

XX ANS

AU

SERVICE DE LA NATURE

L'Association Monégasque pour la Protection de la Nature remercie très sincèrement les nombreuses personnes et les entreprises qui, pendant ces 20 années, ont contribué par leur généreux concours à la réussite des actions engagées sur le littoral de la Principauté pour la sauvegarde de la flore et de la faune marines.

Cet ouvrage, témoignage d'une unité d'action pour la protection de notre patrimoine naturel, a pu être réalisé grâce à l'aimable collaboration des chefs de Services de l'administration monégasque, de leurs collaborateurs, des institutions présentes en Principauté et des scientifiques. L'AMPN leur adresse également ses vifs remerciements.

© 1995

Toutes reproductions, textes et photos, interdites.

Cet ouvrage a été réalisé par les Editions EGC - Monaco.

XX ANS
AU
SERVICE DE LA NATURE

par

*l'Association Monégasque
pour la Protection de la Nature*

Avec la collaboration :

- des Services administratifs et techniques de la Principauté ;
- des Institutions scientifiques nationales et internationales siégeant en Principauté ;
- du Musée Océanographique de Monaco ;
- des Universités françaises et étrangères ;
- de l'Office national des Forêts (Direction départementale des Alpes-Maritimes).



Hubert Farihomme PARIS MATCH

S.A.S. LE PRINCE RAINIER III
*Président d'Honneur de l'Association Monégasque
pour la Protection de la Nature*



Palais de Monaco

“20 Années au Service de la Nature...”

Depuis quelques années déjà, l'idée m'avait séduit de voir la Principauté apporter une contribution concrète à la sauvegarde de cette Méditerranée que nous aimons tous et qui a si grand besoin de nos soins et de nos attentions.

Lorsqu'en Septembre 1975, je chargeais M. le Président du Centre Scientifique de s'attacher à la création d'une zone maritime protégée sur le littoral de la Principauté, je n'imaginai pas que vingt ans plus tard, elle connaîtrait un tel essor.

Cette tâche fut confiée à une équipe de monégasques animés par la volonté d'aboutir à une action concrète dans un domaine tout nouveau pour eux. C'est ainsi qu'est née l'Association Monégasque pour la Protection de la Nature dont les statuts furent approuvés dès le 21 novembre 1975.

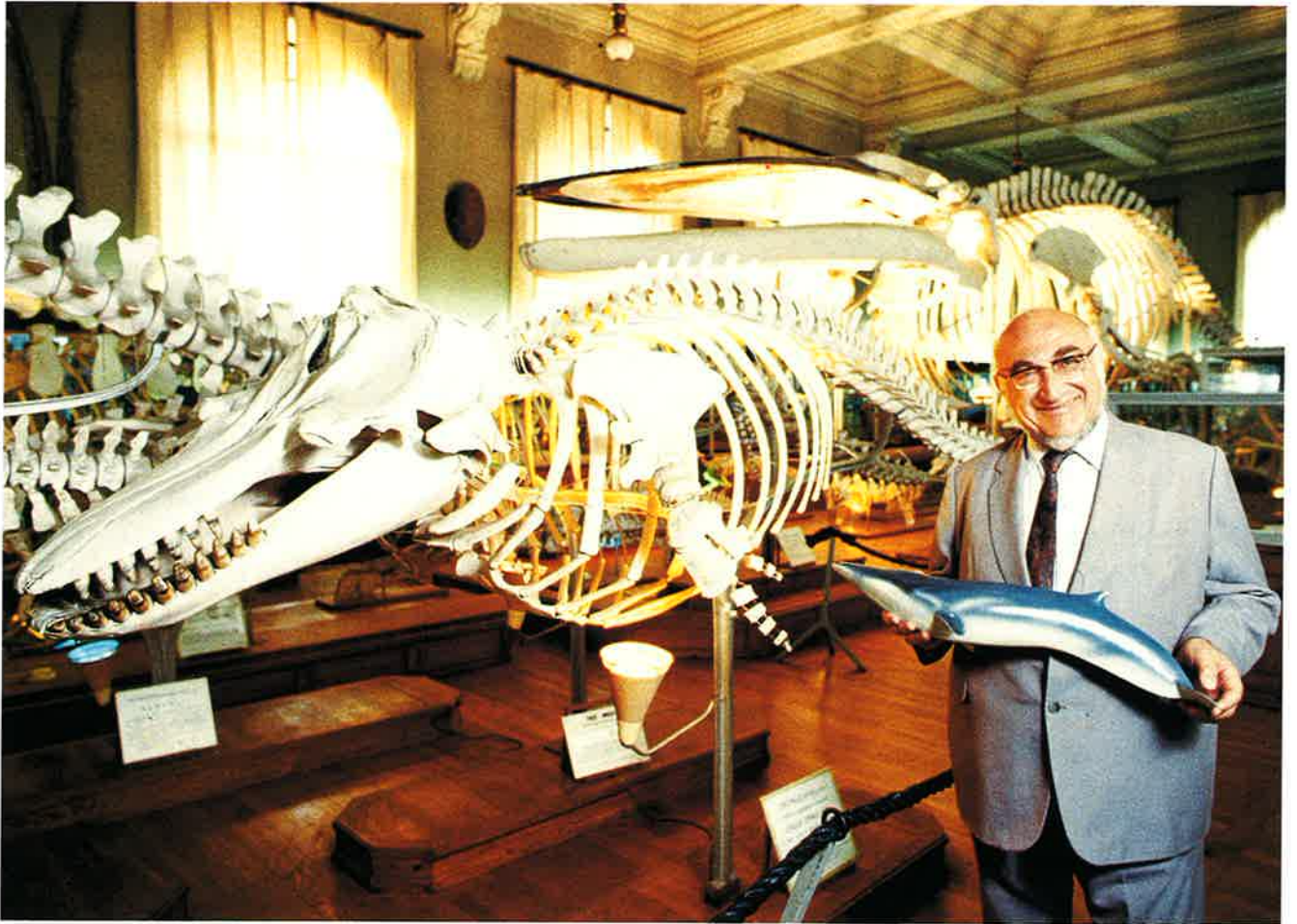
Progressivement furent mis en place les éléments qui conduisirent en Avril 1976 à l'organisation de la “Réserve sous-marine de Monaco”, située au Larvotto en bordure de mer sur 50 hectares où la faune et la flore bénéficient d'une protection sévère et continue.

Les travaux que l'Association y effectue en liaison étroite avec des scientifiques locaux ou étrangers, les actions qu'elle mène en collaboration avec les services monégasques compétents et le concours d'entreprises de Monaco ou des Alpes Maritimes ont abouti à faire de cette zone protégée un véritable laboratoire marin qui ne laisse pas indifférentes les universités françaises et italiennes.

Vingt années ont passé au cours desquelles j'ai suivi avec beaucoup d'intérêt l'évolution de ce site particulier. Les résultats obtenus témoignent de l'efficacité d'une telle entreprise et démontrent, s'il en était besoin, la nécessité de poursuivre l'action engagée et de la développer.

Je suis heureux d'avoir donné ma confiance à celles et ceux qui, à des degrés divers, plongeurs des Associations environnantes, carabiniers, pompiers et autres anonymes amoureux de la mer et de la nature, ont apporté leur savoir et leur bonne volonté à l'Association Monégasque pour la Protection de la Nature, contribuant ainsi au succès de son œuvre.

Je leur renouvelle mes vifs remerciements, certain que dans les années à venir ils continueront à unir leurs efforts pour sauvegarder notre belle Méditerranée.



Professeur François DOUMENGE

Directeur du Musée Océanographique de Monaco
(dans la salle d'océanographie zoologique)



INSTITUT OCÉANOGRAPHIQUE

FONDATION ALBERT I^{er} PRINCE DE MONACO

RECONNU D'UTILITÉ PUBLIQUE

La réserve marine intégrale du Larvotto, gérée avec une grande attention et une extrême rigueur, est une parfaite démonstration des capacités d'autorégénération de l'écosystème marin méditerranéen.

On a vu, très rapidement, augmenter la densité des organismes et surtout on a pu enregistrer un épanouissement de la biodiversité profitant de la variété des substrats et des niches écologiques littorales qui ont été consolidés et élargis par la disposition judicieuse de structures récifales artificielles et de supports adaptés au peuplement benthique littoral.

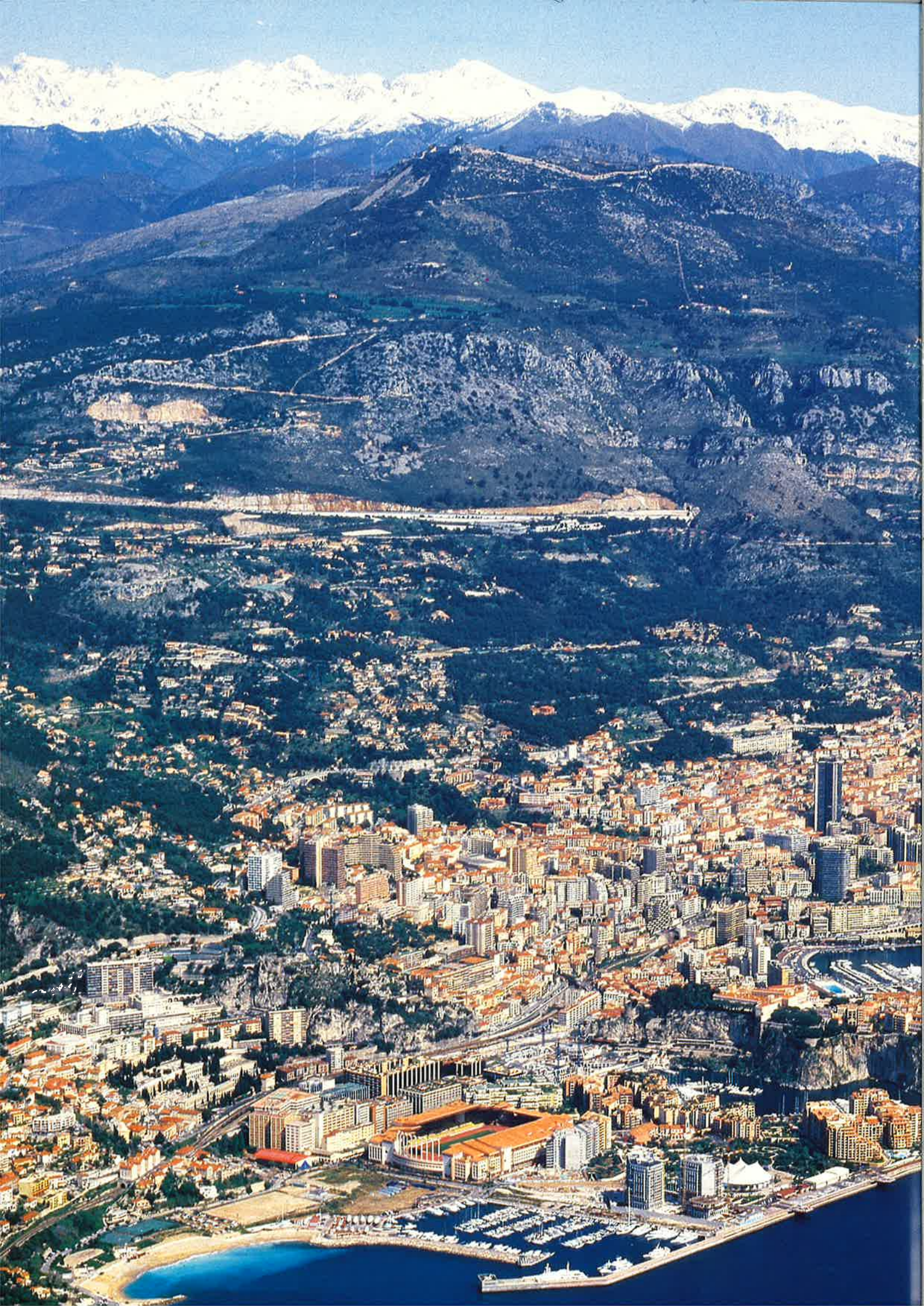
Située pourtant dans une zone soumise inéluctablement à l'influence polluante d'une activité portuaire et touristique intense, la réserve du Larvotto, grâce à la protection dont elle a bénéficié depuis de longues années, a pu aussi démontrer les capacités d'autorégulation et d'auto-épuración de nombreuses associations méditerranéennes qui sont capables de s'adapter à certaines modifications du milieu et qui peuvent aussi surmonter des crises naturelles occasionnelles.

Dans l'avenir, il serait souhaitable d'élargir et de multiplier des réalisations de ce type et il paraît aussi maintenant possible de progresser hardiment vers le large en passant à la réalisation d'une réserve pélagique dont les capacités d'attraction du peuplement pourraient être accrues par des structures flottantes.

Le succès acquis au Larvotto doit être ainsi une incitation à progresser et à persévérer.

Les animateurs de cette réalisation doivent en être félicités et remerciés car ils ont ainsi apporté une contribution éminente à la réhabilitation de notre littoral méditerranéen.

Professeur François DOUMENGE
Directeur du Musée océanographique de Monaco
20 juin 1995





Réserve sous-marine de Monaco

Réserve
Corail

Chers amis,

Permettez-moi de vous présenter cet ouvrage préfacé par Son Altesse Sérénissime le Prince Rainier III, notre Président d'Honneur, à votre intention et à l'intention de celles et ceux qui au cours des vingt années écoulées ont apporté leur généreux concours à notre Association.

L'A.M.P.N. vient d'avoir 20 ans. Pour nous, qui l'avons suivie depuis Novembre 1975, c'est un événement heureux mais aussi un symbole de fidélité à la vocation maritime et scientifique de notre Pays. Car l'aventure dans laquelle nous nous sommes engagés, non sans une certaine fougue, n'était pas forcément destinée à la réussite que nous lui connaissons aujourd'hui. Tout était à faire, à imaginer afin que les actions de sensibilisation et la création d'une réserve marine souhaitées par notre Souverain, soient engagées dans les meilleures conditions.

Que de chemin parcouru pour convaincre de l'utilité de notre action, pour vaincre aussi les réticences et parfois l'hostilité de certains dès lors que nous touchions un tant soit peu à leurs intérêts personnels.

Combien de satisfactions aussi avec nos amis de Monaco, de France, de Grèce, du Maroc, d'Italie, d'Espagne, d'Israël, du Japon et des Etats-Unis qui se sont intéressés à nos travaux, qui ont offert leurs compétences, leur participation sur le terrain pendant plusieurs années.

L'amitié née de tous ces contacts locaux ou parfois très lointains, a constitué le ciment nécessaire pour amalgamer les équipes qui ont oeuvré sur chaque site dans le cadre de programmes sans doute modestes mais néanmoins fort utiles à une meilleure connaissance du milieu marin et à sa protection.

Nous avons tenu à rassembler dans cet ouvrage les principaux éléments de ces programmes et donner ainsi à celles et ceux qui en ont été les artisans, l'opportunité de vous les faire mieux connaître.

Il nous offre aussi le plaisir de remercier les services administratifs et techniques du Gouvernement Princier, les entreprises de la Principauté et du Département des Alpes-Maritimes pour leur précieux concours et leur disponibilité. Nos remerciements s'adressent bien évidemment aux scientifiques des universités françaises (Nice - Marseille - Montpellier - Paris), italiennes (Gênes, Pise), des parcs nationaux français, italiens et espagnols et aux services français (Direction des Affaires Maritimes, Direction de l'Office National des Forêts, Direction de l'Équipement) qui nous ont apporté leur collaboration et assisté de leurs conseils.

Pardonnez-moi cette énumération, sans doute un peu longue, mais certainement incomplète. Elle montre bien les efforts qu'il a fallu déployer pendant ces 20 années pour contribuer à la sauvegarde de la faune et de la flore de notre belle Méditerranée depuis trop longtemps malmenées par l'inconscience des hommes.

Il nous reste à formuler le souhait que notre Association avec ses adhérents et tous ses amis poursuive davantage encore la tâche que lui a confié notre Président d'Honneur.



Eugène DEBERNARDI
Président de l'AMPN

SOMMAIRE

Préfaces	SAS Le Prince Rainier III de Monaco	5
	Professeur François Doumenge, <i>Directeur du Musée</i> <i>Océanographique de Monaco</i>	7
	Eugène Debernardi, <i>Président de l'Association Monégasque</i> <i>pour la Protection de la Nature</i>	11
1/	L'environnement monégasque	15
	Les caractéristiques géographiques et météorologiques	17
	Le milieu marin	21
	Le système pélagique de la mer de Monaco	25
	Le milieu marin benthique	29
	De Nice à Menton	35
2/	La protection de la nature	37
	Historique	38
	2.1 XX ans d'actions de l'AMPN	41
	Les Réserves sous-marines : Pour quoi faire ?	43
	Le développement de la Réserve marine du Larvotto	45
	Les caractéristiques physico-chimiques et biologiques	49
	Le cycle de l'azote	52
	La faune des éponges	59

La Réserve et sa faune ichtyologique	65
Etude du recrutement des Echinodermes	73
Les récifs artificiels	81
La colonisation des récifs artificiels	85
Visite de la Réserve en images de synthèse	93
Le repeuplement en Oursins comestibles	97
La détoxification des Oursins comestibles	103
La réimplantation de <i>Pinna nobilis</i> L.	111
Les Posidonies de la Réserve	115
La Réserve à Corail Rouge	121
Les reboisements autour de Monaco	131
Conférences, colloques et expositions	136
2.2 XX ans d'actions des institutions présentes à Monaco	139
Le Musée Océanographique	141
La CIESM	145
Le Jardin Exotique	149
L'A.I.E.A.	153
Le Centre Scientifique de Monaco	159
L'Accord et la Commission RAMOGE	165
L'Observatoire Océanologique Européen	169
Le Service de l'Environnement : la qualité des eaux	175
Le Service du Contrôle Technique : gestion des installations de protection du milieu marin	181
Le Service de l'Urbanisme : les jardins de Monaco	185
A la rencontre de la vie sous-marine	I à XXIV

1 | l'environnement monégasque



... de retour dans la Réserve après de nombreuses années d'absence ...

Thallasoma pavo, forme tropicale de “ crénilabre paon ” ou “ girelle paon de Méditerranée ”

photographiée par Patrice Gambini le dimanche 10 septembre 1995

dans la Réserve sous-marine de Monaco

à l'occasion du 3^e Challenge de photographies sous-marines de Monaco - (FMAS)

LES CARACTÉRISTIQUES GÉOGRAPHIQUES ET MÉTÉOROLOGIQUES DE LA PRINCIPAUTÉ DE MONACO

par
Michel BOISSON ⁽¹⁾

L'environnement de Monaco est un vaste sujet même si notre pays est petit, je vais essayer de vous en donner les principales caractéristiques.

Les caractéristiques géographiques

La Principauté de Monaco est située dans l'hémisphère Nord sur la côte Sud de l'Europe et le rivage Nord Occidental de la Méditerranée. Cependant, on ne pense jamais que Monaco est au centre de la Méditerranée à équi-

distance de Gibraltar et du détroit des Dardanelles (l'entrée de la Mer Noire).

Sa superficie est de 195 hectares et son point culminant se situe au chemin des Révoires à 162,51 mètres.

L'un des attraits de la Principauté (*Photo 1*) est qu'elle est blottie au bas d'un cirque de hauts reliefs compris entre 550 et 1100 mètres d'altitude. Ces reliefs ont une

Photo 1

La Principauté de Monaco est entourée d'un cirque de hauts reliefs (compris entre 550 et 1100 mètres d'altitude) et est blottie au bas d'un bassin versant de 9 Km² constitué par les vallons de Saint Roman, Larousse, la Noix et Sainte Dévote.

Photo BAZZOLI

(1) Docteur en Océanographie, Vice-Président de l'AMPN.



grande influence sur notre environnement. L'un des premiers effets est que Monaco s'étale le long du littoral sur un maximum de 3180 m et pour une longueur de côte de 4100 m, mais surtout qu'il se trouve au bas d'un bassin versant de 9 km².

Cette situation a deux conséquences :

- La première, positive fait de Monaco un lieu d'accumulation des eaux de ruissellement et d'infiltration. On y trouve plusieurs sources en particulier du côté du Larvotto où elles sont exploitées par la Société Monégasque des Eaux et du côté de Fontvieille dans le prolongement de la Grotte du Jardin Exotique. On trouve aussi des nappes phréatiques importantes à la Condamine qui étaient utilisées par nos ancêtres pour cultiver les citronniers et les orangers. Ces ressources en eau ont certainement été l'une des raisons de l'installation de l'homme à Monaco. Nous ne connaissons pas très bien l'importance de ces réserves, elles font l'objet d'une évaluation. On peut cependant penser que ces réserves ne seront certainement pas suffisantes pour couvrir tous nos besoins puisque nos grands parents collectaient déjà l'eau de pluie pour les cultures. En outre, les terrains occupés par les nappes phréatiques à la Condamine sont maintenant en grande partie occupés par des parkings souterrains ce qui limite le volume de stockage de ces eaux.

- La deuxième conséquence de cette situation géographique, moins favorable, est que Monaco recueille tout ce qui est emporté par les eaux de ruissellement du bassin versant. Monaco est donc condamné à recevoir les eaux d'une agglomération comptant plus du double d'habitants que sa propre population. De plus, les eaux des sources débouchant à Monaco pourraient être soit captées en amont par nos voisins, soit polluées par des rejets accidentels.

L'utilisation de l'eau en Principauté où les précipitations sont rares mais intenses (763 mm par an en moyenne) avec un petit nombre de jours de pluie (63 par an en moyenne) devra faire l'objet d'un plan d'ensemble pour l'avenir. Ce plan devra prendre en considération la nature et l'importance des besoins futurs, les réserves disponibles mais aussi les économies possibles, les méthodes de recyclage et même les conditions d'utilisation de l'eau de mer.

Les caractéristiques météorologiques

Les conditions météorologiques en Principauté sont essentiellement liées à l'anticyclone des Açores, sa position, son importance et son déplacement par rapport à celui de l'Asie en hiver ou du Pacifique en été. Sans entrer dans le détail on peut dire que (*Fig. 1*) : lorsque l'anticyclone Atlantique est bien centré sur les Açores et s'étend sur la Méditerranée, situation habituelle en été, les dépressions Atlantique ne parviennent plus en Méditerranée et le temps à Monaco est beau.

Au contraire, lorsque l'anticyclone Atlantique est absent ou peu développé, les dépressions qui se forment sur le Nord de l'Amérique ou le Nord-Ouest de l'Europe traversent la France puis atteignent Monaco avant de s'évacuer vers l'Italie. La fréquence de ces passages est fonction de l'importance de ces perturbations et de leur vitesse de déplacement. Elles peuvent se succéder toutes les 24 heures, les 36 heures, tous les deux jours et demi ou les 5 jours etc...

Dans cette situation, quelques fois en hiver, les masses d'air froid polaires ou sibériennes pénètrent jusqu'en Méditerranée et sont responsables des basses températures hivernales que nous ressentons 2 à 3 fois par an à la fin du mois de janvier et courant février.

Lorsque l'anticyclone Atlantique n'est pas centré sur les Açores mais remonte vers le Nord de l'Atlantique, à la hauteur de Brest par exemple, il s'étend souvent sur une partie de la France et sur l'Espagne. A ce moment là, Monaco est sous l'influence des dépressions du Nord ou du Nord-Est ou d'air chaud qui se déplace d'Ouest en Est sur la Méditerranée occidentale en se chargeant d'humidité. Le temps est moins chaud qu'à la normale, instable et souvent pluvieux. Cette situation lorsqu'elle se reproduit régulièrement conduit à des hivers doux et des printemps plus froids.

La prévision que l'on peut faire à partir de cette vision générale des situations est modifiée par les effets de la topographie régionale sur le sens de déplacement de l'air. Les hauts reliefs situés juste derrière les côtes de la Méditerranée occidentale (Alpes, Pyrénées, Massif central) et plus particulièrement pour notre région, l'arc montagneux des Alpes, crée une barrière élevée qui modifie le sens et la vitesse de déplacement des masses d'air et rend les prévisions beaucoup plus difficiles. Ces massifs peuvent jouer plusieurs rôles :

- soit ils arrêtent les dépressions qui arrivent du Nord ou du Nord-Ouest de l'Europe ne laissant aux masses d'air que la possibilité d'utiliser les vallées pour se déplacer, c'est alors l'apparition du Mistral dans la vallée du Rhône, ou de la Tramontane à travers le seuil de Naurousse.

- soit ils arrêtent l'air doux chargé d'humidité qui se déplace sur la Méditerranée. La vapeur d'eau au contact des reliefs se condense, s'accumule au dessus de Monaco ou arrose abondamment notre côte. On observe souvent ce cas à la fin de l'hiver, ce sont les brumes de mars sur la Turbie.

- soit enfin, sous certaines conditions que l'on n'a pas encore tout à fait élucidées mais qui sont en rapport avec la forme en arc de cercle des Alpes et de la côte ligure, une dépression se creuse spontanément en mer Ligure, la dépression du Golfe de Gênes. La présence de cette dépression en particulier en automne et hiver se concrétise à

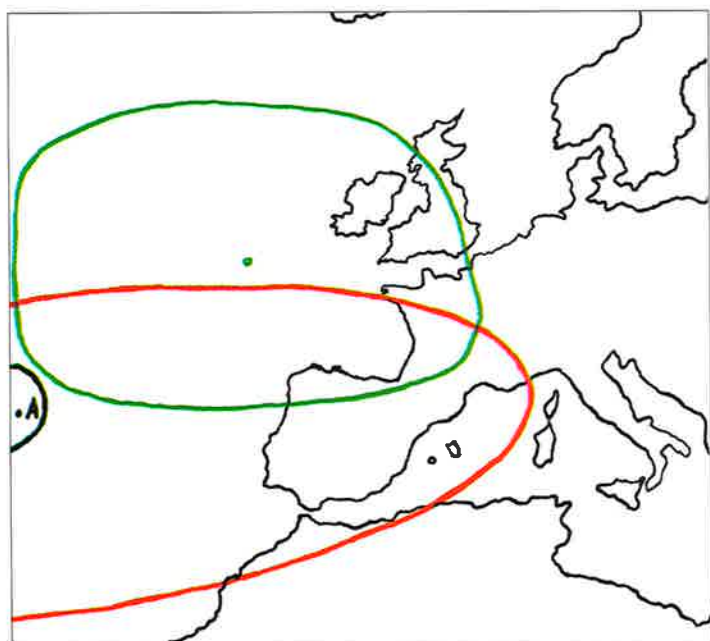


Fig. 1
Représentation schématique des trois positions les plus fréquentes de l'anticyclone des Açores.
1) Anticyclone développé et centré sur les Açores.
2) Anticyclone peu développé ou absent.
3) Anticyclone remonté sur l'Atlantique Nord.

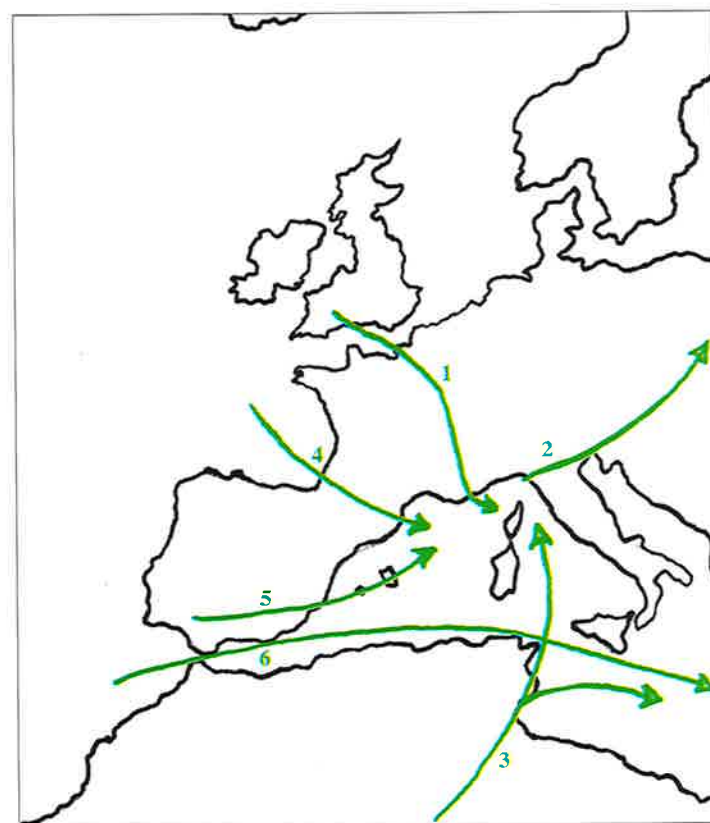


Fig. 2
Trajectoires des perturbations intéressant Monaco.
Les flèches 1, 2 et 4 correspondent aux perturbations du Golfe de Gênes qui s'observent en automne, hiver et printemps (1), en automne et au printemps (2) et en automne (4).
La flèche 5 correspond aux perturbations des baléares qui s'observent en automne, la 3 aux perturbations sahariennes à l'automne et au printemps.

Monaco par des vents forts de secteur Est à Nord-Est amenant de l'air chargé d'humidité et la pluie.

L'effet du relief s'observe bien à Monaco par coups de vent de mistral.

Lors d'un coup de vent de mistral en cours dans la vallée du Rhône, Monaco protégé par les Alpes est souvent épargné par ce vent. La houle d'Ouest qui en est la conséquence dans notre région n'arrivera devant Monaco que 24 à 48 heures après. Si ce vent atteint Monaco, sa direction, modifiée par les reliefs, sera passée à l'Ouest ou au Sud-Ouest. Si enfin, le mistral vrai de Nord-Ouest atteint la côte monégasque il passe au dessus de La Turbie et du Mont Agel. A Monaco on ne mesure pratiquement pas de vent. Le ciel est très dégagé, l'air sec et la mer bleu outre-mer, car ce vent chasse les nuages chargés d'humidité et pousse la couche superficielle de la mer vers le large ce qui éloigne de la côte les eaux chargées de particules et fait remonter de l'eau plus profonde, plus froide mais plus transparente. La mer devant Monaco reste plate et l'on n'aperçoit les vagues dues au mistral qu'au large.

Il résulte de ces conditions météorologiques que l'atmosphère de Monaco a une double origine (Fig. 2). La principale composante vient du Nord, Nord-Ouest plus rarement du Nord-Est et de l'Est (comme cela a été le cas lors de l'accident de Tchernobyl) ; l'air est alors légèrement acide et se charge en polluants au cours de sa traversée de l'Europe. La seconde composante plus ponctuelle est d'origine saharienne. Dans ce cas, l'air est plus neutre mais chargé de poussières minérales qui se déposent sous la forme de terre rouge. Cette situation s'observe souvent en automne et au printemps et donne à la mer et au ciel une couleur gris métallique.

LE MILIEU MARIN

par
Michel BOISSON ⁽¹⁾

La grande particularité de la Principauté par rapport aux autres pays méditerranéens est que son domaine maritime qui s'étend jusqu'à 12 milles nautiques (22,38 km) couvre 71 Km², et est donc 35 fois plus vaste que son domaine terrestre. De plus, si l'on prend en considération la "zone économique exclusive", c'est-à-dire la zone sur laquelle un Etat peut se réserver l'utilisation des ressources marines, ce "domaine maritime" pourrait s'étendre jusqu'à l'équidistance entre la Corse et le continent soit 45 milles (environ 83 km) et couvrirait une surface de 265 km². La Principauté est donc physiquement, économiquement et politiquement tournée vers la mer.

Quelles sont donc les caractéristiques de ce milieu marin? La mer de Monaco a été étudiée depuis le début du siècle par les équipes du Musée Océanographique, puis du

Centre Scientifique de Monaco et du Laboratoire de l'Environnement Marin de l'Agence Internationale pour l'Energie Atomique.

Pour la petite histoire, c'est à Monaco que l'on a fait les premières mesures de la pénétration de la lumière en mer et que le premier programme de surveillance en continu de la zone côtière a été réalisé entre 1907 et 1914.

Les travaux de la station zoologique de Villefranche sur mer apportent aussi beaucoup de précisions sur les caractéristiques de la mer Ligure.

Notre mer se caractérise en premier lieu par un relief sous-marin très pentu en continuité avec les hauts reliefs qui nous entourent (**Fig. 1**). Ainsi, à l'entrée du port "Hercule" on mesure déjà trente mètres de profondeur, le Casino est construit sur un rocher qui descend directement jusqu'à

(1) Docteur en Océanographie, Vice-Président de l'AMPN.

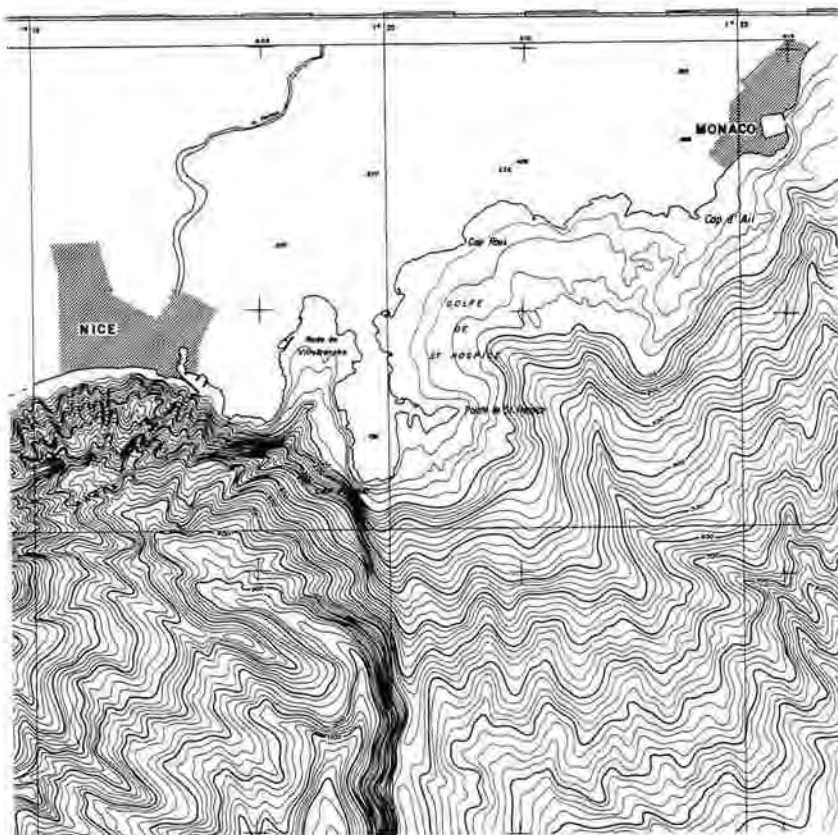


Fig. 1
Carte du relief
sous-marin devant la Côte d'Azur
(Carte bathymétrique)
Le relief
sous-marin est
très pentu en continuité
avec les hauts reliefs
ce qui a pour
conséquence l'étroitesse
du plateau continental.

40 mètres. La jetée du port de Fontvieille est posée sur 30m de fond. La profondeur de 100 m se situe à moins d'un kilomètre du Musée Océanographique. A 6 km de Monaco on mesure 1100 m et à la limite de nos eaux territoriales, on atteint pratiquement les 2000m de fond.

Par temps calme, lorsque l'on regarde la mer on a l'impression que l'eau reste immobile. C'est une fausse impression, l'eau devant Monaco se déplace continuellement. Une goutte d'eau partant de Cap Martin met en moyenne 24 heures pour atteindre le Cap d'Ail.

En fait, c'est toute la Méditerranée qui est en mouvement permanent. Imaginez un "mille-feuilles", la Méditerranée fonctionne comme un bassin comportant des couches superposées de masses d'eau indépendantes les unes des autres et dans lequel l'évaporation est très supérieure aux apports d'eau douce par les fleuves et les pluies. Pour combler ce déficit un flux d'eau venant de l'Océan Atlantique pénètre en surface par le détroit de Gibraltar. Ainsi, c'est 21 m d'épaisseur d'eau Atlantique qui entrent par Gibraltar tandis qu'il en ressort en profondeur une lame d'eau Méditerranéenne de 20 mètres. Cela crée dans toute

la Méditerranée des circulations horizontales et verticales intenses, l'ordre des "débits" est du million de m³ par seconde. Cette eau Atlantique fait le tour de la Méditerranée (Fig. 2). Elle longe les côtes de l'Afrique et de l'Arabie pour remonter le long de la botte italienne ou de la Turquie puis suit les côtes européennes ou grecques. Le thon, poisson migrateur, accompagne ces courants et tourne autour de la Méditerranée ce qui faisait dire à Aristote que les thons étaient borgnes de l'oeil gauche car ils se déplaçaient en suivant la côte avec leur oeil droit. Cette eau de surface va subir pendant l'été une forte évaporation et donc une augmentation de salinité sans augmentation de densité du fait de sa température élevée. Au cours de l'hiver, en se refroidissant, elle va augmenter de densité et descendre en profondeur où elle acquiert les caractéristiques de l'eau méditerranéenne.

La mer Ligurie, donc les eaux devant Monaco, n'échappe pas à ces importants mouvements. En particulier dans les 200 premiers mètres, les eaux qui pénètrent dans le bassin à la fois le long de la côte nord ouest de la Corse et par le canal de Corse en provenance de la mer Tyrrhénienne

Fig. 2
Carte schématisant la circulation du courant des eaux Atlantiques qui pénètrent en Méditerranée occidentale. Ces eaux circulent dans le sens inverse des aiguilles d'une montre. Ce courant guide aussi les poissons migrateurs comme le thon.

