

Charting method
Posidonia oceanica meadow
 Circalittoral benthos
 Méthode de cartographie
 Herbier de *Posidonia oceanica*
 Benthos circalittoral

Charting the seaward limit of *Posidonia oceanica* meadows and of circalittoral biocoenoses along the coast of Monaco

Claude FALCONETTI, Alexandre MEINESZ

Laboratoire de Biologie et d'Écologie Marines, Université de Nice, 28, avenue de Valrose, 06034 Nice Cédex, France.

Received 18/3/88, in revised form 27/4/89, accepted 2/5/89.

ABSTRACT

Based on a survey carried out from a research submarine off the Principality of Monaco, using high-precision fixing, two charts of scale 1:2 000 have been compiled to show the coastal benthic populations. Marked changes to these populations have been produced by discharge of urban waste water as well as by littoral reclamation and development. Two such changes are, firstly an accumulation of mud in the circalittoral zone, with associated impoverishment of the fauna, and secondly that the seagrass, *Posidonia oceanica*, no longer occurs in Monaco waters except off the "Larvotto" beaches, where its seaward limit has been found not to exceed a depth of 28 m.

Oceanologica Acta, 1989. 12, 4, 443-447.

RÉSUMÉ

Relevé cartographique en submersible de la limite de l'herbier de *Posidonies* et des biocoenoses circalittorales devant Monaco

Grâce à l'utilisation d'un sous-marin d'exploration équipé de moyens de positionnement performants, deux cartes au 1/2 000 des peuplements benthiques situés devant les côtes de la principauté de Monaco ont été réalisées. Les peuplements observés ont subi des perturbations importantes dues aux rejets d'eaux usées urbaines polluées et aux constructions littorales sur la mer. Il a été constaté d'une part que l'étage circalittoral est très envasé avec un peuplement appauvri à dominance animale et, d'autre part, que la répartition de la phanérogamme marine, *Posidonia oceanica* est limitée à Monaco, à la seule station située devant les plages du «Larvotto» où sa limite inférieure ne dépasse pas la profondeur de 28 m.

Oceanologica Acta, 1989. 12, 4, 443-447.

INTRODUCTION

The circalittoral benthos along the coast of the Principality of Monaco has been charted surprisingly rarely. To our knowledge, the only such chart, published by Ollivier (1929), concerned the benthic communities, and limits of *Posidonia oceanica* L. Delile meadows in particular, down to a depth of 80 m. Use of submersibles for marine biology studies started in 1954 (Wilm, 1982) and has been frequent in recent years (Sears and Cooper, 1978; Fricke and Schuhmacher, 1983). The research submersible "Griffon" of the French navy has been used on several occasions for observations or surveys of the French Mediterranean littoral (Laborel *et al.*, 1976; Meinesz and Laurent, 1978; Augier and Boudouresque, 1979; Meinesz and Laurent, 1980; 1982). The French "Marine Nationale", by graciously putting at our disposal the submarine support vessel,

"Triton" and the research submarine "Griffon" (Fig. 1), allowed us to survey, during two dives in October 1984, the circalittoral communities, and the lower limit of *Posidonia oceanica* meadows off the Monaco coast.

MATERIALS AND METHODS

The methods used were the same as those developed for the first survey with the submarine "Griffon" (Meinesz and Laurent, 1978). The outline of the method is as follows :

- the submarine moves along above the bottom. Observations are recorded by a scientist on board the submarine;
- by continuously determining the submarine's position very accurately its route was tracked on a hydrographic chart;

