

ZONES PROTEGEES SUR LE LITTORAL DE LA PRINCIPAUTE DE MONACO

Eugène DEBERNARDI* et Denis ALLEMAND**

* Président et ** Conseiller Scientifique, Association Monégasque pour la Protection de la Nature, Monaco, Principauté de Monaco

Résumé. Après une brève présentation géographique et juridique des deux aires marines protégées du littoral de la Principauté de Monaco, cet article présente une revue des travaux d'aménagement qui y ont été réalisés. Les différents types de récifs artificiels immergés y sont décrits et leur impact sur la faune présentés. Une attention toute particulière est donnée sur les récifs artificiels spécialement construits pour suivre la croissance et la reproduction du corail rouge de Méditerranée.

Summary. After a short geographic and juridical presentation of the two underwater reserves along the coast of the Principality of Monaco, this paper reviews their development as well as the results obtained. It describes the different types of artificial reefs immersed and their effect on the fauna. A particular attention is given to artificial reefs specially designed for rearing and breeding the Mediterranean red coral.

Riassunto. Dopo una breve presentazione geografica e giuridica delle due riserve subacquee lungo la costa del Principato di Monaco, viene illustrato il loro sviluppo ed i risultati ottenuti. Vengono descritti i diversi tipi di barriere artificiali affondate ed il loro effetto sulla fauna, con particolare attenzione a quelle progettate appositamente per la crescita e la riproduzione del corallo rosso del Mediterraneo.

Received November 1, 1992

1. Réserve sous-marine de Monaco

Deux zones protégées (réserves naturelles intégrales) ont été aménagées sur le littoral de la Principauté de Monaco à l'initiative de S.A.S. le Prince Rainier III qui en a confié la réalisation et la gestion à l'Association Monégasque pour la Protection de la Nature.

Nous traiterons ici de ces deux réserves, de leurs objectifs, de leur caractéristiques, de leurs équipements, des résultats obtenus.

1.1 Situation géographique

Située dans la partie est du littoral maritime monégasque, devant les plages du quartier du "Larvotto" qui lui a pendant quelques années donné son nom, la réserve a une forme trapézoïdale dont la base s'appuie directement sur la côte. Elle englobe deux digues artificielles faites de blocs rocheux jusqu'à 12 m de profondeur: la digue du Sporting et la digue centrale du brise-lames protégeant les plages du Larvotto.

La réserve a une superficie de 50 hectares environ et une profondeur de 0 à -40 mètres. Les fonds sont constitués de sable, vase et gravier. Un herbier de *Posidonia oceanica* d'une superficie d'environ 14 hectares s'étend d'ouest en est à une profondeur variant de -8 à -25 mètres (photographie n. 1).

1.2 Dispositions juridiques

Créée par Ordonnance Souveraine (n. 5851 du 11 août 1976), et afin d'assurer la protection maximale de la faune et de la flore, cette réserve fait l'objet de dispositions juridiques très précises qui portent sur:

- l'interdiction de la pêche et de la chasse sous toutes formes,
- l'interdiction de l'évolution des bateaux à moteur,

- l'interdiction du mouillage d'ancre.

1.3 Caractéristiques techniques

Le périmètre en surface, d'une longueur développée de 2,2 km, est balisé par 42 bouées afin de visualiser la zone protégée pour les utilisateurs de navires à moteur.

L'ancrage des bouées est constitué d'un corps mort de 120 kg auquel est accroché un câble nylon de 14 mm de diamètre. A 8 mètres de la surface une bouée intermédiaire assure la tension permanente du câble lequel se poursuit par une boucle jusqu'au flotteur de balisage. Cette boucle sert d'amortisseur de houle et supprime les effets des contraintes dues aux mouvements de la mer. Tous les éléments métalliques (cosses, manilles, serre-câbles...) ont été supprimés de manière à éviter les phénomènes d'électrolyse préjudiciable à la bonne tenue de matériel.

1.4 Equipements

La protection juridique de la faune et de la flore a été complétée par la mise en place d'équipements destinés à faciliter la repopulation de la zone protégée, très appauvrie par une pêche intensive et assurer un contrôle efficace de l'herbier de Posidonie quelque peu malmené par les professionnels de la pêche qui pendant plus de 30 ans ont utilisé jour après jour des "ganguis" aux effets dévastateurs.