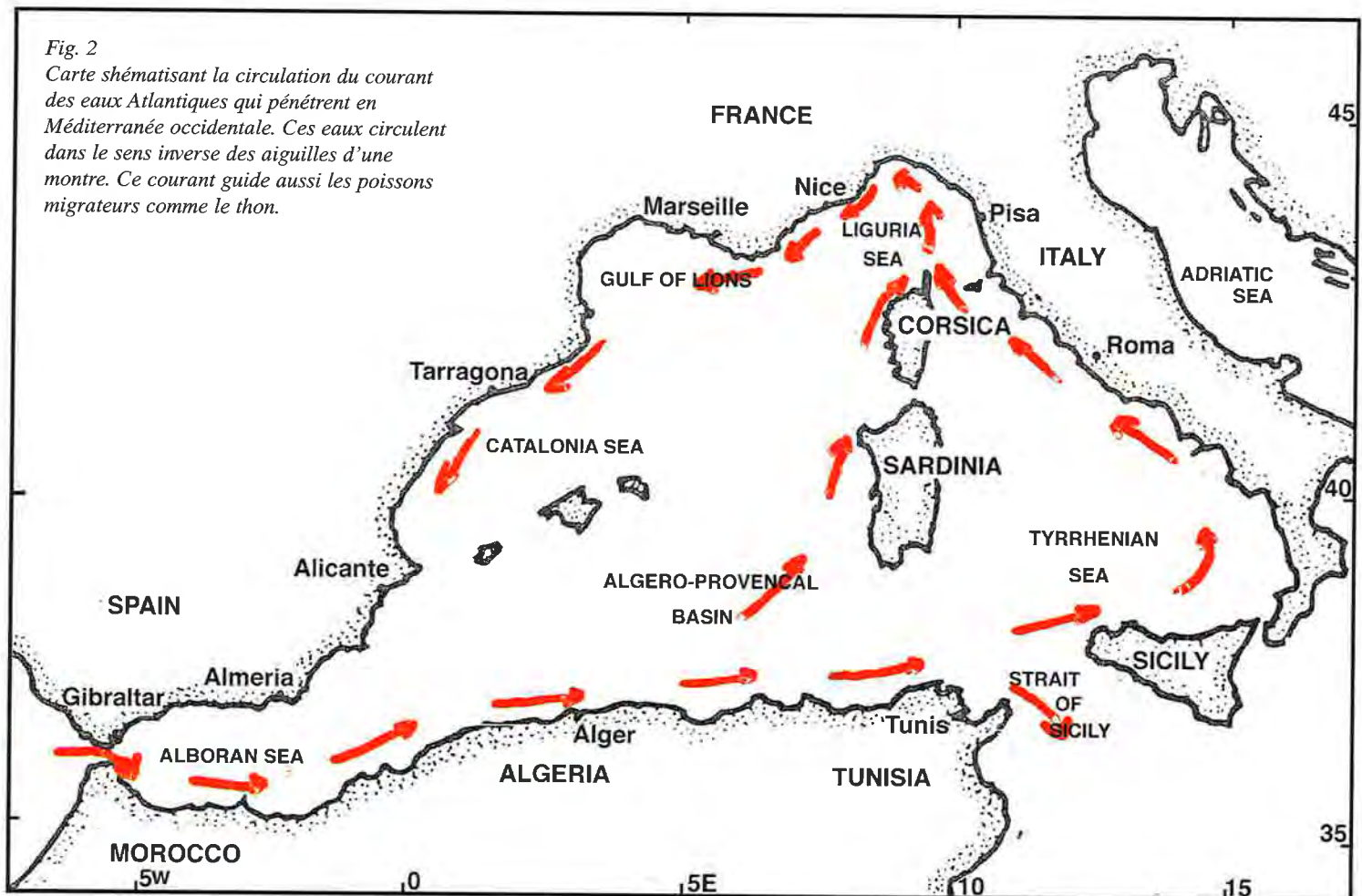
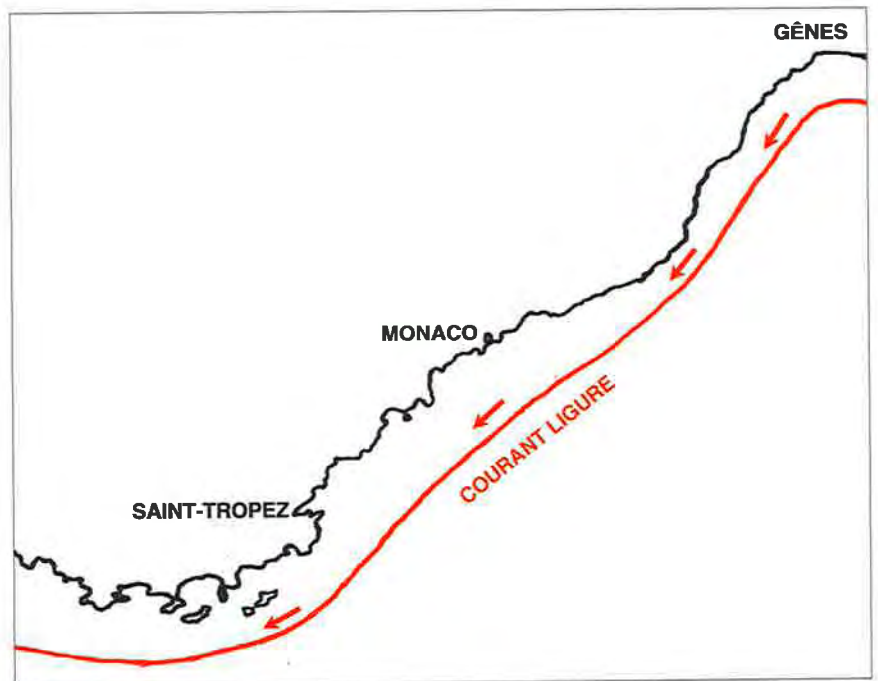


Fig. 3
Carte indiquant
la position la plus fréquente
du courant Ligure
devant Monaco.
Ce courant
passe au large de Monaco
à une distance
de 6 à 20 km
par rapport
au Musée Océanographique.



se rejoignent devant Gênes, longent la Riviera Italienne, la Côte d'Azur et les côtes varoises et traversent ainsi la mer de Monaco. C'est le fameux courant Ligure. Le flux ou "débit" moyen annuel devant Monaco est de 1,4 millions de m³ par seconde. Ce courant Ligure ne longe pas directement le littoral monégasque (Fig. 3). Il passe au large à au moins six km de Monaco, car, et c'est encore un des effets de la géographie particulière à la région de Monaco, ce courant suit la ligne directe de la côte et généralement la profondeur de 1000 m. Il coupe donc tout droit entre le Cap de Bordighera et le Cap d'Antibes.

Nos ancêtres et les moines des îles de Lérins connaissaient déjà cette particularité puisque l'arrivée de Sainte Dévote, martyrisée en Corse dans la région de Bastia, à Monaco est décrite dans la légende par "la barque emportée par les courants dérive jusqu'au réveil du marin qui aperçoit la côte au moment où une colombe s'échappe de la bouche de la Sainte et le guide vers le rivage qu'il n'aurait pu atteindre sans s'aider de ses rames".

Ce courant conditionne l'existence d'une structure verticale permanente qui délimite, entre le centre du bassin et la côte, quatre zones pour lesquelles la composition de l'eau est différente. Sans entrer dans le détail, il faut attirer l'attention sur la zone côtière. (Fig. 1).

En effet, cette zone comprise entre le courant Ligure proprement dit et notre littoral est "isolée" du reste de la mer. Son extension vers le large atteint au maximum 9km et son épaisseur varie entre 150 et 300 mètres en hiver où la

colonne d'eau devant Monaco est homogène en température (autour de 13°C).

Entre avril et août, par contre, les augmentations de la température et du rayonnement solaire réchauffent la couche superficielle de la mer. Cette élévation de température intéresse progressivement une couche d'eau de plus en plus épaisse, en raison de la diffusion et de l'agitation. En été, lorsque la température de l'air est la plus élevée, cette couche chaude s'étend au maximum sur une épaisseur de 40 à 50 mètres. Ainsi s'individualisent dans le milieu marin deux couches d'eau indépendantes l'une de l'autre : une couche superficielle chaude de 20 à 27°C et le reste de la colonne d'eau à 13°C. Donc à cette époque de l'année, la zone côtière n'a plus qu'une épaisseur réduite comprise entre 10 et 50 mètres.

Il découle de l'ensemble de ces observations que :

1) La circulation des masses d'eau marine au-dessus du plateau continental monégasque est la conséquence des effets conjoints de la configuration géographique locale et des conditions météorologiques régionales ou locales sur le régime général du courant Ligure. Le courant côtier montre une très grande variabilité avec l'apparition de contre-courants et de méandres. La direction la plus fréquente est le Sud-Ouest (en accord avec le sens du courant Ligure) avec une accélération de la vitesse lors de l'établissement d'un régime de tramontane ou de mistral sur le Golfe du Lion. Mais aussi, dans environ 40% des cas, s'établit un courant opposé orienté vers le Nord-Est. Ce changement d'orienta-

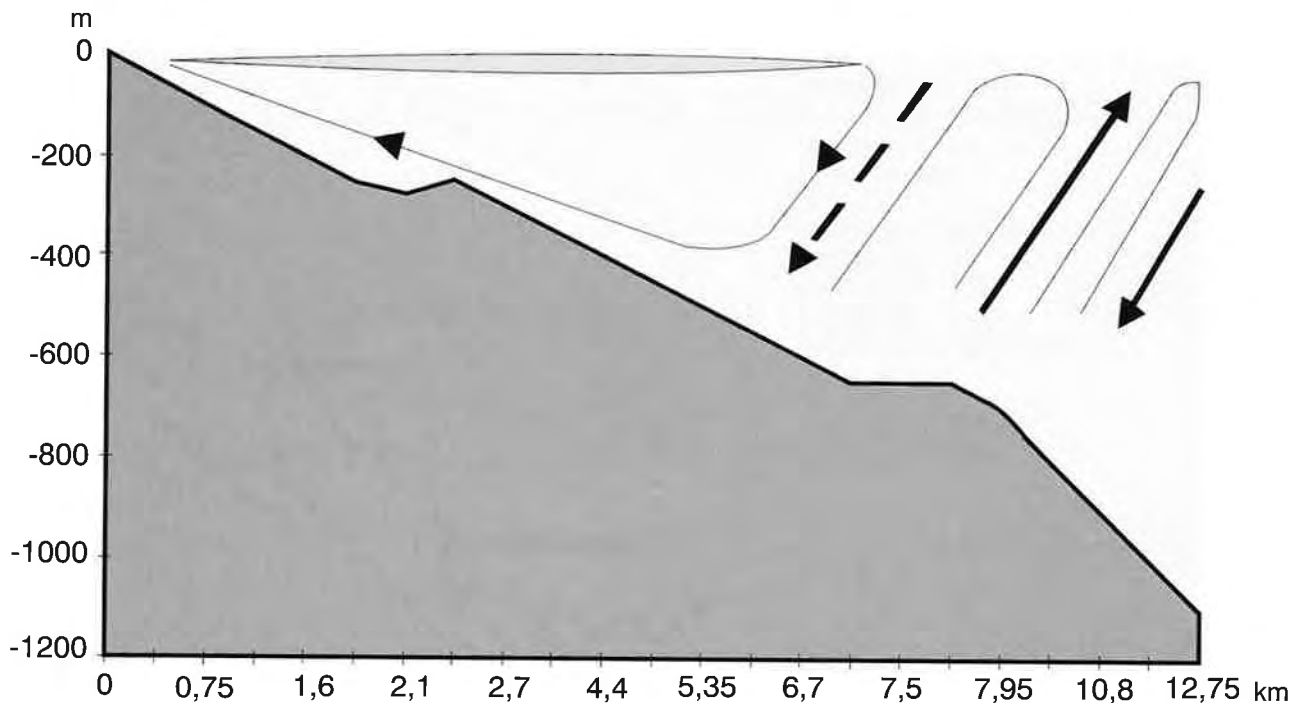


Fig. 4
Schéma montrant la position et l'importance de la couche des eaux côtières devant Monaco. Ces eaux sont limitées vers le large par le front de densité du courant Ligurie (représenté ici par les flèches en trait plein) situé à 6 ou 20 Km de Monaco. L'épaisseur de cette couche, dans laquelle se mélange les eaux douces (torrents, fleuves, émissaires urbains et eaux de ruissellement) et les polluants qui y sont associés, varie suivant la saison: a) période hivernale l'épaisseur de la couche est de 150 à 400 m; b) période estivale le réchauffement solaire estival des eaux superficielles réduit l'épaisseur de la couche qui ne mesure plus que 10 à 50 m.

tion des courants est généralement en phase avec le passage des dépressions et montre des cycles de 24 heures, 36 heures, 2,5 jours à 5 jours. Le sens du courant de surface devant Monaco est donc souvent directement relié au déplacement des dépressions Atlantiques. De plus, quelques fois lorsque le vent vient de l'Ouest ou du Sud-Ouest, il pousse la couche d'eau superficielle vers le large. Cette eau est alors remplacée par de l'eau des couches plus profondes dont la température est, en été, plus froide que celle de surface. Cette remontée d'eau que les océanographes appellent upwellings expliquent le refroidissement constaté par les baigneurs après ces coups de vent.

2) La composition des eaux côtières résulte du mélange des eaux marines avec les apports d'eau douce. Les changements de salinité devant Monaco reflètent les variations de débits des fleuves italiens, La Roya par exemple, mais aussi l'Arno qui débouche au Sud de La Spezia.

3) La barrière physique entre cette zone côtière et le courant Ligurie empêche la dispersion des organismes planctoniques et des apports d'eau douce, donc des substances polluantes et les maintient dans cette zone côtière dont le volume est fortement réduit en période estivale.

Comment la vie se développe dans cet univers en plein mouvement?

La vie marine

Comme sur terre la base de la vie marine est la formation des végétaux. Ces végétaux utilisent la lumière pour

assimiler le carbone et les autres éléments azote, phosphore et dans une moindre mesure le soufre et le silicium qui entrent dans leur composition. La lumière pénètre difficilement en mer car elle est absorbée par l'eau et réfléchiée par les particules en suspension. Dans notre région, il n'y a plus que 2 % de la lumière du soleil à 50 mètres de profondeur. Le carbone se trouve en abondance en mer sous forme de carbonates et bicarbonates dissous. L'azote et le phosphore sont assimilés à partir des nitrates et phosphates en solution dans l'eau : ils servent d'engrais.

Cette vie se développe soit sur le fond, c'est le système benthique, soit dans la masse d'eau, c'est le système pélagique.

LE SYSTÈME PÉLAGIQUE DE LA MER DE MONACO

par

Michel BOISSON ⁽¹⁾

“L’herbe de la mer” vit et se développe dans les 50 premiers mètres d’eau, on l’appelle le phytoplancton. La plupart des espèces du phytoplancton ne sont constituées que par une seule cellule. On a identifié dans le monde environ 6000 espèces phytoplanctoniques. En Méditerranée, on en a dénombré plusieurs centaines. Ces cellules de taille comprises entre quelques millièmes de millimètre et quelques dixièmes de millimètre sont plus lourdes que l’eau et elles ont tendance à s’enfoncer (*Photo 1*). Elles se sont donc adaptées à la situation en développant des moyens pour augmenter leur capacité à flotter. C’est la raison pour laquelle elles possèdent des pointes plus ou moins longues, elles sont munies de cils qui leur assure une certaine motricité ou elles s’accrochent entre elles pour augmenter leur volume. Présentes toutes l’année, ces cellules sont beaucoup plus nombreuses à partir du mois de février et jusqu’à la fin du mois d’avril. On appelle cette période “la poussée printanière”. A cette époque, le nombre de cellules algales peut passer de 10 cellules par millilitre à 1000 et même 5000 cellules par millilitre. Leur multiplication s’arrête lorsqu’elles ont utilisé la totalité des engrais présents dans la couche d’eau superficielle. Ce phytoplancton sert de nourriture au zooplancton végétarien qui lui même sert de nourriture au zooplancton carnivore et ainsi de suite jusqu’aux poissons,

Photo 1
Photographie
d’une partie d’une pêche
de phytoplancton
(herbe de la mer).

Photo CL. CARRÉ



(1) Docteur en Océanographie, Vice Président de l’AMPN.

Photos 2
Photographies
de deux espèces
de copépode:
a) *Pontella*,
b) *Euchaeta*.

Les copépodes,
petits crustacés constituent
généralement 80%
du zooplancton.

Photos DANIEL MILLE



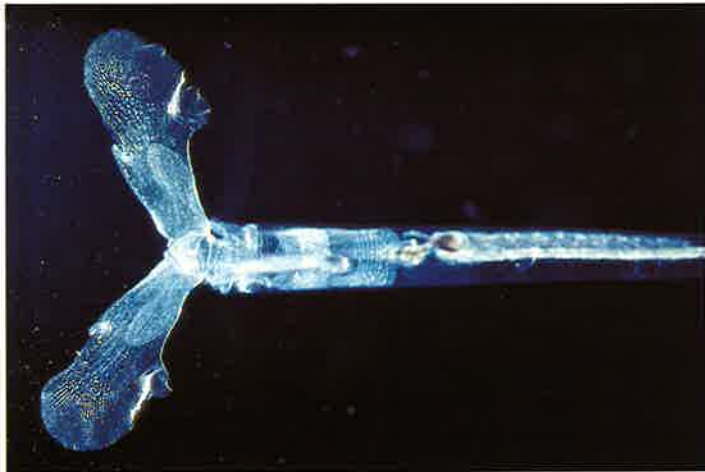
les mammifères marins et l'homme. Le zooplancton (**Photos 2A/2B**) de taille comprise entre quelques centièmes de millimètre et quelques dizaines de millimètre est principalement composé de petits crustacés, les copépodes, armés d'antennes et de longs cils pour augmenter leur flottabilité. Ils constituent suivant la saison 60 à 90% du plancton. Le zooplancton comprend aussi des représentants des autres groupes mollusques, annélides, coelentérés (**Photos 3A-3B-3C**) etc...

Dans ce plancton des espèces jouent un rôle particulier ce sont les salpes (**Photos 4A-4B**). Ces organismes sont des tuniciers comme les ascidies ou figues de mer. Leur originalité est double.

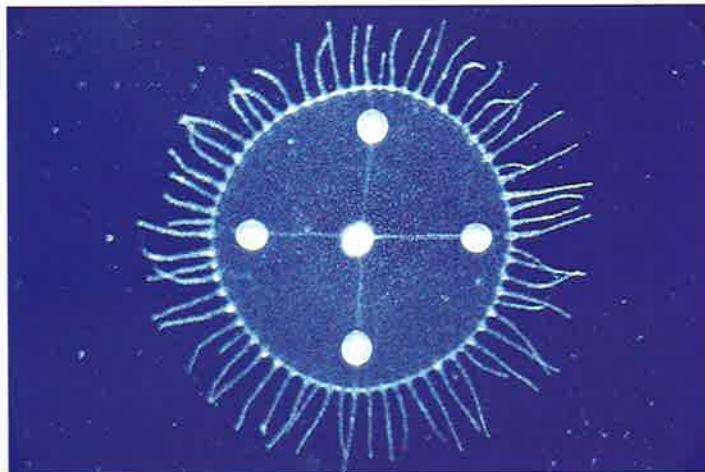
Leur cycle biologique comporte deux générations dont une sexuée qui a la capacité de se multiplier rapidement par bourgeonnement donnant naissance à des chaînes pouvant atteindre 4 m de long.

Leur nutrition se fait par la fabrication en continu d'un filtre qui leur sert à ramasser les particules en suspension. La dimension des pores de ce filtre est de l'ordre du micron soit un millième de millimètre plus petit que les bactéries. Ce filtre est donc capable de ramasser tout ce qui passe à sa portée et qui servira de nourriture à ces organismes. Ces animaux se multiplient, souvent en grande quantité, après la floraison phytoplanctonique de février. Ils collectent le phytoplancton et les déchets du plancton herbivore. Ils en assimilent une partie et rejettent le reste aggloméré en boulettes. Ces boulettes assez lourdes tombent rapidement vers le fond et vont servir de nourriture aux animaux vivant plus profondément ou dans les sédiments. Les salpes sont de véritables "balayeurs de la mer". Les excréments de tous les organismes marins et les débris d'organismes morts sédimentent lentement et atteignent le fond où ils sont dégradés par les bactéries qui régénèrent les engrais. Mais voilà, ces engrais sont libérés à des profondeurs où la lumière ne pénètre pas, ils y sont inutiles pour la vie marine. Il faut donc un mécanisme physique pour les ramener en surface. Ce mécanisme absent en été prend naissance avec le refroidissement de la température de l'air à la fin de l'été et se prolonge jusqu'à la fin de l'hiver. Le refroidissement des eaux de surface, dont la salinité a augmenté pendant l'été par évaporation, rend ces eaux plus lourdes. Elles vont donc descendre vers le fond. Ce déplacement crée dans toute la colonne d'eau des mouvements ascendants et descendants qui sont amplifiés par les coups de vents. Ce mélange des eaux ramène en hiver en surface une partie des engrais régénérés au fond en été. Et ainsi le cycle peut recommencer.

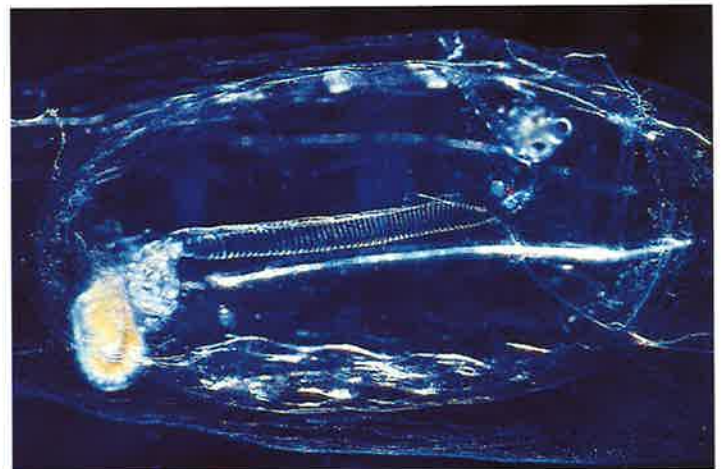
On peut mentionner quelques unes des espèces pélagiques déjà connues de nos anciens (**Photos 5-6-7**).



Photos 3
Exemples
d'autres espèces du zooplancton,
a) le mollusque *Ptéropode*
b) la méduse *Obélia*,
c) la larve de *Crabe*.



Photos 4
Les salpes:
a) un individu isolé de *Salpa fusiformis*,
b) une portion de la chaîne de *Thalia democratica*.



L'ENVIRONNEMENT MONÉGASQUE

Photo 5 - Photo JEAN MICHEL MILLE.

La méduse *Pélagia noctiluca* qui vit toute l'année au large comme les cinq autres méduses pélagiques de grande taille présentes en Méditerranée. Cette méduse très urticante qui crée des désagréments aux pêcheurs et aux baigneurs est une espèce très curieuse. Les océanographes ont quelques problèmes avec elle car ils n'ont toujours pas réussi à décrire sa reproduction ni à expliquer son arrivée à la côte qui ne s'observe que pendant 3 à 4 années consécutives tous les 10 à 12 ans. Cette arrivée à la côte mentionnée depuis plus de 200 ans dans les observations quotidiennes de la station de Villefranche sur mer semble être en relation avec l'établissement de hautes pressions accompagnées d'un déficit de pluviosité. Cette espèce fournit donc le plus bel exemple de la relation entre les fluctuations de populations planctoniques et les changements climatiques.

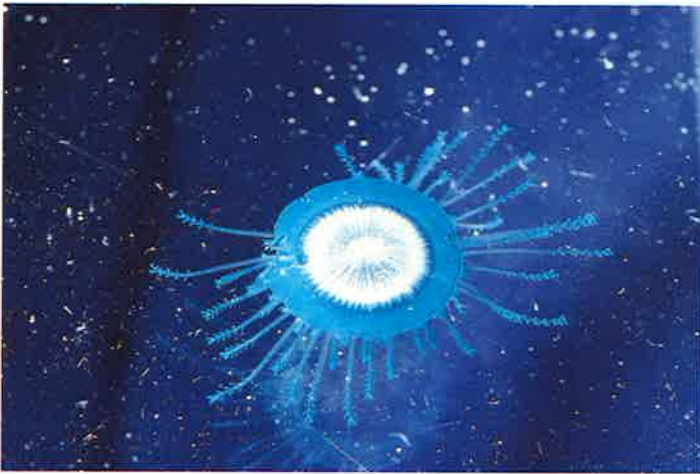


Photo 6 - Photo CLAUDE CARRÉ

Les barquettes de la Saint Jean, dont le nom latin est *Veleva veleva*, ont l'aspect d'un petit bateau de 5 à 7 cm de longueur, de couleur bleu et munies d'une voile triangulaire. Cet organisme est un coelentéré (embranchement des coraux et des méduses) et plus précisément un siphonophore proche des hydraires. C'est un hydraire complètement adapté à la vie pélagique à un point tel que sa respiration est devenue aérienne par suite de l'émersion normale du flotteur (constitué par la barquette). La couleur bleu est donnée par des zooxanthelles, cellules végétales vivant en symbioses avec ces vevelles. Sous ce flotteur est fixée toute une colonie de polypes disposés en ellipses. De ces polypes se détachent de petites méduses ayant la forme d'une mitre qui tombent généralement au fond de la mer où elles se reproduisent. Les processus de fécondation et le début du développement des vevelles sont encore mal connus. Ces barquettes vivent normalement en haute mer où elles peuvent constituer des bancs immenses (des dizaines de kilomètres carrés). Elles sont poussées par les vents de Sud vers les côtes métropolitaines en mai et en juin dans notre région ce qui explique leur nom.



Photo 7 - Photo CLAUDE CARRÉ

Les crevettes de la Sainte Dévote dont le nom latin est *Meganctiphanes norvegica* sont des crevettes pélagiques d'origine atlantique boréale, assez répandues dans nos eaux surtout l'hiver. Leur taille est au maximum de 5 cm, elles se nourrissent de plancton végétal ou de détritiques et sont recherchées par les baleines, certains phoques, les oiseaux marins et les poissons. Elles vivent normalement au dessus du talus continental entre la surface et 500 m de profondeur. Ces crevettes sont bien connues des pêcheurs monégasques car chaque année, à la fin du mois de janvier, elles se rassemblent à la côte devant Monaco, où on les pêche avec une lampe électrique. La raison de cette présence inhabituelle n'est pas encore très bien élucidée. Elle est vraisemblablement en rapport avec la reproduction de cette espèce et l'ampleur de ce phénomène est plus grand, lorsque la lune est pleine et le ciel dégagé par le mistral.

LE MILIEU MARIN BENTHIQUE DE LA PRINCIPAUTÉ DE MONACO

par

Gaston FREDJ ⁽¹⁾

Sébastien DI GERONIMO ⁽²⁾

Il est assez curieux, lorsqu'on connaît l'action déterminante du Prince Albert 1er de Monaco pour le développement de l'océanographie, de constater que les fonds de la Principauté n'ont fait l'objet que de très peu de travaux scientifiques.

Les travaux notables sont :

- les recherches menées à bord de l' "EIDER" et du "STENO" de 1907 à 1914.

- l'étude d'A. CHEVALLIER (1913), auteur d'une carte bathylithologique sous marine de France dont la fraction qui nous intéresse couvre la Côte méditerranéenne française d'Antibes à Menton.

- l'ouvrage posthume de Gaston-Maurice OLLIVIER (1930).

- les travaux préliminaires de Christian CARPINE (1960).

- les recherches d'E. GILAT qui ont porté sur la zone comprise entre la frontière monégasque et le Cap Martin.

- la reconnaissance effectuée par C. FALCONETTI et A. MEINESZ (1989) à l'aide du sous-marin "Griffon" de la Marine Nationale Française.

Par contre, il existe un grand nombre d'études techniques menées dans le cadre de l'aménagement du domaine maritime de la Principauté (cf. références).

Enfin de nombreux articles ont été consacrés à la faune et la flore de la Principauté dans le *Bulletin de l'Association Monégasque pour la Protection de la Nature*.

Le benthos est défini comme l'ensemble des organismes marins fixés, enfouis ou simplement en contact ou à proximité du fond, depuis le rivage jusqu'aux grandes profondeurs ; ces organismes sont souvent sédentaires et de ce fait sont plus sensibles à la pollution. Il est composé de :

Végétaux :

Les végétaux ou phytobenthos comprennent des organismes supérieurs ou phanérogames (dont certaines sont typiques de la Méditerranée comme les posidonies, cymodocées ou zoostères), des macroalgues comme la "salade de mer" *Ulva* et des micro-algues unicellulaires comme certaines diatomées.

Animaux :

Les animaux ou zoobenthos ont souvent une larve planctonique ce qui facilite leur dispersion.

Les espèces benthiques sont nombreuses et variées. Elles sont adaptées à la nature du sous-sol marin qui peut être rocheux, empierré, sablonneux ou vaseux mais aussi à la profondeur à cause de la réduction progressive de la quantité de lumière reçue.

Ces organismes ont donc été regroupés en étages. La zone littorale qui se caractérise par la présence des algues a été ainsi découpée en quatre étages :

- l'étage supralittoral est la zone humectée par les embruns. Les organismes qui y vivent sont adaptés à une émergence prolongée (lichens, puces de mer, littorines, Chthamales).

(1) Professeur à l'Université de Nice-Sophia Antipolis (France).

(2) Professeur à l'Université de Catane (Italie).

- l'étage médiolittoral est la zone baignée par les vagues et les marées. En raison de la faible amplitude des marées en Méditerranée, cet étage ne s'étend que sur une hauteur d'environ 80 centimètres. Les espèces qui y vivent sont capables de supporter une émergence temporaire (Ophélie, Nérines, Patelles, Moules, Petits Crabes etc.).

Ces deux étages n'étant pas continuellement immergés, ils n'ont pas fait l'objet d'une étude détaillée. Ce sont donc essentiellement les deux étages suivants qui sont décrits dans cet article. Le premier, l'étage infralittoral est la zone où se développe les algues et les phanérogames (posidonies par exemple). Il s'étend de -1 à -40 mètres en Méditerranée. Le second est l'étage circalittoral, il se caractérise par une plus faible luminosité, on y trouve des éponges, des mollusques, des vers etc. Il s'étend de -40 à -150 mètres.

Dans ces étages les organismes se regroupent suivant les conditions physico-chimiques qui y règnent (courants forts ou faibles, nature des sols solides ou meubles, transparence de l'eau etc...) ils forment ainsi des communautés vivantes qu'on appelle des biocénoses. Dans l'étage infralittoral ont été décrites deux biocénoses pour les substrats solides (la biocoenose à algues photophiles et la biocoenose à invertébrés en eaux très polluées) et huit biocénoses pour les substrats meubles (les biocoenoses des galets infralittoraux, des sables et graviers sous l'influence de courants de fond, des sables relativement protégés du déferlement des vagues, des sables vaseux superficiels en mode calme, des sédiments très pollués, des sables fins bien calibrés, des sables fins superficiels et de l'herbier de posidonies). Dans l'étage circalittoral ont été décrites quatre biocénoses pour les substrats solides (les biocénoses du coralligène, des grottes semi-obscurées, des grottes à obscurité totale et de la roche du large) et quatre pour les substrats meubles (les biocénoses des fonds détritiques côtiers, des fonds détritiques envasés, des vases terrigènes côtières et des fonds détritiques du large).

Le plateau continental monégasque : Principales biocénoses

En 1993, une étude a permis de dresser l'inventaire et la cartographie des principales biocénoses du plateau continental monégasque.

Pour une façade maritime d'un peu plus de 3km, la côte actuelle de la Principauté a une longueur de 4,1 km de frontière à frontière. On peut estimer que les parties artificielles de la côte dues aux modifications entreprises par la Principauté (Terres pleines de Fontvieille, du Larvotto, du Sporting d'Été et Centre de Congrès Auditorium) représentent 50% de la ligne du rivage actuel.

La surface totale du plateau continental (zone comprise entre 0 et 100 m de profondeur) est de l'ordre de 7,7 km². Les réserves marines naturelles représentent environ 0,5 km² soit 6,7% de cette surface.

Les principaux peuplements observés sont les suivants :

Etage infralittoral, trois biocénoses sont bien représentées (*carte 1*) ce sont :

Biocénose des Algues photophiles (AP)

Elle occupe tous les rochers et enrochements naturels et les constructions artificielles du port de Fontvieille, du port de Monaco, du Larvotto et du terre plein du Sporting d'Été soit environ 75% du littoral. Elle est formée d'un feutrage algal court où dominent les Algues rouges. Cette biocénose a également colonisé les surfaces des conduites sous marines où elle forme un feutrage algal clairsemé, dominé par les Algues rouges, souvent recouverte d'Ectocarpacées et de Cyanophycées filamenteuses.

Biocénose des sables et graviers sous l'influence de courants de fonds (SGCF).

Contrairement à ce qu'on pourrait croire, cette biocénose est largement répandue dans les eaux monégasques où on peut l'observer devant les enrochements du Port de Fontvieille, au pied du Musée Océanographique de Monaco et devant le Centre de Congrès Auditorium de Monte Carlo.

Cette biocénose est installée sur un substrat de sable grossier ou parfois de graviers sablonneux très propres sans aucune composante vaso-argileuse.

Sur le fond, des structures dues au courant sont localement visibles ; le substrat est généralement plat et présente parfois une légère bioturbation. Les galets et les petits blocs sont colonisés par un feutrage algal clairsemé et dans la partie profonde (après 30 mètres), par des algues calcaires encroûtantes et quelques Eponges.

Faciès à *Caulerpa taxifolia*.

Le faciès le plus intéressant concerne le peuplement à *Caulerpa taxifolia*. Cette Algue est installée sous forme de peuplements denses entre le pied du Musée Océanographique et l'ancien émissaire de la Principauté (actuellement déversoir d'orages) qui s'étalent entre 24 et 41 mètres de profondeur. On la retrouve à l'Ouest sur les déversoirs installés au pied du rocher de Monaco et sur le haut fond de Saint Nicolas. A l'Est, on peut noter des stolons épars dans la zone de baignade entre le Musée Océanographique et la pointe Saint Antoine ainsi que quelques spécimens au pied du Centre de Congrès Auditorium de Monte Carlo.

Biocénose de l'Herbier de Posidonies (HP).

Il s'agit d'un herbier résiduel installé sur un substrat de sable avec un pourcentage très faible de vase. Cet herbier existe seulement dans la Réserve du Larvotto. Deux situations peuvent être constatées :

- A l'Ouest, la limite de l'herbier est franche de 23 mètres à la côte (8,6 mètres).

- A l'Est, l'herbier dense peut être observé jusqu'à 23 mètres, jusqu'à 26 mètres l'herbier est clairsemé avec de nombreux épiphytes ce qui est dû à un aspect saisonnier. Au delà, face aux plages du Larvotto et au terre plein du sporting d'Été, s'étend une matre morte, témoignage de l'ancienne extension de l'herbier.

Cette régression de l'herbier originel peut s'expliquer par deux facteurs :

- un recul naturel de la limite inférieure des herbiers de posidonies observé en Méditerranée occidentale entre 1930 et 1960.

- un ensablement d'une partie des fonds au moment de la construction des emprises sur la mer entre 1960 et 1975 et à l'augmentation consécutive de la turbidité des eaux accélérant le recul naturel.

Cependant, depuis une dizaine d'années la situation de l'herbier s'est stabilisé à 26 mètres au lieu de 34 et les repiquages par l'équipe de MEINESZ du côté Est de la réserve se développent normalement.

Etage circalittoral, quatre biocénoses sont bien représentées, ce sont :

Biocénose du Coralligène (C)

Sur substrat dur, la biocénose est présente. Il s'agit d'un coralligène où dominant les organismes filtreurs ou suspensivores (principalement *Halocynthia papillosa*, quelques Bryozoaires calcifiés et Eponges encroûtantes).

Les algues calcaires encroûtantes sont souvent absentes et, on trouve parfois un petit nombre d'exemplaires d'*Halimeda tuna*.

C'est à la frontière orientale de la Principauté que le coralligène présente un aspect plus caractéristique mais toujours avec une composante végétale réduite.

Biocénose du détritique côtier (DC).

Cette biocénose fait suite aux SGCF devant la digue de Fontvieille entre 45 et 75 mètres, devant le Musée Océanographique jusqu'au phare Sud du Port de Monaco.

On ne la retrouve ensuite qu'à l'Est entre 38 et 50 mètres au large du Larvotto.

Le fond est plat à surface très irrégulière et peu bioturbé. Le substrat est un sédiment mixte, hétérogène constitué de restes organogènes et de quelques galets, encroûtés et

recouverts par une fine pellicule de vase avec quelques mélobésiées encroûtantes. L'aspect le plus caractéristique de l'association peut être observé au large du Larvotto où se reconnaît un faciès de courant ainsi qu'en témoigne la fréquence sur le fond d'épaisses touffes d'Algues principalement *Cystoseira dubia* et *Arthrocladia villosa*. A l'Est, en effet, la biocénose est appauvrie et cède rapidement la place à celle du Détritique envasé.

Biocénose des fonds détritiques envasés (DE).

Elle occupe une grande partie du Plateau continental monégasque. Débutant un peu avant 50 mètres, elle s'étend jusque vers 85 mètres à l'Est de la Principauté. Devant le Centre de Congrès Auditorium, elle succède immédiatement aux SGCF. Le plateau s'élargissant à l'Ouest, l'extension en surface de cette biocénose est plus importante.

Le substrat est constitué d'un sédiment détritique organogène provenant des biocénoses préexistantes (DC ou SGCF) recouvert d'une couche de vase, dont l'épaisseur est localement importante. La surface du fond est légèrement irrégulière et toutes les petites aspérités sont adoucies par le revêtement vaseux dont émergent seulement les éléments les plus grands (quelques galets, des gorgones, les plus grands spécimens de Bryozoaires calcifiés et des concrétions organogènes). La bioturbation est particulièrement évidente dans les parties les plus profondes à partir de 60 à 70 mètres. Un faciès particulier de transition avec la biocénose du DC est caractérisé par de nombreuses colonies de *Pentapora fascialis* qui émergent de la couche de vase et présentent des extrémités de ramifications vivantes.

Biocénose de la vase terrigène côtière (VTC).

Elle succède au DE avec parfois des zones de mélange progressif. Elle débute à l'Est vers 85 mètres. On la retrouve sous l'émissaire principal de Fontvieille puis dans la zone située sous les cages d'aquaculture de la société P2M. La biocénose s'étend jusqu'au rebord du plateau continental et se prolonge au delà de 150 mètres. Le substrat est constitué de vase fine fluide qui recouvre le fond et lui donne un aspect plat et uniforme. La macrofaune benthique est peu abondante et représentée principalement par des Actinies et quelques Holothuries. La bioturbation (dans les niveaux les moins profonds et dans les zones de transition avec la biocénose du détritique envasé) est très importante et le fond est parsemé de petits cônes vaseux probablement dus à des Thalassinidés.

Evolution depuis 60 ans et état actuel des biocénoses benthiques de la Principauté.

Depuis soixante ans la physionomie de la ligne de côte de la Principauté a été changée par des aménagements

côtiers. Le plateau continental a également changé d'aspect, une partie de l'étage infralittoral étant recouvert par les aménagements et certaines biocénoses présentes ayant été modifiées. L'herbier de posidonies résiduel, situé au Larvotto, qui atteignait d'après les cartes de CHEVALLIER (1913) et d'OLLIVIER (1930) 35 à 40 mètres de profondeur a régressé jusqu'à 27 mètres en raison des effets conjugués d'une régression naturelle et du sédiment provenant de la construction des terres pleines. Ces 20 dernières années la régression de la limite inférieure de cet herbier s'est stabilisée.

Certaines biocénoses circalittorales, le détritique côtier par exemple, montrent un envasement progressif dont l'origine n'a pas pu encore être bien identifiée. L'hypothèse la plus vraisemblable est que cet envasement (composé de matières organique et inorganique) résulterait du dépôt des matières en suspension contenues dans les eaux usées non épurées de l'agglomération monégasque et des agglomérations voisines. En effet, l'extension du détritique envasé s'observe de part et d'autre de l'orifice de l'ancien émissaire principal de Monaco qui a fonctionné pendant une vingtaine d'années sans aucune épuration des eaux usées. L'installation récente d'une station de traitement et le prolongement de l'émissaire de la Principauté jusqu'à la profondeur de 100 m devrait permettre une amélioration progressive de la situation.

On assiste, en outre, à un remplacement progressif de la biocénose des sables et des graviers sous l'influence des courants de fonds par celle du détritique côtier ainsi qu'à l'installation de l'algue *Caulerpa Taxifolia*.

Cependant, certains aménagements ont été positifs et certaines expériences ne se sont pas traduites par des nuisances particulières. Par exemple, l'état des peuplements autour des quatre déversoirs d'orage et de l'émissaire principal de la Principauté est satisfaisant. Jusqu'à proximité immédiate des effluents, on trouve encore des organismes aussi sensibles à un changement de salinité que les *Echinodermes*. Les installations d'aquaculture (environs immédiats du "LABRAX" et des cages flottantes) ne semblent pas avoir entraîné de modifications majeures des peuplements au dessus desquels elles sont situées. De même la création des réserves marines se révèle avoir été déterminante pour protéger l'herbier de Posidonies et le Coralligène.

La compréhension complète de la situation du plateau continental monégasque devrait s'appuyer sur une étude sédimentologique de la couche vaseuse et des sédiments originels ainsi que du contenu en espèces (thanatocoénoses) de ces derniers. Cette étude compléterait utilement la cartographie biocénotique déjà réalisée et pourrait permettre d'apprécier quantitativement les peuplements benthiques de la Mer de Monaco.



Photo 1
Etage infralittoral.
Biocénose des algues photophiles.
Enrochements du Larvotto.



Photo 2
Etage infralittoral.
Biocénose des sables et graviers sous
l'influence de courants de fonds.
La Réserve du Larvotto.



Photo 3
Etage infralittoral.
Biocénose des sables et graviers sous
l'influence de courants de fonds. Faciès à
Caulerpa taxifolia.
Sous le Musée Océanographique.

Bibliographie

- CARPINE Christian 1960 - Note préliminaire sur les communautés benthiques de la région de Monaco. Bulletin de l'Institut océanographique, n° 1191, 4p.
- FALCONETTI Claude et Alexandre MEINESZ 1989 - Cartographie des herbiers de posidonies à l'aide du sous marin "Griffon" de la marine nationale française. Océanologica Acta, 12, 4, pp 443-447
- GILAT Eliezer 1969 - Study of an ecosystem in the coastal waters of the Ligurian sea III. Macrobenthic communities. Bulletin de l'Institut océanographique, 69, 1396, 76 p.
- OLLIVIER Gaston-Maurice 1930 - Etude de la flore marine de la Côte d'Azur. Annales de l'Institut océanographique, 7, pp. 53-173.

