lipizer and to Dr. G. Catalano for the precious help in the chemical and physical analysis of the seawater and to Prof. G. Bressan for his encouragement and suggestions.

## REFERENCES

- CAMPBELL S.E. (1983) – Petrochemical pollution: endolith response. Vies Journées Etud. Pollutions, Cannes, C.I.E.S.M.: 183-189.
- ERGEGOVIC A. (1929) – Sur la tolérance des cyanophycées vis-à-vis des variations brusques de la salinité de l'eau de mer. Acta Botanica, Zagreb, 5: 48-56.
- GIACCONE G. (1978) – Effects on phytobenthos of marine domestic wastewater disposal. Progress in water technology, 4: 51-58.
- GRASSHOFF K., EHRHARDT M., KREMLING K. (1976) – Methods of seawater analysis. Verlag Chemie, 61-72.
- LIPIZER M., BRESSAN G., CATALANO G., GHIRARDELLI L.A. (1995) – Adaptability of *Fucus virsoides* J.A.G. (Fucales, Chromophycophyta) to habitat variations in the gulf of Trieste, North Adriatic Sea. Oebalia, 21: 51-59.
- MORRIS A.W., RILEY G. P. (1963) - The determination of nitrate in seawater. Analytica Chim. Acta, 29: 272-279.
- SCHNEIDER J., TORUNSKI H. (1976) – Distribution of epilithic and endolithic fauna and flora: a comparison of heavily and non-polluted limestone coats (preliminary results). Illes Journées Etud. Pollutions, Split, C.I.E.S.M. :169-170.

Asma HAMZA1, Abderrahmen BOUAIN2 et Amor EL ABED1

1 : Institut National des Sciences et Technologies de la Mer (INSTM) ; B.P. 1035, 3018 Sfax - TUNISIE

## INFLUENCE DE LA QUALITE DU MILIEU ET DE LA NATURE DE L'HERBIER SUR LE PROCESSUS DE LA REPRODUCTION SEXUEE CHEZ LA POSIDONIE DANS LE GOLFE DE GABES (TUNISIE)

### RESUME

L'analyse morphologique des différentes parties de l'inflorescence et la description du processus de la fructification de la phanérogame marine *Posidonia oceanica* dans deux stations du golfe de Gabès à caractéristiques écologiques différentes, nous ont permis de constater que les paramètres du milieu et la nature de l'herbier ont des répercussions notables sur le déroulement de ces phénomènes.

**MOTS-CLES:** floraison, fructification, *Posidonia oceanica*. golfe de Gabès, Tunisie.

### INTRODUCTION

Les phénomènes de floraison et de fructification de la phanérogame marine *Posidonia oceanica* Dellile étaient jadis communs et réguliers en différentes zones du golfe de Gabès. A l'instar de toute la Méditerranée, ces processus se sont plus ou moins éclipsés ces dernières décennies de ces côtes pour ne plus se restreindre qu'à quelques rivages et à certaines périodes (Hamza & Bradai, 1993). Le suivi et l'étude de ces phénomènes en certaines de ces plages depuis 1993, nous a permis de dégager certaines spécificités pour ces processus qui sont certainement liés à la nature de l'herbier et à la qualité du milieu sur ces côtes.

Dans cette note, nous traitons et analysons la floraison et la fructification de la posidonie en deux différentes stations du golfe. En effet, nos échantillons de fleurs et de fruits proviennent de deux types d'herbiers à structure différente ; un herbier assez dégradé situé au sud de la ville de Sfax, frange littorale sujette à une importante pollution industrielle, et un herbier côtier moins altéré par les agressions anthropiques situé au nord de la ville de Gabès. Les résultats obtenus sont comparés avec ceux recueillis en d'autres localités méditerranéennes (Villefranche - France, Caye et Meinesz, 1984 et Golfe de Noli en Mer Ligure - Italie, Bussotti et al., 1998).

### MATERIELS ET METHODE

Les plus importantes collectes de fleurs et de fruits de *Posidonia oceanica* dans le golfe de Gabès, ont été enregistrées au printemps (avril - mai). Nos récoltes concernent le plus souvent des échouages sur les plages, au pied des banquettes des feuilles mortes de posidonie.

L'étude comparative entreprise dans ce travail concerne deux lots d'inflorescences (24 et 37), recueillis en mai 1999, respectivement sur les côtes sud de Sfax à Oued El Maou et à El Akarit au nord de Gabès. Pour la description des différentes parties de l'inflorescence nous avons adopté la terminologie proposée par Caye et Meinesz (1984).

### RESULTATS

Tout au cours des six dernières années de prospection, nous avons remarqué que les phénomènes de floraison et surtout de fructification de la posidonie sur nos côtes présentent une cer-

taine périodicité biannuelle (Fig. 1). Ces observations rejoignent celles faites par Buia et Mazella (1991) pour les herbiers côtiers de l'île Ischia (Italie).

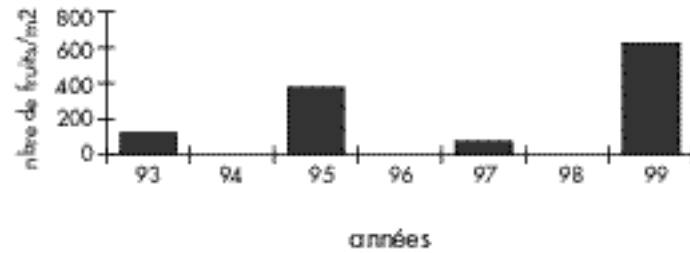


Figure 1 : Fréquence annuelle des échouages des fruits et graines dans la station El Akarit

En ce qui concerne la morphométrie des diverses composantes de l'inflorescence dans nos deux stations du golfe de Gabès, nous avons enregistré les mensurations suivantes :

**Tableau 1** : Longueur moyenne en mm des axes des épillets, des bractées (BC1 et BC2) et des préfeuilles.

Stations	L.1erepi	L.2erepi	L.3erepi	L.4erepi	L.5erepi	L.BC1	L.BC2	L.PF
El Akarit	14.5	17	16.5	16.5	18.5	20.4	22	6
El Maou	14.8	15.71	14.82	14.1	-	19.8	21.7	6

D'après le tableau 1, on note qu'il n'y a pas de différences notables entre les deux stations et ces mensurations rejoignent même celles enregistrées au niveau des côtes de la Méditerranée occidentale (Caye et Meinesz, 1984). C'est seulement au niveau de la hampe florale où nous avons noté une certaine différence ; en effet, nous avons relevé une longueur moyenne de 180 mm pour la hampe florale du O. El Maou et 164 mm pour celle des fleurs d'El Akarit.

Les inflorescences de *Posidonia oceanica* sont sous forme d'épi formé généralement de 1 à 5 épillets. Nous avons remarqué que ce nombre d'épillets par inflorescence varie d'une station à l'autre et d'une région à l'autre aussi (Tab. 2).

**Tableau 2** : Pourcentage de présence des épillets par inflorescence de *Posidonia oceanica* en différentes localités méditerranéennes (R. F= recif frangeant , H.P.P.=herbier peu profond)

Stations	Nbre de fleurs	% du 1er épillet	% du 2ème épillet	% du 3ème épillet	% du 4ème épillet	% du 5ème épillet
El Akarit (mai 99)	24	100	96	75	37	12
El Maou (mai 99)	37	100	82.6	73	17	/
Villefranche (mai 83)	27	100	100	100	75	/
Golfe de Noli R. F. (octobre 98)	16	100	100	100	81	/
Golfe de Noli H. P. P. (octobre 98)	11	100	100	91	45	/

Pour les deux stations du golfe de Gabès, les pourcentages sont du même ordre de grandeur, mais semblent assez différents par rapport à ceux relevés sur les côtes de la Méditerranée occidentale. On retiendra aussi que les fleurs issues de l'herbier d'El Akarit ont plus de chance à développer un 4ème et un 5ème épillet que ceux des côtes sud de Sfax où les conditions de milieu sont plus délétères pour ces végétaux.

Les conditions du milieu et la nature de l'herbier ne semblent pas affecter les composantes de la fleur mais influent plutôt sur le processus du déroulement de la floraison et de l'évolution de la fructification. Des différences sont en effet, perceptibles au niveau de toutes les composantes de la floraison et ceci en allant d'une station à une autre.

**Tableau 3** : Nombres moyens de fleurs mâles (FM), de fleurs hermaphrodites (FH) et de fruit (FR) par épillet en différentes stations méditerranéennes.

Epillet	El Akarit			O. El Maou			Ville- franche		G. de Noli H. peu profond		G. de Noli H. frangeant	
	FM	FH	FR	FM	FH	FR	FH	FR	FH	FR	FH	FR
1er	0.3	0.7	1.2	0.95	0.6	0.8	0.6	2.2	0.3	0.6	0.5	0.5
2ème	0.3	0.6	0.9	1.1	0.5	0.4	0.6	0.9	0.05	0.9	0.5	0.4
3ème	0.4	1.05	0.4	1.2	0.7	0.3	1.4	1.5	0.3	0.6	0.4	0.6
4ème	0.4	0.7	0.5	1.5	0.3	0.05	0.8	1.9	0.2	0.7	0	1
5ème	0.6	1	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-

D'après le tableau 3, on remarque que dans les différentes stations les fleurs qui sont situées en bas de l'inflorescence ont plus de chance à développer des fruits ; le nombre de fruits décroît en allant du premier au 5ème épillet ; tandis que, les fleurs mâles ont tendance à occuper les épillets optimaux. Il apparaît aussi que la fructification à El Maou est moins importante qu'à El Akarit aux dépens d'un développement de fleurs mâles.

En évaluant le pourcentage des fleurs évoluées (fleurs hermaphrodites et fruits) provenant des lots récoltés dans les stations d'El Akarit et El Maou, nous avons noté que ces proportions sont différentes d'une zone à l'autre (66% à El Akarit contre 44,04% à Oued El Maou). Ces différences sont aussi significatives si on ne compte que les fruits ; les pourcentages sont plus faibles et le décalage entre les deux stations est aussi apparent (35,6 % contre 20,14).

Au point de vue taille, pour les fleurs hermaphrodites, on a enregistré un minimum de 4 mm et un maximum de 9 mm pour les ovaires qui sont munies de leurs stigmates au niveau des deux stations. Contrairement, pour les fruits on a relevé que la plus petite taille est de 14 mm à El Akarit et seulement 10.2 mm à Oued El Maou tandis que le maximum est respectivement 29 mm contre 25.6 mm.

## DISCUSSION ET CONCLUSION

Les rivages de Oued El Maou sont des côtes sujettes à une agression anthropique importante issue de différentes sources de pollution tels les usines de traitement de phosphate, les rejets urbains, ports de pêche et de commerce, usines de conditionnement, salines, etc. Ces conditions ont des repercussions sur la bionomie de la zone et surtout l'herbier de posidonie qui y est très dégradé et composé de touffes isolées sur matre morte.

Les proportions et les mensurations que nous avons enregistrées pour la floraison et la fructification de la posidonie en cette station sont souvent plus faibles et plus petites que celles recueillies au niveau d'El Akarit. Seule la longueur moyenne de la hampe florale est plus importante à El Maou (18 cm contre 16.4 cm). Les fleurs de ces rivages semblent être perturbées par une importante turbidité de la colonne d'eau (disparition du disque de Secchi à 1,5 m) et ont par conséquent, tendance à migrer plus vers la surface à la recherche de la lumière.

Ces conditions stressantes semblent influencer aussi sur le processus de la fructification ; non seulement, l'évolution des fleurs hermaphrodites et en stade de maturité est assez faible comparativement aux autres localités mais l'avortement des fruits est aussi considérable. En effet, Boudouresque et Thelin (1985) considèrent que c'est à partir de 22 mm que les fruits sont supposés comme mûrs. A El Akarit le pourcentage des fruits ayant une taille au-delà de 22 mm est de 32% et il est seulement 9.37% à El Maou.

L'espoir de régénération par la voie sexuée de cet herbier dégradé situé au sud de Sfax reste par conséquent faible ; d'autant plus que cette zone est sujette à des opérations de pêche pratiquant des arts traînants destructeurs. Les graines aptes à germer peuvent facilement échouer dans les filets ou encore sont déterrées et véhiculées d'une zone à une autre.

Toutefois on notera d'une façon générale, que les proportions de développement des fruits sur les côtes du golfe de Gabès sont plus faibles que celles enregistrées sur les côtes de la Méditerranée occidentale malgré qu'il soit connu que les températures élevées sont un facteur stimulant pour la reproduction sexuée pour cette phanérogame marine (Molinier et Picard, 1954).

## REFERENCES

- BOUDOURESQUE C.F., THELIN I., 1985. Floraison et fructification de *Posidonia oceanica* : un protocole d'étude standardisé. Rapp. P. v. Réunion. CIESM, 29 (5) : 117-179.
- BUIA M.C., MAZZELLA L., 1991. Reproductive phenology of the Mediterranean seagrasses *Posidonia oceanica* (L.) Dellile, *Cymodocea nodosa* (Ucria) Aschers., and *Zostera noltii* Hornem. Aquatic Botany, 40 : 343-362
- BUSSOTTI S., GUIDETTI P., MATRICARDI G., 1998. Morphological analysis of *Posidonia oceanica* flowers from a reef formation and shallow water meadow of the Ligurian sea (north-western Mediterranean). Vie et Milieu, 48 (1) : 55-62.
- CAYE G., MEINESZ A., 1984. Observations sur la floraison et la fructification de *Posidonia oceanica* dans la baie de Villefranche et en Corse du Sud. In : First international Workshop on *Posidonia oceanica* Beds, C.F. Boudouresque, A. Jeudy de Grissac, J. Olivier (eds), GIS Posidonie publ. : 193-201.
- HAMZA A., BRADAI M.N., 1994. Sur la floraison et la fructification de deux phanérogames marines sur les côtes Sud-Est de la Tunisie. Mar. Life, vol 4 (1) : 1- 4.
- MOLINIER R., PICARD J., 1954. Eléments de bionomie marine sur les côtes de Tunisie. Bull. Stat. Océanogr. Salammbô, 48 : 1-47.

Alvaro ISRAEL & Sven BEER. Israel Oceanographic & Limnological Research, Ltd. Tel Shikmona, P.O.Box 8030, Haifa 31080. Israel.

## PHOTOSYNTHETIC AND GROWTH RESPONSES OF MACROALGAE TO GLOBALY CHANGING CO<sub>2</sub> CONCENTRATIONS

**ABSTRACT:** Common macroalgae from shores of the Israeli Mediterranean were experimentally subjected to high concentrations of dissolved CO<sub>2</sub> for extended periods, with the intention of predicting possible effects of increasing atmospheric CO<sub>2</sub> levels on the productivity of marine plants. Generally, growth rates of the nine species tested, representing the three major groups (green, red and brown), were not significantly affected by doubling the CO<sub>2</sub> concentrations of the seawater. Similarly, no significant effects on maximal photosynthetic rates under high CO<sub>2</sub> levels were generally observed. It is likely that the lack of response of these algae is due to the presence of a CO<sub>2</sub> concentrating mechanism (CCM) based on HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> uptake.

**KEY-WORDS:** growth, photosynthesis, CO<sub>2</sub> concentrations

### INTRODUCTION

It is expected that the atmospheric CO<sub>2</sub> level will double within the next century (Conway and Tans, 1996). One of the most conspicuous effects anticipated from the resulting 'global change' is the direct effect of CO<sub>2</sub> on plant productivity. This is largely so because the enzyme that fixes CO<sub>2</sub> in the universal photosynthetic carbon reduction (PCR) cycle, ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase (Rubisco), has a low affinity for CO<sub>2</sub> and also fixes O<sub>2</sub>. Because of these characteristics of Rubisco, photosynthesis of those plants which rely on the PCR cycle as their sole carbon fixation pathway, i.e. the C<sub>3</sub> plants, is often CO<sub>2</sub> limited in today's atmosphere (provided that light, other nutrients and water are kept at more luxurious levels). While there are experimentally-based predictions regarding terrestrial C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> plants, and while there is a debate regarding possible influences on phytoplankton, virtually no experiments have been carried out in order to test CO<sub>2</sub>-effects on marine macroalgae. Marine macroalgae are generally C<sub>3</sub> plants and therefore they may be affected by rising CO<sub>2</sub> concentrations. This study examines the simulated effects of increasing atmospheric CO<sub>2</sub>, as reflected in the air-equilibrated seawater composition of inorganic carbon (C<sub>i</sub>), on photosynthesis and productivity of marine macroalgae common to the Israeli Mediterranean. These results should enable predictions regarding the future productivity and species composition / biodiversity of these plants in sub-tropical near-shore marine ecosystems, including the intertidal, where they form an important biotic component.

### MATERIALS AND METHODS

The algae were grown for periods of 4 -15 weeks in 40 L fiberglass tanks supplied with running seawater and aeration (Friedlander, 1992). A stream of pure CO<sub>2</sub> was mixed with normal air, yielding CO<sub>2</sub>-enriched air of approximately 700-750 ppm, which was constantly bubbled through the tanks. The algae were additionally enriched (24 h pulse fed) with 0.2 mM phosphorus (PO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) and 2.0 mM nitrogen (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). Growth rates were determined by blotting dry and weighing algae every 5-7 days and were expressed as percentage of weekly fresh weight gain. Rates of net photosynthesis were measured as O<sub>2</sub> evolution on small isolated thalli using Hansatech (UK) O<sub>2</sub> electrode chambers.

### RESULTS

Growth rates for three marine macroalgae abundant during winter time, grown in CO<sub>2</sub>-enriched seawater, 0.2 mM P and 2.0 mM N are shown in Table 1. The average growth rate was similar for algae grown with or without CO<sub>2</sub>-enrichment, except for *Ulva* that showed a slightly enhanced growth during the first week of being exposed to high CO<sub>2</sub>.

**Table 1.** Growth rates (% of biomass increase per week) for some of the most abundant macroalgae species during winter time (Jan-Feb, 1999), grown in 40 L tanks (n = 3 ± SD) with regular or CO<sub>2</sub>-enriched seawater, 0.2 mM P and 2.0 mM N.

Species	Days of Growth	Growth rate (%)	
		With CO <sub>2</sub>	Without CO <sub>2</sub>
<i>Ulva</i> sp.	7	480.0 ± 20.5	417.3 ± 13.0
	21	440.0 ± 17.3	424.1 ± 16.8
	43	281.3 ± 20.3	310.0 ± 21.5
		Average: 391.5 ± 83.1	Average: 385.7 ± 44.2
<i>Enteromorpha linza</i>	14	74.4 ± 12.0	97.1 ± 32.4
	22	160.1 ± 10.5	189.4 ± 19.3
	29	214.1 ± 11.8	241.8 ± 20.2
	36	247.1 ± 21.1	301.2 ± 18.7
	43	225.9 ± 13.8	314.7 ± 25.5
		Average: 184.0 ± 69.3	Average: 228.4 ± 88.8
<i>Porphyra linearis</i>	7	137.8 ± 12.9	145.8 ± 20.4
	11	182.1 ± 10.2	162.1 ± 16.9
	17	190.2 ± 11.2	177.5 ± 10.1
	24	168.3 ± 16.8	180.0 ± 10.2
		Average: 169.5 ± 22.9	Average: 166 ± 16.0

Seasonal growth rates of algae grown for various time lengths with or without CO<sub>2</sub>-enrichment are indicated in Table 2. *Ulva* sp., *Porphyra linearis* and *Gracilaria conferta* showed seasonal growth, nevertheless it was found no effect of increased CO<sub>2</sub> on their growth rates. The growth of all other species studied was not affected significantly by increasing CO<sub>2</sub> levels in their seawater medium. In *Ulva* sp., combining high CO<sub>2</sub> with increasing levels of N or P did not enhance the growth of this species.

**Table 2.** Growth rates (% biomass increase per week; n = 3 tanks  $\pm$  SD) of macroalgae grown during several weeks in regular or CO<sub>2</sub>-enriched seawater, 0.2 mM P and 2.0 mM N.