1.4.1 Immersion de récifs artificiels

Disposant d'une carte précise des fonds de la réserve établie par la Marine Nationale française en utilisant un sonar latéral, l'Association Monégasque pour la Protection de la Nature a pu réaliser un programme d'immersion de récifs artificiels. Dans une première phase, 300 tonnes de rochers naturels ont servi à créer trois récifs immergés par chalands sur les sites choisis. La profondeur (-25 m) et la dispersion des éléments qui en est résultée n'ont pas permis d'obtenir les résultats souhaités. Nous avons dès lors utilisé des hourdis alvéolaires en béton, matériaux employés habituellement pour la construction des planchers d'immeubles. Ceux-ci sont plus faciles à transporter et peuvent être structurés à terre; ils ont un poids unitaire de 25 à 35 kg et de dimensions 50×20×16 cm. Ils peuvent être cimentés entre eux pour constituer des ouvrages en élévation et faciliter la fixation des organismes benthiques.

1.4.2 Caractéristiques des récifs

Par commodité (structures à formes répétitives, transport sur le site, mise en place au point choisi) la construction sur dalle en béton armé a été adoptée (Debernardi, 1987).

Trois types principaux ont été imaginés:

a) TYPE "A" (photographie n. 2)

- Dalle:

* longueur: 3 m

* largeur: 2,50 m

* épaisseur: 0,15 m

- Matériaux: béton prise de mer, armature métallique double nappe (acier Thor). Chaque angle a reçu un anneau en acier Thor de 20 cm de diamètre pour les opérations de levage.

- Agencement des hourdis: 200 hourdis cimentés sans ordre particulier sur dalle.

Chaque hourdis présentant en coupe longitudinale trois cavités de 20×15×13 cm, ce sont 600 cavités qui ont ainsi été constituées en forme de tronc de pyramide ayant une hauteur moyenne de 1,50 à 2 m.

- Poids unitaire: 7 tonnes.

Deux récifs de type "A" ont été immergés en juin 1979, l'un à -8 m en bordure de l'herbier de Posidonies et l'autre à -30 m sur fond de sable. Le recouvrement algal de ces récifs a été rapidement très satisfaisant. Quelques mois après leur immersion, ils disparaissaient sous



Photographie 1 — Présentation des deux aires marines protégées du littoral de la Principauté de Monaco..

une épaisse couche d'algues et d'invertébrés. Les alvéoles des hourdis ont été rapidement occupées par des poissons et langoustes. Des pontes de calmar ont également été observées.

b) **TYPE "B"** (photographie n° 3)

- Dalle: identique à celle du type "A".

- Matériaux: identiques à ceux du type "A".

Agencement des hourdis: pour améliorer leur colonisation, les récifs du type "B" ont été construits suivant une forme géométrique octogonale. Cette forme permet un meilleur éclairage naturel tout en ménageant une zone d'ombre relative dans le puits central de section 1 m^2 créé à l'intérieur du système. Ce récif peut ainsi être comparé à une tour évidée.

La rangée supérieure des hourdis a reçu quatre tiges d'acier de 30 mm (hauteur: 0,80 m) pour supporter des hourdis percés de part en part afin de pouvoir être retirés pour examen de leur colonisation en laboratoire, ce qui était impossible avec les récifs de type "A". Les scientifiques de l'Université de Gênes (Italie) ont ainsi pu effectuer pendant 12 ans des recherches sur l'évolution de la colonisation de ces récifs par les invertébrés (Balduzzi *et al.*, 1986).

Hauteur sur dalle:

* 2 m pour un poids unitaire de 10 tonnes,

* 3 m pour un poids unitaire de 12 tonnes.

- Epaisseur des parois du puits: 0,40 à 0,60 m.