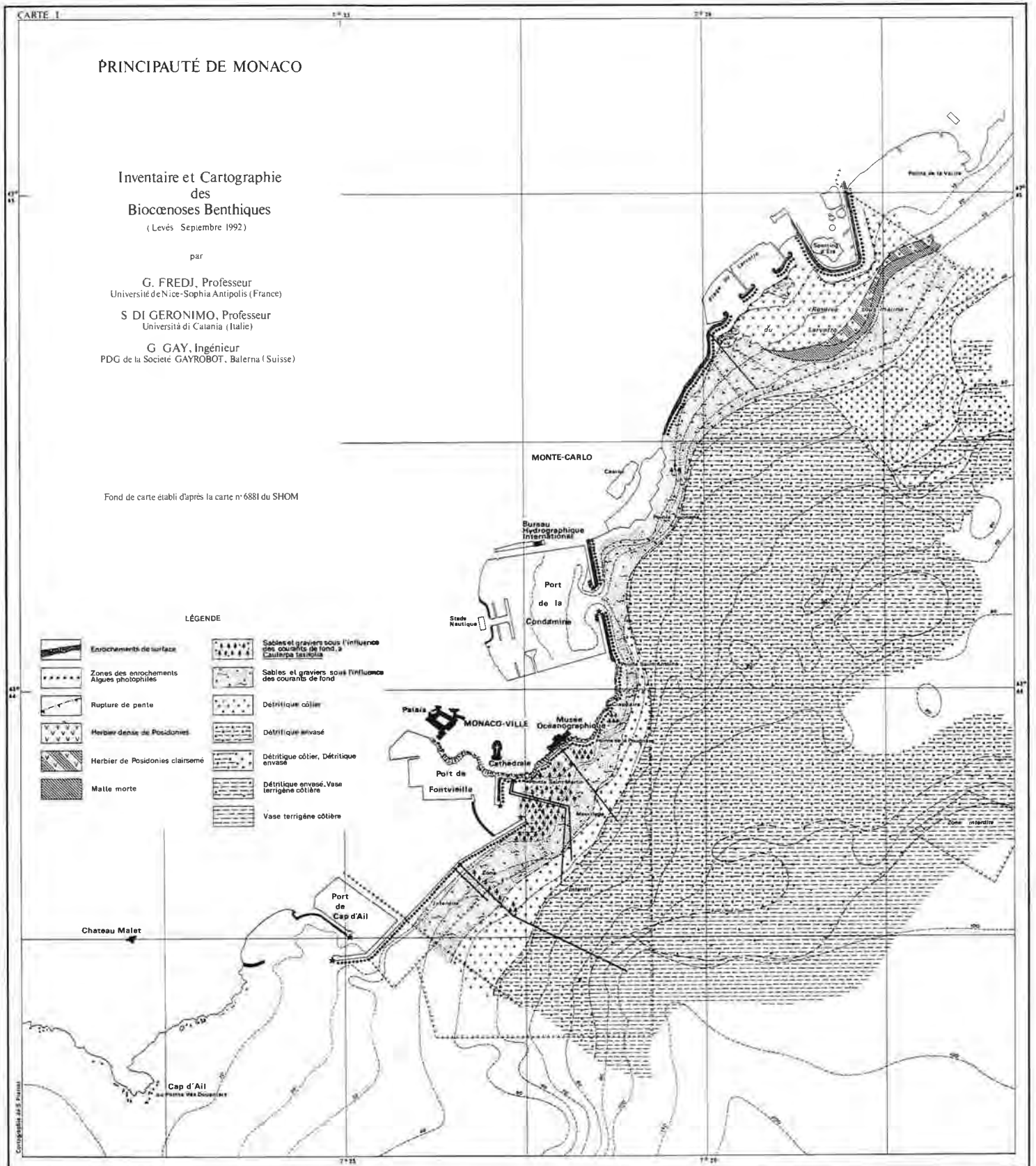




Photo 4
Etage infralittoral.
Biocénose de l'herbier de posidonies.
L'herbier du Larvotto.



Photo 5
Etage circalittoral.
Biocénose du Coralligène.
Le Tombant du Loews.



Photo 6
Etage circalittoral.
Biocénose des fonds détritiques envasés.



Photo 7
Etage circalittoral.
Biocénose de la vase terrigène côtière.

DE NICE A MENTON

“ LA ZONE DU CAROUBIER ”

par
J.M. SOLICHON ⁽¹⁾



Photo J.M. SOLICHON.

*Couleurs ... d'été
sur les pentes du Mont des Mules.
Euphorbia dendroïdes
perd ses feuilles
entre juin et octobre
pour résister
à la sécheresse estivale.*

(1) Directeur du Jardin Exotique de Monaco.

La flore présente autour de la Principauté témoigne du caractère particulièrement chaud de la zone côtière méditerranéenne française comprise entre Nice et Menton. Il a été défini, à partir de cette donnée floristique, un étage de végétation dit "thermoméditerranéen" que l'on retrouve uniquement en Corse, en Espagne, au Sud de l'Italie et en Afrique du Nord.

Parmi les espèces facilement observables les plus caractéristiques de cette aire, l'on peut citer : le Caroubier (*Ceratonia siliqua*), l'Oléastre ou Olivier sauvage (*Olea europaea*), l'Euphorbe arbustive (*Euphorbia dendroïdes*), le Myrte (*Myrtus communis*), le Lentisque (*Pistacia lentiscus*) et le Calycotome épineux (*Calycotome spinosa*). Signalons également le moins visible mais endémique, et donc tout aussi spécifique, Leucoïum de Nice (*Leucoïum hiemale*).

Le principal facteur limitant le développement de ces végétaux est la sécheresse des mois d'été. Diverses stratégies sont mises en oeuvre pour limiter ses effets néfastes. Chez les plantes vivaces (cas du Leucoïum, des Orchidées, des Graminées,...) la partie aérienne portant les feuilles et l'appareil reproducteur se dessèche durant l'été, laissant en attente des bourgeons présents sur des tiges souterraines.

Certaines espèces limitent leurs pertes d'eau en réduisant leurs feuilles (Calycotome, Aphyllantes,...). D'autres possèdent des feuilles aux tissus durcis, vernissés à la face supérieure, ou encore pubescents (Lentisque, Myrte, Olivier sauvage, Cistes,...).

L'adaptation à la sécheresse la plus remarquable est sans doute celle manifestée par les Euphorbes arbustives qui, à l'inverse des végétaux des zones tempérées, perdent leurs feuilles en période estivale et accomplissent leur phase végétative d'octobre à mai.

En ce qui concerne les formations végétales, il convient de noter que les stades arborescents, largement dégradés par les activités humaines, ne sont aujourd'hui pratiquement jamais réalisés : brousses à Caroubier, Oléastre et Pin d'Alep au sein desquelles le Palmier nain (*Chamaerops humilis*) était autrefois présent naturellement.

Les stades arbustifs subsistent encore : guarrigue avec *Euphorbia dendroïdes* dominante sur les rochers ; groupement à Myrte, Lentisque et Calycotome sur substrat moins compact. Les stades herbacés sont, en fait, les plus fréquents : pelouse xérophile à *Andropogon distachys*, *Brachypodium ramosum* et *Leucoïum hiemale*.

Le Pin d'Alep (*Pinus halepensis*), espèce très plastique au fort pouvoir colonisateur, peut être présent ponctuellement dans les formations évoquées plus haut. Il constitue parallèlement des peuplements qui signalent une forte dégradation du biotope et constituent un terrain de choix pour les incendies. Toutefois, cette espèce présente un caractère moins strictement thermophile et trouve plutôt ses conditions de prédilection au contact des premiers contreforts montagneux.

On ne saurait évoquer la végétation qui nous entoure sans mentionner la place importante prise par les espèces introduites : certaines d'entre elles sont aujourd'hui si fréquentes et marquent si profondément notre paysage que l'on a de la peine à imaginer qu'elles ne sont pas spontanées.

Il en est ainsi des végétaux importés pour l'alimentation (Olivier, Agrumes) ou pour l'ornement (Mimosa, Palmiers, Bougainvillées, Eucalyptus, ...). Grâce à des conditions climatiques convenables, plusieurs espèces exogènes se sont naturalisées dans des situations particulières (bord de mer, falaises rocheuses) où la concurrence des végétaux indigènes est limitée : *Nicotiana glauca*, *Senecio angulatus*, *Opuntia ficus-indica* et *Agave americana*.

2 | **la protection de la nature**

LA PROTECTION DE LA NATURE

À

MONACO

par

Michel BOISSON

*Le Chevalier de Lamark en garnison en Principauté en 1763 fut émerveillé
par la végétation du rocher de Monaco.*

*Méditant sur les formes du figuier de barbarie, il sentit s'éveiller sa vocation
de botaniste et conçut la première idée du transformisme.*

La nature venait d'entrer dans l'histoire de Monaco . . .

Le premier acte officiel de protection de la nature à Monaco date du règne du Prince HONORE V(1815-1822), lorsque la Principauté englobait les Seigneuries de Roquebrune et de Menton. Il prend la forme de plusieurs ordonnances ayant pour objet de protéger les forêts de la Principauté. En 1816, Ce Prince fit construire sur le rocher côté mer, les jardins Saint-Martin.

Le Prince ALBERT Ier n'était heureux qu'au contact de la nature, Il était fasciné par la mer et animé d'une passion croissante pour l'océanographie. Dès 1896, Il attire l'attention sur l'exploitation irréfléchie des ressources naturelles par l'homme. 35 ans avant la convention de Genève pour la protection de la baleine à fanon, 50 ans avant la création de la Commission baleinière internationale et 75 ans avant la convention de Washington pour la protection de la faune et de la flore sauvage, Il écrit dans un article intitulé " la mort du cachalot " : *" Je condamne l'indifférence ou la faiblesse des gouvernants qui permettent de massacrer sans mesure les éléphants et les baleines pour exploiter leur ivoire et leur huile ; d'anéantir les animaux à fourrure pour spéculer sur des élégances vaniteuses et sottes ; de détruire des oiseaux..."*. Les réflexions prolongées et profondes que l'océanographie lui inspirèrent, lui ont donné une prescience des dangers liés à l'exploitation industrielle des ressources marines vivantes. En 1887, dans Son article " la pêche à la sardine sur les côtes d'Espagne ", Il entrevoit déjà les méfaits de la pêche au chalut. En 1921, dans Son étude : " la pêche maritime " et dans le discours sur l'océan qu'Il prononça le 25 avril à l'Académie des Sciences de Washington, Il décrit en détail les méfaits de la pêche moderne: *" une question dont je m'occupe depuis un certain temps et qui présente une véritable gravité ; il s'agit de la pêche en général, dont la destruction s'accroît progressivement dans les mers où la pêche moderne se poursuit avec des moyens de plus en plus puissants et nombreux, tels que les chalutiers à vapeurs..."* Mais le Prince ALBERT Ier ne se contente pas d'attirer l'attention sur ces problèmes, Il définit les bases d'une gestion rationnelle des ressources en introduisant la notion de volume de capture admissible *" Il deviendrait alors intéressant de connaître quelle quantité de poissons migrants le plankton de la mer peut nourrir et quelle consommation peut être faite de ce produit sans diminuer sa conservation/ Alors il deviendra possible de fixer les proportions dans lesquelles les animaux marins peuvent être pêchés sans compromettre la conservation des espèces utiles/"* et Il propose des remèdes *" Pour arrêter ce mal, je propose la réunion de conférences internationales très énergiquement pourvues des pouvoirs nécessaires pour faire respecter les décisions prises. Et je conseille l'adoption du principe des cantonnements /parce qu'il repose sur la logique et la simplicité "*. Son action ne se limite pas au milieu marin. Après Sa visite des Montagnes Rocheuses aux Etats Unis en 1913 où Il rencontre les indiens Crow puis des Pyrénées en 1916, Il organise en janvier 1917 à Paris, dans sa résidence, une conférence pour la création de parcs nationaux *"...car on peut tout à la fois demander au sol une production de biens matériels et lui laisser un aspect qui ne porte pas les marques de la destruction et de la mort "*. Pour la première fois sont réunis tous les acteurs sociaux, hommes politiques, ministres et élus locaux, fonctionnaires de l'agriculture du tourisme et des transports, hommes de sciences, artistes et journalistes. En 1920, Il organise le " Congrès de Monaco pour favoriser le développement des stations hydro-minérales, maritimes, climatiques et alpines des Nations Alliées ". Il intervient aussi pour que soit classé le cirque de Gavarnie. Cette préoccupation du Prince de protéger la nature se traduit aussi dans Ses actes en Principauté. En 1902, Monaco signe et ratifie la Convention internationale pour la protection des oiseaux utiles à l'agriculture. De 1892 à 1917 sont réglementés les sources d'eau potable, la pêche, les viviers et parcs à coquillages, les décharges publiques. L'abattage des oliviers est prohibé en 1917. Le " tout à l'égout " est créé en 1894. La première réglementation limitant la pollution fut une Ordonnance promulguée en 1908 pour réduire les fumées industrielles. En 1933, le Prince LOUIS II signe la Convention de Genève pour la protection de la Baleine. De 1931 à 1938 Il fait réglementer le bruit, les fumées industrielles et les dépôts d'hydrocarbures.

S.A.S. Le Prince RAINIER III poursuit avec passion l'oeuvre de Son bisaïeul en lui donnant une nouvelle dimension : la lutte contre la pollution produite par les activités humaines. Son action se développe dans deux domaines complémentaires : scientifique et politique pour converger vers un but unique, la protection et la conservation des systèmes biologiques en Méditerranée.

Sur le plan scientifique : Dès 1959, Il accueille en Principauté la première conférence scientifique de l'Agence internationale de l'énergie atomique sur l'élimination des déchets atomiques. Il est porté en 1956 à la Présidence de la Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la Méditerranée (CIESM - créée en 1919 par le Prince ALBERT Ier). Bien avant les premiers désastres écologiques du Torrey Canyon et de l'Amoco Cadiz, Il est sensible à la vulnérabilité de la Méditerranée, dépourvue de marée, aux abords surpeuplés, où se jettent des grands fleuves charriant les rejets des industries de l'Europe et traversée par de nombreux pétroliers pratiquant le dégazage et la vidange. En 1960, Il intervient donc avec véhémence pour dénoncer devant l'opinion internationale le projet d'immersion dans la Méditerranée de 6000 barils de déchets radioactifs *" L'industrie atomique si fière de ses hautes certitudes a, comme la plus vulgaire des activités humaines, le besoin terre à terre de se débarrasser des déchets qui l'encombrent/ elle semble avoir choisi, pour s'en débarrasser, la solution la plus facile : le rejet à la mer "*. En 1970, au congrès de la CIESM à Rome, Il décrit le spectre d'une civilisation de déchets à laquelle

nous conduisent l'expansion industrielle et l'explosion de la population du globe, Il met en relief l'imminence du danger des pollutions radioactives, bactériennes ou chimiques qui menacent la Méditerranée. Il propose des solutions positives de dépollution " *Certaines pollutions pourraient ainsi, au prix d'une meilleure connaissance, d'ingéniosité et d'investissement, devenir bénéfiques* " de faire absorber le coût de la lutte par l'économie " *Les dépenses nécessaires à la survie du genre humain devront être automatiquement incorporées au coût de la production au même titre que la main d'oeuvre, les matières premières et les taxes* ". Il s'efforce d'orienter les diverses disciplines scientifiques vers des recherches sur les causes et conséquences de la détérioration des systèmes marins et des remèdes à y apporter. En 1971, Il prend l'initiative de créer au sein de la CIESM un Comité spécialisé de lutte contre les pollutions marines pour élaborer un programme d'action. Il préconise une collaboration internationale pour lutter contre la pollution marine en insistant sur le caractère universel de la mer. Comme Son aïeul, Son action s'élève vers un humanisme généreux et prospectif qui veut que la " *science soit toujours au service d'une humanité plus heureuse* ".

Il renforce le rayonnement scientifique de la Principauté en accueillant en 1961 le Laboratoire de l'environnement marin de l'A.I.E.A. qui étudie le devenir en mer des radioéléments. Il fonde la même année le Centre Scientifique de Monaco (CSM) pour la surveillance des pollutions marines d'origine bactérienne et chimique. En 1990 Il crée, au sein du C.S.M. sous l'égide de l'Accord EUR-OPA Risques majeurs du Conseil de l'Europe, l'Observatoire Océanologique Européen qui a pour mission de développer des recherches ayant pour objectif la prévention des catastrophes écologiques et la restauration d'écosystèmes marins endommagés.

Sur le plan politique: Son action est concrète.

En 1970, Il prend l'initiative d'inviter à Monaco les autorités scientifiques, municipales et préfectorales de la région de Gênes-Côte d'Azur, ainsi que les Ministres responsables de l'environnement à une réunion avec les experts de la CIESM. En 1976, l'accord qui institue une Commission franco-italo-monégasque pour protéger la zone comprise entre Saint-Raphaël et Gênes est signé. C'est le seul Accord international qui s'applique aussi aux eaux intérieures (Eaux territoriales et ports). La commission Ramoge a aussi pour tâche d'harmoniser les législations entre les trois régions. Elle a déjà permis de signer le plan Ramoge-Pol d'intervention en cas de pollution par les hydrocarbures. Cette action et l'appel qu'Il lance en 1970 aux gouvernements des pays riverains de la Méditerranée afin de provoquer une réunion des Ministres responsables de l'environnement ou de la santé avec les experts de la CIESM favorisèrent l'intervention en Méditerranée du Programme des Nations-Unies pour l'environnement. Elle permit l'établissement de la Convention de Barcelone, signée le 6 février 1976 par laquelle les parties contractantes dont la Principauté de Monaco s'engagent à prendre toute mesure appropriée pour prévenir, réduire ou combattre les différentes manifestations de la pollution marine. En 1992 à la Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement, le Prince Souverain souligne que " *des signaux précurseurs nous alertent sur un vaste changement hydro-climatique en Méditerranée.*" Il propose des recommandations concrètes dont l'ouverture d'un bureau de liaison indépendant, chargé de la coordination et du suivi de l'application des diverses conventions couvrant la protection du patrimoine naturel de la Méditerranée. Il définit les conditions de son efficacité : totale indépendance d'action et collaboration étroite avec les agences spécialisées et propose d'instaurer ce bureau en Principauté. Il soutient le projet " PELAGOS " présenté par des scientifiques méditerranéens et des hommes d'affaires regroupés sous la bannière de la Fondation Européenne Rotary qui vise à protéger les mammifères marins entre la Corse, la Sardaigne, Gênes et Monaco.

A Monaco, le Prince prend, en 1976, la décision de protéger une partie importante du littoral de la Principauté, à savoir le Larvotto où se trouve un herbier de Posidonie. Conscient que l'opinion publique a un rôle important à jouer pour la protection de la nature, Il confie cette opération à l'Association Monégasque pour la Protection de la Nature, créée à son initiative en novembre 1975. En 1986, Il étend cette protection à un tombant situé sous le Casino, riche en corail rouge. Il modernise progressivement le droit interne de la Principauté dans le domaine de l'environnement, l'adapte à l'évolution du monde et le met en conformité avec les conventions internationales ratifiées par la Principauté. En 1992, Il crée le Service de l'Environnement.

Le mouvement créé par le Prince ALBERT Ier pour que l'homme développe son activité en harmonie avec la nature, poursuivi, intensifié et adapté à l'économie moderne par le Prince RAINIER III se concrétise petit à petit dans les lois et règlements internationaux. Le Prince héréditaire ALBERT dans les discours prononcés le 30 juillet 1991 devant le comité de l'environnement des Nations Unies et lors de la 49ème session de l'Assemblée générale de l'Organisation des Nations-Unies 1994 s'inscrit dans la même ligne de pensée " *Les générations à venir ont comme nous, des droits copropriétaires sur ce que nous considérons souvent " notre " environnement... Nous avons le devoir moral de leur laisser un monde aussi propre, aussi diversifié et productif que celui que nous avons hérité de nos ancêtres... / Seule, en effet, une coopération mondiale peut permettre de résoudre les graves problèmes de notre environnement et, par conséquent, répondre aux défis immenses auxquels nous sommes et nous serons de plus en plus confrontés* ".

2.1 | **XX ans d'actions de l'AMPN**



Photo JEAN-MICHEL MILLE

LES RÉSERVES SOUS-MARINES : POUR QUOI FAIRE ?

par

Denis ALLEMAND⁽¹⁾

La création de parcs marins est relativement récente par rapport à celle, plus que centenaire, des premiers parcs nationaux terrestres. En effet, le premier parc national terrestre a été créé aux États-Unis en 1872 (Parc du Yellowstone) alors que le premier parc marin, le parc des Everglades en Floride, ne l'a été qu'en 1947. La mission d'une zone protégée, qu'elle soit marine ou terrestre, consiste à empêcher la dégradation des systèmes physiques et biologiques qui la constituent et à favoriser le retour à un état meilleur. A côté de cet aspect purement écologique, la réalisation d'une réserve peut avoir un intérêt social et économique non négligeable, en permettant le maintien d'une activité humaine (pêche récréative, excursions touristiques par exemple).

Dans le domaine maritime, si les grands parcs ont un rôle évident, celui des petites réserves a longtemps été mis en doute. Il est maintenant prouvé que de nombreuses petites réserves permettent localement aux populations de poissons de se régénérer et de retrouver des densités importantes à partir desquelles les individus peuvent essaimer vers les zones périphériques. Ainsi les petites réserves présentent non seulement un intérêt intrinsèque pour la préservation du milieu, mais constituent également des zones d'enrichissement des secteurs de pêche avoisinants. Pour en être convaincu, il suffit d'aller en limite Est de la réserve sous marine de Monaco (quartier du Larvotto) pour y voir les pêcheurs à l'œuvre.

Le rôle d'une réserve est de protéger la variété des formes de vie, ce que les spécialistes appellent la "Biodiversité", un mot mis à la mode à l'occasion du Sommet de la Terre qui s'est tenu en juin 1992 à Rio de Janeiro. Or, l'un des principaux réservoirs de biodiversité dont l'inventaire en est à peine à ses balbutiements est constitué par les océans. En effet, ceux-ci, de par leurs surfaces et leurs volumes, représentent plus de 90 % de la biosphère. A l'exception des insectes, près des trois quarts des espèces vivantes répertoriées (soit environ 500.000 espèces) vivent dans les océans !

Outre son intérêt écologique évident, la protection de la biodiversité marine a des implications mal connues et pourtant fondamentales pour la santé humaine. En effet, les espèces marines représentent par leur richesse, une source encore peu exploitée, mais très prometteuse, de nouvelles

(1) Observatoire Océanologique Européen du Centre Scientifique de Monaco.

molécules à action thérapeutique. Il existe déjà sur le marché, ou sont en passe de l'être, des substances actives sur les tumeurs malignes extraites d'algues ou de cyanobactéries, des cardiotoniques extraits de cnidaires, des hémostatiques extraits d'algues brunes, des puissantes colles biologiques extraites de la moule, des écrans solaires extraits des coraux. L'AZT, actuellement utilisé dans le traitement du SIDA, a été initialement isolé du sperme de hareng avant d'être synthétisé chimiquement.

Mais l'apport de la biologie marine ne se limite pas à la pharmacologie. Qui aurait cru il y a seulement une décennie, qu'une partie des mystères du cancer serait dévoilée grâce à l'étude de la fécondation des oursins et des étoiles de mer ? La conservation des mécanismes fondamentaux de la vie à travers toutes les espèces, de la levure au mammifère, est l'un des postulats de base de la biologie expérimentale. Il en découle la notion de "système modèle" dont le choix judicieux facilite l'approche des questions posées. Comme l'écrivait le grand physiologiste Claude Bernard, *"Il y a des expériences qui seraient impossibles chez certaines espèces animales, et le choix intelligent d'un animal qui présente une disposition heureuse est souvent la condition essentielle du succès d'une expérience et de la solution d'un problème physiologique très important... La physiologie comparée est une des mines les plus fécondes pour la physiologie générale."*

La biologie moderne est ainsi née de l'étude d'organismes tels que le maïs, la levure, la drosophile ou la souris. L'extrême diversité des espèces marines a déjà fourni des modèles expérimentaux exceptionnels qui ont permis de découvrir de nombreux mécanismes retrouvés par la suite

chez l'homme où ces mêmes recherches sont beaucoup plus difficiles. Par exemple, le fonctionnement de notre système nerveux a été compris grâce aux expériences réalisées sur le calmar ou l'aplysie. La compréhension des phénomènes d'allergie a été possible par l'étude de la physalie et de l'anémone de Méditerranée (grâce aux travaux de Richet et Portier commencés lors des expéditions océanographiques du Prince Albert 1er). C'est en travaillant sur les oursins et les étoiles de mer que Fol et Hertwig découvrirent en 1877 sur les côtes méditerranéennes les mécanismes de la fécondation. C'est encore chez ces animaux qu'ont été établies, au début de ce siècle, la plupart des lois de l'embryologie, lois étendues par la suite aux mammifères. Les étapes de la fécondation sont dans leurs grandes lignes identiques chez les invertébrés et les vertébrés, l'homme y compris, chez lequel l'étude de ce phénomène est très difficile.

Récemment développée dans les laboratoires de l'Observatoire Océanologique Européen du Centre Scientifique de Monaco, l'étude des coraux constructeurs de récifs ouvre également la porte à des applications en médecine ou en physiologie humaine insoupçonnées jusqu'alors : les mécanismes de calcification des coraux sont en passe d'aider à la compréhension de l'ossification humaine et de certaines de ses pathologies, comme l'ostéoporose. Le squelette de ces mêmes coraux n'est-il pas utilisé comme implant dans les greffes osseuses en remplacement de prothèses artificielles aux multiples inconvénients ? Contrairement à ces prothèses, le squelette des coraux est non seulement parfaitement toléré par notre organisme mais aussi rapidement remplacé par de l'os humain de sorte qu'en quelques mois la régénération devient pratiquement invisible !

On le voit, la création d'une réserve marine dépasse largement le simple débat écologique. La protection de quelques hectares de mer permet de protéger la vie de toute notre planète.

LE DÉVELOPPEMENT DE LA RÉSERVE MARINE DU LARVOTTO

“Une histoire de rencontres et d’amitié...”

par

Michel BOISSON ⁽¹⁾

Pour les premières années de fonctionnement de notre association, le programme s’imposait puisque l’objectif prioritaire adopté sous l’impulsion de S.A.S. Le Prince Souverain était de protéger l’herbier de posidonies situé devant les plages du quartier du Larvotto.

Les tâches ne nous ont pas manquées, il a fallut choisir la zone à protéger, reconnaître rapidement les fonds, décider des limites Est et Ouest, puis de l’étendue vers le large de la réserve, faire adopter et officialiser notre choix, trouver les moyens matériels et financiers pour délimiter visuellement la zone. Pour compléter cette protection nous avons voulu mettre en place des moyens nous permettant de connaître la tendance de l’herbier à régresser ou à s’étendre. Sur les conseils du Dr. A. Meinez de l’Université de Nice et avec l’aide de plongeurs amateurs de Monaco et des Alpes maritimes, nous avons donc balisé, au cours de la saison estivale 1976, la limite inférieure de l’herbier et photographié ces balises pour permettre les comparaisons ultérieures.

Enfin, suivant l’exemple donné par le Professeur R. Vaissière devant l’entrée du nouveau port de Beaulieu sur mer, nous avons immergé dans la Réserve quelques enrochements pour créer des abris et des zones de fraie pour les animaux marins.

(1) AMPN

En 1980, la deuxième Assemblée générale de notre Association élit un nouveau bureau appelé à décider des actions futures à entreprendre et mettre en place les grandes lignes d'un programme à moyen et long terme.

Je me souviens avec émotion de cette première réunion du nouveau Conseil d'Administration, tous, autour de notre Président Eugène Debernardi, nos regretés amis Jean-Claude Panizzi à la voie grave, l'esprit pratique, et toujours disponible et Marcel Kroenlein à l'esprit si vif, toujours prêt à nous raconter ses péripéties à l'étranger ou à faire un bon jeu de mots. Nous restions tous silencieux, l'air perplexe, la mine grave, nous demandant intérieurement comment poursuivre le développement de nos activités et lançant à nos vis-à-vis des regards interrogateurs.

En effet, l'exhaltation de la réalisation de la réserve sous marine étant passée, la projection du diaporama préparé par le Cineam ayant été couronnée de succès, nous prenions conscience du fait qu'il existait ni en Méditerranée, ni dans d'autres océans, de zones protégées comparables à la nôtre qui auraient pu nous servir d'exemple pour choisir et organiser un programme de développement de nos actions. Nous n'avions aucun modèle, aucune piste à suivre, il ne nous restait plus qu'à tout innover.

J'avais cependant le sentiment qui fut partagé immédiatement par les membres du bureau, que notre action n'était pas motivée par un attachement irraisonné et nostalgique à l'image du passé, mais, bien la conséquence de constatations scientifiques et économiques sur la concentration des activités industrielles et touristiques dans les zones côtières et des dégradations qui en résulteraient. Nous devons donc apporter des réponses pour éviter de nouvelles contraintes aux systèmes naturels et réduire les dégradations déjà subies.

Notre action devait donc s'appuyer sur une description précise des systèmes littoraux et une bonne compréhension de leur fonctionnement afin de déterminer les actions pertinentes permettant de favoriser leur reconstitution.

Dans ce cadre une toute première action s'imposait : faire l'inventaire des organismes vivants de la réserve et la cartographie de leur répartition. Nous avions tous conscience que cette tâche était ardue et presque insurmontable pour des bénévoles toutes compétences confondues, car elle exigeait de nombreuses investigations en plongée et beaucoup de temps à y consacrer. Personnellement, ce simple inventaire ne me satisfaisait pas complètement. En effet, la réserve de Monaco n'est pas isolée au milieu de la mer ni éloignée de toutes sources de pollution. Au contraire, elle est en contact direct avec la plus grande plage de la Principauté de Monaco fréquentée par des milliers de baigneurs et elle est bordée par un déversoir d'orage à l'ouest et un torrent à l'est. Ces contacts permanents représentent

une source potentielle de perturbation pouvant même mettre en péril la vie de l'herbier et son bon développement pour lequel une eau de mer et des sédiments de bonne qualité sont nécessaires. C'est la raison pour laquelle, à ma demande **le premier thème retenu par le bureau a été la connaissance de la zone protégée dans son intégralité** : eau, sédiment, organismes. Si l'objectif était bien précis sa réalisation ne pouvait se faire qu'en fonction des disponibilités des adhérents plongeurs de notre association et surtout en fonction de projets de recherches de scientifiques méditerranéens pouvant être réalisés dans cette zone protégée. C'est ainsi que nous avons pu, lors de contact avec nos amis scientifiques de la région ou à l'occasion de rencontre avec des chercheurs dans les congrès et groupes de travail internationaux, appeler l'attention sur notre zone protégée, sur les actions prioritaires que nous souhaitions y réaliser. Nous avons réussi à susciter l'intérêt de nombreux scientifiques pour notre cause et à les décider à réaliser leurs études dans notre réserve. Nous avons pu avec leur concours :

- cartographier l'herbier de posidonies et les fonds de la réserve ;
- suivre l'évolution et étudier la physiologie des posidonies ;
- décrire les courants ;
- apprécier la qualité des sédiments et de l'eau de mer ;
- décrire la faune ichthyologique (poissons) ;
- suivre le plancton et le recrutement des oursins ;
- faire l'inventaire des éponges ;
- connaître le cycle annuel des engrais azotés.

La deuxième question que nous nous posions pour le programme était la suite à donner à la construction des abris pour les poissons et invertébrés. En effet, les résultats obtenus avec les rochers et les briques vernissées immergées entre 20 et 30 mètres de profondeur n'étaient pas très encourageants car leur recouvrement était pauvre et leur fréquentation rare. Seule la structure construite sur dalle de béton avec des hourdis alvéolaires et immergée à -8 m avait été très rapidement couverte par des algues. Sa colonisation était suivie par des chercheurs de l'Université de Gênes animés comme nous par la passion de la nature et devenus rapidement nos amis. Jusqu'à présent ces abris ou récifs artificiels n'avaient été créés que pour favoriser la pêche, notamment au Japon où ils ont été utilisés pour la première fois, ou en Italie pour empêcher le chalutage abusif des fonds et leur destruction. C'est en étudiant les résultats obtenus avec le récif à -8m et en discutant amicalement avec les chercheurs de Gênes de leurs observations et des objectifs de leurs études, que j'ai compris l'utilité de ces structures dans l'aménagement de la zone côtière méditerranéenne. En mer comme sur terre le végétal est la base de la vie. Dans ce milieu, il ne peut se développer que dans les

couches exposées à la lumière solaire, c'est-à-dire au grand maximum dans les 100 premiers mètres d'eau (50 mètres dans notre région). Or l'étendue des zones de profondeur inférieure à 100 mètres est très limitée en Méditerranée et encore plus réduite dans notre région en raison de sa géographie montagneuse. Ainsi, notre plateau continental (zone marine s'étendant entre 0 et 100m de profondeur) est peu étendu et pratiquement dépourvu d'ilots ou de haut fonds (rochers s'élevant au dessus du fond) qui jouent le rôle d'oasis de vie marine. Ainsi les spores de végétaux ou les larves d'animaux marins issues des oeufs, qui sont libérées par millions dans l'eau lors de la reproduction des organismes, ne trouvent pas les supports nécessaires à leur fixation et ne peuvent donc pas se développer et se multiplier. Il m'est donc apparu utile de créer artificiellement des structures comparables à ces hauts fonds donnant la possibilité à ces spores et à ces larves d'organismes marins de se fixer, de se développer et de se reproduire assurant ainsi un certain accroissement de la vie marine et le maintien de sa diversité.

C'est ainsi que nous avons retenu comme **deuxième thème d'action, l'aménagement de la réserve sous marine**. Avec deux objectifs, d'une part optimiser, avec l'aide de nos amis de Gênes et grâce à leurs observations, les aménagements déjà réalisés en les rendant plus performants et d'autre part, rechercher des règles de construction nous permettant de multiplier ces structures sur toute l'étendue du Plateau continental. C'est ainsi que sont nés les récifs octogonaux avec puit central pour favoriser la fixation et le développement des algues, ceux avec des hourdis amovibles pour permettre une étude plus poussée, en laboratoire, de la colonisation des récifs et enfin le récif flottant, première tentative pour construire un fond marin artificiel immergé entre deux eaux, -10 à -30 mètres. En effet, ces récifs peuvent être ancrés sur des fonds de 40 à 100m (et même peut être plus) tout en restant en flottaison vers 15 ou 20 mètres de profondeur là où l'éclairage est encore suffisant pour le développement des algues. Ce recouvrement algal augmentera la production végétale marine et donc la production du milieu marin dans son ensemble. D'autres types de récifs ont aussi été testés. La colonisation de ces structures a été décrite par l'équipe de l'Université de Gênes et leur représentation sur ordinateur en trois dimensions a été réalisée par le Dr. de Vaugelas. La différence d'efficacité entre les structures artificielles en hourdie ou en béton et les hauts fonds naturels vient du matériau utilisé (le béton) qui n'est pas perforé par les animaux fouisseurs car il n'est pas attaqué par l'acide chlorhydrique dilué que ces animaux sécrètent pour creuser leurs alvéoles. Il faudrait donc envisager la construction de structures plus légères, comme par exemple la fibre de verre recouverte d'une fine couche de gravier calcaire.

C'est un peu plus tard que le troisième thème d'action s'est progressivement précisé dans mon esprit. Il faut dire qu'au début des années 80 il y avait au Musée Océanographique de Monaco une ambiance particulière. De nombreux scientifiques se côtoyaient journallement, les uns employés au Musée Océanographique, les autres travaillant au Laboratoire marin de l'Agence Internationale pour l'Energie Atomique ou dans les laboratoires du Centre scientifique de Monaco, situés dans les sous-sols du Musée. A cette époque aussi, nous déjeunions presque tous à la cantine du Musée. Cet instant de repos offrait l'occasion d'échanger de nombreuses idées et de discuter de diverses questions, souvent en rapport avec la Réserve sous-marine du Larvotto. C'est ainsi que, même si ces organismes scientifiques n'étaient pas officiellement engagés dans les actions réalisées au Larvotto, une aide non négligeable nous était apportée à titre individuel soit par une participation effective du personnel du Musée et des Laboratoires associés à des opérations scientifiques, soit par une action ponctuelle en dehors des heures de travail, soit encore par des discussions fructueuses sur des sujets dont nous n'étions pas spécialistes. Un jour, au cours d'une de mes nombreuses discussions avec le Dr. Michel Hignette adjoint au Directeur de l'aquarium du Musée, l'idée lui est venue de tenter de réimplanter dans la réserve des Nacres ou *Pinna nobilis* grand coquillage bivalve que l'on trouve habituellement dans les herbiers de posidonies. Cet animal était très recherché comme trophée par les plongeurs amateurs et on observait, en conséquence, une réduction inquiétante de leur nombre dans notre région. En fait, cette action ponctuelle qui avait pour objet de protéger cette espèce a eu une portée beaucoup plus générale. Nous avons mis le doigt sur le troisième thème d'action à réaliser dans les réserves sous-marines pour lutter contre la disparition des espèces à savoir : **la réintroduction d'espèces** dans les zones protégées pour les soustraire à la convoitise des utilisateurs de la mer mais surtout pour favoriser leur reproduction et donc l'accroissement de leur population. En effet, l'objectif de ces réintroductions d'espèces est aussi de rassembler en un point protégé un nombre suffisant de reproducteurs permettant aux gamètes mâles et femelles de se rencontrer plus facilement et de produire ainsi un très grand nombre d'oeufs. Ces oeufs donnent naissance à des larves qui sont dispersées par les courants loin de la réserve vers d'autres lieux où elles pourraient se fixer et se transformer en adultes, repeuplant ainsi les zones naturelles alentours. Ce thème accepté par le bureau nous a permis par des contacts noués principalement à l'occasion de congrès avec des scientifiques corses, marseillais, niçois... de réintroduire non seulement les nacres mais aussi l'oursin comestible (en partie décimé par une maladie) et les posidonies.

C'est également dans cette ambiance qu'a germé dans nos esprits l'idée de protéger le tombant du Loews (l'ancien tir au pigeon). En effet, les études du début du siècle sur les peuplements marins mentionnaient la présence de colonies de corail rouge le long de la paroi rocheuse du Loews. Cette présence avait été occasionnellement confirmée par des plongeurs et des pêcheurs. Dans les années 80 de nombreuses rumeurs couraient à Monaco sur le fait que ces colonies attiraient la convoitise de plongeurs sous-marins. Cette rumeur devint pour Michel Hignette et moi-même l'un de nos principaux sujets de préoccupations, car nous avions conscience de la rareté de cette ressource qui était largement surexploitée en Méditerranée et de sa fragilité dans notre région où un pillage systématique avait déjà commencé. Notre idée était donc d'estimer l'importance et la qualité des colonies présentes sur ce tombant et de proposer sa protection sans attirer l'attention des plongeurs sous-marins pour éviter la collecte de tout ce corail avant sa protection. Au retour de sa première plongée sur le site Michel Hignette était emballé par la richesse du corail et sa qualité. Je proposais donc au bureau de préparer un dossier photographique pour demander la protection de ce tombant. Afin de ne pas éveiller l'attention des habitants de la région, la demande fut présentée comme une extension de la réserve du Larvotto jusqu'à la zone portuaire en la justi-

fiant par la possibilité ainsi offerte de poursuivre notre programme d'équipement de la réserve en récifs artificiels. Les pouvoirs publics n'ayant pas adopté notre démarche, seul une zone protégée a été créée pour interdire l'accès au tombant du Loews.

Les trois thèmes d'études choisies ont donc été régulièrement développés depuis 1980 comme vous pourrez le constater dans les textes préparés par nos amis scientifiques. Parmi ces activités la protection du corail a pris une importance toute particulière. Cependant un quatrième type d'action, jusqu'alors jamais entrepris en mer, pourrait être ajouté à notre savoir faire : Le réempoissonnement. C'est-à-dire le lâché, dans la réserve, d'une grande quantité d'alevins de différentes espèces de poissons préalablement marqué dans le but de suivre, leur dispersion, leur développement jusqu'à la taille adulte et leur recapture éventuelle dans la région. Ces alevins pourraient être produits dans des fermes aquacoles ou directement dans le milieu dans des cages en toile à voile qui permettraient d'initier les jeunes à la vie marine. Cette technique si elle donnait de bons résultats pourrait ensuite être utilisée pour recoloniser les milieux détruits par des catastrophes naturelles ou technologiques majeures et pour pallier à la surexploitation des ressources marines à l'échelle régionale.

LES CARACTÉRISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES ET BIOLOGIQUES DE LA RÉSERVE SOUS-MARINE DU LARVOTTO

par

Michel BOISSON ⁽¹⁾

Les caractéristiques physico-chimiques et biologiques de la Réserve du Larvotto découlent des conditions déjà décrites pour la mer Ligure et les eaux côtières monégasques. Elles présentent néanmoins quelques spécificités propres à sa situation géographique.

Cette réserve située le long du littoral monégasque a une superficie de 50 hectares et s'étend de l'estran vers le large jusqu'à une profondeur de 35 mètres. Elle est bordée sur le littoral par la plage du Larvotto et le terre-plein du Sporting d'été. La masse d'eau contenue dans cette réserve est de l'ordre du million de m³.

