

Association Monégasque pour la Protection de la Nature



*Association Monégasque
pour la Protection de la Nature*



Photo: Italo Bazzoli

Compte-rendu des activités 1990-1991

Etude du recrutement de l'oursin comestible

(*Paracentrotus lividus*)
dans la Réserve sous-marine de Monaco



Spirographe

Depuis de nombreuses années, les populations d'oursins comestibles n'ont cessé de s'amenuiser sur le littoral de la Côte d'Azur. Les captures ayant fortement diminué, il devenait indispensable de mieux connaître par quels moyens il était possible d'enrayer ce qui à terme aurait entraîné la disparition de l'espèce.

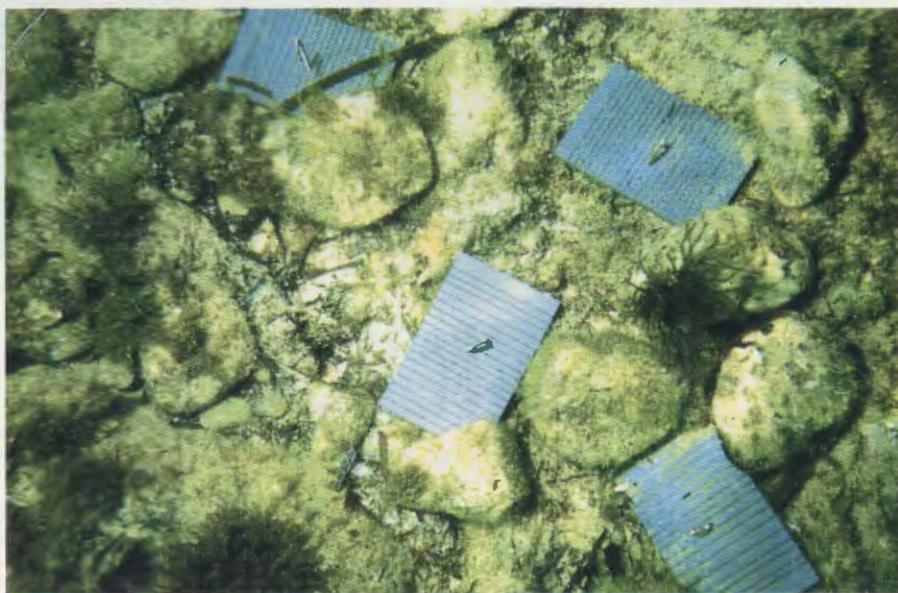
Les études menées en ce sens par les chercheurs de l'Observatoire océanologique de Villefranche-sur-Mer ont fait l'objet d'une convention avec notre Association, qui pouvait appor-

ter une zone protégée et quelques moyens techniques.

C'est ainsi qu'en accord avec Madame Fenaux, Directeur de recherche au C.N.R.S., l'un de ces chercheurs a pu mettre à profit cette opportunité pour venir travailler dans notre Réserve.

Le résumé du rapport final rédigé par Melle Luiza Pedrotti est à cet égard assez significatif.

Nous le reproduisons ci-après.



Plaques de PVC (Leures à oursins)

Les oursins sont des animaux benthiques qui vivent la plus grande partie de leur existence sur les fonds marins. Cependant au début de leur vie, ils ont une phase de développement larvaire d'environ un mois, qui se passe en pleine eau. Le passage de la vie en pleine eau à la vie sur le fond de la mer, après transformation complète de la larve en jeune oursin (métamorphose), s'appelle recrutement benthique. Cette étape est la période la plus critique dans la croissance de l'oursin, aussi le succès de ce recrutement est à la base du maintien et du développement des populations d'oursins.

Sur la Côte d'Azur, les oursins vivent sur une bande côtière étroite à cause de l'absence d'une plate-forme continentale. La présence d'un courant (courant Ligure) peut disperser

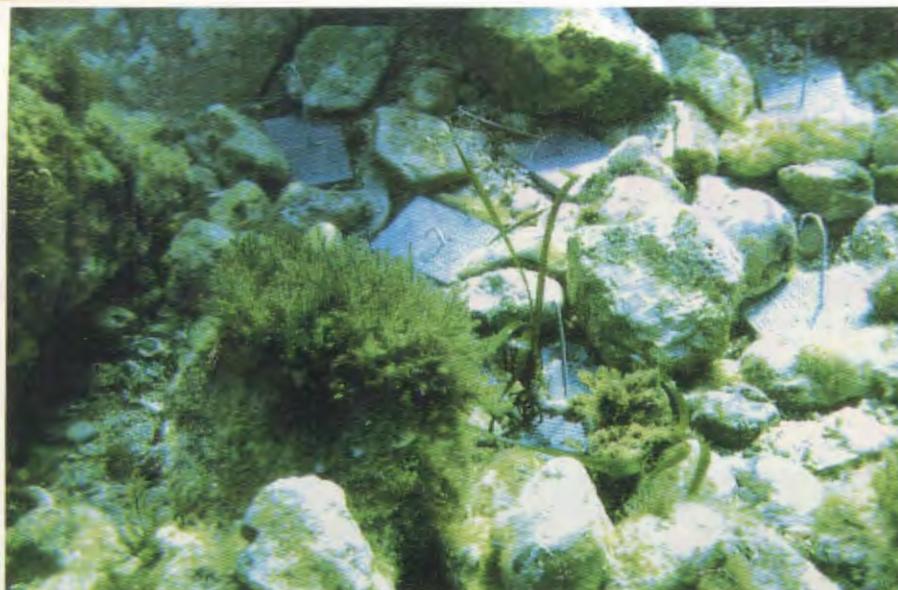
leurs larves loin des sites favorables au développement des jeunes. Depuis quelques années, le recrutement de nouvelles générations de l'oursin comestible *Paracentrotus lividus* sur la Côte d'Azur se trouve dans une phase critique. A la suite de pêches trop intensives, d'une maladie cutanée qui a décimé les populations dans de nombreuses régions, les adultes sont moins nombreux et par conséquent la production de larves devient de plus en plus faible comme nous avons pu le constater en examinant les pêches régulièrement effectuées à Villefranche-sur-Mer depuis 30 ans. Il est donc nécessaire pour le maintien de cette espèce et de son exploitation sur la Côte d'Azur, d'inspecter dès à présent le stock des jeunes oursins et de connaître les conditions dans lesquelles s'effectue le recrutement.

Maria Luiza PEDROTTI,
Docteur en Océanographie biologique,

Lucienne FENAUX,
Directeur de recherche C.N.R.S. (en
qualité de responsable scientifique)

Laboratoire d'Ecologie du plancton -
U.A. 716

Observatoire Océanologique de Ville-
franche-sur-Mer, B.P. 28
06230 Villefranche-sur-Mer (France).



Plaques de PVC en attente de captures

Dans le but d'acquérir ces connaissances, une collaboration a été élaborée entre le Laboratoire d'Ecologie du plancton marin, Observatoire océanologique de Villefranche-sur-Mer et l'Association Monégasque pour la Protection de la Nature qui oeuvre depuis plusieurs années à la protection et à la réimplantation de l'oursin comestible. Cette collaboration visait à déterminer si la réserve de Monaco était une zone où le recrutement benthique était important et pouvait offrir aux post-larves un substrat convenable, bien protégé des prédateurs et de l'agitation des eaux et suffisamment riche en nourriture pour le développement des jeunes (nous appelons ces zones: zones nourricières). Cette collaboration se plaçait dans le cadre plus général d'une étude visant à définir les sites de recrutement adéquats sur la Côte d'Azur.

A cause de la petite taille des oursins juste après la métamorphose (moins d'un millimètre) il est très difficile de pouvoir les identifier en plongée dans leur milieu naturel. Pour cette raison, des "leurres" (plaques en PVC) ont été placés sur le fond dans des sites préalablement choisis. Le dénombrement et la mesure de la taille des jeunes oursins fixés sur ces "leurres" et sur les pierres voisines, nous ont permis de suivre le recrutement benthique et nous ont donné des renseignements sur l'âge des populations des recrutements antérieurs.

Les zones marines protégées comme la Réserve de Monaco ont un gros avantage sur les zones non protégées pour l'étude du recrutement des espèces, car les observations ne sont pas faussées par l'action de l'homme (disparition ou déplacement des leurres).

Les sites choisis à la suite de plongées de reconnaissance faites avec la "Posidonie II" sont: le côté Est de la réserve (terre-plein du Sporting) et le centre de la réserve (devant l'épi central des plages). Pour comparaison, nous avons également étudié la digue de l'aéroport de Nice et le Nord de la rade de Villefranche sur Mer.

Le 26 novembre 1990 puis le 29 avril 1991 ont été immergées dans le secteur Est de la réserve, à 6 mètres de profondeur, 40 à 50 plaques de PVC et au centre de la réserve, à 8 mètres de profondeur, une grille de un mètre carré supportant 25 plaques de PVC.

Les plaques immergées en novembre ont été retirées le 20 décembre 1990, celles immergées en avril ont été retirées en trois fois: les 23 juin, 10 juillet et 27 août 1991.

L'examen de ces plaques et des cailloux montrent que les jeunes oursins se fixent à une profondeur n'excédant pas les 8-10 mètres et que les variations du recrutement dépendent des sites. Les jeunes oursins ont une préférence pour un substrat constitué de petites roches et de cailloux comportant des

anfractuosités. Ainsi le côté Est de la réserve, de même que la digue de l'aéroport de Nice se sont révélés être de bons sites, en revanche le centre de la réserve et le Nord de la rade de Villefranche sur Mer ne sont pas propices au recrutement, le substrat environnant étant constitué de sable et de Posidonies. Aucun recrutement n'a été observé dans ces deux sites durant les deux dernières années. La couverture algale des supports servant à la fixation joue aussi un rôle, ces algues pouvant servir de stimulus de la métamorphose et d'aliment pour les juvéniles: les plaques collectées au printemps dans la réserve avaient une riche couverture algale, celles du fond de la rade de Villefranche en étaient dépourvues. La saison ainsi que l'exposition du site peuvent influencer le recrutement. Les fortes tempêtes qui ont eu lieu pendant l'automne 1990 ont arraché la plupart des plaques posées dans le côté Est de la réserve et par là même ont rendu difficile la fixation des juvéniles sur le fond.

Il existe très peu d'équipes dans le monde qui étudient le recrutement des oursins (une seule en Europe) et leur démarche est le plus souvent commerciale. Les travaux effectués dans le cadre de ce projet sont donc originaux et ont permis une meilleure connaissance de l'évolution et des fluctuations des populations d'oursins de la région, soumises à l'action de l'homme et de la nature. Ils ont montré également que la réserve de Monaco, en raison des zones à faible profondeur d'eau que l'on y trouve, peut jouer le rôle de zone nourricière. ■

GS Monaco 91.05.9797

V VIDEAC®
L'IMAGE HAUTE PERFORMANCE
FILIALE LOCATEL GROUPE ALCATEL-ALSTHOM
Monaco
 12-14, quai Antoine 1^{er} • MC 98000 Monaco
 Tél.: 93.30.13.12 • Téléc.: 479.516.MC • Téléfax: 93.25.04.54

Représentation de Paris / Colombes
 Parc Evolic • Bât. F
 165, boulevard de Valmy • 92700 Colombes
 Tél.: 47.69.97.97 • Téléc.: 231.277.F • Fax: 47.69.98.99

Représentation de Marseille
 39, boulevard Sainte Lucie • 13007 Marseille
 Tél.: 91.31.40.42 • Téléfax: 91.31.84.74

Préparation du diplôme d'études approfondies, option mer et environnement,

par Melle Isabelle Genot (Université d'Aix Marseille III)

Mémoire soutenu le 1er octobre 1991:

"Variations de la concentration en pigments assimilateurs et en hydrates de carbone en fonction du déplacement bathymétrique de boutures de *Posidonia oceanica* transplantées dans la Réserve de Monaco".

Boutures de Posidonies.



Cette étude a été menée à Monaco sous la direction de M. le Professeur Alexandre Meinesz, Directeur du Laboratoire Environnement Marin Littoral de l'Université de Nice.

La Réserve sous-marine de Monaco a été choisie comme site de l'expérience en raison de la protection dont elle fait l'objet et plus particulièrement des interdictions respectées de pêche, plongée sous-marine, mouillage d'ancre... L'herbier de Posidonies existant dans la zone protégée offrait à Melle Génot, les conditions optimales pour la préparation de son mémoire sur le thème choisi.

Nous lui avons offert notre assistance (plongeurs, bateau...) et nous lui renouvelons ici toutes nos félicitations pour la qualité du travail réalisé.

Le texte ci-après constitue le résumé de son mémoire, qu'elle nous a remis pour être publié dans notre compte-rendu d'activités.

La Posidonie *Posidonia oceanica* est une plante marine se trouvant seulement en Méditerranée. Elle se développe entre 0 et 40 m. Elle joue un rôle primordial dans l'équilibre écologique des fonds littoraux. Grâce à leurs rhizomes et à leurs faisceaux de feuilles, les herbiers constituent un abri et un support pour de nombreuses espèces animales et végétales. Ils fixent les sédiments marins et peuvent atténuer les courants et la houle sur les petits fonds.

Différentes causes telles les rejets urbains qui augmentent la turbidité de l'eau, les mouillages des bateaux et la pêche au chalut ou la drague qui arrachent les rhizomes, entraînent la régression de l'herbier. Pour la sauvegarde de ces herbiers de *Posidonia oceanica*, il faut non seulement lutter contre ces différentes causes

mais également restaurer par des transplantations les zones détruites.

Parmi les études concernant les transplantations menées par le Laboratoire Environnement Marin Littoral de l'Université de Nice Sophia-Antipolis dirigé par le Professeur Alexandre Meinesz, Melle Molenaar spécialisée dans la transplantation des posidonies, a montré que les boutures de *Posidonia oceanica* transplantées sont sensibles au déplacement bathymétrique. En effet des boutures prélevées à 30 m s'adaptent très bien à des profondeurs inférieures ou égales à leur profondeur d'origine, alors que les boutures récoltées à 3 m supportent mal la transplantation vers des profondeurs supérieures avec un taux de mortalité pouvant atteindre 86 % à 36 m après six mois de transplantation.

Notre étude a eu pour objectif d'établir si les mortalités importantes observées lors du déplacement bathymétrique vers les profondeurs inférieures sont liées à des variations quantitatives des pigments assimilateurs des feuilles (chlorophylles) ou des réserves d'hydrates de carbone dans les rhizomes (glucose).

En janvier 1991, nous avons récolté des boutures dans un herbier de *Posidonia oceanica* à deux profondeurs différentes (20 m et 5 m) en bordure de la Réserve de Monaco (Pointe de la Vieille). Ces boutures ont été sélectionnées (toutes identiques) et fixées une à une sur un tuteur. 417 boutures ont été transplantées dans la Réserve de Monaco à 4 stations



Repérage des boutures de Posidonies.

différentes: 20 m, 15 m, 10 m et 8 m. Tous les mois, de février à juillet 1991 (6 mois) nous avons prélevé en plongée sous-marine un échantillon de boutures transplantées. A chaque station (au nombre de 4), 3 lots (1 témoin et 2 provenant chacun des deux profondeurs d'origine) ont été prélevés. Chaque lot comprend 5 échantillons, ainsi 60 boutures ont été prélevées tous les mois.

Au laboratoire les phanérogames prélevées ont été placées dans des aquariums en circuit fermé avant leur analyse. Pour chaque bouture nous avons pris la feuille adulte la plus jeune. Après avoir enlevé les épiphytes des feuilles nous avons prélevé 3 portions de feuille: 1 cm² à la base, 1 cm² au milieu et 1 cm² à l'extrémité. La teneur en chlorophylles a été mesurée à l'aide d'un spectrophotomètre.

Pour déterminer la teneur en glucose, chaque rhizome est déshydraté puis préparé afin d'obtenir une solution qui est également analysée au spectrophotomètre.

De cette étude différents résultats sont apparus:

- le taux de survie qui représente le pourcentage de boutures vivantes de *Posidonia oceanica* par rapport au nombre total de boutures retrouvées sur le site de transplantation et non par rapport au nombre de boutures initialement transplantées. Les taux de sur-

vie sont les plus élevés (90%) pour les boutures provenant de 20 m. Pour les boutures provenant de 5 m, le taux de survie est le plus faible (46%) dans les stations de plantation les plus profondes (15 m et 20 m). Ceci confirme les résultats déjà obtenus au laboratoire.

- la teneur en chlorophylles des boutures de 5 m et de 20 m, transplantées aux différentes stations, change très peu par rapport aux témoins de 5 m et de 20 m. Ceci représente vraisemblablement un handicap pour les boutures de 5 m (teneur en chlorophylles la plus faible) qui subissent un déplacement bathymétrique vers les profondeurs supérieures où les plants de *Posidonia oceanica* présentent la teneur en chlorophylles la plus élevée.

- pour le taux de glucose: les boutures de 20 m transplantées à des profondeurs inférieures présentent une teneur plus importante que les témoins de 20 m. Par contre le glucose des boutures de 5 m transplantées à des profondeurs supérieures diminue par rapport aux témoins de 5 m. Ainsi il semblerait que la plante de 20 m subissant un déplacement bathymétrique vers des profondeurs inférieures dispose de meilleures conditions pour augmenter son efficacité photosynthétique et donc de stocker plus de photosynthétats. Au contraire, les boutures de 5 m déplacées vers les profondeurs rencontrant ainsi

des conditions de photosynthèse moins favorables, utiliseraient la majeure partie de leurs réserves en hydrates de carbone. Ces dernières boutures, ainsi affaiblies seraient plus exposées aux infections bactériennes qui nécrosent les tissus des rhizomes de la zone coupée.

CONCLUSION:

Nous pouvons dire que la teneur en hydrates de carbone solubles (en particulier les réserves d'amidon) des rhizomes est déterminante pour la résistance de la plante aux conditions de photosynthèse moins favorables mais également à la cicatrisation de la zone coupée. Cette cicatrisation, qui nécessite la fabrication d'hemicellulose, exige un certain taux d'hydrates de carbone disponibles. Ainsi pour toute transplantation il est nécessaire de toujours prélever les boutures à une profondeur plus élevée que celle de leur nouveau site. Enfin notre constat explique le très faible taux de reprise des boutures naturellement arrachées par l'hydrodynamisme en surface et rejetées à des plus grandes profondeurs.

1er octobre 1991,
Isabelle GENOT

Opérations de reboisement au Mont Gros

Notre Association en liaison étroite avec la Division Jardins du Service de l'Urbanisme et de la Construction, a réalisé de nouvelles opérations de reboisement au Mont Gros sur le territoire de la Commune de Roquebrune-Cap-Martin.

Lors de la première opération, 700 cèdres ont été plantés le samedi 26 janvier 1991, sur une superficie d'environ un hectare, le terrain ayant été préalablement préparé par les jardiniers du Service et les responsables de l'Office National des Forêts.

Cette plantation a nécessité l'intervention de 50 élèves du Collège de Monte-Carlo et du Collège Franciscains encadrés par leurs Professeurs respectifs, Mesdames Muriel Mattonne, Dominique Marchal et Michèle Robillon, auxquelles ont apporté leur concours Monsieur Roger Bascoul, Président de l'Association de Chasse de Roquebrune-Cap-Martin assisté de cinq membres du Bureau.

Celle-ci s'inscrit dans le programme des reboisements effectués au cours des dernières années et qui sont complétés par le Service des Jardins.

La seconde plantation s'est déroulée le samedi 1er février 1992.

Préparée depuis plusieurs mois par Mr Jean Giovannini, Chef de Division et ses collaborateurs MMs Luc Van Klaveren, Restellini et Henri Rossi, elle a nécessité la mise en oeuvre de moyens mécaniques importants et de personnels dont un groupe de jardiniers du S.U.C.

La nature difficile du terrain, l'absence de voies d'accès ont compliqué quelque peu



Une sympathique équipe en action.

la préparation des trous réalisés par les sympathiques jardiniers du Service.

C'est ainsi qu'une trentaine d'élèves du Collège Franciscain et une quinzaine appartenant au Collège de Monte-Carlo encadrés par leurs professeurs et des parents membres de l'AMPN ont pu planter 500 arbres (Pins d'Alep et Pins Lariccio). Une belle journée ensoleillée, à laquelle ont participé MMs Gilles Tonnelli, Directeur du Service de l'Urbanisme de la Principauté, son adjoint Jean Giovannini et Henri Rossi contremaitre assisté de huit jardiniers, Mr Laurens, Directeur de l'Office National des Forêts et son

collaborateur Mr Prado. Du beau et bon travail à mettre à l'actif des enfants adhérents de l'Association épaulés par leurs aînés, apportant ainsi la preuve que les conflits de générations s'effacent dès lors qu'il faut regrouper les bonnes volontés autour d'une oeuvre commune: la protection de notre milieu naturel trop longtemps malmené par l'inconscience de certains.

Tous nos compliments à celles et ceux qui venus de Monaco ont apporté leur contribution à la reconstitution du couvert végétal des collines roquebrunoises dévastées par les incendies. ■

Corail rouge de Méditerranée: son passé, son présent, son avenir



Dans le cadre des expositions à thèmes qu'elle organise depuis quelques années, la Direction du Musée Océanographique a inauguré le 27 avril 1991 en présence de S.A.S. le Prince Souverain et leurs Altesses Sérénissimes le Prince Héréditaire Albert et la Princesse Stéphanie, une remarquable exposition sur le corail rouge de Méditerranée.

L'histoire du corail y est contée à travers les somptueux bijoux que cet "or rouge" a permis de réaliser depuis des siècles. Une exposition enrichissante à bien des égards puisqu'elle offre au public l'opportunité de découvrir sur un site reconstitué, la vie et le développement du corail dans une grotte où le visiteur peut tout à loisir se transporter dans les profondeurs aux couleurs de feu. Une exposition à voir et à revoir par sa qualité exceptionnelle.

Et puisque nous sommes dans le corail, notre Association est heureuse de vous présenter une étude qu'elle a essayé de rendre aussi complète que possible, pour votre information au regard des travaux qu'elle a entre-

LE CORAIL ROUGE, CET INCONNU

Denis ALLEMAND,

Docteur ès-Sciences, Conseiller scientifique de l'AMPN.

IL CORALLO ROSSO, QUESTO SCONOSSCIUTO

Denis Allemand,
Docteur ès-Sciences
Consigliere scientifico dell' AMPN.

Impianto della riserva a corallo ai piedi del Centro di Congressi Auditorium di Monaco (C.C.A.M.)



Implantation de la réserve à corail au pied du centre de Congrès Auditorium de Monaco (C.C.A.M.)

RED CORAL, THIS UNKNOW

Denis Allemand,
Docteur ès-Sciences
Scientific Adviser of the AMPN

Implantation of the coral reserve at the bottom of the Auditorium Congress Centre of Monaco (A.C.C.M.)



Le corail rouge a toujours fasciné les hommes, mais sa nature est restée longtemps mystérieuse. Aujourd'hui encore, de nombreux points de sa biologie sont totalement inconnus. Cet article de revue tente de faire le point.

Minéral par son squelette, végétal par son allure, animal en réalité, le corail fascine les hommes depuis les temps préhistoriques. Les premières utilisations du corail remontent en effet au Paléolithique supérieur (env. 20 000 Av. J.C.). Plus tard, les Egyptiens, les Grecs et les Romains le représenteront sur des peintures murales, sur des vases, ou l'utiliseront pour la réalisation de bijoux et d'objets divers. La religion chrétienne fera de la couleur rouge du corail le symbole du sang du sacrifice du Christ. Il faut dire que le corail n'est pas un simple objet, mais un produit des Dieux. C'est en effet Persée, qui, d'après la légende grecque, au cours d'une terrible bataille avec la Gorgone, lui trancha la tête et la déposa sur un lit d'algues marines. Les algues, recouvertes par le sang qui coula abondamment de la tête de la Gorgone se pétrifièrent et devinrent du corail dont la semence se répandit à travers les ondes.

Son origine divine lui confère des pouvoirs magiques, accentués par sa localisation dans les profondeurs marines: il met en échec le mauvais, protège les récoltes, donne à la terre sa fertilité, défend les navires contre la foudre, éloigne la haine de la maison. Le commerce antique échangeait le corail de Méditerranée contre l'ambre de la mer du Nord. Au moyen-âge, il était d'usage de porter dans sa bourse quelques morceaux de corail comme talisman contre les sorcières. Il fut aussi employé à des fins médicales où ses vertus sont supposées nombreuses. Sous forme de poudre par exemple, il était introduit dans la bouillie des bébés afin de les protéger contre les épidémies.



Il corallo rosso ha sempre affascinato gli uomini, ma la sua natura è rimasta a lungo misteriosa. Ancora oggi, numerosi punti della sua biologia sono totalmente sconosciuti. Quest'articolo di rivista tenta di fare il punto.

Minerale dal suo scheletto, vegetale dal suo parere, animale in realtà, il corallo affascina gli uomini dai tempi preistorici. Le prime utilizzazioni del corallo risalgono al Paleolitico superiore (circa 20 000 prima di G. C.). Più tardi, gli Egiziani, i Greci ed i Romani lo rappresenteranno su delle pitture murali, su dei vasi, o l'utilizzeranno per la realizzazione di gioielli ed oggetti diversi. La religione cristiana farà del colore rosso del corallo il simbolo del sangue del sacrificio del Cristo. Bisogna dire che il corallo non è un semplice oggetto, ma un prodotto dei Dei. E' diffatti Perseo, che, secondo la leggenda greca, durante una terribile battaglia con la Gorgone, gli tagliò la testa e la posò su un letto di alghe marine. Le alghe ricoperte dal sangue che sgorgò abbondantemente dalla testa della Gorgone si petrificarono e diventarono del corallo il cui seme si sparse attraverso le onde.

La sua origine divina gli conferisce dei poteri magici, accentuati dalla sua localizzazione nelle profondità marine: fa fallire il cattivo, protegge le raccolte, dà alla terra la sua fertilità, difende le navi contro il fulmine, allontana l'odio dalla casa. Il commercio antico scambiava il corallo del Mediterraneo contro l'ambra del mare del nord. Al Medioevo, era in uso di portare nella sua borsa alcuni pezzi di corallo come talismano contro le streghe. Fu anche utilizzato a fini medicali per cui le sue virtù sono presupposte numerose. Sotto forma di polvere per esempio, era introdotto nella farinata dei bimbi per proteggerli contro le epidemie.



Red coral has always fascinated men, but its nature remained for a long time mysterious. Nowadays, numerous points of its biology are still totally unknown. This review article tempts to sum up the situation.

Mineral because of its skeleton, plant according to its appearance, animal in reality, coral has been fascinating men since prehistoric times. Indeed, the first uses of coral date back to the upper Paleolithic (nearly 20,000 before J.C.). Later, Egyptian, Greek and Roman will represent it on wall paintings, on vases or will use it for the realization of jewels or various objects. For Christian religion, the red colour of coral will be the symbol of the blood of Christ Sacrifice. We need to say that coral is not a simple object, but a product of Gods. In fact, it's Persens, who according to the greek legend, during a terrible fight with the Gorgonia, cut its head and put it on a marine algae bed. The algae, covered by the blood which run abundantly from the Gorgonia head became petrified and turned into coral whose seed spread through the waves.

Its divine origin confers on it magical powers emphasized by its localization in marine depths. It foils the bad, protects the crops, gives to the earth its fertility, defends the ships against lightning, takes away the hatred from the house. The antique trade exchanged the Mediterranean coral for the amber of the North sea. In the Middle Ages, it was usual to carry in his purse some pieces of coral as talisman against sorceresses. Its was also used for medical purposes where its virtues are supposed to be numerous. In powder for example, it was introduced in the babies cereal in order to protect them against epidemics.