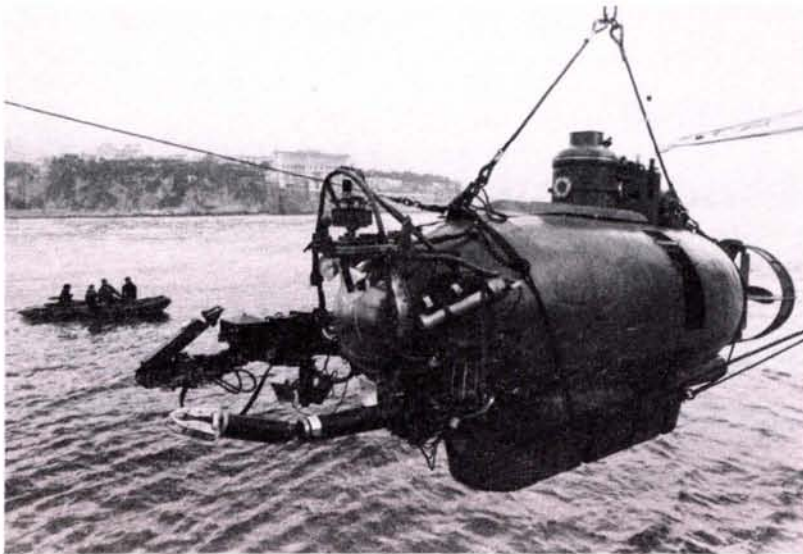


Figure 1
The research submarine "Griffon".
Le sous-marin de recherche « Griffon ».

— the observations were later transferred to the chart. Unlike in previous surveys (Meinesz and Laurent, 1978; 1980; 1982) the submarine's position was determined acoustically using two sound-emitting buoys deployed on a line. The deployment position was determined using horizontal sextant angles. By means of acoustics, the submarine interrogates the buoys directly, and from the distance and bearing of the buoys; the submarine's position can be determined with a precision of about 10 m.

The team is composed of two members, the pilot and the navigator, who records the position every two minutes. These data are sent to the "Triton" as they are received, where the track of submarine is drawn on a hydrographic chart.

For various points, the following are noted : the depth of the submarine using a depth meter; height of submarine above the bottom; and the time. This information allows the observations to be located with high precision.

The track of the submarine was plotted on a chart of scale 1 : 1000 draughted by the "Services Techniques de Monaco" on which are marked isobaths every 5 m

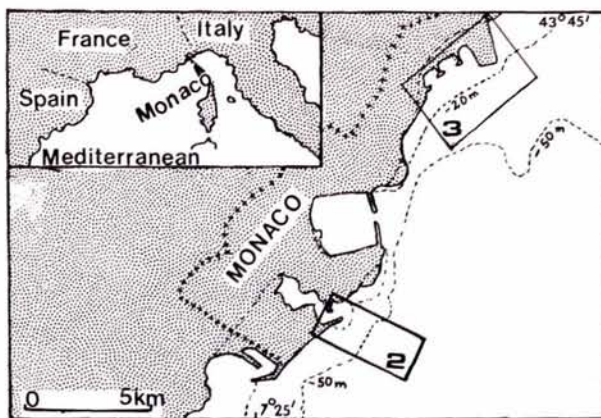


Figure 2
Track of the submarine "Griffon" dives off the Principality of Monaco: (3) off the Fontvieille harbour; (4) off the "Larvotto" beaches.
Carte représentant le trajet effectué par le sous-marin « Griffon » au large de la Principauté de Monaco: (3) au large du port de Fontvieille; (4) au large des plages du « Larvotto ».