Species	Date (weeks of growth)	Growth rate (% biomass increase week-1)	
		With CO <sub>2</sub>	Without CO <sub>2</sub>
<b>CHLOROPHYTA</b>			
Ulva sp.	12/98-1/99 (5 weeks)	88.3 $\pm$ 23.1	72.2 $\pm$ 33.9
Ulva sp.	7-8/99 (4 weeks)	456.2 $\pm$ 63.8	418.8 $\pm$ 40.0
Ulva sp.	8/99-11/99 (11 weeks)	327.3 $\pm$ 115.7	345.5 $\pm$ 92.2
Enteromorpha linza	1/00-2/00 (5 weeks)	97.1 $\pm$ 10.3	74.5 $\pm$ 12.4
Ulva sp.	2/00-4/00 (7 weeks)	189.5 $\pm$ 22.5	144.5 $\pm$ 18.2
	0 mM N, 0mM P	40.6 $\pm$ 5.6	33.2 $\pm$ 6.6
	0.1 mM N, 0.01 mM P	99.1 $\pm$ 8.1	83.5 $\pm$ 11.0
	0.5 mM N, 0.05 mM P	133.8 $\pm$ 18.6	141.7 $\pm$ 13.9
	2.0 mM N, 0.2 mM P	231.0 $\pm$ 26.7	201.6 $\pm$ 22.3
<b>RHODOPHYTA</b>			
Gracilaria conferta	12/98-1/99 (6 weeks)	23.7 $\pm$ 6.0	21.8 $\pm$ 7.4
Gracilaria conferta	9/99-12/99 (10 weeks)	56.3 $\pm$ 36.4	42.2 $\pm$ 25.6
Gelidiopsis sp.	1/99-5/99 (15 weeks)	59.9 $\pm$ 28.4	63.1 $\pm$ 25.7
Porphyra linearis	3/99-5/99 (9 weeks)	21.7 $\pm$ 12.4	34.1 $\pm$ 16.7
Porphyra linearis	2-00-3/00 (6 weeks)	88.2 $\pm$ 7.9	80.2 $\pm$ 12.2
Hypnea cornuta	5/99-7/99 (7 weeks)	106.5 $\pm$ 69.3	132.9 $\pm$ 58.9
Gracilaria cornea	8/99-11/99 (10 weeks)	73.7 $\pm$ 18.8	60.7 $\pm$ 19.9
<b>PHAEOPHYTA</b>			
Padina sp.	1/99-3/99	28.9 $\pm$ 10.2	25.9 $\pm$ 17.6
Sargassum sp.	1/99-3/99	38.8 $\pm$ 13.3	24.4 $\pm$ 13.8
Sargassum sp.	12/99-2/00	20.1 $\pm$ 12.9	40.0 $\pm$ 15.9

**Table 3.** Rates of maximal photosynthesis (MPS;  $\mu$ mol O<sub>2</sub> gFW<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>; n = 8-12  $\pm$  SD) for algae grown in CO<sub>2</sub>-enriched or regular seawater, 0.2 mM P and 2.0 mM N.

Species	Days of growth	CO <sub>2</sub> enrichment	MPS	MPS (2 or 4 mM Ci added)
<i>G. cornea</i>	21 days	Yes	31.4 $\pm$ 2.8	40.9 $\pm$ 4.1
		No	18.8 $\pm$ 2.1	35.9 $\pm$ 3.1
<i>Ulva sp.</i>	49 days	Yes	352.0 $\pm$ 30.0	362.7 $\pm$ 20.0
		No	332.1 $\pm$ 58.7	350.9 $\pm$ 80.1
<i>G. conferta</i>	28 days	Yes	84.1 $\pm$ 19.3	86.9 $\pm$ 19.3
		No	74.6 $\pm$ 23.5	80.1 $\pm$ 26.4
<i>E. linza</i>	14 days	Yes	365.5 $\pm$ 39.0	400.6 $\pm$ 33.0
		No	325.1 $\pm$ 22.1	376.2 $\pm$ 35.9
<i>P. linearis</i>	21 days	Yes	267.3 $\pm$ 48.3	273.6 $\pm$ 41.1
		No	395.0 $\pm$ 29.5	400.9 $\pm$ 34.2

Algae grown in CO<sub>2</sub>-enriched seawater had similar maximal photosynthetic rates as their counterparts grown in non-enriched seawater, except for *G. cornea* (a native species from Jamaica) for which maximal photosynthesis significantly increased for both, CO<sub>2</sub>-enriched and non-enriched algae (Table 3). Rates of maximal net photosynthesis were measured in regular seawater (containing approximately 2.5 mM Ci), or in seawater enriched with additional 2 or 4 mM Ci. MPS rates following additions of 2 mM Ci were similar to MPS rates measured after additions of 4 mM Ci. This was true for either algae grown in CO<sub>2</sub>-enriched or regular seawater.

## DISCUSSION AND CONCLUSIONS

This investigation shows no significant effects of long-term (weeks) CO<sub>2</sub> enrichment (doubling of the air-equilibrated seawater CO<sub>2</sub> concentration) on the photosynthetic and growth rates of most macroalgae studied. Occasional enhancements were seen for one representative of the chlorophyta and phaeophyta, however, they were not consistent time wise. We suggest that this generalized response is likely due to CO<sub>2</sub> concentrating mechanisms existing in marine macroalgae as based on efficient HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> utilisation. Uptake of HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> can occur directly through the plasma membrane, or may involve efficient systems in which CO<sub>2</sub> is being produced after HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> dehydration at the plasmalemma. Algae that employ this method of HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> utilisation do so by the aid of carbonic anhydrase (CA), an enzyme which can act exofacially to the plasma membrane so as to facilitate the dehydration of HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> close to the cell surface (as CO<sub>2</sub> is removed by the plant). This seems to be a fairly common way of HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> utilisation, first described for the red alga *Chondrus crispus* (Smith and Bidwell 1989) and subsequently found in some species of *Ulva* (Beer and Israel, 1990) and several other genera (cf. Beer 1994). These systems are collectively known as Carbon Concentrating Mechanisms (CCMs). Whether such responses are due to an active CO<sub>2</sub> concentrating system in the species so far studied that adapts to surrounding CO<sub>2</sub> levels, is under current investigation.

**ACKNOWLEDGMENTS:** This research was supported by THE ISRAEL SCIENCE FOUNDATION funded by the Academy of Sciences and Humanities.

## BIBLIOGRAPHY

BEER S., ISRAEL A (1990) – Photosynthesis of *Ulva lactuca*. IV. pH, carbonic anhydrase, and inorganic carbon conversions in the unstirred layer. *Pl. Cell Environ.* 13: 555-560.

BEER S. (1994) - Mechanisms of inorganic carbon acquisition in marine macroalgae. In: Round FE., Chapman DJ (eds), *Progress in photosynthetic research*, Biopress, Bristol, UK: 179-207.

CONWAY TJ., TANS PP (1996) - Atmospheric carbon dioxide mixing ratios from the NOAA climate monitoring and diagnostics laboratory cooperative flask sampling network, 1967-1993. *CDIAC Comm.* 22: 12.

FRIEDLANDER M (1992) – *Gracilaria conferta* and its epiphytes: the effect of culture conditions on growth. *Bot Mar.* 34: 423-428.

SMITH RG., BIDWELL RGS (1989) - Mechanisms of photosynthetic carbon dioxide uptake by the red macroalga, *Chondrus crispus*. *Plant Physiol.* 89: 93-99.

Jamel KSOURI et Rafik BEN SAÏD

INSTM – Centre Khéréddine. 29 rue Général Khéréddine Pacha – 2015 Le Kram – Tunisie

## INTEGRATION DE L'ALGOCULTURE DANS LA GESTION LAGUNAIRE. EXEMPLE : CULTURE DE *GRACILARIA VERRUCOSA* DANS LE LAC DE BIZERTE – TUNISIE

### RESUME

Cette étude, effectuée dans le lac de Bizerte en 1998 durant la période allant du mois d'avril à juillet, a porté sur la culture expérimentale de la macroalgue rouge *Gracilaria verrucosa* (Hudson) Papenfuss (Gracilariales, Gracilariacées) selon trois techniques différentes: corde tendue, boudins de sable et bêche; l'objectif étant de se fixer sur la méthode de culture la plus appropriée à ce site. Eu égard aux résultats enregistrés au terme de 58 jours de culture, il apparaît que la technique des boudins de sable est la plus adéquate puisqu'elle a engendré le meilleur accroissement du poids des touffes; celui-ci ayant passé de 200 g à 1205 g, avec le meilleur taux de récupération (90 % des touffes ont été préservées) et les meilleures densités finales et taux de croissance spécifique, respectivement 2,7 kg/m<sup>2</sup> et 3,100. Ainsi, l'algoculture peut être mise à contribution dans la gestion intégrée du lac afin d'en améliorer les ressources.

**KEY-WORDS:** *Gracilaria verrucosa*, culture method, biomass, % of recuperation, culture density, specific growth rate, Bizerte lake.

### INTRODUCTION

D'une façon générale, la culture de *Gracilaria* vise essentiellement la production de l'agar et secondairement la production d'un aliment à destination humaine ou animale ainsi que la fabrication d'un amendement agricole. Pratiquement, bien qu'il soit théoriquement possible d'avoir recours à des ensemencements à partir de tétraspores et de carpospores (opération délicate et à coût élevé car nécessitant le contrôle en laboratoire des facteurs régissant l'émission brutale et massive des éléments reproducteurs), la culture de *Gracilaria* repose sur la technique de bouturage telle qu'elle est pratiquée à Taïwan, en Chine et en Thaïlande dans des marais alors qu'au Chili la culture est faite en mer et la technique est variable selon que les implantations se font dans la zone intertidale (utilisation d'une fourche à deux branches ou d'une bêche) ou dans la frange infralittorale (utilisation des boudins de sable).

En Tunisie, les travaux traitant l'exploitation des algues sont très peu nombreux. A l'occasion du Plan Directeur de l'Aquaculture en Tunisie (PDA : Projet PNUD/FAO – 1992), deux rapports de consultation ont été élaborés montrant que la phyco-culture est un créneau qu'il importe d'explorer et que l'espèce *Gracilaria verrucosa* est la plus intéressante pour le démarrage d'une telle activité.

Dans des travaux antérieurs, nous avons évalué les biomasses disponibles et déterminé les surfaces d'extension des *Gracilaria* présentes dans le lac nord de Tunis et dans le lac de Bizerte. Dans le présent article, nous exposons les résultats des cultures de *Gracilaria verrucosa* entreprises à l'échelle expérimentale dans le lac de Bizerte.

## MATERIEL ET METHODES

Afin de cerner le mode de culture de *Gracilaria verrucosa* le plus approprié au profil côtier de la Tunisie ou du moins au lac de Bizerte, nous avons testé (les modalités du protocole expérimental sont consignées dans le tableau 1), dans ce dernier site en 1998 durant la période allant d'avril à juillet, les trois méthodes de culture par bouturage pratiquées à une échelle industrielle dans plusieurs pays d'Asie et d'Amérique (PEREZ, 1997) : celle de la corde tendue, celle des boudins de sable et celle de la bêche.

**Tableau 1 :** Protocole expérimental des cultures de *Gracilaria* dans le lac de Bizerte

Mode de culture	Corde tendue	Boudins de sable	Bêche
Emplacement	niveau d'eau 2 m; touffes à 0,5 m du fond	niveau d'eau de 2 m; boudins légèrement enfoncés dans le sable	niveau d'eau de 1 m; les touffes sont enfoncées dans le sable
Nombre et longueur de cordes ou de rangées	24 cordes de 6 m chacune	24 rangées de 7,5 m chacune	16 rangées de 11 m chacune
Nombre de touffes par unité/total	8 / 192	10 / 240	15 / 240
Surface de la parcelle (m <sup>2</sup> )	138	172,5	165
Echantillonnage par mois	prélèvement de 3 cordes de chaque côté (6 au total)	prélèvement de 3 rangées de chaque côté (6 au total)	prélèvement de 2 rangées de chaque côté (4 au total)

## RESULTATS

Le tableau 2 illustre les résultats obtenus au terme des trois étapes de culture 30 jours, 58 jours et 86 jours. Il en ressort que les meilleurs résultats découlent de la technique des boudins de sable après 58 jours de culture ; en effet, au bout de cette période de culture, le poids individuel des touffes a passé de 200 g à 1205 g avec un taux de préservation des touffes de 90 %, un taux de croissance spécifique de 3,09 % et une densité finale de 2,7 kg/m<sup>2</sup>.

**Tableau 2 :** Résultats des cultures de *Gracilaria verrucosa* dans le lac de Bizerte

Résultats	Mode de culture		
	Corde tendue	Boudins de sable	Bêche
Nombre de touffes initial / final	* 48 - 38 . 48 - 22	* 60 - 52 . 60 - 54 o 60 - 40	* 60 - 48 . 60 - 35
% de récupération des touffes	* 79 . 46	* 87 . 90 o 70	* 80 . 58
Poids final moyen (g)	* 492 . 428	* 454 . 1205 o 1284	* 520 . 1136
TCS	* 3,00 . 1,31	* 2,73 . 3,09 o 2,16	* 3,18 . 2,99
Densité finale (kg / m <sup>2</sup> )	* 0,7 . 0,4	* 0,8 . 2,7 o 1,7	* 1,1 . 1,8

TCS: Taux de croissance spécifique (% d'accroissement du poids / jour)

\* : Période du 1 au 30/4/98, soit 30 jours

. : Période du 1/4/98 au 28/5/98, soit 58 jours

o : Période du 1/4/98 au 25/6/98, soit 86 jours

## DISCUSSION ET CONCLUSIONS

Pour la culture de *Gracilaria verrucosa* dans la partie Nord - Est du lac de Bizerte dans une zone calme où le substrat est sableux, la profondeur est de 2 m et où la végétation est la moins abondante possible (taux de couverture du substrat de 5 - 10 %), la technique dite « du boudin de sable » longiligne s'avère la plus efficace.

Le TCS de 3,09 % du poids / j auquel ont conduit nos cultures est sensiblement plus élevé que celui de 2,64 % / j signalé par GLENN et al. (1998) pour *Gracilaria parvispora* cultivée à Taiwan en cages flottantes à partir de plants produits en éclosérie et celui mentionné par CHAOYUAN et al. (1993) de 2,4 % / j pour la culture en Chine de *Gracilaria tenuistipitata* en bassins. Le TCS de nos cultures est cependant inférieur à celui de 4 - 5 % / j noté par PICKERING et al. (1990) en Nouvelle Zélande pour *Gracilaria Chilensis* et celui de 11-12 % / j enregistré en été par MOLLOY & BOLTON (1996) pour *Gracilaria gracilis* cultivée sur corde en Namibie.

La culture de *Gracilaria verrucosa* dans le lac de Bizerte, outre son aspect économique, peut avoir des retombées positives sur l'environnement en contribuant à la diminution de la pollution surtout organique.

Dans le cadre de la diversification de la production et étant donné que le lac est confronté à des contraintes environnementales et socio-économiques (MASSA, 1994), l'algoculture trouve sa place dans la gestion intégrée du lac afin de consolider les activités traditionnelles et introduire un créneau pouvant être porteur. D'autant que la production annuelle des coquillages est faible et que les rendements des produits de la pêche enregistrent un déclin, ayant passé de 7 kg / ha dans les années 80 à 5 kg / ha en 1991 et 2,8 kg / ha en 1992 (MISSAOUI, 1993).

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- CHAOYUAN V., LI R., LIN G., WEN Z., DONG L., ZHANG J., HUANG K., WEI SH. & LAN G. (1993) - Some aspects of the growth of *Gracilaria teuistipitata* in pond culture. *Hydrobiologia* 260 / 261: 339 - 343.
- GLENN E., MOORE D., BROWN J., TANER R., FITZSIMMONS K., AKUTIGAWA M. & NAPOLEAN SH. (1998) - A sustainable culture system for *Gracilaria parvispora* (Rhodophyta) using sporelings, reef growout and floating cages in Hawaii. *Aquaculture*, 165: 221 - 232.
- MASSA F. (1994). - L'exploitation des milieux lagunaires de la Tunisie (Considérations générales et hypothèses d'intervention). Plan Directeur de l'Aquaculture en Tunisie. Plan Directeur de l'aquaculture en Tunisie. 43 p.
- MISSAOUI H. (1993). - Exploitation extensive des lagunes tunisiennes. Plan Directeur de l'Aquaculture en Tunisie. 127 p.
- MOLLOY F.J. & BOLTON J.J., 1996 - The effect of season and depth on the growth of *Gracilaria gracilis* at Lüderitz, Namibia. *Botanica Marina* 39: 407 - 413.
- PEREZ R. (1993). - Perspectives pour une algoculture de macroalgues en Tunisie. Rapport de consultation. Plan Directeur de l'aquaculture. Projet de coopération Tunisie / PNUD. 29 p.
- PEREZ R. (1997). - Ces algues qui nous entourent. Conception actuelle, rôle dans la biosphère, utilisation, culture. Edition IFREMER. 272 p.
- PICKERING T.G., GORDON M.E. & TONG L.G., 1990 - Seasonal growth, density, reproductive phenology and agar quality of *Gracilaria sordida* (Gracilariales, Rhodophyta) at Mokomoko inlet, New Zealand. *Hydrobiologia* 204 / 205: 253 - 262.

Carmen MIFSUD

Environment Officer Biodiversity, Biodiversity Protection Section, Environment Protection Section, Ministry for the Environment, Floriana CMR 02, Malta. Tel: (+356) 232022. Fax: (+356) 241378. E-mail: admin@environemnt.gov.mt. Web: www.Environment.gov.mt

## MALTA COUNTRY REPORT: MARINE VEGETATION

**ABSTRACT:** This document provides a summary of the main activities and projects undertaken by the relevant departments, institutions and authorities in the Maltese Islands on marine vegetation.

### INTRODUCTION

The Maltese Islands are a group of small, low islands aligned in a Northwest to Southeast direction and located in the central Mediterranean. They are part of a submarine ridge that separates the east and the west Mediterranean basins. The central position of Malta leads to biotic affinities with Sicily, North Africa and the west and east basins. One of the very few natural resources of the Maltese Island is the sea. The Maltese archipelago encompasses only about 180 km of coastline, and is extensively used for tourism, aquaculture and fisheries, maritime traffic and other related activities. Thus severe exploitation lacking sustainability for the above purposes may lead to the eventual degradation of our local habitats.

### MATERIALS AND METHODS

These were numerous due to the different nature of the projects involved. The legislative parts included the revision of various legal notices, the Environment Protection Act (EPA) itself and the setting up of new ones. For underwater projects, that included the monitoring and the mapping of areas, scuba diving equipment had to be utilised, as well as different apparatus required for the different methodologies used.

### RESULTS AND DISCUSSIONS

#### *Legislation & other Policies*

A summary of the main activities undertaken is provided below. For further details on legislation, the work of Stevens (1999) can be consulted.

- The adoption of regulations concerning marine biodiversity, which include LN 161 of 1999, published through the provisions of the EPA. These incorporate the provisions found in the Protocol concerning Specially Protected Areas and Biological Diversity in the Mediterranean (= SPABIM) and the Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats (otherwise known as the Bern Convention). Such legal notices also include additional protected species.
- Draft legal notices concerning the enactment of forms of marine conservation areas are being discussed between the relevant authorities. It is envisaged that the island of Filfla will be included as a marine nature reserve together with other areas around the Maltese Islands and the recently scuttled artificial reefs (wrecks).
- The Environment Protection Department (E.P.D.) has also set up a committee on the protection of sea-grasses, to determine the best approach leading to the adequate protection of sea-grass meadows in the Maltese Islands.

- The development of national policies concerning, for example, the guidelines on the introduction of alien species and the drafting of a National Biodiversity Strategy (Stevens, 1999).

#### Data Compilation

- The formulation of a State of the Environment Report. This includes updates on the status of Maltese biodiversity, including marine vegetation (Schembri et al., 1999).
- The compilation of revised version of the "Red Data Book for the Maltese Islands" (Schembri & Sultana, 1989) and of the "Localities with Conservation Value in the Maltese Islands" (Schembri et al., 1987), which provide data on threatened species.

#### Other Work

- The development of Species Action Plan Programmes (= SAP), a programme for the conservation of Maltese biodiversity. In this respect, a draft checklist of species requiring special conservation measures is now in the consultation phase. SAP also includes the identification and protection of critical habitats important for endangered or keystone species like seagrass meadows, maerl beds, *Cystoseira* forests and *Lithophyllum lichenoides* trotoirs.
- Analogously, the E.P.D. has started working on a checklist of alien taxa encountered in the Maltese Islands. This will help in planning legislation and policies relevant to the control and/or eradication of alien species. One of these alien species is the *Caulerpa racemosa*, which has established itself in the Maltese communities back in 1997 (Lanfranco, in prep.). The rapid expansion and invasiveness of this alga along most of the southern Maltese coast could ultimately involve a change in the local littoral communities. *C. racemosa* has developed locally on all sorts of substrates (maerl communities, as a hyperepiphyte, on mud/sand and on rocky substrata).
- Work has also started in relation to the Emerald network, a network of areas of special conservation value. Thus with the guidance of the report on local important coastal and marine areas commissioned by RAC/SPA (Schembri, 1994), a national team has been set in order to determine marine areas that could qualify for inclusion in the network.
- Work is also underway in connection with the Coastal Area Management Programme (CAMP). This is a scientific study carried out in a site NW Malta, which is being evaluated for its potential designation as a marine protected area.
- Within the SPABIM framework an action plan was set up for the conservation of marine vegetation. This practically includes measures of conservation to avoid loss or degradation of marine assemblages and important species.