Les courants mesurés à 27 mètres de profondeur ont été comparés aux conditions générales observées sur le plateau continental. Dans plus de 90% des cas la direction du courant est parallèle à la côte et également répartie entre les secteurs E-NE et W-SW, ce qui n'est pas le cas devant le rocher de Monaco où la direction SW est prépondérante. La moyenne des vitesses pour l'ensemble des mesures est 2,5 fois plus faible que celle estimée devant le rocher. Les changements de sens des courants sur l'axe NE - SW se traduisent par une vitesse nulle pendant au moins six heures. En période de stratification thermique marquée (été), la moitié des vitesses relevées est inférieure au seuil de détection de l'appareil.

La température de l'eau et sa salinité ont été mesurées régulièrement à l'occasion des nombreuses campagnes de surveillances de la qualité des eaux côtières monégasques effectuées de 1975 à 1990 par le Centre Scientifique de Monaco. Les températures de surface sont légèrement plus élevées en période estivale et plus faibles en période hivernale que devant le rocher de Monaco. Les salinités et la température de l'eau de mer sont souvent perturbées par deux apports d'eau douce. Le vallon de Saint Roman qui se déverse en surface à l'Est de la réserve et le déversoir d'orange bordant la frontière Ouest dont l'orifice se situe à 30 mètres de profondeur. Cet émissaire fonctionne lors des épisodes pluvieux pour évacuer le surplus des eaux des vallons de Larousse et La Noix ainsi que lors des débordements du réseau d'assainissement.

Les teneurs en engrais (sels de l'azote et du phosphore) montrent des variations annuelles identiques à celles observées plus au large avec un maximum en hiver et un

(1) Docteur en Océanographie, Vice-Président de l'AMPN.

LES RÉSERVES MARINES/ LA RÉSERVE DU LARVOTTO

minimum en été. Cependant, les apports irréguliers d'eau douce perturbent ce cycle et sont à l'origine de teneurs quelques fois élevées en sels azotés.

Comme dans toute la région, le phytoplancton montre deux périodes de fort développement :

- la poussée printanière de mars, d'intensité variable d'une année à l'autre en raison des spécificités météorologiques de chaque année. Elle est prolongée à la côte jusqu'à la fin du mois de juin par les apports des fleuves côtiers dont les débits augmentent avec la fonte des neiges.

- la poussée automnale de fin septembre début octobre. Elle est provoquée par les engrais contenus dans les eaux de ruissellements dues aux importantes précipitations de cette saison ainsi que par ceux contenus dans les eaux marines plus profondes (80 à 200 mètres de profondeur) qui à cette époque de l'année se mélangent avec les eaux superficielles. Cette poussée automnale, cependant, ne s'observe pas toutes les années avec la même intensité et peut notamment être absente en raison d'un retard dans le mélange des eaux ou d'une période de sécheresse.

Le développement du zooplancton suit de très près celui du phytoplancton. Les petits crustacés (copépodes) constituent la base principale de la population mais on observe une grande variabilité dans l'abondance du plancton gélatineux et des mollusques pélagiques que l'on ne s'explique pas encore très bien.

Néanmoins les spécificités physico-chimiques de la Réserve sous-marine du Larvotto ne semblent pas avoir d'influence sur les populations planctoniques.

Les fonds marins de la réserve du Larvotto sont très diversifiés. En effet, cette réserve protège tout une partie de l'étage infralittoral monégasque (Carte). On y trouve des substrats durs tels que les enrochements de protection des plages et les petits rochers naturels ainsi que des substrats meubles comme les sables artificiels, les graviers et les galets. La qualité de ce sédiment a été appréciée en colla-

boration avec le Docteur Fernex de la Station de géodynamique marine de Villefranche sur mer. Ce sédiment est bien oxygéné et sa teneur en sels azotés et phosphatés permet de considérer qu'il est de bonne qualité. De même, les métaux lourds et les insecticides contenus dans ce sédiment ont été mesurés, les teneurs obtenues sont celles de sédiments côtiers non contaminés.

Les biocénoses observées dans la Réserve sous marine sont celles de l'étage infralittoral à savoir :

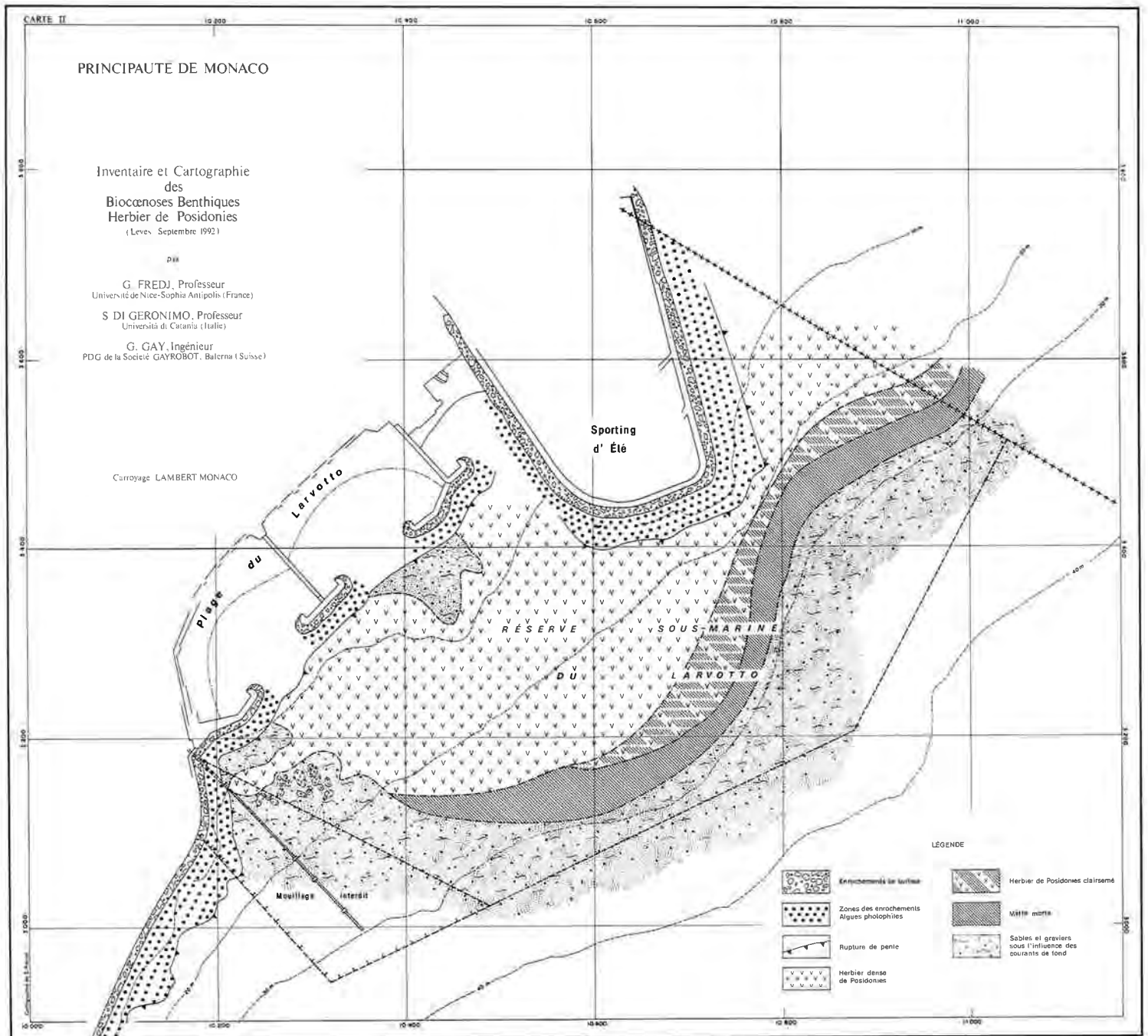
- La biocénose des sables : on la trouve à l'intérieur des alvéoles, elle est installée sur un sable artificiel grossier.

- La biocénose des algues photophylles : on la trouve sur les galets et petits rochers naturels situés dans les alvéoles et à l'extérieur, mais surtout sur les enrochements de protection des plages et du Sporting d'été. On la trouve également sur le récif artificiel immergé à 8 mètres de profondeur.

- La biocénose des sables et graviers sous l'influence des courants de fond : on l'observe devant les enrochements à l'Ouest de la réserve entre 10 et 15 mètres de profondeur, devant l'alvéole centrale des plages entre 5 et 10 mètres de profondeur et surtout un peu plus profondément tout autour de l'herbier de posidonies, entre 25 et 35 mètres de fond.

- La biocénose de l'herbier de posidonies : elle couvre plus des deux tiers de la surface de la réserve qui a comme principal objectif de protéger cet herbier. La partie dense de l'herbier s'étend entre 8 mètres et 22 à 25 mètres de profondeur. L'herbier est en bon état et l'évolution de sa limite inférieure suivi depuis 20 ans montre qu'elle s'est stabilisée.

L'inventaire floristique et faunistique de ces biocénoses indispensable à une bonne connaissance de la réserve et de ses ressources naturelles est en cours. Il fait appel à de nombreux spécialistes dont on peut déjà apprécier le travail qui fait l'objet de quelques uns des articles de ce livre.



Bibliographie

CARPINE Christian 1960 - Note préliminaire sur les communautés benthiques de la région de Monaco. Bulletin de l'Institut océanographique, n° 1191, 4p.

FALCONETTI Claude et Alexandre MEINESZ 1989 - Cartographie des herbiers de posidonies à l'aide du sous marin "Griffon" de la marine nationale française. Océanologica Acta, 12, 4, pp 443-447

GILAT Eliezer 1969 - Study of an ecosystem in the coastal waters of the Ligurian sea III. Macrobenthic communities. Bulletin de l'Institut océanographique, 69, 1396, 76 p.

OLLIVIER Gaston-Maurice 1930 - Etude de la flore marine de la Côte d'Azur. Annales de l'Institut océanographique, 7, pp. 53-173.

LE CYCLE DE L'AZOTE

DANS UN SITE MÉDITERRANÉEN PEU PROFOND

par

François FERNEX⁽¹⁾ Raymond BARATIE⁽¹⁾
Roland PUCCI⁽²⁾ Lazaro V. FERNANDES⁽³⁾

Introduction

Nous avons le plaisir de répondre à l'invitation de l'Association Monégasque pour la Protection de la Nature et de présenter ici les principaux résultats que nous avons obtenus dans l'étude des sédiments de la Réserve sous-marine de Monaco. Nos recherches ont eu pour but principal de définir quel était le rôle des sédiments dans la formation d'engrais azotés (ammoniaque, nitrite, nitrate) et phosphatés en domaine côtier.

Comme chacun le sait, les engrais, qu'ils soient purement naturels ou artificiels, sont des substances minérales nécessaires à la croissance des plantes. Autrement dit, le développement végétal correspond à la transformation de matière minérale en substance organique. En particulier l'assimilation par les végétaux d'engrais azotés permet la synthèse de protéines dont les herbivores vont pouvoir bénéficier. On conçoit dès lors l'intérêt qu'il y a à étudier les modalités de production des engrais (sels nutritifs) azotés et phosphatés en milieu marin.

Le choix du site

Pourquoi avoir décidé d'entreprendre une étude dans le secteur de la Réserve marine de Monaco?

En premier lieu, la convergence d'intérêts entre les responsables de la Réserve qui se préoccupaient de la santé du site et le Laboratoire de Géodynamique sous-marine de Villefranche-sur-Mer. Des premières recherches antérieures avaient porté sur les sédiments du Plateau continental méditerranéen, avec une attention particulière pour les eaux des

pores du sédiment ou eaux interstitielles (Cenciarini *et al.*, 1981). L'idée est alors venue de concentrer l'effort sur un site, celui du Larvotto, en suivant attentivement l'évolution au cours du temps. Il s'agissait principalement de mettre en évidence des variations temporelles de concentrations, en cherchant à déterminer les causes de ces variations.

Le site a été retenu parce qu'on le savait quasi indemne de toute contamination (Boisson *et al.*, 1981a,b; Veglia et Vaissière, 1985). Un des buts du travail était donc de voir comment, dans un site marin côtier très peu agressé par la pollution, les sédiments (avec en particulier leurs eaux interstitielles) réagissent aux variations saisonnières. Comment les concentrations en engrais naturels dissous dans les eaux des sédiments varient-elles au cours du temps?

Plus particulièrement, il était intéressant de voir quels étaient les rapports des concentrations en engrais azotés et phosphatés dans un site côtier très peu contaminé, afin d'avoir en quelque sorte une situation de référence. Un rapport équilibré favorise la diversité biologique ; en revanche des rejets d'eaux urbaines usées enrichies en phosphates (à

(1) Laboratoire de Géodynamique sous-marine, U.A. CNRS 132 "Géosciences de l'Environnement", F- 06230 Villefranche/Mer.

(2) Service de l'Environnement, 3 Av. de Fontvieille, MC 98000 Monaco.

(3) Departamento Geoquímica, Universidade Federal Fluminense, Outeiro de Sao Joao Batista, Niteroi (RJ) Brésil.

cause de l'utilisation de lessives phosphatées) risquent de conduire à un rapport sels phosphatés/sels azotés trop élevé, ce qui peut entraîner la disparition de nombreuses espèces végétales.

Par ailleurs, une surveillance du secteur était assurée, le mouillage de bateaux était interdit, les risques de perte ou de vol d'un appareil installé pendant plusieurs jours étaient ainsi évités.

Enfin, des plongeurs confirmés étaient prêts à aider à l'installation d'appareils et à la récolte d'échantillons. Leur aide a été précieuse et appréciée. Les travaux ont été poursuivis de 1984 à 1986.

Objet des recherches effectuées dans le secteur du Larvotto

La production d'ammoniaque dans le sédiment dépend de la quantité de matière organique, de sa composition et de l'activité microbienne. On peut admettre que, dans les sédiments superficiels d'un site en bonne santé (pas ou peu pollué), une intense activité microbienne s'établit aussitôt après un apport de matière organique ; de la sorte, cette dernière est rapidement transformée. Au contraire, l'absence de réaction du milieu sédimentaire en présence de matière organique témoignerait d'un mauvais état de santé. De fait, cette manière de voir a été émise comme hypothèse au moment de commencer les travaux dans la zone du Larvotto, et les travaux entrepris de 1984 à 1986 l'ont confortée (Fig.1).

Fig.1

Schéma exprimant les transferts de matière à travers l'interface eau-sédiment et soulignant le rôle de l'activité microbienne dans les sédiments superficiels.

En mer, les engrais azotés et phosphatés dissous dans l'eau sont absorbés par les végétaux marins, en particulier le phytoplancton (végétaux en suspension).

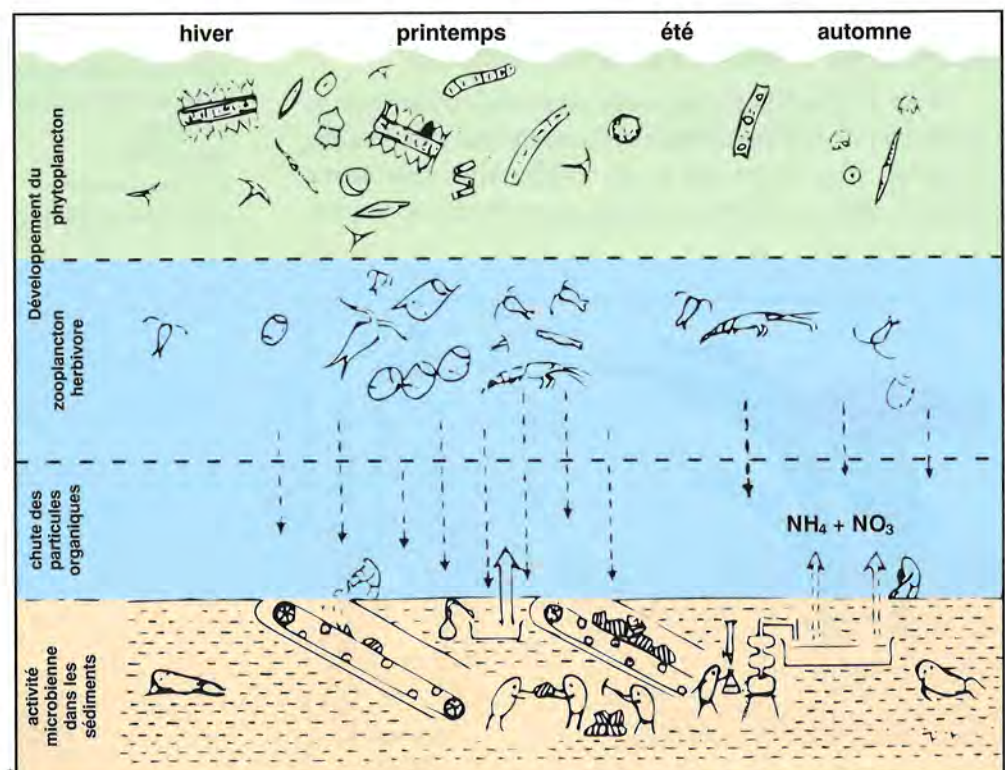
Ce phytoplancton, qui sert de nourriture aux herbivores (zooplancton), est à la base de la chaîne alimentaire. Le zooplancton et les poissons rejettent de la matière organique ("fecal pellets") qui sédimente.

Déposée au fond cette matière organique subit des transformations (diagenèse) du fait de l'activité microbienne.

Il en résulte la formation d'engrais solubles (minéralisation).

Alors que la mer se trouve appauvrie en engrais (du fait de leur utilisation par les végétaux marins) les eaux interstitielles du sédiment se trouvent enrichies.

Un flux ascendant s'établit à partir du sédiment vers l'eau de mer sus-jacente.



L'ammonium (NH_4^+) produit dans le sédiment peut soit diffuser vers l'eau de mer sus-jacente, soit être transformé en nitrite (NO_2^-) et puis en nitrate (NO_3^-) grâce à l'action des bactéries nitrifiantes. Ces dernières ne peuvent connaître un fort développement que si le milieu est suffisamment oxygéné. Au contraire, la dénitrification correspond à la réduction du nitrate par des bactéries qui l'utilisent comme oxydant ; c'est alors de l'azote gazeux (N_2) qui est produit, forme chimique qui, en dehors de rares microorganismes, n'est pas assimilable par les plantes marines. On peut dire que cet azote est perdu pour le développement des végétaux, c'est-à-dire pour la "production primaire". C'est en particulier ce cycle de l'azote que nous avons voulu mieux définir dans notre étude sur les sédiments de la bordure de la réserve.

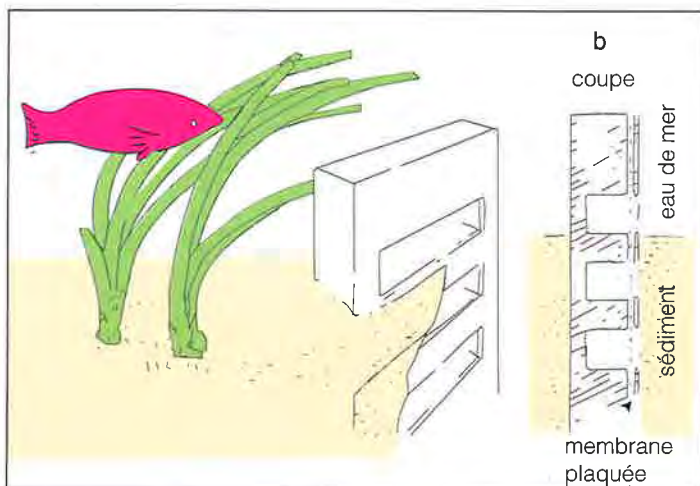
But des recherches

Nous avons voulu suivre les variations spatio-temporelles des concentrations en engrais (sels nutritifs) tant dans l'eau des pores des sédiments (eau interstitielle) que dans l'eau de mer sus-jacente, et nous avons espéré pouvoir déterminer les causes de ces variations. De plus, nous avons essayé de calculer le taux de formation des engrais azotés dans le sédiment superficiel, et les flux de matériel azoté (dissous ou particulaire) à travers l'interface sédiment- eau de mer sus-jacente.

Méthodes et Techniques

Prélèvements et traitement des échantillons

Pour l'échantillonnage, nous avons fait construire au Laboratoire de Géodynamique sous-marine de Villefranche une benne (*Fig. 2*) (Fernex *et al.*, 1982). Avec cette benne "Flucha", fixée au câble du bateau, on prélève une portion



du fond marin sans le perturber. Une fois la benne ramenée à bord, on peut observer l'interface eau-sédiment "comme si on y était", faire des mesures du pH (degré d'acidité) et du potentiel d'oxydo-réduction. On peut ensuite collecter des tranches superposées de sédiment dans des godets de centrifugation, puis en extraire l'eau interstitielle.

On peut aussi obtenir un profil de l'eau interstitielle dans le sédiment en utilisant un appareil à logettes qui fonctionne sur le principe de la dialyse (le "peeper" ; *Fig. 2*) ; Hesslein, 1976 ; Fernandes, 1993). Le "peeper" a 30 cm de hauteur, et contient dix à douze logettes superposées.

Avant qu'un plongeur installe l'engin verticalement dans le sédiment, les logettes sont remplies d'eau distillée, puis recouvertes d'une membrane finement poreuse (0,2 micron). On laisse l'engin 15 jours dans le sédiment, temps suffisant pour que l'équilibre ionique soit atteint ; après ce délai, l'eau dans chaque logette a donc la même composition que l'eau interstitielle de la portion de sédiment qui lui fait face. L'engin est alors remonté par un plongeur et ramené au laboratoire (dans un sac rempli d'azote pour éviter une oxydation pendant le transport). On extrait l'eau interstitielle sans avoir besoin d'effectuer une centrifugation.

Fig.2

Appareils de prélèvement des eaux interstitielles du sédiment.

Benne "Flucha" au début de sa remontée, remplie d'un échantillon de sédiment. (a)

Le "peeper", capteur ionique à dialyse.

La membrane de 0,2 μm est plaquée contre les logettes qui, au moment de l'installation du peeper dans la vase, sont remplies d'eau distillée.

Les ions présents dans l'eau interstitielle en face d'une logette

diffuseront à travers cette membrane

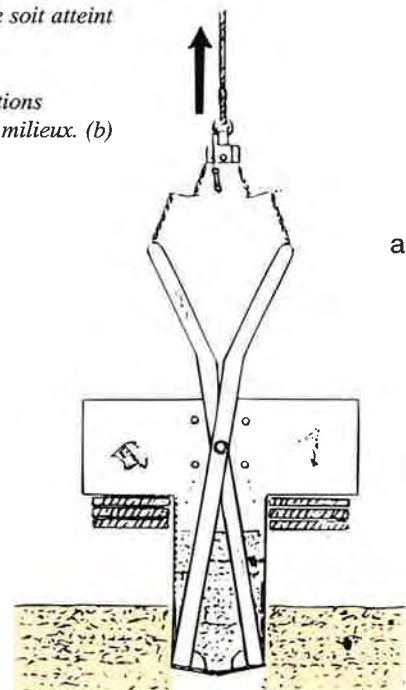
jusqu'à ce que soit atteint

(15 jours)

un équilibre

des concentrations

entre les deux milieux. (b)



Techniques analytiques

Les analyses des eaux interstitielles prélevées en même temps et aux mêmes niveaux à l'aide de la benne ou du peeper à dialyse ont fourni des résultats très comparables. Les analyses elles-mêmes ont été faites par colorimétrie à l'aide d'auto-analyseurs selon des procédés classiques en océanographie (Strickland et Parsons, 1972; Treguer et Le Corre, 1975).

Potentialités enzymatiques

Si le sédiment analysé contient une grande quantité de matière organique on peut s'attendre à une forte production d'engrais par la décomposition de celle-ci. Toutefois, il arrive fréquemment que le taux de production soit peu élevé par rapport à la quantité de matière organique présente. Le taux de transformation ne dépend donc pas seulement de la quantité de matière organique mais aussi de la qualité et des conditions qui règnent dans le milieu. Pour estimer ce taux, nous avons déterminé un nouveau paramètre : la potentialité de transformation par le sédiment, c'est-à-dire la capacité qu'a le sédiment de transformer un produit en présence duquel il est mis (Brisou, 1985).

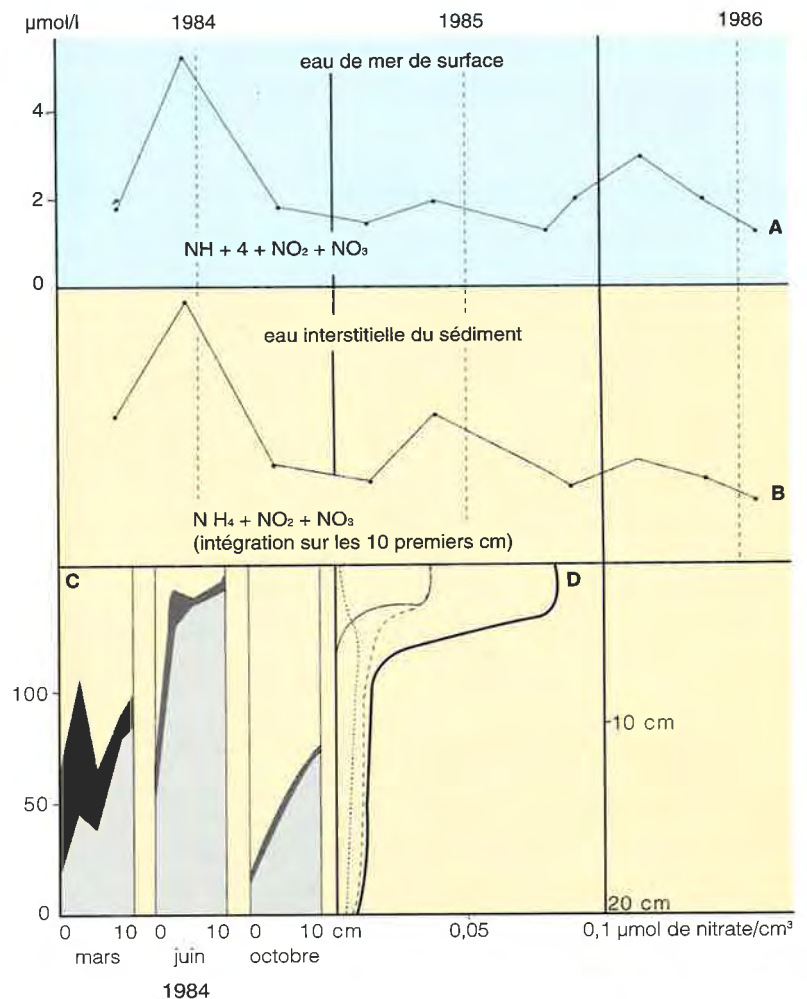
La potentialité a été évaluée en introduisant 2 ml de sédiment dans 50 ml d'une solution contenant la substance destinée à être transformée. Pour évaluer par exemple la capacité de produire l'ammoniaque (NH_4), la solution contient des acides aminés. Après quarante heures d'incubation dans le noir à 25°C, on dose l'ammoniaque produit. Plus la concentration en ammoniaque est élevée, plus le milieu est capable de transformer l'azote organique en azote minéral (Fernex *et al.*, 1989).

Pour la capacité dénitrifiante (transformation du nitrate et du nitrite en azote N_2), on utilise une solution de nitrate. L'incubation se fait sous atmosphère d'azote, ce qui crée un milieu désoxygéné. On dose le nitrate et le nitrite restants (non transformés).

Résultats et Discussions

Les concentrations en sels nutritifs (engrais) azotés et phosphatés varient en fonction des saisons, tant dans l'eau de mer que dans les eaux interstitielles (*Fig 3 ABC*). Le milieu "réagit" rapidement aux modifications saisonnières, ce que l'on peut traduire en qualifiant le milieu de vigoureux.

Fig. 3
Variations des concentrations en sels nutritifs azotés. Les variations des concentrations dans les eaux de surface du secteur de la Baie de Roquebrune-Monaco (A) ressemblent à celles dans les eaux interstitielles (B). La courbe relative aux eaux interstitielles (B) correspond à l'intégration des concentrations dans les 10 premiers cm des profils successivement mesurés dans les sédiments. (D) Profils calculés des taux de nitrification dans les sédiments de la bordure de la Réserve du Larvotto. La résolution de l'équation du bilan de matière fournit des courbes de concentrations : en trait fin automne en trait épais été en pontillé hiver en trait discontinu printemps



Cette appréciation est confortée par les évaluations des potentialités enzymatiques. En effet, on a constaté que la potentialité ammonifiante du sédiment superficiel au Larvotto est plus élevée que celle du sédiment du fond de la Rade de Villefranche. La potentialité nitrifiante est, elle aussi, élevée.

La similitude des variations des concentrations en sels nutritifs azotés dans l'eau de mer et dans les eaux des sédiments (*Fig. 3 AB*) suggère l'importance des échanges entre les deux milieux. On peut penser que les organismes zooplanctoniques vivant en pleine eau dans le secteur de la réserve se nourrissent essentiellement de phytoplancton et les poissons de zooplancton. Etant donné que, par excréation, le zooplancton ainsi que les poissons produisent de l'ammoniaque, on n'est pas surpris par les fortes concentrations en pleine eau au printemps. Ayant épuisé le stock de phytoplancton, la population zooplanctonique décroît en été. Les résidus de nourriture ("fecal pellets") tombent au fond où ils sont rapidement transformés (Miquel *et al.*, 1990). Cela conduit à la formation dans les sédiments d'ammoniaque, à un taux d'autant plus élevé que le zooplancton est plus abondant, c'est-à-dire au printemps. Ainsi s'explique la ressemblance de l'évolution des concentrations en fonction des saisons en pleine eau et dans le sédiment superficiel (Boisson *et al.*, 1988 ; Fernex *et al.*, 1988). Au voisinage de l'interface, riche en oxygène dissous, la nitrification est active, particulièrement au printemps alors qu'elle fait suite à une forte ammonification.

Transformations et taux de nitrification

En 1985, on a constaté que les niveaux voisins de l'interface ont été le siège d'une intense nitrification au printemps ; cette nitrification accompagnait une ammonification tout aussi intense. L'apport de matière organique au fond a favorisé une rapide et forte augmentation de la production de sels nutritifs.

En revanche, la brève reprise de la nitrification en automne a été plus marquée que la reprise très modérée de l'ammonification qu'elle accompagnait. Les vents d'automne ont entraîné un brassage des eaux du fond qui se sont alors enrichies en oxygène dissous ; cela a favorisé l'oxydation de l'ammoniaque au voisinage immédiat de l'interface.

Flux

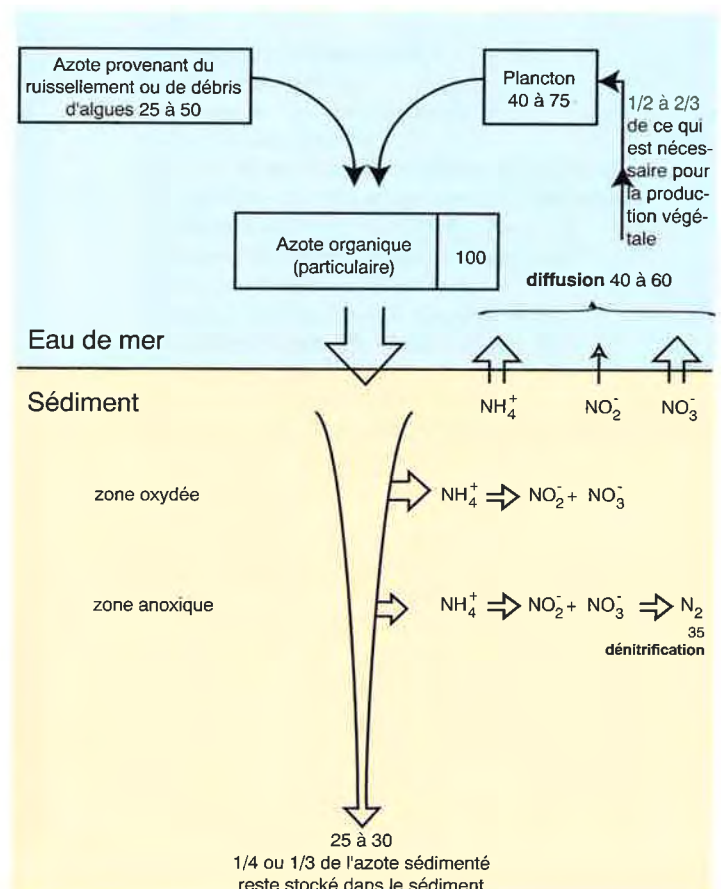
Fréquemment, l'eau interstitielle du sédiment superficiel est plus riche en sels nutritifs que l'eau de mer sus-jacente. Alors un flux de ces substances s'établit à partir du niveau le plus riche, le sédiment, vers l'eau sus-jacente. Cette migration enrichit l'eau de mer en sels nutritifs (*Fig. 4*). En zones peu profondes, comme par ex. la Réserve de Monaco, la remobilisation à partir du fond participe lar-

gement au bilan des sels nutritifs dans la pleine eau, et joue donc un grand rôle dans la production primaire : 1/2 à 2/3 de ce qui est nécessaire pour la production primaire.

Conclusions

Les études sur les sédiments de la bordure de la Réserve de Monaco ont montré combien les fonds marins de cette zone côtière sont sensibles aux événements saisonniers, et combien fortes sont les interactions entre les deux milieux : les sédiments et la pleine eau. En faisant le relevé des mesures tout au long de l'année, on se rend compte qu'une vie intense se développe dans ce secteur, au moins pendant une bonne partie de l'année (un milieu sain peut avoir droit à des périodes de repos, en particulier en hiver et pendant une partie de l'été). Le bon état de santé de l'herbier de Posidonies et le très faible développement de l'algue "envahissante" *Caulerpa taxifolia* sont probablement liés au fait que les fonds marins de la Réserve ont été préservés d'une forte contamination.

Fig. 4
Bilan de l'azote en zone côtière comme par exemple la Réserve de Monaco. Les flux d'azote sont exprimés en $\mu\text{atg d'azote par Cm}^2/\text{j}$.



L'intense activité microbienne qui se développe au voisinage de l'interface favorise les échanges à travers cet interface. La matière organique qui se dépose, qu'elle soit d'origine benthique (par ex. débris de Posidonies) ou planctonique, est rapidement transformée. Parmi les produits des transformations on trouve les sels nutritifs, qui sont des substances solubles. Les eaux interstitielles, enrichies de ces sels, deviennent une très importante source d'engrais qui par migration ascendante enrichissent l'eau de mer sus-jacente. Là, grâce à la photosynthèse, ces engrais sont largement utilisés par les végétaux marins pour leur développement.

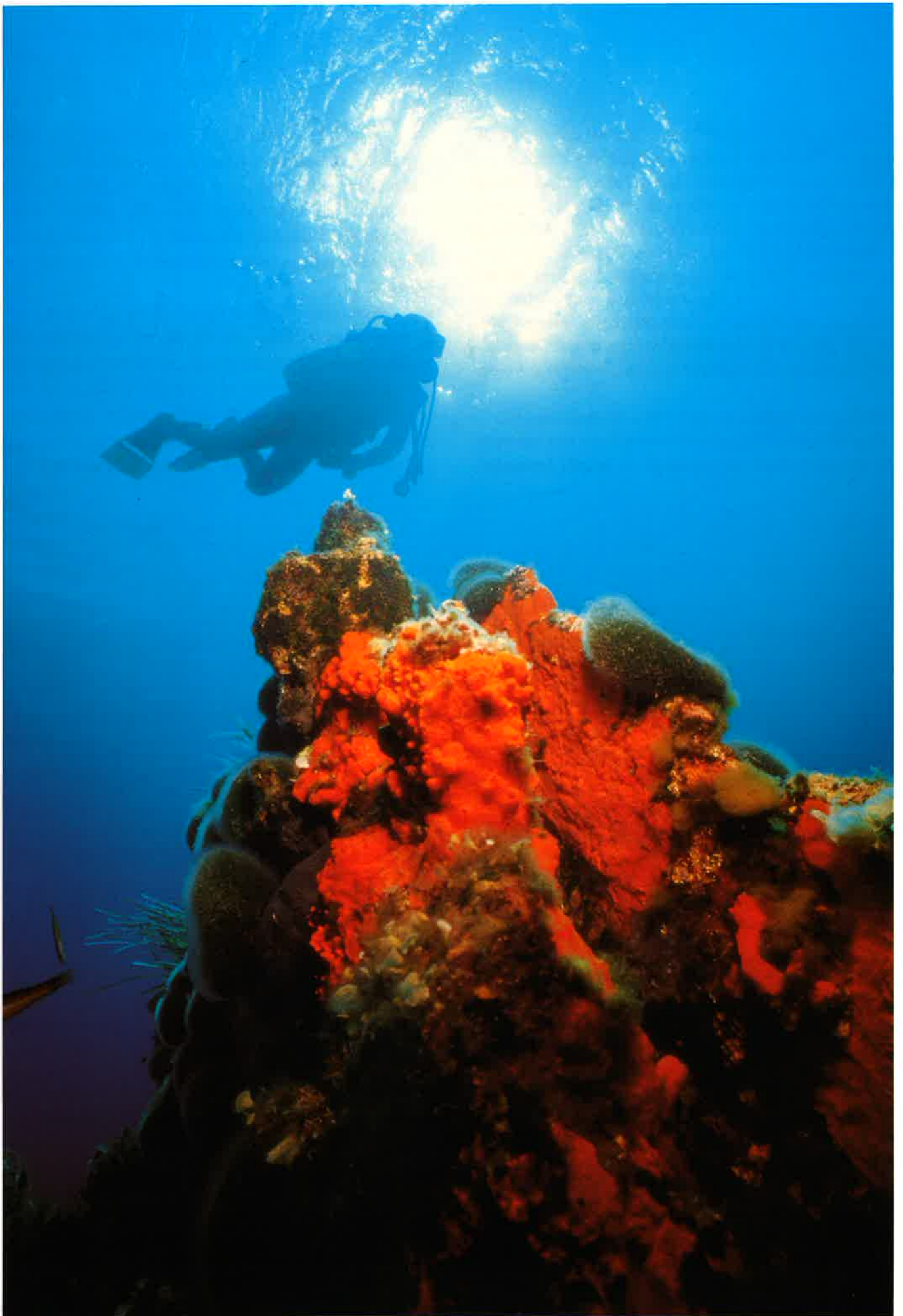
Pendant ces mêmes années 1984-1986 et aussi par la suite, nous avons eu l'occasion d'entreprendre des études de milieux marins pollués au voisinage de grands émissaires

d'eaux urbaines usées. Là, le comportement des sédiments est nettement moins vigoureux, malgré un important apport de matière organique ; en particulier les potentialités enzymatiques sont relativement faibles. Par ailleurs, on note de moindres fluctuations saisonnières. On peut dire que les fonds marins dans ces secteurs pollués souffrent d'une indigestion.

Nous sommes gré à l'Association Monégasque pour la Protection de la Nature d'avoir mis à la disposition des scientifiques ce beau laboratoire naturel qu'est la Réserve marine de Monaco. Nous avons en particulier vu comment, dans une mer dite "pauvre", c'est-à-dire à faible concentration en engrais, le rapide recyclage de la matière organique permet le développement de multiples espèces végétales et animales.