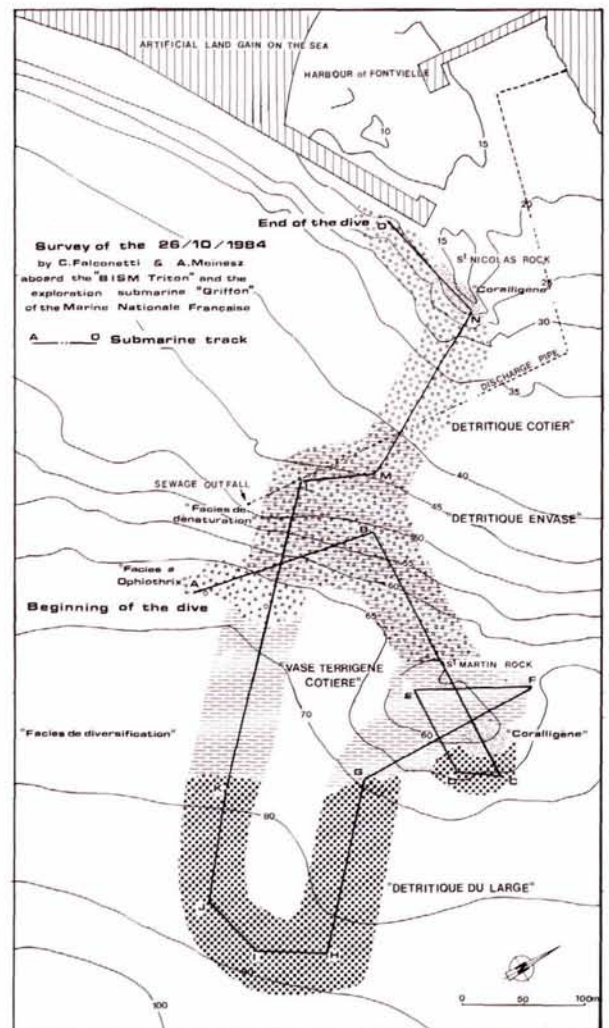


Figure 3
Benthic assemblages of the circalittoral zone off Fontvieille harbour.
Les peuplements benthiques de l'étage circalittoral dans la zone du port de Fontvieille.

down to 70 m. This chart was then reduced to a scale of 1 : 2000. Another chart (Service Hydrographique et Océanographique de la Marine, n° 6881), of scale 1 : 7 500, was enlarged so that the deeper isobaths of the Monaco chart could be traced on to it. Biocoenoses