#### Research Work

Numerous research works on benthic communities were and/or are being carried out by the University of Malta. The main works are included below:

- Seasonal monitoring carried out over a two-year period (1996-1998) on the maerl ecosystems (Lanfranco et al., 1999a) that are found in the North-western part of Malta. This forms part of an international research project on the biodiversity and structure of these ecosystems and on the possible impacts of human activities (Schembri 1998). Microscopic investigations

confirmed that there are at least five main species of rhodolith-forming algae and two other heavily calcified species, which are important contributors to the Maltese maerl deposits. The most extensive maerl grounds known to date lie in the North-eastern coast of the Island of Malta (Borg et al., 1998). These habitats are unique and support a number of rare and uncommon species, they may require even more research and protection (Lanfranco et al., 1999). From this study a key for the identification of coralline algae using the gross morphology (Lanfranco, 1998) has also been constructed. Most of the rhodoliths for this key come from sparse accumulations (Lanfranco et al., 1999b) on soft sediments, seagrass beds and even on rock.

- Other important research works were done on the community structure of *Cystoseira* forests especially of the protected species (Legal notice 49/93 and 161/99) such as *Cystoseira amentacea* and *Cystoseira spinosa* (Mifsud 1995 and Mifsud 2000). During these studies a number of new records for the Maltese Islands were made particularly of small delicate species that tend to be overlooked in other studies.
- Other projects included the monitoring of artificial reefs (AR) formed from scuttled wrecks. These included a monitoring project of algal communities associated with two of the scuttled wrecks (Darmanin, 1999) as part of a diploma course. The monitoring of two tugboats scuttled in 1998 (Mifsud, 1999) as part of the underwater marine park action committee was also another project on AR's. These were studied and monitored in order to observe scrupulously the initial steps of colonisation of a substrate and also to compare it with already «established» structures. These studies were very important, apart from the actual study of feasibility of an AR.

A revised checklist on Maltese algae has been produced (Cormaci et al., 1997), amending the previous checklists of Sommier & Caruana Gatto (1915) and Lanfranco (1969).

#### ACKNOWLEDGEMENTS

This report has been prepared with the help of Mr Darrin Stevens, Environment Officer Biodiversity at the Environment Protection Department (Malta), who also provided numerous scientific papers on this issue. Special thanks are also due to Mr Alfred E. Baldacchino (Environment Protection Department Malta), Mr Edwin Lanfranco (Department of Biology of the University of Malta) and the Mr Vince Gauci (Director, Environment Protection Department) for seeing through this report and for all their help and support.

## REFERENCES

- CORMACI M., LANFRANCO E., MIFSUD C., et al., (1997) Contribution to the knowledge of the benthic marine algae on the rocky substrate of the Maltese Islands; Mediterranean sea. *Botanica Marina, Sicilia*, 40: 203-215
- DARMANIN A., (1999) An investigation of the algal communities associated with submarine wrecks, Unpublished Diploma dissertation. International Environment Institute University of Malta - 161pp+xiii.
- LANFRANCO E. (1969). Revised checklist of Maltese algae. National Press. 24 pp.
- LANFRANCO E., RIZZO M., HALL-SPENCER J., BORG J., SCHEMBRI P.J., (1999 a). Maerl-Forming Coralline Algae and Associated Phytobenthos from the Maltese Islands. *The Central Mediterranean Naturalist*. 3(1): 1-6.
- LANFRANCO E. (1999 b). Field identification of calcified red algae. *Xjenza*. 4(1): 14-18.
- LANFRANCO E., MIFSUD C AND BORG J. (2000). First records of *Caulerpa racemosa* (Forskåal) J. Agardh for the Maltese Islands. (Provisional Title).
- SOMMIER S. & CARUANA GATTO A. (1915). *Flora melitensis nuova*. Firenze. Stab. Pellas. 502pp.
- LANFRANCO E., MIFSUD C AND BORG J., (In preparation) First Record of *Caulerpa racemosa* (Forskåal) J. Agardh for the Maltese Islands.
- MIFSUD C., (1995) An investigation of the *Cystoseira amentacea* community in 3 localities in Malta: 13 In V. Axiak (ED) *Biological Abstracts*, University of Malta, Malta
- MIFSUD C., (2000) The structure, composition and seasonal changes of a *Cystoseira spinosa* v. *tenuior* assemblage at Dellimara (S.E. Malta). Unpublished M.Sc. dissertation. Faculty of Science University of Malta- 161pp+xiii.
- Report (connected with the monitoring programme set up by the P.A. after the completion of the EIA) on the First Monitoring Programme of the Marine Benthic Communities on the Melita Tug Boats at Zonqor Point, Marsascale after their scuttling carried out on behalf of the Underwater Marine Park Action Committee done in August 1998 – January 1999.

Hesham Mansour Mohamed MOSTAFA

Oceanography Department, Faculty of Science, University of Alexandria, Moharam Bey-21511, Alexandria-Egypt.

## EXTENSION OF POSIDONIA OCEANICA MEADOWS IN THE MEDITERRANEAN WATERS OF EGYPT: HISTORICAL PREVIEW

The importance of the endemic *Posidonia oceanica* seagrass beds in Egypt is becoming widely recognized due to different attacking threats occurring to their existence along the north-western Egyptian Mediterranean coast (Fig.1). In fact, most of the current investigations are dealing with the effects of different human impacts on seagrass meadows (Mostafa, 1991; Mostafa, 1997; Mostafa and Halim 1995). The occurrence and distribution of *P. oceanica* in the Egyptian waters started in the early 30th due to Steuer (1935, 1939) who gave a detailed survey on the fishery grounds of Alexandria. The depth and the type of sediments were given at each station. This detailed survey provides an invaluable record of the conditions and the extension of *P. oceanica* meadows along the coast of Alexandria in 1933. A detailed comparison between the present conditions and the conditions in 1933 is shown in Table 1. It appears that the general configuration of the beds has not changed fundamentally, but certain areas have been badly damaged or destroyed. Nasr and Aleem (1949) investigated the algal communities in the infralittoral zone of Alexandria. Aleem (1955) gave a comparative study of *Posidonia* and *Cymodocea* beds in Abu-Qir Bay, East of Alexandria (Fig. 1). Aleem (1960) described the occurrence of the seagrass *Halophila stipulacea* in area of Mersa-Matrouh (about 300 km west of Alexandria) (Fig. 1).

Recently, Biliotti and Abdel-Ahad (1990) reported the occurrence of the same species for the first time in the waters of Italy. Haritonidis and Diapoulis (1990) also recorded its existence in the waters of Greece. It seems that the Red Sea species is becoming more distributed in the waters of the Mediterranean. Mosse (1983) studied the cyclic variations of the leaf sheaths of orthotrope rhizomes of *Posidonia* beds and their anatomical structure at El-Dabaa (about 150 km west of Alexandria). Bergin (1984, 1987), investigated the main algal communities and the gut content of Echinoderms in parallel with the algal populations at the same locality. Vitiello et al., (1985) gave a general distribution of the main dominant benthic communities at El-Dabaa. Thelin et al., (1985) recorded some phenological data on *Posidonia* beds at the same area. Campos-Villaca et al., (1985), investigated the algal communities of rocky substrates at El-Dabaa. Sourenian, (1985) and Sourenian and Vitiello (1985), studied the meiofauna and the macrofauna of the infralittoral zone at the same locality. At present, in the northwestern coast of Egypt, large meadows extend from depths of 4-5 meters to about 26 meters. These meadows also appear in the observations of Steuer (1935) up to Hanovil



(Table 1). There are shallow and deep extensive meadows that are scattered in different shapes and sizes and are located at depths ranging between 5 to 8 meters depth. Dead «mattes» of old *P. oceanica* meadows are found covered with sand nearby the green meadows in shallow areas (3-6 meters depth). The present observations confirm the existence of the lower limit at about 26 m as was observed by Thelin et al., (1985) at El-Dabaa. *Posidonia* meadows were located at El-Alamein, Sidi Abd El-Rahman and at Mersa-Matrouh at shallow depths (6 m) (Fig. 1). The Western bed appears to be in continuity with the North African coastal beds (Conde-Poyales, 1989), along Libya, Tunisia and Algeria. Farghaly and Denizot (1984) performed a study on the ecology, biometry and biomass of *Posidonia oceanica* along 100 km of coast in the Benghazi region, in Libya. The Western beds in Egyptian waters still remain unexplored, except for the work at El-Dabaa, and the present observations at El-Agami (Mostafa 1991, Mostafa and Halim, 1995). It is to be noted that the Western area as far as Mersa Matrouh, have been intensively urbanized by buildings of Sea resorts and holiday villages in the last 20 years. Such coastal developments represent a potential threat to the meadows if domestic wastewater is to be discharged into the Sea. In front of the City of Alexandria, the conditions of the meadows differ markedly from the western meadows. They grow in scattered patches in inshore semi-closed bays at Miami (Sidi-Bishr), El-Mandara (El-Asafra), Montazah and Abu-Qir (Fig. 1). They are exposed to occasional pollution from a number of effluents, before the situation was altered. These locations have not been explored by Steuer. Abu-Qir bay in the present observations is a degraded bay particularly its coastal belt and neither Steuer nor the present observations show any occurrence of *Posidonia* seagrass. Steuer (1935), however, reported the occurrence of "seagrasses" without further comments. Nasr and Aleem (1949), while working on the ecology of some marine algae from the Mediterranean coast of Alexandria, reported the occurrence of *Posidonia* associations at Sidi-Bishr, El-Asafra (El-Mandara) and Abu-Qir. The extension of the beds was in the upper sub-littoral belt to deeper waters. They also recorded the presence of *Posidonia* balls at Burg El-Arab, west of Hanovile. The authors also reported the presence of *Zostera marina* with *Posidonia oceanica* at Sidi-Bishr. This is the only record of *Zostera marina* from Alexandria waters, although, *Zostera noltii* is known to occur in Egyptian Mediterranean waters (Tackholm et al., 1941). They also reported on the epiphytic associations on the leaves and their seasonal variations. The authors stated that *P. oceanica* seen fruiting in the environs of Alexandria. However, Thelin et al., (1985), observed inflorescences in the meadows of El-Dabaa during 1982-1983 (October, 16th) ashore inflorescences, and 5-10 aborted in a meadow patch (Thelin and Boudouresque, 1985). It is worth mentioning that the Eastern area in front of the Nile Delta, East from Abu Qir and in between Rosetta and Damietta (Fig.1) provides no records of *Posidonia* meadows. According to Lipkin (1977), the seagrasses occurring in the coastal waters of Israel are only *Zostera noltii* and *Cymodocea nodosa*. This author did not record *P. oceanica* in the area from Bardaweel lagoon to the waters of Israel. Aleem (1955), however, reported the growth of scattered *Posidonia* at few rocky places along the coast in between Port-Said and El-Arish.

**Table (1):** Distribution of *Posidonia oceanica* beds in 1933, (Steuer, 1935) and at present (1999). Refer to maps figure 1. (Modified after Mostafa, 1991).

Station Number (Steuer, 1935)	Location & Depth (-m)	Conditions in 1933 Remarks	Conditions in 1999 Remarks
81, 82, 101, 102, 105, 111	Hanovi-El Agami till Mersa Matrouh (4-7 m)	The <i>Posidonia</i> meadows extend westward to Hanovil and beyond White calcareous sand	Meadows do extend along the northwestern coast till Mersa Matrouh. At Abu Talat beach, fresh water effluent caused severe damage to the beds. Trawling nets in the area impose great threats to the meadows
22, 78, 86, 93, 94, 95, 99, 119, 146	Entrance to El Mex Bay (8-20 m)	Meadows extend from El Agami covering the bay. Sandy, stony	The area has been altered being the main entrance for the western Harbor. Meadows have disappeared
20, 21, 83, 84, 85, 128, 134, 135, 136, 140	Inner side of El agami Island (4-14 m)	Inshore meadows on sandy stony bottom with <i>Caulerpa</i> , <i>Halimeda</i> and <i>Cymodocea</i>	A new harbor was established. Disappearance of the meadows
12	Behind the breakwater of the western harbor (-5m)	Small localized meadows	Polluted harbor Disappearance of meadows
Western harbor - Sidi-Bishr	Main coast of Alexandria (-5m)	No observations	Localized patches
35, 36, 37	Sidi Bishr (Miami) (3-12m)	Stony coarse sand <i>Caulerpa</i> , <i>Halimeda</i>	<i>Posidonia</i> beds (3-12m) <i>Ulva</i> , <i>Jania</i> , <i>Sargassum</i>
Miami-Montazah	Coarse sand with sandy-rocky beaches (4-7m)	No observations	Abundant seagrass patches in small embayments
Abu-Qir (Western side)	Embayments surrounded with submerged rocks	No mention of <i>Posidonia</i> Sandy rocky bottom	<i>Posidonia</i> meadows at (-5m) Sandy-muddy bottom
41, 42, 48, 56, 57, 58	Abu Qir Bay West (4-8m)	Seaweed meadows. Muddy sand with stones	<i>Posidonia</i> meadows completely absent from the bay. Highly polluted bay

**BIBLIOGRAPHY**

- ALEEM A. A. (1955)- Structure and evolution of the seagrass communities *Posidonia* and *Cymodocea* in the southeastern Mediterranean. In: Essays in Natural Science in Honor of Captain Allan Hancock. Univ. of S. Calif. Press. Los Angeles. Calif.: 279-298.
- ALEEM A. A. (1960)- The occurrence of the seagrass *Halophila stipulacea* (Forsk) Asch. on the west coast of Egypt. Bull. Fac. Sci. 4:79-84.
- BERGIN F. (1984)- Etude des algues marines d'El Dabaa. Côtes Méditerranéennes d'Egypte. D.E.A. Ecologie Méditerranéenne, Univ. Aix-Marseille 3, Marseille, Fr.: 1-53.
- BERGIN F. (1987)- Gut contents of *Paracentrotus lividus* and *Arbacia* in the El-Dabaa region (Egypt). Intern. Colloquium on *Paracentrotus lividus* and edible sea-urchins, Carry-Le-Rouet, France: 107-1165.
- BILIOTTI M. and N. ABDEL-AHAD (1990)- *Halophila stipulacea* (Forsk.) Ascher. (Hydrocharitaceae): espèce nouvelle pour l'Italie. *Posidonia Newsletter* 3(2): 23-26.
- CAMPOS-VILLACA R., F. BERGIN C.F. BOUDOURESQUE and I. THELIN (1985): Le benthos littoral d'El Dabaa (Méditerranée, Egypte). III Les peuplements algaux photophiles de substrat dur. Rapp. Comm. Int. Mer Medit., 29(5): 249-252.
- CONDE-POYALES F. (1989)- Ficogeografía del mar de Alboran en el contexto del Mediterraneo occidental. An. Jard. Bot. Madrid, 46 (1): 21-26.
- FARGHALY M.S. and M. DENIZOT (1984)- *Posidonia oceanica* (L.) Delile on the Eastern Coast of Lybia. Intern. Workshop. *Posidonia oceanica* Beds. Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A, & Olivier J. (Eds.), GIS Posidonie Publ. Fr. 1: 419-422.
- HARITONIDIS S. and A. DIAPOULIS (1990)- Evolution of Greek marine phanerogam meadows over the last 20 years. *Posidonia newsletter*, 3 (2): 5-10.
- LIPKIN Y. (1977)- Seagrass vegetation of Sinai and Israel, In: C.P. McRoy and C. Helfferrich (Eds.), *Seagrass Ecosystems*. Marcel Dekker. Inc., New York and Basel: 263-293.
- MOSSE R. A. (1983)- Variations cycliques dans les écailles de *Posidonia oceanica*: rhizomes plagiotropes et othotropes. Labo. Ecol. Benthos, Fac. Sci. Luminy, Marseille et Parc natl. Port-Cros (Var.), Fr., : 1-276 p.
- MOSTAFA H. M. (1991)- Ecological studies on the marine phanerogam *Posidonia oceanica* and some of the associated communities in the Mediterranean Sea of Alexandria. Thesis Doctorate. Univ. Alex. 1-288 pp.
- MOSTAFA H. M. and Y. HALIM (1995)- Phenology, Rhizome growth rate and rhizome production of *Posidonia oceanica* (L.) Delile along a depth gradient: Preliminary approach using Lepidochronology. *Mar. life*: 5(1):19-27.
- MOSTAFA H. M. (1997)- Decline of *Posidonia oceanica* in the Egyptian Mediterranean waters of Alexandria. Proceedings of the 7th International Conference on Environmental Protection is a Must. Alexandria, Egypt, 20-22 May -1997 (363-374).

- NASR A. H. and A. A. ALEEM (1949)- Ecological studies of some algae from Alexandria. *Hydrobiologia*. 1: 251-281.
- STEUER A. (1935)- The Fishery Grounds near Alexandria. I- Preliminary report. In: Notes and Memoirs, No. 8 Cairo.
- STEUER A. (1939)-The Fishery Grounds near Alexandria. XIX. Mollusca. In: Notes and Memoirs, No. 33 Cairo.
- SOURENIAN B. (1985)- Le benthos littoral d'El Dabaa (Méditerranée, Egypte). IV. Premières données sur la macrofaune des sables infralittoraux. Rapp. Comm. Int. Mer Medit., 29 (5): 253-255.
- SOURENIAN B. and P. VITIELLO (1985)- Le benthos littoral d'El Dabaa (Méditerranée, Egypte). V. Estimations quantitatives de la meiofaune des sables infralittoraux. Rapp. Comm. Int. Mer Medit., 29 (5): 257-258.
- TACKHOLM V., G. TACKHOLM and M. DRAR (1941)- Flora of Egypt, vol.1 Cairo. University Press. Egypt.
- THELIN I. and C..F. BOUDOURESQUE (1985)- *Posidonia oceanica* flowering and fruiting. Recent data from an international inquiry. *Posidonia newsletter* (1)-1:5-14.
- THELIN I., R. A. MOSSE, C.F. BOUDOURESQUE and R. LION (1985): Le Benthos Littoral d'El Dabaa (Méditerranée, Egypte). II. l'herbier a *Posidonia oceanica*. Rapp. Comm. Int. Mer Medit., 29 (5): 247-248.
- VITIELLO P., C.F. BOUDOURESQUE, J.C. CARNES, E.M.A. HASSAN, H. MAUBERT, B. SOURENIAN and THELIN (1985)- Le Benthos Littoral d'El Dabaa (Méditerranée, Egypte). I. Données générales sur le domaine benthique. Rapp. Comm. Int. Mer Medit., 29 (5): 245-246.

Panayotis PANAYOTIDIS (1), Aristidis DIAPOULIS (1),

Ioanna VARKITZI(1) & Barbara MONTESANTO (2)

(1) National Center of Marine Research, 16604 Agios Kosmas, Athens Greece

(2) Athens Univ., Section of Ecology & Systematics, 15784 Panepistimiopolis, Athens, Greece

## CYSTOSEIRA SPP., USED FOR THE TYPOLOGY OF THE NATURA-2000 CODE 1170 («REEFS») AT THE AEGEAN SEA (NE MEDITERRANEAN)

**ABSTRACT:** A qualitative and quantitative study of algal communities dominated by different species of the genus *Cystoseira* has been carried out in 14 coastal areas of the Aegean Sea. The use of *Cystoseira* species for the typology of the NATURA-2000 code 1170 is discussed.

**KEY-WORDS** *Cystoseira*, NATURA-2000, Aegean Sea, NE Mediterranean

### INTRODUCTION

At the upper infralittoral zone (0-1 m depth) of the Mediterranean coasts, the species of the genus *Cystoseira* are usually the dominant element of the benthic vegetation on unpolluted hard substratum and the *Cystoseira* algal community is considered as the final stage (climax) in a succession of photophilic algal communities (Pérès & Picard, 1964). Thus, in the frame of the «habitat» Directive (92/43/EEC) application, it is worth to examine if the different species of the genus *Cystoseira* could be used for a better definition of the NATURA 2000 habitat type «reefs» (code 1170), on the Mediterranean coasts (Arianoutsou et al., 1996).