1. Et le corail devint animal !

Mais au fait, le corail est-il un minéral, un animal ou un végétal ? Cette question fut débattue pendant longtemps. Il semblait évident aux premiers observateurs que le corail était un minéral. A la fin du XVI^e siècle, Ferrante Imperato dans son "Historia naturale" parle d'animal: il n'est pas cru. Ovide, au début du XVII^e siècle, dans les "Métamorphoses" décrira le corail comme une plante qui durcit à l'air: "une tendre plante pousse dans les mers de Sicile. Elle a pour nom corail et elle se durcit lorsque venant du pôle, Borée apporte le gel. Alors il se fait pierre riche en frondaisons d'une couleur rouge qui représente bien la pierre physique".

Au début du XVIII^e siècle, le Comte de Marsigli, passionné d'histoire naturelle entreprend une étude sur le corail rouge. Malheureusement, persuadé que le corail est bien une plante, il ne réalise pas les bonnes expériences. Soutenu par le célèbre savant Réaumur, il est admis devant l'Académie des Sciences que le corail est une plante. Un jeune médecin marseillais, Jean-André Peyssonnel, est persuadé du contraire. Il écrit à Réaumur, "j'observai ce que nous croyons être la fleur de cette prétendue plante n'est au vrai qu'un insecte semblable à une petite ortie... J'avais le plaisir de voir remuer les pattes de cette ortie, et ayant mis le vase plein d'eau ou le corail était à une douce chaleur auprès du feu, tous les petits insectes s'épanouirent". Réaumur ne croit pas aux observations de Peyssonnel et les critique. Cependant, les travaux du Hollandais Trembley sur l'hydre verte, qui venaient de montrer la nature animale de ce qui allait devenir un proche parent du corail, ébranlèrent Réaumur. Dans la préface de son "Mémoires pour servir à l'histoire des Insectes" (1742), dans laquelle il décrit pour la première fois les résultats de Trembley, Réaumur fait amende honorable: "le soin porté par Monsieur Peyssonnel pour réaliser ses observations aurait dû me convaincre plus tôt que les fleurs du Comte de Marsigli étaient réellement des animaux". Le corail était définitivement un animal.

2. La classification actuelle.

Les animaux à polypes que Trembley et Peyssonnel avaient fait découvrir, sont actuellement classés dans l'embranchement des Cnidaires (anciennement les Coelentérés). Cet embranchement apparut relativement tôt dans le règne animal, se caractérise par une organisation générale relativement simple, qui peut être comparée à un sac, dont les parois sont formées de deux couches de cellules enserrant une matière gélatineuse. L'intérieur du sac correspond à la cavité gastro-vasculaire, et l'unique ouverture du sac, à la bouche, généralement entourée de tentacules. Tous les cnidaires présentent dans la couche cellulaire externe, des cellules urticantes tout à fait particulières, les cnidoblastes, qui sont l'une des cellules les plus complexes du monde vivant. En effet cette cellule renferme un filament urticant, qui lors d'un contact se dévagine et va se planter grâce à ses crochets, dans les tissus de l'agresseur en y injectant diverses toxines paralysantes.

L'embranchement des cnidaires est assez polymorphe, les individus adultes pouvant être sous une forme libre, dite méduse, ou sous une forme fixée, dite polype, avec souvent une alternance des deux formes. L'embranchement des cnidaires se divise en 3

1. E il corallo diventò animale !

Ma finalmente, il corallo è un minerale, un animale o un vegetale ? Questa domanda fu dibattuta a lungo. Sembrava evidente ai primi osservatori che il corallo fosse un minerale. Alla fine del XVI^o secolo, Ferrante Imperato nel suo "Historia naturale" parla di animale: non è creduto. Ovide, all'inizio del XVII^o secolo, nelle "Metamorphoses" descriverà il corallo come una pianta che indurisce coll'aria: "una tenera pianta cresce nei mari della Sicilia. Ha per nome, corallo, e diventa dura, quando venendo dal polo, Boreo porta il gelo. Allora si fa pietra ricca di fogliazioni di un colore rosso che rappresenta bene la pietra fisica".

All'inizio del XVIII^o secolo, il Conte de Marsigli, appassionato di storia naturale intraprende uno studio sul corallo rosso. Sfortunatamente, persuaso che il corallo è veramente una pianta, non realizza i buoni esperimenti. Sostenuto dal celebre scienziato Réaumur, viene ammesso davanti all'Accademia delle Scienze che il corallo è una pianta. Un giovane medico marsigliese, Jean-André Peyssonnel, è persuaso del contrario. Scrive a Réaumur, "osservai quel che crediamo di essere il fiore di questa supposta pianta è in realtà soltanto in insetto simile ad una piccola ortica... Avevo il piacere di vedere muovere le zampe di quest'ortica, e avendo messo il vaso pieno d'acqua nel quale il corallo era in un dolce calore vicino al fuoco, tutti i piccoli insetti sbocciarono". Réaumur non crede nelle osservazioni di Peyssonnel e le critica. Però, le ricerche dell'Olandese Trembley sull'idra verde, che avevano appena mostrato la natura animale di quel che stava per diventare un prossimo parente del corallo, scuoterono Réaumur. Nella prefazione del suo "Mémoires pour servir à l'histoire des Insectes" (1742), nella quale descrive per la prima volta i risultati di Trembley, Réaumur fa onorevole ammenda: "la cura portata dal Signor Peyssonnel per realizzare le sue osservazioni avrebbe dovuto convincermi prima che i fiori del Conte de Marsigli erano veramente degli animali". Il corallo era definitivamente un animale.

2. La classificazione attuale

Gli animali con polipi che Trembley e Peyssonnel avevano fatto scoprire, sono attualmente classificati nella ramificazione dei Cnidari (anticamente i Celenterati). Questa ramificazione apparsa relativamente presto nel regno animale, si caratterizza da un'organizzazione generale abbastanza semplice, che può essere paragonata ad un sacco, le pareti del quale essendo formate da due strati di cellule che contengono una materia gelatinosa. L'interno del sacco corrisponde alla cavità gastrovascolare, e l'unica apertura del sacco, alla bocca, generalmente circondata da tentacoli. Tutti i cnidari presentano nello strato cellulare esterno, delle cellule urticanti del tutto particolari, i cnidoblasti, che sono una delle cellule più complesse del mondo vivo. Infatti, questa cellula racchiude un filamento urticante, che quando è in contatto si svagina e va a piantarsi, grazie ad i suoi guanci, nei tessuti dell'aggressore iniettandoci diverse tossine paralizzanti.

La ramificazione dei cnidari è abbastanza polimorfa, gli individui adulti potendo essere sotto forma libera, detta medusa o

1. And coral became animal !

But by the way, is coral a mineral, an animal or a plant? This question was discussed for a long time. It seemed obvious for the first observers that coral was a mineral. In the late sixteenth century Ferrante Imperato in his "Historia Naturale" speaks of animal: he is not believed. Ovide, in the early seventeenth century in the "Métamorphoses" will describe coral as a plant which hardens with air: "a soft plant grows in the Sicily seas". Its name is coral and it hardens when, coming from the pole, Borée brings the frost. Then it turns into stone rich in red coloured foliage which really represents the physical stone".

In the early eighteenth century, the Comte de Marsigli, passionate by natural history, starts a study on red coral. Unfortunately, convinced that coral is really a plant, he doesn't realize the right experiments. Sustained by the famous scientific Réaumur, it is accepted in front of the "Académie des Sciences" that coral is a plant. A young doctor from Marseilles, Jean-André Peyssonnel, is persuaded of the contrary. He writes to Réaumur: "I observed that we believe to be the flower of this so called plant is just in reality an insect similar to a small nettle. I had pleasure in seeing the legs of this nettle moving, and having put the vase full of water where the coral was at a soft warmth near the fire, all the small insects blossomed out". Réaumur doesn't believe in the observation of Peyssonnel and criticizes them. However, the research of the Dutchman Trembley regarding the green hydra, which had just shown the animal nature of what was going to become a close parent of coral, shook Réaumur. In the preface of his "Mémoires pour servir à l'histoire des insectes" (1742) in which he describes for the first time the results of Trembley, Réaumur makes amends: "the care exercised by Peyssonnel in realizing his observations should have convinced me earlier that the flowers of the Comte de Marsigli were really animals". Coral was definitely an animal.

2. The present classification.

The animals with polyps that Trembley and Peyssonnel helped to be discovered are now classified within the branch of Cnidarians (formerly the Coelenterates). This branch, which appeared relatively early in the animal reign, is characterized by a relatively simple general organization, which can be compared with a bag whose sides are constituted of two layers of cells holding a gelatinous substance. The inside part of the bag corresponds to the gastrovascular cavity, and the only opening of the bag, to the mouth, generally surrounded by tentacles. All the Cnidarians present in the external cellular layer very particular urticant cells, the cnidoblasts, which are one of the most complex cells of the living world. In fact, this cell contains an urticant filament which in case of contact is devaginating and goes to fix, thanks to its hooks, into the tissues of the aggressor injecting in them various paralyzing toxins.

The branch of Cnidarians is quite polymorphous, the adult individuals bring possibly under a free form called medusa, or under a fixed form said polyp with often an alternation of two forms. The branch of Cnidarians is divided into 3 super-classes:

- Scyphozoa are mostly known under their medusa phase, this one multiplying on

Paroi coralligene de la réserve.

Parette produttrice di corallo della riserva.

Coral producer wall of the reserve.



- les scyphozoaires, sont principalement connus par leur phase méduse dont les individus pullulent sur nos côtes certaines années.
- les hydrozoaires, dont les individus peuvent passer par des stades successifs, polypes/méduses. La physalie ou galère portugaise redoutée par les nageurs appartient à ce groupe, qui comprend aussi des représentants dans les eaux douces comme l'hydre verte, ou *Craspedacusta*, l'une des rares méduses d'eau douce, dont la présence a été signalée dans notre région (Allemand, 1984).
- les Anthozoaires, exclusivement représentés par la forme polype. Ce groupe se divise en 2 classes, suivant le nombre de tentacules entourant la bouche, les hexacoralliaires et les octocoralliaires. Les hexacoralliaires, qui possèdent 6 (ou un multiple de 6) tentacules, comprennent les coraux constructeurs de récifs (scléactiniaires), les anémones de mer, le corail noir (*Antipathes*). Les octocoralliaires (8 tentacules) regroupent les gorgones, le corail rouge (*Corallium*), les alcyons... Parmi les cnidaires, le nom "corail", primitivement donné au "corail rouge", a par la suite été donné abusivement à des genres différents: corail noir (*Antipathes*, à squelette non minéralisé), coraux constructeurs de récifs, corail bleu, coraux mous...

Le corail rouge (*Corallium rubrum*) est une espèce typiquement méditerranéenne, principalement localisée en Méditerranée occidentale, où ses peuplements apparaissent potentiellement continus. En Méditerranée orientale, sa répartition semble ponctuelle: côte yougoslave, Mer Egée. Sa répartition déborde en quelques points sur la façade atlantique: côte Sud du Portugal, côtes africaines (Iles Canaries, Mauritanie, Sénégal, Iles du Cap vert). D'autres espèces de *Corallium* vivent dans les mers du Japon (corail rose ou rouge: *C. japonicum*, nobile), et Atlantique (corail blanc: *C. johnsoni*)...

3. La biologie du corail rouge.

Malgré sa haute valeur économique, il est surprenant de constater que la biologie du corail rouge est encore peu connue. L'ouvrage de base a été publié en 1864 par le biologiste

un'alternanza delle due forme. La ramificazione dei cnidari si divide in tre super classi:

- I scifozoi, sono principalmente conosciuti dalla loro fase medusa essa pullulando sulle nostre coste certi anni.
- Gli idrozoi, gli individui dei quali possono passare da stadi successivi, polipi/meduse. La fisalia o galera portoghese temuta dai nuotatori appartiene a questo gruppo, che include anche dei rappresentanti nelle acque dolci, come l'idra verde, o *Craspedacusta*, una delle rare meduse di acqua dolce, la cui presenza è stata segnalata nella nostra regione (Allemand, 1984).
- Gli Antozoi, esclusivamente rappresentati dalla forma polipo. Questo gruppo si divide in due classi, secondo il numero di tentacoli che circondano la bocca, gli esacoralli e gli octocoralli. Gli esacoralli, che possiedono 6 (o un multiplo di 6) tentacoli, includono i coralli costruttori di scogliere (sclerattiniari), le anemoni di mare, il corallo nero (*Antipati*). Gli octocoralli (8 tentacoli) raggruppano le gorgoni, il corallo rosso (*Corallium*), gli alcioni... Tra i cnidari, il nome "corallo" originariamente dato al "corallo rosso", è poi stato dato abusivamente a dei generi differenti: corallo nero (*Antipati*, con scheletro non mineralizzato), coralli costruttori di scogliere, corallo azzurro, coralli molli...

Il corallo rosso (*Corallium rubrum*) è una specie tipicamente mediterranea, principalmente localizzata nel Mediterraneo occidentale, dove i suoi popolamenti appaiono potenzialmente continui. Nel Mediterraneo orientale, la sua ripartizione sembra puntuale: costa iugoslava, Mar Egeo. La sua ripartizione oltrepassa in alcuni punti la facciata atlantica: costa sud del Portogallo, coste africane (Isole Canarie, Mauritania, Senegal, Isole del Capo Verde). Altre specie di *Corallium* vivono nei mari del Giappone (corallo rosa o rosso: *C. japonicum*, nobile) ed Atlantico (corallo bianco: *C. Johnsoni*)...

3. La biologia del corallo rosso

Malgrado il suo alto valore economico, è sorprendente constatare che la biologia del

- Hydrozoa, whose individuals can pass through successive stages, polyps/medusas. The physaly or portuguese galley, feared by the swimmers, belongs to this group, which also includes representatives in fresh waters like the green hydra, or *Craspedacusta*, one of the rare fresh water medusas, whose presence has been signaled in our region (Allemand, 1984).

- Anthozoa, exclusively represented by the polyp form. This group is divided into 2 classes, according to the number of tentacles surrounding the mouth, hexacorallians and octocorallians.

Hexacorallians which possess 6 (or a multiple of 6) tentacles, include reef-building corals (scleractinians), sea anemones, dark coral (*Antipathes*). Octocorallians (8 tentacles) include gorgonas, red coral (*Corallium*), Halcyons... Among the cnidarians, the name "coral", originally given to "red coral" has then been given improperly to different types: dark coral (*Antipathes*, with non-mineralized skeleton), reef-building corals, blue coral, soft corals...

Red coral (*Corallium rubrum*) is a specie typically mediterranean, mainly localized in occidental mediterranean, where its populations appear potentially continuous. In oriental mediterranean, its distribution seems punctual: Yugoslavian coast, Aegean Sea. Its distribution overflows in some points onto the atlantic façade: southern coast of Portugal, african coasts (Canary Islands, Mauritania, Senegal, Green Cape Islands). Other species of *Corallium* are living in the seas of Japan (pink or red coral: *C. japonicum*, nobile) and atlantic (white coral: *C. Johnsoni*).

3. Red coral biology.

In spite of its high economical value, it is surprising to notice that the biology of the red coral is still not well known. The basic book was published in 1864 by the french biologist Lacaze-Duthiers. Since that date, only some punctual studies have been published above all regarding ecology and distribution. The bathymetric distribution of red coral is quite wide: of a few meters depth at nearly 300 meters. In small depth areas, it is typical within grottos and cliffs with little illumination. The colonies are then often squat, very

Paroi coralligene de la réserve.

Parette produttrice di corallo della riserva.

Coral producer wall of the reserve.



- les scyphozoaires, sont principalement connus par leur phase méduse dont les individus pullulent sur nos côtes certaines années.
- les hydrozoaires, dont les individus peuvent passer par des stades successifs, polypes/méduses. La physalie ou galère portugaise redoutée par les nageurs appartient à ce groupe, qui comprend aussi des représentants dans les eaux douces comme l'hydre verte, ou *Craspedacusta*, l'une des rares méduses d'eau douce, dont la présence a été signalée dans notre région (Allemand, 1984).
- les Anthozoaires, exclusivement représentés par la forme polype. Ce groupe se divise en 2 classes, suivant le nombre de tentacules entourant la bouche, les hexacoralliaires et les octocoralliaires. Les hexacoralliaires, qui possèdent 6 (ou un multiple de 6) tentacules, comprennent les coraux constructeurs de récifs (scléractiniaires), les anémones de mer, le corail noir (*Antipathes*). Les octocoralliaires (8 tentacules) regroupent les gorgones, le corail rouge (*Corallium*), les alcyons... Parmi les cnidaires, le nom "corail", primitivement donné au "corail rouge", a par la suite été donné abusivement à des genres différents: corail noir (*Antipathes*, à squelette non minéralisé), coraux constructeurs de récifs, corail bleu, coraux mous...

Le corail rouge (*Corallium rubrum*) est une espèce typiquement méditerranéenne, principalement localisée en Méditerranée occidentale, où ses peuplements apparaissent potentiellement continus. En Méditerranée orientale, sa répartition semble ponctuelle: côte yougoslave, Mer Egée. Sa répartition débordé en quelques points sur la façade atlantique: côte Sud du Portugal, côtes africaines (Iles Canaries, Mauritanie, Sénégal, Iles du Cap vert). D'autres espèces de *Corallium* vivent dans les mers du Japon (corail rose ou rouge: *C. japonicum*, nobile), et Atlantique (corail blanc: *C. johnsoni*)...

3. La biologie du corail rouge.

Malgré sa haute valeur économique, il est surprenant de constater que la biologie du corail rouge est encore peu connue. L'ouvrage de base a été publié en 1864 par le biologiste

un'alternanza delle due forme. La ramificazione dei cnidari si divide in tre super classi:

- I scifozoi, sono principalmente conosciuti dalla loro fase medusa essa pullulando sulle nostre coste certi anni.
- Gli idrozoi, gli individui dei quali possono passare da stadi successivi, polipi/meduse. La fisalia o galera portoghese temuta dai nuotatori appartiene a questo gruppo, che include anche dei rappresentanti nelle acque dolci, come l'idra verde, o *Craspedacusta*, una delle rare meduse di acqua dolce, la cui presenza è stata segnalata nella nostra regione (Allemand, 1984).
- Gli Antozoi, esclusivamente rappresentati dalla forma polipo. Questo gruppo si divide in due classi, secondo il numero di tentacoli che circondano la bocca, gli esacoralli e gli octocoralli. Gli esacoralli, che possiedono 6 (o un multiplo di 6) tentacoli, includono i coralli costruttori di scogliere (sclerattiniani), le anemoni di mare, il corallo nero (*Antipati*). Gli octocoralli (8 tentacoli) raggruppano le gorgoni, il corallo rosso (*Corallium*), gli alcioni... Tra i cnidari, il nome "corallo" originariamente dato al "corallo rosso", è poi stato dato abusivamente a dei generi differenti: corallo nero (*Antipati*, con scheletro non mineralizzato), coralli costruttori di scogliere, corallo azzurro, coralli molli...

Il corallo rosso (*Corallium rubrum*) è una specie tipicamente mediterranea, principalmente localizzata nel Mediterraneo occidentale, dove i suoi popolamenti appaiono potenzialmente continui. Nel Mediterraneo orientale, la sua ripartizione sembra puntuale: costa iugoslava, Mar Egeo. La sua ripartizione oltrepassa in alcuni punti la facciata atlantica: costa sud del Portogallo, coste africane (Isole Canarie, Mauritania, Senegal, Isole del Capo Verde). Altre specie di *Corallium* vivono nei mari del Giappone (corallo rosa o rosso: *C. japonicum*, nobile) ed Atlantico (corallo bianco: *C. johnsoni*)...

3. La biologia del corallo rosso

Malgrado il suo alto valore economico, è sorprendente constatare che la biologia del

- Hydrozoa, whose individuals can pass through successive stages, polyps/medusas. The physaly or portuguese galley, feared by the swimmers, belongs to this group, which also includes representatives in fresh waters like the green hydra, or *Craspedacusta*, one of the rare fresh water medusas, whose presence has been signaled in our region (Allemand, 1984).

- Anthozoa, exclusively represented by the polyp form. This group is divided into 2 classes, according to the number of tentacles surrounding the mouth, hexacorallians and octocorallians.

Hexacorallians which possess 6 (or a multiple of 6) tentacles, include reef-building corals (scleractinians), sea anemones, dark coral (*Antipathes*). Octocorallians (8 tentacles) include gorgonas, red coral (*Corallium*), Halcyons... Among the cnidarians, the name "coral", originally given to "red coral" has then been given improperly to different types: dark coral (*Antipathes*, with non-mineralized skeleton), reef-building corals, blue coral, soft corals...

Red coral (*Corallium rubrum*) is a specie typically mediterranean, mainly localized in occidental mediterranean, where its populations appear potentially continuous. In oriental mediterranean, its distribution seems punctual: Yugoslavian coast, Aegean Sea. Its distribution overflows in some points onto the atlantic façade: southern coast of Portugal, african coasts (Canary Islands, Mauritania, Senegal, Green Cape Islands). Other species of *Corallium* are living in the seas of Japon (pink or red coral: *C. japonicum*, nobile) and atlantic (white coral: *C. johnsoni*).

3. Red coral biology.

In spite of its high economical value, it is surprising to notice that the biology of the red coral is still not well known. The basic book was published in 1864 by the french biologist Lacaze-Duthiers. Since that date, only some punctual studies have been published above all regarding ecology and distribution. The bathymetric distribution of red coral is quite wide: of a few meters depth at nearly 300 meters. In small depth areas, it is typical within grottos and cliffs with little illumination. The colonies are then often squat, very

français Lacaze-Duthiers. Depuis cette date seules quelques études ponctuelles ont été publiées, surtout concernant l'écologie et la répartition. La répartition bathymétrique du corail rouge est assez large: de quelques mètres de profondeur à 300 mètres environ. Dans les zones de faible profondeur il est typique des grottes et surplombs à faible éclairage. Les colonies sont alors souvent trapues, très ramifiées. Plus bas, on le rencontre fixé sur les falaises ou à même le sol.

L'anatomie du corail rouge est relativement simple (voir figure 1): les tissus recouvrent le squelette axial comme un doigt de gant. Le squelette résulte donc d'une sécrétion externe. Chez le corail le squelette est entièrement minéralisé, c'est à dire qu'il est formé de carbonate de calcium (CaCO_3), cristallisé sous la forme de calcite. Chez des groupes voisins, comme les gorgones, le squelette axial est entièrement organique, formé de protéines de structures analogues à celles de nos ongles. Le squelette des coraux constructeurs de récifs (scléractiniaires) est quant à lui uniquement sécrété à la face basale du polype et lui sert de plate-forme. Il est formé lui aussi de carbonate de calcium qui est cependant cristallisé sous une forme différente de la calcite, l'aragonite. De nombreux massifs calcaires de nos régions résultent ainsi de l'activité d'anciens récifs coralliens.

La morphologie des tissus est classique de l'embranchement: 2 couches de tissus (formées chacune d'une seule épaisseur de cellules) enserrant une couche gélatineuse sans cellule, la mésogée. Un lacs de petits canaux, parcourent la mésogée, comme un système circulatoire dont la fonction est encore mal comprise. Ces petits canaux communiquent avec des gros canaux situés parallèlement au squelette axial ainsi qu'avec les polypes qui constituent les bouches du corail (et non pas un animal à lui tout seul, comme on le croit souvent). Ces polypes, qui portent 8 tentacules peuvent se rétracter complètement dans de petites loges, disparaissant totalement à la vue. Les cycles d'ouverture/fermeture des polypes, tout comme leur fonction exacte sont là encore mal connus. Leurs fermetures ne signifient pas en tout cas que le corail est mort. La mésogée contient aussi des petits grains de calcaire, appelés spicules, situés près de la surface externe de l'animal, et qui pourraient jouer un rôle dans la protection mécanique contre l'abrasion.

Il est généralement admis que la formation du squelette axial résulte de la migration des spicules, puis de leur fusion. Le Centre Scientifique de Monaco (Observatoire océanologique européen) vient de montrer que, contrairement à ce qu'il était admis jusqu'à présent, la formation du squelette axial était vraisemblablement consécutive à la sécrétion de couches concentriques de calcite par un épithélium, appelé en conséquence épithélium squelettogénique, qui enserre l'axe, et dont la présence n'avait jamais encore été observée. Les chercheurs de ce laboratoire ont également montré que le squelette n'est pas formé uniquement de calcite, mais possède également une fraction organique représentant environ 1,5 % du poids total du squelette. Cette fraction organique, constituée de protéines et de mucopolysaccharides complexes, jouerait un rôle clé dans le contrôle des processus de biocalcification et constituerait de plus une charpente conférant à la structure calcifiée des propriétés mécaniques exceptionnelles (la pression de rupture d'une telle

corallo rosso è ancora poco conosciuta. Il libro di base è stato pubblicato nel 1864 dal biologo francese Lacaze-Duthiers. Da questa data, soltanto alcuni studi puntuali sono stati pubblicati, soprattutto per quel che riguarda l'ecologia e la ripartizione. La ripartizione batimetrica del corallo rosso è abbastanza larga: da alcuni metri di profondità a circa 300 metri. Nelle zone di poca profondità è caratteristico delle grotte e strapiombi con scarsa luce. Le colonie sono allora spesso tarchiate, molto ramificate. Più in giù, si incontra fissato sulle scogliere o direttamente per terra.

L'anatomia del corallo rosso è relativamente semplice (vedere disegno 1): i tessuti ricoprono lo scheletro assiale come un dito di guante. Dunque, lo scheletro risulta da una secrezione esterna. Per quanto riguarda il corallo, lo scheletro è interamente mineralizzato, vale a dire che è costituito da carbonato di calcio (CaCO_3), cristallizzato sotto forma di calcite. In gruppi vicini, come le gorgoni, lo scheletro assiale è interamente organico, formato da proteine con strutture analoghe a quelle delle nostre unghie. Lo scheletro dei coralli costruttori di scogliere (sclerattinarie) è in quanto a lui unicamente secretato alla faccia basale del polipo e gli serve di piattaforma. E' formato anche lui di carbonato di calcio che però è cristallizzato sotto una forma differente dalla calcite, l'aragonite. Numerosi massicci calcarei delle nostre regioni risultano dall'attività di vecchie scogliere coralline.

La morfologia dei tessuti è classica della ramificazione: 2 strati di tessuti (ognuno costituito da un solo spessore di cellule) racchiudono uno strato gelatinoso senza cellula, la mesoglea. Un intreccio di piccoli canali, percorrono la mesoglea come un sistema circolatorio la cui funzione è ancora capita male. Questi piccoli canali comunicano con dei grossi canali situati parallelamente allo scheletro assiale e anche coi polipi che costituiscono le bocche del corallo (e non un animale in sé stesso, come si crede spesso). Questi polipi che portano 8 tentacoli possono ritrattarsi completamente in piccole logge, sparendo totalmente dalla vista. I cicli di apertura/chiusura dei polipi proprio come la loro funzione esatta sono ancora sconosciuti male. Le loro chiusure non significano in ogni caso, che il corallo è morto. La mesoglea contiene anche dei piccoli granelli di calcaire chiamati spicole, situate vicino alla superficie esterna dell'animale, e che potrebbero avere un'influenza nella protezione meccanica contro l'abrasione.

E' generalmente ammesso che la formazione dello scheletro assiale risulta dalla migrazione delle spicole, poi dalla loro fusione. Il "Centre Scientifique de Monaco" ("Observatoire Océanologique Européen") ha appena mostrato che contrariamente a quel che fino ad oggi era ammesso, la formazione dello scheletro assiale era verosimilmente consuetiva alla secrezione di strati concentrici di calcite da un epitelio, chiamato di conseguenza epitelio scheletrogenico, che contiene l'asse, e di cui la presenza non era ancora mai stata osservata. I Ricercatori di questo laboratorio hanno anche mostrato che lo scheletro non è soltanto formato da calcite, ma possiede anche una frazione organica che rappresenta circa 1,5 % del peso totale dello scheletro. Questa frazione organica, costituita da proteine e da mucopolisaccaridi complessi, avrebbe un ruolo chiave nel controllo dei processi di biocalcificazione e costituirebbe di più, un'ossatura conferendo alla struttura calcificata d'u-

ramified. More below, we find it fixed onto the cliffs or directly on the ground.