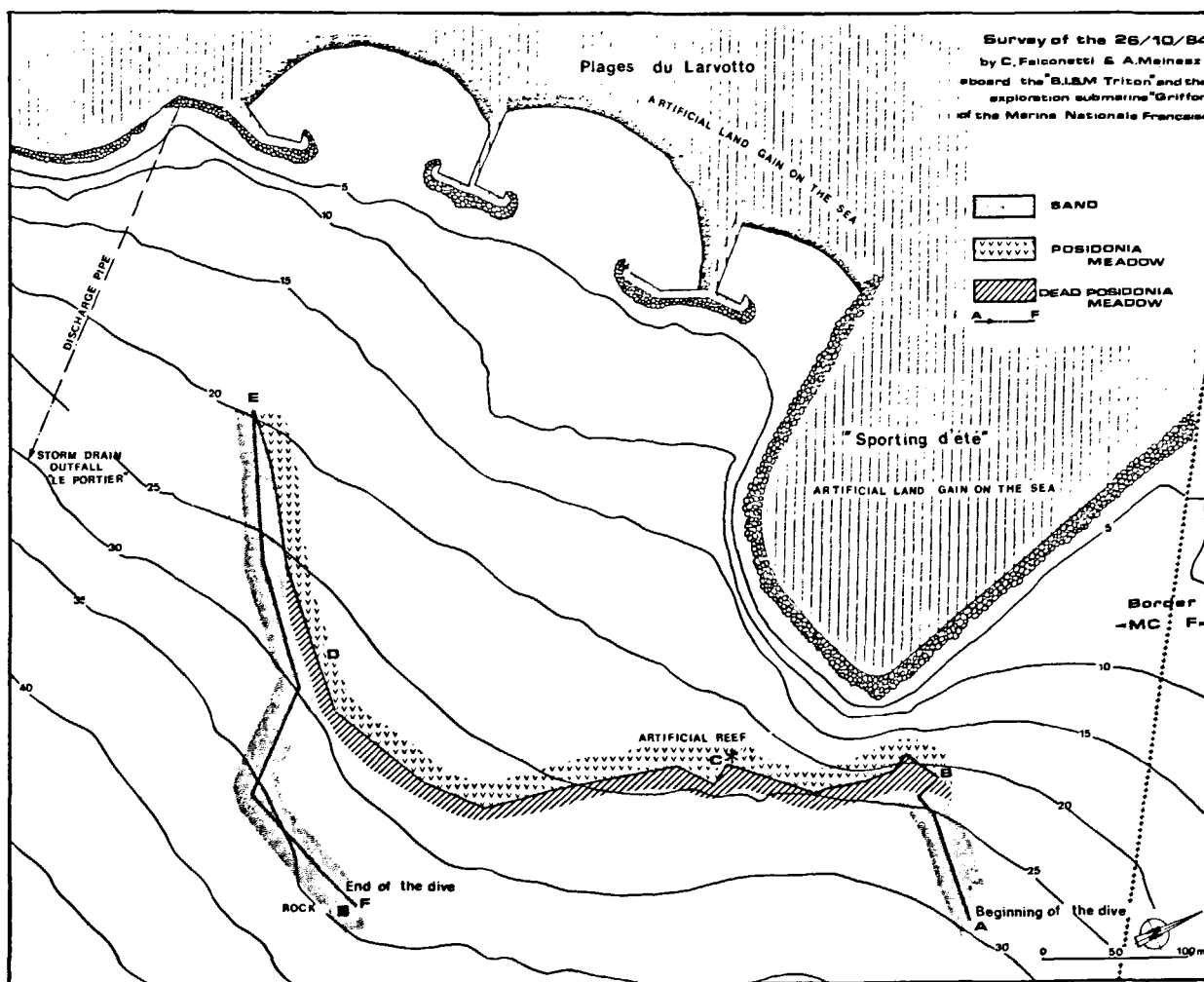


Figure 4
 Chart showing the lower limit of the *Posidonia oceanica* meadow off the "Larvotto" beaches.
 Carte de la limite inférieure de l'herbier de *Posidonie* au large des plages du « Larvotto ».

were marked using standard symbols for the Mediterranean benthic communities (Meinesz *et al.*, 1983).

RESULTS

The exploration of circalittoral benthic communities and bathymetric limit of *Posidonia oceanica* meadows off Monaco (Fig. 2) has allowed us to draw two maps of scale 1/2000, reduced for this publication (Fig. 3 and 4).

Observations on the circalittoral zone off the harbour of Fontvieille

The substrates encountered during the course of this dive were almost all mobile. Hard substrate are limited to rocks in the vicinity of the Rocher St. Martin and the Rocher St. Nicolas, which were passed around on the deeper side where lay the 20 m detrital plain (Fig. 3).

Between 20 and 40 m (→ N.O), the biotope is of slightly muddy detrital "détritique envasé" (Pérès and Picard, 1964), and the biota is characteristic of the "détritique côtier" biocoenosis (Pérès and Picard, 1964)

except that it appears impoverished and less brightly colored. Small solid patches of substrate were observed which were colonized by sessile species derived from "coralligène" bottoms (Pérès and Picard, 1964).

Between 40 and 65 m (→ M → B.E.F.G.), the detrital biotope becomes increasingly muddy. The detrital matrix, still visible, is widely invaded throughout this zone by abundant terrigenous material. The zone lying around the outfall is poorer than elsewhere, the sediment there is more compacted, and there occur small, solid patches devoid of attached macrofauna ("faciès de dénaturation"; Bellan *et al.*, 1985).

The biota of the detrital plain is that of the "détritique envasé" biocoenosis (Picard, 1965), characterised by suspension feeders, drab in colour, which live in close association with the sediment. Near the beginning of the dive (A), there is a "faciès à *Ophiothrix quinquemaculata*". The affinity of *O. quinquemaculata* (Delle Chiaje) for very muddy bottoms in this study may be due to the presence of fine, living or non-living food particles in suspension close to the bottom. That the species occurs most abundantly around the sewage outfall would support this view. The swivelling species, *Pennatula rubra* (Ellis), "rooted" in the sediment, colonizes large areas. It appeared that this suspension feeder

is helped by the influx of organic matter. Notable among other suspension feeders on these bottoms are some fine specimens of *Cerianthus membranaceus* (Spallanzani). The few points of rock scattered on the sediment are, on close examination, colonized by the "coralligène" biocoenosis.

Between 65 and 80 m (G → H) the bottom takes the form of a small valley. While the water immediately overlying this scoured bottom is particularly turbid, the biotope corresponds with that of "vase terrigène côtière" (Pères and Picard, 1964), and the bottom consists of fluid mud.

The biocoenosis between 80 and 90 m is that of "détritique du large" (Pères and Picard, 1964), the corresponding biotope being sand impregnated with fine, terrigenous material (H.I.J →). The presence here of numerous small mounds and various burrows signifies the presence of burrowing crustaceans.

Survey of the lower limit of the *Posidonia* meadow off the Larvotto beaches

The dive (Fig. 4) commenced by the positioning of the submarine, "Griffon", on the bottom at a depth of 30 m (A). The biotope along the track A → B consists of fine well sorted sand, but with a considerable proportion of fine terrigenous material. A violent rain storm, just before the dive, resulted in the influx of terrigenous material from a storm drain to the north of the "sporting d'été", and visibility was reduced to between 3 and 4 m.

The meadow limit was reached at 22 m depth off the "sporting d'été", and a path was then followed south-south-east for 680 m (B → E). That this limit is retreating over a sandy bottom is shown by the presence of dead *Posidonia oceanica* rhizomes. At the end of this track (E), the lower limit of the meadow recedes from 28 to 19 m. The meadow remains dense up to this limit, which here is sharply defined corresponding to type 2 (Meinesz and Laurent, 1978), on a sandy bottom.