### MATERIALS AND METHODS

#### *The study area*

Fourteen sampling areas have been chosen at the upper infralittoral zone (0-1m depth) in the Aegean Sea (Figure 1), in order to compare several coastal environments under different hydrodynamic conditions. Coastal environments presenting extremely high hydrodynamic conditions were avoided.

#### *Samplings, algal taxonomy and statistical analysis*

The data used in the present paper were always collected and analyzed with the same methodology, which could be summarised as following:

- 1) The sampling was destructive, on a quadrat 20cm X 20cm (400 cm<sup>2</sup>), which is considered to be the minimal sampling area for the infralittoral communities for the Mediterranean (Boudouresque & Belsher, 1979).
- 2) The identification of the marine algae was carried out at the Biodiversity Laboratory of the National Center for Marine Research of Athens, following the classification and authorities proposed by Ribera et al. (1992) for the Fucophyceae, Gallardo et al. (1993) for the Chlorophyceae and Athanasiadis (1987) for the Rhodophyceae.
- 3) The quantitative study was performed according the methodology proposed by Boudouresque (1971a) and developed by Verlaque (1987). Each sample was carefully sorted and the surface covered by each species, in horizontal projection, was measured.

## RESULTS

### *Floristic aspects*

The species belong to the genus *Cystoseira*, which is the dominant element of the studied algal communities are presented at Table 1.

**Table 1.** Percentage coverage of the *Cystoseira* spp. in the study area

	<i>C. schiffneri</i>	<i>C. barbata</i>	<i>C. crinita</i>	<i>C. compressa</i>	<i>C. mediterranea</i>
St. 1 (GR 4110005)	50.0				
St. 2 (GR 2420005)	5.0				
St. 3 (GR 2420003)			25.0	5.0	5.0
St. 4 (GR 2440001)			25.0	25.0	
St. 5 (GR 3000003)			50.0	25.0	
St. 6 (GR 2420001)			50.0	50.0	
St. 7 (GR 3000004)		30.0	30.0	25.0	
St. 8 (GR 3000005)	5.0			5.0	5.0
St. 9 (GR 4220010)			25.0		5.0
St.10 (GR 4220019)			10.0	10.0	
St.11 (GR 4220013)				75.0	
St.12 (GR 4220012)				75.0	25.0
St.13 (GR 4210005)			25.0	5.0	
St.14 (GR 4210004)			25.0	25.0	

The species *Cystoseira barbata* C. Agardh var. *barbata* is an important element of the upper infralittoral benthic vegetation, in the semi enclosed bays and even in the small fishermen ports (Ercegovic, 1952). Thus, it is considered to be the most sensible to the hydrodynamic conditions (wave energy). For this reason Huvé (1972) reports *C. barbata* as rare species at the upper infralittoral zone of the Aegean archipelagos, where the wave energy is usually very high.

The species *Cystoseira compressa* (Esper.) Gerloff & Nizamuddin f. *compressa*, which is synonyme with *C. fimbriata* (Desf.) Bory, is known as an important element of the infralittoral benthic vegetation, very tolerant towards the hydrodynamic conditions (Huvé, 1972). Nevertheless, the same author reports from the Aegean that *C. compressa* tends to be replaced by *C. corniculata* in the exposed stations and by *C. crinita* in the sheltered stations.

The species *Cystoseira crinita* (Desf.) Bory f. *crinita*, is also reported from the Aegean by Huvé (1972) as an important element of the infralittoral benthic vegetation, in exposed as well as in sheltered stations. Ercegovic (1952) considers *C. crinita* as a species tolerant towards the wave energy.

The species *Cystoseira mediterranea* Sauv. var. *mediterranea*, is known as the dominant element of the upper infralittoral benthic vegetation at the exposed Mediterranean coastal areas (Boudouresque, 1969; Ballesteros, 1988).

The species *Cystoseira schiffneri* Hamel f. *schiffneri*, which is a synonyme of *C. discors* (L.) C. Agardh f. *discors*, is common in the Aegean Sea, reported from sheltered habitats of the upper infralittoral zone (Athanasiadis, 1987).

#### Structure of the vegetation

According to the results of the studied *Cystoseira* communities, the most important floristic elements are the erect photophilic species covering the free space between *Cystoseira* plants. The most constant and dominant species of this group are the brown algae *Sphacelaria cirrosa*, *Halopteris scoparia*, *Padina pavonica* and *Dictyota* spp., the red algae *Jania* spp., *Halimtilon virgatum* and *Laurencia obtusa*, as well as the green algae *Anadyomene stellata*, *Valonia utricularis* and *Dasycladus vermicularis*. Under low hydrodynamic conditions (stations dominated by *C. barbata*), the free space between *Cystoseira* plants is usually covered by fine sediments, unfavorable for algal installation. Eutrophication indicator species (e.g. *Ulva*, *Enteromorpha* and *Cladophora* species) are usually present.

The most common encrusting sciaphilic species, fixed on the substratum under *Cystoseira* plants, are the red algae *Titanoderma* sp. and *Peyssonnelia* sp.

As far as the epiphytes on *Cystoseira* plants is concerned, they are mainly red encrusting algae as *Hydrolithon farinosum*, *Pneophyllum lejolisii* but also filamentous brown algae (mainly *Ectocarpales*), and green algae (mainly *Cladophora* spp.), as well as small erect red algae species (mainly *Ceramiales*).

## DISCUSSION

The studied *Cystoseira* species are the dominant element of the habitat type 1170. According to our results, the studied species of *Cystoseira* could be considered as indicator species of unpolluted waters, with the exception of *C. barbata*, which seems to be tolerant to moderate eutrophication conditions. Nevertheless, the indication of the ecological quality given by each species (or group of species) of the genus *Cystoseira*, is not the same. Environmental parameters, such as hydrodynamic conditions, have to be used in order to define comparable groups of species.

Thus, the studied *Cystoseira* species could be used in order to distinguish three different subdivisions of the habitat type 1170. The first is characterized by the presence of *C. barbata*, and *C. schiffneri* and is related with low to moderate-low wave energy. The second is characterized by the presence of *C. crinita*, and *C. compressa* and is related with moderate wave energy. The third is characterized by the presence of *C. mediterranea* and *C. corniculata* and is related with high to moderate-high wave energy.



Figure 1. The study area

## REFERENCES

- ARIANOUTSOU M., DELIPEIROU P., DIMOPOULOS P., ECONOMIDOU E., KARAGIANNAKIDOU V., KOSTANDINIDES P., PANAGIOTIDES P., PANITSA M. & TSIOLIS G., (1996) «Habitat types present in Greece», in: S. Dafis et al., (Eds.) «The Greek habitat project NATURA 2000», EKBI, 893 p.
- ATHANASIADIS A., 1987. A survey of the Aegean Sea, with taxonomic studies on the species of the tribue *Antithamnieae* (Rhodophyta). Ph.D. Thesis, University of Goteburg, 174 p.
- BALLESTEROS E., 1988. Estructura de la comunidad de *Cystoseira mediterranea* Sauvageau en el Mediterraneo noroccidental. *Inv. Pesq.* 52 (3): 313-334.
- BOUDOURESQUE C.F., 1971. Méthodes d'étude qualitative et quantitative du Benthos (en particulier du phytobenthos). *Tethys* 3 (1): 79-104.
- BOUDOURESQUE C.F. & BELSHER T., 1979. Le peuplement algal du port de Port-Vendres : Recherches sur l'aire minimale qualitative. *Cah. Biol. Mar.* 20: 259-269.
- ERCEGOVIC A., 1952. Jadranske Cistozire. Njihova morfologija, ekologija i razvitak. *Fauna i Flora Jadrana*, Split, 2, 212 p.

GALLARDO T., GÓMEZ - GARRETA A., RIBERA M.A., CORMACI M., FURNARI G., GIACONE G. & BOUDOURESQUE C.F., 1993. Checklist of Mediterranean Seaweed. II. Chlorophyceae Wille s.l., Bot. Mar. 36: 399-421.

HUVE E., 1972. Aperçu sur la distribution en mer Egée de quelques espèces du genre *Cystoseira* (Phéophycées, Fucales). Soc. Phycol. de France 17: 22-37.

PERÈS J. M. & PICARD J., 1964. Nouveau manuel de bionomie benthique de la mer Méditerranée. Rec. Trav. St. Mar. Endoume 31 (47): 5-137.

RIBERA M.A., GÓMEZ-GARRETA A., GALLARDO T., CORMACI M., FURNARI G. & GIACONE G., 1992. Checklist of Mediterranean seaweed. I. Fucophyceae (Warming, 1884). Bot. Mar. 35: 109-130.

VERLAQUE M., 1987. Contribution à l'étude du phytobenthos d'un écosystème photophile thermophile marin en Méditerranée Occidentale. Thèse Doctorat d'Etat-Sciences, Univ. Aix-Marseille II, 389 p.

PANAYOTIDIS P. & DRAKOPOULOU P.  
National Center for Marine Research  
GR-16604 Agios Kosmas, Hellenikon Greece

## THE MEDITERRANEAN PHYTOBENTHOS IN THE FRAME OF NATURA-2000 PROJECT

### ABSTRACT

The use of the marine vegetation (macro phytobenthos) for the description of the marine habitat types included in the Annex 1 of the Directive 92/43/EEC is discussed.

The key species used for the cartography of the marine sites proposed by the EU Member States in order to create the «NATURA-2000» network are presented.

**KEY-WORDS:** Phytobenthos, NATURA 2000, Mediterranean

### INTRODUCTION

The Annex 1 of the Directive 92/43/EEC (known as «habitat» Directive) proposes 8 habitat types in order to describe the European marine and coastal environment (Arianoutsou et al., 1996). These habitat types are codified with a number and a biological term (e.g. 1120 *Posidonia* meadows), but in some cases after the numerical code there is a geomorphology term (e.g. 1170 «reefs», 1160 «shallow inlets and bays»). In that case a description of the fauna and flora is needed, in order to understand the biological context of the habitat.

In order to provide the cartography of 67 marine sites of the Greek NATURA 2000 network (Figure 1), at 1:10.000 scale, a consortium of four Greek marine Institutions is working since March 1999. These Institutions are: the National Center for Marine Research, the Institute of Marine Biology of Crete, the Institute of Fisheries research of Kavala and the Laboratory of Botany of the University of Thessaloniki.

The present work is focusing at some biological aspects of the application of the «habitat» Directive, at the Greek NATURA 2000 network

### MATERIALS AND METHODS

Hard bottom samplings are carried out using SCUBA diving. The samples are collected on hard substrates mainly in the upper infralittoral zone (30 to 50 cm below the lowest sea level). The sampling is destructive and the sampling area was 400 cm<sup>2</sup> (20cm x 20cm), generally considered as the representative minimal sampling area in the Mediterranean (Boudouresque & Belsher, 1979).

For the study of the soft bottom habitats, oceanographic cruises are carried out with the IMBC R/V «Filia», using a Smith McIntyre sediment sampler.

Parallel to the bottom sampling caustic cartography of the sea floor is performed using the ROXAN sonar (Siakavara & Lasaridou, 2000)

## RESULTS AND DISCUSSION

### «Reefs» (NATURA code 1170)

This type of habitat includes rocky bottoms of the upper infralittoral zone (0-1 meter depth), where the photophilic algae are dominant. In the Mediterranean Peres & Picard (1964) and Augier (1982) have described a biocoenosis of photophilic with final («climax») stage of evolution the communities of the big brown algae of the genus *Cystoseira*.

Together with the *Cystoseira* species some other brown algae form important «facies» of the biocoenosis (e.g. *Padina pavonica*, *Dictyota dichotoma* and *Halopteris scoparia*). The presence of some red algae as *Jania* spp., *Hypnea musciformis*, *Laurencia* spp., was also important together with the green algae *Dasycladus claviformis* and *Acetabularia mediterranea*.

### *Posidonia meadows* (NATURA code 1120)

According to the Annex 1 of the Directive the seagrass *Posidonia oceanica* meadows are considered as priority habitat, because of their important ecological role (Pérès, 1977; Boudouresque & Meinesz, 1982). Apart from *Posidonia oceanica* which is an endemic species in the Mediterranean, the epiphytes of the leaves (as *Myrionema orbiculare*, and *Fosliella farinosa*) as well as the epiphytes of the rhizomes (as *Peyssonnelia rosa marina* and *Flabella petiolata*) are important elements of the biocoenosis (Panayotidis, 1980).

### *Sand banks* (NATURA code 1110)

The habitat type 1110 occupies the more shallow parts of the biocoenosis of the fine sands with well defined grain size («Sables Fins Bien Callibrés», SFBC) according to Pérès & Picard (1964) and Augier (1982). The SFBC biocoenosis replaces the *Posidonia* meadow at sandy beaches exposed to the wave action.

Usually on the sandbanks the seagrasses *Halophila stipulacea* and *Cymodocea nodosa* are present. Under extreme wave action there is no vegetation on the sandbanks.

### *Shallow inlets and Bays* (NATURA code 1160)

The habitat type 1160 has been described as the biocoenosis of muddy sands under low wave energy («Sables Fins en Mode Calme», SVMC) according to Pérès & Picard (1964). This biocoenosis occupies the bottom of shallow and sheltered bays. The more common «facies» of the SVMC biocoenosis is the *Cymodocea nodosa* meadow.

Together with *C. nodosa* the Chlorophyte *Caulerpa prolifera* and recently the invasive species *Caulerpa racemosa* are present.

### *Mud flats* (NATURA code 1140)

The habitat type 1140 corresponds at the upper limit (towards the coastline) of the habitat type 1160, at very sheltered locations, where the bottom inclination is extremely low. The bottom is very often exposed, thus usually there is no vegetation. In some cases, when the exposure is regular and short under extreme wave action there is no vegetation on the sandbanks. Under low salinity conditions *Zostera noltii* replaces *C. nodosa*.

### *Estuaries* (NATURA code 1130)

At the mouths of streams with regular flow, presenting a salinity gradient the marine Angiosperm *C. nodosa* is replaced gradually by two euryhaline Angiosperms: *Zostera noltii* and *Ruppia maritima*.

### *Lagoons* (NATURA code 1150)

According to the Annex 1 of the Directive the lagoons are considered as priority habitat. The habitat type 1150 is related to the eurytherm and euryhaline biocoenosis of the lagoons («biocoenose Lagunaire Euritherm et Eurialine»), LEE) described by Pérès & Picard (1964).

On the Greek coastal lagoons the most common pattern of the phytobenthos distribution on the bottom is the following: *C. nodosa* meadows near the entrance of the sea water, *Zostera noltii* and *Ruppia maritima* at the central part and Charophyta together with *Potamogeton* spp. at the inner part, near the sources of fresh water.

### *Marine caves* (NATURA code 8330)

The habitat type 8330 is dominated by the sciaphilic algae, mainly encrusting red algae belonging to the Cryptonemiales, as *Peyssonnelia squamaria*. Erect species as the green algae *Flabella petiolata* and *Halimeda tuna* are also present.



Figure 1. The Hellenic marine vegetation cartography project (67 sites of the NATURA-2000 network)

## REFERENCES

- ARIANOUTSOU M., DELIPETROU P., DIMOPOULOS P., ECONOMIDOU E., KARAGIANNAKIDOU V., KOSTANTINIDES P., PANAGIOTIDES P., PANITSA M. & TSIOURLIS G., (1996) «Habitat types present in Greece», in: S. Dafis et al., (Eds.) «The Greek habitat project NATURA 2000», EKBI, 893 p.
- AUGIER H., (1982) «Inventory and classification of marine benthic biocoenosis of the Mediterranean», Council of Europe, Nature and Environment Series pp. 15, 57
- BOUDOURESQUE C.F., & MEINESZ A., (1982) «Découverte de l'herbier de Posidonie», Cah. Parc Nation. Port-Cros, Fr., pp. 4, 81.
- BOUDOURESQUE C.F., & BELSHER T., (1979) «Le peuplement algal du port de Port-Vendres: Recherches sur l'aire minimale qualitative», Cah. Biol. Mar., Fr. 20, pp. 259-269.
- PANAYOTIDIS P., (1980) «Contribution à l'étude de l'association Posidonietum oceanica», Thèse Doctorat, Univ. Aix-Marseille II, 213 p.
- PERES J. M., (1977) «Utilité et importance de l'herbier de Posidonies en Méditerranée», Bull. Off. Natn. Pêch. Tunisie, 1 (1), pp. 3-8.
- PERES J. M. & PICARD J., (1964) «Nouveau manuel de bionomie benthique de la mer Méditerranée», Rec. Trav. St. Mar. Endoume, 31 (47), pp. 5-137.
- SIKAVARA A. & LAZARIDOU T., (2000). «Cartography of Posidonia oceanica meadows at Strymonikos and Ierissos gulfs». Proceedings of the 6th Hellenic Symposium of Oceanography & Fisheries, (1): 361-365.

A.A. RAMOS-ESPLÁ, A. OUERGUI, J.T. BAYLE, N. BEN MBAREK, Y. FERNÁNDEZ-TORQUEMADA, S. GUALLOUZA, R. KHIDRI, J.L. SÁNCHEZ-LIZASO & S. YAMAKS  
 (1) Unidad de Biología Marina, Instituto del Agua y de las Ciencias Ambientales, Universidad de Alicante, E-03080 Alicante (Spain); (2) Centre d'Activités Régionales pour les Aires Spécialement Protégées (UNEP-MAP, CAR/ASP); (3) Agence Nationale de Protection de l'Environnement (ANPE Tunisie); (4) Agence de Protection et d'Aménagement du Littoral (APAL, Tunisie); (5) Centre International des Technologies de l'Environnement de Tunis (CITET, Tunisie)

## CONTRIBUTION A LA CARACTERISATION DES HERBIERS A POSIDONIA OCEANICA (L.) DELILE AUX ILES KERKENNAH (EST DE LA TUNISIE, MEDITERRANÉE ORIENTALE)

**ABSTRACT:** The present paper is a contribution to knowledge of the Posidonia oceanica meadows into the South-Eastern sector of the Kerkennah Islands. This area represents an important place where the marine phanerogames (Posidonia oceanica, Cymodocea nodosa) are well developed and they extend over a large area. The Posidonia oceanica meadows range between 0 until 25 m, but it is endangered by the trawling impact (> 6m depth). This paper analyse the characteristics (shoots density, cover), phenology (leaf area index, leaf and epiphyte biomass) and lepidochronology of the shallow meadows (0 to -4 m), and some observations about the trawling impact.

**KEY-WORDS:** Posidonia oceanica, phenology, trawling impact, Eastern Mediterranean.

## INTRODUCTION

Les herbiers à Posidonia oceanica aux Iles Kerkennah sont considérés parmi les mieux développés et conservés de la Méditerranée (Burolet, 1983). De plus, ils présentent des caractéristiques morphologiques particulières (touffes semicirculaires, 'atolls', aspect 'tigré') probablement due à l'action de forts courants, principalement de marée (Blanpied et al., 1979; Burolet, 1983). Pour toutes ces raisons, ils doivent faire l'objet d'une protection (Zaouali, 1998). Les travaux réalisés sur P. oceanica dans cette zone ont été fragmentaires: répartition (Le Danois, 1925; Molinier et Picard, 1954; Blanpied et al., 1979; Burolet, 1983; Ben Mustapha et Hattour, 1992); floraison (Pergent et al., 1989); ou bien, sur l'état de l'herbier (Ben Mustapha et Hattour, 1992). Cependant, les herbiers au Sud et Sud-Est de Kerkennah sont menacés par les pratiques illégales du chalutage, déjà signalées dans le Golfe de Gabès par Hattour (1991).

Dans le but de mieux connaître les herbiers de Posidonia oceanica à Kerkennah, pour établir des secteurs protégés, et aussi pour vérifier les impacts des chalutiers, on a fait une étude des herbiers entre 0 et -10 m, sous l'appui du Centre d'Activités Régionales pour les Aires Spécialement Protégées du Plan d'Action pour la Méditerranée (CAR/ASP).

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'aire étudiée se trouve au SE de l'île Chergui, dans les vasières ou 'bahirats' de El Gremdi et El Abbassia, séparées pour le chenal ou 'oued' Mimoun. Dans cette zone, la vasière peut atteindre une ampleur moyenne de 7,5 km (jusqu'à la profondeur de -2m et -5m), suivi par le plateau externe à partir de -5m (Blanpied et al., 1979; Burolet, 1983). A propos de cette topographie, la zone d'étude a été divisée en trois secteurs: i) vasières ou «bahirats» (entre 0-2 m); ii) talus (2-5 m); et iii) plateau externe (5-10 m). Dans chaque secteur, on a choisi au

moins 3 stations avec *P. oceanica* et 2-3 réplifications par station (tableau 1); à l'exception du secteur entre -5 et -10 m où seulement on a pu faire quelques observations avec l'hydroplane. Le travail a été réalisé par plongée; et les stations repérées à l'aide d'un GPS et référencées sur la carte marine 4237 du Service Hydrographique de la Marine (Iles Kerkennah).