The anatomy of red coral is relatively simple (see figure 1): the tissues cover the axial skeleton as a glove finger. Thus the skeleton results from an external secretion. As far as coral is concerned the skeleton is entirely mineralized that is to say that it is constituted of calcium carbonate (CaCO_3) crystallized under the form of calcite. Among akin groups as gorgonias, the axial skeleton is entirely organic, constituted of proteins with a structure similar to the one of our nails. The skeleton of reef-building corals (scleractinians) is as far as it is concerned, only secreted at the basal face of the polyp and plays the role of platform. It is also constituted of calcium carbonate which is, however, crystallized under a different form compared with calcite, aragonite. Thus, numerous calcareous massifs of our regions result from the activity of old coral reefs.

The morphology of tissues is classical of the branch: 2 layers of tissues (each one constituted of only one thickness of cells) hold a gelatinous layer without cell, the mesoglea. An interweaving of small canals cover the mesoglea, like a circulatory system whose function is still not well understood. These small canals communicate with big canals situated parallel to the axial skeleton and also with polyps which constitute the mouths of coral (and not an animal on its own, as it is often believed). These polyps, which bear 8 tentacles, can retract entirely in small lodges, disappearing totally from sight. The opening/closing cycles of polyps, as well as their exact function are still not well known. Their closing don't mean anyway that coral is dead. The mesoglea also contains small calcareous grains called spicules, situated near the external surface of the animal and which would be able to play a role in the mechanical protection against abrasion. It is generally admitted that the formation of the axial skeleton results from the migration of spicules, them from their fusion. The Scientific Center of Monaco (European Oceanologic Institute) has just proved that, contrary to what was admitted until now, the formation of the axial skeleton was in all likelihood consecutive to the secretion of concentric layers of calcite by an epithelium, consequently called skeletogenic epithelium, which holds the axes, and whose presence had not yet been observed. The researchers of this laboratory have also shown that the skeleton is not only constituted of calcite but also possess an organic fraction representing nearly 1,5 % of the total weight of the skeleton. This organic fraction, constituted of proteins and complex mucopolysaccharids, would play a key role in the control of biocalcification processes and furthermore would constitute a framework conferring to the calcified structure exceptional mechanical properties (the rupture pressure of such a structure is 10 times superior to the one of a concrete !).

Coral can feed in two ways: it can either capture small planctonic preys thanks to its tentacles and its cnidoblasts, or absorb materials dissolved in the sea water, as it was proved within the laboratories of the Scientific Center of Monaco. Unfortunately we can't say what is the kind of dominating food.

Genital organs of coral are inside the polyps. Normally sexes are separated, although the presence of hermaphrodite feet, sometimes signaled could be explained by the fusion of two colonies. The maturation of male reproductive cells takes one year. It starts at the

structure est 10 fois supérieure à celle d'un béton !).

Le corail peut se nourrir de deux façons: il peut soit capturer de petites proies planctoniques grâce à ses tentacules et à ses cnidoblastes, soit absorber des matières dissoutes dans l'eau de mer, comme cela a été démontré dans les laboratoires du Centre Scientifique de Monaco. On ne peut malheureusement pas dire quel est le type de nourriture prépondérante.

Les organes génitaux du corail se trouvent à l'intérieur des polypes. Normalement, les sexes sont séparés, bien que la présence de pieds hermaphrodites, quelquefois signalés, puisse s'expliquer par la fusion de 2 colonies. La maturation des cellules reproductrices mâles s'effectue en 1 an: elle commence au début de l'été. Par contre, la maturation des gonades femelles s'effectue sur 2 ans: celle-ci débute lentement la première année pour être pleinement réalisée au début de l'été de la 2ème année. Un même polype femelle possède donc des cellules sexuelles à deux stades différents de maturation. Après leur émission par le polype mâle, les spermatozoïdes nagent à la rencontre du polype femelle (le mécanisme d'attraction est inconnu). La fécondation se réalise à l'intérieur du polype. La jeune larve, appelée planule, se développe pendant 20 à 30 jours dans le polype avant de sortir en pleine eau: elle est à ce stade ciliée, vermiforme et blanchâtre. L'émission des larves s'échelonne entre le mois de juillet et le début du mois d'octobre suivant la profondeur. Les larves nagent de 4 à 15 jours, d'abord en direction ascendante, à la recherche d'un plafond de grotte. Si elles ne trouvent rien, leurs nages deviennent descendantes, jusqu'à ce qu'elles rencontrent un substrat favorable à leur métamorphose, dont les mécanismes et le contrôle sont totalement inconnus. Il semble d'autre part que la larve soit insensible à la lumière, suggérant ainsi que la répartition du corail rouge vis-à-vis de la lumière résulte soit d'une absence de site propice à la métamorphose dans les zones éclairées, soit d'un problème de croissance des jeunes colonies (par compétition avec les algues par exemple). Après sa métamorphose, la jeune larve commence à édifier un squelette: une nouvelle colonie de corail est née. La maturité sexuelle des premiers polypes sera atteinte au bout de 2 ans environ. On constate alors que, le nom

propriété mécanique exceptionnelle (la pression de rupture d'une telle structure est 10 fois supérieure à celle d'un calcestruzzo !).

Il corallo si può nutrire in due modi: sia catturando piccole prede planctoniche grazie ad i suoi tentacoli e ad i suoi cnidoblasti, sia assorbendo delle materie sciolte nell'acqua di mare, come è stato dimostrato nei laboratori del "Centre Scientifique de Monaco". Non si può sfortunatamente dire qual'è il tipo di cibo preponderante.

Gli organi genitali del corallo si trovano all'interno dei polipi. Normalmente, i sessi sono separati, benché la presenza di piedi ermafroditi, qualche volta segnalati, possa spiegarsi dalla fusione di due colonie. La maturazione delle cellule riproduttrici maschili si effettua in un anno: comincia all'inizio dell'estate. Invece, la maturazione delle gonadi femmine si effettua su due anni: essa comincia lentamente il primo anno per essere pienamente realizzata all'inizio dell'estate del secondo anno. Un solo polipo femmina possiede dunque delle cellule sessuali a due stadi differenti di maturazione. Dopo la loro emissione dal polipo maschile, gli spermatozoi nuotano incontro al polipo femmina (il meccanismo di attrazione è sconosciuto). La fecondazione si realizza all'interno del polipo. La giovane larva, chiamata planula, si sviluppa durante 20 a 30 giorni nel polipo prima di uscire in piena acqua: a questo stadio è cigliata, vermiforme e biancastra. L'emissione delle larve si scaglionna tra il mese di luglio e l'inizio del mese d'ottobre secondo la profondità. Le larve nuotano da 4 a 15 giorni, prima in direzione ascendente, alla ricerca di un soffitto di grotta. Se non trovano niente, i loro nuoti diventano discendenti, fino a quando incontrano un sostrato favorevole alla loro metamorfosi, i cui meccanismi ed il controllo sono totalmente sconosciuti. Sembra d'altra parte, che la larva sia insensibile alla luce, suggerendo così che la ripartizione del corallo rosso nei confronti della luce risulti sia da un'assenza di sito propizio alla metamorfosi nelle zone illuminata, sia da un problema di crescita delle giovani colonie (per competizione colle alghe per esempio). Dopo la sua metamorfosi, la giovane larva comincia ad edificare uno scheletro: una nuova colonia di corallo è nata. La maturità sessuale dei primi polipi sarà raggiunta dopo quasi due anni. Si constata allora che, il nome di colonia (per definizione, riunione di animali che vivono in

maturation of female gonads is taking 2 years. This one starts slowly the first year for being entirely realized at the beginning of the summer of the second year. Thus one female polyp possesses sexual cells at two different stages of maturation. After their emission by the male polyp, the spermatozooids swim towards the female polyp (the attraction mechanism is unknown). The fertilization is achieved inside the polyp. The young larva, called planula, develops during 20 or 30 days in the polyp before going out in full water: at this stage, it is eyelashed, vermiform and whitish. The emission of larvae ranges between July and the beginning of October according to the depth. The larvae swim from 4 to 15 days, first in ascendant direction searching for one grotto ceiling. If they don't find anything, their swimmings become descendant until they meet a favourable substratum for their metamorphosis, whose mechanisms and control are totally unknown. On an other hand, it seems that the larva is insensible to the light suggesting thus that the distribution of red coral towards the light results either from an absence of propitious spot for the metamorphosis in the enlightened areas, or from a problem of growth of young colonies (by competition with algae for example). After its metamorphosis, the young larva starts to build a skeleton: a new colony of coral is born. The sexual maturity of the first polyps will be reached after nearly 2 years. Thus we notice that the name of colony (by definition, gathering of animals living together) to designate a branch of red coral is not justified. In fact, it is really only one and unique animal, whose name, giving rise to confusion, is passed on through the common language included in scientific books.

4. The protection

At present, we estimate that the annual quantity of red coral collected in the Mediterranean amounts to 70 tons. If the red coral species doesn't seem nowadays in danger, on the other hand it's high economical value or more simply its appeal towards the amateur divers has generated the over exploitation of small depth areas, leading to its total extinction in many spots of our coasts. The professional collecting was carried out traditionally until just a few days ago thanks to trailing engines. The "Croix de Saint-André" is con-

*Grotte artificielle à corail
sur chantier.*

*Grotta artificiale a corallo
su cantiere.*

*Artificial coral grotto
on working site.*



de colonie (par définition, réunion d'animaux vivant en commun) pour désigner une branche de corail rouge est injustifié. En effet, il ne s'agit bel et bien de d'un seul et même animal, dont ce nom, qui prête à confusion, est passé dans le langage courant y compris dans les ouvrages scientifiques.

4. La protection.

On estime actuellement que la quantité annuelle de corail rouge pêchée en Méditerranée est de 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. La pêche professionnelle se pratiquait traditionnellement jusqu'à il y a peu de temps encore grâce à des engins trainants. La Croix de Saint-André est constituée d'une croix de bois ou plus récemment d'acier à laquelle sont attachés des filets. Trainée par le bateau sur des fonds d'une cinquantaine de mètres, la croix brise les colonies de corail dont les morceaux se prennent dans les filets. Un tel équipage remonte de 1 à 2 tonnes de corail par an. Mais les dégâts sur le fond sont importants, et surtout non spécifiques. Par contre, les nombreux petits morceaux restants sur le sol peuvent permettre le bouturage. Actuellement la majorité de la pêche est effectuée en scaphandre autonome, un plongeur pouvant collecter ainsi jusqu'à 5 tonnes de corail annuellement en 200 plongées environ. Cette méthode apparaît beaucoup plus sélective. Le corailleur ne voulant pas détruire le banc de corail qu'il exploite, ne ramassera que les grosses branches (supérieures à 7 mm de diamètre) dont la valeur marchande est plus importante. Malheureusement, les nouvelles techniques de bijouterie permettent, à partir de fragments de squelettes réduits en poudre, de reconstituer grâce à des résines synthétiques un morceau de corail. Ces méthodes risquent rapidement de provoquer le ramassage des colonies de petites tailles, jusqu'ici non commercialisables.

Un autre facteur potentiel de disparition de l'espèce est la pollution dont les conséquences sur le corail rouge sont en fait mal connues. D'après les corailleurs, il semblerait qu'il soit en fait peu sensible aux polluants puisque ceux-ci en collectaient près de l'émissaire de Cortiou à Marseille. Rivoire (1987) a signalé au large de La Ciotat un fort pourcentage de colonies mortes entre 50 et 150 mètres de profondeur sur les versants est, exposés au courant Ligure. Ce phénomène de mortalité catastrophique ne semble pas avoir d'équivalent à plus faible profondeur. La cause n'a jamais été élucidée, mais une étude ultérieure (Harmelin *et al.*, 1991) a démontré que l'épisode de mortalité était corrélé à la présence de métaux lourds et d'hydrocarbures. Si l'action des polluants sur le corail rouge est peu connue, par contre l'effet des micro-particules, rejetées par exemple lors de travaux en mer, semble excessivement nocif en étouffant les colonies.

Afin de reconstituer les stocks dans les zones où le corail a été surexploité, ou même de coloniser des zones favorables, deux types de résolution ont été prises: création de réserves sous-marines et culture du corail. Malheureusement, le nombre de pays possédant des réserves à corail est encore faible: à part la Principauté de Monaco, seules la Yougoslavie et la Tunisie possèdent des réserves per-

comune) per designare un ramo di corallo rosso viene ingiustificato. Infatti, si tratta soltanto veramente di un solo e unico animale, di cui questo nome, che porta a confusione, è passato nel linguaggio corrente compresi i libri scientifici.

4. La protezione

Si stima attualmente che la quantità annua di corallo rosso pescata nel Mediterraneo ammonta a 70 tonnellate. Se la specie corallo rosso non sembra per il momento in pericolo, invece, il suo alto valore economico, o più semplicemente il suo fascino per i sommozzatori dilettanti ha provocato il sovrasfruttamento delle zone di poche profondità, portando alla sua totale scomparsa in parecchi posti sulle nostre coste. La pesca si praticava tradizionalmente ancora fino a poco tempo fa grazie ad attrezzature alla traina. La "Croix de Saint-André" viene costituita da una croce di legno o più recentemente d'acciaio alla quale sono attaccati dei reti. Trascinata dalla nave su dei fondi di una cinquantina di metri, la croce spezza le colonie di corallo i cui pezzi si prendono nei reti. Un simile equipaggio tira fuori da 1 a 2 tonnellate di corallo all'anno. Ma i danni sul fondo sono importanti, e soprattutto non specifici. Invece, i numerosi piccoli pezzi che rimangono sul suolo possono permettere il trapianto. Attualmente, la maggiore parte della pesca viene effettuata in scaphandre autonomo, un sommozzatore potendo raccogliere così fino a 5 tonnellate di corallo annualmente in circa 2 immersioni. Questo metodo appare molto più selettivo. Il corallo non volendo distruggere il banco di corallo che sfrutta raccoglierà soltanto i grossi rami (superiori a 7 mm di diametro) il cui valore commerciale è più importante. Sfortunatamente, le nuove tecniche di gioielleria permettono, a partire da frammenti di scheletri ridotti in polvere, di ricostituire grazie a delle resine sintetiche un pezzo di corallo. Questi metodi rischiano di provocare la raccolta delle colonie di piccole taglie, fino ad oggi non commercializzabili.

Un altro fattore potenziale di scomparsa della specie è l'inquinamento le cui conseguenze sul corallo rosso sono in realtà male conosciute. Secondo i corallai, sembrerebbe che in realtà fosse poco sensibile agli inquinanti visto che essi ne raccoglievano presso l'emissario di Cortiou a Marsiglia. Rivoire (1987) ha segnalato al largo di "La Ciotat" una forte percentuale di colonie morte tra 50 e 150 metri di profondità sui versanti est, esposti al corrente Ligure. Questo fenomeno di mortalità catastrofica non sembra avere un equivalente a più piccola profondità. La causa non è mai stata chiarita, ma uno studio ulteriore (Harmelin *et al.*, 1991) ha dimostrato che l'episodio di mortalità era correlato alla presenza di metalli pesanti ed idrocarburi. Se l'azione degli inquinanti sul corallo rosso è poco conosciuta, invece l'effetto delle micro-particelle, rigettate per esempio durante lavori in mare, sembra eccessivamente nocivo, visto che fa soffocare le colonie.

Per ricostituire le riserve nelle zone dove il corallo è stato sovrasfruttato, o anche per colonizzare delle zone favorevoli, due tipi di risoluzioni sono state prese: creazione di riserve sottomarine e coltura del corallo. Sfortunatamente, il numero di paesi che possiedono delle riserve a corallo è ancora poco importante: a parte il Principato di Monaco, soltanto la Jugoslavia e la Tunisia possiedono delle riserve permanenti. Le Sardegna e l'

stituted of a wood or more recently an iron cross at which nets are attached. Trailed by the boat on seabeds of nearly fifty metres depth, the cross breaks the colonies of coral, the pieces of which get stuck in the nets. Such a crew collects from 1 to 2 tons of coral a year. But the dangers on the seabed are important and above all non specific. On the other hand, the numerous little pieces remaining on the ground can enable the transplantation. Nowadays the majority of the collecting is carried out with autonomous diving suit, a diver being able to gather in that way up to 5 tons of coral a year in nearly 200 dives. This method appears a lot more selective. The corallor refusing to destroy the coral reef he exploits, will just collect the bigger branches (superior to 7 mm diameter) whose commercial value is more important. Unfortunately, the new jewelry techniques enable from fragments of skeleton reduced to powder to reconstitute thanks to synthetic resins a piece of coral. These methods risk rapidly to generate the collecting of small size colonies until now not tradable. An other potential factor of extinction of the species is the pollution whose consequences on red coral are in effect not well known. According to the corallors, it seems that it is in fact not very sensitive to pollutants since these ones collected it near the emissary of Cortiou at Marseilles. Rivoire (1987) signaled off La Ciotat a high percentage of dead colonies at a depth ranging from 50 up 150 metres on the eastern hills exposed to the Ligurian current. This phenomenon of catastrophic mortality doesn't seem to have an equivalent at a smaller depth. The cause has never been elucidated, but a later study (Harmelin *et al.*, 1991) has shown that the mortality episode was correlated to the presence of heavy metals and hydrocarbons. If the action of pollutants on red coral is not well known, on the other hand the effect of micro-particles rejected for example during works at sea, seems excessively dangerous seeing that it suffocates the colonies.

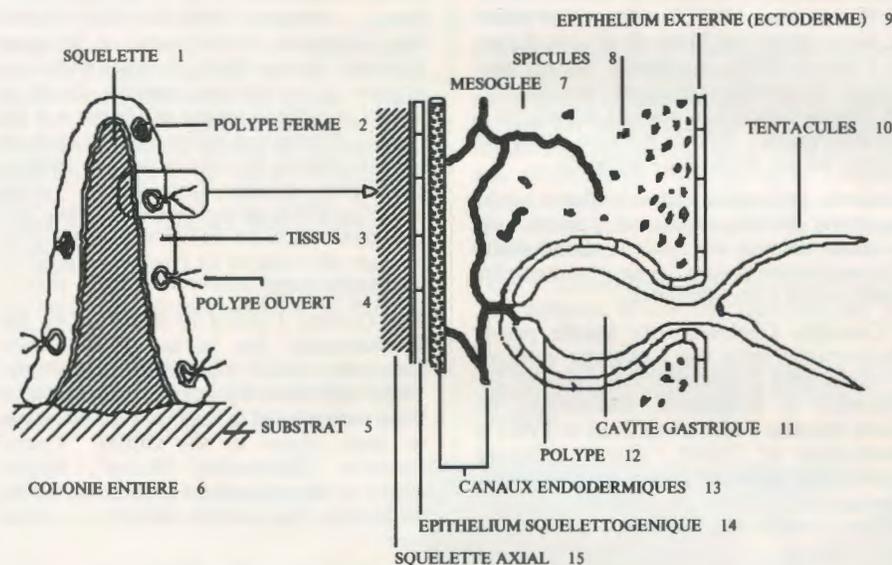
In order to reconstitute the supplies in areas where coral has been over exploited, or even to colonize favourable areas, two kinds of resolutions were undertaken: creation of submarine reserves and culture of coral. Unfortunately the number of countries possessing coral reserves is still low. Apart from the Principality of Monaco, only Yugoslavia and Tunisia possess permanent reserves, Sardinia and Spain having transitory ones. As far as coral culture is concerned, the problem is complex and requires experimentations; real aquaculture doesn't seem nowadays profitable, seeing the slow growth speed of coral (of nearly 6 mm a year). But it is interesting to use the excellent regenerating faculties of coral by practising the transplantation. The small branches of little commercial value could be used for that purpose. A first experience, tempted near Banyuls-sur-mer in 1979 by Steven Weinberg has shown that the transplantation of red coral directly in the environment was possible but depended highly of light conditions. Continuing these experiments, the AMPN decided to build artificial grottos in order to recreate the natural environment of red coral and in which the transplantation could be achieved. This method enables thus a semi-culture in controlled environment. The experiments to be conclusive are also realized at the depth where coral naturally lives. Thus, these experiments here under described constitute a "première" in this field, the results of which being expected

manentes, la Sardegna et l'Espagne et le possédant que des réserves temporaires. En ce qui concerne la culture du corail, le problème est complexe et nécessite des expérimentations: l'aquaculture réelle ne paraît pas actuellement rentable, étant donné la faible vitesse de croissance du corail (de l'ordre de 6 mm/an). Par contre il est intéressant d'utiliser les excellentes facultés de régénération du corail en pratiquant le bouturage. Les petites branches de faibles valeurs commerciales pourraient être utilisées dans ce but. Une première expérience, tentée près de Banyuls sur mer en 1979 par Steven Weinberg, a montré que le bouturage de corail rouge directement dans le milieu était possible mais dépendait fortement des conditions de lumière. Poursuivant ces expériences, l'AMPN a décidé de construire des grottes artificielles afin de recréer le milieu naturel du corail rouge et dans lesquelles le bouturage pourrait être effectué. Cette méthode permet ainsi une semi-culture en milieu contrôlé. Les expériences pour être concluantes sont réalisées à la profondeur où le corail vit naturellement. Ces expériences décrites ci-après constituent ainsi une première dans ce domaine, dont les résultats sont attendus impatientement. ■

Spagna e di nuovo in Sardegna e Spagna che riguarda la coltura del corallo, il problema è complesso e necessita delle sperimentazioni: l'acquacoltura reale non sembra attualmente redditizia, vista la piccola velocità di crescita del corallo (dell'ordine di 6 mm/anno). Invece, è interessante utilizzare le eccellenti facoltà di rigenerazione del corallo praticando il trapianto. I piccoli rami di pochi valori commerciali potrebbero essere utilizzati in questo scopo. Un primo esperimento, tentato vicino a Banyuls-sur-mer nel 1979 da Steven Weinberg, ha mostrato che il trapianto di corallo rosso direttamente nell'ambiente era possibile ma dipendeva fortemente dalle condizioni di luce. Continuando questi esperimenti, l'AMPN ha deciso di costruire delle grotte artificiali allo scopo di ricreare l'ambiente naturale del corallo rosso e nelle quali il trapianto potrebbe essere effettuato. Questo metodo permette così una semi-cultura in ambiente controllato. Gli esperimenti per essere concludenti sono d'altra parte realizzati alla profondità dove il corallo vive naturalmente. Questi esperimenti descritti qui sotto costituiscono dunque una prima in questo campo, i cui risultati sono aspettati impazientemente. ■

REPRESENTATION SCHEMATIQUE DU CORAIL ROUGE

Figure 1



Rappresentazione schematica del corallo rosso

1. Scheletro
2. Polipo chiuso
3. Tessuti
4. Polipo aperto
5. Sostrato
- 6.
7. Mesoglea
8. Spicule
9. Epithelio esterno (Ectoderma)
10. Tentacoli
11. Cavita gastrica
12. Polipo
13. Canali endodermici
14. Epithelio scheletrogenico
15. Scheletro assiale

Schematic representation of red coral

1. Skeleton
2. Closed polyp
3. Coral tissues
4. Open polyp
5. Substratum
- 6.
7. Mesoglea
8. Spicules
9. External epithelium (Ectoderm)
10. Tentacles
11. Gastric cavity
12. Polyp
13. Endodermic canals
14. Skeletogenic epithelium
15. Axial skeleton

BIBLIOGRAPHIE:

- Allemand D. (1984). Une méduse d'eau douce sur la Côte d'Azur, *Craspedacusta sowerbyi*. Biocosme Més. 1(4): 139-143.
- Allemand D., Grillo M.C. (1990). La biocalcification chez le corail rouge, *Corallium rubrum*. 2. Approches biochimique et physiologique. Rapport CIESM, 32(1): 148.
- Allemand D., Grillo M.-C. (1991). Biocalcification mechanism in gorgonians. ⁴⁵Ca uptake and deposition by the mediterranean red coral *Corallium rubrum*. J. Experimental Zoology. sous presse
- Grillo M.C., Allemand D. (1990). La biocalcification chez le corail rouge, *Corallium rubrum*. Rapport CIESM, 32(1): 21.
- Harmelin J.G., Zibrowius H., Arnoux A., Romana L.A. (1991). Evaluation de l'état des peuplements benthiques du haut fond de St Julien: campagnes Cyana de mars et juin 1990. IFREMER, rapport n° DRO/EM 91-01.
- Laborel J., Vacelet J. (1961). Répartition biotique de *Corallium rubrum* Lmck dans les grottes et falaises sous-marines. Rapport CIESM, 16(2): 465-469.
- Lacaze-Duthiers H. (1864). Histoire naturelle du corail. Paris, J.B. Baillière et fils, XXV-371 p.
- Lafay J.F. (1985). Le corail rouge de Méditerranée: Biologie et pêche. Thèse de Docteur-vétérinaire, Université Claude Bernard, Ecole Nationale Vétérinaire, Lyon.
- Lenhoff H.M., Lenhoff S.G. (1988). How the animal nature of marine cnidarians was recognized and the nematocyst discovered. In: The biology of nematocysts. Hessinger D.A. et Lenhoff H.M. eds., pp 1-19.
- Liverino B. (1983). Il corallo, esperienze e ricordi di un corallaro. Torre del Greco, Banco di credito popolare, IX-230 p.
- McConnell A. (1990). The flowers of Coral. Some unpublished conflicts from Montpellier and Paris during the early 18th century. Hist. Phil. Life Sci. 12: 51-66.
- Rapport de la consultation technique du CGPM (Conseil général des pêches pour la Méditerranée) sur les ressources de corail rouge de la Méditerranée occidentale et leur exploitation rationnelle. Palma de Mallorca, Espagne, 13-16 décembre 1983.
- FAO rapport sur les pêches, n° 306, VIII-142 p. (1984).
- Rapport de la deuxième consultation technique du CGPM (Conseil général des pêches pour la Méditerranée) sur le corail rouge de la Méditerranée. Torre del Greco, Italie, 27-30 septembre 1988.
- FAO rapport sur les pêches, n° 413, VII-162 p. (1989).
- Rivoire G. (1987). Existence de champs de corail rouge et de gorgones morts en profondeur entre Cassis et Nice. Rapport destiné à la direction des affaires maritimes de Méditerranée, (16p.).
- Spinosa A. (1990). Coraux. In: Camées et Coraux, Antiquités et Objets d'arts, Fabri edits., pp 36-78.
- Vighi M. (1972). Etude sur la reproduction de *Corallium rubrum*. Vie et Milieu. 23: 21-32.
- Weinberg S. (1979). Transplantation experiments with mediterranean gorgonians. Bijdr. Dierk. 49(1): 31-41.
- Zibrowius H., Monteiro Marques V., Grasshoff M. (1984). La répartition du *Corallium rubrum* dans l'Atlantique (Cnidaria: Anthozoa: Gorgonaria). Téthys. 11(2): 163-170.

EXPERIENCE DE CORALLICULTURE

dans les eaux territoriales
de la Principauté de Monaco.

Eugène Debernardi,

Président
de l'Association Monégasque
pour la Protection de la Nature.

Sur cette photographie on peut observer une
colonie photographiée à trois moments
différents: au moment du bouturage,
après 6 mois et après un an.



Origine du projet

Lors de la IIème Consultation Technique sur le corail rouge de Méditerranée (Torre del Greco - Naples - 27 / 30 septembre 1988), la délégation italienne, en la personne de Monsieur le Professeur Ricardo Cattaneo-Vietti, 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.

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.