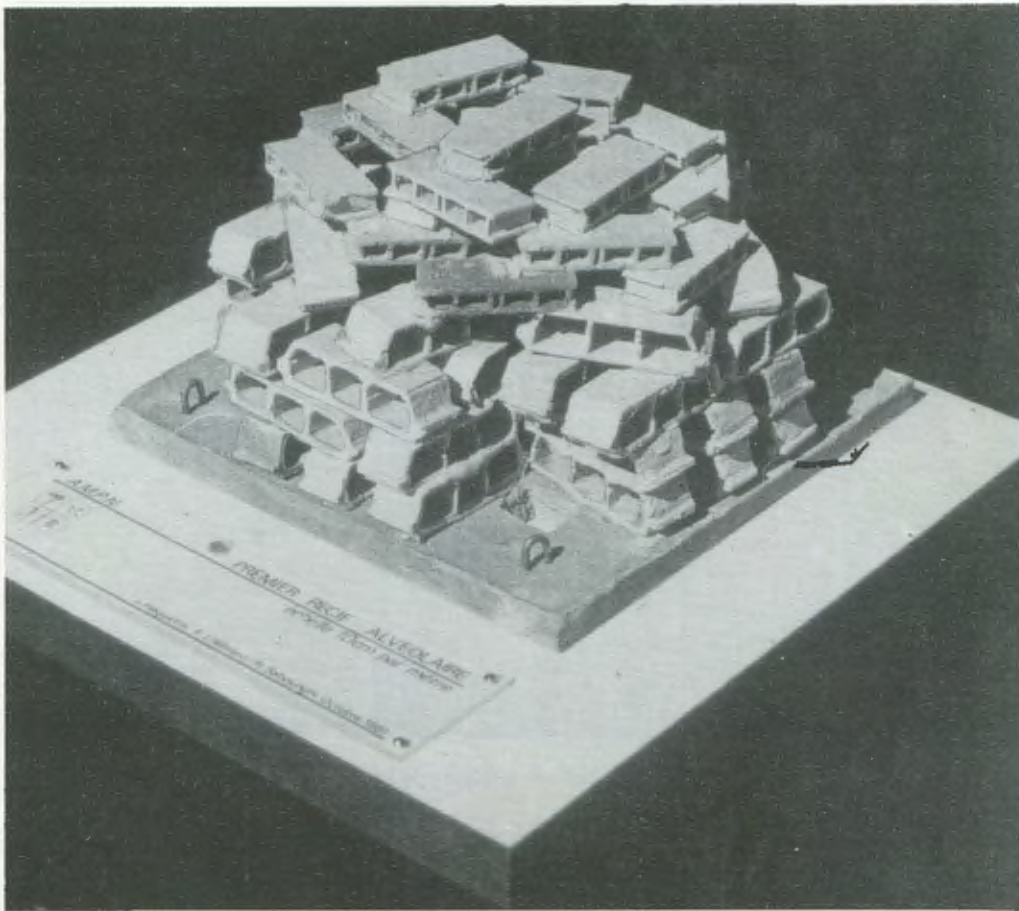
c) **TYPE "C"**

Dalle:

* longueur: 1 m

* largeur: 1 m

* épaisseur: 0,10 m



Photographie 2 — Récif artificiel de type "A".

- Matériaux:

identiques à ceux des types "A" et "B".

Agencement des hourdis: sur quatre niveaux, soit une hauteur moyenne de 0,80 m avec un puits central de 0,50x0,50 m.