**Tableau I.** Caractéristiques des stations (St): (P) profondeur en m; (M) moyen d'échantillonnage: (A) en apnée, (S) en scaphandre autonome; (TE) type d'échantillonnage: (f) densité des faisceaux de *Posidonia*, (c) couverture du fond, (p) échantillonnage de *Posidonia*, (th) transect par hydroplane.

St	Date	Latitude N	Longitude E	P (m)	M	TE	Posidonia
1	03-06-00	34° 41' 56,7"	11° 17' 31,0"	0-0,5	A	f	touffes, atolls
2	03-06-00	34° 41' 56,7"	11° 17' 31,0"	1-2	S	f	cordon en chenal
3	03-06-00	34° 40' 14,8"	11° 20' 04,7"	3,5-4	S	f, c, p	cordons
4	04-06-00	34° 42' 15,8"	11° 21' 19,6"	2-3	S	f, c, p	cordons
5	05-06-00	34° 43' 36,7"	11° 17' 55,5"	0-0,5	A,S	f, c, p,	touffes
6	06-06-00	34° 40' 35,0"	11° 21' 25,7"	2-3	S	f, c, p,	cordons
7	06-06-00	34° 39' 28,0" 34° 40' 02,4'	11° 21' 25,7" 11° 20' 52,3"	6,5-10,1	S	th	tâches, matte morte; impact chalutage
8	07-06-00	34° 43' 34,7"	11° 19' 33,4"	0-1	A,S	f, c, p,	touffes

Pour chaque station, on a relevé (Pergent & Pergent-Martini, 1995) : recouvrement des biocénoses; densité des faisceaux; échantillonnages des faisceaux (LAI, biomasse des feuilles et des épiphytes et lépidochronologie) et observations de l'herbier (entre -5 et -10 m) avec l'hydroplane (Ramos, 1984). Aussi, on a donné une valeur de l'indice d'altération pour l'herbier à *Posidonia* (Sánchez-Poveda et al, 1995).

## RÉSULTATS

### a) Densité et couverture (tableau II)

- Vasières ou «bahirats» (entre 0 et -2m): les mattes forment des touffes isolées en demi-lune ou «atolls» (entre 3 et 10m de longueur et 1-2m de largeur) avec une direction NE-SW (perpendiculaire aux courants de marée) et les feuilles arrivent à la surface en marée basse. Ces formations se trouvent dans la pelouse à *Cymodocea nodosa*. Autour des chenaux, l'herbier forme des cordons avec des rhizomes très dechaussés. La couverture moyenne de *Posidonia* est entre 16% et 21%. La variation de densité des faisceaux a été entre 318 et 498 f/m<sup>2</sup>. La plus haute densité dans la zone (535 f/m<sup>2</sup>) a été observée dans un cordon à la bordure d'un chenal.

- Talus (entre -2 et -5 m): l'herbier forme de longs cordons avec une largeur entre 7 et 10 m, séparés par des zones de pelouse mixte à *Cymodocea nodosa* et *Caulerpa prolifera*. Pour *Posidonia oceanica*, la couverture varie entre 13 et 45 %; et la densité des faisceaux, entre 267 et 415 f/m<sup>2</sup>.

**Tableau II.** Caractéristiques des herbiers: (P), profondeur en m; (DF/m<sup>2</sup>) densité moyenne des faisceaux par m<sup>2</sup> (déviations standard, entre parenthèses). Pourcentage moyen de recouvrement; (Po) *Posidonia* vivante; (Mm) matte morte; (Cn) pelouse à *Cymodocea*; (Cp) pelouse à *Caulerpa*; (Cn + Cp) pelouse mixte à *Cymodocea* et *Caulerpa*; (S) sable; (IA) indice d'altération; (\*) données approximatives.

St	P (m)	DF	Po	Mm	Cn	Cp	Cn+Cp	S	IA
1	0,5	360 (45)	-	-	-	-	-	-	-
2	1	535 (113)	-	-	-	-	-	-	-
3	3-4	415 (49)	34 (10)	0,0	22 (12)	0	44 (8)	0	0,00
4	2-3	267 (47)	13 (11)	0,0	81 (8)	0	6 (13)	0	0,00
5	0,5	318 (97)	21 (14)	0,0	54 (27)	0	0	25 (23)	0
6	2-3	315 (28)	45 (11)	2 (2)	1 (3)	3 (4)	38 (12)	11 (11)	0,04
7	6,5-10	-	25*	20*	5*	35*	-	15*	0,44*
8	1	498 (40)	16 (16)	0,0	68 (18)	0	9 (11)	6 (6)	0,00

- Plateau externe (à partir de -5m): la pente s'adoucit et l'herbier présente différents états (bien conservé, dégradé ou matte morte). Il y a lieu de remarquer de grands trous (de quelques mètres de diamètre et vers un mètre de hauteur), ainsi que des chenaux dans la matte. Les observations sur le recouvrement montrent une haute proportion de matte morte (20 %) avec *Caulerpa prolifera*, *Flavellia petiolata* et *Halimeda tuna*. La zone avec les herbiers les plus dégradés a été observée à partir de -8,5m.

### b) Phénologie (tableau III)

Le nombre de feuilles par faisceau varie entre 4,50 et 6,85. Le LAI a été estimé entre 6,40 et 9,35 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>; à l'exception de la station 2 (13,27 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>). La longueur moyenne des feuilles est comprise entre 32,25 et 57,40 cm; et la largeur entre 0,9 et 1,05 cm. La biomasse des feuilles/m<sup>2</sup> a été constante (moyenne entre 455 et 480 gPS/ m<sup>2</sup>); et la biomasse des feuilles a été entre 455 et 480 gPS/ m<sup>2</sup>; et la biomasse des épiphytes varie entre 55 et 120 gPS/m<sup>2</sup>.

**Tableau III.** Caractéristiques foliaires et biomasse des épiphytes de la *Posidonia oceanica* avec la moyenne et l'erreur standard (entre parenthèses): (St), station; (NF), nombre moyen de feuilles par faisceau; (LAI), indice global foliaire; (SF) surface des feuilles par faisceau; (L) longueur; (BF) biomasse des feuilles; (BE) biomasse des épiphytes.

St	NF	LAI (m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	SF (cm <sup>2</sup> )	Long. (cm)	BF (gPS/m <sup>2</sup> )	BE (gPS/m <sup>2</sup> )
1	5,63 (0,26)	6,40 (0,62)	177,43 (16,67)	32,57 (1,23)	-	-
2	6,43 (1,45)	13,27 (0,84)	247,93 (15,94)	39,97 (5,04)	-	-
3	6,85 (0,35)	8,80 (0,20)	211,20 (5,20)	32,25 (3,35)	-	-
4	6,35 (0,15)	8,55 (2,35)	321,75 (88,25)	46,05 (13,05)	455,0 (32,4)	54,7 (11,3)
5	4,75 (0,35)	8,85 (0,65)	278,90 (21,00)	57,40 (1,00)	465,9 (27,9)	119,6 (26,4)
6	5,75 (0,25)	9,35 (1,25)	296,20 (40,40)	52,05 (16,25)	480,1 (25,8)	77,5 (20,4)
8	4,50 (0,30)	7,40 (0,45)	149,50 (7,00)	35,30 (2,60)	438,7 (27,0)	76,2 (8,3)

#### c) Lépidochronologie

Le nombre moyen de feuilles/année a été de 7,0 ( $\pm$  0,2); et la croissance moyenne de 2,15 cm/année ( $\pm$  0,06). La production de rhizomes a été estimée à 187 mg PS/faisceau.année ( $\pm$  48). On a aussi remarqué d'importants changements inter-annuels avec une croissance maximale de 3,4 cm/année en 1995.

## DISCUSSION ET CONCLUSIONS

La couverture et la densité des faisceaux montrent des valeurs basses pour les herbiers, mais l'absence de matte morte dans la plupart des stations signale que l'herbier superficiel à *Posidonia oceanica* à Kerkennah n'est pas soumis à des impacts anthropiques. En comparant les résultats à Kerkennah avec des herbiers déjà étudiés sur les côtes orientales tunisiennes (Ben Mustapha et Hattour 1992), la densité des faisceaux et le nombre de feuilles/faisceau a été plus ou moins semblable.

Blanpied et al. (1979) et Burollet (1983) ont signalé que les herbiers de posidonie longent ces côtes jusqu'à la profondeur de -25m; aussi, Ben Mustapha et Hattour (1992) signalent la présence des herbiers jusqu'à -25m dans la partie Nord et Est, et vers les -12 et -18m dans la partie Sud et Sud-Ouest. Le Danois (1925) signalait les herbiers au Sud de Kerkennah jusqu'à -30 m. Actuellement, cet herbier profond est soumis à un important impact. Les observations en plongée indiquent que l'action des chalutiers est présente à -6,5 m (et même endeça), et cet impact est plus fort à partir de -8,5 m; où on trouve d'ailleurs une haute proportion de la matte morte (IA = 0,44). Cet impact a engendré l'érosion et la dégradation d'une partie significative des herbiers à *Posidonia*. Pour faire face à ce danger, en plus d'une éventuelle protection législative et administrative du site en question, il est fortement conseillé d'appliquer d'autres moyens de prévention comme les récifs artificiels antichalutage (Ramos et al., 2000).

## BIBLIOGRAPHIE

- BEN MUSTAPHA K. & HATTOUR. A. (1992) - Les herbiers de Posidonies du littoral tunisien: I: Le golfe de Hammamet. Not. Inst. Nat. Scien. Techn. Océanog. Pêche, Salammô, 2: 1-20.
- BLANPIED C., BUROLLET P.F., CLAIRFOND P. & SHIMI M. (1979) - Sédiments actuels et holocènes. In: Géologie Méditerranéenne, la Mer pélagienne. 6(1): 61-82.
- BUROLLET P.F. (1983). Répartition des posidonies à l'Est de la Tunisie. Rapp. Comm. int. Mer Médit., 28(3): 173-174.
- HATTOUR A. (1991) - Le chalutage dans les eaux tunisiennes. Réalités et considérations législatives, particulièrement, dans les Golfs de Tunis et de Gabès. Not. Inst. Nat. Scien. Techn. Océanog. Pêche, Salammô, 1: 1-25.
- LE DANOIS E. (1925) - Recherches sur les fonds chalutables des côtes de Tunisie (croisière du chalutier 'Tanche' en 1924). Anns. Sta. Océanogr. Salammô, 1: 1-56.
- MOLINIER R. & PICARD J. (1954) - Eléments de bionomie marine sur les côtes de Tunisie. Bull. Sta. Océanogr. Salammô, 48: 1-47.
- PERGENT G., BEN MAIZ N., BOUDOURESQUE C.F. & MEINESZ A. (1989) - The flowering of *Posidonia oceanica* over the past fifty years: a lepidochronological study. In: Boudouresque C.F., Meinesz A. Fresi E & Gravez V. (eds.), International Workshop on *Posidonia oceanica* Beds. GIS Posidonie Publ. Fr. 2: 69-76.
- PERGENT G. & PERGENT-MARTINI C. (1995) - Mise en oeuvre d'un réseau méditerranéen pour la surveillance de la végétation marine. CAR/ASP (PNUE): 1-77.
- RAMOS-ESPLÁ A.A. (1984) - Cartografía de la pradera superficial de *Posidonia oceanica* en la bahía de Alicante (SE España). In: Boudouresque, C.F., Jeudy de Grissac, A. & Olivier, J. (eds.), International Workshop on *Posidonia oceanica* beds. GIS Posidonie Publ. Fr. 1: 57-61.
- RAMOS-ESPLÁ A.A., GUILLEN J.E., BAYLE J.T. & SÁNCHEZ-JÉREZ P. (2000) - Artificial Antitrawling Reefs off Alicante, South-Eastern Iberian Peninsula: Evolution of Reef Block and Set Designs. In: Jensen, A.C., Collins, K.J. & Lockwood, A.P.M., European Artificial Reefs in European Seas. Kluber Academic Publis., London: 195-217.
- SÁNCHEZ-POVEDA M., MARTIN M.A. & SÁNCHEZ-LIZASO J.L. (1995) - Un nuevo índice para caracterizar el estado de conservación de las praderas de *Posidonia oceanica*. Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.
- ZAOUALI, J. (1998) - Les aires marines tunisiennes protégées. Etat de la question, proposition de création d'aires nouvelles. CAR/SPA, MAP-UNEP. 35 pp.

RELINI Giulio<sup>1</sup>, DIVIACCO Giovanni<sup>2</sup>, TUNESI Leonardo<sup>3</sup>

<sup>1</sup> DIP.TE.RIS. Laboratori di Biologia Marina ed Ecologia Animale, Università di Genova - via Balbi 5 16126 Genova E-mail: biolmar@unige.it

<sup>2</sup> Regione Liguria Genova - <sup>3</sup> ICRAM Roma

## MARINE VEGETATION AREAS IDENTIFIED AS SCI (E.C. HABITAT DIRECTIVE) IN THE LIGURIA (NW-MEDITERRANEAN)

### ABSTRACT

Along 359 km of the Ligurian coastline (N-W Mediterranean Sea) 26 sites have been recognized as SCIs, sites of community interest (as defined by the Habitat Directive, EEC 92/43). Approximately 80% of the surface of these sites are covered by the seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile for a total of about 40.5 km<sup>2</sup>.

**KEY-WORDS:** Protected areas, *Posidonia oceanica*, Ligurian Sea, Mediterranean Sea

### INTRODUCTION

In 1994 Italian Ministry of Environment in collaboration with the Regional Authorities and scientists promoted a large project called BioItaly in which the marine environment was analyzed limited to the coastal bottoms inside the 50 m depth. The aim was to census and describe all areas relevant to the EEC Habitat Directive 92/43 (on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora). The choice and description of the sites and biotopes were made following the CORINE – Natura 2000 protocols. Attention was focused to list the SCIs, Sites of Community Importance (in Italian describes as SIC), as defined in paragraph k of the article 1 of the above mentioned directive and mainly related to Annex I (Natural habitat types of community interest whose conservation requires the designation of special areas of conservation) and Annex II (Animal and plant species of community interest whose conservation requires the designation of special areas of conservation). As the marine habitats described in Annex I and in the CORINE system are poorly representative of the marine Mediterranean habitats, the utilisation of these parameters for the definition of the marine environment proved very difficult.

### MATERIALS AND METHODS

The census of SCIs in Liguria was made on the basis of all the available data found in literature, including gray literature, by the Institute of Zoology (at present DIP.TE.RIS.) and the Regione Liguria according to the procedures listed in the CORINE – Natura 2000 protocols. Each site, chosen on the basis of Annex I and II of the Habitat Directive, was roughly mapped following preliminary maps prepared by Bianchi and Peirano (1990) and identified by a code. The surface covered by *Posidonia oceanica* was evaluated.

### RESULTS

Along the 359 km of Ligurian coastline 26 SCIs (table 1) were identified in all those situations in which *P. oceanica* occurs, whereas few other types of biocenoses were censused.

This phanerogam, listed in Annex I and endemic of the Mediterranean Sea, establishes a very important marine ecosystem (Arata and Diviacco 1989, Boudouresque and Meinesz 1983, Mazzella et al. 1987) up to about 40 m depth. Some sites are composed by several subsites

like in the Golfo di Rapallo where 10 small meadows (from 0.3 to 14.1 ha) were censused. The size of the SCI are quite different from 9.7 ha (n° 21) to 621.3 ha (n° 5) and the larger single meadow identified was n° 6 with 450.1 ha. In total the surface covered by this seagrass is estimated at 4051.4 ha (about 40.5 km<sup>2</sup>).

### DISCUSSION AND CONCLUSIONS

The 26 *Posidonia* beds listed in table 1 present an extension of 40.5 km<sup>2</sup> on a surface, within the 50 m depth, extending approximately 481 km<sup>2</sup> which means that only 8.4 % of the surface is covered by *P. oceanica*: in other words all *Posidonia* beds of the Liguria coastline can be included in a square of 6.36 km side.

Many papers have been published on the presence of *P. oceanica* in the Ligurian Sea since the first scientific descriptions of Issel (1912, 1918) and the lists provided by Bianchi et al., (1987) and Relini (1994). Among the most important works are the maps of *P. oceanica* and *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson along the Ligurian coast (Bianchi and Peirano 1995) and the Report of the quality of the natural coastal marine environment in Liguria (Diviacco 1998). In the latter 13 maps (1:50.000) describe the quality of the marine environment between the coastline and the 50 m depth and beds of two seagrasses are recorded. In the volume prepared by Bianchi and Peirano (1995) a set of 44 color maps (1:25000 U.T.M. projection) of beds of the above mentioned seagrasses are reported. The maps show the occurrence and the extension of seagrass beds, the position of their upper and lower limits, and the presence of rock or non-vegetated «matte» (i.e., the network of rhizomes in which interstices are filled with sediment). They have evaluated that in total, *P. oceanica* meadows extend a little less than 140 km of the coastline (nearly 42% of the total length of Ligurian coastline) and cover less than 4800 hectares (10-15% of the Ligurian sea floor between coastline and 35 m depth). This is a value higher than that evaluated by us (4051.4). The difference could be in relation to different methods of calculation for the coverage. The surface of *Posidonia* beds cover off the Western Riviera is almost triple that off the Eastern Riviera, where individual prairies are also smaller. The maximum depth of the lower limit is around 35 m, but recedes to about 20 m in front of the areas with the highest urban and industrial impact (Genoa, Savona, etc.). Similarly, the upper limit, which in a few cases is still at the sea surface, is commonly below 10 m depth.

According to the above mentioned authors, *C. nodosa* meadows line 114 km of the coastline (a little more than 34 % of the total length of the Ligurian coastline) and cover about 2300 hectares (4-7 % of the Ligurian seafloor between sea surface and 35 m depth); they often grow on dead *Posidonia oceanica* «matte».

The ratio of the surface (in hectares) covered by *C. nodosa* meadows to that covered by *P. oceanica* prairies shows greater values in front of the areas with the highest urban and industrial development (Bianchi and Peirano, 1995). The authors hypothesise that the enhancement of *C. nodosa* at the expense of *P. oceanica* is related to decreased environmental quality.

The destruction of *Posidonia* and the regression of two limits are due to human activity in particular illegal trawling, sewage discharge, and beach reconstruction utilising wrong methods. Growing concern is the possible danger due to arrival of the allochthonous alga *Caulerpa taxifolia* (Relini and Torchia, 1992; UNEP, 1998).

Code	Ner of subsites	Site name	SCI area (ha)		P. oceanica beds	
			Area (ha)	%	Area (ha)	%
IT1316175	3	FONDALI CAPO MORTOLA - SAN GAETANO	136,0	122,4	90	90
IT1316274	4	FONDALI S. REMO - ARZIGLIA	413,4	372,1	90	90
IT1315973	3	FONDALI ARMA DI TAGGIA - PUNTA S. MARTINO	378,7	378,7	100	100
IT1315972	3	FONDALI RIVA LIGURE - CIPRESSA	188,4	169,6	90	90
IT1315971	3	FONDALI PORTO MAURIZIO - S. LORENZO AL MARE - TORRE DEI MARM	621,3	621,3	621,3	100
IT1315670	0	FONDALI C. BERTA - DIANO MARINA - CAPO MIMOSA	450,1	450,1	100	100
IT1325675	0	FONDALI CAPO MELE - ALASSIO	140,4	112,3	80	80
IT1324974	0	FONDALI S. CROCE - GALLINARA - CAPO LENA	178,4	142,7	80	80
IT1324973	3	FONDALI LOANO - ALBENGA	346,1	311,5	90	90
IT1324172	0	FONDALI FINALE LIGURE	5,9	5,3	90	90
IT1323271	4	FONDALI NOLI - BERGEGGI	106,7	85,4	80	80
IT1322470	3	FONDALI VARAZZE - ALBISOLA	36,6	29,3	80	80
IT1332477	3	FONDALI ARENZANO - PUNTA IVREA	87,1	78,4	90	90
IT1332576	2	FONDALI BOCCADASSE - NERVI	466,4	419,8	90	90
IT1332575	3	FONDALI NERVI - SORI	499,0	499,0	100	100
IT1332674	0	FONDALI M. PORTOFINO	390,6	78,1	20	20
IT1332673	10	FONDALI GOLFO DI RAPALLO	54,6	49,1	90	90
IT1333372	0	FONDALI PUNTA SESTRI	9,8	8,8	90	90
IT1333371	0	FONDALI PUNTA MANARA	18,3	14,6	80	80
IT1333370	0	FONDALI PUNTA BAFFE	11,7	10,5	90	90
IT1333369	0	FONDALI PUNTA DI MONEGLIA	9,7	8,7	90	90
IT1343474	0	FONDALI PUNTA APICCHI	22,8	20,5	90	90
IT1344273	0	FONDALI ANZO	11,4	10,2	90	90
IT1344272	0	FONDALI PUNTA LEVANTO	15,8	14,2	90	90
IT1344271	0	FONDALI PUNTA PICETTO	13,6	12,2	90	90
IT1344270	3	FONDALI PUNTA MESCO - RIO MAGGIORE	524,2	26,2	5	5

## ACKNOWLEDGMENTS

The cooperation of Settore Politiche e Programmi Ambientali, Servizio Sistemi Informativi, Ufficio Ambiente Marino e Costiero, all belonging to Regione Liguria is kindly acknowledged. Authors thank very much Mr. Piero Ferrari (Ufficio Parchi Aree Portette, Regione Liguria) for the preparation of the maps presented in the poster.