Le Conseil Général des Pêches pour la Méditerranée dans sa XIXème session (Livourne - Italie - 27 février / 3 mars 1989) a approuvé le programme d'ensemble de ces recherches et invité les Etats concernés à se rapprocher du CLEM "Centro Lubrense Esplorazioni Marine - Naples" auteur du dit programme en vue de la coordination scientifique indispensable.

Cependant dès le mois de décembre 1988 notre Association recevait la visite du Président du CLEM pour la mise au point du dispositif incombant à l'AMPN.

Objectifs

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.



ESPERIMENTO DI CORALLICOLTURA nelle acque territoriali del Principato.

In questa fotografia si può osservare una
colonia fotografata in tre diversi momenti:
al momento del trapianto, dopo 6 mesi
e dopo un anno.

CORALLICULTURE EXPERIMENT within the territorial waters of the Principality of Monaco.

On this photograph we can notice one colony
photographed at three different moments:
at the moment of transplantation,
after 6 months and after one year.



Origine del progetto

Durante la seconda Consultazione Tecnica sul corallo rosso del Mediterraneo (Torre del Greco-Napoli 27/30 settembre 1988), la delegazione italiana, personificata dal Signor Professore Ricardo Cattaneo-Vietti, proponeva che un programma di ricerche coordinate fosse iniziato per precisare meglio la biologia del corallo e particolarmente i metodi potendo portare a termine ad una produzione artificiale.

L'Algeria, la Spagna, Malta, la Tunisia e la Jugoslavia hanno aderito al principio di un'azione comune alla quale la nostra Associazione tramite la voce del suo Presidente ha tenuto a dare il suo contributo.

Il Consiglio Generale delle Pesche per il Mediterraneo nella sua XIXesima sessione (Livorno-Italia 27 febbraio/3 marzo 1989) ha approvato il programma complessivo di queste ricerche e invitato gli Stati coinvolti a riavvicinarsi al CLEM "Centro Lubrense Esplorazioni Marine-Napoli" autore del detto programma avendo per scopo la coordinazione scientifica indispensabile.

Tuttavia, fin dal mese di dicembre 1988 la nostra Associazione riceveva la visita del Presidente del CLEM per la messa a punto del dispositivo incombente all'AMPN.

Obiettivi

L'esperimento che stava per iniziare aveva come obiettivi:

- Lo studio dell'adattamento e dello sviluppo di colonie di corallo trapiantate dal loro substrato naturale su uno substrato artificiale posto in un ambiente naturale ad una profondità quasi identica,
- il seguire della crescita di queste colonie trasferite all'interno di grotte artificiali,
- la riproduzione eventuale del corallo in queste nuove condizioni d'impianto,
- il seguire dello sviluppo di queste colonie e le misure di crescita.



Origin of the project

During the second technical Consultation regarding the Mediterranean red coral (Torre del Greco - Naples - September 27th/30th 1988) the Italian delegation, in the name of Professor Ricardo Cattaneo-Vietti, proposed that a programme of coordinated research should be started in order to precise in a better way the biology of coral and particularly the methods liable to lead in the long term to an artificial production. Algeria, Spain, Malta, Tunisia and Yugoslavia agreed to the principle of a common action at which our Association through the voice of its President insisted in bringing its help.

The General Council of Fisheries for the Mediterranean Sea in its XIXth session (Livourne - Italy - february 27th/march 3th 1989) approved the overall programme of these research and invited the regarded states to come closer to the CLEM, "Centro Lubrense Esplorazioni Marine", Naples, author of the programme in question, having for purpose the essential scientific coordination.

However, in december 1988, our Association received the visit of the President of the CLEM for the finalizing of the device plan of action incumbent upon the AMPN.

Objectives

The experiment which was going to start had for purposes:

- the study of the adaptation and development of colonies of coral transplanted from their natural substratum into an artificial one, placed in a natural environment at an almost identical depth.
- the supervising of the growth of these colonies transferred inside artificial grottos.
- the possible reproduction of coral in these news conditions of implantation.
- the supervising of the development of these colonies and the measures of growth.

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 précisées sur le dessin n° 2.

Dès le mois de décembre 1988, la Direction de la Société "Entreprise des Grands Travaux Monégasques" commençait le moulage de 4 grottes 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 13 janvier 1989:

- 2 au pied de la réserve à corail à 300 m. à l'Est de l'entrée du port,
- 2 dans la réserve principale (quartier du Larvotto) à environ 600 m. des précédentes.

Malgré les difficultés d'une telle opération (immersion sur des fonds de près de 30 m.) celle-ci a été menée à bien en un temps record.

Le suivi scientifique a été par la suite assuré par Monsieur le Professeur Cattaneo et son équipe de l'Université de Gènes (Institut de Zoologie). Les observations recueillies sont consignées dans le rapport ci-après.

Depuis le mois d'avril 1991 ce sont les plongeurs de l'AMPN qui ont pris le relai des observations à l'intérieur des grottes s'assurant du bon développement des colonies de corail nées dans ces grottes et qui se sont fixées à l'intrados de la voûte. L'expérience engagée voici bientôt trois années semble donner de bons résultats. Elle a permis de démontrer:

- que le corail transplanté peut survivre et s'adapter au substrat artificiel qui lui est offert.
- que sa reproduction est effective dans des grottes artificielles spécialement étudiées et agencées.

Il corallo avendo una predilezione per le zone scure (grotte, scogliere a picco protette dalla luce naturale ecc...) era indispensabile che l'esperimento progettato si svolgesse in un ambiente che si avvicinasse il più possibile alla realtà.

Il ricorso a delle grotte artificiali fu deciso. Le dimensioni di esse, calcolate per tenere conto degli imperativi dei sommozzatori che dovranno lavorare all'interno, vengono precisate sul disegno n° 2.

Dal mese di dicembre 1988, la Direzione della Società "Entreprise des Grands Travaux Monégasques" cominciava la modellatura di quattro grotte di un peso unitario di 8 tonnellate, di cui prendeva in carico una parte importante del costo di costruzione. Grazie al benevolo concorso dei Servizi Tecnici del Dipartimento dei Lavori Pubblici, queste grotte potevano essere immerse il 13 gennaio 1989:

- 2 al piede della riserva a corallo a 300 metri, a est dell'entrata del porto,
- 2 nella riserva principale (quartiere del Larvotto) a circa 600 metri delle precedenti.

Malgrado le difficoltà di un'operazione del genere (immersione su dei fondi di quasi 30 metri) essa è stata portata a termine in un tempo record.

Il seguire scientifico è stato poi assicurato dal Professore Cattaneo ed i suoi colleghi dell'Università di Genova (Istituto di Zoologia). Le osservazioni raccolte sono registrate nel rapporto qua sotto.

Dal mese di aprile 1991 sono i sommozzatori dell' AMPN che hanno dato il cambio alle osservazioni all'interno delle grotte assicurandosi del buono sviluppo delle colonie di corallo nate in queste grotte e che si sono fissate all'intradosso delle loro volte. L'esperimento intrapreso ormai da quasi tre anni sembra dare dei buoni risultati. Ha permesso di dimostrare:

- che il corallo trapiantato pu sopravvivere ed adattarsi al sostrato artificiale che gli viene offerto.
- che la sua riproduzione è effettiva nelle grotte artificiali specialmente studiate e sistemate.

Coral having a partiality for dark areas (grottos, cliffs sheltered from the natural light, etc) it was essential that the planned experiment took place in an environment as close as possible to the reality.

The recourse to artificial grottos was decided. The dimensions of those ones, calculated to take into account the requirements of divers bound to work inside are specified on design n° 2.

Since the month of december 1988, the Direction of the "Entreprise des Grands Travaux Monégasques" started. The moulding of four grottos of an unitarian weight of 8 tones, for which it took charge of an important part of the building cost. Thanks to the kindly help of the Technical Services of the Department of Public works these grottos could be immersed on january 13th 1989:

- 2 at the bottom of the coral reserve at 300 m at the east of the port entry.
- 2 in the main reserve (Larvotto quarter) at nearly 600 m distance from the former ones.

In spite of the difficulties of such an operation (immersion on seabeds of almost 30 m) this one has been carried out in record time.

The scientific supervising was then assured by Professor Cattaneo and his team of the Genoa University (Zoological Institute).

The observation gathered are recorded in the hereunder report.

Since april 1991, the divers of the AMPN have been taking over from the observations inside the grottos making sure about the good development of coral colonies born in these grottos and which settled at the intrado of their vaults. The experiment which has been started now for nearly three years seems to give good results. It enables to prove:

- that the transplanted coral can survive and adapt to the artificial substratum offered to it.
- that its reproduction is effective within especially studied and arranged artificial grottos.

Brin de corail né dans la grotte, fixé sur la voûte.

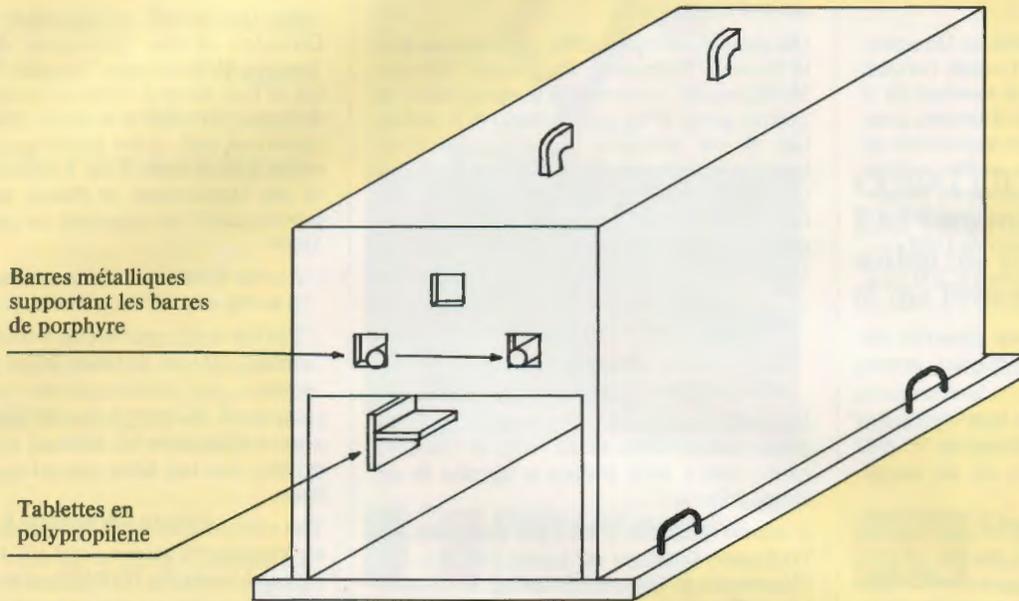
Filo di corallo nato nella grotta, fissato sulla volta.

Coral sprig born inside the grotto, fixed onto the vault.



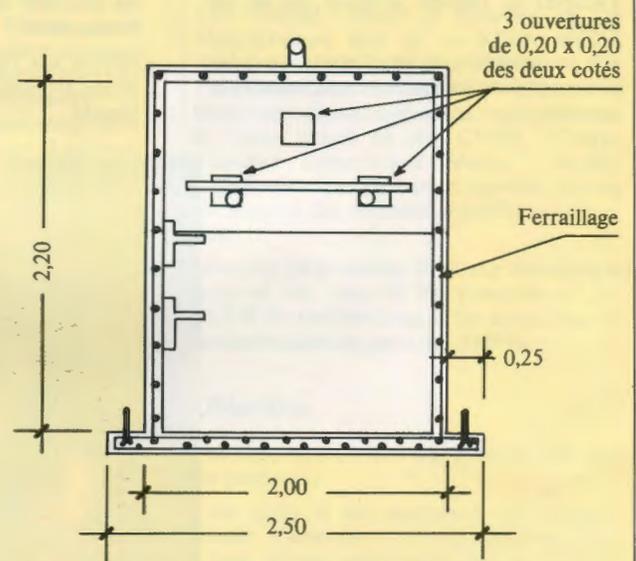
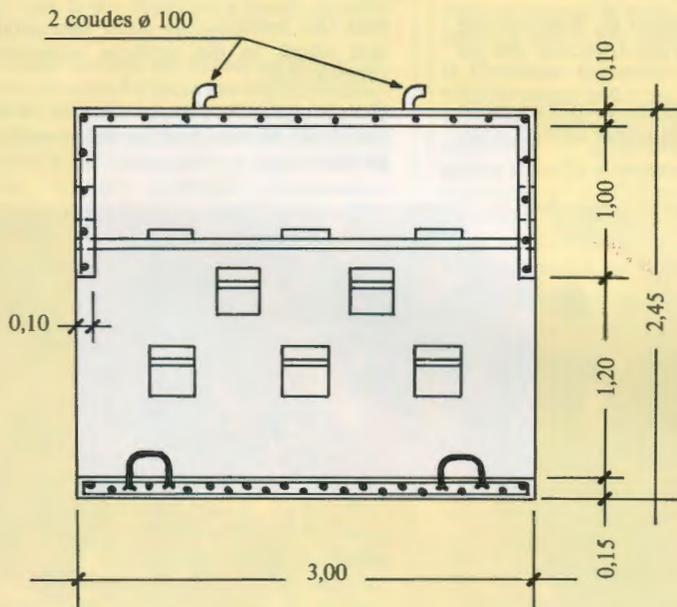
GROTTE ARTIFICIELLE A CORAIL ROUGE

FIGURE 2



COUPE LONGITUDINALE

COUPE TRANSVERSALE



PREMIERES EXPERIENCES D'ELEVAGE DE CORAIL ROUGE DANS LA RESERVE SOUS-MARINE DE MONACO

R. Cattaneo-Vietti, G. Bavestrello, M. Barbieri & L. Senes

Institut de zoologie de l'Université de Gènes Rue Balbi 5 - 16126 GENES (ITALIE)

Prime esperienze di allevamento di corallo rosso nella riserva sottomarina di Monaco.

First red coral breeding experiments in the Monaco underwater reserve.



La colonia B6 6 mois après le début de l'expérience (la zone couverte par des épibiontes n'a pas augmenté).

La colonia B6 dopo 6 mesi dall'inizio dell'esperimento (la zona coperta da epibionti non è aumentata).

The colony B6 six months after the beginning of the experiment (the area covered by epibionts has not increased).



Une colonie après presque deux ans (on note la croissance d'une Sertella à la base de la colonie, qui cependant semble être en bonnes conditions).

Una colonia dopo quasi due anni (si nota la crescita di una Sertella alla base della colonia che però appare in buone condizioni).

One colony after almost two years (we notice the growth of a Sertella at the base of the colony, which however appears in good conditions).



Introduction

La forte pression de pêche exercée sur le corail rouge (*Coralium rubrum*) en Méditerranée, a fait surgir de nombreuses préoccupations au niveau de la gestion de cette ressource, et, par conséquent, a suscité l'étude, sous différents points de vue, de cette espèce (FAO 1983, 1988) surtout dans les zones où son exploitation a été maximale.

Biologiquement parlant, il n'est probablement pas correct de considérer le corail rouge comme une espèce en voie de disparition (Cattaneo-Vietti *et al.*, in press), car de vastes populations sont encore largement répandues en Méditerranée, bien que n'étant généralement pas exploitables sur le plan commercial. La récolte globale elle aussi, a probablement peu varié ce siècle dernier: en 1875, selon Brehm (1907) 100 tonnes de corail ont été pêchées dans l'ensemble de la Méditerranée, tandis qu'en 1983, la récolte totale se chiffrait à 72,6 tonnes (FAO, 1988). La diminution enregistrée ces dernières années, est peut-être liée aux restrictions législatives récemment appliquées dans divers pays méditerranéens. Il faut cependant tenir compte que dans de nombreuses zones, le corail a disparu et la profondeur à laquelle il est pêché a ultérieurement augmenté durant ces dernières décennies, ceci étant la preuve d'un épuisement évident des bancs les plus superficiels. A la lumière de ces considérations, il apparaît aujourd'hui intéressant de vérifier la possibilité de bouturage de cette espèce, dans le but de transférer des colonies sur des zones où jusqu'alors le corail rouge était présent. La



Introduzione

La forte pressione di pesca esercitata sul corallo rosso (*Coralium rubrum*) in Mediterraneo ha fatto recentemente sorgere molte preoccupazioni sulla gestione di questa risorsa e, di conseguenza, indotto lo studio, sotto differenti punti di vista, di questa specie (FAO 1983, 1988), soprattutto in quelle aree in cui maggiore è stato lo sfruttamento.

Dal punto di vista biologico, non è probabilmente corretto considerare il corallo rosso una specie in pericolo di estinzione (Cattaneo-Vietti *et al.*, in press), perché ampie popolazioni sono ancora diffuse in gran parte del Mediterraneo, anche se generalmente non sfruttabili dal punto di vista commerciale. Probabilmente anche il raccolto globale è cambiato poco in quest'ultimo secolo: nel 1875, secondo Brehm (1907) sono state pescate 100 tonnellate di corallo in tutto il Mediterraneo, mentre nel 1983, il raccolto totale è stato di 72,6 tonnellate (FAO, 1988). La diminuzione registrata in quest'ultimi anni si può forse attribuire alle restrizioni legislative recentemente attuate in diversi paesi mediterranei. Bisogna però tener conto che in molte aree il corallo è scomparso e la profondità alla quale viene pescato è ulteriormente aumentata negli ultimi decenni, mostrando un evidente esaurimento dei banchi più superficiali.

Alla luce di queste considerazioni, appare oggi interessante verificare la possibilità di trapianto di questa specie allo scopo di trasferire colonie in zone dove il corallo rosso era presente. La ricostruzione di popolazioni



Introduction.

The strong fishing pressure exerted on the red coral (*Coralium rubrum*) in the Mediterranean, has recently generated numerous worries as far as the running of this resource is concerned, and, consequently, has given rise to the study, from different points of view, of this species (FAO 1983, 1988), above all in the areas where its exploitation has been highest.

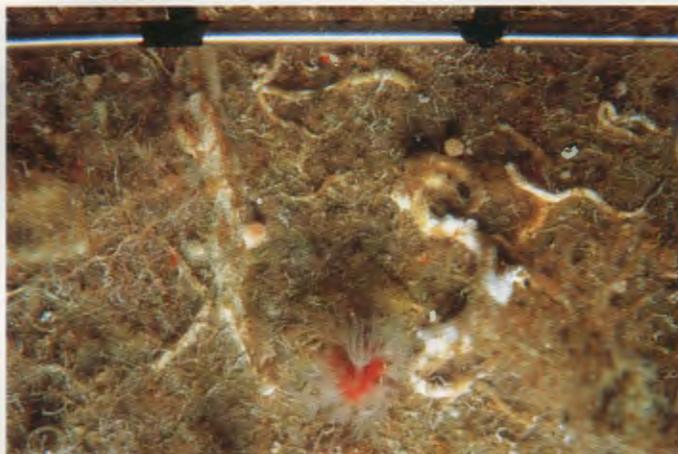
Biologically speaking, it is not probably correct to consider the red coral as a species in the process of extinction (Cattaneo-Vietti *et al.*, in press), because vast populations are still largely widespread within the Mediterranean, even if generally, they are not exploitable from the commercial point of view. Even the overall gathering has probably slightly varied during this last century: in 1875, according to Brehm (1907) 100 tons of coral were fished in the whole Mediterranean, compared with 1983 when the total gathering reached 72.6 tons (FAO, 1988). The decrease registered these last years is may be due to the legislative restrictions recently implemented in various mediterranean countries. However, we need to take into account that in numerous areas, the coral has disappeared and the depth at which it is caught has later increased during these last decades, revealing an obvious exhaustion of the most superficial reefs. Under the light of these considerations, nowadays, it appears interesting to check the transplantation possibility of this species, with the aim of transferring some colonies on areas where until then the red coral was present. The reconstitution of damaged or overex-



Une branche sur une pince d'une cornière métallique (on peut remarquer comment le coenenchyme a poussé sur la pince).

Un ramo su una molletta di una cornice metallica (si può notare come il coenenchima sia cresciuto sulla molletta).

A branch on a pincer of a metal corner (we can notice how the coenenchima has grown onto the pincer).



Une colonie née sur l'intra-dos du toit d'une grotte artificielle.

Una colonia nata sul tetto di una grotta artificiale.

A colony born on the roof of an artificial grotto.

reconstitution de populations marines endommagées ou surexploitées, a été menée avec succès avec d'autres espèces benthiques, parmi lesquelles, divers végétaux (Jeudy de Grissac, 1984), la grande Pinna, *Pinna nobilis* (Hignette, 1982), et des coraux hermatypiques (Hadisubroto, 1988). Des expériences de bouturage ont été réalisées sur les spongiaires (Wilkinson & Vacelet, 1979) et pour étudier leur plasticité phénotypique, sur des coraux hermatypiques (Foster, 1979). Le corail rouge, bien que dans les limites d'une intrinsèque lenteur de croissance, semble adapté à ce type de manipulation étant donné qu'il a fait preuve d'une surprenante tolérance à vivre (ou survivre ?) près de zones polluées (Harmelin *et al.*, 1987) et dans une expérience de transfert de gorgonacées (Weinberg, 1979), une colonie a été active pendant deux ans.

Les principaux objectifs de cette expérimentation peuvent être ainsi résumés:

- 1 - Vérifier si les colonies ou les simples branches de corail rouge (séparées de leur substrat naturel) peuvent vivre sur des substrats artificiels loin de leur milieu naturel.
- 2 - Vérifier l'éventuelle rapidité de croissance de ces colonies et leur capacité de reproduction dans ces conditions particulières et dans une différente position dans l'espace.
- 3 - Vérifier la fixation de planules sur différents types de substrats.
- 4 - Vérifier la gêne ou les dommages causés par les organismes à développement rapide et par les spongiaires perforants.
- 5 - Vérifier l'hypothèse de reconstitution de nouvelles populations dans des zones potentiellement propices, en utilisant des grottes artificielles comme "diffuseurs de larves".

Matériel et méthodes

En janvier 1989, ont été immergées quatre grottes artificielles en béton armé (Fig. 2), aimablement construites par l'Association Monégasque pour la Protection de la Nature (AMPN) dans la Réserve Sous-Marine de Monaco. Le contrôle permanent effectué à l'intérieur de la Réserve a pour but de faire de Monaco le lieu idéal pour ce type d'expérimentation qui nécessite de longues échéances.

Les grottes ont été placées dans deux zones différentes: deux d'entre elles ont été immergées au pied du tombant du Loew's, à 38 m de

marine danneggiata o sovrasfruttata è stata condotta con successo con altre specie bentoniche tra le quali diversi vegetali (Jeudy de Grissac, 1984), *Pinna nobilis* (Hignette, 1982), coralli ermatipici (Hadisubroto, 1988). Altri esperimenti di trasferimento sono stati condotti sui poriferi (Wilkinson & Vacelet, 1979) e, per studiare la loro plasticità fenotipica, su coralli ermatipici (Foster, 1979). Il corallo rosso, pur nei limiti di un'intrinseca lentezza di crescita, sembra adatto a questo tipo di manipolazione in quanto ha mostrato una sorprendente tolleranza a vivere (o sopravvivere?) vicino ad aree inquinate (Harmelin *et al.*, 1987) ed in un'esperienza di trasferimento di gorgonacei (Weinberg, 1979), una colonia è stata attiva per due anni.

I principali obiettivi di questa sperimentazione possono essere così riassunti:

- 1 - Verificare se le colonie o i singoli rami di corallo rosso (separate dal loro substrato naturale) possano vivere su substrati artificiali lontano dal loro ambiente naturale.
- 2 - Verificare l'eventuale velocità di crescita di queste colonie e le loro capacità riproduttive sotto queste peculiari condizioni e in una differente disposizione spaziale.
- 3 - Verificare l'insediamento di planule su differenti tipi di substrato.
- 4 - Verificare il disturbo o i danni causati dagli organismi a sviluppo rapido e dai poriferi perforanti.
- 5 - Verificare l'ipotesi di ricostruzione di nuove popolazioni in aree potenzialmente idonee usando grotte artificiali come "diffusori di larve".

Materiali e metodi

Nel gennaio 1989 sono state immerse quattro grotte artificiali in cemento armato (Fig. 2), gentilmente costruite dall'Association Monégasque pour la Protection de la Nature (AMPN) nella Riserva Sottomarina di Monaco. Il continuo controllo che viene svolto all'interno della Riserva fa sì che Monaco sia il luogo ideale per questo tipo di sperimentazione che necessita di tempi molto lunghi.

Le grotte sono state poste in due differenti zone: una coppia è stata immersa alla base della falesia del Loew's a 38 m. di profondità e l'altra coppia sul confine esterno della

plotted marine populations has been successfully carried out with other benthic species among which, various marine plants (Jeudy de Grissac, 1984), *Pinna nobilis* (Hignette, 1982), hermatypic corals (Hadisubroto, 1988). Other transferring experiments were made on spongiaires (Wilkinson & Vacelet, 1979) and to study their phenotypical plasticity, on hermatypic corals (Foster, 1979). The red coral, although within the limits of an intrinsic slowness of growth, seems to be adapted for this kind of manipulation seeing that it proved it has an amazing tolerance to live (or survive ?) near polluted areas (Harmelin *et al.*, 1987) and in a gorgoniidae transferring experiment (Weinberg, 1979), a colony remained active during two years.

The main purposes of this experimentation can be summarized as follows:

- 1 - To check if the colonies or single branches of red coral (separated from their natural substratum) could live on artificial substrata far from their natural environment.
- 2 - To check the possible growth rapidity of these colonies and their reproductive capacity under these particular conditions and in a different position in the space.
- 3 - To check the fixation of planulae on different kinds of substrata.
- 4 - To check the trouble or the damages caused by quick developing organisms and by the perforating spongiaires.
- 5 - To check the hypothesis of reconstituting new populations in potentially suited areas, by artificial grottos as larvae "spreaders".

Materials and methods

In January 1989, were immersed four reinforced concrete artificial grottos (Fig. 2), kindly built by the "Association Monégasque pour la Protection de la Nature" (AMPN) within the Monaco Underwater Reserve. The continuous controlling made inside the Reserve aims to transform Monaco into the ideal place for this kind of experimentation which requires long-term works.

The grottos were placed in two different areas: a couple of them were immersed at the foot of the Loew's cliff at a depth of 38 m. and the other couple at the external limit of the

profondeur et les deux autres à la limite externe de la Réserve du Larvotto, à 27 m de profondeur et à environ 600 m de distance du tombant du Loew's.

Les grottes ont été positionnées perpendiculairement les unes par rapport aux autres, pour vérifier l'éventuelle influence des courants tant perpendiculaires que parallèles au tombant. En mai 1989, ont été recueillies, le long du tombant du Loew's, 70 colonies ou de simples branches qui ont été fixées avec des boulons à des panneaux de polypropylène (Fig. 3A), en position horizontale et verticale. Les colonies utilisées étaient toutes de taille non-commercialisable. Leur âge moyen selon la méthode de Garcia-Rodriguez & Masso (1986) est d'environ six ans pour des colonies de 7,9 mm. Chaque panneau (60x19x3 cm) porte six colonies ou branches de corail rouge et sa surface a été rendue rugueuse pour favoriser la fixation des planules. Enfin, chaque colonie a été photographiée "in situ" avec un rapport de reproduction 1:3 tous les six mois.

Outre les colonies entières, ont été également utilisées de simples branches, parfois avec des épibiontes, pour vérifier d'éventuelles différences au niveau du taux de survie.

En octobre 1989 ont été placées à l'intérieur des grottes quatre cornières de fer, semblables à celles utilisées par Weinberg (1979), de 40 cm de côté avec une série de pinces de plastique (Fig. 3B) pour fixer de nouvelles colonies.