DISCUSSION AND CONCLUSIONS

The use of a research submersible to map benthic communities has allowed us to establish two maps during two dives, *i.e.* the circalittoral biocoenoses and the lower limit of the *Posidonia oceanica* meadow. Such a technique is complementary to scuba diving in shallow areas (<40 m deep) and to the use of a side scan sonar whose utilization requires *in situ* observations to calibrate the side scan sonar record (Meinesz *et al.*, 1981; Colantoni *et al.*, 1982).

The circalittoral zone

The sewage outfall installation and the scale of recent property development, including the Fontvieille reclamation scheme over what was a large expanse of the infralittoral zone, has upset the balance of benthic

populations throughout the zone investigated. The changes in population seem broadly similar to those found in the Bay of La Ciotat (Picard and Bourcier, 1975).

Although, the nearby *Posidonia oceanica* meadow has been covered by the "Fontvieille" reclamation scheme, the biocoenosis of "détritique côtier", between the present coastline and the outfall, remains. It has been markedly degraded, however, by influx of fine, terrigenous material. This degradation is apparent to the eye as a lustreless aspect, compared with the normal, brightly colored appearance. In this area the bottom has been altered by influx of terrigenous material, and now corresponds to an impoverished type ("faciès d'appauvrissement") of "détritique côtier" (Bellan *et al.*, 1985; Salen-Picard, 1985). An inconspicuous "coralligène" biocoenosis occurs on small, neighbouring solid surfaces.

Deeper, around the 50 m isobath, and in the immediate vicinity of the outfall, the influence of intense water movement, coupled with large amounts of organic matter from the outfall, is also apparent. These conditions favour denaturing of the "détritique côtier" biocoenosis more than that of the "détritique envasé", as is indicated by a proliferation of pivoting suspension feeders on the sediment, and the rocky outcrops without macrofauna.

Around 60 m, an impoverished *Ophiothrix quinquemaculata* facies is intermediate between the above biocoenosis and the deeper zone of "détritique envasé" which bears a population characteristic of "vase terrigène côtière". The "vase terrigène côtière", shows greater diversity ("faciès de diversification", Bellan *et al.*, 1985; Picard, 1985), and here the influence of effluent appears to be less important. Deeper still, outside the direct effects of the outfall, the "détritique du large" biocoenosis, although modified by the accumulation of mud occurring over the whole area, has been changed less than the other biocoenoses, probably because of its distance from the coast, its greater depth and local water movement.

Compared with our observation carried out by SCUBA diving before the Fontvieille reclamation work, 20 ha in extent, commenced (Falconetti, 1969, unpublished), there has been an increase in amounts of mud in the rocky zones (Rocher St. Martin and Rocher St. Nicolas). Previously they presented a rich "coralligène" biocoenosis.

The lower limit of *Posidonia oceanica* meadow

The greater part of the *Posidonia* meadow belonging to the Principality of Monaco has been destroyed by successive coastal development, which now covers 75% of what was the sublittoral between depths of 0 and 20 m (Meinesz and Lefèvre, 1978). Thus in the east of the Principality off the former fishing port of Fontvieille, the meadow charted by Ollivier in 1929 has been covered with land-fill for the Fontvieille reclamation scheme. The extreme depth limit of 80 m, given by Ollivier for the lower limit of the meadow is erroneous, as the greatest depth recorded for *Posidonia oceanica*

meadow on French Mediterranean coasts is 43 m (Boudouresque *et al.*, 1986). The only *Posidonia oceanica* meadow which now remains in the east of the Principality is that charted during the present survey.