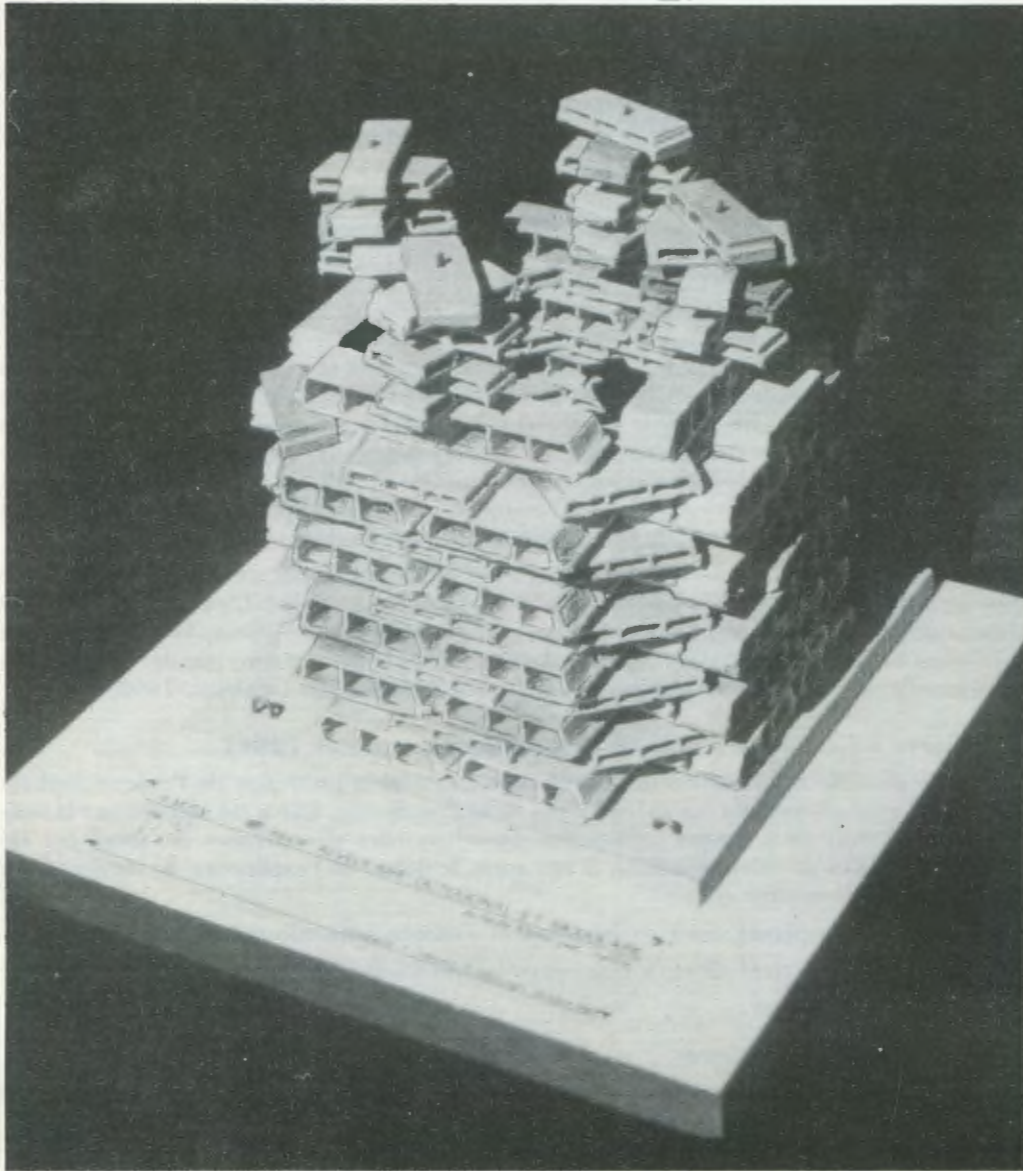
- Poids unitaire: 0,5 tonne.

d) Divers.

* En décembre 1986, un récif pyramidal formé par l'empilement de 38 caissons (dimensions: longueur, 2 m, largeur, 2 m, hauteur, 0,80 m) en béton armé a été immergé à 28 m de profondeur sur sable. Ce récif a les dimensions suivantes: longueur: 14 m, largeur: 10 m, hauteur: 3 m. Il a été immédiatement colonisé par des labres (*Labrus turdus*), oblades (*Oblada melanura*), rougets (*Mullus barbatus*), saupes (*Sarpa salpa*), murènes (*Murena helena*).

* En août 1989, trois récifs abris artificiels (récifs dit "Thalamé") brevetés par la société niçoise "Assainissement Entretien Environnement Ecologie" (A3E) ont été immergés en bordure de l'herbier de Posidonie à - 20 m.

Ce type de récif modulaire en forme de carapace de tortue avec trois entrées au ras du sol est destiné à créer des abris pour les poissons littoraux. Quelques plongées de contrôle ont permis de constater la présence de sparidés tant à l'intérieur qu'à l'extérieur de ces récifs à l'exclusion de congres ou murènes.



Photographie 3 — Récif artificiel de type "B".