Résultats

En octobre 1989, six mois après le début de l'expérience, les colonies transplantées sont généralement saines et actives, mais un fort pourcentage (environ 50%) a été perdu à cause du système de blocage inadéquat. L'utilisation de boulons, en fait, a souvent provoqué la rupture de l'axe calcaire, et par conséquent la chute de la colonie même quelques heures après le bouturage. Le fait de ne pas avoir trouvé de colonies mortes attachées aux panneaux, conforte la thèse de la perte accidentelle. Le pourcentage de mortalité majeure (environ 70% des pertes totales) des simples branches par rapport aux colonies entières, est probablement à imputer à leur plus grande fragilité. Généralement, les colonies infestées ont bien supporté le bouturage,

Riserva del Larvotto, a 27 m. di profondità e a circa 600 m. di distanza dalla falesia del Loew's.

Le grotte sono state posizionate perpendicolarmente le une alle altre per verificare la possibile influenza delle correnti, sia perpendicolari che parallele alla falesia. Nel maggio 1989, sono stati raccolti lungo la falesia del Loew's 70 colonie o singoli rami e sono stati fissati con bulloni a pannelli in polipropilene (Fig. 3A), in posizione sia orizzontale che verticale. Le colonie utilizzate erano tutte di taglia non commerciale. La loro età media secondo il metodo di Garcia-Rodriguez & Masso (1986) è di circa sei anni per colonie di 7,9 mm. Ogni pannello (60 X 19 X 3 cm.) porta sei colonie o rami di corallo rosso e la sua superficie è stata resa ruvida per favorire l'insediamento delle planule. Infine ogni colonia è stata fotografata in situ con un rapporto di riproduzione 1:3 ogni sei mesi.

Oltre a colonie intere, sono state utilizzati anche singoli rami, talvolta con epibionti, per verificare eventuali differenze nel tasso di sopravvivenza.

Nell'ottobre 1989 sono state collocate all'interno delle grotte quattro cornici in ferro, simili a quelle usate da Weinberg (1979), di 40 cm. di lato con una serie di mollette di plastica (Fig. 3B) per fissare nuove colonie.

Risultati

Nell'ottobre 1989, a sei mesi dall'inizio dell'esperimento, le colonie trapiantate sono generalmente sane e attive, ma un'alta percentuale (circa il 50%) si è persa a causa dell'inadeguato sistema di bloccaggio. L'uso di bulloni, infatti, ha spesso causato la rottura dell'asse calcareo e, conseguentemente, la caduta della colonia, anche alcune ore dopo il trapianto. Il fatto di non aver trovato colonie morte attaccate ai pannelli sostiene la tesi della perdita accidentale. La percentuale di mortalità maggiore (circa il 70% delle perdite totali) dei singoli rami rispetto alle intere colonie è probabilmente da imputarsi alla loro maggiore fragilità. Generalmente le colonie infestate hanno sopportato bene il trapianto, con un'azione di inibizione dello sviluppo di organismi a crescita veloce.

Ad un anno dall'inizio della sperimentazione, si è verificata, all'interno della grotta, un'esplosione di fouling (idroidi del genere *Euden-*

Larvotto Reserve, at a depth of 27 m. and nearly 600 m. away from the Loew's cliff.

The grottos were perpendicularly positioned each others to check the possible influence of both perpendicular and parallel currents to the cliff. In May 1989, were gathered along the cliff of the Loew's 70 colonies or single branches which were fixed with bolts to polypropylene panels (Figure 3A), in horizontal and vertical positions. The colonies used were all of non-commercial size. Their average age according to the method of Garcia-Rodriguez & Masso (1986), is about six years old for 7.9 mm colonies. Each panel (60X19X3 cm) bears six colonies or branches of red coral and its surface was made rough to help the fixation of planulae. Then, each colony was photographed "in situ" with a reproduction ratio of 1:3 every six months.

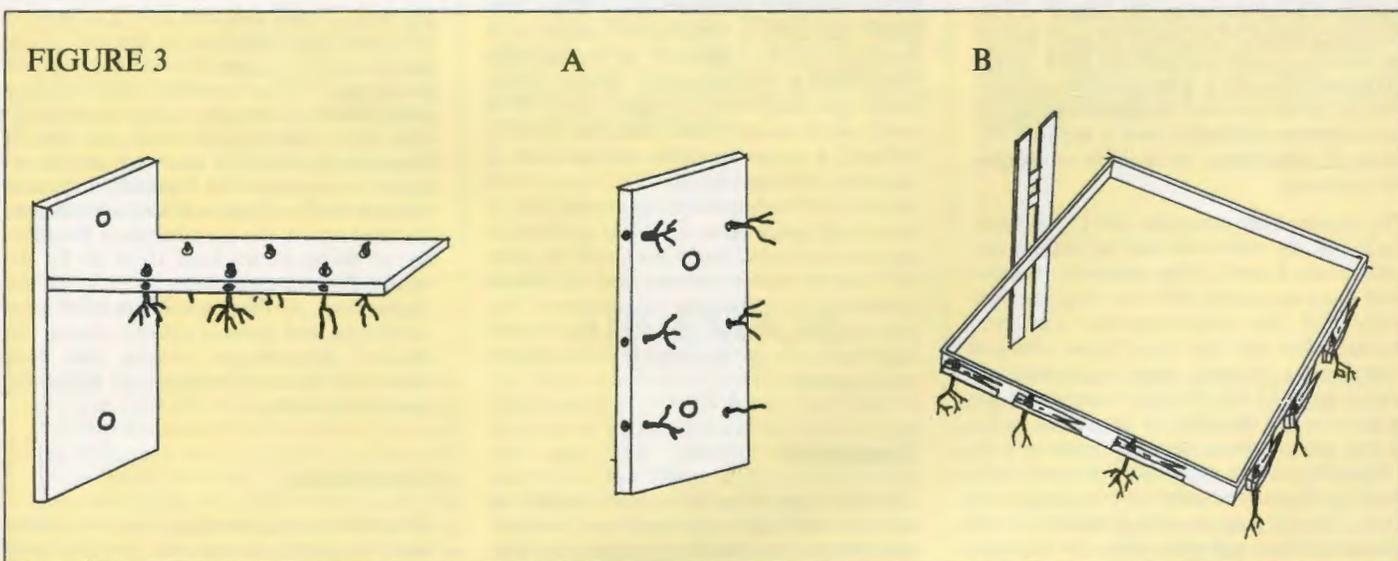
As well as entire colonies, were also used single branches, sometimes with epibionts, to check possible differences regarding the survival ratio.

In October 1989, were put inside the grottos four iron corners, similar to those used by Weinberg (1979), 40 cm. long on the side, with a set of plastic pliers (Figure 3B) for fixing new colonies.

Results

In October 1989, six months after the beginning of the experiment, the transplanted colonies are generally healthy and active, but a strong percentage (about 50%) was lost because of the inadequate system of locking. The use of bolts in fact, has often generated the rupture of the calcareous axis and, consequently, the fall of the colony even just a few hours after the transplantation. The fact of not having found dead colonies attached to the panels confirms the thesis of the accidental loss. The percentage of major mortality (about 70% of the total losses) of single branches compared with entire colonies is probably due to their major fragility. Generally, the infested colonies have well tolerated the transplantation, with an active action of inhibition towards the development of rapid growing organisms.

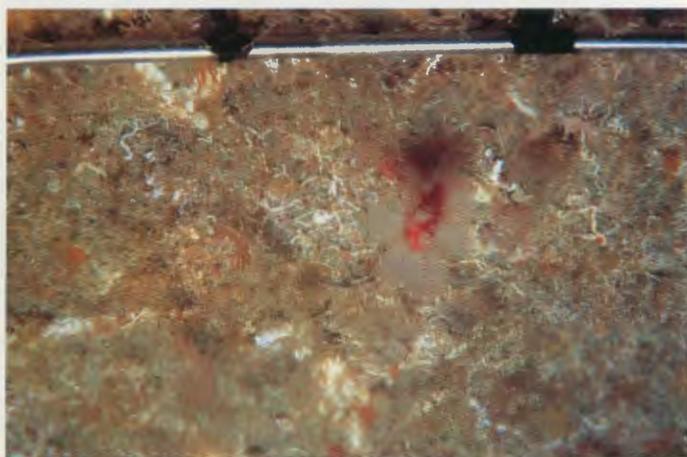
One year after the beginning of the experimentation, we noticed, inside the grotto, an explosion of "fouling" (hydroids of



Dessin des deux types de panneau de polypropylène (A) et d'une des cornières métalliques (B) utilisées pour l'expérience.

Disegno dei due di pannelli in polipropilene (A) e di una delle cornici metalliche (B) utilizzate nell'esperimento.

Design of the two kinds of polypropylene panels (A) and of one of the metallic corners (B) used for the experiment.



Une colonie née sur l'intra-dos du toit d'une grotte artificielle.
Una colonia nata sul tetto di una grotta artificiale.
A colony born on the roof of an artificial grotto.



Une colonie née sur un panneau de polypropylène.
Una colonia nata su un pannello in prolipropilene.
A colony born onto a polypropylene panel.

avec une action active d'inhibition du développement d'organismes à croissance rapide. Un an après le début de l'expérimentation, on a constaté à l'intérieur de la grotte, une explosion de "fouling" (hydroïdes du genre *Eudendrium*, l'alcyon *Parerythropodium coralloides*, spongiaires, bryozoaires (*Sertella* sp. et *Myriapora truncata*), polychètes (*Spirographis spallanzani* et *serpulidès*), ascidies (*Phallusia mamillata*) qui ont entièrement recouvert les parois de la grotte et toutes les structures, et, de façon particulière, les cornières de fer. Malgré cela, les colonies apparaissent actives et en mesure de s'opposer, autour de leur base, au développement de ces organismes. La perte de colonies (20 %) a diminué par rapport aux six mois précédents. Certaines colonies dans lesquelles étaient présentes des zones infestées de bryozoaires et serpulidés apparaissent en bonnes conditions et en mesure d'inhiber leur développement. D'autres colonies qui présentaient des signes de ruptures des branches, ont été en mesure de recouvrir par le coenenchyme, les parties découvertes au niveau des points de rupture.

En avril 1991, deux ans après le bouturage, aucune variation significative du nombre de colonies n'a été observée par rapport à l'année précédente, et les colonies sont encore en bonnes conditions dans les deux zones. Dans certains cas, il a été possible d'observer un développement du coenenchyme sur des supports artificiels, mais il apparaît difficile de déterminer un taux de croissance des colonies.

De nombreuses colonies (10-15 colonies/m²) ont été observées sur le plafond des grottes du Loew's. Une nouvelle colonie s'est fixée sur le côté inférieur d'un panneau horizontal de polypropylène. Certaines d'entre elles ont déjà une forme allongée (environ 12-16 mm), mais la plupart sont plus courtes (5-10 mm) et très aplaties sur le substrat. Le diamètre de l'axe varie de 3 à 5 mm compte tenu aussi de l'épaisseur du coenenchyme. Le nombre de polypes varie de 10 à 15 pour les colonies les plus petites et de 30 à 35 pour les plus grandes. Toutes les nouvelles colonies sont en bonnes conditions et présentent des polypes dilatés. Aucun phénomène de fixation n'a par contre été observé dans les grottes immergées dans la Réserve du Larvotto.

drium, l'alcionaceo *Parerythropodium coralloides*, poriferi, briozoi (*Sertella* sp. e *Myriapora truncata*), policheti (*Spirographis spallanzani* e *serpulidi*), ascidie (*Phallusia mamillata*) che hanno coperto interamente le pareti della grotta e tutte le strutture, ed in modo particolare le cornici di ferro. Cii nonostante le colonie appaiono attive e in grado di contrastare, all'intorno della loro base, lo sviluppo di questi organismi. La perdita di colonie (20 %) è diminuita rispetto ai sei mesi precedenti. Alcune colonie nelle quali erano presenti zone infestate da briozoi e serpulidi appaiono in buone condizioni ed in grado di inibire il loro sviluppo. Altre colonie che presentavano segni di rotture dei rami, sono state in grado di ricoprire con il coenenchima le parti scoperte nei punti di rottura.

Nell'aprile 1991, a due anni dal trapianto, non si sono osservate variazioni significative del numero di colonie rispetto all'anno precedente ed ancora le colonie si presentano in buone condizioni in entrambe le zone. In alcuni casi è stato possibile osservare uno sviluppo del coenenchima sui supporti artificiali, ma appare difficile determinare un tasso di crescita delle colonie.

Numerose piccole colonie (10-15 colonie/m²) sono state osservate sul soffitto delle grotte del Loew's. Una nuova colonia si è insediata sul lato inferiore di un pannello orizzontale di prolipropilene. Alcune di esse hanno già una forma allungata (circa 12-16 mm.), ma la maggior parte sono più corte (5-10 mm.) e molto appiattite sul substrato. Il diametro dell'asse varia dai 3 ai 5 mm. considerando anche lo spessore del coenenchima. Il numero di polipi varia da 10 a 15 per le colonie più piccole da 30 a 35 per quelle più grandi. Tutte le nuove colonie sono in buone condizioni e presentano polipi espansi. Nessun fenomeno di insediamento è stato invece osservato nelle grotte immerse nella Riserva del Larvotto.

Conclusioni

Colonie e rami di corallo rosso, trasferiti su substrati artificiali, sono vissuti per un lungo periodo (oltre due anni), mostrando una buona capacità di adattamento quando le condizioni di luce, idrodinamismo e sedimentazione sono ottimali come è avvenuto nelle grotte artificiali appositamente costruite.

the *Eudendrium* type, the *Parerythropodium coralloides* alcion, spongiae, bryosoa (*Sertella* sp. and *Myriapora truncata*), polychaeta (*Spirographis spallanzani* and *serpulidae*), ascidia (*Phallusia mamillata*) which have entirely covered the walls of the grotto and all the structures, and in a particular way, the iron corners. In spite of that, the colonies seem to be active and in a position to fight, around their base, against the development of these organisms. The loss of colonies (20 %) has decreased compared with the last six months. Some colonies, in which, areas infested by bryosoa and serpulidae, were present, appear in good conditions and capable of inhibiting their development. Other colonies which presented signs of branches ruptures, have been in a position to cover with the coenenchima, the uncovered parts towards the rupture points.

In april 1991, two years after the transplantation, no significant variations in the number of colonies have been noticed in comparison with the previous year, and the colonies are still in good conditions in both areas. In some cases, it has been possible to observe a development of the coenenchima on artificial supports, but it appears difficult to determine a growth rate of the colonies.

Numerous small colonies (10-15 colonies/m²) have been observed on the roof of the Loew's grottos. A new colony had settled on the lower side of an horizontal polypropylene panel. Some of them have already an elongated shape (about 12-16 mm), but most of them are shorter (5-10 mm) and very flat on to the substratum. The diameter of the axis varies from 3 to 5 mm. and this, according to the thickness of the coenenchima. The number of polyps varies from 10 to 15 for the smallest colonies and from 30 to 35 for the biggest ones. All the new colonies are in good conditions and present inflated polyps. No fixation phenomenon, besides, has been noticed in the grottos immersed within the Larvotto Reserve.

Conclusions

The colonies and branches of red coral, transferred on to artificial substrata, have lived over a long period (for more than two years) revealing a good adaptation capacity when the luminosity, hydrodynamism and sedimentation conditions are optimal as has occurred in the artificially constructed grottos.

Conclusions

Les colonies et les branches de corail rouge transférées sur des substrats artificiels ont vécu pendant une longue période (plus de deux ans), montrant 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.

L'évaluation du taux de croissance des colonies transplantées est complexe, en ce sens qu'il apparaît difficile de mesurer les colonies sans utiliser des méthodes destructrices. En outre, la profondeur à laquelle se déroulent les opérations ne permettant pas de longues permanences, rend difficiles les mesurages de nombreuses colonies. Les séries temporelles de photographies n'ont pas offert la précision suffisante pour mesurer des petites variations de diamètre et hauteur, surtout parce qu'interviennent des erreurs de parallaxe. Toutefois, le fait que le coenenchyme ait dans divers cas recouvert les parties brisées de la colonie et se soit élargi à sa base nous pousse à croire qu'il y a eu une activité de croissance, quand bien même modeste.

La présence de nouvelles colonies fixées à l'intérieur des grottes seulement deux ans après leur bouturage confirme les bonnes capacités d'adaptation de la planule, comme cela avait déjà été mis en évidence au laboratoire où ont été obtenues des fixations sur du verre (Giacomelli et al., 1989; Bianconi et al., 1988). En milieu naturel, des fixations sur des structures de fer (Palmulli, 1988) avaient été observées.

Toutefois, le corail rouge n'est pas une espèce pionnière et si la planule est placée dans des conditions de choix, elle se fixe sur un substrat naturel bien structuré: dans des grottes naturelles, seulement après 7-8 ans le *Corallium rubrum* a été en mesure de se fixer sur des substrats artificiels (Harmelin, 1980).

Si les planules fixées pendant l'expérimentation menée dans la Réserve de Monaco proviennent des colonies transplantées et non pas de celles présentes dans la paroi naturelle (j'attends cette contreverse, étant donné qu'aucune fixation n'a été vérifiée dans les grottes du Larvotto) elles ont certainement trouvé un substrat inadapté, mais n'étant pas en mesure de sortir de la grotte, elles ont été contraintes à s'y fixer (exactement comme cela arrive en laboratoire). Si cette hypothèse est vraie, le type et la nature du substrat apparaîtraient moins important que ce qui avait été précédemment retenu, et ceci favoriserait certainement les expériences de manipulation.

En conclusion, il est trop tôt pour soutenir que ce type d'expérience puisse être utilisé dans des programmes de recolonisation, mais le bon résultat obtenu tant en ce qui concerne la "manipulation" des colonies que le succès de 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.

La valutazione del tasso di crescita delle colonie trapiantate è complessa in quanto appare difficile misurare le colonie senza utilizzare metodi distruttivi. Inoltre la profondità a cui si svolgono le operazioni, non permettendo lunghe permanenze, rende difficili le misurazioni di numerose colonie. Le serie temporali di fotografie non hanno offerto la sufficiente precisione per misurare piccole variazioni in diametro ed altezza, soprattutto perché intervengono errori di parallasse. Tuttavia il fatto che il coenenchima abbia in diversi casi ricoperto le parti spezzate della colonia e si sia allargato alla base della stessa induce a credere che vi sia stata un'attività di crescita, seppur modesta.

La presenza di nuove colonie insediate all'interno delle grotte a solo due anni dal trapianto conferma le buone capacità adattative della planula, come era già stato messo in evidenza in laboratorio dove sono stati ottenuti insediamenti su vetro (Giacomelli et al., 1989; Bianconi et al., 1988). In ambiente naturale erano stati osservati insediamenti su strutture di ferro (Palmulli, 1988).

Tuttavia il corallo rosso non è una specie pioniera e se la planula è messa nelle condizioni di scegliere si insedia su un substrato naturale ben strutturato: in grotte naturali solo dopo 7-8 anni *Corallium rubrum* è stato in grado di insediarsi su substrati artificiali (Harmelin, 1980).

Se le planule insediate durante la sperimentazione condotta nella Riserva di Monaco provengono dalle colonie trapiantate e non da quelle presenti nella parete naturale (aspetto questo controverso, in quanto nessun insediamento si è verificato nelle grotte del Larvotto) certamente hanno trovato un substrato inadatto, ma non essendo in grado di uscire dalla grotta, sono state costrette da insediarsi (esattamente come succede in laboratorio). Se questa ipotesi è vera, il tipo e la condizione del substrato apparirebbe meno importante di quanto precedentemente ritenuto e ciò certamente favorirebbe le esperienze di manipolazione.

In conclusione, è troppo presto per sostenere se questo tipo di esperienza possa essere utilizzata in programmi di ricolonizzazione, ma il buon risultato ottenuto sia per quanto riguarda la "manipolazione" delle colonie che il successo d'insediamento in così poco tempo, autorizza a essere ottimisti per una futura utilizzazione di queste grotte come "diffusori" di larve per esperienze di reintroduzione del corallo in zone da cui è scomparso.

ADDENDUM

Depuis la rédaction de cet article, les plongeurs de l'AMPN ont constaté la présence de jeunes colonies de corail au plafond des grottes immergées dans la réserve du Larvotto. Etant donné l'absence de colonies naturelles dans cette zone, cette observation signifie que les colonies transplantées sont effectivement à l'origine des nouvelles colonies fixées au plafond. Ainsi ce type de grotte artificielle semble bien fonctionner en tant que diffuseur de jeunes larves.

Fin dalla redazione di quest'articolo, i sommozzatori dell'AMPN hanno constatato la presenza di giovani colonie di corallo al soffitto delle grotte immerse nella riserva del Larvotto. Vista l'assenza di colonie naturali in questa zona, quest'osservazione significa che le colonie trapiantate sono effettivamente all'origine delle nuove colonie fissate al soffitto. Così, questo tipo di grotta artificiale sembra funzionare bene come diffusore di giovani larve.

La valutazione del tasso di crescita delle colonie trapiantate è complessa in quanto appare difficile misurare le colonie senza utilizzare metodi distruttivi. Inoltre la profondità a cui si svolgono le operazioni, non permettendo lunghe permanenze, rende difficili le misurazioni di numerose colonie. Le serie temporali di fotografie non hanno offerto la sufficiente precisione per misurare piccole variazioni in diametro ed altezza, soprattutto perché intervengono errori di parallasse. Tuttavia il fatto che il coenenchima abbia in diversi casi ricoperto le parti spezzate della colonia e si sia allargato alla base della stessa induce a credere che vi sia stata un'attività di crescita, seppur modesta.

The estimation of the growth rate for the transplanted colonies is complex in that, it appears difficult to measure the colonies without using destructive methods. Furthermore, the depth at which the operations are carried out, non enabling long-term permanences, makes difficult the measurements of numerous colonies. The temporal series of photographs have not given out the sufficient precision to measure small variations of diameter and height, above all because some parallax mistakes arise. However, the fact that the coenenchima has, in various cases covered the broken parts of the colony and has enlarged at its base, makes us believe that there has been, even if modest, a growth activity.

The presence of new colonies settled inside the grottos only two years after their transplantation confirms the good adaptation capacities of the planula, as it has already been highlighted in laboratory where fixations on glass have been obtained (Giacomelli et al., 1989; Bianconi et al., 1988). In natural environment, some fixations onto iron structures (Palmulli, 1988), had been observed.

However, the red coral is not a pioneer species and if the planula is placed in choice conditions, it settles onto a well structured natural substratum: in natural grottos just after 7-8 years, the *Corallium rubrum* has been in a position to settle onto artificial substrata (Harmelin, 1980).

If the planulae settled during the experimentation carried out within the Monaco Reserve are coming from the transplanted colonies and not from the ones present in the natural wall (we are waiting for this controversy, as no fixation has been checked in the Larvotto grottos) they have certainly found an inadequate substratum, but not being capable of going out of the grotto, they have been forced to settle there (exactly as it occurs in laboratory). If this hypothesis is true, the type and the condition of the substratum would appear less important than what had been previously retained, and this would certainly help the manipulation experiments.

In conclusion, it is too early to assert that this kind of experiment could be used in recolonization programs, but the good result obtained regarding both the "manipulation" of the colonies and the success in the settlement, in such a short-term, enables us to feel optimistic for a future utilization of these grottos as larvae "spreaders" for experiments of coral reintroduction in areas from where it has disappeared.

Since the drawing up of this article, the divers of the AMPN have been noticing the presence of young colonies of coral on the ceiling of the grottos immersed in the Larvotto reserve. In view of the absence of natural colonies in this area, this observation means that the transplanted colonies are actually at the origin of the new colonies fixed onto the ceiling. So this type of artificial grotto seems to run well as spreaders of young larvae.

BIBLIOGRAPHIE (Bibliografia, References)

- Bianconi C. H., G. Rivoire, A. Stiller & C.-F. Boudouresque.** (1988). Le corail rouge, *Corallium rubrum* L., dans la réserve naturelle de Scandola. Trav. Scient. Parc Nat. Rég. Res. Nat. Corse. 16: 80 pp.
- Brehm A.E.** (1907). La vita degli animali. Vol. 10. Unione Tipografico-Editrice Torinese. 729 pp.
- Cattaneo-Vietti R., L. Senes & F. Cicogna** (in press). Is the Red Coral a threatened species? Atti Congresso UZI, Palermo Novembre 1990.
- FAO.** (1983). Technical consultation on red coral resources of the Western Mediterranean and their rational exploitation. FAO, Fish. Rep. 306: 1-142.
- FAO.** (1988). GFCM Technical consultation on red coral of the Mediterranean. FAO. 413: 1-162.
- Foster A.B.** (1979). Phenotypic plasticity in the reef corals *Montastraea annularis* (Ellis & Solander) and *Siderastrea siderea* (Ellis & Solander). J. exp. mar. Biol. Ecol. 39: 25-54.
- Garcia-Rodriguez M. & C. Masso.** (1986). Algunas bases para la determinación directa de la edad del coral rojo (*Corallium rubrum* L.) del Mediterraneo. Boll. Inst. Esp. Oceanogr. 3(4): 75-82.
- Giacomelli S., G. Bavestrello & F. Cicogna** (1988). Experience in rearing *Corallium rubrum*. FAO, Fish. Rep. 413: 57-58.
- Hadisubroto I.** (1988). A trial improvement on coral reef in Jepara. In: "Regional Workshop on artificial reefs development and management". Penang, Malaysia ASEAN/UNDP/FAO, Manila, Philippines. pp 93-96.
- Harmelin J.G.** (1980). Etablissement des communautés des substrats durs en milieu obscur. Résultats préliminaires d'une expérience à long terme en Méditerranée. Biol. Mare. Océanogr. Messina 10 (suppl.) 29-52.
- Harmelin J.G., J. Vacelet & C. Petron** (1987). Méditerranée vivante. Ed. Glénat. 259 p.
- Hignette M.** (1982). Croissance de *Pinna nobilis* L. (Mollusque, Eulamellibranche) après implantation dans la réserve sous-marine de Monaco. Comp.-Rend. 28° Cong. CIESM, Cannes, pp 201-202.
- Jeudy de Grissac A.** (1984). Essais d'implantation d'espèces végétales marines: les espèces pionnières, la posidonie. In: "Int. Workshop Posidonia oceanica Beds", Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A. & Olivier J. (Eds). GIS Posidonie: 431-436.
- Palmulli D.** (1988). Situation de *Corallium rubrum* dans les eaux qui entourent le promontoire de Porto Fino.(Ge.) FAO - Fiche Rep. N° 413 - 7981
- Weinberg S.** (1979). Transplantation experiments with Mediterranean gorgonians. Bijdr. Tot. de Dierk. 49(1): 31-41.
- Wilkinson C.R. & J. Vacelet** (1979). Transplantation of marine sponges to different conditions of light and current. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 37: 91-104.



Pour améliorer le système de fixation des brins de corail, un essai est en cours depuis plusieurs mois. Il consiste à rem-

placer les panneaux de polypropylène par des barres de porphyre noir (épaisseur 40 mm), dans lesquelles ont été faits des trous de 15 à 20 mm placés en quinconce. Dans ces trous a été coulée une résine spéciale (Devcon) qui assure une excellente prise en milieu humide marin. Les colonies de corail ainsi fixées ont toutes survécues, mais il faut encore les surveiller pour vérifier si le taux de survie se maintient à ce stade.

Nous tenons à remercier ici la Direction et les Services Techniques du Musée océanographique de Monaco pour leur précieuse collaboration et leurs conseils qui nous ont permis de mener à bien cette partie de l'expérience en cours.

Depuis la mise en place de ces barres de porphyre (19 mai 1991) le suivi photographique du corail transplanté est assuré par Mr. Jean Michel Mille, champion de France de photos sous-marines. Les résultats positifs de ces observations figurent sur les photos ci-après. Nous lui renouvelons nos remerciements pour la qualité de ces images.

Remerciements

Les auteurs remercient M. Eugène Debernardi, Président de l'Association Monégasque pour la Protection de la Nature et M. le Docteur Denis Allemand, Conseiller Scientifique, Trésorier de l'Association, pour leur soutien économique, l'aide dans le travail sur le terrain et leurs précieux conseils.