From the hydrographic report on the lower limit of the *Posidonia oceanica* meadow, the following conclusions are evident:

a) in the north-east (off the point of the "sporting d'été" reclamation), the meadow has probably suffered damage as a result of development work and/or the proximity of a storm drain located to the east. A combination of marked turbidity and high levels of suspended terrigenous sediment appears to have produced a recession of the lower limit from 27 or 28 m to about 20 m. This recession is similar to that found at Toulon (Astier, 1972; Nodot *et al.*, 1978) where, off the recently developed artificial beach of Mourillon, the meadow limit has also regressed from a depth of 28 m to one of 20 m;

b) in the central part of the marine reserve, the limit reaches 27 or 28 m. This depth limit is that observed elsewhere in the same region and noted in 1976 during observation using the same submarine (Meinesz and Laurent, 1978; 1980). That this limit is bounded on the deeper side by dead, silted-up rhizomes indicates

previous recession at this point. Future examination of this limit in relation to marking rods deployed in 1977, should allow more precise measurement of its possible movement. In the west of the reserve, around the end of the track of the submarine, the depth limit recedes from 28 to 19 m (the end of our observations). Discharge of freshwater and associated terrigenous matter from the storm drain of "Le Portier", the mouth of which is over a bottom depth 28 and 200 m from the meadow, may be related to this marked, local recession, as this material may accumulate, and contaminate the originally fine, well-sorted sand.

Acknowledgements

This research was initiated by the "Association Monégasque pour la protection de la Nature" and by the "Division des Travaux Maritimes des Services des Travaux Publics de la Principauté de Monaco". We thank the French "Marine Nationale" for its help for making available the BIESM "Triton" and the exploration submarine "Griffon". We thank Dr. I. Jenkinson for the English translation of the manuscript.

REFERENCES

- Astier J. M. (1972). Régression de l'herbier de Posidonies en rade des Vignettes à Toulon. *Annls Soc. Sc. Nat. Archéol. Toulon. Var*, 24, 97-103.
- Augier H. and C. F. Boudouresque (1979). Premières observations sur l'herbier de Posidonies et le Détritique côtier de l'île du Levant (Méditerranée, France), à l'aide du sous-marin Griffon de la Marine Nationale. *Trav. sci. Parc natn Port-Cros*, 5, 141-153.
- Bellan G., M. Bourcier, J. Picard, C. Salen-Picard and G. Stora (1985). Conséquences structurelles dues aux perturbations affectant les biocénoses benthiques méditerranéennes de substrat meuble. *Rapp. P.-v. Réunion. Commn int. Explor. scient. Mer médit.*, 29, 5, 215-221.
- Boudouresque C. F., C. H. Bianconi, D. Calmet, A. Jeudy de Grissac, J. Laborel, F. Laborel-Deguen, J. R. Lefèvre, A. Meinesz and R. A. Mosse (1986). Compte-rendu et résultats scientifiques de la Mission Scandola XXVIII. *Trav. sci. Parc natn Rég. Res. nat. Corse*, 2, 1-58.
- Colantoni P., P. Galignani, E. Fresi and F. Cinelli (1982). Patterns of *Posidonia oceanica* (L.) Delile beds around the Island of Ischia (Gulf of Naples) and in adjacent waters. *P.S.Z.N.I., Mar. Ecol.*, 3, 1, 53-74.
- Fricke W. H. and H. Schuhmacher (1983). The Depth Limits of Red Sea Stony Corals: An Ecophysiological Problem (A Deep Diving Survey by Submersible). *P.S.Z.N.I. Mar. Ecol.*, 4, 2, 163-194.
- Laborel J., P. Tailliez and J. Vacelet (1976). Premières observations dans les eaux du Parc National de Port-Cros à l'aide du sous-marin « Griffon » de la Marine Nationale. *Trav. sci. Parc natn Port-Cros*, 2, 121-129.
- Meinesz A. and R. Laurent (1978). Cartographie et état de la limite inférieure de l'herbier de *Posidonia oceanica* dans les Alpes-Maritimes (France). Campagne Poseidon 1976. *Botanica mar.*, 21, 8, 513-526.
- Meinesz A. and R. Laurent (1980). Cartes de la limite inférieure de l'herbier de *Posidonia oceanica* dans les Alpes-Maritimes (France). Campagne Poseidon 1976. *Annls Inst. océanogr. Paris*, 56, 1, 45-54.
- Meinesz A. and R. Laurent (1982). Cartes de la végétation sous-marine des Alpes-Maritimes (Côtes Françaises de la Méditerranée). I. Limite inférieure de l'Herbier de *Posidonia oceanica* dans le Golfe-Juan et à l'Est des Iles de Lérins. *Annls Inst. océanogr., Paris*, 58, 1, 103-112.
- Meinesz A. and J. R. Lefèvre (1978). Destruction de l'étage infralittoral des Alpes-Maritimes (France) et de Monaco par les restructurations du rivage. *Bull. Ecol.*, 9, 3, 259-276.
- Meinesz A., M. Cuvelier and R. Laurent (1981). Méthodes récentes de cartographie et de surveillance des herbiers de phanérogames marines. Leurs applications sur les côtes françaises de la Méditerranée. *Vie Milieu*, 31, 1, 27-34.
- Meinesz A., C. F. Boudouresque, C. Falconetti, J. M. Astier, D. Bay, J. Blanc, M. Bourcier, F. Cinelli, S. Cirik, G. Cristiani, I. Di Geronimo, G. Giaccone, J.-C. Harmelin, L. Laubier, A. Z. Lovric, R. Mollinier, J. Soyer and C. Vamvacas (1983). Normalisation des symboles pour la représentation et la cartographie des biocénoses benthiques littorales de la Méditerranée. *Annls Inst. océanogr., Paris*, 59, 2, 155-172.
- Nodot C., J.-M. Astier, P. Taillez and J. Tine (1978). Étude d'impact des aménagements littoraux du Mourillon sur l'herbier de *Posidonia oceanica* de la Rade des Vignettes (Toulon-Var). *Annls. Soc. Sc. Nat. Archéol. Toulon Var*, 30, 118-133.
- Ollivier G. (1929). Étude de la flore marine de la Côte d'Azur. *Bull. Inst. océanogr. Monaco.*, 7, 3, 1-173.
- Péres J. M. and J. Picard (1964). Nouveau manuel de bionomie benthique de la mer Méditerranée. *Recl. Trav. Stn mar. Endoume*, 47, 31, 1-137.
- Picard J. (1965). Recherches qualitatives sur les biocoenoses marines de substrats meubles dragables de la région marseillaise. *Recl. Trav. Stn mar. Endoume*, 52, 36, 1-160.
- Picard J. (1985). Réflexions sur les écosystèmes marins benthiques = hiérarchisation, dynamique spatio-temporelle. *Téthys*, 11, 3-4, 230-242.
- Picard J. and M. Bourcier (1975). Évolution sous influences humaines des peuplements benthiques des parages de La Ciotat entre 1954 et 1972. *Téthys*, 7, 2-3, 213-222.
- Salen-Picard C. (1985). Indicateurs biologiques et sédimentation en milieu circalittoral méditerranéen. *Rapp. P.-v. Réunion. Commn int. Explor. scient. Mer médit.*, 29, 5, 211-212.
- Sears J. R. and R. A. Cooper (1978). Descriptive Ecology of Offshore, Deep Water, Benthic Algae in the Temperate Western North Atlantic Ocean. *Mar. Biol.*, 44, 309-314.
- Wilm P. (1982). L'évolution des différents moyens de pénétration de l'homme sous la mer. *Bull. Inst. océanogr. Monaco, n° sp.*, 3, 1-10.