1.4.3 Nombre des récifs immergés

La réserve a été équipée en 17 ans de:

- 2 récifs de 7 tonnes (type "A"),
- 3 récifs octogonaux de 10 tonnes (type "B"),
- 5 récifs octogonaux de 12 tonnes (type "B"),
- 16 récifs de 0,5 tonne (type "C"),
- 1 récif pyramidal,
- 3 récif abris "Thalamé",
- 3 récif en enrochements naturels (poids unitaire: 100 tonnes).

1.4.4 Financement des opérations

La gestion de la réserve est assurée par l'Association Monégasque pour la Protection de la Nature, grâce aux cotisations de ses membres, à des dons, à la participation personnelle de S.A.S le Prince Rainier III et au concours des services techniques du Gouvernement Princier.

1.5 Résultats

L'appauvrissement de plus en plus grand de la faune dû essentiellement à une pêche intensive aurait conduit à court terme à la disparition de certaines espèces: corbs, langoustes, homards, oursins... L'arrêt total de la pêche, l'introduction dans la zone protégée d'espèces de petite taille, la biomasse générée par les récifs artificiels, la rôle de nurserie de ces derniers, ont permis la reconstitution de la faune. De nombreuses espèces (*Corvina nigra*, *Scorpaena scrofa*, *Sparus aurata*, *Palinurus vulgaris*,...) ont fait leur réapparition et leur nombre s'accroît depuis plusieurs années. Barnabé *et al.* (1992) ont récemment procédé à l'inventaire ichtyologique de la réserve sous-marine. De par leur volume et la variété des profondeurs (de 0 à - 12 m) les enrochements des digues constituent les zones les plus riches à la fois en espèces et en nombre d'individus. Les récifs alvéolaires représentent des "oasis" attirant une faune nombreuse et variée, mais dominée par les castagnoles (*Chromis chromis*). Il est apparu que ces récifs étaient beaucoup plus attractifs lorsqu'ils sont groupés, constituant alors un "super récif".

Signalons également que des invertébrés ont été ré-introduits dans la réserve afin de reconstituer les stocks affaiblis par la pêche et la chasse sous marine. C'est ainsi que 25 000 oursins (*Paracentrotus lividus*) ont été transplantés dans la réserve (Gras, 1988). Des *Pinna nobilis* ont été implantées à deux reprises. Leur développement est suivi par des scientifiques de Marseille qui ont recensé plusieurs jeunes nés sur le site (de Gaulejac, 1992).

2. Réserve à Corail - Expérience de Coralliculture (Août 1986)

La création de cette réserve avait pour objectif initial la protection de l'unique tombant coralligène existant dans les eaux territoriales de la Principauté. Elle a été équipée par la suite (décembre 1988) de 2 grottes artificielles dans lesquelles des colonies de corail ont été transplantées. Les premiers résultats, 3 ans après le début de l'expérience de coralliculture ont permis de démontrer que:

- le corail transplanté survit parfaitement et s'adapte à un substrat artificiel,
- sa reproduction reste effective dans ces grottes artificielles, qui jouent un rôle de collecteur de larves.

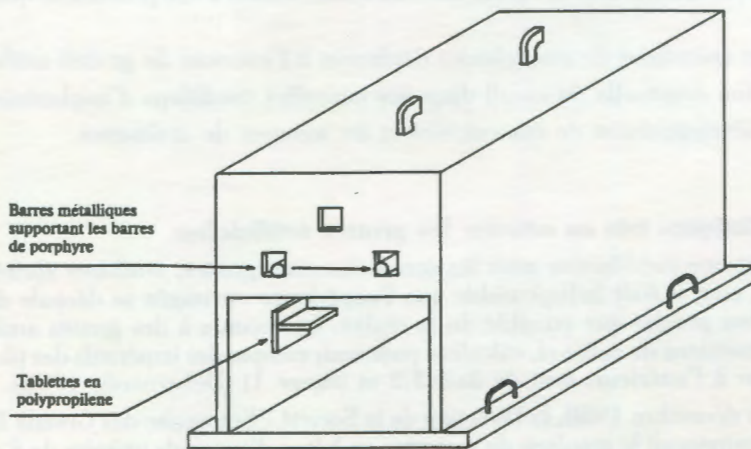
2.1 Situation géographique

Située au pied du tombant coralligène du Loew's, la réserve à corail a une superficie de 1 hectare et une profondeur maximale de 38 mètres.