Colonies de corail fixées avec la résine Devcon sur les barres de porphyre.

Colonia di corallo fissata colla resina Devcon sulle barre di porfido.

Coral colonies fixed with Devcon resin onto the porphyry bars.



A questo merito, e per migliorare il sistema di fissaggio dei fili di corallo, si sta facendo una prova da parecchi mesi. Consiste nel

sostituire i pannelli di polipropilene con delle barre di porfido nero (spessore 40 mm), nelle quali sono stati fatti dei buchi di 15 a 20 mm disposti in quinconce. In questi buchi è stata versata una resina speciale (Devcon) che assicura un'eccellente presa in ambiente umido marino. Le colonie di corallo così fissate sono tutte sopravvissute, ma devono ancora essere sorvegliate per verificare se il tasso di sopravvivenza si mantiene a questo stadio.

Teniamo a ringraziare qua, la Direzione ed i Servizi Tecnici del Museo oceanografico di Monaco per la loro preziosa collaborazione ed i loro consigli che ci hanno permesso di portare a termine questa parte dell'esperimento iniziato.

Fin dalla sistemazione di queste barre di porfido (19 maggio 1991) il seguire fotografico del corallo trapiantato viene assicurato dal Signor Jean-Michel Mille, campione di Francia di fotografia sottomarina. I risultati positivi di queste osservazioni figurano sulle fotografie qui sotto. Gli rinnoviamo i nostri ringraziamenti per la qualità di queste immagini.



For that matter and in order to improve the system of fixation of coral sprigs, a testing has been

launched for several months. It consists in replacing the polypropilene panels with bars made of dark porphyry (40 mm thickness) in which holes from 15 to 20 mm were made and placed in staggered rows. Into these holes was poured a special resin (Devcon) which assures an excellent grip in a damp marine environment. All coral colonies fixed in that way survive, but we still need to keep an eye on them to check if the survival rate is holding steady at this level.

We wish to thank here the Direction and the Technical Departments of the Oceanographic Museum of Monaco, for their precious collaboration and their advice which have enabled us to carry out this part of the started experiment.

Since the setting up of these porphyry bars (May 19th, 1991) the photographic keeping up of the transplanted coral has been provided by Mr Jean-Michel Mille, champion of France for underwater photographs. The positive results of these observations appear on the hereunder photographs. We are renewing our thanks to him for the quality of these pictures.





*Corail implanté sur barre de porphyre.
Corallo impiantato su base di porfido.
Coral implanted on porphyry base.*



*Colonie de jeunes pousses ▲
fixées à l'intrados de la voûte.
Colonia di giovani germogli
fissati all'intradosso della volta.
Colonies of young shoots
fixed at the intrado of the vault.*

*Corail implanté sur barre de porphyre.
Corallo impiantato su barra di porfido.
Coral implanted onto porphyry bar.*



Lors de la plongée effectuée le 11 février 1992 par le Commandant Roy, Secrétaire Général du Musée Oceanographique de Monaco, 150 jeunes colonies ont été dénombrées à l'intrados de la voûte de la grotte ouest (longueur de 15 à 30 mm).

Durante la visita fatta l' 11 Febbraio 1992 dal Comandante Roy, Segretario Generale del Museo Oceanografico del Principato di Monaco, sono state trovate 150 giovani colonie fissate all'intradosso della volta della grotta ovest (lunghe da 15 a 30 mm).

During the diving séance effected on the 11th February, 1992 by the Commander Roy, General Secretary of the Oceanographic Museum of Monaco, 150 young colonies were counted at the intrado of the vault of the west grotto (from 15 to 30 mm long).



*Jeunes pousses fixées sur la résine Devcon à proximité d'un implant.
Giovani germogli fissati sulla resina Devcon vicino ad un innesto.
Young shoots fixed onto Devcon resin near an implant.*



*Jeunes pousses fixées sur une barre de porphyre.
Giovani germogli fissati su una barra di porfido.
Young shoots fixed onto a porphyry bar.*

Implantation de *Pinna Nobilis* dans la Réserve Sous-Marine de Monaco afin d'augmenter le nombre des géniteurs.

Expérience engagée par Melle Béatrice de Gaulejac sous la direction de Monsieur le Professeur Nardo Vicente, Directeur du Centre d'Etude des Ressources Animales Marines (Faculté des Sciences et Techniques de Saint Jérôme - 13397 Marseille Cedex 13)

A l'initiative de M. le Professeur Nardo Vicente qui a effectué de nombreuses plongées dans la Réserve de Monaco, une expérience portant sur l'introduction de *Pinna nobilis* (grande nacre de Méditerranée) pour tenter de rétablir le stock de ces bivalves quelque peu amoindri malgré les travaux de M. Michel Hignette effectués en 1983, a été engagée dans notre zone protégée.

Une convention d'intervention a été préalablement passée le 20 juin 1990 entre l'AMPN et le CERAM. Le chercheur affecté à cette opération, Melle Béatrice de Gaulejac a pu ainsi dès le mois de décembre 1990 commencer ses interventions. Elles sont relatées dans l'exposé ci-après.

INTRODUCTION

Pinna nobilis LINNE est d'un grand intérêt sur le plan biologique et écologique; cette espèce participe à l'écosystème "herbier de Posidonies", dont la régression entraîne la précarité des *Pinna* sur le littoral méditerranéen.

Pinna nobilis se raréfie sur les côtes françaises de la Méditerranée. Victime des plongeurs amateurs, sa coquille fragile est de plus très vulnérable face aux chaluts ou ancres de bateaux.

L'étude de la coquille larvaire a suggéré une très courte durée de vie planctonique, limitant les possibilités de dispersion de *Pinna*. Un milieu présentant des conditions favorables au développement de *Pinna nobilis* mais dépourvu d'individus adultes ne pourra plus être recolonisé par l'espèce, ou très difficilement (de Gaulejac et Vicente, 1990). Des essais d'implantation de *Pinna nobilis* menés à bien en Corse nous ont conduit à renouveler l'expérience dans la Réserve sous-marine de Monaco,

milieu présentant les conditions favorables au développement de l'espèce.

MATERIEL ET METHODES.

1. Présentation de l'espèce.

Pinna nobilis (L., 1758) mollusque bivalve appelé communément Nacre ou Jambonneau de mer, figure parmi les plus grands coquillages existants dans le monde; sa hauteur peut atteindre 100 cm dans certains secteurs (Corse). ▷



Elle se rencontrait jadis partout en Méditerranée, à faibles profondeurs. La coquille de *Pinna nobilis* est de forme approximativement triangulaire avec une pointe très effilée. Le bord antérieur est arrondi. Les jeunes individus possèdent des épines qui au cours de la croissance sont érodées, l'aspect de la valve devenant lisse.

L'animal vit fiché dans le sédiment par la pointe; le byssus extrêmement développé se fixe aux grains de sable et aux rhizomes de Posidonies.

Ce byssus, réputé pour sa solidité, était utilisé en Corse et en Italie pour tisser des gants, et aurait servi à la confection de la mythique toison d'or.

2. Prélèvements et implantations.

Dix *Pinna nobilis* prélevées dans l'étang de Diana (Corse) ont été implantées dans la Réserve sous-marine de Monaco en décembre 1990.

Le transport s'est effectué dans des bidons d'eau de mer saturée en oxygène. La hauteur totale des individus implantés varie entre 28,5 et 38 cm.

Deux sites d'implantation ont été choisis:

- site 1: derrière la pointe du Sporting-Club, entre 13 et 15 m de fond, à proximité du récif artificiel;
- site 2: avant la pointe, face à la plage, entre 14 et 16 m de fond en bordure des éboulis.

Les individus sont plantés dans le sédiment jusqu'à l'extrémité proximale de leur byssus; la hauteur de coquille dépassant du substrat est notée.

Chaque *Pinna nobilis* est marquée par une étiquette en aluminium fixée par un collier en matière synthétique autour de la coquille au niveau du sédiment.

Un flotteur blanc "repère" dépassant de l'herbier est fixé à proximité de chaque *Pinna*.

Une plongée de contrôle le lendemain de l'implantation a permis de vérifier la survie des individus et la reprise de la filtration (valves entrebaillées), qui assure la capture des particules nutritives.

3. Prospection en d'autres zones de la Réserve.

La prospection s'effectue par la méthode du simple parcours en palment à quelques mètres au dessus de l'herbier.

Trois zones ont été prospectées:

- herbier entre 12 et 14 m de fond dans la partie ouest de la Réserve;
- zone de faible profondeur entre -5 et -8 m, constituée d'herbier dense, de zones rocheuses et de taches de sable;
- par 15 m de fond dans la zone où 26 *Pinna nobilis* ont été implantées dans l'herbier en 1979 (Hignette, 1983).

Les *Pinna* rencontrées sont mesurées,



Pinna nobilis et son repérage - Photo: B de Gaulejac.

marquées et balisées.

RESULTATS ET DISCUSSION.

1. Implantation et croissance.

Trois mois après leur implantation les 10 *Pinna nobilis* introduites dans la Réserve sont retrouvées vivantes à côté de leur flotteur repère.

Quatre individus solidement ancrés au sédiment se sont enfoncés de 2 à 4 cm dans le sable, indiquant une reprise d'activité de leur byssus.

L'observation d'une croissance périostacale (voile transparent au sommet des valves) atteignant un demi centimètre indique un bon état de santé des individus et la reprise de leur activité biologique (nutrition, croissance).

La survie de tous les individus implantés dans la Réserve indique de bonnes conditions de milieu, ainsi que la faible présence de prédateurs, particulièrement le poulpe (*Octopus vulgaris*) entraînant habituellement une forte mortalité des *Pinna* implantées (jusqu'à 80 %).

2. Prospection.

Elle a permis la découverte de 5 individus de hauteur totale estimée comprise entre 21 et 52 cm (Moreteau et Vicente, 1982).

Cet éventail de taille montre que le recrutement de *Pinna nobilis* a lieu dans la Réserve de Monaco régulièrement depuis 7 ans environ.

Aucune *Pinna* introduite en 1979 n'a été retrouvée. Au moment de leur implantation ces individus avaient une taille relativement importante (35 à 60 cm de hauteur totale) et il semble possible qu'ils aient disparu de mort naturelle.

L'observation de coquilles de *Pinna* présentes à l'état naturel dans la Réserve de Monaco montre que leur morphométrie est identique à celles rencontrées en milieu ouvert, plus larges et plus

effilées que la coquille des *Pinna* de l'étang de Diana.

CONCLUSION.

Le suivi des *Pinna nobilis* implantées dans la Réserve permettra de comparer leur croissance à celle d'individus introduits dans d'autres milieux, ainsi qu'à des populations présentes naturellement.

L'étude des microstructures de la coquille peut offrir des possibilités d'investigation très importantes; elle pourrait permettre de connaître les modalités de croissance en fonction des conditions physico-chimiques du milieu.

La découverte de *Pinna nobilis* de hauteur variable dans la Réserve montre que le recrutement s'effectue et que les conditions de milieu sont favorables à l'espèce.

L'implantation de *Pinna* adultes, aptes à la reproduction devrait amplifier le recrutement des juvéniles, entraînant un développement important de cette espèce menacée dans le milieu protégé que constitue la Réserve sous-marine de Monaco.

BIBLIOGRAPHIE.

de GAULEJAC, B. & VICENTE, N. (1990). Ecologie de *Pinna nobilis* (L.) mollusque bivalve sur les côtes de Corse. Essais de transplantation et expériences en milieu contrôlé. *Haliotis*, 10: 83-100.

HIGNETTE, M. (1983). Croissance de *Pinna nobilis* L. (mollusque eulamellibranche) après implantation dans la Réserve sous-marine de Monaco. *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.*, 28: 3.

MORETEAU, J.C. & VICENTE, N. (1982). Evolution d'une population de *Pinna nobilis* L. (Mollusca, Bivalvia). *Malacologia*, 22 (1-2): 341-345.

Description des Récifs Artificiels de la Réserve de Monaco en Images de Synthèse 3D

Jean de Vaugelas, Françoise Loquès et Grigor Obolensky
AquaScience-UNSA, Club de Plongée Scientifique
de l'Université de Nice, Valrose, 06108 Nice Cedex 2

INTRODUCTION

Dans un article du Monde de la Mer (n° 21 - août 1985) intitulé "Monaco: le grand prix de la Réserve", M. Jean-Michel Mille décrivait, avec de très belles photos à l'appui, "un espace délimité où toute action polluante est interdite, la réserve sous-marine de la Principauté, ouverte aux seuls scientifiques". Bienheureux les scientifiques, mais les autres ! Tous les plongeurs passionnés, et tous les amoureux de la mer, qui entendent parler de ce sanctuaire depuis des années sans pouvoir espérer le visiter...

Comme le dit philosophiquement le spot publicitaire d'une grande firme, "le progrès ne vaut que s'il est partagé par tous". Encore faut-il que ce partage ne s'effectue pas au détriment même de la chose partagée, ce qui serait inévitable si un large accès à la Réserve de Monaco était rendu possible (dérangement des espèces, déprédations...).

La réponse à ce désir du public de mieux connaître le patrimoine naturel de la Principauté a été de multiplier les occasions de mieux faire connaître cette Réserve, par tous les moyens de communication appropriés (photos, films, conférences, congrès scientifiques, expositions...). Toutes ces actions, menées depuis des années par l'AMPN, ont contribué au renom de cette zone protégée.

La limite de cette approche, nécessaire mais non suffisante, vient du fait que le spectateur ne peut jamais devenir un acteur à part entière. Une prise de vue ou une photographie, si belles soient elles, sont des documents statiques que l'on ne peut plus faire varier une fois qu'ils ont été fixés sur la pellicule. Cependant, le spectateur aimerait souvent pouvoir arrêter le film et continuer l'observation dans une autre direction, faire varier à l'infini le point de vue, en somme explorer les objets que le film ne fait qu'effleurer.

Il fallait donc trouver une voie nouvelle pour tenter de répondre à ce challenge: comment faire visiter la Réserve à des milliers de personnes sans entraîner une dégradation irréversible de ce milieu fragile ?

Une telle équation peut être partiellement résolue par le recours aux mondes virtuels issus de l'imagerie de synthèse tridimensionnelle. C'est ce projet qui a été proposé en 1991 aux responsables de la Réserve par l'association AquaScience-UNSA, Club de Plongée Scientifique de l'Université de Nice-Sophia Antipolis.

Réaliser une "maquette informatique"...

Le projet d'AquaScience, en cours de réalisation et dont nous présentons ici les résultats préliminaires, consiste à réaliser une "maquette informatique" de la Réserve et de tous les récifs artificiels immergés au fil des années (une quarantaine en tout). ▷

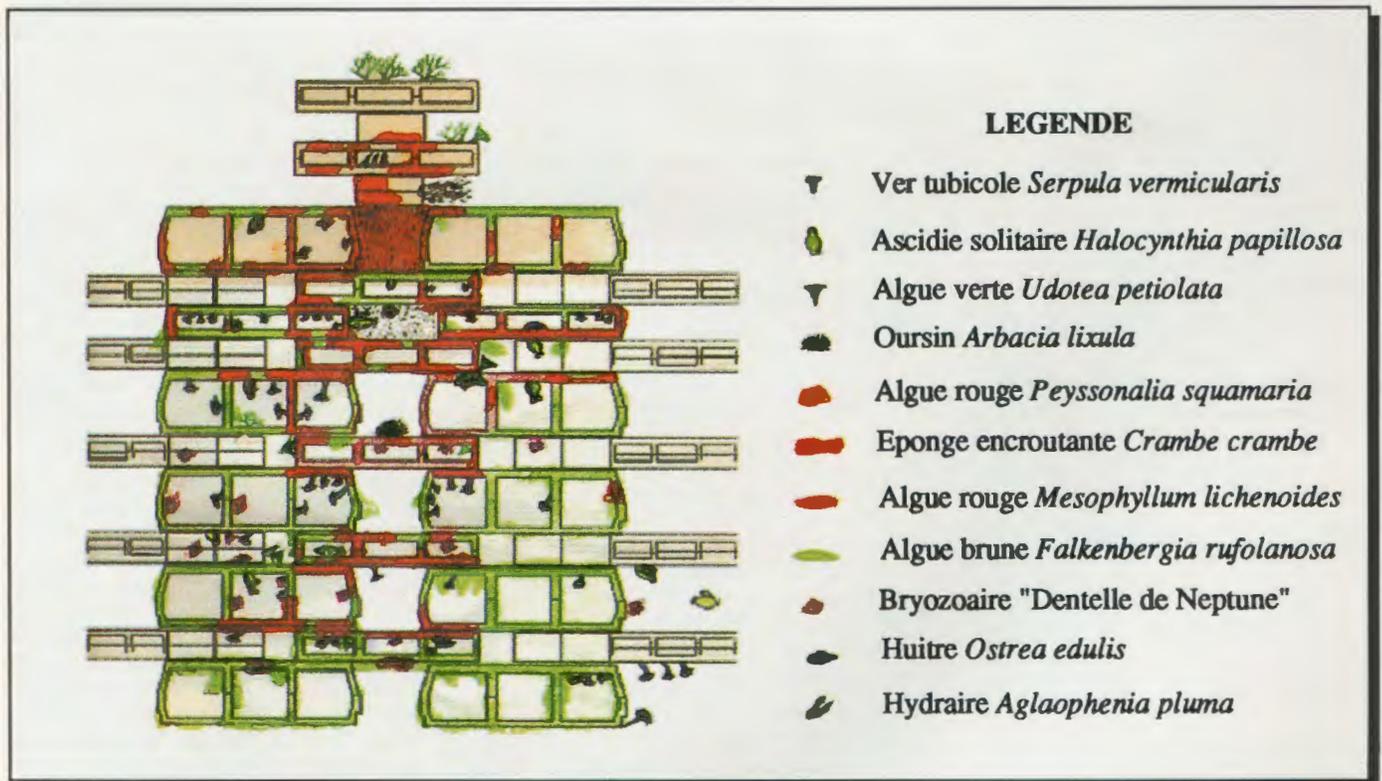


Figure 1 : Répartition des espèces végétales et animales fixées sur la face Ouest du récif alvéolaire situé à 14 m (relevé F. Loquès).

Mais qu'est-ce qu'une "maquette informatique" ? Pour répondre à cette question, il est nécessaire au préalable de définir quelques-uns des termes employés ci-dessus :

- **images de synthèse tridimensionnelles**: appelées plus communément "images 3D", elles sont entièrement créées dans l'ordinateur à l'aide d'un logiciel de graphisme 3D, et reproduisent un objet décrit géométriquement dans un espace à trois dimensions (x, y, z). Pour construire l'objet 3D on se sert d'un "modeleur". Pour le rendre plus réaliste on plaque ensuite dessus des couleurs et des trames. C'est ainsi qu'ont été réalisés l'androïde métallique du film "Terminator II" ou la créature semi-aquatique du film "Abyss", pour ne parler que des deux plus récents succès d'images de synthèse utilisées pour des effets spéciaux "plus vrais que nature".

Une fois l'objet créé, le modeleur permet de le faire pivoter dans l'espace, de l'observer sous toutes ses faces, de le regarder de près ou de s'en éloigner, de le photographier et même de filmer ses mouvements et déplacements.

- **mondes virtuels**: parfois dénommés "réalité virtuelle" ou "environnements virtuels", ils n'existent que dans l'ordinateur et sont la reconstitution complète, en images de synthèse 3D, de milieux plus ou moins complexes. L'intérêt des "mondes virtuels" est qu'ils peuvent, moyennant l'utilisation de casques et de gants spéciaux, donner à l'utilisateur l'impression qu'il évolue réellement au sein de ce monde tridimensionnel. La "maquette informatique" de la Réserve serait un "monde virtuel" simulant la vraie Réserve et dans lequel le spectateur-acteur pourrait se déplacer à sa guise.

Un récif alvéolaire comme modèle de départ...

La réalisation de ce projet passe par plusieurs phases décrites ci-après. Nous insistons cependant sur le caractère préliminaire des résultats exposés. En particulier l'aspect un peu froid et géométrique des objets 3D tient au fait que nos moyens de calcul sont actuellement trop limités pour pouvoir aborder la phase de "rendu réaliste" qui permet d'habiller les objets et de les rendre très proches de la réalité. Cependant cette phase d'habillage pourra être menée ultérieurement, l'essentiel étant, dans un premier temps, la création des objets eux-mêmes avec le "modeleur".

Phase 1: Acquisition des données

Le récif choisi est de type "hourdis alvéolaires", réalisé par un empilement octogonal de parpaings dont l'assemblage des faces (2 m de haut par 1,5 m de large) délimite un puits central de 1 m² (photo 1 et Debernardi, 1987). Ce récif est placé à une profondeur de 14 m, le long du flanc Sud-Est de la digue du Sporting.

La première phase du projet a consisté à relever le plan précis de ce récif, en se basant sur des observations et des mesures en plongée comprenant :

- un relevé du positionnement spatial des diverses parties du récif,

- la mesure des dimensions des parpaings de manière à les recréer en image de synthèse 3D,

- la carte du recouvrement des diverses surfaces par les végétaux et les animaux fixés. Seules les surfaces externes ont été décrites.

Toutes ces observations et mesures ont été traduites sous forme de dessins et de symboles sur des ardoises de plongée. Par ailleurs, des photographies de toutes les faces ont été prises par Grigor Obolensky avec un Nikonos V, pour permettre de préciser la répartition fine de certains

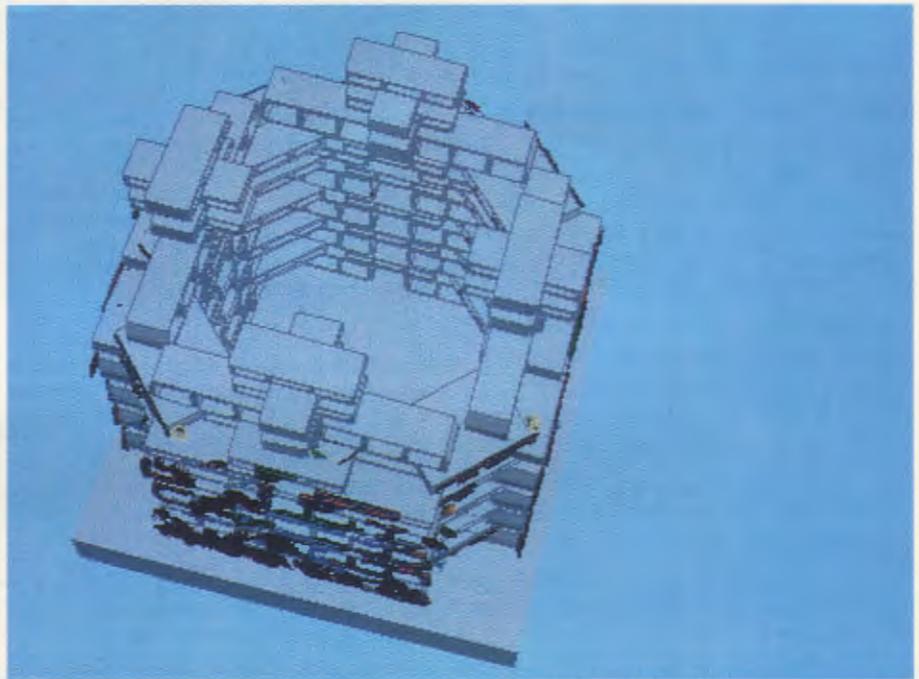


Photo 1

groupes d'espèces et renseigner sur leur aspect, taille et couleur.

Phase 2: Traitement des données

1- Traitement graphique préliminaire

Au retour de la plongée, une mise au propre des schémas a été réalisée de manière à fournir un plan précis de chaque face (figure 1). Ce plan a ensuite servi de modèle pour le positionnement des divers objets sur la maquette informatique du récif.

2- Traitement informatique

Pour créer les divers objets (parpaings et espèces végétales et animales) et les positionner les uns par rapport aux autres, nous avons utilisé le logiciel Swivel 3D ProTM, tournant sur un Macintosh II Fx (AppleTM) aimablement prêté par M. Jean-Marc Lacroix du Laboratoire de Mathématiques de l'Université de Nice-Sophia Antipolis. Ce logiciel est un excellent modèleur, extrêmement souple.

Les premiers objets créés en images de synthèse 3D ont été les deux types de parpaings (figure 1 et photo 1), en respectant les cotes mesurées sur le terrain. En les dupliquant et en les positionnant correctement, toute une face a pu être construite en quelques minutes (photo 2) et tout le récif en moins d'une heure

(photo 3).

Ensuite, les diverses espèces végétales et animales ont été disposées sur chaque face (photo 2) selon les indications relevées en plongée et les plans précis réalisés (figure 1). La photo 3 montre un détail de l'une des faces, où chaque espèce est exactement disposée à l'endroit où elle a été observée.

Phase 3: Exploitation des résultats

Le but de ce projet à moyen terme est de produire une maquette informatique tridi-

dimensionnelle de toute la réserve. Cette maquette générale présentera les divers types de récifs artificiels (hourdis alvéolaires, thalamés...) disséminés dans les 50 ha de la Réserve, ainsi que les principaux biotopes et substrats (herbiers de Posidonies, enrochements, sables et vases...).

Il sera alors possible d'observer l'ensemble de la réserve, ou un récif en particulier, sous n'importe quel angle et à n'importe quelle distance, et de définir des trajets simulant une visite en plongée. Des films vidéos de ces trajets pourront être réalisés (projet à l'étude d'un montage sur disque à partir du logiciel Adobe PremièreTM, avec transfert final des images animées sur bande vidéo).

Dans une phase ultérieure, si des coopérations avec des organismes possédant la technologie adéquate est possible, il sera possible de "visiter virtuellement" la Réserve en définissant, à tout instant, le trajet que l'on souhaite parcourir. Il y aura donc, à ce stade, une véritable interactivité entre le spectateur et le monde virtuel qu'il explore. Il sera bien entendu possible de mêler les images traditionnelles, fixes ou animées, aux scènes issues de l'image de synthèse, de façon à rendre la visite encore plus percutante. Ce projet d'intégration des images traditionnelles aux images de synthèse est en cours de développement et un prototype devrait être opérationnel courant 1993.



Photo 2

CONCLUSION

Ce projet commun AquaScience/AMPN de description de la Réserve en images de synthèse 3D apporte une réponse originale au problème de la visite par le grand public de ce sanctuaire de la faune méditerranéenne.

Les résultats préliminaires montrent que l'élaboration de la maquette informatique est possible avec des moyens techniques limités. Le passage à l'étape suivante, celle de la visite interactive de ce "monde virtuel", nécessitera des collaborations avec des partenaires possédant les moyens informatiques nécessaires pour "habiller" les objets de la manière la plus proche possible de la réalité.

En se rapprochant chaque année un peu plus de la réalité qu'ils simulent, les mondes virtuels sont appelés à devenir d'excellents substituts partout où la protection du milieu naturel entre en conflit avec l'intérêt légitime du public pour ces milieux fragiles. ■

REFERENCE

Debernardi E., 1987. Association Monégasque pour la Protection de la Nature: conception et construction des récifs artificiels. Note de présentation à la IV^e Conférence Internationale sur les habitats artificiels pour les pêches, Université de Floride, Miami, USA, 2-6 novembre 1987.

LÉGENDES DES DOCUMENTS GRAPHIQUES

Figure 1: carte des espèces végétales et animales fixées sur la face Ouest du récif alvéolaire à 14 m (relevé et dessin de F. Loquès).

Photo 1: aspect général de la maquette informatique du récif alvéolaire à 14 m. Son aspect est très proche de celui du récif avant son immersion et sa colonisation par les organismes fixés.

Photo 2: aspect général de la face Sud du récif alvéolaire à 14 m, avec les espèces végétales et animales en place (relevé réalisé par T. Zevaco).

Photo 3: détail du coin supérieur gauche de la face Sud du récif alvéolaire à 14 m (relevé de T. Zevaco).