Marine populations

An essay on population regulation and speciation

Michael SINCLAIR

édité par Washington Sea Grant Program, University of Washington, 251 pages, 15 US \$.

Les études sur le recrutement des animaux marins connaissent depuis quelques années un développement important. La communauté scientifique concernée s'accorde en effet à penser que c'est pendant leur jeunesse que les poissons, crustacés, mollusques, etc., sont le plus sensibles aux influences hydroclimatiques. C'est donc pendant cette brève période de vie larvaire et juvénile qu'est déterminée la force d'une classe d'âge, variable déterminante dans la gestion des stocks.

Pour accélérer la synthèse des idées sur le sujet, une série de livres intitulée « Books in Recruitment Fishery Oceanography » a été lancée par le « Washington Sea Grant Program ». Le livre de Michael Sinclair est le premier de cette série.

En fait, ce livre dépasse largement le cadre du recrutement. C'est une réflexion approfondie sur les processus de régulation des populations d'animaux marins, dont le recrutement n'est qu'un aspect.

D'emblée (chapitre 1), le problème est clairement posé :

Après avoir défini la population (« a self reproducing unit »), l'auteur propose d'aborder la régulation des populations au travers de quatre questions qui forment une véritable grille de lecture de son ouvrage.

(1) La richesse (richness) d'une espèce en populations : des espèces différentes ont des nombres différents de populations. Qu'est-ce qui détermine le nombre de populations pour une espèce donnée?