2.2 Origine du projet

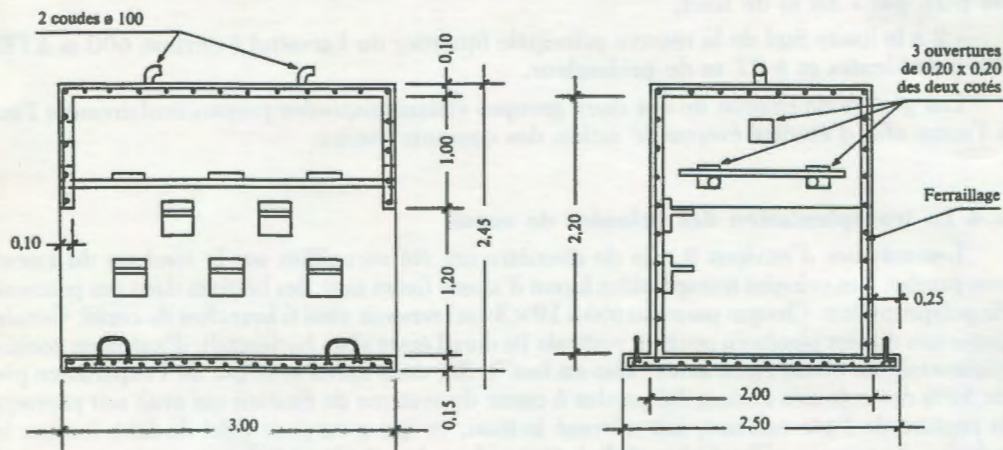
La quantité annuelle de corail rouge pêchée en Méditerranée est estimée à environ 70 tonnes. Si l'espèce corail rouge ne semble pas actuellement en danger, par contre, sa haute valeur économique, ou tout simplement son attrait sur les plongeurs amateurs a provoqué la sur-exploitation des zones de faibles profondeurs, aboutissant à sa totale disparition en beaucoup d'endroits sur nos côtes. Cet état de fait a fait surgir de nombreuses préoccupations au niveau de la gestion de cette ressource et a stimulé la recherche sur la biologie de cette espèce, encore fort méconnue (Allemand, 1993). Afin de donner des solutions à ce problème, deux consultations techniques ont été réunies sous l'égide de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (Food and Agriculture Organization - F.A.O.) et du Conseil Général des Pêches pour la Méditerranée (C.G.P.M.) (FAO, 1983, 1988). Lors de la II^e Consultation Technique sur le corail rouge de Méditerranée (Torre del Gréco - Naples - 27/30 septembre 1988), la délégation italienne, en la personne de Monsieur le Professeur Ricardo Cattaneo-Viatti, proposait qu'un programme de recherches coordonnées soit engagé afin de mieux préciser la biologie du corail et notamment les méthodes pouvant conduire à terme à une production artificielle.

GROTTE ARTIFICIELLE A CORAIL ROUGE



COUPE LONGITUDINALE

COUPE TRANSVERSALE



Projet d'exécution
 Georges Meozzi (A.M.P.N.)
 7 novembre 1988
 Echelle: 1/50^e

Figure 1 — Grotte artificielle à Corail rouge.

L'Algérie, l'Espagne, Malte, la Tunisie et la Yougoslavie ont adhéré au principe d'une action commune à laquelle notre Association par la voix de son Président a tenu à apporter son concours. Ce programme a été approuvé par le Conseil Général des Pêches pour la Méditerranée dans sa XIX^e session (Livourne - Italie - 27 février/3 mars 1989). L'Association Monégasque pour la Protection de la Nature proposait pour sa part de réaliser une étude *in situ* de transplantation de corail rouge, du suivi de sa croissance et de son développement en conditions contrôlées.

L'expérience qui allait s'engager avait pour objectifs:

- l'étude de l'adaptation et du développement de colonies de corail transplantées de leur substrat naturel sur un substrat artificiel placé dans un milieu naturel à une profondeur quasiment identique,
- le suivi de la croissance de ces colonies déplacées à l'intérieur de grottes artificielles,
- la reproduction éventuelle du corail dans ces nouvelles conditions d'implantation,
- le suivi du développement de ces colonies et les mesures de croissance.