Bibliographie

- BOISSON M., BRACONNOT J.C., FERNEX F., PUCCI R. (1988) - Causes principales des variations de la production de sels nutritifs azotés dans les sédiments de la Baie de Roquebrune-Monaco. Rapp. Comm. int. Mer Méditerran., 31/2, CIESM Monaco ; p. 181.
- BOISSON M., FERNANDES L.V., FERNEX F., RATTO A., SAQUET A. (1985) - Distribution verticale des sels azotés dissous dans les eaux interstitielles des sédiments de la Réserve sous-marine de Monaco. Rapp. Comm. int. Mer Méditerran. (1984), 29/6, CIESM ; 67-69.
- BOISSON M., RAPAIRE J.L., VAISSIERE R. (1981a) - Les surfactants anioniques en Baie de Monaco. Ves Journées Etude Pollutions (Cagliari 1980), CIESM Monaco ; 175-182.
- BOISSON M., RAPAIRE J.L., VAISSIERE R. (1981b) - Comparaison de la distribution des polluants d'origine urbaine en Baie de Monaco. Ves Journées Etude Pollutions (Cagliari 1980), CIESM Monaco ; 183-188.
- BRISOU J. (1985) - Techniques d'étude enzymatique des sédiments marins. Annales Institut Michel Pacha, Toulon, 13 ; 36-46.
- CENCIARINI J., FERNEX F., PUCCI R., RAPIN F., VAISSIERE R. (1981) - Comparaison entre la répartition de différents polluants dans les sédiments marins superficiels du plateau continental le long de la Côte d'Azur. Ves Journées Etude Pollutions (Cagliari 1980), CIESM Monaco, 341-352.
- FERNANDES L.V. (1987) - Etude géochimique des sédiments marins actuels d'une côte à plateau continental étroit. Exemple des Alpes Maritimes. Thèse Doct. Univ. Nice ; 290 p.
- FERNANDES L.V., POLLERY R.C., FERNEX F. (1993) - Modern extraction techniques of sediment interstitial water. In "Perspectives for Environm. Geochem. in Tropical Countries" ; J. Abrao, J. Wasserman, E. Silva Filho, Ed.; UFF, Niteroi (Br) ; 259-260.
- FERNEX F., BARATIE R., SPAN D., FERNANDES L.V. (1989) - Variations of nitrogen nutrient concentrations in the sediment pore waters of the northwestern Mediterranean continental shelf. Continental Shelf Res., 9/9 ; 767-794.
- FERNEX F., BOISSON M., FERNANDES L.V. (1988) - Les rythmes de la production d'engrais azotés dans les sédiments de la Réserve sous-marine de Monaco. C. rendus Activités 1986/1987, Ass. Monég. Protect. Nature, Monaco ; 36-38.
- FERNEX F., FLUCHA M., SERRA C., BELLAICHE G. (1983) - Dispositif de prélèvement de sédiments meubles superficiels. Brevet N° enregistrem. nat. 82/04668 ; 8 p, 4 Pl.
- HESSLEIN R. (1976) - An in situ sampler for close interval pore water studies. Limnol. Oceanogr., 23 ; 1066-1069.
- MIQUEL J.C., FOWLER S.W., LA ROSA J. (1990) - Vertical fluxes of particulate material in a frontal zone off Corsica. Rapp. Comm. int. Mer Méditerran., 32 ; p.280.
- STRICKLAND J.D., PARSONS T.R. (1972) - A practical handbook of sea water analysis. Bull. Fisch. Res. Can., 122 ; 1-172.
- TREGUER P., LE CORE P. (1975) - Manuel d'analyses des sels nutritifs dans l'eau de mer. Univ. Bretagne Occidentale, Lab. Océanogr. Chimique, Brest ; 110 p.
- VEGLIA A., VAISSIERE R. (1985) - Seasonal variations of Zinc, Copper and nutrients in coastal sea-water of the Ligurian Sea. Villes Journées Etude Pollutions (Lucerne), CIESM Monaco ; 297-302.



LA FAUNE DES ÉPONGES

par
le Docteur Maurizio PANSINI⁽¹⁾

Qu'est-ce qu'une éponge?

L'idée d'éponge, pour la plupart des personnes, est liée à l'usage quotidien d'une éponge de bain qui est désormais très rarement d'origine naturelle. Le coût déjà élevé de ces produits de la mer est encore augmenté aujourd'hui en raison de la rareté du produit due à une maladie qui a frappé, dans les dernières années les peuplements naturels de la Méditerranée (*Photo 1*). Elle a provoqué l'interruption presque totale de la pêche commerciale en rendant ainsi moins fréquente la présence des éponges dans nos maisons. Mais même les utilisateurs des produits naturels qui ne se servent pas d'un morceau de mousse synthétique mais d'une éponge véritable, savent rarement qu'ils ont à faire au squelette corné d'un animal.

Ce squelette est composé d'un réseau de fibres d'une protéine qui s'appelle spongine et qui une fois synthétisée a la particularité d'être lisse, souple, élastique et très résistante. Ce type de squelette toutefois, est présent dans un nombre assez restreint d'espèces tandis que la plupart des autres éponges sont soutenues par des spicules siliceuses ou calcaires, c'est-à-dire de petites aiguilles de pierre qui pren-

nent une grande variété de formes. La partie vivante de l'éponge est constituée par une masse de cellules non organisées en tissu, puisqu'il s'agit des plus simples animaux pluricellulaires connus.

Le nom latin des spongiaires, Porifera, donne bien l'idée de la caractéristique principale de ces animaux entièrement recouverts de petits trous, prolongés par un système de canaux de différents diamètres (une sorte de système circulatoire de l'éponge). Ces canaux débouchent à l'extérieur par des ouvertures plus grandes souvent surélevées appelées oscules. L'eau de mer circule activement dans ce réseau de canaux poussée par le battement continu de flagelles (structures très semblables aux cils) qui sont portés par les "coanocytes", les cellules les plus caractéristiques des éponges. L'éponge tire de cette eau l'oxygène pour la respiration et toute sa nourriture. Elle se compose de bactéries en suspension dans le plancton qui sont capturées par les coanocytes et probablement aussi de substances organiques dissoutes

(1) Chargé du cours de Zoologie Marine à l'Institut de Zoologie de l'Université de Gênes (Italie)



Photo 1
Un exemplaire de *Spongia officinalis* avec des parties nécrosées, signes évidents de la maladie qui a causé une mortalité massive chez les éponges commerciales.

Photo M. PANSINI

LES RÉSERVES MARINES/ LA RÉSERVE DU LARVOTTO

dans l'eau. Une partie de ces ressources alimentaires n'est pas utilisée par d'autres animaux benthiques ce qui explique l'abondance des éponges dans certaines zones littorales. Il suffit qu'un petit morceau de substrat dur soit disponible sur le fond pour la fixation de la larve et voilà que commence l'installation d'un peuplement de spongiaires dans presque tout milieu marin. La diversité de ces peuplements est énorme puisque 564 espèces différentes ont été recensées en Méditerranée (Pansini, 1992).

Les recherches sur les éponges à Monaco

Les collections, la bibliothèque ou l'aquarium du Musée Océanographique ont représenté un matériel de choix pour les études de nombreux zoologistes marins. Cependant le nombre de ceux qui ont effectué de vraies campagnes de recherche dans la mer de Monaco, comme Emile Topsent, sont rares. Ce "grand maître" de la spongiologie, comme le défini Monsieur Claude Lévi Professeur au Muséum d'Histoire Naturelle de Paris, fut sans doute le plus grand spécialiste de la faune méditerranéenne. Il étudia les éponges de 1885 jusqu'à sa mort, en 1951. Devenu aveugle, il utilisa pour ses derniers travaux l'aide de son assistant Luc Olivier et de sa gouvernante qui lui trouvaient ses références et écrivaient sous sa dictée. De 1923 à 1931, il travailla au Musée Océanographique à plusieurs reprises sur du matériel vivant récolté entre Monaco et la rade de Beaulieu à des profondeurs de moins de 60 m et sur les col-

Photo M. PANSINI

lections d'éponges du Prince Albert Ier provenant des campagnes effectuées au large de Monaco entre 1896 et 1902. La description des "Éponges observées dans les parages de Monaco" par Emile Topsent, publiée dans le Bulletin de l'Institut Océanographique en 1934, 1936 et 1943 est la dernière étude taxonomique de cette faune avant la création, par l'AMPN, de la réserve marine de Monaco au quartier du Larvotto, et elle représente encore aujourd'hui une référence très importante.

Les éponges dans la réserve marine de Monaco

Les fonds naturels

La plupart des spongiaires sont des organismes sciaphiles, c'est-à-dire qu'ils préfèrent les milieux à éclaircissement réduit comme les tombants rocheux, les grottes et les eaux profondes. Ils ont besoin, pour leur développement de substrats durs et suffisamment stables. Bien que les fonds de la réserve soient pour la plupart détritiques, probablement pour des raisons géologiques (position de la ville au pied du bassin versant du Mont Agel, création des plages artificielles, etc), quatre peuplements de spongiaires y ont été localisés.

La réserve est peuplée principalement d'espèces photophiles et réophiles, qui tolèrent bien la lumière et le mouvement de l'eau. Elles se développent sur les enrochements de défense des plages et du terre-plein du Larvotto et sur les

Photo 2
L'éponge Crambe crambe a une large répartition bathymétrique, mais on la trouve plus souvent près de la surface.



bas-fonds qui les entourent. L'espèce la plus commune de ce peuplement est encroûtante et de couleur rouge-brique et se nomme *Crambe crambe* (Photo 2).

L'herbier de posidonie qui forme une ceinture au centre de la réserve en consolidant avec ses rhizomes le fond détritique, a son propre peuplement de spongiaires. Celui-ci se fixe surtout sur les rhizomes, c'est-à-dire les fûts des posidonies. La courte durée de vie des feuilles et leur frottement continu dû au mouvement des vagues empêche presque totalement le développement sur ces surfaces d'organismes à croissance lente, comme les spongiaires. Toutefois, l'herbier est un milieu très riche en éponges si bien que Pansini et Pronzato (1985) ont pu décrire plus de soixante-dix espèces différentes en deux endroits méditerranéens, même si probablement il est impossible d'identifier un peuplement de spongiaires caractéristique de tous les herbiers (Photo 3).

Le troisième lieu de la réserve peuplé d'éponges est celui des vrais fonds détritiques où tout petit caillou ou débris assez lourds pour ne pas rouler même sous l'action des grandes vagues (on est désormais à une certaine profondeur) peut abriter de petites larves d'éponges. Elles ont une durée de vie très courte (quelques heures ou quelques jours au maximum) et elles sont donc à la recherche permanente d'un terrain favorable pour s'y fixer. Ce peuplement est très dispersé dans le milieu, mais en même temps il a tendance à se concentrer car le conditionnement biologique du substrat, par l'installation des premiers colonisateurs, attire les autres organismes et en facilite la fixation. Ces fonds se caractérisent également par la présence d'une éponge rose, *Crella elegans*, lobée ou digitée, avec une surface finement criblée de pores réunis en aires limitées : les "cribres". Il s'agit d'un des organismes les plus communs mais aussi un des plus beaux de la réserve (Photo 4).



Photo 3
Éponges
de l'herbier de posidonie:
exemplaires de
Chondrilla nucula fixés sur les rhizomes.

Photo M. PANSINI

A la limite sud de l'aire balisée, presque à 40 mètres de profondeur, se trouvent en deux ou trois endroits de surface assez réduite, les peuplements naturels de spongiaires les plus riches et les plus intéressants de la réserve. A cet endroit, le fond rocheux affleure de la vase offrant un substrat solide où chaque organisme benthique peut se fixer. A cette profondeur la compétition pour l'espace avec les algues - qui n'ont plus suffisamment de lumière pour leur croissance - est presque éliminée, et les éponges peuvent se développer à leur aise. Il s'agit probablement d'un peuplement ancien, bien structuré, avec des espèces fouisseuses,



Photo 4
La surface criblée de
Crella elegans,
l'espèce d'éponge la
plus caractéristique de
la réserve du Larvotto.

Photo M. PANSINI

LES RÉSERVES MARINES/
LA RÉSERVE DU LARVOTTO

encroûtantes et massives. Ces colonies ne sont pas en évolution mais ont atteint depuis longtemps leur équilibre. Les longues digitations jaunes d'*Axinella polypoïdes*, les éventails de l'oreille d'éléphant *Spongia agaricina* et de *Poecillastra compressa*, avec un grand nombre d'autres espèces moins voyantes, le caractérisent bien (Photo 6).

Les récifs artificiels

En raison d'une bonne connaissance générale de la faune des éponges de la côte méditerranéenne française et de Monaco, j'ai utilisé l'opportunité offerte par les fonds protégés de la réserve pour étudier les mécanismes gouvernant la colonisation des spongiaires sur récifs artificiels. Aucune étude n'avait été réalisée jusqu'alors sur des plaques expérimentales de matières variables mais semblables aux fonds naturels. De telles plaques ont été immergées soit près de la côte soit en mer ouverte. Les hourdis immergés en 1977 à 20 m sur fond sablonneux ont été les premières structures expérimentales à avoir été étudiées de part leur facilité de transport au laboratoire. Trois de ces hourdis ont été prélevés en Juillet 1980, mai 1981 et juin 1982 soit trois, quatre ou cinq ans après leur immersion. 33 espèces de spongiaires ont pu être recensées sans toutefois tenir



Photo 6
Champ d'éponges
– Eponge jaune :
Axinella portant des
zoanthaires :
Parazoanthus axinellae
– *Spongia* sp.
et *Ircinia* s.p.

Photo M. PANSINI



Photo 8
Un phénomène d'épibiose:
la fixation des colonies
d'hydroides sur une
éponge du genre *Ircinia*



Photo 5
Des récifs
octogonaux avec les
hourdis amovibles.

Photo R. PRONZATO

compte de la surface de recouvrement inhérente à chaque espèce. Le nombre de spongiaires installés sur chaque hourdis n'est pas proportionnel au temps d'immersion, mais il varie entre 13 et 20 espèces. Seulement cinq espèces, *Oscarella lobularis*, *Crella elegans*, *Lissodendoryx isodictyalis*, *Tedania anhelans* et *Dysidea incrustans* sont présentes sur tous les hourdis examinés. L'observation de la composition du peuplement montre l'absence des espèces dressées, les espèces massives sont rares et les espèces encroûtantes très fréquentes.

Le peuplement des hourdis est caractérisé par de nombreuses éponges encroûtantes ou encore dans la phase encroûtante (18 espèces). Certaines éponges présentent un développement massif au dessus du substrat. Il s'agit de: *Reniera mamillata*, *Dysidea incrustans* et *Crella elegans* qui est l'espèce la plus abondante. Les éponges perforantes (Clionides) et celles qui se glissent dans les cavités creusées par les premières sont complètement absentes. La période d'immersion étant relativement longue - même pour les premiers hourdis prélevés - le peuplement par les éponges calcaires qui sont les espèces pionnières (Vacelet, 1980) a été dépassé. Il a été remplacé par un peuplement dominant de démosponges. Toutefois, ce peuplement de part sa composition spécifique, semble être assez caractéristique et très bien adapté au substrat uniforme sur lequel il est fixé. Ce peuplement de spongiaires est toutefois beaucoup moins varié que celui qui existe sur les fonds environnants (Topsent, 1934, 1936).

Le développement massif de certaines éponges est sûrement dû à la stabilité des hourdis plutôt qu'à la durée de la période d'immersion. Ce résultat est différent de celui qui avait été obtenu lors d'expériences précédentes (Pansini et Pronzato, 1981; Vacelet, 1981). Ces substrats ne semblent cependant pas adaptés à l'installation des éponges perforantes.

Les différences qui ont été notées dans les peuplements de chaque hourdis pourraient dépendre, plus que de la durée de l'immersion, de l'orientation accidentelle des

substrats étudiés à laquelle sont liés quelques facteurs du milieu (lumière, sédimentation etc.) importants pour le développement des spongiaires.

Lorsque la surface disponible pour l'installation des éponges est encore suffisante après cinq ans d'immersion, les épibioses (croissance d'une espèce sur l'autre, commune chez les peuplements benthiques) sont rares. Il semble peu probable que ces différences soient liées à des phénomènes de compétition ou de dominance progressive d'espèces à croissance rapide. (Photo 8).

Le peuplement de spongiaires, du point de vue de sa composition, ne semble pas avoir atteint sa stabilité mais il semble être encore en lente évolution. L'immersion en 1983 par l'AMPN à trois profondeurs différentes (14, 22 et 32 mètres) de récifs octogonaux avec des hourdis amovibles a permis la poursuite des études sur les éponges et les autres organismes benthiques, en prenant en compte des substrats vierges avec des différences d'orientation par rapport aux courants marins (Photo 5). Ces recherches ont confirmé que les spongiaires s'établissent d'abord sur les substrats vierges avec un peuplement dominé par les éponges calcaires. Ensuite viennent se fixer les premières démosponges (éponges à squelette siliceux ou corné), caractérisées par une forme encroûtante et une croissance horizontale. Le nombre des espèces fixées n'est pas simplement fonction du temps d'immersion. Il est certainement en relation avec d'autres facteurs, comme la présence sur le même substrat d'autres organismes benthiques à croissance rapide qui influencent la composition spécifique du peuplement et les caractéristiques du substrat en facilitant souvent la fixation des nouveaux organismes. Avec le temps certaines espèces d'éponges commencent à se développer également en hauteur (les processus de croissance de ces organismes demandent des dizaines d'années) en faisant diminuer l'importance des formes pionnières et souvent en s'y substituant.

La fixation des larves d'éponges et, par voie de conséquence, le développement de ces organismes, sont fortement favorisés par la rugosité des parois des hourdis qui

LES RÉSERVES MARINES/
LA RÉSERVE DU LARVOTTO

composent les récifs. Les profondeurs variables d'immersion contribuent à différencier les peuplements des hourdis : *Crambe crambe* par exemple, est plus fréquente dans la zone proche de la surface tandis que *Stylopus dujardini* et *Mycale macilenta* le sont plus dans la zone profonde. Toutefois, ce phénomène se manifeste pour peu d'espèces puisque les spongiaires s'adaptent bien à une gamme très large de profondeurs et leur croissance très lente nécessite un délai très long pour une différenciation des peuplements (Photo 7).

L'orientation du substrat où une éponge est fixée détermine directement les conditions de lumière et de sédimentation auxquelles l'animal est exposé, mais il est très difficile d'établir les limites de leur influence. En premier lieu

les spongiaires présentent une bonne tolérance à d'importantes variations de lumière. En effet, certaines espèces ont élaboré des mécanismes de contraction et de dilatation alternés du corps qui peuvent servir à dégager de la surface de l'éponge le sédiment qui s'y était déposé.

Beaucoup de travail reste encore à faire soit sur des problèmes d'écologie des différentes espèces soit sur la dynamique des peuplements. Pour ce type de recherches, les hourdis amovibles constituent encore un matériel très utile. Ces études permettront peut-être enfin d'évaluer le temps nécessaire à un peuplement de spongiaires, implanté sur un substrat artificiel, pour devenir semblable en composition et en structure, à un peuplement naturel sur fond rocheux naturel âgé de milliers d'années.

Photo 7
Colonisation
des hourdis qui
forment les récifs
artificiels par des
éponges et des autres
organismes benthiques.



Photo R. CATTANEO

Références

PANSINI, M., 1982. Les peuplements benthiques de la réserve sous-marine de Monaco: 1. Spongiaires. *Journée Étud. Récifs artif. et Maric. suspend.* - Cannes, C.I.E.S.M.: 83-84.

___ 1992. Considérations biogéographiques et systématiques pour une mise à jour des données sur le peuplement de spongiaires méditerranéens. *Bull. Inst. Océanogr., Monaco*, 9 (n. spécial): 43-51.

PANSINI, M. & PRONZATO R., 1981. Étude des spongiaires de substrats artificiels immergés durant quatre ans. *Vie et Milieu*, 31, (1): 77-82.

PANSINI, M. & R. PRONZATO, 1985. Distribution and ecology of epiphytic Porifera in two *Posidonia oceanica* (L.) Delile meadows of the Ligurian and Tyrrhenian Sea. *P.S.Z.N.I.: Marine Ecology*. 6 (1): 1-11.

TOPSENT, E., 1934. Éponges observées dans les parages de Monaco. I Partie. *Bull. Inst. Océanogr. Monaco*, 650 : 1-42.

___ 1936. Éponges observées dans les parages de Monaco. II Partie. *Bull. Inst. Océanogr. Monaco*, 686 : 1-70.

TOPSENT E. & L. OLIVIER, 1943. Éponges observées dans les parages de Monaco. (Fin) *Bull. Inst. Océanogr. Monaco*, 854: 1-12.

VACELET J., 1980. L'installation des spongiaires sur les substrats nouvellement immergés. *Mem. Biol. Marina e Oceanogr.*, Suppl. X, : 95-111.

___ 1981. Étude qualitative et quantitative des Salissures biologiques de plaques expérimentales immergées en pleine eau. 6. Les éponges. *Tethys*, 10, (2) : 165-172.

Liste des espèces des spongiaires des récifs artificiels immergés dans la réserve marine de Monaco.

Anchinoe fictitius (Bowerbank, 1866)
Anchinoe paupertas (Bowerbank, 1866)
Anchinoe tenacior (Topsent, 1925)
Antho involvens (Schmidt, 1864)
Batzella inops (Topsent, 1891)
Cacospongia mollior (Schmidt, 1862)
Cacospongia scalaris (Schmidt, 1862)
Clathrina coriacea (Montagu, 1818)
Clathrina sp. 1
Clathrina sp. 2
Cliona viridis (Schmidt, 1862)
Crambe crambe (Schmidt, 1862)
Crella elegans (Schmidt, 1862)
Crella sp.
Dysidea avara (Schmidt, 1862)
Dysidea fragilis (Montagu, 1818)
Dysidea incrustans (Schmidt, 1862)
Haliclona subtilis (Griessinger, 1971)
Haliclona sp. 1
Haliclona sp. 2
Hymedesmia castanea (Sarà, 1964)

Hymedesmia pansa (Bowerbank, 1882)
Hymedesmia sp.
Ircinia dendroides (Schmidt, 1862)
Ircinia variabilis (Schmidt, 1862)
Leuconia aspera (Schmidt, 1862)
Leuconia sp.
Lissodendoryx isodictyalis (Carter, 1882)
Microciona sp. 1
Microciona sp. 2
Mycale macilenta (Bowerbank, 1866)
Mycale rotalis (Bowerbank, 1874)
Mycale tunicata (Schmidt, 1862)
Myxilla rosacea (Lieberkühn, 1859)
Oscarella lobularis (Schmidt, 1862)
Pleraplysilla spinifera (Schulze, 1878)
Spongia virgultosa (Schmidt, 1868)
Stylopus dujardini (Bowerbank, 1866)
Stylostichon dives (Topsent, 1891)
Sycon sp.
Tedania anhelans (Lieberkühn, 1859)
Terpios fugax (Duchassaing & Michelotti, 1864)

LA RÉSERVE SOUS-MARINE DE MONACO ET SA FAUNE ICHTYOLOGIQUE

par

le Professeur Gilbert BARNABÉ (1)

La faune ichtyologique occupe une place à part dans les écosystèmes côtiers : généralement exploitée par la pêche et utilisant pour se nourrir les ressources de la pleine eau et celles des fonds, son abondance, sa composition renseignent de façon immédiate sur l'état des eaux côtières et la façon dont elles sont exploitées par l'homme. Les travaux menés dans la réserve sous-marine de Monaco ne démentent pas cette assertion.

Les objectifs de l'étude

L'objectif principal était d'apprécier l'importance et la variété des peuplements de poissons qui constituent la faune ichtyologique de la réserve sous-marine de Monaco, afin d'évaluer l'impact des mesures conservatoires (que l'on nomme "l'effet réserve").

L'autre motivation était de connaître l'effet de l'immersion de divers types de récifs artificiels dans la réserve : leur impact sur la faune ichtyologique devait être apprécié pour contribuer à établir le rôle de telles structures à diverses profondeurs, ce qui n'avait pas été fait.

D'un autre point de vue, la réserve est bordée sur la majorité de son rivage par des enrochements installés à des fins de protection et dont l'effet sur les poissons méritait d'être évalué en situation de réserve (ce qui n'est guère possible ailleurs).

Plus récemment, l'installation au large de la réserve du "Labrax" navire ayant à son bord une éclosierie de production de poissons marins et de cages d'élevages, posait le problème de l'impact de cette présence sur la biologie et le comportement des poissons de la réserve.

Les travaux menés à Monaco pour répondre à l'ensemble de ces questions sous l'égide de l'Association Monégasque pour la Protection de la Nature (AMPN) étaient d'autant plus intéressants qu'ils s'inscrivaient dans un contexte doublement privilégié.

La réserve de Monaco : une vraie réserve en Méditerranée

Parmi les réserves sous-marines situées en Méditerranée occidentale, la réserve sous-marine de Monaco (Réserve du Larvotto) est typique à plus d'un titre :

- Elle est d'une superficie relativement réduite (50 ha).
- Faisant face au centre de la ville de Monaco, cette réserve bénéficie d'une surveillance permanente et très efficace assurée par les Services de Police et par la population depuis les habitations qui surplombent la mer. Cette surveillance permanente distingue la réserve de Monaco de toutes les autres, souvent éloignées des zones habitées et soumises de façon plus ou moins intense à divers types de prélèvements illicites : dans beaucoup de zones marines interdites à toute forme de pêche, les hameçons, lignes, plombs et les flèches de fusil sous-marins trouvés sur le fond constituent le témoignage irréfutable du braconnage. Le lecteur comprendra qu'il est difficile de citer des noms ! Rien de tout cela dans la réserve de Monaco où le comportement des poissons face à l'homme est empreint d'une "confiance" symptomatique.

De ce fait, les observations scientifiques que l'on peut réaliser dans cette zone protégée n'ont pas d'équivalent ailleurs : le comportement, l'abondance des populations de poissons, leurs répartitions n'ont pas été altérés par la prédation humaine. Les observations réalisées sont proches d'un état où les réactions observées ne sont pas conditionnées par des expériences antérieures traumatisantes.

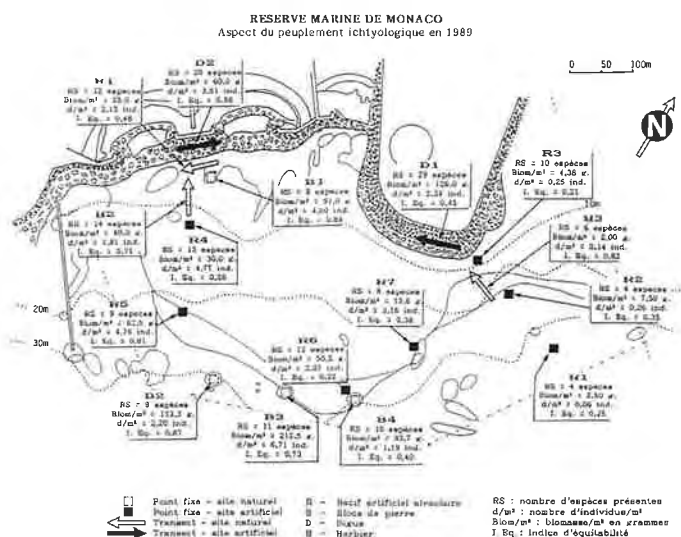
Par contre, le contact entre l'espèce humaine et les poissons revêt parfois une forme bien différente et plus pacifique : l'alimentation des poissons essentiellement l'été par les baigneurs, car cette réserve est contiguë à une plage

(1) Université de Montpellier II - Station Méditerranéenne de l'Environnement Littoral - Laboratoire d'Ecologie marine - 1 Quai de la Daurade - 34200 SETE.

LES RÉSERVES MARINES/ LA RÉSERVE DU LARVOTTO



Carte 1



Carte 2

très fréquentée. Cette remarque ne concerne que certaines espèces qui partagent le pain avec l'homme ! Pour cette raison, nous avons évité toute évaluation en Juillet et Août et à l'intérieur de la digue protégeant les plages.

Dans de telles conditions que peut-on retenir des études qui ont été conduites sur les populations de poissons et d'abord où, quand et comment ont-elles été réalisées ?

Chronologie des travaux et méthodologie d'étude

Les premières investigations qui avaient pour but de mettre au point la méthodologie d'étude ont eu lieu en Juin 1987, les plus récentes en Février 1995, mais l'essentiel des observations a été effectué avec une périodicité saisonnière en 1988 et 1989. A partir de 1994 et pour tenir compte d'un élément nouveau, la présence d'une écloserie aquacole embarquée sur le "Labrax", navire mouillé par 230 m de fond devant Monaco, et de cages d'aquaculture, le suivi a

repris et 2 nouvelles missions d'évaluation ont été effectuées ; l'une en présence d'une vaste cage d'élevage et du bateau (nommé "Labrax", car on y élève du Loup *Dicentrarchus labrax*), en Juin 1994, l'autre en présence du "Labrax" seulement en Février 1995. Une nouvelle investigation a eu lieu après le départ de ce dernier en Mai 1995.

La méthodologie devenue classique est celle de l'observation en plongée dont l'intérêt et la validité sont établis depuis longtemps (BARNABÉ, 1976 ; HARMELIN et Coll., 1985). De ce fait, nous ne l'exposerons pas à nouveau. Il s'agit d'une méthode fiable et peu traumatisante.

Les sites échantillonnés sont localisés sur la carte 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, etc.) ainsi que par leur topographie (blocs rocheux naturels, récifs artificiels).

Les observations correspondaient à des points fixes sur des récifs et à des transects sur zones rocheuses ou sur herbier ; elles ont été réalisées à chaque saison.

- La surface couverte par un point fixe autour d'un récif correspond à un cercle d'une surface de 80 m². Seuls les poissons 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 1 500 m³ pour une longueur de 20 m et de 3 900 m³ pour un transect de 50 m (détails in BARNABÉ et CHAUVET, 1992).

Ce travail n'a pas la prétention de couvrir la totalité de la réserve, ni la totalité des récifs, mais il correspond à un échantillonnage complet des divers types de fonds et de récifs que l'on rencontre dans la réserve sous-marine de Monaco.

C'est à partir de ces données qu'ont été établis les résultats quantitatifs pour chaque site visité.

Nous n'utiliserons ici que 2 paramètres :

N = richesse spécifique (nombre d'espèces)

d = densité en nombre au m²

Un autre indice E, nommé équitabilité, sert à apprécier l'abondance relative de chaque espèce (détails in BARNABÉ et CHAUVET, 1992). 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 avec des zones extérieures. De plus, le poids de poissons par mètre carré (la Biomasse/m²) a été estimé en utilisant des relations tailles/poids particulières qui nous ont été, en partie, transmises par FRANCOUR et ODY (communication personnelle).

Principaux résultats obtenus

Nous rassemblerons ici les données obtenues en 1988-1989 qui ont été publiées (BARNABÉ et CHAUVET, 1992) et les résultats non publiés, mais communiqués à l'AMPN en 1995. La localisation de ces sites est indiquée sur la carte 1.

La distribution des poissons et leur abondance peuvent être appréciées en fonction de la nature du fond ou de la profondeur. La représentation schématique des peuplements selon 3 "sections" verticales de la réserve (*Fig. 1 à 3*) illustre bien ce que nous avons observé et relevé par écrit au cours de nos plongées. Les variations saisonnières n'y figurent pas, mais elles ne modifiaient pas le schéma d'ensemble : la diversité en espèces se retrouve au fil des saisons avec une variabilité limitée. Les photographies reproduites permettent de se rendre compte de la façon dont se présentent les populations de poissons dans la réserve.

L'abondance des petits poissons de pleine eau

Toutes les zones peu profondes de la réserve (jusqu'à 20 m environ) que nous avons visitées sont riches en poissons, mais le nombre d'espèces n'est pas très grand. Le poisson le plus abondant est la Castagnole (*Chromis chromis*) suivi par la Mendole (*Spicara maena*). Il s'agit d'espèces vivant en pleine eau et 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 alimentaires (leur présence indique des ressources planctoniques abondantes), ni par l'habitat (les eaux sont profondes près de la côte et la nature des fonds variés). Il s'agit de petits poissons représentant un faible poids total (biomasse). Leur 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).

Les poissons des récifs

La richesse de la faune ichthyologique, autour ou au-dessus des récifs, est variable selon leur forme, leur taille et leur structure :

- Les récifs octogonaux, en hourdis par exemple, 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.
- Les récifs artificiels constitués de blocs de roches sur des fonds de sable, à 25-30 m sont bien peuplés (récifs B2, B4 et

*Saupes et Castagnoles
au niveau du brise-lames.*



Mendoles sur l'herbier.



*Castagnoles et sar
sur un récif de hourdis.*



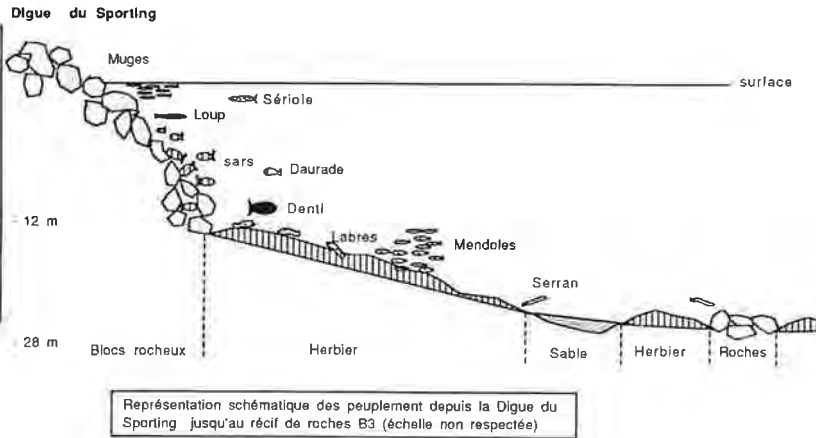
surtout B3) avec une dizaine d'espèces appréciées : Daurade, Sar, Pageot, Rouget, Rascasse, etc. On a observé jusqu'à 300 sars sur B3, mais une seule fois ! Les castagnoles y sont aussi très abondantes. Notons, cependant, que ces récifs constituent des zones de surface limitée sur des fonds de sable ou d'herbier dont la pauvreté est caractéristique. Ces récifs se comportent alors comme des zones de rassemblement, des "oasis", au sein de zones complètement désertes.

Les poissons des digues

L'observation de l'évolution saisonnière des peuplements inventoriés sur la Digue du Sporting, sur toute sa hauteur (0 à 12 m de profondeur), montre qu'il s'agit d'une

LES RÉSERVES MARINES/
LA RÉSERVE DU LARVOTTO

FIGURE N° 1

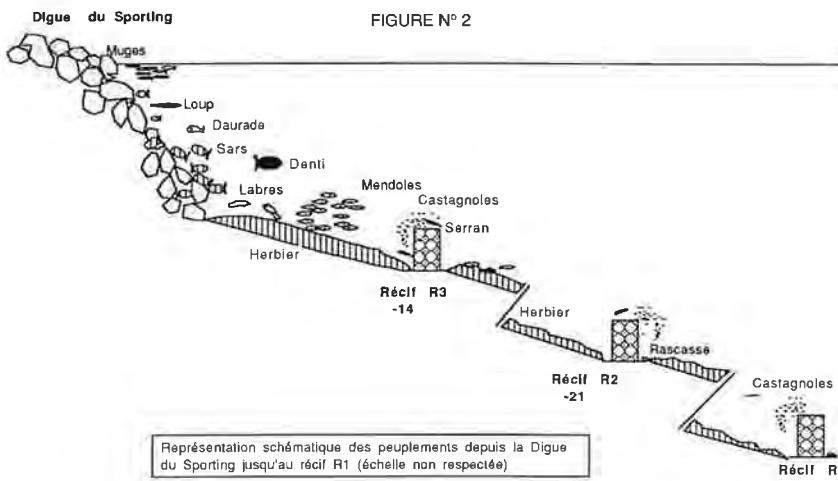


zone très riche à la fois en espèces et en effectifs, mais aussi que les différentes tranches des populations y sont représentées, notamment les petits spécimens, les juvéniles. Les espèces rencontrées sont typiques des fonds rocheux naturels de même profondeur. La digue centrale du brise-lames protégeant les plages du Larvotto est également très riche à la fois en espèces et en nombre d'individus, quelle que soit la saison. Les espèces présentes sont les mêmes sur ces 2 digues.

Les enrochements des digues constituent 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. La proximité de la surface et les faibles profondeurs associées à l'habitat rocheux (empilements de blocs de roche naturels) offrent des conditions exceptionnelles : aucun récif artificiel n'a été immergé par aussi faible profondeur !

Ces digues artificielles 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 gros individus). On aurait pu craindre ce type de phénomène en l'absence 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.

FIGURE N° 2



Brise-lames
(Plage du Larvotto)

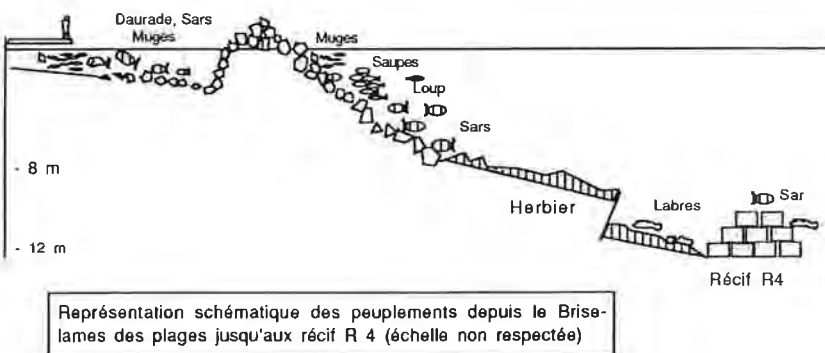


FIGURE N° 3

Les poissons de l'herbier

Comparativement aux digues, les vastes herbiers de la réserve (Carte 1) sont beaucoup plus pauvres, autant en espèces qu'en nombre d'individus (Fig. 1 à 3). Au niveau du fond, les enrochements des digues au contact de l'herbier sont des zones au peuplement diversifié. Sans être très abondantes sur les digues, diverses espèces de Crénilabres et Labres sont présentes à des densités notables pour un faciès rocheux.

Comparaison entre la richesse de la réserve et celle d'une zone avoisinante

La zone inventoriée hors réserve se situe à l'Ouest de la plage du Larvotto, le long de la

digue qui renforce la ligne de côte. La pauvreté supposée de cette zone nous a fait retenir une zone d'échantillonnage étendue (400 m) afin d'être assuré d'un nombre suffisant d'observations. La partie contiguë à la plage est encore en réserve ; c'est à partir de la limite de la réserve matérialisée par une bouée, vers l'Ouest, qu'a donc été effectué l'échantillonnage, depuis la surface et jusqu'à la base de la digue qui s'appuie sur un fond sableux, profond de 10 à 12 m selon les endroits.

Nous avons d'abord comparé le peuplement en poissons de cette zone avec celui de la digue du Sporting. On peut grossièrement résumer ces observations en disant que l'on rencontre autant de poissons en un seul transect, de la surface jusqu'au bas de la digue du Sporting, qu'en comptabilisant tous les poissons de la surface jusqu'à la base des 400 m de la digue située hors réserve !

Si l'on compare la zone hors réserve avec l'épi central des plages, qui rappelons-le ne mesure que 60 m environ, la contradiction est frappante au niveau des effectifs qui dépassent le millier sur l'épi des plages contre environ 400 sur une distance 6 fois plus grande hors réserve (ce qui correspond à une abondance 15 fois plus forte dans la réserve). Bien que ce chiffre ne soit pas d'une précision absolue, il rend bien compte de l'extraordinaire richesse de la réserve en poissons.

La comparaison des catégories de poisson (Gros, Moyen, Petit), inventoriées sur chaque zone, est encore plus parlante : alors que le peuplement hors réserve est constitué surtout de petits et de quelques moyens, le peuplement de la réserve est constitué d'adultes qui représentent en effectif le double des petits ! Cet effet est spectaculaire sous l'eau et il faut penser à sa signification en terme de biomasse : les gros individus représentent plus de 10 fois le poids des petits. En prenant pour base cette simplification, on constate que les 750 gros poissons de l'épi des plages représentent le poids de 7 500 petits poissons, alors que l'on n'en trouve que 400 sur une distance 6 fois plus grande, soit 66 sur une distance équivalente hors réserve. En terme de biomasse, la différence d'abondance est de plus de 100 entre la zone hors réserve et la réserve !

La réserve est d'un ordre de grandeur plus riche en nombre d'individus que la zone hors réserve ; pour la biomasse, cette différence est de 2 ordres de grandeur !

L'influence du "Labrax" et des structures d'élevage aquacole

Afin d'évaluer avec le moins de perturbations possibles les alentours du "Labrax", c'est la plongée en apnée qui a été utilisée (le point le plus bas du bateau, la poupe, est à 6,5 m de profondeur). Un seul poisson (une liche de 15 cm de long) a été observée en arrière de l'hélice en Juin 1994. Nous n'avons vu aucun autre poisson le long des

*Serran chèvre
sur un récif de hourdis*



Rougets près de l'herbier.

Photo STUDIO CLÉMENT



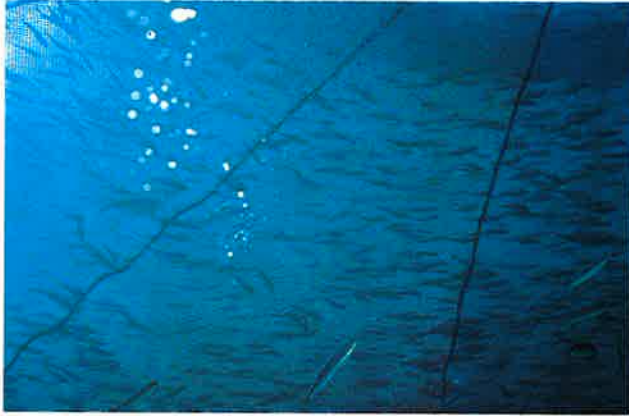
Banc de saupes.



flancs ou sous le bateau. Autour des chaînes du mouillage, à la proue, un banc de 50 Oblades de taille moyenne était présent. En avant de ces chaînes, en position verticale, quelques dizaines de petits pélagiques, Sardines ou Sprats juvéniles (taille < 5 cm) ont été observés ; lors de la 2ème investigation, en Février 1995, aucun poisson n'a pu être vu !