(2) La distribution (pattern) géographique des populations. Quels sont les facteurs qui prévalent dans la répartition géographique des populations d'une espèce donnée?

(3) La taille (abundance), ou encore le nombre d'individus d'une population : une espèce comprend des populations de tailles très différentes. Quels sont les processus qui contrôlent leurs dimensions?

(4) La variabilité temporelle (temporal variability). Quels sont les facteurs qui contrôlent les fluctuations d'abondance?

Ces quatre questions sont, selon l'auteur, indissociables, et vouloir répondre à la dernière sans avoir une connaissance suffisante des trois autres paraît une entreprise vouée à l'échec.

Or, c'est pourtant la démarche la plus souvent pratiquée!...

Après avoir montré (chapitre 2) comment, au cours des trente premières années du xx^e siècle, le concept de population s'est progressivement imposé aux biologistes des pêches, l'auteur aborde la partie la plus féconde du livre.

En partant de connaissances détaillées sur la biologie du hareng (chapitre 3), espèce à populations nombreuses, connues depuis longtemps et dont les zones de ponte peuvent se rattacher à des phénomènes océanographiques particuliers (concept de zone de rétention larvaire), l'auteur expose le cœur de son ouvrage (chapitre 4) : la « member/vagrant hypothesis ».

Cette hypothèse part du principe simple que, pour assurer leur reproduction, les animaux sexués d'une population doivent se rencontrer au bon endroit et au bon moment. Ce simple constat, évident pour les animaux terrestres, peut devenir une contrainte de premier ordre dans un milieu hautement dispersif et dilué comme l'océan; par conséquent, tout phénomène physico-géographique et tout comportement en interaction avec lui qui permettent d'assurer la cohésion des membres d'une population sera hautement sélectionné avec le temps.

L'hypothèse comprend trois énoncés fondamentaux.

(1) La répartition spatiale des populations et leur nombre sont fonctions de la localisation et du nombre de zones géographiques à l'intérieur desquelles le cycle de vie peut se boucler.

(2) L'abondance absolue (nombre d'individus dans une population) est fonction de la taille de la zone géographique où le cycle se boucle. L'abondance peut en fin de compte être définie par la taille de la zone de ponte et de celle des premiers stades.

(3) La variabilité temporelle de l'abondance absolue est fonction des pertes d'individus d'une génération à l'autre (errance et mortalité) de l'aire de distribution. Pour les populations avec un stade planctonique, les processus physiques peuvent dominer dans les causes de la variabilité des pertes.

Dans les trois chapitres suivants, la littérature halieutique, estuarienne, récifale, benthique et zooplanctonique est passée en revue, et apporte de nombreux arguments à l'existence de populations persistantes dans les zones géographiquement particulières et bien délimitées.

Après un chapitre récapitulatif (chapitre 8), les implications de la théorie sur quelques points d'écologie sont discutés : les problèmes de densité dépendance, la « life history theory » (qui ignore la géographie), l'extension à l'environnement terrestre.

La fin du livre (chapitres 10 à 12) est un début d'exploration des conséquences de la « member/vagrant hypothesis » sur la théorie de l'évolution (speciation versus adaptation).

S'il fallait en quelques mots définir l'essentiel de ce livre (exercice périlleux et qui peut déformer la pensée de l'auteur), je dirais que M. Sinclair nous rappelle à l'évidence que les animaux marins ne sont pas des entités abstraites, qu'ils vivent dans un environnement géographiquement et physiquement structuré, qu'entre l'individu et l'espèce, il existe un niveau d'une importance particulière, la population, et que c'est dans l'étude de cette liaison population-processus spatiaux que se trouve la clef de la compréhension des variations d'abondance. Dans cette perspective, les processus énergétiques (quantité de nourriture et de prédateurs), aussi importants soient-ils, ne sont pas nécessaires à la régulation des effectifs.

Ce livre pourra choquer le biologiste habitué à raisonner en termes de flux de carbone, d'énergie, ou de cohortes, mais il ravira celui qui connaît la complexité des cycles de vies, et qui sait que l'information contenue dans un génome confère aux organismes qui le portent des propriétés autrement plus élaborées que celles d'une particule inerte de même dimension.

Alain HERBLAND

Centre de Recherches en Écologie Marine et Aquaculture (C.R.E.M.A.),
Case n° 5, L'Houmeau, 17137 Nieul-sur-Mer.