## REFERENCES

- ARATA P., DIVIACCO G. (1989) – Importanza delle praterie di Posidonia oceanica nel sistema marino costiero e degli interventi per la loro salvaguardia. *Acqua Aria*, 5: 555-571.
- BIANCHI C.N., MORRI C., PEIRANO A., ROMEO G., TUNESI L. (1987) – Bibliografia ecotologica sul mar Ligure. Elenco preliminare. Enea, Collana di studi ambientali, Roma.
- BIANCHI C.N., PEIRANO A. (1990) – Mappatura delle praterie di Posidonia oceanica in Mar Ligure. ENEA-CREA S. Teresa, La Spezia.
- BIANCHI C.N., PEIRANO A. (1995) – Atlante delle fanerogame marine della Liguria : Posidonia oceanica e Cymodocea nodosa. ENEA, Centro Ricerche Ambiente Marino, La Spezia: 1-146.
- BOUDOURESQUE C.F., MEINESZ A. (1983) – Découverte de l'herbier de posidonie. Parc national de Port-Cros, Cahier n. 4 (1982): 1-80.
- MAZZELLA L., SCIPIONE M.B., GAMBI M.C., FRESI E., BUIA M.C., RUSSO G.F., DE MAIO R., LORENTI M., RANDO A. (1987) – Le praterie sommerse del Mediterraneo. Laboratorio di ecologia del benthos della Stazione zoologica "Anton Dohrn" di Napoli, Ischia (Napoli).
- RELINI G. (1994) – Gli ecosistemi e le risorse biologiche del Mar Ligure dopo il disastro della Haven. *Biol.Mar.Medit.*, 1 (1): 3-42.
- RELINI G., TORCHIA G. (1992) – Prima segnalazione di *Caulerpa taxifolia* in acque italiane. *Doriana*, 6 (279): 1-4.
- UNEP (1998) - Rapport de l'atelier sur les espèces *Caulerpa* invasives en Méditerranée. PNUE, UNEP(OCA)/ MED WG. 139/4. Heraklion, Crète, Grèce, 18-20 mars 1998.

K. SIAKAVARA, V. VALAVANIS and A. C. BANKS

Institute of Marine Biology of Crete, P.O.Box 2214, IRAKLION 710 03 GREECE, e-mail: siakava@imbc.gr

## MAPPING OF NATURA 2000 SEAGRASS HABITATS USING REMOTE SENSING TECHNIQUES

**INTRODUCTION:** Under the requirements of the European Union Habitats directive 92/43 (NATURA 2000) the Greek government, through the Ministry of Environment, funded an extensive project concerning the identification and mapping of several important marine habitats as they are described in Annex I of this directive. Among them the meadows formed by the seagrass species *Posidonia oceanica*, *Cymodocea nodosa*, *Zostera* sp. and *Halophila stipulacea* are considered priority habitats.

The project is carried out by four Greek research institutions namely the Institute of Marine Biology of Crete (I.M.B.C.), the National Centre of Marine Research (N.C.M.R.), the Institute of Fisheries Research (I.F.R.), and the Biology department of A.U.TH. and will be finished by the end of the year 2000. The project is ongoing and a total of 67 marine sites will be mapped by the end of the project. The relevant results and electronic maps produced by this project will constitute the major coastal database in Greece.

**METHODOLOGY:** The marine NATURA sites in Greece are distributed all over the extensive and complex coastline of Greece. For the purposes of the mapping project, the boundaries for almost all the sites were the coastline (0m depth) and 50m depth that can be considered the theoretical down limit of the seagrass beds. The accurate mapping of the sub-littoral environment within these boundaries needs an integration of airborne data for the shallow part and acoustic data for the deeper part overlapping the limits that each method has. The airborne data is limited mainly by the water depth and clarity and the acoustic data by the operational and maneuverability capabilities of the research vessel.

The combination of these techniques has been the subject of some previous research (Sotheran et al., 1997, Pasqualini et al., 1998) and for the production of detailed maps of the entire sub-littoral environment at present can be considered best practice.

The aerial photographs used for the mapping of the shallow part of the designated sites were high-resolution color photographs (1:5000). For the mapping of the deeper part of the designated sites there were two systems available namely the acoustic ground discrimination system RoxAnn™ and a side scan sonar. These systems were pre-tested during the preparatory stage of the project in order to evaluate their operational capabilities in relation to the mapping project, which demands the scanning of huge areas in a limited time and the identification of several types of biotopes with different reflectance properties. It is well known that side scan sonars give a good signal of the *P. oceanica* beds because of the formations that this species produces above the sea floor. Furthermore, the combination of the sonograms can result in an accurate map of the limits and distribution of the bed. On the other hand this method is limited as it is time consuming because of the extended ship time that is needed and is unable to discriminate properly between sediment and other benthic habitats with less elevated formations than *P. oceanica*.

The RoxAnn™ system collects data using transducers mounted on a research vessel. Using this setup it is possible to operate the system at speeds of up to 15 knots while simultaneously performing ground validation by deploying a video sled from the research vessel. During the preparatory stage of the project the system also proved capable of discriminating between dense, elevated formations of *P. oceanica* and other formations like dense *Cymodocea nodosa*, *Halophila stipulacea* and *Caulerpa prolifera* beds. The limitation of this system lies in the type of data that are produced. These are point values that need post data collection processing through interpolation in order to produce a map. For this reason the RoxAnn™ system does not give a very precise representation of the spatial distribution of the benthic habitats.

Nevertheless, because of the characteristics detailed above it was decided that the RoxAnn™ of the I.M.B.C. should be used. On board the research vessel «PHILIA» it is connected to an EK-500 Simrad Scientific echosounder, to a portable PC and to the DGPS FUGRO SEA STAR system of the ship. For the ground validation requirements the OSPREY video camera on a sled was deployed concurrently with the acoustic scanning transects, with the entire system operating at a constant speed of 2 knots. Furthermore, when it was needed, the Smith-McIntyre grab was used to sample vegetation from a soft bottom. For ground validation of formations in shallower areas diving from an inflatable was performed. The inflatable was also equipped with Sonar and a portable GPS for sampling the shallow depth points.

Given the boundaries of the areas under consideration RoxAnn™ sampled the return echo from the 120kHz transducer as this provides good ground discrimination for depths down to 60m. The RoxAnn™ stores the geographical coordinates, the depth and the roughness (E1) and hardness (E2) of each of the seabed points on-line (Chivers et al., 1995). The track spacing varied and was dependent on the bottom topography and the maneuverability of the vessel, with 500m being the widest track spacing.

The final sea grass mapping resulted from integration of sonar (RoxAnn™) and aerial photography data. Both data types were inserted into an ARC/INFO GIS environment as point coverages (sonar data) and images (aerial photography). The thematic coverages and images were geo-located under a common geo-reference system (Transverse Mercator with the units in meters) as described by Valavanis et al. (1998). The basic coverage for this was a 1:50,000 digital map of the coastline provided by the Hellenic Ministry of Environment. Sonar data were organized into ARC/INFO coverages of point topology while aerial photographs were registered and rectified and used as the basis for on-screen digitizing of habitat polygons. The digitized ARC/INFO coverages of polygon topology were converted to coverages of point topology. This conversion allowed the combination of the two point coverages of habitat data (RoxAnn™ and aerial photography) into one point coverage. This combination was performed in order to interpolate coast-neighboring data (aerial photographs) with coast-distant data (RoxAnn™). Subsequently, point values were interpolated using the ARC/INFO TOPOGRID tool, which is based on the ANUDEM program (Hutchinson, 1993), as described by ESRI ARC/INFO Help Documents.

**RESULTS-DISCUSSION:** As an example of the application of the above methodology presented here is the map of Grandes bay (fig.2), which is located in the N.E. coastal part of the island of Crete. This NATURA site was chosen because it contains the two main soft bottom

vegetation habitats, namely the *Posidonia oceanica* bed and the mixture of *Cymodocea nodosa*, *Caulerpa prolifera* and *Halophila stipulacea* bed.

The values of main signal classes from RoxAnn™ are shown in Figure 1. The classes were produced on-board according to ground validation. The distribution of the values of E1 and E2 for these classes revealed differences between the habitats and permitted their identification. It is interesting to note that not only are the two vegetated habitats distinct from each other but also that they are separable from the surrounding bare sediment types. The sediment types are more or less the same underneath the two vegetation types, which indicates that the type of vegetation (long or short leaves) has an impact on the reflectance of a sediment type. (For simplification reasons in the map we do not show the several bare sediment types).

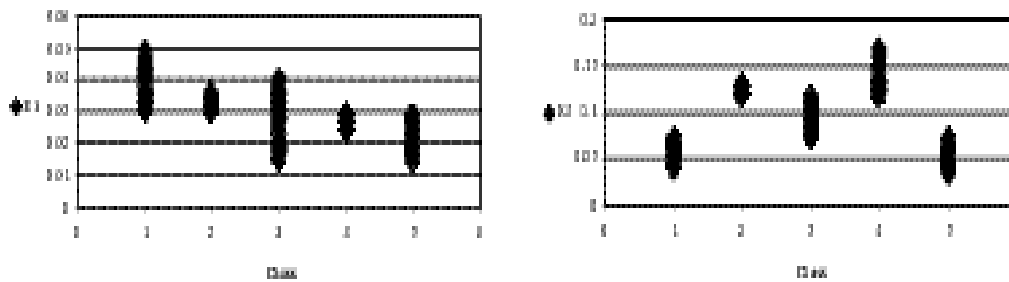


Figure 1. Scatterplots of E1 and E2 values against several habitat types, where: 1 is *P. oceanica*, 2 is Bare Sand, 3 is *C. nodosa* - *C. prolifera* - *H. Stipulacea*, 4 is Muddy Sand, and 5 is Mud.

The *P. oceanica* bed in Grandes bay has a limited coverage and appears dense and homogeneous only in the area between the coastline and the inlet. The trawling activity in Grandes bay used to be severe and probably resulted in the decline of more extended *P. oceanica* beds where there are now only small beds. What is left today between the inlet and the coast is in an area where it is difficult to trawl.

Most of the area of this site is covered by the *C. nodosa*, *C. prolifera* and *H. stipulacea* beds, which extend from 10m depth down to 50 m. The coexistence of *C. nodosa* and *C. prolifera* constitutes the main characteristic habitat for the coastal area of Crete (Siakavara, 2000). This coastal area is an unstable environment with a narrow continental shelf and a high exposure. In some areas around Crete these two species are accompanied by the *H. stipulacea*, especially in deeper areas (20-25 m depth) where there is a steeper slope. In the area of Grandes bay the most extensive, dense and deep formation of these 3 species was found. In particular, the presence of dense mats of *H. stipulacea* in this area is located on the slope (see Figure 2 and 3), a finding that agrees with the observations of Lipkin (1975 b).

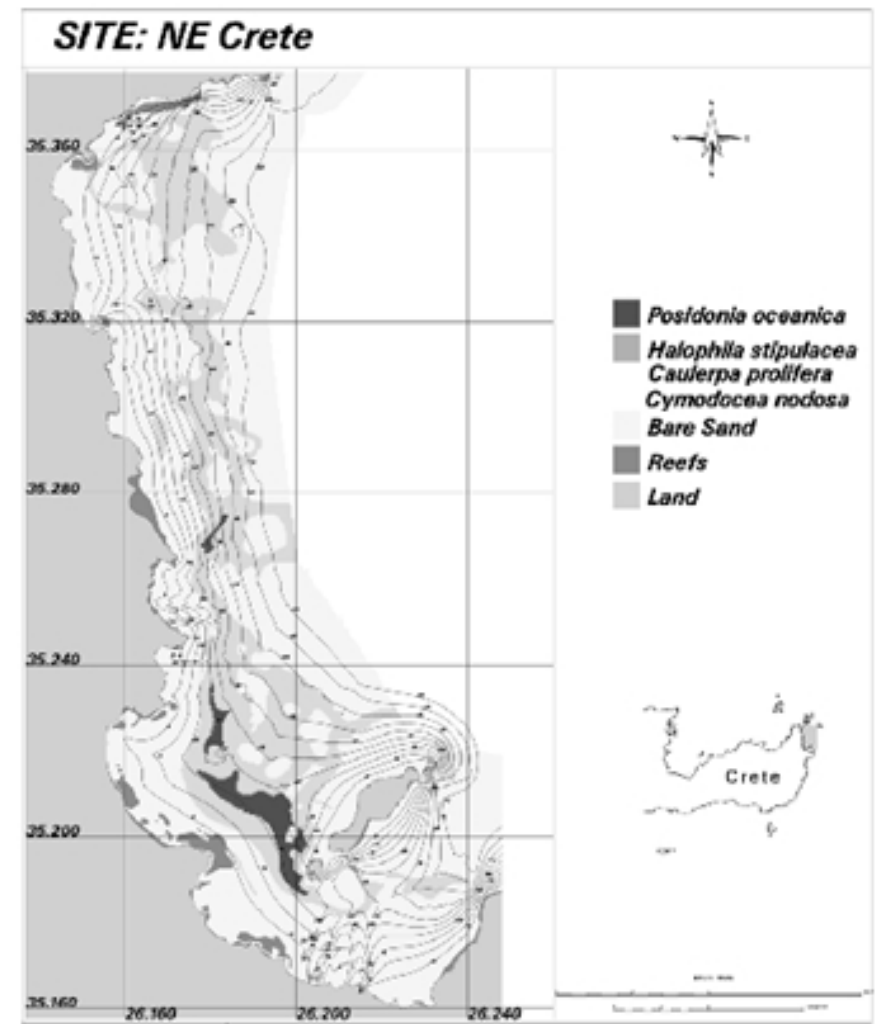


Figure 2. Map of NATURA habitat types in the Grandes bay area of NE Crete (1:16000, 5m contours)

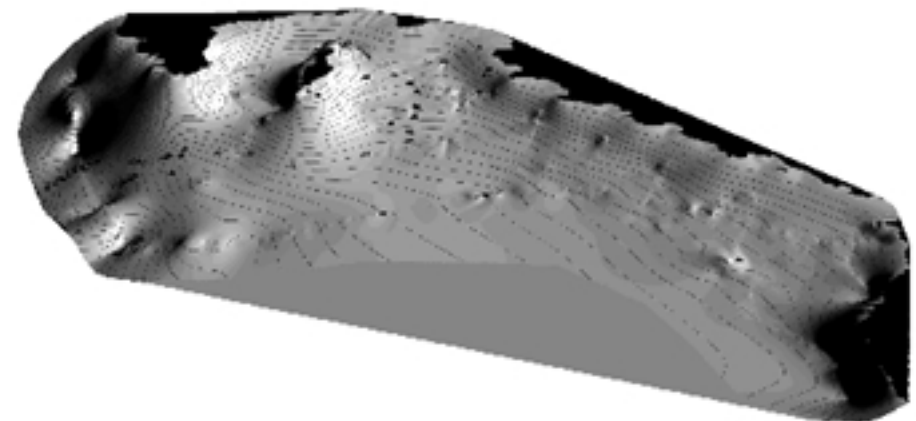


Figure 3. Bathymetry Visualization for the Grandes bay area of NE Crete (5m contours) showing the general slope (exaggeration factor of 7) and major topographical features

## REFERENCES

- CHIVERS, R.C., N. EMERSON and D.R. BURNS. 1995. New Acoustic Processing for Underway Surveying. *Hydrographic Journal*, 56,9-17.
- HUTCHINSON, M. F. (1993)- Development of a continent-wide DEM with applications to terrain and climate analysis. In: M. F. Goodchild et al (eds), *Environmental Modeling with GIS*. New York, Oxford University Press: 392-399.
- LIPKIN, Y. (1975 b)- *Halophila stipulacea*, a review of a successful immigration. *Aquatic Botany*, vol 1, p. 203-215.
- PASQUALINI, V., C. PERGENT-MARTINI, P. CLABAUT and G. PERGENT. (1998)- Mapping of *Posidonia oceanica* using Aerial Photographs and Side Scan Sonar: Application off the island of Corsica (France). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 47, p. 359-367.
- SIAKAVARA, K. (2000)- Mapping and Fisheries research of *Posidonia oceanica* beds around the island of Crete (Regional Operational Programme). Final report, p. 27.
- SOTHERAN, I.S., R.L. FOSTER-SMITH and J. DAVIES. (1997)- Mapping of Marine Benthic Habitats Using Image Processing Techniques Within a Raster-based Geographic Information System. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 44 (Supplement A), 25-31.
- VALAVANIS, V.D., GEORGAKARAKOS, S., and J. HARALABUS, (1998)- A Methodology for GIS Interfacing of Marine Data. GISPlaNET '98 International Conference on Processing and Exhibition of Geographic Information, Sep. 7-11, 1998. Lisbon, Portugal.

Robert TURK\*, A. VUKOVIC

\*Regional Institute for the Conservation of Natural and Cultural Heritage Piran, Trg bratsva 1, 6320 Piran, R Slovenija

## STATUS OF MARINE VEGETATION IN SLOVENIAN COASTAL WATERS

**KEY-WORDS:** NORTH ADRIATIC, SLOVENIA, MARINE VEGETATION

### INTRODUCTION

The Gulf of Trieste is a shallow marine ecosystem where characteristics of the coastal and open waters of the Northern Adriatic are combined. With few exceptions the depth does not exceed 25 m. Because of its shallowness and the freshwater inputs as well, the waters of the gulf experience considerable temperature (8 - 26 °C) and salinity (33 - 38‰) variations. Also remarkable is the tidal amplitude, which can be as much as 1.5 m. The marine vegetation in the Slovenian part of the Gulf of Trieste is at present going through a re-population process. In the first seventies (1972/73) the vegetation experienced a severe decline due to a population explosion of the echinoderm *Paracentrotus lividus*.

### MATERIALS AND METHODS

The paper was written with the aim of giving a general idea of the marine vegetation in the Slovenian coastal waters and thus prepared according to the available existing data and some topographical and ecological informations, gathered during recent field trips.

Regular and systematic research of the benthic flora in the Slovenian coastal waters has been carried out for more than 25 years now (Bussani and Vukovic, 1987; Giaccone, 1978; Turk, 1991; Vricer et al., 1981; Vricer and Vukovic, 1996; Vukovic, 1980; Vukovic, 1982; Vukovic, 1984; Vukovic and Semroud, 1984).

In 1999 the Marine biological Station started a five year project with the aim of assessing the degree of biodiversity of habitat types, biocenosis and species in the Slovenian coastal waters.

### RESULTS

The geomorphological characteristics of the Slovenian coastal area - alluvial plains sinking into shallow bays on one hand and steep flysch cliffs on the other, are reflected in the general distribution of marine vegetation in the Slovenian coastal sea. The muddy and sandy bottoms of the shallow bays are overgrown mainly with *Cymodocea nodosa* and to a much lesser extent with *Zostera marina* and *Zostera noltii*. An exception to this rule is a tiny and only meadow of *Posidonia oceanica* on the southern part of the Gulf of Koper. The meadow is approximately 1 km long, it starts close to the coastline and extends 50 meters offshore, where water depth reaches 4 meters. The maximum depth for the meadows (*C. nodosa*) is 6 meters in the bay while it is 10 meters along the rest of the coastline.