Pour une masse aussi imposante en pleine eau quelle pauvreté ! On note que les espèces rencontrées, à l'exception de l'Oblade, ne sont pas présentes dans la réserve. Comme cela a été confirmé en hiver, le "Labrax" ne joue aucun rôle significatif pour la faune ichtyologique de la réserve. Il n'est pas en relation avec les fonds côtiers et vu la grande profondeur sur laquelle il est ancré (230 m), seuls les poissons du

Saupes en cage
au large de Monaco.



Banc de saupes
au brise-lames des plages.



large (pélagiques) sont susceptibles de pouvoir le fréquenter. Ils sont très rares, comme ils sont rares dans la réserve : une seule Sériole a été vue sur l'ensemble des échantillonnages. La partie immergée de la coque du "Labrax" est recouverte de moules, avec quelques huîtres plates et de rares oursins. Ce n'est donc pas la nourriture qui manque.

Les choses changent au niveau de la grande et unique cage d'élevage qui était par contre enveloppée par des milliers de Chinchards (*Trachurus trachurus*) mêlés à des Bogues (*Boops boops*) nageant lentement autour de la cage (voir clichés). Il s'agit toujours d'individus de grande taille. La présence de tels rassemblements est liée à la présence de poissons en élevage : les déchets de ces poissons (fèces, particules alimentaires) sont consommés par les Chinchards. Cette nourriture n'est pas négligeable. Les petits Loups en élevage sont très visibles au travers du filet et leurs mouvements de nage sont sans doute très stimulants pour les Bogues et Chinchards qui sont aussi des prédateurs de pleine eau. La stimulation visuelle peut donc être forte.

Discussion

La richesse des digues

A partir des données chiffrées obtenues lors des comptages en plongée (BARNABÉ et CHAUVET, 1992) on peut calculer un ordre de grandeur du nombre de poissons sur les digues : celle du Sporting présentant une pente approxima-

tive de 45° , a une surface immergée de : $12 \times \sqrt{2} = 16,97 \text{ m}^2$ par mètre linéaire de digue. Sachant que la densité de poissons est de 6,34 par m^2 (Carte 2), elle passe à 107,6 poissons par mètre linéaire de digue, (soit 107 600 par km) ! En excluant les Castagnoles, cette évaluation revient à 39 700 poissons. La biomasse (sans Castagnoles) est de l'ordre de $126 \times 16,97 = 2 138 \text{ g/m}$ linéaire de digue (2 100 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 numériques 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 de brise-lames.

Ces effectifs estimés sont à considérer avec précaution puisqu'il s'agit d'extrapolations ; ces calculs confirment, cependant, la richesse des peuplements également traduite sur les photographies. 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 Mèdes, 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.

On sait que les poissons pondent en pleine eau de grandes quantités d'oeufs ; il en éclôt une larve de quelques millimètres qui vit en pleine eau dans le "plancton". A la fin de la vie larvaire, les survivants 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 nurseries, 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 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 des zones protégées.

En ce sens, les digues de la réserve de Monaco peuvent jouer le rôle de nurseries, 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. 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 l’effectif des populations.

L’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 ($\approx 100 \text{ m}^3$) et une hétérogénéité structurale plus grande.

Les résultats chiffrés nous ont montré que les récifs artificiels constitués de blocs rocheux naturels, immergés à des profondeurs de 20-30 m, présentent, en poids, les densités de poissons les plus fortes ; malgré leur richesse relative, leur contribution au peuplement global de la réserve est plus faible que celle des digues, car ils sont moins étendus : en estimant à environ 100 m^2 la surface d’un récif de 100 m^3 , on a noté que les densités de poissons (en poids) varient de 90 à 212 g/m^2 , soit de 9 à 21 kg par récif 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 m^3 présentent des biomasses de l’ordre de $14,08 \text{ g/m}^3$, tandis qu’elles peuvent atteindre 300 g/m^3 pour des récifs plus petits “imitant assez bien les zones rocheuses”. On voit que les résultats obtenus, toutes proportions gardées, sont convergents.

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 zones de rassemblement au sein de zones dépeuplées : le peuplement observé est réparti (mais en groupes) sur l’ensemble des digues. Fait essentiel, leur faible profondeur les conduit aussi à jouer un rôle insoupçonné de nurseries. Le statut de réserve intégrale a donc un effet très positif sur l’abondance des espèces et l’accueil des jeunes individus.

Sars
et Castagnoles.



Bogues
en pleine eau.



L’extraordinaire effet de la réserve sur les populations de Poissons

La réserve est 10 fois plus riche en nombre d’individus que la zone hors réserve ; pour la biomasse, cette différence est de 100 fois ! Voilà des ordres de grandeur qui se passent de commentaire pour mettre en évidence l’effet réserve.

La présence du “Labrax” et d’infrastructures aquacoles

Les Chinchards et Bogues sont les seuls poissons abondants et uniquement autour de la cage d’élevage : or le Chinchard est absent des inventaires de la réserve et les grosses Bogues n’ont été signalées qu’en 2 occasions sur la digue du Sporting avec 1 et 4 individus en 1989-1990. On peut donc dire que la faune gravitant autour de la cage est complètement différente de celle de la réserve. Ce n’est pas étonnant, il s’agit de poissons pélagiques de pleine eau, même si la Bogue peut aussi être rencontrée près des côtes. Du fait de la profondeur du site (100 m), seuls ces poissons se déplacent en pleine eau, loin au-dessus de fonds aussi importants ; les espèces de la réserve sont des espèces inféodées au fond, même les Castagnoles qui se réfugient dans un abri la nuit. Les quelques Oblades que l’on a rencontrées (une seule fois) autour du mouillage du Labrax ont l’habitude de se déplacer alors en zone côtière, juste au-dessus de la surface.

Sars de diverses tailles
sur la digue du Sporting.



Saupes et Labres.



La quasi-absence de poissons autour du Labrax par rapport à la cage montre que la mer au large est vide en l'absence de rejets alimentaires ou de stimulation visuelle. L'effet d'ombrage ou de présence de substrat due à la coque est peu efficace par rapport à l'attraction due à la présence de poissons dans la cage : ils stimulent l'"appétit" et fournissent de grandes quantités de déchets alimentaires qui fixent ces populations de pélagiques.

Perspectives de conservation et d'aménagement

Dans l'avenir, la réserve de Monaco continuera de jouer le rôle d'un outil 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 au centre de la Principauté.

Les travaux sur les poissons pourraient être complétés par des études fines du comportement par exemple, mais aussi par l'expérimentation de nouvelles structures, telles des récifs en pleine eau ou des récifs spécialement conçus pour la protection du frai, ou des dispositifs de concentration de poissons (DCP). De tels DCP auraient sans doute intérêt à incorporer une cage centrale avec quelques poissons capables de se nourrir des salissures de la cage : ils joueraient le rôle d'attractant et multiplieraient des milliers de fois l'efficacité des DCP !

Dans un autre cadre, la comparaison de la richesse de la réserve littorale, de la pauvreté de la faune du "Labrax",

de l'abondance de celle de la cage est instructive pour des recherches comparatives futures ; on a là, réunis à peu de distance, des sites qui permettent à la fois l'accès à des eaux côtières sauvegardées de l'action de l'homme et aux eaux du large.

La Recherche doit aussi se préoccuper de répondre aux besoins de la Société, dominés par la demande d'emplois ; la mer littorale offre de nombreuses voies exploratoires.

Ainsi, la présence de moules et surtout d'huîtres plates *Ostrea edulis* (Bellon) sur les amarrages et les surfaces planes du "Labrax" et des bouées, ouvre peut-être la voie à l'affinage de coquillages de luxe, au large : on sait, en effet, que les huîtres sont consommées par l'équipage de ce bateau.

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. Il ne s'agit pas d'utopie lointaine : les grands programmes du type "Marinovation", qu'ont mis en oeuvre les Japonais pour la pêche professionnelle, sont déjà une réalité. A Agde, en Languedoc, 16 km² de fonds sont réservés à la pêche côtière par 200 récifs artificiels.

L'importance du tourisme et l'attrait pour la Méditerranée permettent une valorisation plus fructueuse encore d'aménagements de la mer adaptés à notre littoral : l'installation de cages ou de dispositifs de concentration de poissons hors réserve, non plus pour l'élevage direct mais pour attirer des poissons pour la pêche de loisir, révolutionnerait cette activité.

La réserve de Monaco est témoin que la pauvreté légendaire des eaux côtières de la Méditerranée n'est que le résultat de l'action de l'homme.

Références Bibliographiques

- BARNABÉ 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.
- BARNABÉ G., CHAUVET C., 1992 - Évaluation de la faune ichtyologique dans la réserve sous-marine de Monaco. Assoc. Monég. Prot. Nat., C.R. 1990-1991: 51-59.
- CHARBONNEL E., 1989 - Évaluation des peuplements ichtyologiques des récifs artificiels dans les Établissements de pêche des Alpes Maritimes, Rapport final. Cons. Gén. Alpes Maritimes, Dir. Aménag. Equip. Rural Environ. : 92 pp.
- FAGE L., 1958 - Croissance, Races, Migrations. In : Traité de Zoologie (P.P. Grassé), Masson et Cie Ed., Paris, 13, (3) : 1835-1849.
- HARME LIN-VIVIEN M.L., HARME LIN J.G., CHAUVET C., DUVAL C., GALZIN R., LEJEUNE P., BARNABÉ G., BLANC F., CHEVALIER R., DUCLERC J. et LASSERRE 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.

ETUDE DU RECRUTEMENT DES ECHINODERMES SUR LA COTE D'AZUR

par

Maria Luiza PEDROTTI ⁽¹⁾

Lucienne FENAUX ⁽²⁾

Introduction

Un oursin femelle produit à chaque ponte des millions d'oeufs qui fécondés deviendront des larves. Ces larves passent environ un mois 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 (*Fig. 1*). Cependant il y a un gâchis énorme de cette production car seulement 2 descendants parviendront au stade adulte. Les pertes pendant la phase larvaire sont dues à la mortalité naturelle, à la prédation et à la dispersion par les courants marins. Les pertes pendant la période du recrutement sont dues à la prédation par des organismes benthiques, à l'échec causé par une mauvaise fixation et aux changements topographiques du littoral qui peuvent détruire les sites propices aux nourrices.

Le renouvellement des populations de l'oursin comestible *Paracentrotus lividus* dans la Riviera française, est en diminution depuis quelques années. Plusieurs facteurs en sont responsables, notamment les pêches trop intensives et une maladie du test qui a décimé les populations dans de nombreuses régions, au cours de la décennie 1970. La diminution du nombre des géniteurs a entraîné une diminution du nombre de larves produites comme nous l'avons noté dans le suivi des pêches planctoniques effectuées à Villefranche depuis 30 ans (Fenaux, 1968 ; Pedrotti, 1990 ; Pedrotti, 1993). Ajoutons qu'il existe en outre des facteurs liés directement aux particularités de cette région : l'absence d'une plate-forme continentale limitant l'aire de distribution géographique des adultes à une bande côtière étroite, la présence du courant Ligure qui entraîne les larves d'oursins loin des côtes et des sites favorables au développement des jeunes (Pedrotti et Fenaux, 1992).

Les facteurs qui influencent le recrutement comme l'abondance de la nourriture (biomasse phytoplanctonique) au cours de la phase du développement larvaire, la qualité du relief susceptible de favoriser la métamorphose sont eux-mêmes influencés par les changements opérés par l'homme (construction de ports, diminution de la qualité des eaux marines avec les rejets par les rivières qui y déversent des produits de l'industrie, invasion d'une algue nouvelle pour la Méditerranée). D'autre part, le nombre d'oursins qui deviendront adultes dépend principalement des événements qui conditionnent la croissance des jeunes au cours de la première année de leur vie et de leurs possibilités d'échapper aux prédateurs.

Nous savons que de nombreuses espèces adoptent des stratégies leur permettant de survivre à de nouvelles conditions, mais nous connaissons encore mal ces adaptations. Dans le cas de l'oursin comestible *Paracentrotus lividus*, la compréhension que nous avons des différentes stratégies que l'oursin adulte et la larve peuvent adopter face à des changements dans le milieu vient en grande partie d'études faites en laboratoire. Une étude sur le terrain était absolument nécessaire pour comprendre les conditions régionales qui favoriseront ou ne favoriseront pas le recrutement. Cette étape étant la période la plus critique, c'est le succès de ce

(1) *Chargée de recherche.*

(2) *Directeur de recherche CNRS.*

Observatoire océanologique, Laboratoire d'Ecologie du Plancton Marin, UA 716, Station zoologique, B.P. 28, F. 06230 Villefranche-sur-Mer.

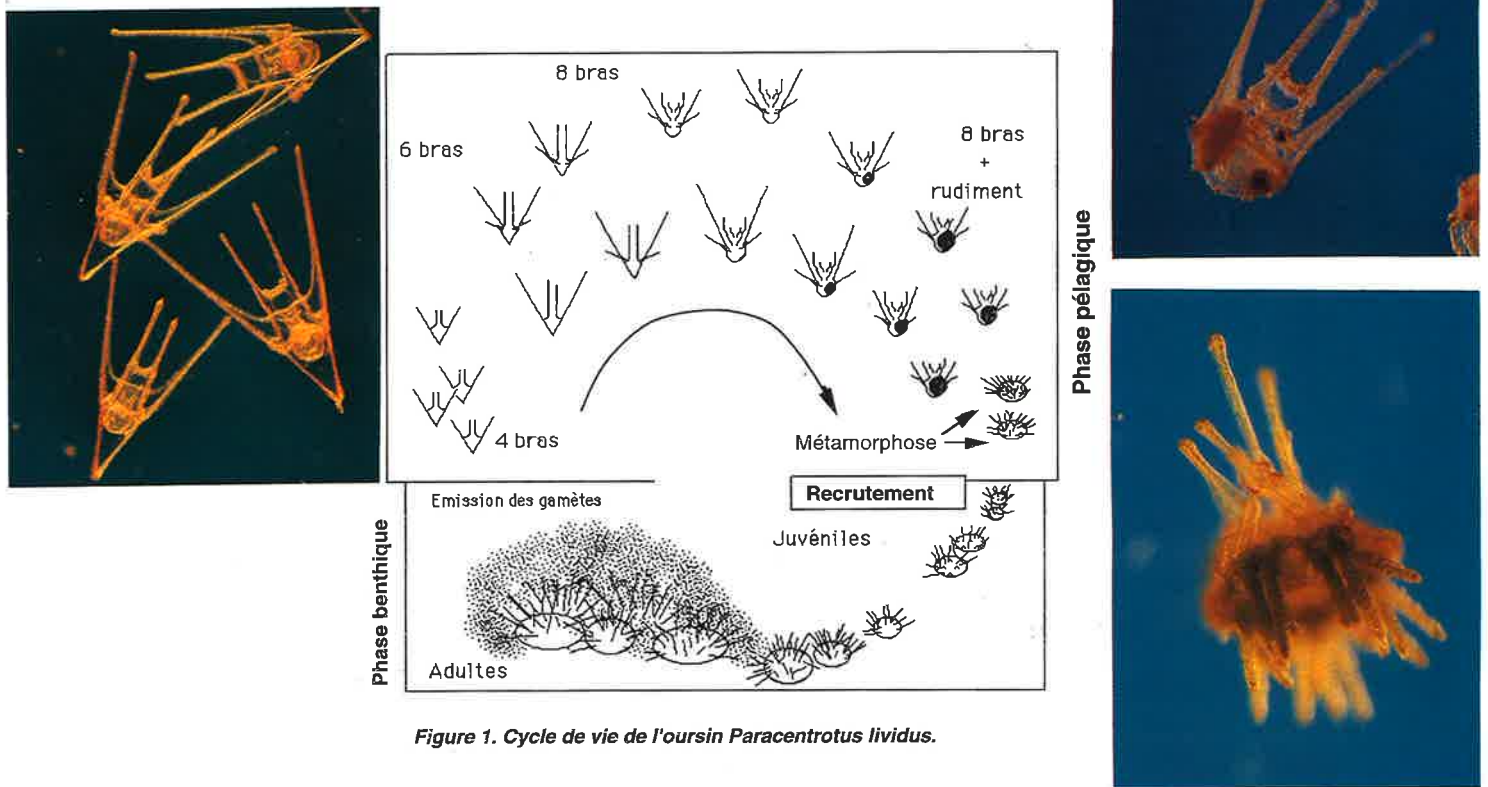


Figure 1. Cycle de vie de l'oursin *Paracentrotus lividus*.

recrutement qui est la base du maintien et du développement des populations d'oursins. Le problème soulevé à propos du recensement des populations de *P. lividus*, important pour les pêcheurs pour qui la vente de ces oursins en hiver constitue un complément appréciable de leurs revenus, a été abordé par Le Direac'h *et al.*, (1987) à Marseille. En dehors des travaux de recensements mensuels fait par Azzolina & Willsie (1987) pour l'île de Port Cros et Fenaux *et al.* (1987) pour la rade de Villefranche-sur-Mer, il existe peu de données sur des suivis écologiques des populations de jeunes oursins dans la région des Alpes Maritimes. Il nous a paru nécessaire de compléter cette recherche par une étude en amont en essayant de recenser le stock des jeunes oursins futurs progéniteurs.

Pour comprendre les phénomènes qui précèdent et ensuite favoriseront le recrutement des juvéniles plusieurs questions se posent :

- Dans les sites étudiés y a-t-il un flux de larves planctoniques qui entretient de façon synchrone le flux de jeunes oursins?
- Ces larves sont-elles produites par des populations locales d'oursins? Sont-elles retenues dans ces régions grâce à des mécanismes hydrodynamiques ?
- Les post-larves d'oursin pourront-elles trouver des zones adéquates (substrat, protection) pour se fixer là où la nourriture peut assurer le développement des jeunes (nous appelons ces zones des zones nourricières) ?

- Dans quelles conditions peuvent-elles assurer le renouvellement des populations d'oursins?

Le but donc de ce travail a été de suivre la période d'apparition des larves d'oursins dans le plancton et d'identifier des zones nourricières (présence de jeunes oursins de moins de 30 mm) dans notre région. Nous présentons ici les résultats obtenus en 1990 et en 1991 concernant les recherches effectuées dans la Réserve sous-marine de Monaco et sur les côtes de Cannes à Villefranche. Cette étude a été faite en collaboration avec l'Association Monégasque pour la Protection de la Nature, le Service de l'Environnement du Conseil Général des Alpes Maritimes et le Gis Posidonie (Marseille).

Techniques utilisées pour étudier le recrutement

L'étude a commencé par un suivi des larves planctoniques de *Paracentrotus lividus* dans la baie de Villefranche pendant les saisons d'abondance des larves. Des pêches planctoniques verticales ont été effectuées entre 30-0 m avec un filet WPPI de 200µm de vide de maille. A travers le suivi des cohortes larvaires, nous pouvons déterminer le moment où les larves (plutéus) sont prêtes à la métamorphose (compétence) et donc au recrutement sur le fond marin. La taille des oursins juste après la métamorphose étant de moins d'un millimètre, il est donc difficile de pouvoir les identifier par la plongée dans leur milieu naturel.

Pour parer à cet inconvénient nous avons développé des techniques appropriées pour la capture des naissains. Après avoir localisé des zones "nourricières", des séries de plaques de P.V.C. de dimensions 10 x 13 cm ont été déposées dans quelques-uns des sites reconnus. Ces "leurres" restent une à deux semaines en mer et sont après cette période recouverts d'un film bactérien et algal. Les larves trouvent sur ces plaques les mêmes stimuli d'induction à la métamorphose que ceux produits par le substrat, et s'y fixent (*Photo 2*). Lorsque la présence de larves proches de la métamorphose ou de post-larves a été observée dans les pêches planctoniques, (facteur qui indique le début du recrutement) des plongées ont été effectuées dans les sites, pour l'enlèvement des plaques. L'examen au microscope stéréoscopique de ces plaques ainsi que la collecte du sédiment et des cailloux proches des leurres, nous ont permis de faire une analyse complète du milieu qui les environne.

Pour dénombrer les jeunes oursins, l'unité d'échantillonnage choisie est un carré d'1m de côté. Sur les sites choisis, nous avons effectué à chaque sortie des dénombrements en discontinu à différentes profondeurs. Lors de l'échantillonnage avec le cadre, les dénombrements ainsi que les mesures du diamètre des oursins sont faits sur place (*Photo 3*). Le substrat (cailloux) et les animaux qui s'y trouvent sont examinés puis reposés à la même place. Cette technique permet d'avoir des mesures plus fiables que celles prises, directement en plongée, en séparant les oursins par classes de tailles. Elle évite aussi le transfert du matériel au laboratoire, technique qui introduirait des dommages importants pour les animaux et modifierait en partie l'écosystème. Avec les données sur la croissance des juvéniles en laboratoire nous avons essayé de définir des classes d'âges.

Photo 3
Dénombrements et mesures du diamètre des oursins faits sur place. Le substrat (cailloux) et les animaux qui s'y trouvent sont examinés sur le bateau puis reposés à la même place dans le site.



Photo 2
Plaques en P.V.C. accrochées à une grille en plastique installée à 8 m de profondeur avec la couverture algale permettant la fixation des oursins.



Résultats

Le dénombrement et la mesure de la taille des jeunes oursins, fixés sur les plaques et sur les pierres voisines au fond de la mer, nous ont permis de suivre le recrutement benthique et nous ont donné des renseignements sur l'âge des populations des précédents recrutements (*Photos 4 - A B*).

Printemps-Eté 1990

a) Détermination du début de la période de recrutement benthique

Les larves de l'oursin *Paracentrotus lividus* sont apparues dans la rade de Villefranche-sur-Mer vers le 15 mai (stade 4 bras). Les larves où le rudiment échinien est déjà formé (larves proches de la métamorphose) sont apparues début juin.



Photos 4

Les petits oursins vivent en essaims sur un terrain rocheux souvent dans les anfractuosités des cailloux.

A. Jeunes oursins prélevés sous les cailloux dans le premier site nourricier (obs : agrandissement 3 fois), les diamètres varient de 5 à 20 mm.

B. Oursins qui se trouvaient sur les pierres voisines et qui viennent s'installer sur les plaques.



b) Recrutement de jeunes oursins dans le site de l'aéroport de Nice

Les recherches commencées au printemps 1990 sur la fixation des jeunes oursins, nous ont permis de suivre, le début de la phase du recrutement benthique. Sur des plaques de P.V.C. mises en place près de l'aéroport de Nice, nous avons, en effet, observé au mois de juillet 1990, la présence de jeunes oursins 0,7 mm de diamètre. C'est la taille qu'ont les jeunes oursins lorsqu'ils se métamorphosent en laboratoire.

Automne 1990

a) Détermination du début de la période de recrutement benthique

Les pêches planctoniques dans la Rade de Villefranche ont été effectuées journalièrement du 16 octobre au 7 décembre 1990. De jeunes larves d'oursin au premier stade larvaire (4 bras) sont apparues dans la rade le 2 novembre, les larves compétentes à la métamorphose sont apparues le 6 décembre.

b) Recrutement de jeunes oursins dans la Réserve de Monaco et dans la baie de Villefranche

Le 26 novembre, 50 plaques ont été installées dans le secteur Est de la Réserve de Monaco à 6 m de profondeur et une grille de 1 m² avec 25 plaques au niveau du récif artificiel n° 5. Le 13 novembre les plaques ont été installées dans la rade de Villefranche-sur-Mer. Le 20 décembre, les plaques et des pierres ont été collectées dans la réserve ainsi qu'à Villefranche. Dans celles collectées dans la réserve, au niveau du récif artificiel nous n'avons pas observé la fixation des larves. En regardant à la loupe binoculaire, nous avons constaté que ces plaques n'avaient pas de couverture algale permettant la fixation des oursins ; cependant à l'Est de la réserve des jeunes recrues de *Paracentrotus lividus* mesurant entre 1,3 mm et 3 mm ont été collectés dans les anfractuosités des cailloux. Les plus petits oursins ont été probablement recrutés entre novembre et décembre. La prospection du site, situé au Nord de la rade de Villefranche, montre que les petits oursins sont rares. Les plaques posées au Nord de la rade de Villefranche sont recouvertes de posidonies mortes ; il n'y a pas une couverture algale comme dans les plaques mises dans le site proche de l'Aéroport, au printemps 1990. Probablement, les larves compétentes n'ont pas pu trouver un substrat adéquat dans le site au Nord de la Rade.

c) Dénombrement et mesure des oursins

Nous avons observé, en novembre et décembre, dans le secteur Est de la réserve de Monaco, de jeunes *Paracentrotus lividus* de 12 à 30 mm, sous les pierres aux environs de 7 m de profondeur. Ces oursins font partie probablement du recrutement effectué pendant le printemps et

l'automne 1989. Cette hypothèse est appuyée par les résultats de Cellario et Fenaux (1990) qui, dans des élevages de *P. lividus* au laboratoire, obtiennent des individus de 12 mm au bout de 10 mois. Le site choisi dans la rade de Villefranche-sur-Mer, proche du Sémaphore à 7 m de profondeur, est une dalle rocheuse constituée de cailloux assez gros, suivi par l'herbier de posidonies. Les petits oursins ont été trouvés sous les pierres, leur taille moyenne est de 14 et 16 mm. Les oursins de plus gros diamètre sont dehors sur l'herbier. Leur densité moyenne est de 6 à 10 ind./m², densité proche de celle observée par Fenaux *et al.*, (1987) pour une station de la côte Est de Villefranche (19 ind./m²).

Printemps-Eté 1991

a) Détermination du début de la période de recrutement benthique

Le plancton a été collecté depuis le 15 avril jusqu'à la fin de juillet, dans la rade de Villefranche-sur-Mer. Les larves de l'oursin comestible *Paracentrotus lividus* sont apparues dans le plancton, vers le 15 mai (stade 4 bras). Dans les pêches effectuées au printemps 1991, nous n'avons cependant pas suivi la succession des différents stades du développement larvaire. La durée de vie pélagique de *P. lividus* est comprise entre 15 jours et 1 mois ; il est toutefois possible que les larves avec le rudiment échinien soient apparues aussi en juin.

b) Recrutement de jeunes oursins dans la Réserve de Monaco et à Antibes

Le 29 avril 1991, d'autres plaques ont été mises en place dans le secteur Est de la réserve, à 6 m de profondeur. Ces plaques ont été collectées le 23 juin, le 10 juillet et le 27 août ainsi que des pierres. Dans tous les sites, elles avaient une couverture algale permettant la fixation des oursins. Le 27 août, nous avons observé des petits oursins *P. lividus* mesurant entre 0,9 et 9 mm ; les plus petits ont été recrutés au mois d'août, les autres font partie du recrutement de l'automne précédent. Dans les deux sites nourriciers situés à Antibes, sur les cailloux collectés le 7 août nous avons observé des *P. lividus* mesurant entre 3 et 5 mm. Il

est possible que ces oursins soient recrutés fin-hiver 1991. Dans des élevages de *Paracentrotus lividus* au laboratoire, des individus de 3 mm correspondraient selon Cellario et Fenaux (1990) à 140 jours d'élevage. Selon Azzolina (1988) le taux de croissance des oursins sur le terrain est supérieur à celui de ceux élevés au laboratoire. En effet, Fenaux *et al.* (1987) a observé une croissance moyenne de 1 mm par mois, sur des oursins venant du milieu marin, et élevés pendant 6 mois au laboratoire. Ces auteurs ont aussi observé, que le taux de croissance maximal (2,4% jour) des oursins correspond à des tailles de moins de 2 mm et s'effectue sur des oursins de moins de 100 jours.

c) Dénombrement et mesure des oursins à Antibes et à Cannes

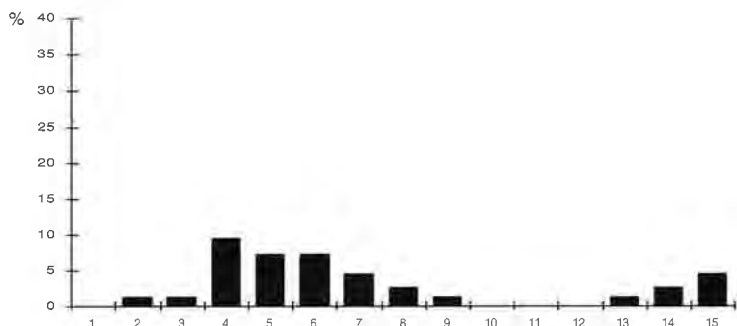
Les résultats du dénombrement et la mesure des oursins nous indiquent que le recrutement a eu probablement lieu au cours des deux années précédentes. Les diamètres minimum, maximum et moyen ainsi que l'abondance moyenne des oursins sont indiqués dans le tableau 1 pour les deux sites à Antibes et celui situé à l'île de la Tradelière (S3). Le diamètre moyen des oursins est de 20 mm, l'âge moyen des oursins peut être estimé entre 18 et 24 mois d'après les données d'Azzolina (1988) et Fenaux *et al.*, (1987). Des histogrammes de fréquences ont été établis lors de chaque sortie dans les deux sites à Antibes. 15 classes de tailles entre 0,5 et 45 mm de diamètre à 3 mm d'intervalle ont été définies. La classe de taille 7 (19-21 mm) a l'effectif le plus riche (**Fig. 5**). Il existe au mois d'août un changement de la structure des classes de taille. L'apparition d'individus dans la classe 1 (0,5-3 mm), marque vraisemblablement la présence d'un faible recrutement au début de l'été (juvéniles âgés d'environ 2 mois). Les individus de la classe 2 (4-6 mm), sont âgés probablement de 8 mois et auraient été recrutés l'automne précédent. Ces hypothèses sur l'âge des jeunes *P. lividus* sont fondées sur le modèle de croissance fait par Cellario et Fenaux (1990) qui donne des diamètres entre 10,55 mm et 15,60 mm pour des oursins de 1 an. Les oursins de plus grande taille font probablement partie des recrutements du printemps 1989 et de l'automne 1988.

Tableau 1
Diamètres (minimum et maximum),
effectif et moyenne
et écart type du diamètre des
Paracentrotus lividus
observés dans différents sites
des Alpes Maritimes
S1 : Pointe Belay
S2 : Pointe des Pendus
S3 : Ile de la Tradelière

Dates		Diamètre (mm) minimum	Diamètre (mm) maximum	Effectifs m ²	Moyenne (N) ± écart type
4.7.91	S3	10,5	38,2	5,5	23,30 ± 7,2 (22)
11.7.91	S1	5	45,5	19,5	20,22 ± 11,4 (39)
31.7.91	S1	5	47	21,6	22,14 ± 8,4 (62)
31.7.91	S2	6	41	59,5	20,23 ± 6,4 (110)
7.8.91	S1	4	45	22,5	24,0 ± 13,9 (55)
7.8.91	S2	3	43	33,2	21,5 ± 8,8 (67)
31.10.91	S1	6	43	36,5	23,48 ± 9,6 (61)
31.10.91	S2	11	41	30,5	22,3 ± 6,3 (107)
21.11.91	S1	12	43	58,8	20,94 ± 6,7 (117)
21.11.91	S2	14	45	36,5	23,55 ± 7,53 (73)

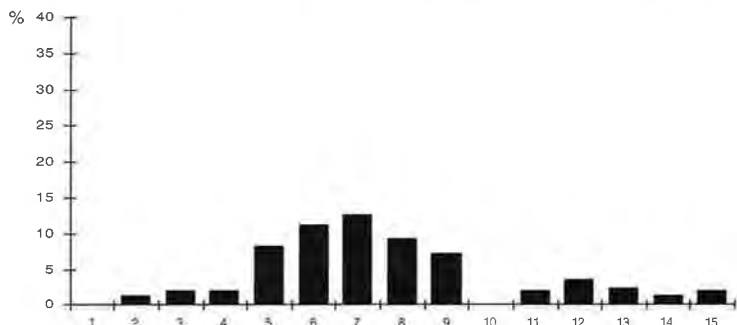
Pointe Belay - Site 1

11 Juillet 1991

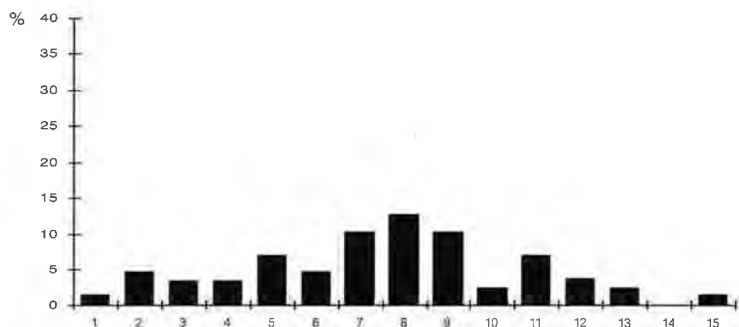
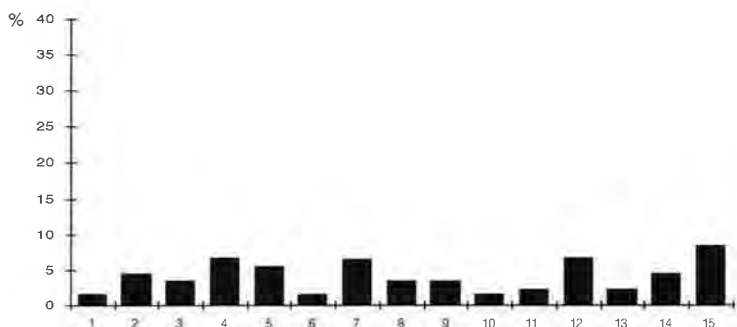


Pointe de Pendus - Site 2

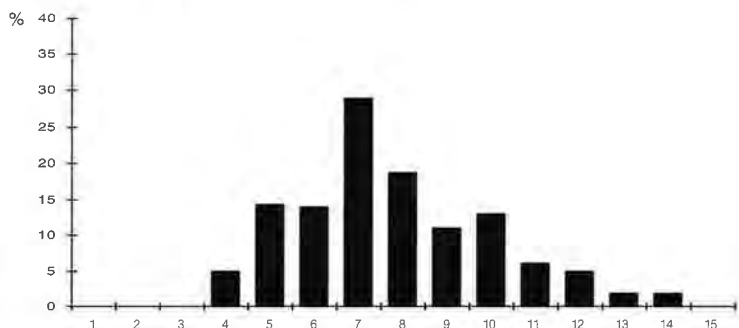
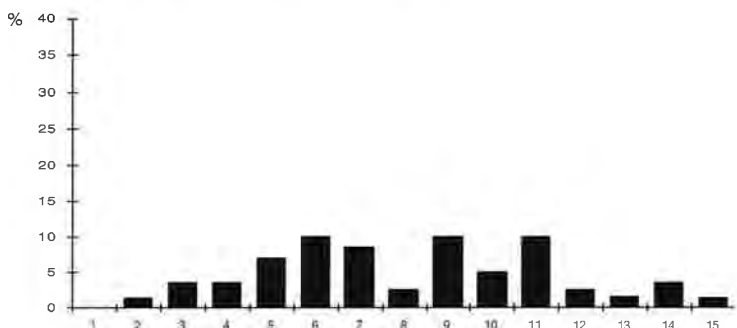
31 Juillet 1991



7 Août 1991



31 Octobre 1991



21 Novembre 1991

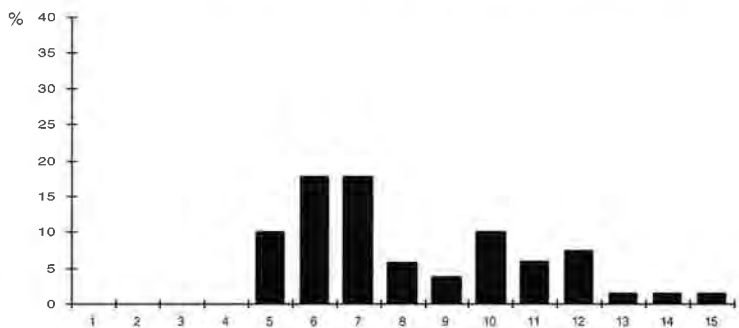


Figure 5. Histogrammes de classes de tailles de *Parocentrotus lividus* récoltés du 11 juillet au 21 novembre 1991 dans les deux sites nourriciers. Les classes de taille en mm : 1 (0,5-3), 2 (4-6), 3 (7-9), 4 (10-12), 5 (13-15), 6 (16-18), 7 (19-21) 8 (22-24), 9 (25-27), 10 (28-30), 11 (31-33), 12 (34-36), 13 (37-39), 14 (40-42), 15 (43-45)-.

Discussion

Nos résultats ont montré que le recrutement benthique correspond avec la présence de larves compétentes dans le plancton. En effet, nous avons pu suivre au cours de plongées, la fixation des jeunes oursins de moins d'un millimètre de diamètre (taille qu'ont les jeunes oursins lorsqu'ils se métamorphosent en laboratoire) sur les plaques en P.V.C. L'utilisation des plaques pour étudier le recrutement *in situ* s'est avérée donc positive. En effet, les larves se fixent sur les plaques, grâce à la couverture algale qui s'y forme. Il existe peu d'équipes dans le monde qui étudient le recrutement des oursins, (citons les japonais et une équipe irlandaise installée à Carna) elles le font le plus souvent dans un but commercial. Des techniques similaires à celles que nous avons mises au point lors de cette étude, sont utilisées pour la collecte naturelle de naissains dans les fermes marines.

Nous avons observé que les variations de recrutement dépendent :

– de la configuration des sites. Les jeunes oursins ont une préférence pour un substrat constitué de petites roches et de cailloux avec des anfractuosités. Ainsi, le côté Est de la Réserve de Monaco et la digue de l'aéroport qui ont cette structure se sont révélés être des sites riches en jeunes oursins. Par contre, dans le site au Nord de la rade de Villefranche constitué d'une prairie de posidonies ensablée les jeunes oursins sont rares. Il n'y a pas eu de recrutement au cours des deux dernières années.

– de la qualité de la couverture algale qui libère les stimuli induisant le déclenchement de la métamorphose et fournit la

nourriture nécessaire à la croissance des juvéniles. Les plaques collectées au printemps, à l'aéroport et dans la réserve, avaient une bonne couverture algale ce qui n'était pas le cas de celles du fond de la rade de Villefranche.

– de l'exposition du site. Nous avons observé que les jeunes oursins se fixent dans des sites très exposés (beaucoup de circulation d'eau) et à une profondeur n'excédant pas les 8-10 m.

– de la saison et de l'état de la mer. Le recrutement du printemps est plus favorable que celui d'automne. Les fortes tempêtes qui ont eu lieu pendant l'automne 1990, ont arraché la plupart des plaques posées à l'Est de la réserve et par là même ont rendu difficile la fixation des juvéniles sur le fond.

Conclusion

L'objectif premier de ce travail a été d'identifier les zones nourricières potentielles et de déterminer les facteurs susceptibles d'influer sur le recrutement et sur la croissance des oursins. Nous connaissons maintenant mieux les facteurs susceptibles d'intervenir sur le recrutement des oursins en milieu naturel. L'identification des zones nourricières ainsi que la mise au point des techniques pour suivre le recrutement nous ont permis d'observer le recrutement *in situ* dans la Riviera. Seule l'exploitation et l'aménagement rationnels de nos ressources marines et de nos côtes peuvent assurer la croissance et le renouvellement des populations adultes d'oursins dans la région.

Références bibliographiques

- Azzolina, J-F. (1988).** Contribution à l'étude de la dynamique des populations de l'oursin comestible *Paracentrotus lividus* (Lmk). Thèse de Doct., Univ. Aix-Marseille II, 192 p.
- Azzolina, J-F. & A. Willsie (1987).** Abondance des juvéniles de *Paracentrotus lividus* au sein de l'herbier à *Posidonia oceanica*. Colloque international sur *Paracentrotus lividus* et les oursins comestibles. C.F. Boudouresque (edit.), Gis Posidonie, Marseille, France: 159-167.
- Cellario, C. & L. Fenaux (1990).** *Paracentrotus lividus* (Lamarck) in culture (larval and benthic phases) : Parameters of growth observed during two years following metamorphosis. *Aquaculture*, 84 : 173-188.
- Fenaux, L. (1968).** Aspects écologiques de la reproduction des *Echinides* et des *Ophuriides* de Villefranche-sur-Mer. Thèse doctorat d'état ès sciences naturelles. Université de P. et M. Curie, 194 p.
- Fenaux, L., M. Etienne & G. Quelart (1987).** Suivi écologique d'un peuplement de *Paracentrotus lividus* (Lamarck) dans la baie de Villefranche-Sur-Mer, France. Colloque international sur *Paracentrotus lividus* et les oursins comestibles. C.F. Boudouresque (edit.), Gis Posidonie, Marseille, France: 187-197.
- Le Direac'h, J. F., E. Charbonnel & M. Marchadour (1987).** Le problème de l'évaluation des stocks chez *Paracentrotus lividus* (Lamarck) : exemple d'une campagne de dénombrement autour de l'archipel du Frioul (Marseille, France). Colloque international sur *Paracentrotus lividus* et les oursins comestibles. C.F. Boudouresque (edit.), Gis Posidonie, Marseille, France: 199-220.
- Pedrotti, M. L. (1993).** Spatial and temporal patterns in the distribution of echinoderm larvae in the Ligurian sea and recruitment. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 73: 513-530.
- Pedrotti, M. L., (1990).** Etude des processus biologiques et facteurs physiques responsables de la dispersion et du recrutement des larves méroplanctoniques. Modèle : les larves d'Echinodermes. Thèse de doctorat de l'Université Pierre et Marie Curie en Sciences de la Vie, Paris, 179 p.
- Pedrotti, M. L. & L. Fenaux (1992).** Dispersal of echinoderm larvae in a geographic area marked by an upwelling (Ligurian Sea, NW Mediterranean). *Marine Ecology Progress Series*, 86 : 117-127.