On distingue clairement une ascidie *Halocynthia papillosa* (orange), un groupe de Padines (beige clair), des éponges encrustantes *Crambe crambe* (rouge foncé), des algues rouges *Falkenbergia rufolanosa* (marron foncé), des algues vertes encrustantes *Codium reticulatum* (vert foncé), des algues vertes plates et ondulées *Udotea petiolata* (vert clair) et des vers tubicoles sédentaires *Sabella pavonina* (bleu). Les algues vertes *Dictyota dichotoma*, très abondantes dans la partie supérieure du récif, ne sont pas présentes sur cette vue car elles ont été placées ultérieurement.

Nota: les couleurs sont arbitraires.



Photo 3

Évaluation de la faune ichthyologique dans la réserve sous-marine de Monaco

G. BARNABE*, C. CHAUVET**

* Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Station de Biologie Marine, 1 Quai de la Daurade, 34200 Sète (France) - tel.: 67 46 33 73 - Télex: USTMONT 490944 F

** Université de Perpignan, Laboratoire de Biologie Marine, Avenue de Villeneuve, 66025 Perpignan Cedex (France)

1 - INTRODUCTION

La présente étude entre dans le cadre de la convention passée entre l'Association Monégasque pour la Protection de la Nature (AMPN) et l'Université des Sciences et Techniques du Languedoc (Station de Biologie Marine de Sète). Son objet était d'apprécier l'importance des peuplements de poissons, de manière fiable et peu traumatisante. Ces investigations devaient prendre en compte les populations de poissons des divers récifs artificiels mis en place par l'AMPN, de manière à évaluer leur impact sur l'ichtyofaune.

Une mission préliminaire effectuée les 15 et 16 juin 1987 permit de constater que l'observation visuelle in situ par des scientifiques plongeurs, constituait comme on pouvait s'y attendre, une méthodologie parfaitement adaptée aux buts recherchés. Elle fut, donc, retenue pour l'exécution des travaux.

2 - MATERIEL ET METHODE

L'évaluation visuelle, in situ, des populations de poissons est une technique relativement récente. Elle a fait l'objet de mises au point méthodologiques qui ont démontré sa validité et auxquelles nous avons contribué (Barnabé, 1976; Harmelin et Coll., 1985). De ce fait, nous ne l'exposerons pas à nouveau et renvoyons le lecteur à la mise au point collective de Harmelin et Coll. pour plus de détails.

La mission préliminaire de 1987 a mis en jeu la plongée en apnée et la plongée en scaphandre autonome à des fins comparatives:

- La plongée en apnée, jointe à l'emploi d'un "Locoplongeur" permettant de parcourir de plus grandes distances en immersion, a d'abord été mise en oeuvre. Les digues artificielles, contiguës à des eaux peu profondes, ont, ainsi, été échantillonnées en apnée, dans leur totalité ainsi que plusieurs récifs artificiels. Ce recensement des principales espèces rencontrées s'apparente à un "survol" et n'autorise pas le dénombrement des espèces dissimulées; par contre, il permet de dégager une idée d'ensemble de l'importance des peuplements de poissons présents en pleine eau ou au voisinage du fond.
- Les investigations en scaphandre autonome, menées le lendemain sur les mêmes zones, ont montré que cette technique ne donnait pas de résultats



"Rougets" près de l'Herbier - Photo:G. Barnabé

différents des estimations réalisées en plongée en apnée. L'échantillonnage ultérieur a, donc, été conduit en scaphandre autonome puisque cette technique permet le travail en profondeur.

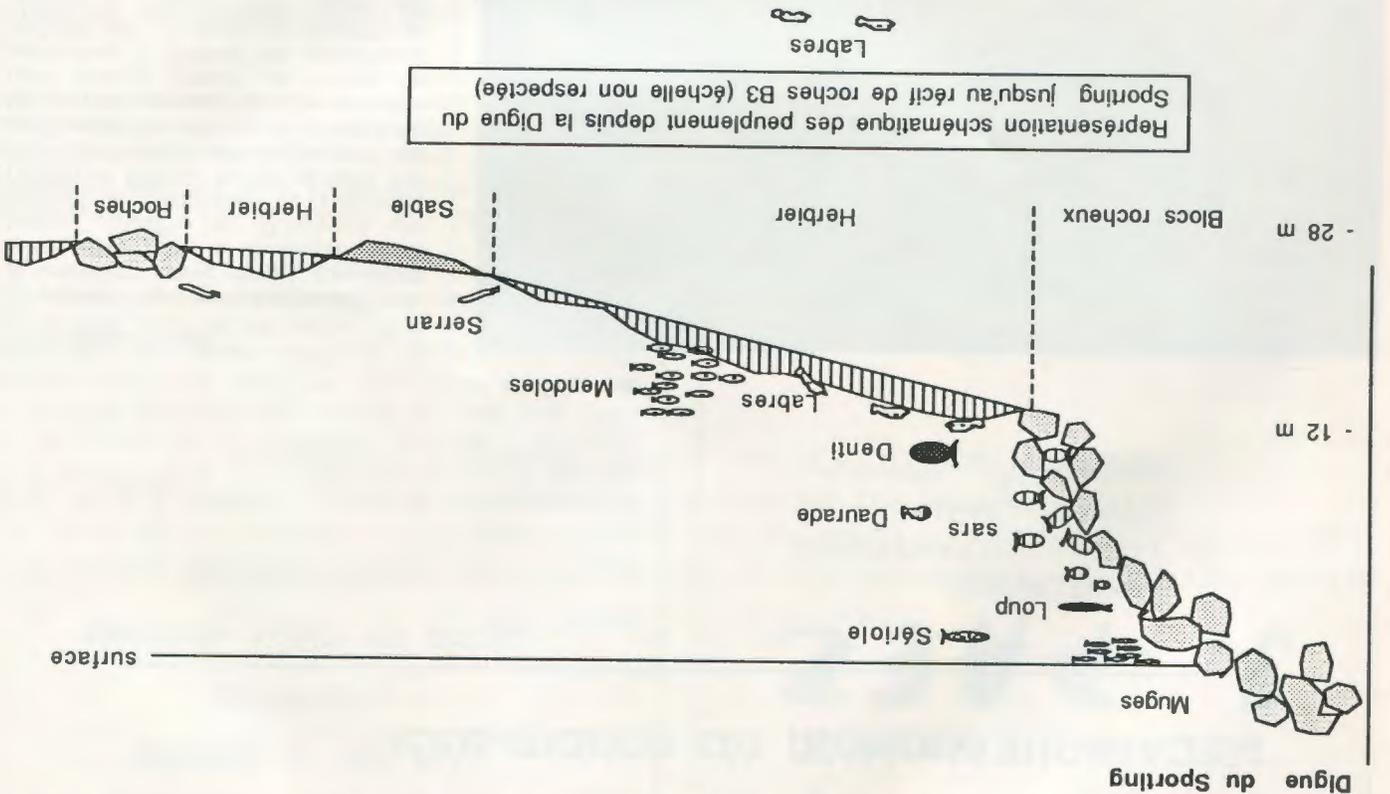
- Ces premiers sondages, ayant mis en évidence l'extrême variabilité de l'abondance des populations de poissons en fonction de la topographie benthique, ont aussi servi à choisir les zones d'échantillonnage quantitatif (où ont lieu les comptages de toutes les espèces visibles en pleine eau ou dans les anfractuosités rocheuses).

Afin d'estimer l'évolution saisonnière des peuplements au cours d'un cycle annuel, une mission (2 plongées) a eu lieu à chaque saison, de l'automne 1988 à l'automne 1989. Les sites échantillonnés sont localisés sur la carte (Fig. 1) et leur nature est rapportée sur le tableau 1. Nous avons retenu des sites de profondeurs différentes et des sites qui, à des profondeurs similaires, diffèrent à la fois par la nature du substrat (herbier, roche...) ainsi que par leur topographie (blocs naturels, récifs artificiels). ▷

Tableau 1: Liste et nature des sites

Sigle	Localisation	Prof.	Observation
R1	Récif octogonal hourdis, Sud du Sporting	35 m	Point fixe
R2	Récif octogonal hourdis, Sud du Sporting	22 m	Point fixe
R3	Récif octogonal hourdis, Sud du Sporting	14 m	Point fixe
R4	Récifs parallélépipédiques en pyramide	12 m	Tour des blocs
R5	Petit récif hourdis proche de blocs de roche	26 m	Point fixe
R6	Cinq récifs hourdis	28 m	Point fixe
R7	Ensemble de 16 petits récifs hourdis	28 m	Point fixe
D1	Digue Sporting	2-12 m	Transect
D2	Digue plage du Larvotto (Brise-lames central)	2-8 m	Transect
B1	Blocs naturels sur herbier	8 m	Point fixe
B2	Blocs artificiels sur fond de sable	30 m	Point fixe
B3	Blocs artificiels	28 m	Point fixe
B4	Blocs artificiels	30 m	Point fixe
H1	Herbier (de R4 à D2)	12-8 m	Transect
H2	Herbier, près du brise-lames	8-10 m	Transect
H3	Herbier entre R2 et R3	22-14	Transect

FIGURE N° 1



Trois séries d'observations à des points fixes (constituées par 3 récifs), deux transects sur digues et un transect sur herbier, ont ainsi été réalisés à chaque saison, et tous les autres récifs ont été visités au moins une fois dans l'année :

- La surface couverte par un point fixe autour d'un récif correspond à un cercle d'une surface de 80 m². Seuls les poissons sont situés à proximité du récif (≤ 3 m) sont inventoriés.

- En ce qui concerne les transects, le volume d'eau exploré correspond à un "tunnel" de 10 m de large et 5 m de haut représentant un volume approximatif de 1500 m³ pour une longueur de 20 m et de 3900 m³ pour un transect de 50 m.

C'est à partir de ces données qu'ont été établis les résultats quantitatifs pour chaque site visité. Les paramètres utilisés sont les suivants :

N = richesse spécifique (nombre d'espèces)
 d = densité en nombre au m²
 Q = ensemble des individus présents par titonnages en N espèces,
 ou $Q = \sum q_i$, q_i étant l'effectif de l'espèce i
 I Eq = indice d'équitabilité

L'équitabilité est définie à partir de l'indice de Shannon I et de la richesse spécifique.

L'équitabilité varie de 0 à 1 ; quand E tend vers 1, les espèces ont des abondances équivalentes quel que soit le nombre d'espèces. Quand E tend vers 0, l'une ou quelques unes des espèces sont beaucoup plus abondantes que les autres.

Ces paramètres présentent un intérêt essentiellement comparatif, à la fois entre sites différents de la réserve mais aussi

3 - RESULTATS

avec des zones extérieures. De plus, la Biomasse/m² a été estimée en utilisant des relations tailles/poids particulières qui ont été, en partie, transmises par FRANCOUR et ODY (communication personnelle).

3-1 - Inventaires ponctuels
 Nous passerons, d'abord, en revue les sites qui n'ayant pas été retenus pour une évaluation saisonnière n'ont été visités qu'une ou deux fois, soit au cours de la campagne préliminaire, soit ultérieurement (tableau 2). Les résultats essentiels

relatifs à l'ensemble des sites sont rassemblés sur le tableau 3. Afin de ne pas alourdir la présentation, les résultats des comptages (< 40 tableaux) ne seront pas détaillés ici ; ils sont inclus dans le rapport final fourni à l'Association Monégasque pour la Protection de la Nature" (AMPN) dans le cadre du contrat précité.

L'indice de Shannon est issu des recherches sur la transmission de l'information. Transposé en Biologie le raisonnement consiste à considérer que sur l'ensemble des Q individus présents dans le peuplement et partitionnés en N espèces, la présence/absence d'un individu dans l'espèce i constitue une information.

Tableau 2 : Sites inventoriés et périodes

Mois	Jui-87	Sep-88	Fév-89	Jui-89	Oct-89	Suivi
R1	x	x	x			Ponctuel
R2	x	x	x	x	x	Saisonnier
R3	x	x	x	x	x	Saisonnier
R4		x	x	x	x	Saisonnier
R5		x				Ponctuel
R6			x			Ponctuel
R7				x	x	Ponctuel
D1	x	x	x	x	x	Saisonnier
D2	x	x	x	x	x	Saisonnier
B1		x				Ponctuel
B2		x		x		Ponctuel
B3		x				Ponctuel
B4			x			Ponctuel
H1	x	x				Saisonnier
H2			x	x	x	Saisonnier
H3				x	x	Ponctuel

$$\frac{N}{\Sigma} \frac{q_i}{Q} \quad \text{Log}_2 \quad \frac{q_i}{Q}$$

qui n'est pas très tangible en biologie, mais permet l'établissement de l'Équitabilité qui est en revanche un concept très parlant.

3-1-1 - Récifs artificiels octogonaux

Le récif R1 est un récif de hourdis. Situé à 35 m de fond, c'est le plus profond des sites visités. 4 espèces s'y trouvent en février 1989 (2 en 1987), dont les Castagnoles qui représentent 60 individus sur un effectif de 65 poissons. La profondeur trop importante nous paraît responsable de cet état de fait. En juin 1989, la richesse spécifique demeure faible (3 espèces), tout comme les effectifs: un groupe de 50 Castagnoles environ constitué avec 4 Serrans et 1 Sar, tout le peuplement.

Les récifs artificiels R2, R3 et R4 ont fait l'objet d'inventaires saisonniers (voir 3-2 ci-dessous); le récif R5 a été inventorié dans le cadre d'un transect incluant le récif et l'herbier avoisinant (voir ci-dessous 3-1-3).

Sur les 5 petits récifs de hourdis (récif R6), situés à 28 m et visités en février 1989, le nombre d'espèces passe à 8: Castagnoles et Serrans constituent plus des 4/5 des 600 poissons. La présence de plusieurs récifs voisins a un effet extrêmement positif sur leur peuplement, bien supérieur à celui des récifs isolés, quelle que soit la profondeur. Si l'abondance de Rascasses s'explique par la présence de substrats rocheux (récifs), celle des Rougets est due à la proximité des fonds de sable: cette espèce se rencontre à l'interface de ces substrats.

Une 2e visite de ce site, en octobre 1989, montre une richesse spécifique plus forte (17 espèces). Les effectifs sont également plus élevés (plus de 1700 poissons dont 1600 sont des Castagnoles), mais on note la présence de 6 Dentis, de 15 Canthares, de 27 Sars et de 20 Rougets, ce qui constitue un peuplement à la fois riche et diversifié.

Seize petits récifs de hourdis, séparés les uns des autres de 5 à 10 m, constituent le récif artificiel R7, situé à 28 m de fond et visité en juin et octobre 1989. Un comptage a été réalisé sur 4 de ses éléments et la moyenne a été calculée pour établir le peuplement moyen d'un élément; le Sar *Diplodus vulgaris* (2 par élément) constitue en fait un petit banc d'une trentaine d'individus se déplaçant lentement, en pleine eau, au dessus de la zone des récifs. Ils y sont retrouvés en octobre ainsi que les Castagnoles. Les Mendoles ne sont pas revues.

3-1-2 - Récifs constitués de blocs de roches

Le récif B1 situé à 8 m de profondeur (blocs naturels de roche mis en place dans l'herbier) a été visité en 1987: les Rascasses y sont absentes vu la faible profondeur; la majorité des autres espèces rencontrées sur les récifs y est retrouvée, mais en très petit nombre: la proximité de la digue protégeant la plage du Larvotto se fait sentir. Un habitant classique des zones rocheuses est ici présent, le Serran écriture, qui est une

espèce territoriale. Le récif B2 est constitué de blocs de roches sur des fonds de sable, à 30 m. Un point fixe y a été effectué en septembre 1988. Neuf espèces y sont rencontrées dont le Rouget (2 individus). Toutes les autres espèces sont communes avec celles présentes sur les autres récifs, mais les Rascasses (*Scorpaena scrofa*) sont abondantes (10 individus)!

En juin 1989, une Daurade et un Pageot y sont observés (réchauffement des eaux), mais on dénombre uniquement 6 espèces et plus des 9/10 de l'effectif sont constitués par les Castagnoles.

B3 est un récif de même nature que B2, situé à 28 m sur fond de sable. Plus de 300 Sars y sont observés en septembre 1988. La présence d'une dizaine de Canthares, d'une dizaine de Rougets, de 17 Rascasses et d'un Labre venant en complément des espèces courantes (Castagnoles, Mendoles et Girelles) souligne bien la richesse du site, à la fois au niveau de la richesse spécifique et de l'abondance de chaque espèce.

Les blocs artificiels qui constituent le récif B4 (à 30 m de profondeur) ont été visités en février 1989. On y rencontre 9 espèces. Les Castagnoles forment un banc estimé à 300 individus. Les Sars sont bien représentés malgré la profondeur (banc d'une cinquantaine d'individus); on sait qu'ils sont localisés plus profondément en hiver qu'en été. Les Rascasses sont rares.

3-1-3 - Herbier et interface récif-herbier

Un transect de 50 m de longueur a été effectué à la même date, entre les récifs R2 et R3, entre 14 et 22 m de profondeur. A ces profondeurs, l'herbier est pauvre: 5 espèces y sont dénombrées, soit 8 poissons dont 3 rougets. En octobre 1989, un groupe de 50 Mendoles est inventorié ainsi que 3 Girelles, soit 2 espèces seulement.

Un transect de 20 m de long a été effectué en septembre 1987 à partir du récif R5 (hourdis), situé à 26 m de profondeur, récif proche de blocs de roches dont il n'est séparé que par quelques mètres d'herbier à Posidonies:

- Un banc de Castagnoles (plus de 100

individus) est présent autour de ce récif et sur tous les autres et les Girelles sont nombreuses (21 individus).

- L'herbier est fréquenté par les Mendoles toujours très nombreuses à la fois entre et au-dessus des feuilles de l'herbier (nutrition planctonique). Cette espèce, de petite taille et peu appréciée, ne constitue pas moins, par sa biomasse, un élément très intéressant du peuplement. Elle est également fréquente dans les zones non protégées et sans récifs, mais en moindre abondance.

- Des groupes de Sars (*Diplodus sargus* et *D. vulgaris*) sont fréquents entre roches et herbier (ils n'étaient pas localisés près du récif mais des roches). Leur abondance et la structure démographique de leur peuplement constituent un indice de la richesse et de la qualité des sites.

- C'est aussi le cas en ce qui concerne les spécimens des 2 espèces de Rascasses. La rencontre de ces poissons est exceptionnelle sur les zones non protégées. Les Canthares groupés, ici, en banc de plus de 100 individus constituent une rencontre moins fréquente que les Sars, même en zone protégée.

Le peuplement très abondant de cette zone nous paraît lié à la contiguïté entre récif et blocs de roches.

Le tableau 3 rend compte de la richesse spécifique et de l'abondance des populations de poissons sur les divers sites échantillonnés. Pour plus de clarté les densités en nombre et en poids de poissons/m² ont été calculées sans les Castagnoles; leur abondance numérique masque souvent le reste du peuplement.

3-2 - Suivis saisonniers de 7 sites sélectionnés

Les récifs R2, R3, R4, ont fait l'objet d'inventaires saisonniers (point fixe) entre septembre 1988 et octobre 1989 (tableau 2). Il en est de même de la "digue du Sporting" (nommée D1) et du brise-lames central des plages du Larvotto (D2) sur lesquels un transect de 50 m a été réalisé à chaque saison. Leur localisation, ainsi que celle des transects sur herbier H1 et H2 a été indiquée sur la figure 1 et leur nature sur le tableau 1.

Tableau 3: Richesse spécifique et densité

Site	Prof. (m)	Rich. spéc.	Densité nbre/m ²	Densité n/m ² sans Castagnoles	Poids sans Castagnoles	Indice Equitabilité	Espèce dominante
R 1	35	4	0,81	0,06	2,5	0,25	Castagnole
R 2	22	4	2,14	0,26	7,5	0,35	Castagnole
R 3	14	10	2,75	0,25	4,38	0,21	Castagnole
R 4	12	13	24,7	4,77	30	0,28	Mendole-Castagn.
R 5	26	9	6,01	4,76	62,5	0,81	Sars
R 6	28	12	18,8	2,01	50,5	0,22	Castagn.-Girelles
R 7	27	8	15,1	3,16	13,6	0,38	Mendole-Castagn.
B 1	8	8	5,6	4,6	91	0,84	Rascasse brune
B 2	30	9	2,87	2,2	113,3	0,87	Sars-Castagn.
B 3	28	11	7,96	6,71	212,5	0,73	Sars
B 4	30	12	4,94	1,19	93,7	0,4	Castagn.-Sars
D 1	2-12	29	6,34	2,34	126	0,45	Sars
D 2	2-12	20	4,61	3,61	60	0,56	Sars-Saupes
H 1	8	12	2,13	2,13	25	0,48	Saupe-Girelle
H 2	12	14	2,28	1,81	40	0,71	Sars-Saupes
H 3	17	6	0,14	0,14	2	0,82	Girelle-Serran

Les principaux indices calculés sont rapportés sur le tableau 3.

3-2-1 -Récifs octogonaux

Le peuplement du récif de hourdis R2, situé à 22 m de profondeur au Sud de la digue du Sporting, est très pauvre: les 10 Rascasses rencontrées en septembre 1988 n'y ont pas été retrouvées ultérieurement. Il n'est fréquenté que par des Castagnoles, des Girelles et parfois des Mendoles mais la biomasse globale est faible (tableau 3).

Le récif R3, situé à 10 m environ au Sud de la digue du Sporting, mais 5 m plus bas, montre une pauvreté qui contraste avec la richesse du peuplement de cette digue. Les espèces et leur abondance sont toutefois légèrement supérieures à celles du récif R2.

Le récif de blocs parallélépipédiques (R4) est surtout riche en Girelles et Castagnoles; on y rencontre quelques Labridés du fait de sa situation au centre de l'herbier. Les Sars y sont rares (de 1 à 4), sauf l'hiver (27 en février 1989). Les poissons d'intérêt commercial sont donc très peu abondants sur ce type de récif.

3-2-2 -Digues artificielles de blocs rocheux

L'observation de l'évolution saisonnière des peuplements inventoriés sur le transect D1 (Digue du Sporting) sur toute sa hauteur (0 à 12 m de profondeur), nous montre tout d'abord qu'il s'agit d'une zone très riche à la fois en espèces et en effectifs, mais aussi que les différentes tranches des populations y sont représentées, notamment les petits spécimens. Les espèces rencontrées sont typiques des fonds rocheux naturels de même profondeur.

La digue centrale du brise-lames protégeant les plages du Larvotto (D2) est également très riche à la fois en espèces et en nombre d'individus, quelle que soit



Banc de Saupes - Photo: G. Barnabé

la saison. Les espèces présentes sont les mêmes que celles rencontrées sur D1.

Les inventaires saisonniers effectués sur D1 et D2 sont rapportés intégralement sur les tableaux 3 et 4 compte tenu de la richesse spécifique et de l'abondance du peuplement.

3-2-3 - Herbier de Posidonies

Le transect H1 sur l'herbier (du bas du brise-lames protégeant les plages jusqu'à 30 m au Sud dans l'herbier) montre une richesse un peu plus grande que celle des récifs mais moindre que celle des digues. Elle se traduit par la présence d'une dizaine de Sars; ceux-ci sont cependant moins nombreux l'hiver, bien qu'à cette époque la richesse spécifique augmente du fait des Labres.

Le transect sur l'herbier H2, effectué depuis le récif de blocs parallélépipédiques (R4) jusqu'à la plage, montre une pauvreté hivernale caractérisée par la

seule présence d'une dizaine de Girelles, de 2 Crénilabres et d'un Serran écriture. Au printemps, la richesse spécifique est plus grande (14 espèces) avec la présence d'un important banc de Sars (*D. sargus*); on retrouve en automne une pauvreté presque hivernale.

4 - DISCUSSION ET CONCLUSION

Les données ci-dessus permettent de répondre à un certain nombre de questions d'ensemble concernant l'impact de la réserve et de ses récifs sur les peuplements de poissons: quelle est la richesse de la réserve? où se situe cette richesse? quelles en sont les variations? quel rôle jouent les récifs artificiels? quels sont les meilleurs types de récifs? à quelle profondeur?