At the foot of the cliffs the hard bottom is to be found down to a maximum of 16 meters deep. The hard beds, stones and pebbles are overgrown with algae. At present the most common species are the following:

<i>Ceramium sp.</i> ,	<i>Halimeda tuna</i> ,
<i>Cladophora prolifera</i> ,	<i>Halopithys incurvus</i> ,
<i>Cladostephus verticillatus</i> ,	<i>Halopteris scoparia</i> ,
<i>Corallina granifera</i> ,	<i>Padina pavonia</i> ,
<i>Cystoseira compressa</i> ,	<i>Peyssonellia squamaria</i> ,
<i>C. crinita</i> ,	<i>Udotea petiolata</i> ,
<i>C. barbata</i> ,	<i>Ulva rigida</i> ,
<i>C. corniculata</i> ,	<i>Valonia utricularis</i> ,
<i>Dictyota dichotoma</i> ,	<i>Wrangelia penicillata</i> ,
<i>D. linearis</i> ,	<i>Zanardinia prototypus</i> .

As mentioned in the introduction, marine vegetation experienced a severe decline due to a population explosion of the echinoderm *Paracentrotus lividus* in the first seventies (1972/73). The decline was more pronounced on hard bottoms with algal vegetation and slightly less severe on phanerogams, while there were almost no changes in the vicinity of sewage outlets of the towns Koper and Izola and on Cape Ronek, the most exposed part of the Strunjan Nature Reserve.

Previous to the decline the following associations were most common: Fucetum virsoidis, Ceramieto chylocladietum, Dictyopteretum membranaceae, Cystoseiretum crinitae, Cystoseiretum sauvageauanae, Cystoseiretum spinosae on hard bottoms and Cymodocetum nodosae on soft bottoms.

In the last two decades the association Cymodocetum nodosae recovered on the whole area, while the algal vegetation is recovering only partially, being to a certain degree still controlled by *P. lividus*. The above associations with the genus *Cystoseira* are at present represented by Cystoseiretum crinitae and Cystoseiretum sauvageauanae. A new species, *Sargassum hornschi*, was found in the Gulf of Piran at a depth of 1,5 meters. Beside the associations with different species of the genus *Cystoseira* the following associations can be observed: Enteromorphetum compressae (Boudouresque 1971), Fucetum virsoidis (Pignatti 1962), Hildenbrandietum prototypi (Giaccone 1965), Ceramieto-Chylocladietum (new ass.), Dictyopteretum membranaceae (Berner 1931).

A specific situation was observed in the area of Debeli rti, a cape on the northernmost part of the Slovenian coast, close to the border to Italy, where, due probably to the shallowness of the area, the influence of the freshwater inflows in the increased sedimentation, the vegetation shows a different pattern. Some of the common species are missing (*Ceramium sp.*, *Cystoseira crinita*, *Dictyota dichotoma*) while there are species that were found only in this area (*Cladophora aegagropila*, *Laurencia papillosa*, *Naccaria wiggii*).

## CONCLUSIONS

According to the available data from the seventies and eighties and the informations from the current project on biodiversity in the Slovenian coastal sea the status of marine vegetation can be described as follows:

1. The phanerogames are represented by the four species of seagrasses: *Cymodocea nodosa*, *Zostera marina*, *Z. noltii* and *Posidonia oceanica*, with *C. nodosa* as the dominant species. However the meadows are limited to the shallow part of the coastal sea, mostly due to the low transparency of the water column. In the case of *P. oceanica* increased sedimentation could be the factor that prevents its spreading into greater depths. In spite of that, according to data from recent phenological and lepidochronological analysis (Turk and Vukovic, 1998), the state of the meadow seems stable. However only an accurate mapping, followed by a long-term monitoring could give the due data for assessing its stability, regression or progression.

2. The algal overgrowth of hard bottoms is still suffering from the *P. lividus* overgrazing that occurred in the beginning of the seventies. According to recent data, the number of associations with species of the genus *Cystoseira*, which were dominant before the seventies, is still lower than it was.

3. A more accurate assessment of the status of marine vegetation will be possible after the termination of the current five year project on biodiversity in the Slovenian coastal sea.

## REFERENCES

- BUSSANI M., VUKOVIC A. (1987) - Benthic algal species in the Miramare marine reserve. *Hydrores*, 4 (5): 1-44.
- GIACCONE G. (1978) - Revisione della flora marina del mare Adriatico. Supplemento dell'annuario 1977 del WWF - Parco marino di Miramare, Vol.VI, N. 19.
- TURK R. (1991) - Main Features and Role of the Strunjan Marine and Coastal Reserve. M. Sc. Thesis: 63 pp.
- TURK R., VUKOVIC A. (1998) - Phenology of *Posidonia oceanica* (L.) Delile in the Gulf of Koper (Gulf of Trieste), North Adriatic. *Rapp. Comm. int. Mer Medit.*, 35, 1998, 592-593.
- VRICER B., AVCIN A., VUKOVIC A. (1981) - Typical features of the benthic associations in the gulf of Izola. *Slovensko morje in zaledje*, 4-5:201-206.
- VRICER B., VUKOVIC A. (1996) - Inventory of benthic associations of the Rt Madona protected area. *Marine biological Station*: 35 pp.
- VUKOVIC A. (1980) - Algal associations in the gulf of Piran. *Biol. bull.*, 28(2):103-119.
- VUKOVIC A. (1982) - Benthic flora of the gulf of Koper. *Acta Adriatica*, 23(1/2):227-235.
- VUKOVIC A. (1984) - Contribution to the knowledge on the algal species in the Slovenian sea. *Slovensko morje in zaledje*, 7(6-7):189-193.
- VUKOVIC A., SEMROUD R. (1984) - Marine phanerogams in the Slovenian coastal sea. *Slovensko morje in zaledje*, 7(6-7):157-164.

## List of Participants

### Liste des Participants

**Mrs. ARGYROU Marina**

Department of Fisheries and Marine Research  
Ministry of Agriculture, Natural Resources and Environment  
13 Aeolou Street,  
1416 Nicosia  
CYPRUS  
Tel: 357.2.303.864  
Fax: 357.2.775.955  
E-mail : margyrou@cytanet.com.cy

**Mr. BALATA David**

Dipartimento di Scienze dell' uomo e dell' Ambiente  
Università di Pisa  
Via A. Volta 6,  
I-56126 Pisa  
ITALY  
Tel : 39.050.500.018  
Fax : 39.050.496.94  
E-mail : jandegom@iol.it

**Mr. BALLESTEROS Enric**

Centre d'Estudis Avançats de Blanes  
CSIC  
Cami de Santa Barbara  
E-17300 Blanes  
SPAIN  
Tel : 34.972.336.101  
Fax : 34.972.337.806  
E-mail : kike@ceab.csic.es

**Mr. BELSHER Thomas**

DEL / Ecologie  
IFREMER - Centre de Brest  
BP 70 Plouzané Cedex  
29280 Brest  
FRANCE  
Tel : 33.2.98 22 43 19  
Fax : 33.2.98 22 45 48  
E-mail : belsher@ifremer.fr

**Mr. BEN MAÏZ Naceur**

Société de Promotion du Lac de Tunis (SPLT)  
Tunis-El Bouhaïra BP 36  
1080 Tunis  
TUNISIE  
Tel : 216.1.861 800  
Fax : 216.1.860 922  
E-mail : dg@splt.com.tn

**Mr. BEN SAÏD Rafik**

Institut National des Sciences & Technologies de la Mer (INSTM)  
28, Rue du 2 mars 1934  
2015 Salammbô  
TUNISIE  
Tel : 216.1.730 420 / 276 121  
Fax : 216.1.732 622  
E-mail : rafik.bensaid@instm.rnrt.tn

**Mr. BENHISSOUNE Saïd**

Département de Biologie  
Faculté des Sciences d'Agadir  
BP 28/S  
80 000 Agadir  
MAROC  
Tel : 212.1.385 479  
Fax : 212.8.220 100  
E-mail : benhissoune@hotmail.com

**Mr. BITAR Ghazi**

Faculté des Sciences (Section I)  
Université Libanaise  
Hadeth, Beyrouth  
LEBANON  
Tel: 961.3.315 162 / 961.5. 801 395  
Fax: 961.5.465 562  
E-mail: ghbitar@ul.edu.lb

**Mr. BOUDOURESQUE Charles-François**

Centre d'Océanologie de Marseille  
Université de la Méditerranée  
Campus de Luminy, case 901  
13288 Marseille cedex 9  
France  
Tel : 33.4.91 82 91 30  
Fax : 33.4.91 41 12 65  
E-mail : boudour@com.univ-mrs.fr  
+ copy to : kattana@com.univ-mrs.fr

**Mrs. BOUMAZA Salima**

Laboratoire de Biologie et de l'Ecologie du Phytobenthos  
Institut des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral  
Villa n° 4, BP 54 Starueli  
wilaya de Tipaza  
Alger  
ALGERIE  
Tel: 213.2.37 68 06 / 2.37 70 76  
Fax: 213.2.74 76 54 / 2.74 29 09  
E-mail: bsalima82@hotmail.com

**Mr. BRESSAN Guido**

Dipartimento di Biologia  
Università di Trieste  
Via L. Giorgieri, 10  
34127 Trieste  
ITALY  
Tel: 39.040.676 3868  
Fax: 39.040.568 855  
E-mail: bressan@univ.trieste.it

**Mr. CHABASON Lucien**

Coordinating Unit for the Mediterranean Action Plan (UNEP/MAP)  
P.O. Box 18019  
48, Vassileos Konstantinou Avenue  
116 10 Athens  
GREECE  
Tel: 30.1.727 31 00  
Fax: 30.1.725 31 96 / 7  
E-mail: unepmedu@unepmap.gr

**Mr. CINELLI Francesco**

Depart. di Scienze dell' Uomo et dell' Ambiente  
Università di Pisa  
Via A. Volta, 6  
56121 Pisa  
ITALY  
Tel: 39.050.500 018  
Fax: 39.050.49 694  
E-mail: cinelli@discat.unipi.it

**Mrs. COPPOLA DI CANZANO Mirella**

Università degli Studi di Trieste  
Dipartimento di Biologia  
Via L. Giorgieri, 10  
34127 Trieste  
ITALY  
Tel: 39.040.676 3867  
Fax: 39.040.568 855  
E-mail: miri@adriacom.it

**Mr. DJELLOULI Aslam Sami**

Département de Biologie  
Faculté des Sciences de Tunis  
Campus Universitaire  
1005 Tunis  
TUNISIE  
Tel : 216.1.882 200 / 872 600

**Mrs. DJELLOULI-EL ASMI Zohra**

Département de Géologie  
Faculté des Sciences de Tunis  
Campus Universitaire  
1005 Tunis  
TUNISIE  
Tel : 216.1.749 971  
Fax : 216.1.749.971

**Mr. ELMANSORI Abdalla Ashur**

Department of Botany  
Marine Biological Research Centre  
Tagiura  
LIBYA  
Tel : 218.21.369 0001 / 3  
Fax : 218.21.369 0002  
E-mail : aelmansori@hotmail.com

**Mrs. FALACE Annalisa**

Dipartimento di Biologia  
Università di Trieste  
Via L. Giorgieri, 10  
34127 Trieste  
ITALY  
Tel: 39.040 676 3867  
Fax: 39.040.568 855  
E-mail: falace@univ.trieste.it

**Mrs. FERNANDEZ Catherine**

Université de Corse  
Faculté des Sciences, B.P. 52  
20 250 Corte  
FRANCE  
Tel : 33.4.95 45 01 46  
Fax : 33.4.95 46 24 41

**Mrs. GHIRARDELLI Lia Angela**

Dipartimento di Biologia  
Università di Trieste  
Via L. Giorgieri, 10  
34127 Trieste  
ITALY  
Tel: 39.040 676 3869  
Fax: 39.040.568 855  
E-mail: ghirardl@univ.trieste.it

**Mr. GIACCONE Giuseppe**

Dipartimento di Botanica  
Università di Catania  
Via L. Longo, 19  
I-95125 Catania  
ITALY  
Tel: 39.095.507 490  
Fax: 39.095.441 209  
E-mail: giaccone@mbbox.dipbot.unict.it  
Web Site : w.w.w.dipbot.unict.it

**Mrs. HAMZA Asma**

Institut National des Sciences & Technologies de la Mer  
Centre de Sfax  
BP 1035  
3018 Sfax  
TUNISIE  
Tel: 216.4. 220 117  
Fax: 216.4. 229.987

**Mr. ISRAEL Alvaro**

Department of Marine Biology  
Israel Oceanographic Institute  
Tel Shikmona, P.O. Box 8030  
31080 Haifa  
ISRAEL  
Tel: 972.4.851 5202  
Fax: 972.4.851 1911  
E-mail: alvaro@ocean.org.il

**Mr. KSOURI Jamel**

Institut National des Sciences & Technologies de la Mer (INSTM)  
29 Rue du Général Khéréddine  
2015 Le Kram  
TUNISIE  
Tel : 216.1.276 121  
Fax : 216.1.732 622  
E-mail : jamel.ksouri@instm.rnrt.tn

**Ms. MAZZACAMI Josette**

Conseil Exécutif de Corse  
BP 215  
20179 Ajaccio cedex 01  
FRANCE  
Tel: 33.4.95 51 64 64  
Fax: 33.4.95 51 67 00

**Mrs. MIFSUD Carmen**

Environment Protection Department  
Ministry for the Environment  
Floriana  
CMR DZ  
MALTA  
Tel : 356.(2320 22)2598 2269  
Fax : 356.241 378  
E-mail : davemif@maltanet.net

**Mr. MOSTAFA Hesham Mansour**

Department of Oceanography  
Faculty of Science - University of Alexandria  
Moharrem Bey  
21511 Alexandria  
EGYPT  
Tel: 0203.5401 910  
Fax: 0202.3350 687  
E-mail: eess@intouch.com / hmostafa2000@yahoo.com

**Mr. NAJIM Larbi**

Laboratoire de Botanique (Algologie)  
Département de Biologie  
Faculté des Sciences  
Avenue Ibn Batouta, B.P. 1014  
Rabat  
MAROC  
Tel : 212.7 775 461  
Fax : 212.7 775 461  
E-mail : lnajim@fsr.ac.ma

**Mr. PANAYOTIDIS Panayotis**

Institute of Oceanography  
National Centre for Marine Research  
Aghios Kosmas  
GR-16604 Athens  
GREECE  
Tel: 30.1.965 3520 / 1  
Fax: 30.1.965 3522  
E-mail: ppanag@erato-fl.ncmr.gr

**Mr. PERGENT Gérard**

Université de Corse  
Faculté des Sciences, B.P. 52  
20 250 Corte  
FRANCE  
Tel : 33.4.95 45 01 46  
Fax : 33.4.95 46 24 41  
E-mail : pergent@univ-corse.fr

**Mrs. PERGENT-MARTINI Christine**

Université de Corse  
Faculté des Sciences, B.P. 52  
20 250 Corte  
FRANCE  
Tel : 33.4.95 45 00 55  
Fax : 33.4.95 46 24 41  
E-mail : pmartini@univ-corse.fr

**Mr. PIAZZI Luigi**

Depart. di Scienze dell' Uomo et dell' Ambiente  
Università di Pisa  
Via A. Volta, 6  
56121 Pisa  
ITALY  
Tel: 39.050.500 018  
Fax: 39.050.49 694  
E-mail: lpiazz@iol.it

**Mrs. PROIETTI ZOLLA Anna**

Depart. di Scienze dell' Uomo et dell' Ambiente  
Università di Pisa  
Via A. Volta, 6  
56121 Pisa  
ITALY  
Tel: 39.0348.351 7865  
Fax: 39.050.49 694

**Mr. RAIS Chedly**

Regional Activity Centre for Specially Protected Areas  
(RAC/SPA)  
Boulevard de l'Environnement  
BP 337 – 1080 Tunis CEDEX  
TUNISIE  
Tel: 216.1.795 760  
Fax: 216.1.797 349  
E-mail: car-asp@rac-spa.org.tn

**Mr. RAMOS-ESPLÁ Alfonso**

Depart. Ciencias Ambientales (Labo. Biología Marina)  
Universite d'Alicante  
Campus de San Vicente, B.P. 99  
E-03080 Alicante  
SPAIN  
Tel : 34.965. 90 36 68  
Fax : 34.965.90 34 64  
E-mail : aramos@carn.ua.es

**Mr. RELINI Giulio**

DIP.TE.RIS  
University of Genova  
Via Balbi, 5  
16126 Genova  
ITALY  
Tel: 39.010.247 7537  
Fax: 39.010.247 7537  
E-mail: biolmar@unige.it

**Mr. RIVEILL Selim**

15, Avenue Jean Jaures  
75019 Paris  
Tel: 33.1.40 18 18 62 (Paris)  
Tel/Fax: 216.1.288 414 (Tunis)  
E-mail: selim.riveill@wanadoo.fr /  
selim.riveill@freesbee.fr

**Mr. SEMROUD Rachid**

Laboratoire de Biologie et de l'Ecologie du Phytobenthos  
Institut des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du  
Littoral  
Villa n° 4, BP 54 Starueli  
Wilaya de Tipaza  
Alger  
ALGERIE  
Tel: 213.2.376 806 / 377 076  
Fax: 213.2.747 654 / 742 909  
E-mail: rasem35@hotmail.com

**Mr. TORCHIA Giovanni**

DIP.TE.RIS  
Università di Genova  
Via Balbi, 5  
16126 Genova  
ITALY  
Tel: 39.010.209 9461  
E-mail: biolmar@unige.it

**Mr. TUNESI Leonardo**

Depart. Marine Protected Areas  
Istituto Centrale per la Ricerca scientifica e tecnologica  
Applicata al Mare (ICRAM)  
Via di Casalotti, 300  
I-00166 Roma  
ITALY  
Tel: 39.06.6157 0465  
Fax: 39.06.6156 1906  
E-mail: letunesi@tin.it

**Mr. TURK Robert**

Nature Protection Department  
Regional Institute for the Conservation of Natural and  
Cultural Heritage  
Trg Bratstva 1  
6330 Piran  
SLOVENIA  
Tel : 386.5.673 1537  
Fax : 386.5.673 1536  
E-mail : robert.turk@guest.arnes.si

**Mr. VERMEULEN Patrice**

Direction Régionale de l'Environnement  
19 cours Napoléon – BP 334  
20180 Ajaccio cedex  
FRANCE  
Tel: 33.4.95 21 71 81  
Fax: 33.4.95 21 12 34

**Mr. CULJEVIC Ante**

Laboratory for Benthos  
Institute of Oceanography and Fisheries  
Setaliste Ivana Mectrovića 63  
HR-21000 Split  
CROATIA  
Tel: 385.21.358 688  
Fax: 385.21.358 650  
E-mail: zuljevic@izor.hr

## Marine vegetation (macrophyta) in the Mediterranean

The Mediterranean, whose surface area represents only 0.7% of the planet's surface sea water, is distinguished by its relatively large specific diversity; this is particularly true for marine plant species. Indeed, over one thousand macroscopic marine plant species have been observed in the Mediterranean. Currently available data does not permit a satisfactory inventory to be made of marine macrophyte species; only the Angiosperms, the Chlorophyta and the Fucophyceae have been recently inventoried. The number of species would be some 1,300. Endemism is one of the main features of marine fauna and flora in the Mediterranean, where 20% of recorded species of algae are endemic.

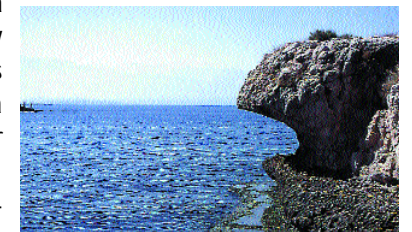


*Posidonia oceanica* meadows develop in the infralittoral, between the mean level and a depth of 25-40 m. (according to water limpidity), and on a crumbly as well as a hard base. The biggest meadows in the Mediterranean are those in the Gulf of Gabès (Tunisia), the harbours of Hyères and Giens (Var, France), the eastern plain of Corsica, the western coast of Sardinia (giving the town of Alghero its name) and Sicily (near Marsala). The meadows surrounding Menorca (Balearic Islands) are thought to be particularly well conserved. But on a Mediterranean scale, bearing in mind the narrowness of the continental shelf, the covered surfaces are modest.

The decline of *Posidonia* meadows is mainly caused by factors which are anthropic in origin. These include coastal infrastructure, pollution, certain human activities such as trawling, anchoring, etc.