Photo JEAN-MICHEL MILLE

LES RÉCIFS ARTIFICIELS

par

Denis ALLEMAND ⁽¹⁾ et *Eugène DEBERNARDI* ⁽¹⁾

Pourquoi des récifs pour les poissons ?

La construction de récifs artificiels consiste en la mise en place, généralement sur le fond de la mer, mais également en pleine eau (récif flottant), de matériaux divers destinés à constituer des supports ou des abris pour le développement des organismes invertébrés ou vertébrés. La fonction primordiale d'un récif artificiel est d'augmenter la production biologique par la mise à disposition de nouvelles surfaces spécialement étudiées pour être rapidement colonisées. Initialement empirique, l'architecture des nouveaux récifs tente d'être spécifique pour une catégorie d'espèce donnée et dans un but précis. Ainsi, l'immersion de récifs peut correspondre à plusieurs objectifs : accroissement de la productivité de la pêche industrielle (Japon par exemple), développement de la pêche de loisir (États-Unis), protection d'une espèce rare ou menacée.

L'idée de créer des substrats artificiels immergés afin d'augmenter la productivité d'une zone donnée est apparue au Japon au XVII^{ème} siècle dans le but d'améliorer la pêche côtière. Le concept de "Récif artificiel" était né. Depuis, les japonais sont restés maîtres en ce domaine : dès les années 1930, les récifs artificiels sont déclarés d'utilité publique et les premiers récifs en béton spécialement conçus pour attirer les poissons sont immergés. A partir de 1962, des plans nationaux de grande envergure, d'étude et d'immersion de récifs artificiels sont mis en place. A la fin des années 1960, plus de 2.240.000 m³ de récifs étaient ainsi immergés dans près de 4000 localités côtières.

L'utilisation de récifs artificiels ne s'est développée dans les autres pays (principalement les États-Unis et Taïwan) qu'à partir des années 1970. C'est également le cas de la France où l'immersion des premiers récifs, constitués de déchets récupérés (pneus, carcasses de voitures...) a été réalisée à la fin des années 1960 à Palavas-les-flots. Dans les Alpes-Maritimes, environ 15000 m³ de récifs ont été immergés entre 1980 et 1989 dans les trois réserves que compte le département (Golfe-Juan, Beaulieu, Roquebrune Cap-Martin). La Principauté de Monaco apparaît ainsi comme pionnier en ce domaine puisque les premiers récifs spécialement conçus dans le but d'être immergés l'ont été dès 1977.

Présentation des récifs artificiels immergés dans la réserve

De 1977 à 1992, 31 structures ont été immergées dans la réserve sous-marine de Monaco au Larvotto. 30 de ces structures avaient été spécifiquement élaborées pour servir d'habitat à la faune marine. Ces différents récifs peuvent être classés suivant cinq modèles différents dont la conception a évolué avec notre expérience.

Premières tentatives

Dans une première phase, en juin 1977, 300 tonnes de rochers naturels ont servi à créer trois récifs, immergés par chalands sur les sites choisis. La profondeur (- 25 m) et la dispersion des éléments qui en est résultée n'ont pas permis d'obtenir les résultats souhaités. Ils ont cependant été colonisés par des bancs de sars.

Récifs en hourdis alvéolaires

Suite à cette première expérience, nous avons utilisé des hourdis alvéolaires en béton, matériaux employés habituellement pour la construction des planchers d'immeubles. Ceux-ci sont plus faciles à transporter et présentent l'avantage de pouvoir être structurés à terre. Ils peuvent ainsi être cimentés entre eux pour constituer des ouvrages en élévation et faciliter la fixation des organismes benthiques. De plus, chaque hourdis présente trois cavités de 20 x 15 x 13 cm, qui constitueront autant d'abris pour les poissons et invertébrés qui coloniseront ces récifs. Ils ont un poids unitaire de 20 kg pour une dimension de 50 x 20 x 16 cm.

Par commodité (structures à formes répétitives, transport sur le site, mise en place au point choisi) la construction sur dalle en béton armé a été adoptée. Ces récifs sont donc structurés à terre sur une dalle de béton dont chaque angle a reçu un anneau en acier Thor de 20 cm de diamètre pour les opérations de levage. Les récifs une fois structurés ont été transportés sur le site par un chaland équipé d'une

(1) AMPN.

grue. Des moyens hélicoptérés ont été également utilisés. Ainsi, 16 récifs alvéolaires d'un poids unitaire de 500 kg (type C) ont été immergés sur le site choisi grâce à un hélicoptère en 1h15. Les récifs ont été placés à quelques mètres de distance les uns des autres à une profondeur de 25 m. Le décrochage de chaque récif était commandé par un plongeur guidé par radio. La rapidité d'exécution et le coût relativement peu élevé, étant donné la proximité du lieu d'immersion d'un hélicoptère - moins de 2 km - donne à cette solution un intérêt tout particulier.

Caractéristiques des récifs

Trois types principaux ont été imaginés. Leurs caractéristiques sont rappelées dans le tableau 1.

a) TYPE "A" (Photo 2)

Ce type de récif a été le premier conçu. Ce récif est constitué de 200 hourdis cimentés sans ordre particulier sur dalle. Chaque hourdis présentant en coupe longitudinale trois cavités, ce sont donc 600 cavités qui ont ainsi été constituées en forme de tronc de pyramide ayant une hauteur moyenne de 1,50 à 2 m, pour un poids unitaire de 7 tonnes.

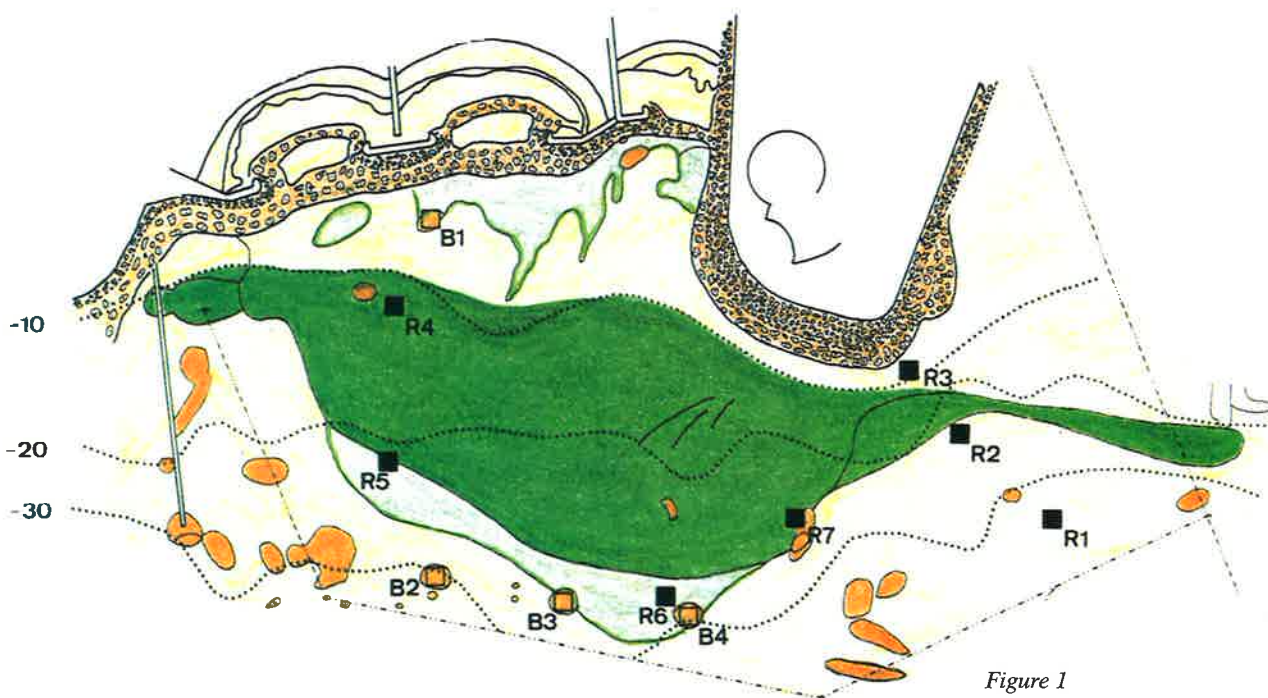
Deux récifs de type "A" ont été immergés en juin 1979, l'un à - 8 m en bordure de l'herbier de Posidonies et l'autre à - 30 m sur fond de sable. Leur relative légèreté est

un avantage sur les fonds mous en limitant l'enfoncement. Le recouvrement algal de ces récifs a été rapidement très satisfaisant ; quelques mois après leur immersion, ils disparaissaient sous une épaisse couche d'algues et d'invertébrés. Les alvéoles des hourdis ont été rapidement occupées par des poissons et langoustes. Des pontes de calmar ont également été observées.

b) TYPE "B"

Afin d'améliorer la colonisation des récifs, un deuxième modèle a été imaginé. Les récifs du type "B" ont été construits suivant une forme géométrique octogonale. Cette forme permet un meilleur éclairage naturel tout en ménageant une zone d'ombre relative dans le puits central de section 1 m² créé à l'intérieur du système. Ce récif peut ainsi être comparé à une tour évidée dont l'épaisseur des parois est d'environ 0,40 à 0,60 m.

La rangée supérieure des hourdis a reçu quatre tiges d'acier de 30 mm (hauteur : 0,80 m) pour supporter des hourdis percés de part en part afin de pouvoir être retirés pour examen de leur colonisation en laboratoire, ce qui était impossible avec les récifs de type "A". Les scientifiques de l'Université de Gênes (Italie) ont ainsi pu effectuer pendant 12 ans des recherches sur l'évolution de la colonisation de ces récifs par les invertébrés (voir l'article de Panzini et Ballerini dans cet ouvrage). Huit récifs de ce type ont été immergés en septembre 1983.



RESERVE MARINE DE MONACO
Topographie de la réserve

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

Figure 1
Localisation
des récifs artificiels immergés
dans la réserve
sous-marine de Monaco.



Photo 2
Récif de type "A".

Photo JEAN-MICHEL MILLE



Photo 3
Récif de type pyramidal.

Photo JEAN-MICHEL MILLE



Photo 4
Récif Thalameé (d'après Société A3E).

Photo JEAN-MICHEL MILLE

c) TYPE " C "

Le type "B" présente de nombreux avantages par rapport à la colonisation mais son poids élevé le rend peu maniable. Un troisième type de récif, plus léger mais présentant des caractéristiques similaires au type " B ", a donc été imaginé. Ainsi, les récifs du type " C " ont un poids unitaire de 0,5 tonne. Les hourdis sont disposés sur la dalle sur quatre niveaux, soit une hauteur moyenne de 0,80 m avec un puits central de 0,50 x 0,50 m. Seize récifs de ce type ont été immergés en septembre 1980.

Autres structures immergées

Trois autres types de récifs artificiels ont été immergés dans la réserve de Monaco.

– En décembre 1986, un récif pyramidal (*Photo 3*) formé par l'empilement de 38 caissons alvéolaires en béton armé a été assemblé à 28 m de profondeur sur sable. Les caissons constituant ce récif ont la forme d'un parallélépipède rectangle ouvert à l'une de ses extrémités. Ce sont en quelque sorte des tubes de béton armé de 2 mètres de hauteur et de section (1 m x 0,80 m). Ils ont été posés à même le sédiment (sable graveleux) et empilés les uns sur les autres en ménageant un espace libre de 1 m (entre chaque caisson sur la longueur) et 0,80 m entre chaque élément, de telle manière que soit réalisé un labyrinthe offert à la faune. Celle-ci dispose également des cavités constituées par chaque caisson (volume environ 1,60 m³). Ce récif a les dimensions totales suivantes : longueur : 14 m, largeur : 10 m, hauteur : 3 m. De par sa taille importante, ce type de récif est particulièrement attractif pour la faune ichthyologique. Il a été immédiatement colonisé par des labres (*Labrus turdus*), oblades (*Oblada melanura*), rougets (*Mullus barbatus*), saupes (*Boops salpa*), murènes (*Murena helena*).

– En août 1989, trois récifs abris artificiels, dit "Thalamé", (*Photo 4*) brevetés par la société niçoise "Assainissement Entretien Environnement Écologie" (A3E) ont été immergés en bordure de l'herbier de Posidonie à - 20 m. Ce type de récif en forme de carapace de tortue avec trois entrées au ras du sol est destiné à créer des abris pour les poissons littoraux. Les plongées de contrôle ont permis de constater la présence de sparidés tant à l'intérieur qu'à l'extérieur de ces récifs. Les récifs immergés dans la réserve sous-marine de Monaco ont été spécialement conçus dans le but de servir d'habitat pour la faune marine. Cependant, des structures déjà manufacturées peuvent également servir de récifs artificiels. En juin 1989, un plaisancier nous offrait son bateau en teck pour être immergé dans la Réserve. Tout plongeur est d'accord pour affirmer la richesse faunistique d'une telle épave. Nous avons donc saisi l'opportunité de ce don pour l'utiliser en tant que récif artificiel. Avant son immersion, ce bateau, d'une longueur de 12 m, de 4 m de large pour une



Photo JEAN-MICHEL MILLE

Récif alvéolaire.

hauteur sur quille de 3,50 m, soit un volume d'environ 100 m³, a subi un nettoyage méticuleux qui a consisté à démonter le propulseur, à supprimer les vitres et toutes les pièces métalliques, et à le nettoyer de ses fluides (huiles et graisses). Il repose actuellement par - 20 mètres sur un fond de sable où il constitue un récif exceptionnel rapidement colonisé.

Tableau 1. Caractéristiques physiques des trois types de récifs artificiels immergés dans la réserve sous-marine de Monaco (d'après Allemand *et al.*, 1995).

Type du Récif	A	B	C
Dimensions de la dalle (mètres)	3 x 2,5 x 0,15	3 x 2,5 x 0,15	1 x 1 x 0,1
Nombre de hourdis alvéolaires sur la dalle	200	environ 400 environ 600	24
Hauteur sur dalle (mètres)	1,5-2,0	2,0 3,0	environ 0,8
Poids unitaire (tonnes)	7	10 12	0,5
Nombre de récifs immergés	2	3 5	16
Profondeur d'immersion (mètres)	8,30	14-22-34 32	25

LA COLONISATION DES RÉCIFS ARTIFICIELS

par

Andrea BALDUZZI ⁽¹⁾ et *Roberto PRONZATO* ⁽¹⁾

Les récifs artificiels : un moyen pour l'accroissement et la conservation de la biodiversité marine.

“Pourquoi construire des récifs artificiels marins ?”. Meier (1989) répond simplement “they work”. En effet la réalisation de récifs artificiels marins peut représenter, sous certaines conditions, un moyen technologique pour convertir un surplus de matière organique en biomasse utile (Riggio et Provenzano, 1982). Même si les critères biologiques objectifs et quantifiables pour l'évaluation de l'efficacité des récifs artificiels restent encore controversés (Doumenge, sous presse), l'intérêt économique et scientifique de ce secteur est démontré par les nombreux récifs artificiels immergés en Méditerranée (Bombace, 1989).

Les récifs artificiels peuvent théoriquement accroître la productivité biologique soit en milieu eutrophique que, dans certaines conditions, en milieu oligotrophique (c'est-à-dire non seulement en présence d'un surplus de nutriments) en produisant plusieurs effets, que l'on peut ainsi synthétiser :

1. *Effets halieutiques* : protection des phases d'accroissement de nombreuses espèces persistantes et attraction et concentration d'espèces pélagiques (poissons et autres organismes de haute mer) et nectobenthiques (poissons et autres organismes liés au fond de la mer).

2. *Effets biologiques* : diminution de la mortalité naturelle et augmentation de la production à différents niveaux des réseaux trophiques.

3. *Effets écologiques* : diversification de nouveaux habitats, instauration de nouveaux réseaux alimentaires, augmentation de la diversité biologique et de la richesse spécifique.

Ces effets sont dus, dans les récifs artificiels, à l'introduction de substrats durs, qui peuvent supporter l'implantation d'une flore et d'une faune benthiques généralement plus abondantes et plus variées que sur les fonds de sable ou de vase. La structure irrégulière et variée de ces substrats, crée différents microhabitats, cavités, refuges où de nombreuses espèces peuvent trouver abri dans des conditions optimales de vie, et par l'obstacle mécanique que ces structures opposent au chalutage sauvage des fonds côtiers.

Photo 1
Les piles d'hourdis
enlevables sur
le récif à 30 m de profondeur.



(1) Istituto di Zoologia dell'Università di Genova

Les récifs artificiels comme moyen d'étude

Les récifs artificiels sont aussi très utiles pour la recherche. Leur simplicité structurale et la précision avec laquelle on peut définir la durée des différentes phases de la succession biologique en font un modèle presque idéal pour l'étude de la colonisation des substrats durs à la mer, en permettant de surmonter la complexité et l'incertitude liées aux études sur les substrats naturels. Les premières observations expérimentales sur les successions biologiques dans la colonisation des substrats durs immergés ont été faites par Wilson (1925) à La Jolla en Californie. Huvé (1953) utilisa des blocs de calcaire dans ses études devenues classiques dans le domaine benthique côtier de la Méditerranée.

Pour la construction et la mise en œuvre d'un récif artificiel on doit faire grande attention à la structure architecturale et à l'emplacement (profondeur d'immersion et distance des substrats durs naturels) des éléments qui le composent. La présence d'anfractuosités et de rugosités influence directement le nombre d'espèces présentes (Barnes, 1955), tandis que la profondeur et l'éloignement des autres substrats durs peuvent diminuer la probabilité que les larves d'organismes benthiques "rencontrent" ces récifs isolés (Pansini et Pronzato, 1981), ceci étant à rapprocher avec les théories sur l'insularité de McArthur et Wilson (1968).

La colonisation des structures artificielles immergées dans la Réserve marine de Monaco

L'immersion de récifs artificiels dans la Réserve de Monaco, en plus de l'intérêt pratique pour accroître les ressources marines, a offert l'opportunité d'une étude de leur colonisation par la faune benthique.

Les observations générales de l'évolution des communautés benthiques sur les différentes structures, effectuées soit par prises de vue directement en plongée soit par l'étude des relevés photographiques, ont fait l'objet de différentes publications (Balduzzi *et al.*, 1982, 1985, 1986 ; Boero, 1982 ; Cattaneo, 1982 ; Pansini, 1982).

Ces travaux ont montré que la colonisation des récifs, après une première période de préparation du substrat par de nombreux micro-organismes, a présenté une phase de dominance par les hydraires, qui s'établissent très rapidement sur les substrats vierges, surtout dans les zones plus abritées de la sédimentation. De nombreuses espèces d'hydraires tendent à diminuer quand la compétition devient plus forte, tandis que d'autres, qui s'installent de préférence sur d'autres organismes qu'elles utilisent comme substrat, caractérisent les communautés plus complexes après plusieurs années d'immersion.

Les bryozoaires montrent eux aussi une bonne capacité à coloniser ces structures dans la première période d'im-

mersion. Mais, au fur et à mesure que la complexité de la communauté s'accroît, on peut observer un changement qualitatif des espèces présentes, en passant d'une absolue prévalence d'espèces encroûtantes à une plus grande importance des espèces érigées, qui indiquent que la compétition pour le substrat est devenue un facteur déterminant.

Les éponges ont généralement besoin d'une période de temps plus longue pour s'installer sur les substrats. Les premières rencontrées sont les éponges calcaires, suivies par les démosponges caractérisées par une forme encroûtante et une croissance horizontale. La croissance en hauteur des éponges a besoin de plus de temps et de la présence d'une communauté bien structurée. La fixation des larves d'éponges, comme celles d'autres organismes benthiques, est fortement favorisée par la rugosité des surfaces des hourdis qui composent les récifs. Ce matériau est par contre incapable de supporter l'établissement des espèces perforantes qui exigent un substrat calcaire.

Les mollusques gastéropodes, et en particulier les opisthobranches, se placent au sommet de certaines chaînes trophiques, en montrant un étroit rapport de prédation avec de nombreuses espèces du benthos sessile (éponges, hydraires, bryozoaires et tuniciers) ; leur présence témoigne d'un bon degré de maturation et de stabilité de la communauté benthique. Sur les récifs artificiels de la réserve on a trouvé environ la moitié des espèces caractérisant les fonds durs naturels voisins. L'évolution des communautés sur les structures artificielles n'est pas encore achevée, mais celles-ci sont déjà assez stables pour soutenir l'action des prédateurs dans la chaîne alimentaire.

Etude des successions biologiques sur les hourdis enlevables

On peut sur des structures conçues pour permettre l'enlèvement périodique d'éléments amovibles disposer de données plus précises.

Au sommet de chacune de trois structures alvéolaires immergées en 1981 à 12, 20 et 30 m de profondeur avaient été fixées des tiges métalliques destinées à soutenir des piles d'hourdis percés, superposés en croix pour offrir le maximum de surface à la colonisation. Un hourdi, à chaque profondeur, a été prélevé chaque année après trois ans d'immersion. Pour chaque hourdi on a étudié la composition spécifique et l'abondance du benthos sur les quatre surfaces horizontales (supérieure externe, supérieure interne, inférieure interne et inférieure externe) et associées entre elles en faces photophiles (orientées vers le haut : supérieure externe et inférieure interne) et en faces sciaphiles (orientées vers le bas : supérieure interne et inférieure externe) (*Fig. 1*) (Olivieri, 1987-88 ; Ballerini, 1988-89).

Sur les faces photophiles on a pu dénombrer 56 espèces d'invertébrés (éponges, cnidaires, bryozoaires,

Photo 2
Colonisation algale
sur le récif
à 12 m de profondeur.



mollusques, annélides polychètes, crustacés et tuniciers), ainsi que 38 espèces d'algues, et après un an d'immersion on observe un nombre d'espèces animales comparable sur les hourdis enlevés des trois structures immergées (13 espèces à -20 m, 15 à -12 et à -30 m). Ce nombre s'accroît très lentement sur la structure à -12 m, en passant respectivement à 17 puis à 19 après deux et trois ans. Les hourdis provenant des deux autres structures donnent au contraire des nombres très différents après deux années d'immersion (22 espèces à -20 m et seulement 7 à -30 m), tandis qu'après trois ans on y trouve à nouveau des valeurs peu supérieures à celles de la première année (17 espèces dans les deux cas). L'explication de ces oscillations n'est pas facile ; seulement on peut mettre en comparaison le faible nombre d'espèces à -30 m après deux ans avec un fort recouvrement algal sur la face supérieure externe et un important dépôt sablo-vaseux sur la face inférieure interne.

Les faces sciaphiles des hourdis montrent une plus grande richesse spécifique en espèces animales par rapport aux faces photophiles, tandis que la composante végétale est naturellement bien plus réduite. On peut en effet compter 88 espèces d'invertébrés, appartenant aux éponges, cnidaires, bryozoaires, mollusques, annélides polychètes, crustacés, échinodermes et tuniciers. En particulier à -12 m on

Photo 4
Une communauté bien structurée est observable
sur les récifs à -30 m après quelques années
(dans la photo: algues rouges, hydraïres,
éponges, tuniciers et polychètes).

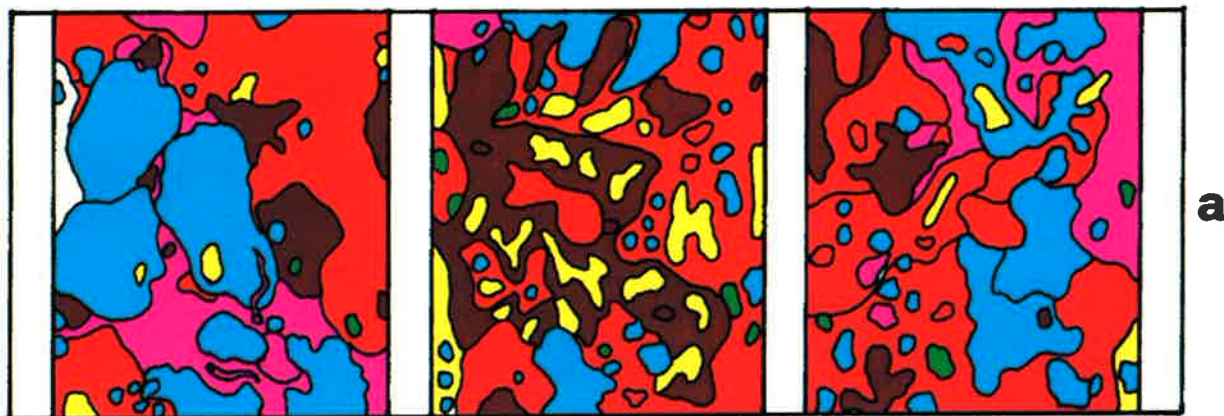


Photo 3
Sur les récifs
immergés à 30 m
de profondeur un
des premiers
faciès à
s'installer est
dominé par le
polychète
Filograna sp.

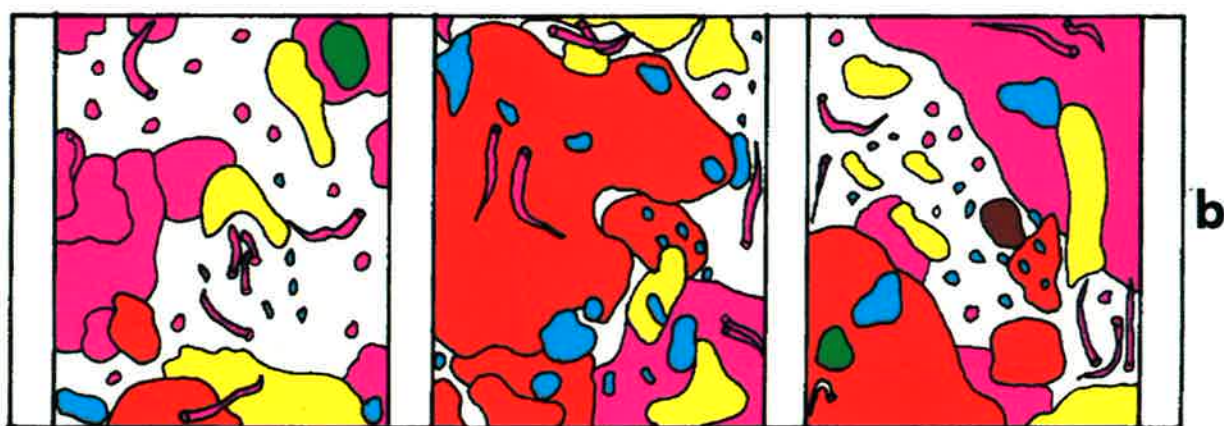


Fig. 1
 Exemples de distribution du benthos animal sur les faces intérieures de deux hourdis enlevés après trois ans d'immersion.

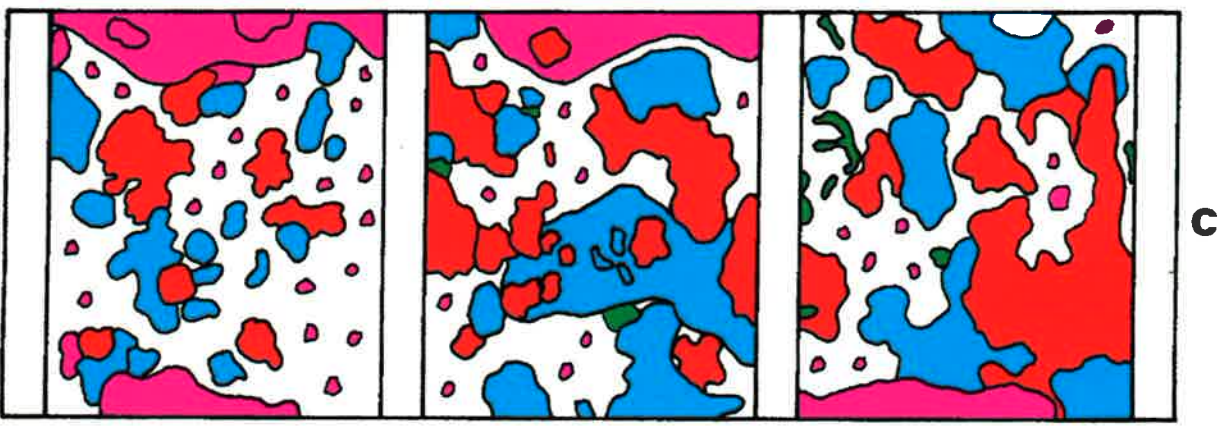
a) -12 m, face supérieure (sciaphile) ;
 b) -30 m, face supérieure (sciaphile) ;
 c) -12 m, face inférieure (photophile) ;
 d) -30 m, face inférieure (photophile). Les principaux taxa animaux sont reconnaissables par la couleur: éponges (rouge), cnidaires (jaune), bryozoaires (azur), polychètes (violet), mollusques (vert), tuniciers (marron).



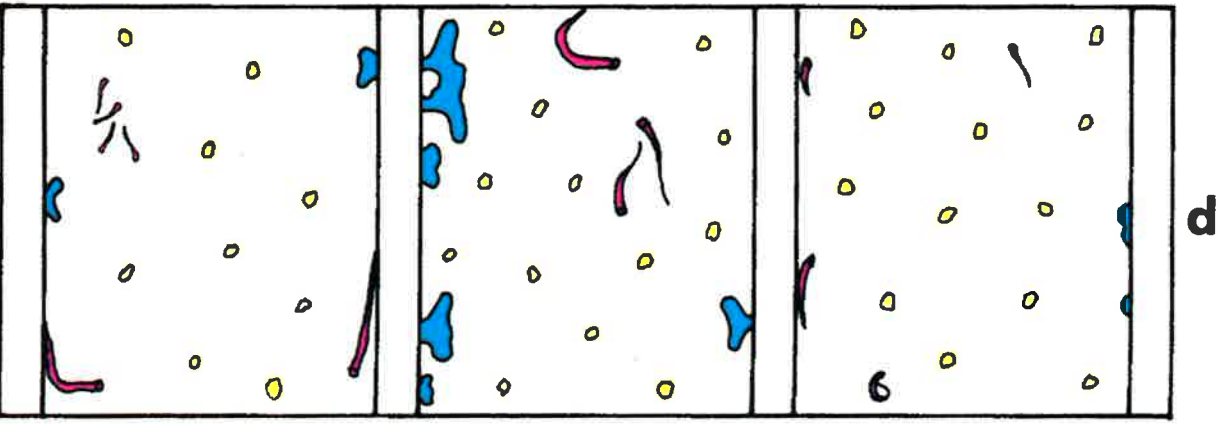
a



b



c



d

observe une lente et graduelle augmentation du nombre d'espèces animales entre 12 et 36 mois d'immersion (respectivement 29, 32 et 36 espèces). Sur les structures plus profondes cette augmentation est plus évidente entre 12 et 24 mois (de 27 à 39 espèces à -20 m et de 17 à 31 à -30 m), suivie par une période de stabilisation à -30 m (29 espèces après trois ans) ou de forte diminution (25 espèces) à -20 m.

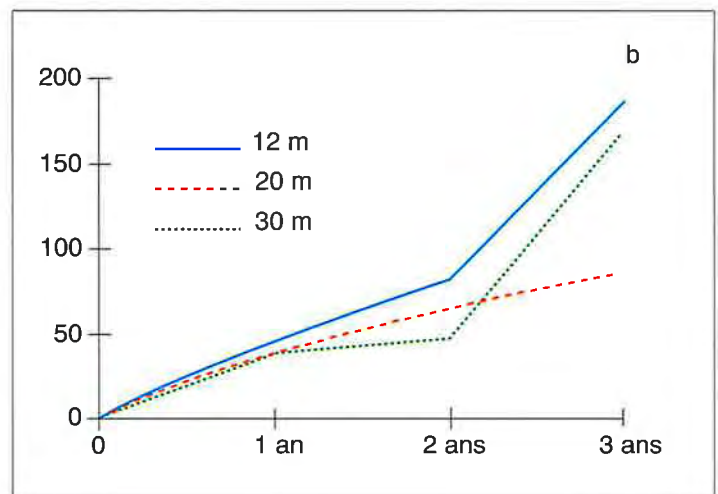
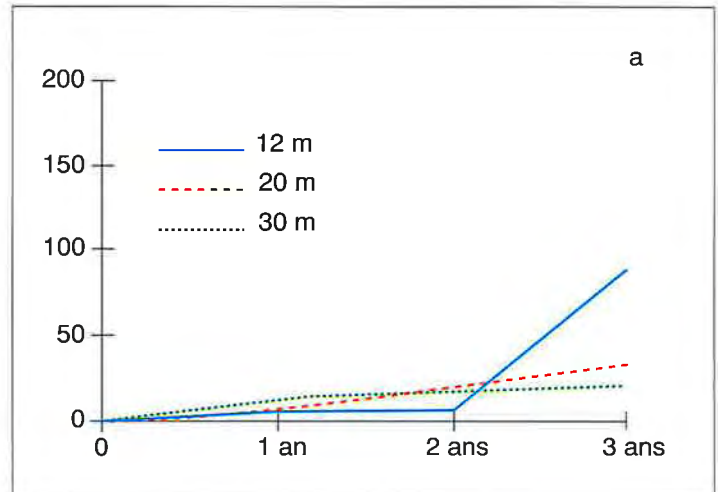
La densité du recouvrement animal est apparue en croissance constante pendant les trois années d'observation (Fig. 2), avec des valeurs plus élevées sur les faces sciaphiles et des différences entre les hourdis prélevés sur les trois structures immergées. En effet la croissance quantitative est généralement très limitée sur les faces photophiles (probablement à cause de la compétition des algues et de l'effet limitant de la sédimentation en profondeur) ; à -12 m il y a une forte augmentation des valeurs entre deux et trois ans d'immersion, à cause surtout de l'importance du recouvrement de l'hydraire *Amphinema rugosum*, espèce épibionte qui trouve dans la forte couverture algale un substrat idéal pour son installation. Ce cnidaire est abondant aussi à -20 m après trois ans, toujours en raison d'une forte couverture algale, mais ici les valeurs du recouvrement animal restent faibles en raison d'une diminution des autres espèces. Sur les faces sciaphiles la croissance quantitative est presque continue, et est plus marquée entre la deuxième et la troisième année sur les structures à -12 et à -30 m. Ces fortes valeurs sont dues principalement à l'importante présence de l'éponge *Crambe crambe* à -12 m et de plusieurs autres espèces d'éponges (*Pleraplysilla spinifera*), d'hydrides (*A. rugosum* et *Eudendrium capillare*) et le polychète (*Serpula vermicularis*) à -30 m. On peut observer dans beaucoup de cas des valeurs bien supérieures à 100%, qui indiquent la présence d'une communauté développée sur plusieurs couches, avec d'importants phénomènes d'épibiose.

Pour ce qui concerne les espèces dominantes sur les hourdis prélevés dans les diverses structures, en considérant les communautés dans leur ensemble (photophile+sciaphile) on constate de fortes différences liées à la profondeur.

Sur les structures immergées à -12 et à -20 m on a pu observer une nette dominance algale pendant les deux premières années d'immersion. En particulier à -12 m les espèces dominantes étaient *Halopteris filicina* après un an et *Dictyota dichotoma* après deux ans ; à -20 m *Falkenbergia rufolanosa* après un an et *H. filicina* après deux ans. Après trois ans d'immersion, par contre, la dominance était animale à -12 m (partagée entre le polychète *Spirobranchus polytrema*, l'éponge *C. crambe*, l'hydraire *Clytia haemispherica* et le bryzoaire *Schizobrachiella sanguinea*), tandis qu'à -20 m on trouvait une codominance d'algues (*H. filicina*) et d'animaux (le polychète *Filigrana* sp., l'éponge *C. crambe* et l'hydraire *A. rugosum*). Sur la structure à -30 m, où la lumière pénètre assez faiblement, on

Fig. 2 - Recouvrement animal en pour-cent sur les hourdis enlevés après différentes périodes d'immersion.

a) faces photophiles (supérieure externe et inférieure interne) ;
b) faces sciaphiles (supérieure interne et inférieure externe).



a observé une alternance de dominance algale et animale dans les trois années: après un an la dominance est du polychète *Filigrana* sp., après deux ans des algues *Aglaozonia chilosa* et *H. filicina*, après trois ans à nouveau des animaux (l'hydraire *A. rugosum* et le polychète *S. vermicularis*).