2.3 Moyens techniques mis en oeuvre: les grottes artificielles

Le corail ayant une prédilection pour les zones obscures (grottes, tombants abrités de la lumière naturelle, etc), il était indispensable que l'expérience envisagée se déroule dans un environnement aussi proche que possible de la réalité. Le recours à des grottes artificielles fut décidé. Les dimensions de celles-ci, calculées pour tenir compte des impératifs des plongeurs appelés à travailler à l'intérieur, sont de 3x2x2,2 m (figure 1) (Debernardi, 1992).

Dès le mois de décembre 1988, la Direction de la Société "Entreprise des Grands Travaux Monégasques" commençait le moulage de 4 grottes en béton d'un poids unitaire de 8 tonnes, dont elle prenait en charge une part importante du coût de construction. Grâce au bienveillant concours des Services Techniques du Département des Travaux Publics, ces grottes pouvaient être immergées le 21 décembre 1988. L'immersion eut lieu dans un premier temps dans le port de Monaco afin de nettoyer le béton des grottes. Le 13 janvier 1989, les grottes furent transférées à leur emplacement définitif:

- 2 dans la réserve à corail, au pied du tombant du Loew's à 300 m à l'Est de l'entrée du port, par - 38 m de fond,
- 2 à la limite Sud de la réserve principale (quartier du Larvotto) à environ 600 m à l'Est des précédentes et à 27 m de profondeur.

Les grottes de chacun de ces deux groupes étaient disposées perpendiculairement l'une à l'autre afin d'étudier éventuelle action des courants marins.

2.4 La transplantation des colonies de corail

Les colonies d'environ 8 mm de diamètre ont été recueillies sur le tombant du Loew's tout proche. Les colonies transplantées furent d'abord fixées avec des boulons dans des panneaux de polypropylène. Chaque panneau (60x19x3 cm) recevait ainsi 6 branches de corail. Certains panneaux étaient placés en position verticale (le corail étant alors horizontal), d'autres en position horizontale (le corail étant alors "tête en bas"). Six mois après le début de l'expérience plus de 50% des colonies avaient été perdus à cause du système de fixation qui avait soit provoqué la rupture de l'axe calcaire, soit nécrosé le tissu, ce qui a eu pour effet de faire tomber les colonies, le serrage n'étant plus réalisé. Cependant, les résultats étaient prometteurs puisque les colonies transplantées restées en place étaient saines et actives.

Un second procédé de fixation fut alors élaboré avec l'aide des responsables de l'aquarium du Musée océanographique de Monaco. Les colonies furent cette fois fixées à l'aide d'une résine époxyde spéciale à prise sous l'eau (UW pâteux, DEVCON Ltd, Irlande). Dans ce cas, les colonies semblent avoir parfaitement toléré la transplantation, le pourcentage de colonies actives étant proche de 100%. Outre les supports en polypropylène, des supports en porphyre furent également expérimentés.

2.5 Premiers résultats

Les colonies ont montré une bonne capacité d'adaptation quand les conditions de luminosité, d'hydrodynamisme et de sédimentation sont optimales comme cela s'est produit dans les grottes artificielles construites à cet effet. Un an après le début de l'expérience, de nombreux organismes ont proliféré dans les grottes sans pour autant gêner les colonies de corail transplantées qui restent même en mesure de s'opposer autour de leur base au développement de ces organismes (Cattaneo-Vietti et al., 1992).

En avril 1991, deux ans après le début de l'expérience, de nombreuses jeunes colonies (10 à 15/m²) ont été observées sur le plafond de l'une des grottes. Actuellement, ces colonies présentent un taux de croissance élevé, puisque certaines ont déjà plus de 30 mm (janvier 1993), bien que la plupart soient trapues. Ce taux de croissance est beaucoup plus important que celui observé dans des expériences similaires conduites en laboratoire, où six mois après la fixation de la larve aucune augmentation de taille n'a pu être observée (Chessa et al., 1992). Ceci démontre que la maîtrise de nombreux paramètres fait encore défaut pour réaliser une culture *in vitro* du corail rouge.

D'autres jeunes colonies se sont également fixées sur la résine Devcon, sur les plaques de polypropylène et sur les parois de la grotte.