*Lithophyllum lichenoides* encorbellments, usually known as trottoirs, are built up by the calcareous Rhodophyta *Lithophyllum lichenoides* (= *L. tortuosum*) which lives at the bottom of the mediolittoral zone, i.e. slightly above mean sea level, especially in very ravaged mode and where the light is weak (rifts, corridors, etc.). The most spectacular trottoirs are those of the Grand Langoustier in Porquerolles (Var, France) and the Punta Palazzu (Scandola Reserve, Corsica); they are 2 m. wide in places. Datings by C14 have shown that the building up of a trottoir requires several centuries, even more than a thousand years, and a relatively stable sea level, which has rarely been the case over the last 30,000 years.

The *Lithophyllum lichenoides* encorbellments is sensitive to pollution (hydrocarbons). and to bio-erosion by perforating organisms. The trottoirs are also threatened by constant treading : the *Lithophyllum lichenoides* die if they are walked over too often.



### Legislation

It is important that each Contracting Party adopt and implement legislative measures aimed at protecting marine plants. To this effect, the endangered or threatened species must be inventoried and protected against destruction; human activity causing, or likely to cause, these species to decline must be regulated. The countries which have not yet done so should strengthen their legislation on

assessment of Environmental Impact the infrastructure (port facilities, dredging, deposits of material from dredging, etc.) has on meadows and *Lithophyllum trotoirs*.

### Creating marine protected areas for the protection of marine meadows

The creation of protected areas to protect meadows, particularly *Posidonia* meadows, is an effective means of protecting and valorising them. This kind of protected area can play an important role in environmental education, and on socio-economic level. Indeed, meadows are important sites for several fish, mollusc and crustacean species. Exports of, for example, juvenile specimens from the protected meadow areas to fishing areas would help ensure sustainable fishing.

*Posidonia* barrier reefs and *Lithophyllum trotoirs* are elements whose originality, rarity and fragility call out for an effort to be made by all the Mediterranean countries to conserve them. The creation of protected areas to ensure the conservation of *Posidonia* barrier reefs and *Lithophyllum trotoirs* should be among the Action Plan's number one priorities.

### Information and Training

In addition to the legal measures and regulations, conservation of species needs that the general public and the concerned actors and decision-makers have at their disposal the relevant information. As far as marine vegetation is concerned most people involved in the coastal zone management have little knowledge about meadows, their value and their distribution. Therefore they do not take account of the existence of meadows in their infrastructure development projects. To face such a situation which exists in several Mediterranean countries, maps showing the distribution of the significant meadows should be elaborated and diffused to the coastal zone users.

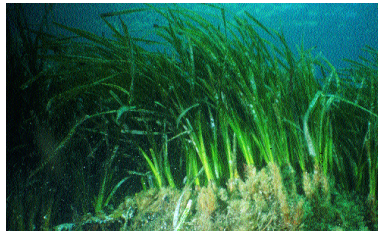


The land use plans developed in the coastal zones should take these maps into account especially when they decide about the location of pipelines discharging sewage and dredging works.

### National Plans

Tackling the conservation of a species or group of species by means of a national plan elaborated with the participation of all the concerned actors, setting the precise objectives and priorities, and planning short-, medium- and long-term action, is an approach which has proved productive. It is recommended that each Mediterranean country draw up, within the framework of its strategy for sustainable management of biodiversity, a national plan for the conservation of marine vegetation. The action plan would be based on an inventory of species and sites of interest, and especially vulnerable areas. It is desirable that the national plan be designed in a way that will encourage the participative approach; it will include a set of planned and integrated actions covering legislative aspects, public awareness and scientific research. The national plan may highlight to economic and ecological cost of inaction to protect marine vegetation.

The exercise of elaborating national plans would provide an opportunity for increased co-operation and solidarity between the States of the region, notably through the exchange of information and experience.



## La végétation marine (macrophyte) en Méditerranée

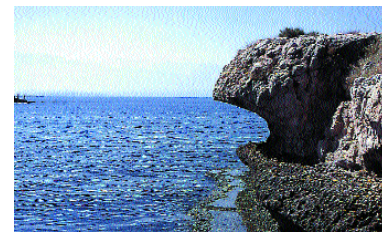
La Méditerranée dont la superficie ne représente que 0.7 % de la surface des eaux marines de la planète, se caractérise par une diversité spécifique relativement importante; ceci est particulièrement vrai pour les espèces de végétation marine. En effet plus d'un millier d'espèces végétales marines macroscopiques sont signalées en Méditerranée.

Les données disponibles de nos jours ne permettent pas d'inventorier de façon satisfaisante les espèces macrophytes marines, seuls les angiospermes, les Chlorophyta et les Fucophyceae ont fait l'objet d'un inventaire récent. Le nombre d'espèces serait d'environ 1300. L'endémisme est une des principales caractéristiques de la faune et de la flore marines en Méditerranée où 20% des espèces d'algues recensées sont endémiques.

L'herbier à *Posidonia oceanica* se développe dans l'infralittoral, entre le niveau moyen et 25-40 m de profondeur (selon la transparence de l'eau), aussi bien sur fond meuble que sur fond dur. Les plus vastes herbiers de Méditerranée sont ceux du golfe de Gabès (Tunisie), des rades d'Hyères et de Giens (Var, France), de la plaine orientale de Corse, de la côte occidentale de Sardaigne (la ville d'Alghero leur doit son nom) et de Sicile (vers Marsala). Les herbiers qui entourent Menorca (Baléares) sont considérés comme particulièrement bien conservés. A l'échelle de la Méditerranée, et compte tenu de l'étroitesse du plateau continental, les surfaces couvertes sont toutefois modestes.

La régression des herbiers de *Posidonies* est essentiellement due à des facteurs anthropiques dont notamment les aménagements opérés sur le littoral, la pollution, certaines activités humaines telles que le chalutage, l'ancrage de bateaux, etc.

L'encorbellement à *Lithophyllum lichenoides* est plus connu sous le nom de trottoir. Il est édifié par la Rhodophyte calcaire *Lithophyllum lichenoides* (= *L. tortuosum*) qui vit à la base de l'étage Méditerranéen, c'est-à-dire un peu au-dessus du niveau moyen de la mer, surtout en mode très battu et lorsque l'éclairement est atténué (cas des failles, couloirs, etc.). Les encorbellements les plus spectaculaires sont ceux du Grand Langoustier de Porquerolles (Var, France) et de Punta Palazzu (Réserve de Scandola, France) ; ils mesurent par endroit 2 m de large. Des datations au C14 ont montré que l'édification d'un trottoir nécessite plusieurs siècles, voire plus d'un millénaire, et un niveau marin relativement stable, ce qui a été rarement réalisé au cours des derniers 30 000 ans.



L'encorbellement à *Lithophyllum lichenoides* est sensible à la pollution (hydrocarbures) et à la bioérosion par les organismes foreurs. Les trottoirs sont également menacés par le piétinement : les *Lithophyllum lichenoides* trop fréquemment

piétinés meurent.

### Législation

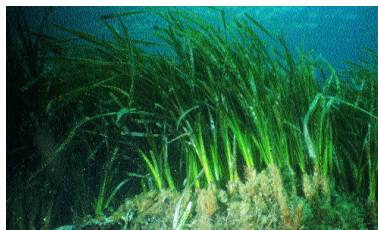
Il est important que chaque Partie contractante adopte et applique des mesures législatives visant la protection de la végétation marine. A cet effet, les espèces en danger ou menacées doivent être inventoriées et protégées contre la destruction ; les activités humaines générant ou susceptibles de



généraliser une réglementation de ces espèces doivent être réglementées. Les pays qui ne l'ont pas encore fait devraient renforcer leur législation en matière d'étude d'impact des aménagements littoraux (installations portuaires, dragages et dépôts de produits de dragage, etc.) sur les herbiers et les trottoirs à Lithophyllum.

### Mise en place d'aires protégées marines pour la protection des prairies et herbiers marins.

La création d'aires protégées pour conserver les herbiers, notamment ceux de Posidonies est un moyen efficace pour les préserver et les valoriser. Ce genre d'aires protégées peut jouer un rôle important dans l'éducation environnementale et même socio-économique. En effet, les herbiers sont des sites importants pour plusieurs espèces de poissons, mollusques et crustacés. L'exportation, par exemple de juvéniles, des zones d'herbiers protégés vers les zones de pêche contribuerait à assurer la durabilité de la pêche.



Les récifs barrières de Posidonies et les trottoirs à Lithophyllum sont des éléments dont l'originalité, la rareté et la fragilité appellent à ce qu'un effort soit déployé par tous les pays méditerranéens en vue de les conserver. La création d'aires protégées pour assurer la conservation des récifs-barrière de Posidonies et des trottoirs à Lithophyllum devrait être parmi les principales priorités du Plan d'action.

### Information et formation

En plus des mesures législatives et réglementaires, la conservation des espèces nécessite aussi que le grand public et les acteurs les plus concernés soient sensibilisés et qu'ils disposent de l'information pertinente. En ce qui concerne la végétation marine la plupart des intervenants au niveau du littoral méditerranéen sont généralement peu informés sur les herbiers marins, leur valeur et leur distribution. Il s'en suit qu'ils n'en tiennent pas compte dans leurs projets de développement et d'aménagement. Pour faire face à cette situation qui prévaut dans plusieurs pays méditerranéens, il convient d'élaborer des cartes de distribution des plus importants herbiers et de les diffuser auprès des utilisateurs du littoral. Les schémas d'aménagement des zones littorales devrait tenir compte de ces cartes notamment en ce qui concerne l'emplacement des émissaires en mer, les travaux de dragage etc.

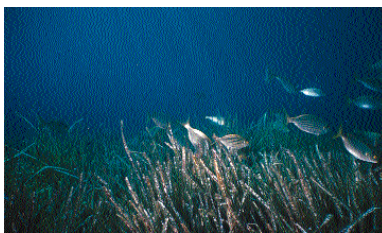


### Plans nationaux

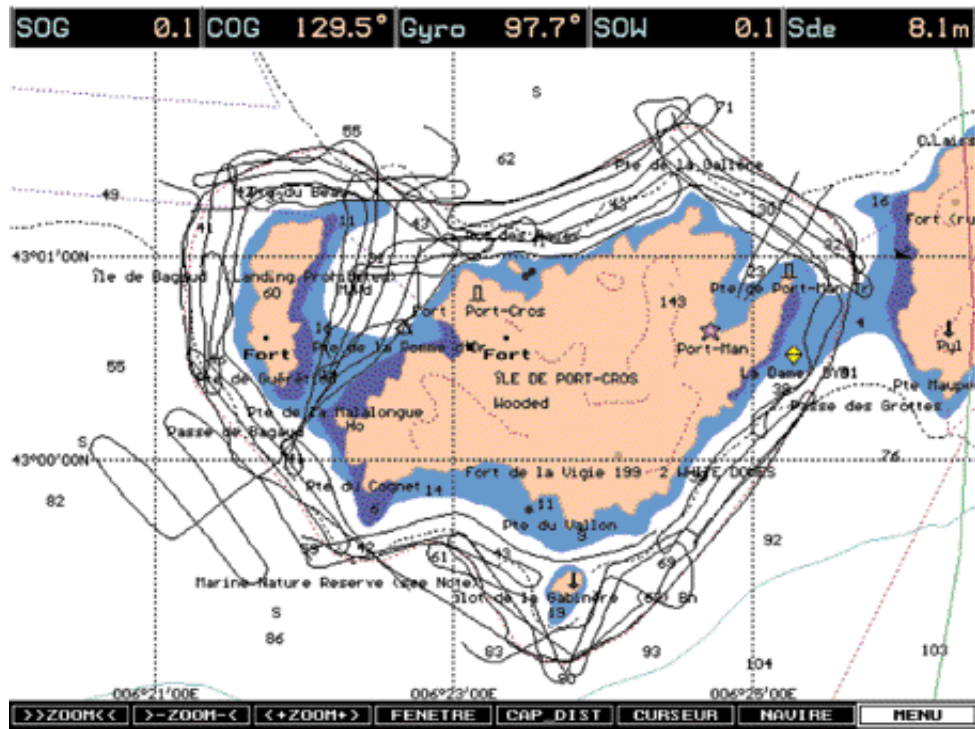
Aborder la conservation d'une espèce ou d'un groupe d'espèces à travers un plan national élaboré avec la participation de tous les acteurs concernés en fixant des objectifs précis et des priorités et en planifiant les actions à court, moyen et long terme est une démarche qui a fait ses preuves. Il est recommandé que chaque pays méditerranéen établisse un plan national pour la conservation de la végétation marine. Le plan d'action serait basé sur un inventaire des espèces et des sites d'intérêt ainsi que des zones particulièrement sensibles. Il est souhaitable que le plan national soit conçu de

façon à favoriser l'approche participative, il comportera une série d'actions planifiées et intégrées couvrant les aspects législatifs, la sensibilisation et la recherche scientifique.

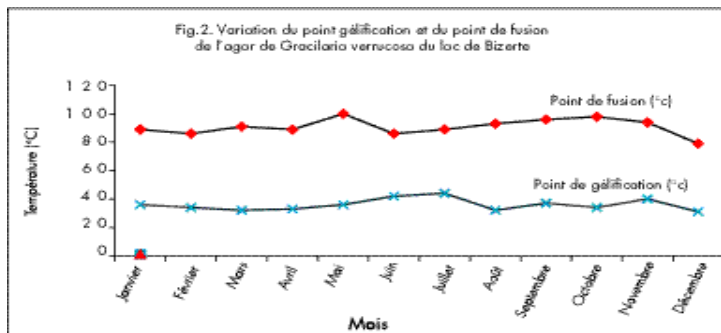
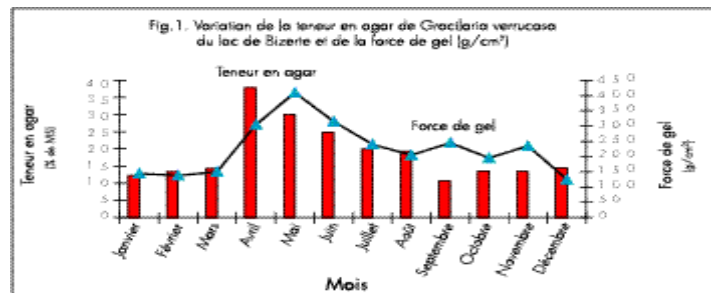
L'exercice d'élaboration des plans nationaux constituerait une occasion pour plus de coopération et de solidarité entre les Etats de la région à travers notamment l'échanges d'informations et d'expériences.



## ANNEXE ICONOGRAPHIQUE



(1) Routes sonar parcourues au 16/10/1999 (BELSHER T. et HOULGATTE E. : Cartographie du Parc National sous-marin de Port-Cros)



(2) (BEN SAID R. et KSOURI J. : L'algue rouge *Gracilaria verrucosa* (Hudson) Papenfuss, du Lac de Bizerte (Tunisie) : Teneur et Qualité de L'agar-agar)

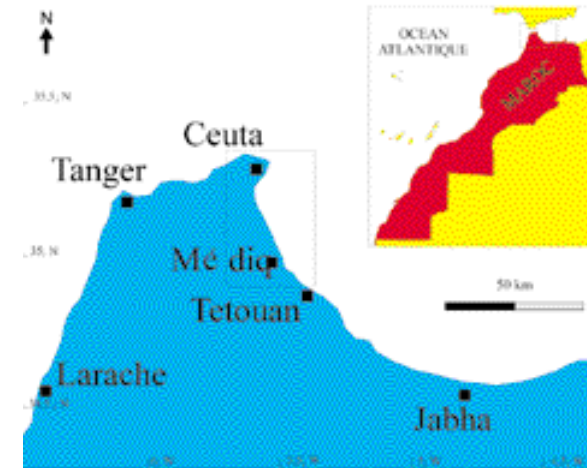
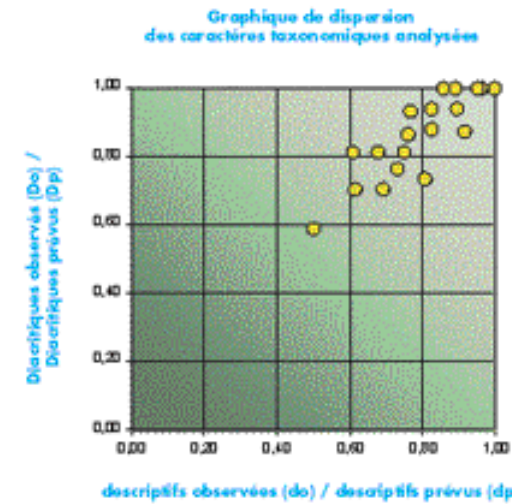


Fig 1 : Localisation de la région étudiée

(3) (BENHISSOUNE S., NAJIM L. et VERLAQUE M.: Macrophytobenthos des substrats rocheux de la région de M'diq-Ceuta (Maroc, Méditerranée))



(4) Figure 1: Graphique de dispersion des caractères taxonomiques analysés (chaque boule indique le résultat de l'application de la formule, ci dessus, à un échantillon) (BRESSAN G. et COPPOLA DI CANZANO M.: Comment proposer des collections algales pour une étude de biodiversité)

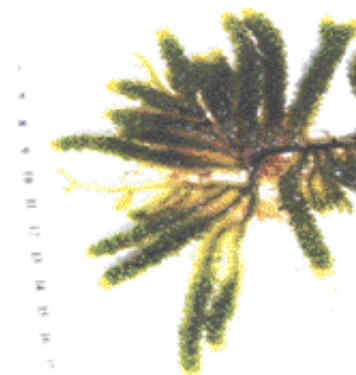


Fig. 2 : Aspect général d'un thalle du groupe 1

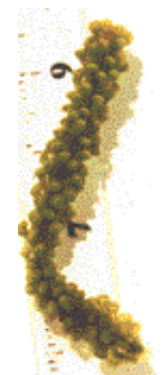


Fig. 3 : Détail d'une fronde du groupe 1



Fig. 4 : aspect général d'un thalle du groupe 2

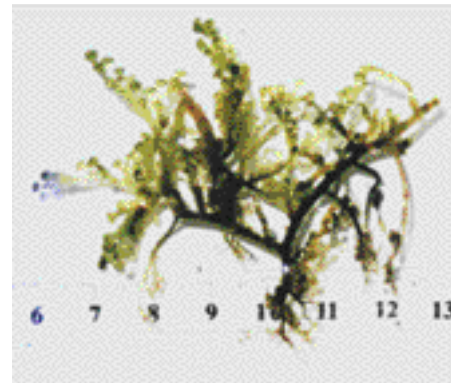
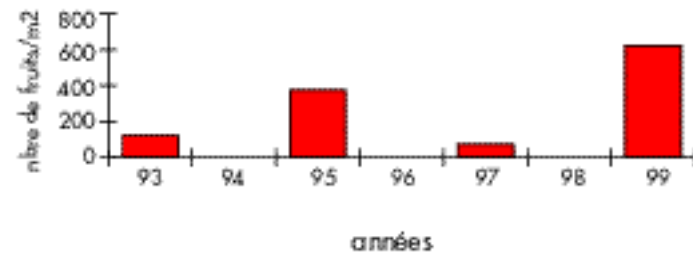
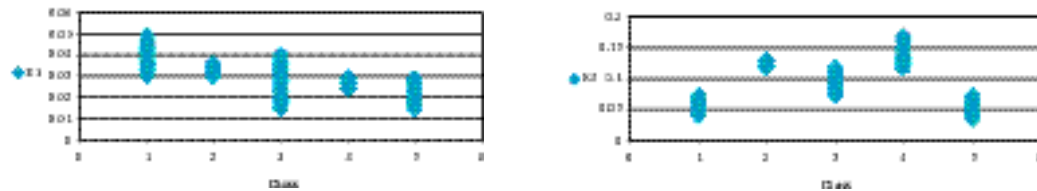


Fig. 5 : aspect général d'un thalle du groupe 3

(5) (DJELLOULI A. : *caulerpa racemosa* (Forskaal) J. Agardh en Tunisie)



(6) Figure 1 : Fréquence annuelle des échouages des fruits et graines dans la station El Akarit (HAMZA A., BOUAIN A. et EL ABED A. : Influence de la qualité du milieu et de la nature de l'herbier sur le processus de la reproduction sexuée chez la posidonie dans le Golfe de Gabès (Tunisie))



(7) Figure 1. Scatterplots of E1 and E2 values against several habitat types, where: 1 is *P. oceanica*, 2 is Bare Sand, 3 is *C. nodosa* - *C. prolifera* - *H. Stipulacea*, 4 is Muddy Sand, and 5 is Mud (SIKAVARA K., VALAVANIS V. and BANKS A. C.: Mapping of Natura 2000 seagrass habitats using remote sensing techniques)