4-1 -La richesse de la réserve

Toutes les zones peu profondes de la réserve (jusqu'à 20 m environ) que nous

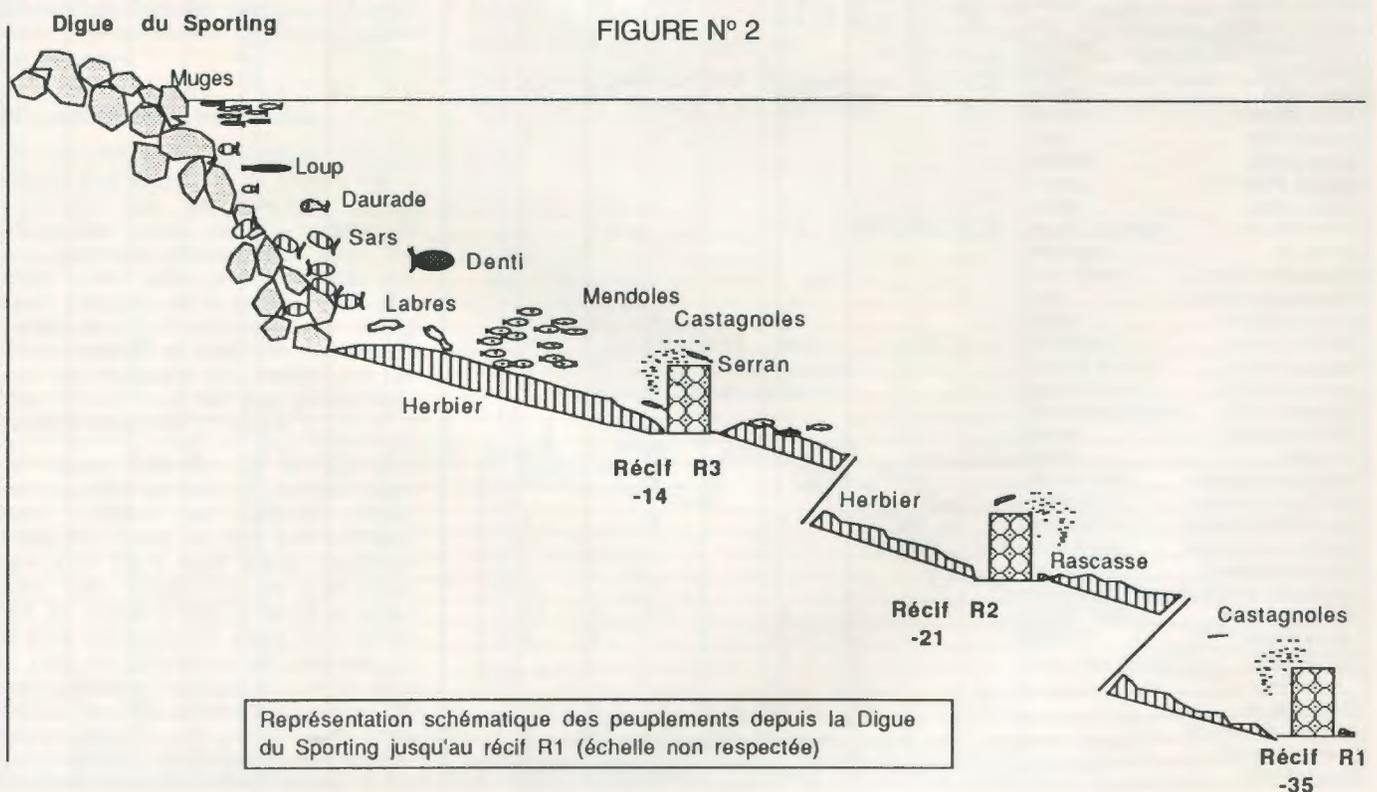


Tableau 4

Inventaire saisonnier : Digue du Sporting (D1)

-DIGUE SPORTING (D1)	Mois	9/88				2/89				6/89				10/89			10/89	
		P	M	G	Total	P	M	G	Total	P	M	G	Total	P	M	G		Total
-DIGUE SPORTING	Taille																	
Diplodus annularis	sparailon		16		16													
Diplodus sargus	sargue	60	54	32	146		34	12	46	4	20	6	30	2				2
Diplodus vulgaris	sar	200	50	16	266		4		4	1	6		7	1	3			4
Diplodus puntazzo	becofino		11	7	18		1	1	2			3	3					
Boops boops	bogue		1		1	15	5	1	20	10	4	4	18					
Boops salpa	saupe	20	10	70	100		350		350		120		120					
Maena chryselis	mendole	20	7	1	28			90	90		1		1		100			100
Dentex dentex	denti	1	1		2					1		1						
Cantharus lineatus	canthare		3		3									1				1
Oblada oblada	oblade		70	110	180			25	25	1		1						
Chelon labrosus	muge à g. lèvres	4	30	200	234		60	28	88			7	7					
Liza aurata	muge doré										1	1						
Dicentrarchus labrax	loup		2	2	4			11	11	10	3	13						
Mulus surmuletus	rouget	6	8	4	18	3			3		3	3		15	63			80
Chromis chromis	castagnole		1000	1000	2000		300	30	330	15	115	130		1				1
Serranus scriba	serran écriture		3	1	4		2		2	1		1		1	2			3
Serranus cabrilla	serran chèvre		5	3	8	1	1		2		1	2	3					
Scorpaena porcus	rascasse brune		10	6	16													
Scorpaena scrofa	grande rasc. rouge			1	1			1	1									
Blennius gattorugine	blennie			2	2			2	2									
Blennius rouxi	petite blennie		3		3													
Seriola dumerilii	sérieole	4			4					1		1						
Corvina nigra	corb		2		2													
Coris julis	girelle		50	10	60		15		15	7	24	1	32	5	14	1		20
Symphodus cinereus	labre cendré										2	2		2				2
Symphodus ocellatus	labre ocellé		10		10													
Symphodus doderleini	l. de Doderlein		10		10													
Symphodus roissali	l. à 5 taches		1	4	5						1	1		1				1
Symphodus mediterraneus	l. de Médit.						6		6		3	3		2				2
Symphodus tinca	labre tanche		15	5	20		25	15	40		4	2	6	4	2			6
Labrus merula	merle		2	8	10			1	1									
Symphodus melops	l. melops					1	8		9									
Labrus viridis	grand l. vert			1	1							1	1				1	1
Effectifs		315	1374	1483	3172	20	811	216	1047	51	315	19	385	25	192	6		223
Nombre d'espèces		8	25	20	29	4	13	11	20	10	16	7	22	6	9	4		13
l. de diversité		1,67	1,85	1,75	2,171	1,15	2,03	2,55	2,67	2,68	2,33	2,55	2,75	1,76	1,72	1,92		2,01
Equitabilité		0,56	0,4	0,41	0,37	0,58	0,55	0,74	0,55	0,81	0,58	0,91	0,54	0,68	0,54	0,96		0,47

Tableau 5

Inventaire saisonnier : Digue de la plage (D2)

- DIGUE PLAGE (D2)	Mois	9/88				2/89				6/89				10/89			10/89	
		P	M	G	Total	P	M	G	Total	P	M	G	Total	P	M	G		Total
- DIGUE PLAGE	Taille																	
Diplodus annularis	sparailon						10		10		2		2		6			6
Diplodus sargus	sargue	70	40	10	120		100	50	150	2	24	45	71	32	18	6		56
Diplodus vulgaris	sar	8	32	4	44		30		30		3	8	11	3				3
Diplodus puntazzo	becofino		2		2							3	3					
Boops boops	bogue		1		1													
Boops salpa	saupe	100	70	20	190			30	30		25	25	50	60	20	1		81
Maena chryselis	mendole										10		10		20			20
Dentex dentex	denti	1	3		4		1		1		1		1	1				1
Sparus aurata	daurade		1	1	2						2		2					
Pagellus erythrinus	pageot						1		1									
Oblada oblada	oblade		3		3			200	200	1	7		8	30	10	1		41
Chelon labrosus	muge à g. lèvres		20	10	30			15	15			27	27			30		30
Liza aurata	muge doré						1		1		5		5					
Oedalechilus labeo	petit muge											50	50					
Dicentrarchus labrax	loup										3		3		1			1
Mulus surmuletus	rouget		2		2		4	2	6		8		8					
Chromis chromis	castagnole		200		200	200	500		700		50		50		50			50
Serranus scriba	serran écriture						2	2	4									
Serranus cabrilla	serran chèvre	2			2		2	3	5						2			2
Scorpaena scrofa	grande rasc. rouge											1	1					
Seriola dumerilii	sérieole									1		1						
Coris julis	girelle		10		10		30	10	40	2	10	5	17	5	3			8
Symphodus cinereus	labre cendré						3		3									
Symphodus ocellatus	labre ocellé										2		2					
Symphodus doderleini	l. de Doderlein		14		14		6		6									
Symphodus rostratus	sublet groin		2		2		1		1									
Symphodus roissali	l. à 5 taches											3	3		2			2
Symphodus mediterraneus	l. de Médit.										1		1					
Symphodus tinca	labre tanche		1	2	3		16	4	20		5	3	8		4			4
Labrus merula	merle							3	3		1		1					
Labrus viridis	grand l. vert			1	1													
Effectifs		181	401	48	630	200	707	319	1226	6	159	170	335	137	130	38		305
Nombre d'espèces		5	15	7	17	1	15	10	19	4	17	10	23	7	10	4		14
l. de diversité		1,32	2,37	2,19	2,47	0	1,59	1,82	2,12	1,92	3,18	2,56	3,44	2,04	2,56	0,97		2,9
Equitabilité		0,57	0,61	0,78	0,52	0,41	0,55	0,45	0,45	0,96	0,78	0,77	0,69	0,73	0,77	0,48		0,66

avons visités sont riches en effectif, mais pas en nombre d'espèces. Les espèces les plus abondantes sont les Castagnoles et les Mendoles, poissons vivant en pleine eau ou au voisinage du fond (démersaux), mais se nourrissant de plancton et de particules en suspension. Leur abondance tient à ce qu'ils ne sont limités ni par les ressources trophiques, ni par l'habitat. Il s'agit, malheureusement, de très petits poissons représentant une faible biomasse: l'abondance en nombre de ces petites espèces masque, en partie, les estimations relatives au reste du peuplement. Cette abondance décroît de la surface vers le fond. On trouve ces espèces aussi bien au-dessus des herbiers que des récifs ou des digues (avec, de temps à autre, des Mendoles et des Bogues).

D'un point de vue scientifique, on ne peut attribuer de critère de qualité à quelque poisson que ce soit. Il est, cependant, certain que les points de vue du plongeur ou du pêcheur, voire de l'aménageur, sont différents: des espèces comme le Sar, le Loup, le Denti ont un prestige différent de celui du Labre ou de la Castagnole, par exemple. Pour cette raison, certains résultats du tableau 3 sont calculés avec et sans cette espèce dominante en nombre.

La richesse de la faune ichtyologique, autour ou sur les récifs, est variable selon leur typologie: les récifs octogonaux en hourdis sont peu peuplés lorsqu'ils sont isolés (en moyenne 2 Rascasses, 2 Serrans et éventuellement quelques Castagnoles). Ils sont nettement plus attractifs lorsqu'ils sont répartis au voisinage les uns des autres: tout se passe, alors, comme si le récif était constitué par les divers éléments de son ossature et l'espace compris entre ces éléments. Ces constats rejoignent ceux réalisés par ailleurs (Thierry, 1988; Charbonnel, 1989).

L'examen du peuplement du récif, constitué de blocs parallélépipédiques creux assemblés en pyramide, confirme cette appréciation, mais les différences de profondeur ne permettent pas une comparaison rigoureuse.

4-2 - Localisation des peuplements

Les enrochements des digues sont la zone la plus peuplée de la réserve (fig. 1 à 3). Ce n'est pas étonnant car le volume des roches qui les constitue est sans commune mesure avec celui des récifs; d'un autre point de vue, ces digues s'étendent de la surface à une profondeur de 12 m environ. Cette variété de profondeurs et celle des habitats et abris qu'engendrent les empilements de blocs offrent, donc, une plus grande hétérogénéité structurelle ("rugosité").

Ces digues artificiels (D1 et D2) sont très peuplées en Sars (4 espèces largement dominées par *Diplodus sargus*). Toutes les classes de taille sont représentées et il n'y a donc aucun "vieillessement" très marqué de ces populations (qui se traduirait par la seule présence de toute prédation humaine et compte tenu du fait que de nombreuses espèces du biotope rocheux sont des poissons réputés sédentaires, donc en compétition possible pour un habitat rocheux limité.



Murène dans un hourdi - Photo Jean-Michel MILLE

Au niveau du fond, les enrochements des digues sont au contact de l'herbier dont nous avons signalé la pauvreté en poissons. Par contre, le contact roche-herbier est une zone au peuplement diversifié. Sans être très abondantes sur ces digues, diverses espèces de Crénilabres et labres sont présentes à des densités notables pour un faciès rocheux.

Les chiffres du tableau 3 permettent de donner un ordre de grandeur du nombre de poissons sur les digues: celle du Sporting (D1), présentant une pente approximative de 45°, a une surface immergée de: $12 \times \sqrt{2} = 16,97$ m² par mètre linéaire de digue. Sachant que la densité totale de poissons est de 6,34 par m², elle passe à 107,6 poissons par mètre linéaire de digue, (soit 107600 par Km) ! En excluant les Castagnoles, cette évaluation revient à 39700 poissons. La biomasse (sans Castagnoles) est de l'ordre de $126 \times 16,97 = 2138$ g/m linéaire de digue (2100 kg par km de digue en ce qui concerne le brise-lames abritant les plages du Larvotto (mais en tenant compte d'une profondeur de 8 m seulement et du seul côté mer), le même calcul à partir des données du tableau 3 conduit à des densités par mètre linéaire de: $8 \times \sqrt{2} = 11,31 \times 4,61 = 52,14$ poissons. Sans Castagnoles, ce chiffre passe à $11,31 \times 3,61 = 40,8$ poissons par mètre linéaire de digue pour un poids de poissons de 678 g par mètre linéaire.

Ces effectifs estimés sont à considérer avec réserves puisqu'il s'agit d'extrapola-

tions; ces calculs confirment, cependant, la richesse des peuplements qui ressort des clichés photographiques réalisés. Ces clichés montrent aussi que la répartition des peuplements n'est pas homogène: les poissons sont en groupe ou en bancs, et, en ce sens, les données de densité moyenne traduisent mal la localisation de l'ichtyofaune. Les espèces rencontrées se nourrissent sur le fond et il est vraisemblable que le peuplement n'augmentera plus beaucoup faute de ressources alimentaires suffisantes.

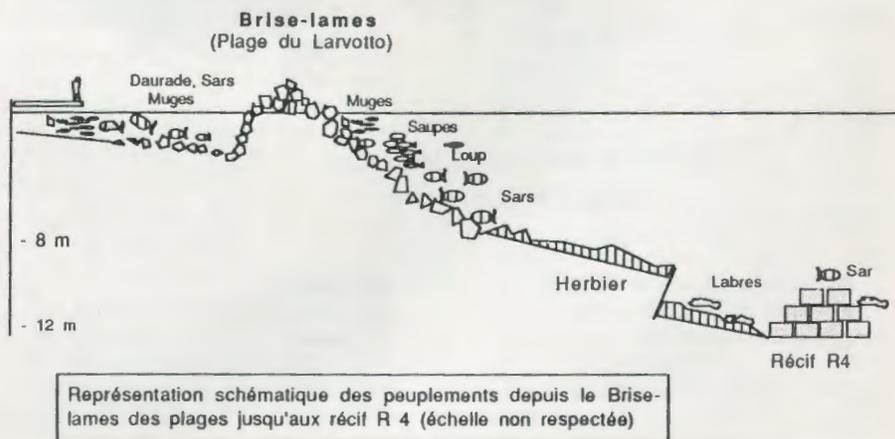
Un des effets les plus évidents de l'absence de prélèvements par pêche, qui ressort mieux des observations que des comptages, est l'abondance de juvéniles notamment dans les zones les moins profondes.

Le comportement adopté par les poissons, situés à l'intérieur du brise-lames protégeant les plages (acceptation de nourriture fournie par l'homme), n'est pas spécifique à la réserve de Monaco mais à plusieurs zones protégées (Iles Médès, Iles Lavezzi); il intéresse, ici, des espèces différentes (Muges, Sars, Daurades) et démontre que l'action humaine altère le comportement naturel des populations sauvages protégées. On peut, d'ailleurs, avancer que l'abondance des effectifs de poissons, à cet endroit, est liée à la distribution de nourriture (ce rassemblement aux points de distribution de nourriture est courant dans les élevages de poissons marins). Malgré cette concentration qui paraît spectaculaire, vue des pontons, on constate en plongée que ces rassemblements ne concernent guère plus d'une centaine d'individus et essentiellement des Muges.

4-3 - Variations d'abondance

Les digues qui sont les sites les plus peuplés présentent des variations saisonnières d'abondance avec un minimum estival que nous supposons dues à la fréquentation humaine des plages et du littoral (tableaux 4 et 5). Notons que nos plongées ont été réalisées dans des conditions climatiques et hydrologiques instables (vents forts, mer agitée) sauf en octobre 1989. Cela pourrait aussi expliquer les variations de peuplement sur les digues

FIGURE N°3



(action de la houle), alors que les zones les plus profondes (récifs...) sont relativement stables de ce point de vue.

On constate, cependant, que la richesse spécifique se retrouve au fil des saisons avec une variabilité limitée. Un seul échantillonnage saisonnier ne peut de toute façon suffire pour apprécier précisément une évolution annuelle: la vue d'un banc de poissons, au-dessus de l'herbier, ne permet pas d'assimiler cette localisation passagère à une "résidence" permanente: il faudrait, pour cela, un suivi très régulier et beaucoup plus fréquent.

4-4 - Efficacité des divers types de récifs

L'abondance plus grande de poissons sur les récifs de blocs naturels que sur les récifs octogonaux de hourdis peut être attribuée à 2 faits: un volume plus important des récifs de blocs naturels (à peu près égal à 100 m³) et une hétérogénéité structurale plus grande.

Les résultats du tableau 3 montrent que les récifs constitués de blocs rocheux naturels, immergés à des profondeurs de 20-30 m, présentent, en poids, les densités de poissons les plus fortes. Notons, cependant, que ces récifs constituent des

zones de surface limitée sur des fonds de sable ou d'herbier dont la pauvreté est caractéristique. Ces récifs se comportent alors comme des zones de rassemblement, des oasis et l'augmentation de leur surface verrait sans doute une diminution corrélative de la densité de poissons.

Malgré leur richesse relative, leur contribution au peuplement global de la réserve est donc plus faible que celle des digues: en estimant à environ 100 m² la surface d'un récif de 100 m³, on remarque (tableau 3) que les densités de poissons (en poids) varient de 90 à 212 g/m², soit de 9 à 21 kg par récifs de blocs rocheux. Ces résultats peuvent être comparés à ceux obtenus par Charbonnel (1989) sur les récifs des Alpes Maritimes: des structures artificielles de 158 m³ présentent des biomasses de l'ordre de 14,08 g/m³, tandis qu'elles peuvent atteindre 300 g/m³ pour des récifs plus petits "imitant assez bien les zones rocheuses". On voit que les résultats obtenus, toutes proportions gardées, sont convergents.

La taille limitée de cette réserve et sa topographie benthique font qu'une espèce "symbolique", telle que le Mérou par exemple, n'y a pas été aperçue, au moins

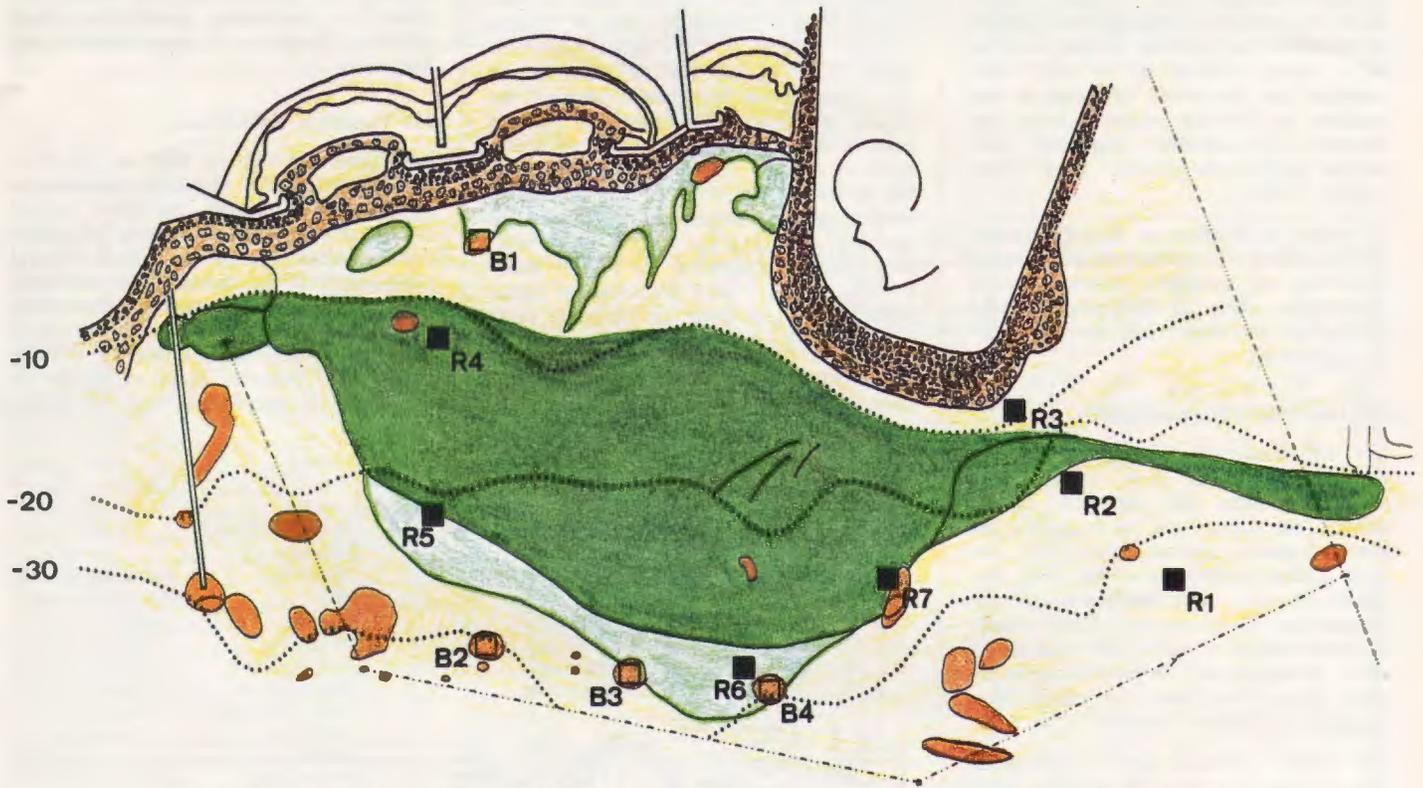
sur les zones échantillonnées. Il s'agit, là, d'un problème d'habitat, en particulier de l'absence à moyenne profondeur (15-30 m) de grandes zones rocheuses riches en anfractuosités (gîtes potentiels).

Les digues sont les sites les plus peuplés après les récifs de blocs naturels, mais leur grande étendue ne permet plus de les considérer comme des oasis: le peuplement observé est réparti (mais en groupes) sur l'ensemble des digues. Leur hétérogénéité structurale est plus importante que celle des blocs constituant les récifs profonds. Fait essentiel, leur faible profondeur les conduit aussi à jouer un rôle insoupçonné.

4-5 - Le rôle primordial des digues

A la fin de leur vie planctonique, les larves des poissons marins se rassemblent sur des zones peu profondes connues sous le nom de "nurseries". La Côte d'Azur, privée de plateau continental et surexploitée par la pêche, offre peu de sites d'accueil aux larves de poissons lorsque leur vie planctonique s'achève, et on pense à la suite de Fage (1958) que la pauvreté de ses rivages serait en partie due à cet état de fait. Les importants prélèvements de juvéniles dus à la pêche

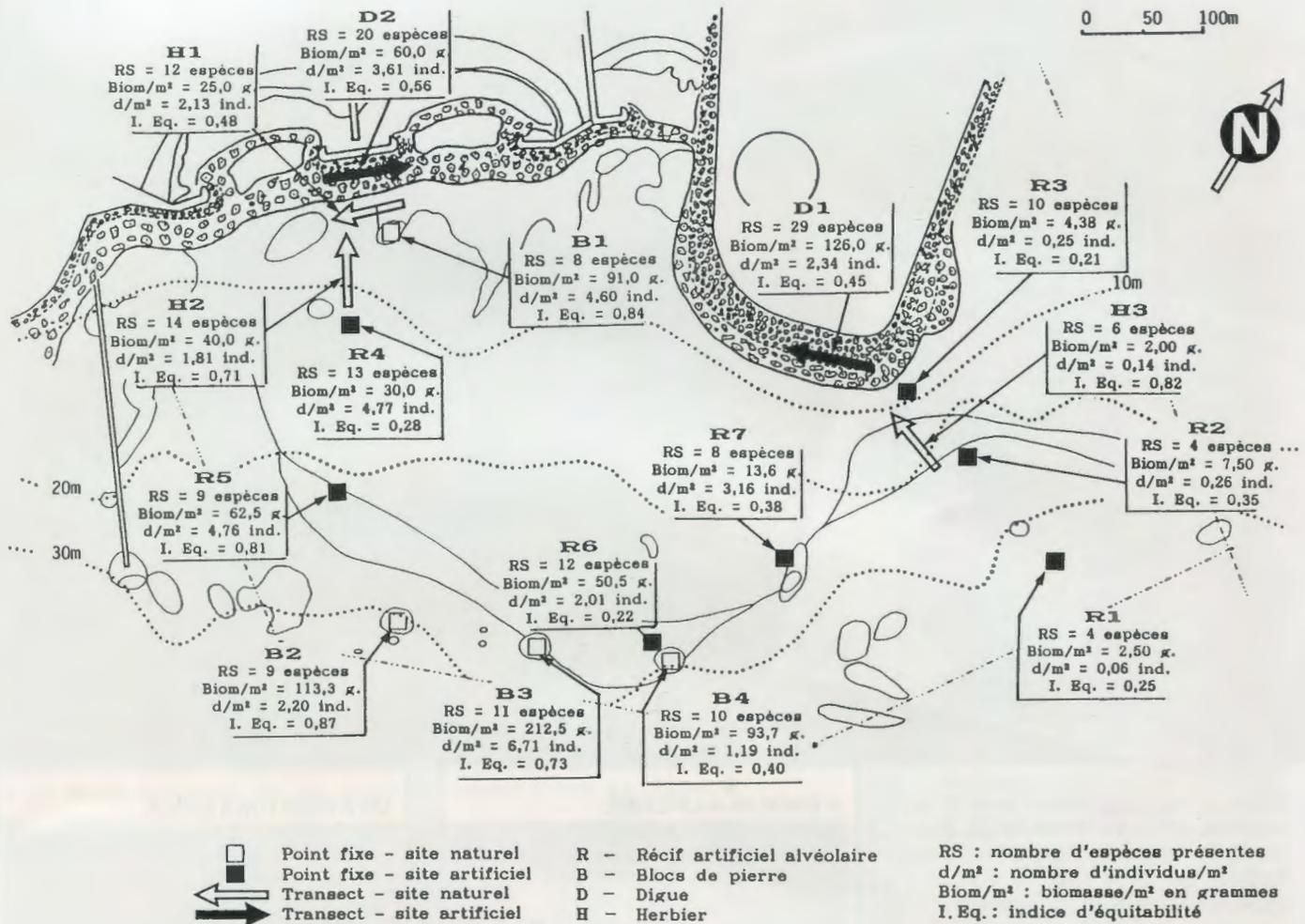
CARTE N°1



RESERVE MARINE DE MONACO
Topographie de la réserve

- | | |
|----------------------------------|---------------------|
| ■ Récifs artificiels alvéolaires | ■ Herbier |
| □ Récifs de blocs de roche | ■ Herbier clairsemé |
| ■ Roches naturelles | ■ Sable |

RESERVE MARINE DE MONACO
Aspect du peuplement ichthyologique en 1989



à la ligne sont bien connus et la pêche professionnelle à la "poutine" (qui est en fait un prélèvement d'alevins), contribuent encore à détruire ce "blé en herbe" hors de zones protégées.

En ce sens, les digues de la réserve de Monaco jouent le rôle de nurserie, ce que ne peuvent faire les récifs lorsqu'ils sont situés trop profond (les larves de poissons attirées par la lumière (phototropisme) fréquentent les eaux superficielles). La présence de ces juvéniles indique que la reproduction des espèces impliquées est toujours active dans la région. Nous ne partageons donc pas les conclusions de Charbonnel (1989) en ce qui concerne la profondeur optimale d'immersion des récifs artificiels (il conseille 25 à 35 m de profondeur), car à cette profondeur il n'y aura pas de recrutement de juvéniles. Les récifs profonds serviront à fixer les populations existantes ou des espèces spectaculaires, mais c'est seulement par le recrutement sur des nurseries peu profondes et protégées que l'on augmentera leur effectif.

Le statut de réserve intégrale a donc un effet très positif sur l'abondance des espèces et l'accueil des jeunes individus.

4-6 - Les perspectives

Dans l'avenir la réserve de Monaco pour-

rait continuer de jouer un rôle de premier plan au niveau de la recherche en milieu marin: en effet, elle est un des seuls exemples de réserve intégrale dont le statut soit respecté du fait de sa situation dans la Principauté.

Les travaux que nous venons d'y conduire pourraient être complétés par des études fines du comportement des poissons par exemple, mais aussi par la mise en oeuvre de structures peu étudiées telles que les récifs en pleine eau, les récifs spécialement conçus pour la

protection du frai, ou les dispositifs de concentration de poissons (DCP).

De telles perspectives s'inscrivent dans une optique qui n'est plus celle de la simple exploitation d'un plan d'eau par la pêche ou le tourisme, mais d'un début d'aménagement raisonné de la mer littorale. Ces perspectives peuvent sembler lointaines mais les grands programmes du type "Marinovation" que lancent les japonais dans ces domaines montrent qu'il ne s'agit pas d'utopie.

Références Bibliographiques

BARNABE G., 1976 - Utilisation des techniques de la pêche sous-marine pour l'étude des populations de poissons littoraux. Rapp. Comm. int. Mer Médit., 23 (6): 63-64.

FAGE L., 1958 - Croissance, Races, Migrations. In: Traité de Zoologie (P.P. Grassé), Masson et Cie Ed., Paris, 13, (3): 1885-1849.

CHARBONNEL E., 1989 - Evaluation des peuplements ichthyologiques des récifs artificiels dans les Etablissements de pêche des Alpes Maritimes, Rapport final. Cons. Gen.

Alpes Maritimes, Dir. Amenag. Equip. Rural Environ.: 92pp.

HARME LIN-VIVIEN M.L., HARME LIN J.G., CHAUVET C., DUVAL C., GALZIN R., LEJEUNE P., BARNABE G., BLANC F., CHEVALIER R., DUCLERC J. et LASERRE G., 1985 - Evaluation visuelle des peuplements et populations de poissons: Méthodes et problèmes. Rev. Ecol. (Terre et Vie), 40: 467-539.

THIERRY J.M., 1988 - Artificial Reefs in Japan. A general outline. Aquacultural Engineering, 7: 321-348.

Sète, le 23 février 1990 Signé Gilbert Barnabe