Il est intéressant de noter en ce qui concerne le nombre de colonies nées dans les grottes, deux observations faites:

- en février 1992. 150 jeunes colonies ont été dénombrées à l'intrados de la voûte de la grotte située à l'ouest du site du tombant du Loew's. Quelques petites colonies à peine visibles pouvaient être repérées sur les deux parois verticales principales.

- en septembre 1992. Plusieurs dizaines de colonies aux dimensions plus importantes ont été dénombrées sur ces mêmes parois et photographiées.

Ces deux observations sembleraient démontrer que le substrat offert aux jeunes larves de corail leur convient et leur assure des conditions suffisantes pour permettre leur fixation et leur développement ultérieur.

En conclusion, il est trop tôt pour soutenir que ce type d'expérience puisse être utilisé dans des programmes de recolonisation, mais les bons résultats obtenus tant en ce qui concerne la "manipulation" des colonies, que le succès de la fixation en si peu de temps, permet d'être optimiste pour une future utilisation de ces grottes comme "diffuseurs" de larves pour des expériences de réintroduction du corail dans des zones où il a disparu.

Références

- Allemand D.; 1993: *The biology and skeletogenesis of the Mediterranean Red coral. A review*. Precious Corals and Octocorals Research, 2, 19-39.
- Balduzzi A., Boero F., Cattaneo-Vietti R., Pansini M. et Pronzato R.; 1986: *La colonisation des structures artificielles immergées dans la réserve sous-marine de Monaco*. Association Monégasque pour la Protection de la Nature, Compte-Rendu des activités 1984-1985, 19-33.
- Barnabé G. et Chauvet C.; 1992: *Evaluation de la faune ichthyologique dans la réserve sous-marine de Monaco*. Association Monégasque pour la Protection de la Nature, Compte-Rendu des activités 1990-1991, 51-59.
- Cattaneo-Vietti R., Bavestrello G., Barbieri M. et Senes L.; 1992: *Premières expériences d'élevage de corail rouge dans la réserve sous-marine de Monaco*. Association Monégasque pour la Protection de la Nature, Compte-Rendu des activités 1990-1991, 35-41.
- Chessa L.A., Grillo M.C., Pais A. et Vitale L.; 1992: *Natural and artificial settlements of red coral, Corallium rubrum (L.): preliminary observations*. Rapp. Comm. int. Mer Médit., 33, 32,
- Debernardi E.; 1987: *Conception et construction des récifs artificiels*. Fourth International Conference on Artificial Habitats for Fisheries, University of Florida, November 2-6, 1987.
- Debernardi E.; 1992: *Expérience de coralliculture dans les eaux territoriales de la Principauté de Monaco*. Association Monégasque pour la Protection de la Nature, Compte-Rendu des activités 1990-1991, 32-33.
- FAO; 1983: *Consultation technique sur les ressources de corail rouge de la Méditerranée occidentale et leur exploitation rationnelle*. Conseil Général des Pêches pour la Méditerranée (CGPM), Palma de Mallorca, 13-16 Décembre 1983. Rapport sur les pêches n. 306, 142 pages.
- FAO; 1988: *Consultation technique du CGPM sur le corail rouge de la Méditerranée*. Conseil général des pêches pour la Méditerranée (CGPM), Torre del Greco, Italie, 27-30 septembre 1988, Rapport sur les pêches n. 413, 162 pages.
- de Gaulejac B.; 1992: *Implantation de Pinna nobilis dans la réserve sous marine de Monaco afin d'augmenter le nombre de géniteurs*. Association Monégasque pour la Protection de la Nature, Compte-Rendu des activités 1990-1991, 44-45.
- Gras G.; 1988: *Tentative de repeuplement en oursins comestibles de la réserve sous marine de Monaco: transfert massif de Paracentrotus lividus en provenance du Golfe de Marseille*. Association Monégasque pour la Protection de la Nature, Compte-Rendu des activités 1986-1987, 26-29.

Eugène Debernardi* et Denis Allemand**, *Président et **Conseiller Scientifique, Association Monégasque pour la Protection de la Nature Secrétariat: 7, rue de la Colle - Monaco MC-98000, Principauté de Monaco, Tel.: 92.05.61.70 - Fax.: 93.15.82.17