La tendance des espèces animales à coloniser les structures d'une manière plus ou moins précoce est résumée au **Tableau 1**. On peut distinguer un certain nombre d'espèces qui préfèrent les substrats plutôt "jeunes" et disparaissent sur les substrats plus "âgés" (par exemple l'hydraire *Bougainvillia ramosa* et les bryzoaires *Tubulipora* sp.1 et *Umbonula ovicellata*), un contingent d'espèces qui s'installent seulement après des périodes d'immersion assez longues (par exemple l'éponge *Terpios fugax*, les hydrides *A. rugosum* et *Eudendrium capillare* et le bryzoaire *Turbicellepora avicularis*). Un autre groupe d'espèces montre une présence assez constante dans le temps sur les

Espèces	12 m		20 m		30 m	
	phot.	sci.	phot.	sci.	phot.	sci.
Eponges						
1 <i>Clathrina</i> sp.			⇐			
2 <i>Crambe crambe</i>	⇒	⇔ ⇒	⇒	⇔ ⇒		
3 <i>Crella</i> sp.						⇒
4 <i>Dysidea</i> sp.						⇒
5 <i>Haplosclerida</i> gen.sp.		⇔ ⇔				⇒
6 <i>Hymedesmia</i> sp. 1		⇒				
7 <i>Hymedesmia</i> sp. 2				⇒		⇒
8 <i>Mycale macilenta</i>					⇒	
9 <i>Phorbas paupertas</i>	⇒			*		
10 <i>Phorbas tenacior</i>					⇒	
11 <i>Pleraplysilla spinifera</i>						⇒
12 <i>Sycon</i> sp.	*	⇔		⇔	⇔	*
13 <i>Terpios fugax</i>	⇒				⇒	⇒
14 <i>Stylopus dujardini</i>			⇒		⇒	
Cnidaires						
15 <i>Aglaophenia</i> sp.		⇒		⇒		
16 <i>Amphinema rugosum</i>	⇒		⇒		⇒	⇒
17 <i>Bougainvillia ramosa</i>		⇔	*	⇔	⇔	⇔
18 <i>Caryophyllia smithi</i>				⇔ ⇔		⇔ ⇔
19 <i>Clytia haemisphaerica</i>	⇔ ⇔		*		⇔	⇔
20 <i>Clytia linearis</i>		⇔ ⇔		⇔	*	
21 <i>Clytia paulensis</i>		⇒			⇔	⇔
22 <i>Eudendrium capillare</i>		⇒	⇒	⇒	⇒	⇒
23 <i>Halecium mediterraneum</i>		⇒				
24 <i>Obelia bidentata</i>						⇒
25 <i>Obelia dichotoma</i>			⇒	*		⇔
26 <i>Sertularella ellisi</i>		⇒	*	*		*
Bryozoaires						
27 <i>Caberea boryi</i>	⇔	⇔	⇒	⇔	*	⇔
28 <i>Callopora dumerilii</i>						⇔
29 <i>Cardioecia watersi</i>		⇔		⇔ ⇔		⇔
30 <i>Crisia</i> sp.				*	⇔	
31 <i>Escharina vulgaris</i>		⇔		⇔		
32 <i>Nolella dilatata</i>		⇔				
33 <i>Nolella gigantea</i>	⇔ ⇔	*	⇔ ⇔	⇒		
34 <i>Pentapora fascialis</i>		⇒				*
35 <i>Plagioecia sarniensis</i>		*		⇔		*
36 <i>Rhynchozoon</i> sp. 2 (sensu Hayward)				⇒		*
37 <i>Savignyella lafontii</i>		⇔				
38 <i>Schizobrachiella sanguinea</i>	⇔ ⇔	⇔ ⇔	⇔ ⇔	⇔	*	⇒
39 <i>Schizomavella auriculata</i>	⇔	⇔		*	⇒	*
40 <i>Schizomavella linearis</i>		⇔		⇒		⇒
41 <i>Schizoporella longirostris</i>	⇔ ⇔	⇔	⇔ ⇔	⇔ ⇔		⇔
42 <i>Sertella harmeri</i>			⇔	⇔ ⇔	⇒	⇔
43 <i>Sertella septentrionalis</i>		⇔		⇔		
44 <i>Tubulipora plumosa</i>		⇔		⇔		
45 <i>Tubulipora</i> sp. 1	⇔		⇔		⇔	
46 <i>Tubulipora</i> sp. 2		⇔				⇔
47 <i>Turbicellepora avicularis</i>	⇒	⇒		⇒		
48 <i>Umbonula oviceolata</i>	*	⇔	⇔	⇔		
Annélides Polychètes						
49 <i>Apomatus similis</i>		⇒				
50 <i>Filograna</i> sp.	⇒	⇔ ⇔	⇔	⇔		⇔ ⇔
51 <i>Hydroides pseudouncinata</i>						⇒
52 <i>Josephella marenzelleri</i>	*	⇔			⇔	
53 <i>Pomatoceros triqueter</i>	⇔ ⇔	⇒	⇒	⇔	⇒	⇔ ⇔
54 <i>Protula</i> sp.		⇔		⇔		*
55 <i>Serpula concharum</i>		⇔ ⇔	⇒	⇔	⇔ ⇔	*
56 <i>Serpula vermicularis</i>	⇒	⇔	⇒	⇔ ⇔	⇒	⇔ ⇔
57 <i>Serpula</i> sp.	⇒		⇔ ⇔		⇒	
58 <i>Spirobranchus polytrema</i>	⇔	⇔ ⇔	⇔ ⇔	⇔	⇔	⇔ ⇔
59 <i>Vermiliopsis infundibulum</i>						⇒
Mollusques						
60 <i>Anomia ephippium</i>	⇔ ⇔	⇔ ⇔		⇔	⇔	⇔ ⇔
61 <i>Bittium reticulatum</i>	*				⇒	
62 <i>Chama griphoides</i>	*	⇒		⇔	⇒	⇒
63 <i>Spondylus gaederopus</i>		⇒		⇔		
64 <i>Vermetidae</i> gen. sp.	⇔	*	⇔	⇒		
Tuniciers						
65 <i>Didemnum candidum</i>	⇔	⇔ ⇔		⇒		⇒
66 <i>Halocynthia papillosa</i>		⇔		⇒		⇒
67 <i>Pyura squamulosa</i>		⇒		⇔ ⇔		⇔

Tableau 1 - Caractéristiques d'installation des espèces les plus représentatives. La liste comprend les espèces relevées sur les hourdis enlevables avec un recouvrement d'au moins 1% sur une face, ou sur au moins deux faces. Pour chaque espèce est indiquée sa tendance à s'installer précocement (⇐), tardivement (⇒) ou à être constamment présent (⇔) sur les surfaces photophiles ou sciaphiles aux trois profondeurs. Le double signe (⇐ ⇔ ou ⇔ ⇐) indique une espèce constante qui va respectivement diminuant ou augmentant quantitativement dans le temps. Le signe * indique une tendance peu claire ou une présence sporadique.

hourdis (par exemple le bryzoaire *Schizobrachiella sanguinea* et les polychètes *Filograna* sp. et *S. polytrema*).

A ce stade des investigations il nous est permis d'affirmer que les peuplements qui se sont fixés sur les récifs artificiels évoluent encore d'une manière lente et graduelle, avec des différences dues aux situations particulières qui se produisent dans les structures, en fonction du développement algal, de l'effet de la sédimentation et de la distance de la côte rocheuse. La colonisation paraît avancer selon ce que les écologistes ont défini par un "modèle facilitatif" (Dean & Hurd, 1980), c'est à dire que l'installation de certaines espèces a besoin que d'autres espèces, plus "précoces", leur aient préparé le terrain ; le maintien de ces dernières sera à son tour défavorisé par l'installation des espèces "tardives". Ce mécanisme correspond à une succession temporelle des espèces, qui est plus évidente dans les premières années d'immersion des récifs. La présence d'un certain contingent d'espèces permanentes sur les substrats "jeunes" et "âgés" indique que certaines situations peuvent déboucher sur un "modèle inhibitoire", dans lequel la structure de la communauté est déterminée par les premières espèces qui s'installent sur les substrats, et qui empêchent que d'autres espèces viennent s'y installer à leur tour.

En conclusion, les récifs artificiels de la Réserve de Monaco, ont démontré qu'ils étaient un excellent support pour l'étude expérimentale de la colonisation du benthos marin et pour la création de zones d'abri et de concentration de poissons, mollusques et crustacés sur des fonds pas trop riches en

Photo 5

Les rascasses aiment beaucoup les cavités des récifs enrichies par la communauté benthique (-30 m).



refuges naturels (ils répondent donc bien aux buts poursuivis). Par contre, ils ne semblent pas pouvoir jouer un rôle pour accroître le rendement de la pêche du point de vue commercial. Dans la mer de Monaco, et en général en mer Ligure occidentale, la proximité des hauts-fonds à la côte, due à l'é étroitesse du plateau continental, empêche une forte concentration des matières organiques sur les bas-fonds, qui est en général la base du développement dans les récifs des hautes biomasses animales exploitables par la pêche commerciale.

Bibliographie.

- BALDUZZI A., S. BELLONI, F. BOERO, R. CATTANEO, M. PANSINI & R. PRONZATO, 1982. Prime osservazioni sulle barriere artificiali della Riserva sottomarina di Monaco. *Naturalista Siciliano*, Ser. 4, 6 suppl.(3): 601-605.
- BALDUZZI A., F. BOERO, R. CATTANEO, M. PANSINI & R. PRONZATO, 1985. Etude du benthos sur les structures immergées dans la Réserve de Monaco. *Bull. Inst. océanogr. Monaco*, n° spécial 4: 163-165.
- BALDUZZI A., F. BOERO, R. CATTANEO-VIETTI, M. PANSINI & R. PRONZATO, 1986. Long-term photographic records from the artificial reefs of Monaco (1980-1985). *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, 30(2): 264.
- BALLERINI F., 1988-89. Primi anni di insediamento delle comunità fotofile sulle strutture artificiali della Riserva sottomarina di Monaco (1981-1984). Università di Genova, tesi di laurea in Scienze Biologiche: 1-120.
- BARNES H., 1955. Surface roughness and the settlement of *Balanus balanoides*. *Arch. Soc. Zool. Bot. Fenn.*, Vanamo, 10(2): 164-168.
- BOERO F., 1982. The benthic populations of the submarine reserve of Monaco: 2. Hydroids. *Journée Etud. Récifs artif. et Maricult. suspend.*, Cannes, C.I.E.S.M.: 85-86.
- BOMBACE G., 1989. Artificial reefs in the Mediterranean Sea. *Bull. mar. sci.*, 44(2): 1023-1042.
- CATTANEO R., 1982. The benthic populations of the submarine reserve of Monaco: 3. Opisthobranch Molluscs. *Journée Etud. Récifs artif. et Maricult. suspend.*, Cannes, C.I.E.S.M.: 87-88.
- DEAN T.A. & HURD L.E., 1980. Development in an estuarine fouling community: the influence of early colonists on later arrivals. *Oecologia*, 46: 295-301.
- DOUMENGE F. Le barriere artificiali nel contesto della maricoltura mondiale. *Atti del convegno "Le barriere artificiali nella gestione razionale della fascia costiera marina"*, Loano 8-9 luglio 1994. (sous presse).
- HUVÉ, 1953. Etude expérimentale du peuplement de surfaces rocheuses immergées en Méditerranée occidentale. *C.r. heb. Séanc. Acad. Sci.*, Paris, 236: 419-422.
- MCARTHUR R.H. & WILSON E.O., 1967. The theory of island biogeography. Princeton, University Press.
- MEIER M.H., 1989. A debate on responsible artificial reef development. Part I. In support of public and private sector artificial reef building *Bull. Mar. Sci.*, 44(2): 1051-1054.
- OLIVIERI M., 1987-88. Primi anni di insediamento delle comunità sciafile sulle strutture artificiali della Riserva sottomarina di Monaco (1981-1984). Università di Genova, tesi di laurea in Scienze Biologiche: 1-109.
- PANSINI M., 1982. Les peuplement benthiques de la réserve sous-marine de Monaco: 1. Spongiaires. *Journée Etud. Récifs artif. et Maricult. suspend.*, Cannes, C.I.E.S.M.: 83-84.
- PANSINI M. & R. PRONZATO, 1981. Etude des Spongiaires des substrats artificiels immergés durant quatre ans. *Vie milieu*, 31(1): 77-82.
- RIGGIO & PROVENZANO, 1982. Le prime barriere artificiali in Sicilia. *Ricerche e progettazioni. Naturalista Siciliano*, Ser. 4, 6 suppl.(3): 627-659.
- WILSON O.T., 1925. Some experimental observations of marine algal succession. *Ecology*, 6: 302.



VERS UNE VISITE DE LA RÉSERVE SOUS-MARINE DE MONACO EN IMAGES DE SYNTHÈSE ?

par

Jean de VAUGELAS⁽¹⁾ et AquaScience-UNSA⁽²⁾

Introduction

Tous les articles publiés dans cet ouvrage vous convaincront aisément : la Réserve Sous-Marine de Monaco est belle, bien entretenue et choyée, des expériences passionnantes s'y déroulent, des spécialistes dévoués y consacrent temps et compétences. Bien, tout cela. Très bien même. Mais, ce monument, quand le visite-t-on ? Nombreux sont les amateurs d'espèces et d'espaces protégés qui aimeraient "faire un tour" dans cette réserve sous-marine, véritable petit sanctuaire de la vie marine méditerranéenne.

La réponse à ce désir du public de mieux connaître le patrimoine naturel monégasque a été de multiplier les occasions de populariser la Réserve Sous-Marine, par tous les moyens de communication appropriés : photos, films, conférences, congrès scientifiques, expositions, etc. Toutes ces actions, menées depuis des années par M. Debernardi et son équipe, ont contribué au renom de cette Réserve Sous-Marine, sans doute la mieux étudiée et la mieux protégée de toutes celles du littoral de la Côte d'Azur.

Cependant, on se prend à rêver à plus ... Le caractère d'invulnérabilité étant ce qui définit un sanctuaire, l'imagination humaine s'évertue à essayer de concilier l'impossible : rendre ce sanctuaire accessible à tous, tout en le préservant. Les questions fusent : et si l'on pouvait se balader sans rien toucher, sans abîmer ? Et si l'on pouvait pénétrer au cœur même de ces récifs artificiels dont chaque anfractuosité héberge une créature étrange et fascinante ? Et si ... ? Et si ... ?

A l'aube d'une révolution technologique qui sait faire revivre les dinosaures (*Jurassic Park*), inventer des androïdes plus vrais que nature (*Terminator*) ou créer des espaces cybernétiques (*Festival Imagina de Monaco*), il semble que cette Réserve Sous-Marine nous pose un défi : organiser une visite virtuelle ! Si nous ne pouvons accéder

au réel, recréons-le ! Recréer le réel, c'est le réinventer de toute pièce, c'est créer un monde "virtuel".

Virtuel, elle. *adj.* (1505, rare av. 2^{ème} moitié du XVII^{ème} ; lat. scolast. *virtualis*, du latin *virtus* "vertu"). *Philo. ou littér.* "Qui n'est qu'en puissance, qui est à l'état de simple possibilité dans un être réel", ou (plus cour.) "Qui a en soi toutes les conditions essentielles à sa réalisation".

Un monde virtuel doit donc avoir en lui toutes les conditions essentielles à sa perception par un visiteur, pour peu que celui-ci soit muni du sésame technologique indispensable. Pour que ce visiteur puisse se déplacer dans cet environnement virtuel (ici la Réserve Sous-Marine) il faut :

- 1) réaliser une maquette informatique,
- 2) créer au mieux l'illusion de la réalité, visuelle et sonore,
- 3) équiper le visiteur de lunettes et de gants spéciaux lui permettant de se déplacer dans cet espace artificiel.

C'est cette idée, ou tout au moins l'embryon de celle-ci, qui a été proposée par l'association *AquaScience-UNSA*, club de plongée scientifique de l'Université de Nice-Sophia Antipolis, aux responsables de la Réserve Sous-Marine de Monaco.

1) Maître de Conférences au Laboratoire Environnement Marin de l'Université de Nice-Sophia Antipolis et Président d'AquaScience-UNSA.

2) Club de Plongée Scientifique de l'Université de Nice-Sophia Antipolis, Parc Valrose, 06108 Nice Cedex 02. Tél. (33) 93 82 39 57 ; Fax. (33) 93 52 99 87 ; E-Mail : vaugelas@naxos.unice.fr

Réaliser une “maquette informatique” ...

Une maquette est une représentation fidèle d'un objet, en réduction. Plutôt que d'employer du bois et du plâtre comme dans le maquettisme traditionnel, il est possible de réaliser une “maquette informatique” directement dans l'ordinateur, à l'aide de logiciels d'images de synthèse. On obtient ainsi un double virtuel du sujet. C'est ainsi que sont conçues et testées, depuis de nombreuses années, les pièces d'une automobile ou d'un avion, bien avant leur réalisation par des machines outils.

Une fois l'objet créé, le logiciel permet de le faire pivoter dans l'espace, de l'observer sous toutes ses faces, de le regarder de près ou de loin, de le photographier et même de filmer ses mouvements et déplacements. L'assemblage de nombreux objets permet de reconstituer des scènes et plusieurs scènes de véritables milieux. Les mondes “virtuels” sont donc des reconstitutions complètes, en images de synthèse, de milieux complexes.

Créer l'illusion de la réalité ...

Pour être réaliste, le monde “froid” des objets créés dans l'ordinateur doit être “habillé” : couleurs, textures, transparences, jeux de lumière contribuent à donner l'illusion de la réalité. Les meilleurs artistes et techniciens de ces effets spéciaux produisent pour le cinéma des images plus vraies que les originales, partout où il serait impossible d'utiliser des acteurs réels (reconstitution de mondes disparus, évolution dans des environnements dangereux, création d'êtres aux pouvoirs surnaturels, etc.). D'année en année, les frontières du réalisme sont repoussées.

Des étudiants de l'ESSI, une école d'ingénieurs située à Sophia Antipolis, travaillent à la mise au point d'un système de transfert automatique des images vidéos sur la structure tri-dimensionnelle de la maquette informatique (projet “*Virtual Diver*”). Ceci permettra de recréer en temps réel l'aspect exact du paysage sous-marin, sans avoir recours à des trames et des textures, d'un aspect froid et peu réaliste.

Equiper le visiteur ...

Le grand 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, reconstitué de façon réaliste. Le visiteur a le choix de son parcours, il peut interagir avec le milieu qu'il visite, il se déplace à son gré dans un univers visuel et sonore aussi proche que possible de la réalité. Il pourra “visiter” ainsi la Réserve Sous-Marine de Monaco,

sans déranger son fragile équilibre, et sans même se mouiller. Il participera avec tous ses sens à une aventure ludique, ce qui n'exclue pas l'accès à une connaissance réelle (des commentaires intelligents peuvent accompagner la visite, préciser tel ou tel point, et ce de manière totalement interactive).

Mais, redescendons sur terre, ce projet de visite virtuelle de la Réserve Sous-Marine de Monaco n'en est qu'à ses premiers balbutiements. L'enfant est fragile et on ne sait pas encore s'il survivra ...

Un récif alvéolaire comme point de départ...

La première étape, comme nous l'avons vu, consiste à réaliser la maquette informatique, de la Réserve Sous-Marine et de ses récifs. Pour commencer par le plus simple, nous avons choisi un type de récif très commun dans la Réserve Sous-Marine, le type “hourdi alvéolaire”.

Ce type de récif consiste en un empilement de parpaings sur plusieurs faces avec délimitation d'un puits central (*Planche 1 A*). Le récif pris comme modèle est situé à une profondeur de 14 m, le long du flanc sud-est de la jetée du Sporting (*Planche 1 B*).

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 et à réaliser une couverture photographique et vidéo complète (*Planche 1 C*).

Ensuite, un deuxième type de récif “hourdi alvéolaire”, situé à 8 m de profondeur devant les jetées du Larvotto, a été décrit et positionné dans la maquette de la Réserve Sous-Marine (*Planche 1 D*). Celle-ci, encore très sommaire à ce stade puisque les différents milieux (herbier, enrochements, sédiment, etc.) y sont juste esquissés, est cependant suffisamment précise pour pouvoir positionner les récifs au fur et à mesure de leur description (*Planche 1 B*).

Les autres modèles de récifs (pyramidal, thalame, etc.) sont en cours de description.

Un projet, plusieurs buts ...

On l'a dit plus haut, l'objectif final de ce projet serait de produire une maquette informatique tri-dimensionnelle de toute la Réserve Sous-Marine et de permettre la visite de celle-ci grâce aux images de synthèse et aux mondes virtuels. Mais, plus prosaïquement et à plus court terme, trois autres buts sont visés :

– fournir aux biologistes qui suivent depuis des années l'évolution de ces récifs un support visuel de référence,

**MODELISATION EN IMAGES DE SYNTHÈSE
DES RECIFS ARTIFICIELS DE LA
RESERVE DE MONACO**

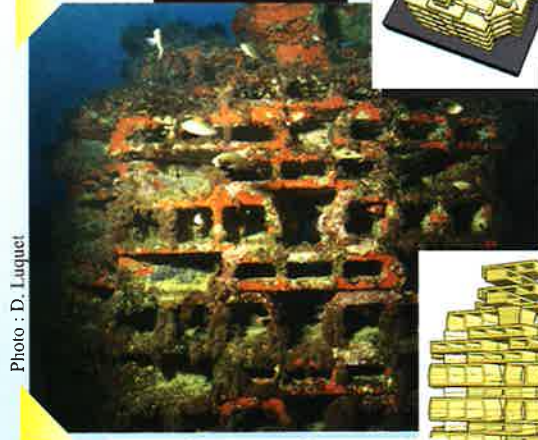
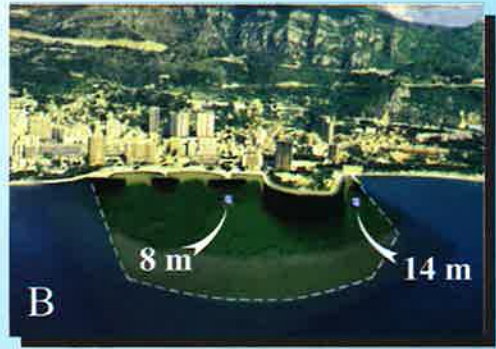
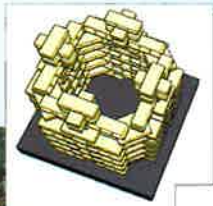
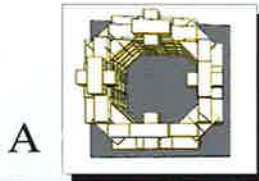
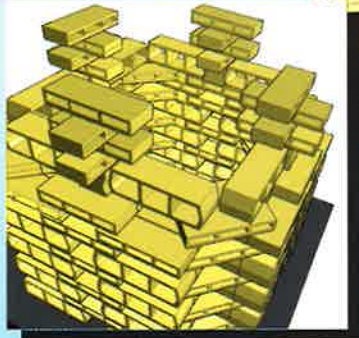
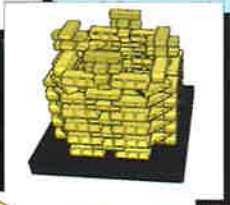


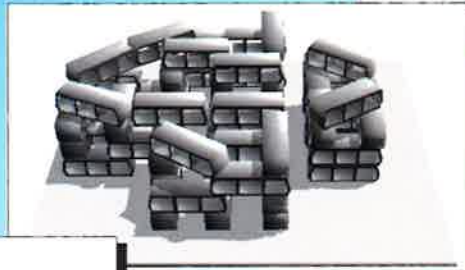
Photo : D. Luquet



Récif type "hourdi alvéolaire" (prof. 14 m)



Photo : D. Luquet



Récif type "hourdi alvéolaire" (prof. 8 m)

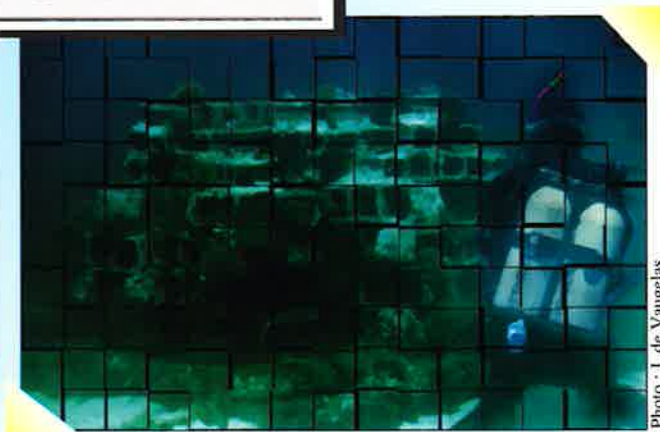


Photo : J. de Vaugelas

– donner aux animateurs de la Réserve Sous-Marine des vues originales de leurs récifs, pour illustrer leurs articles ou leurs conférences,
– proposer, pour les besoins de communication et de valorisation, une approche novatrice qui situe la Réserve Sous-Marine de Monaco dans le prolongement de la vitrine technologique qu’est devenu, année après année, le festival international des images de synthèse de Monaco, *IMAGINA*.

Notre souhait serait que cet article, écrit à l’occasion des 20 ans de la Réserve Sous-Marine, établisse une transition entre le passé (la création du sanctuaire), le présent (la préservation de cet espace fragile) et le futur (la connaissance sans les nuisances).

Des sponsors et mécènes partageant notre vision future permettront peut être un jour à tous de se promener librement dans la Réserve Sous-Marine de Monaco.

Remerciements

Ce projet n’aurait pu voir le jour sans le soutien actif de MM. Debernardi et Allemand. Qu’ils en soient ici remerciés, ainsi que l’Association Monégasque de Protection de la Nature qui a assuré le financement de cette étude préliminaire. Nous tenons aussi à remercier les plongeurs de la Réserve Sous-Marine pour leur aide sur le terrain ainsi que les photographes d’AquaScience, David Luquet et Grigor Obolensky pour leurs superbes photographies. La possibilité d’utiliser le matériel informatique du Laboratoire Environnement Marin Littoral (Prof. A. Meinesz) et du Laboratoire de Mathématiques (J.-M. Lacroix) de l’Université de Nice-Sophia Antipolis a été déterminante pour mener à bien cette première phase du projet. Le projet “Virtual Diver” de l’ESSI est animé par le Prof. Peter Sander, que nous tenons également à remercier ici.

EXPÉRIENCE DE REPEUPLEMENT EN OURSINS COMESTIBLES “*PARACENTROTUS LIVIDUS*”

par
Gilles GRAS ⁽¹⁾

En 1982, alors tout jeune étudiant en deuxième année de DEUG de Biologie des Organismes et des Populations, j'ai découvert la plongée sous-marine dans les eaux claires de l'archipel du Frioul à Marseille.

C'est cette découverte qui a guidé mes 6 années universitaires qui ont suivies et pendant lesquelles je me suis petit à petit spécialisé en Biologie Marine. Par la suite, d'autres événements ont confirmé ce besoin d'étudier et de protéger le milieu marin.

Le cours de Biologie Marine dispensé par Madame Marie-Berthe Régis durant mon année de licence à l'Université de St Jérôme n'a fait qu'accentuer cette passion, accentuée encore par sa magnifique collection d'oursins du monde entier.

L'année de maîtrise d'Océanographie à la Station Marine d'Endoume, fût décisive car essentielle pour le choix des thèmes de recherche des années de troisième cycle qui allaient suivre.

Déjà, amateur averti d'oursins de part leurs qualités gustatives, j'étais, en plongée attiré par ces animaux aux couleurs et biotopes si variés, alliant simplicité et sophistication extrême. Ce fût donc avec une grande fierté que je rejoins l'équipe de Madame Marie-Berthe Régis dans le Centre d'Etude des Ressources Animales Marines dirigé par le professeur Nardo Vicente pour y démarrer mes recherches sur les stocks et l'exploitation de l'oursin comestible *Paracentrotus lividus*.

C'est dans ce cadre que pendant trois ans (1985 à 1988) j'ai eu le privilège de travailler avec l'Association Monégasque pour la Protection de la Nature, dans la réserve marine de Monaco pour y effectuer des expériences de repeuplement et de réimplantation d'oursins.

Généralités

Les oursins appartiennent, dans le règne animal, à l'embranchement des Echinodermes (*Ekhinos* : hérisson et *derma* : peau) comprenant des formes marines à symétrie rayonnée, dont les téguments renferment des plaques calcaires dermiques. Connus depuis l'ère primaire, les échinodermes sont actuellement représentés par cinq classes : Crinoïdes, Astérides, Ophiurides, Echinides, Holoturides.

Les oursins sont couverts de piquants articulés qui leur ont valu les noms vulgaires de “châtaigne de mer” ou de “hérisson de mer”.

On distingue les oursins réguliers à test de forme circulaire et les oursins irréguliers.

Introduction

Les Français ne sont pas seulement des mangeurs de grenouilles, ils sont aussi les premiers consommateurs d'oursins d'Europe. L'espèce *Paracentrotus lividus* est l'une des espèces comestibles des côtes méditerranéennes mais reste l'espèce la plus appréciée par les gastronomes.

La pêche de l'oursin en Méditerranée remonte à l'Antiquité, où, les bourgeois romains appréciaient déjà la finesse de ce délicieux fruit de mer. Aristote lui-même a associé son nom à une partie noble de l'anatomie de l'oursin : “la lanterne d'Aristote”.

Cette pêche s'est perpétuée et a vu ses techniques se perfectionner jusqu'à nos jours. Depuis 2000 ans, il est le *caviar* de la Méditerranée ; aujourd'hui, il risque de devenir la perle rare de la Provence et de la Côte d'Azur. L'oursin comestible est en danger.

(1) Université de St Jérôme - Marseille.

Réglementation

La durée de la saison de pêche est très stricte. La réglementation générale autorise la pêche du 1^{er} septembre au 30 avril. En fait, elle est beaucoup plus complexe et variable d'un quartier maritime à l'autre.

Pendant les périodes autorisées, la pêche commerciale est possible tous les jours de la semaine, du lever du soleil jusqu'à midi, sauf le dimanche (quartier maritime de Marseille par exemple). Cependant, quelques dimanches très particuliers échappent à cette règle et notamment pendant les fêtes de Noël ou durant le "mois de l'oursin" à Carry le Rouet.

Pour le public, la réglementation est bien connue, qui ne connaît pas la règle des mois en "bre". Pourtant, des myriades de plaisanciers bravent les interdictions durant la période estivale et ramassent des quantités considérables d'oursins.

En ce qui concerne les lieux de pêche, des règles locales propres à chaque quartier maritime régissent le littoral : zones insalubres, zones à pollution industrielle, zones de réserve marine, zones d'activités particulières, etc... Se renseigner avant toute pêche est indispensable, pour éviter de se retrouver en situation d'infraction, pour respecter les zones marines protégées et pour s'assurer de produits de bonne qualité.

Il faut rappeler que la pêche en apnée reste le seul moyen autorisé pour les plaisanciers.

Méthode de pêche professionnelle

Une dérogation dans certains quartiers maritimes a autorisé la pêche des oursins à l'aide du scaphandre autonome, remplaçant ainsi la pêche traditionnelle à "la grappe". Celle-ci avait le très grand avantage de permettre un repeuplement automatique, car la profondeur maximale que pouvait atteindre le pêcheur et sa perche était de 6 mètres, par mer très calme. Les oursins se trouvant au dessous étaient ainsi épargnés, et pouvaient continuer à se reproduire.

La pêche actuelle, en scaphandre autonome, permet aux pêcheurs de ratisser complètement une zone de plusieurs centaines de mètres carrés et de tout prélever. Toutefois, la grappe, sorte de crochet à trois branches favorise le calibrage des oursins, ce qui permet en principe au pêcheur consciencieux de ne choisir que des oursins de bonne taille (environ cinquante millimètres de diamètre sans les piquants).

Le temps passé en plongée est très long : trois à quatre heures pendant lesquelles huit mètres cubes d'air sont parfois consommés par le plongeur. La très grande distance à couvrir et la lourde monaguettes (poche en filet qui permet le transport et qui peut contenir jusqu'à trente douzaines d'oursins) nécessitent une parfaite condition physique.

Sur chaque bateau, l'équipage est constitué de plongeurs et d'un matelot qui reste à bord et qui s'occupe de récupérer les monaguettes pleines, du conditionnement des oursins en poubelles ou cagettes et de la sécurité des plongeurs.

De manière générale, les équipages travaillent à la commande, c'est-à-dire que les quantités pêchées sont commandées par avance et destinées aux écaillers et restaurants. La pêche est conditionnée sur le bateau et livrée immédiatement après le retour au port.

Il n'y a donc pas de pesée officielle des pêches ; les statistiques établies par les Affaires Maritimes sont donc approximatives et peu fiables.

L'Etat des stocks depuis 1985

Les oursins de Méditerranée sont menacés. Une maladie infectieuse communément appelée "maladie des oursins chauves" et qui entraîne la chute des piquants, la perforation du test puis la mort de l'animal a ravagé la population d'oursins comestibles pendant les années 80.

Cette maladie aujourd'hui disparue mais dont l'impact a été très important, ne suffit pas à elle seule, à expliquer la quasi disparition de l'espèce dans de nombreuses zones des côtes françaises. Il faut aussi accuser la pollution des eaux et la destruction de l'équilibre littoral et des herbiers de posidonies par les constructions de toutes sortes sur le domaine marin (marinas, ports de plaisance, etc..).

Enfin, il faut évoquer la pression de pêche qui se fait de plus en plus forte. Les braconniers qui prélèvent des quantités importantes d'oursins, les plaisanciers de plus en plus nombreux durant la période estivale qui ramassent tout, y compris les juvéniles et les pêcheurs professionnels qui surexploitent les stocks naturels rendent l'avenir de l'espèce très incertain.

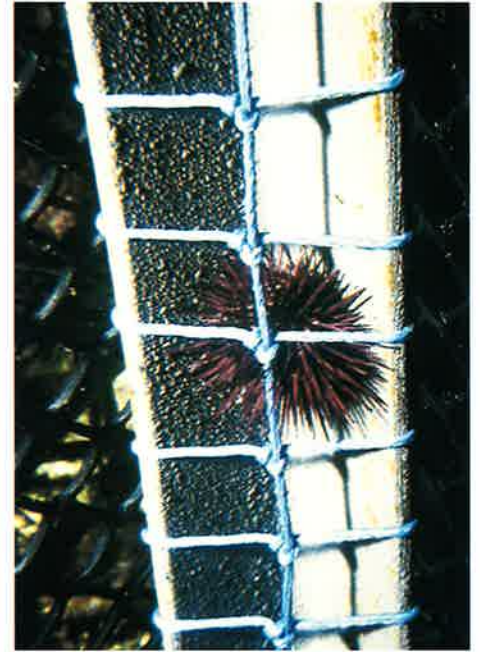
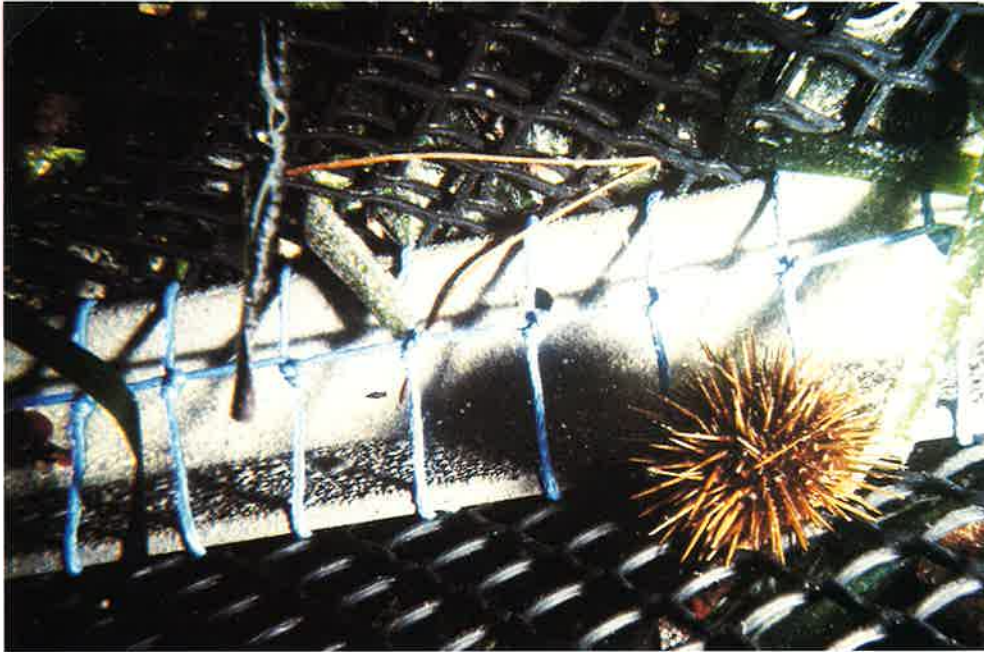
"Les oursins de Méditerranée sont en péril".

Devant ce constat de la disparition de l'oursin comestible, il s'est produit une prise de conscience très forte des scientifiques, des collectivités locales, des Affaires Maritimes et des pêcheurs professionnels pour arriver à une meilleure gestion des stocks.

J'ai ainsi été amené à entreprendre une étude des stocks de l'oursin *Paracentrotus lividus* dans le golfe de Marseille pendant plus de trois ans, afin d'évaluer l'évolution de cette ressource.

Parallèlement, une étude identique a été menée dans le golfe de St Tropez, dans un secteur compris entre les Sardinaux (Ste Maxime) et Cap Cartaya (Ramatuella).

Ces 2 études avaient pour but de recenser les populations de *Paracentrotus lividus*, de déterminer les habitats préférentiels et de découvrir les nurseries naturelles : autrement dit, les endroits où les larves, amenées par les courants, vont dans le plancton se métamorphoser puis se fixer sur le sol pour y mener une vie benthique et s'y développer.



*Mission des 18 et 19 mars 1986
Paracentrotus lividus dans les cages
de la Réserve de Monaco.*



*Mission
du 18 mars 1986
Paracentrotus lividus
lors de leur
mise en place
dans les cages.*

Photos PHILIPPE DELMAS

Ces études ont permis de réaliser de véritables cartographies des densités de populations.

L'Expérience de repeuplement à Monaco en 1987

Des expériences de repeuplement ont été effectuées à Marseille après la campagne de pêche par les pêcheurs professionnels, les Affaires Maritimes et les scientifiques afin de renouveler les stocks dans les zones exploitées.

Au Frioul et sur la Côte Bleue, 300 000 jeunes oursins prélevés dans un secteur du massif des calanques, où la pêche est interdite en raison de l'insalubrité des eaux, ont été transportés vers des zones dépeuplées.

Les scientifiques ont pu suivre leur évolution, leur taux de survie et leur dispersion autour du site de repeuplement. Cette bataille du repeuplement en oursins dans la région marseillaise nous a amenés, en 1987, à effectuer la même expérience mais dans une zone non exploitée par la pêche : la Réserve de Monaco.

Paracentrotus lividus

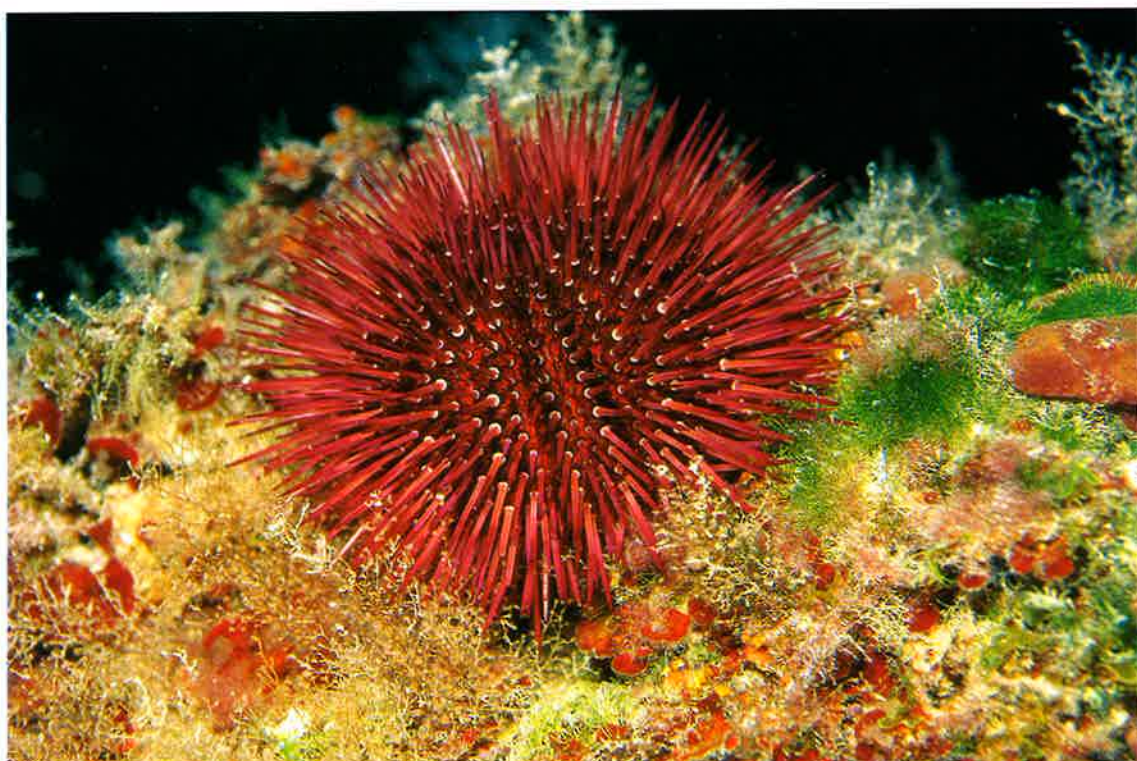


Photo J.M. MILLE

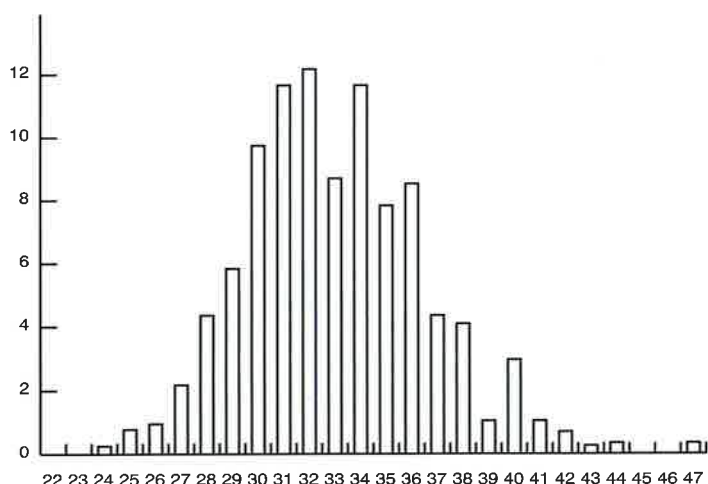


Figure 1
structure
de la population totale.

Site et méthode de prélèvement

Nous avons choisi le site de Marseille-Veyre comme lieu de prélèvement car à trois mètres, les densités de *Paracentrotus lividus* observées étaient de 50-55 individus par mètre carré, et à 6 mètres de 30-35 individus par mètre carré, permettant ainsi une collecte facile et rapide. La pêche a été réalisée en scaphandre autonome par des pêcheurs professionnels qui allient rapidité et dextérité. En effet, il est important de ne pas blesser les animaux prélevés.

Transfert à Monaco

Quatre heures après la fin de la pêche, les oursins ont été transportés à Monaco et avant de les immerger, ils ont été mesurés (2000 environ) afin de connaître la structure de

la population et de pouvoir suivre, ultérieurement, la croissance dans ce nouveau site "d'accueil".

Nous disposons de 2 bateaux : "la Posidonie" qui a assuré le transport des bacs contenant les oursins vers les sites de rejet, et un zodiac pour la sécurité des plongeurs. Les *Paracentrotus lividus* ont été rejetés dans 3 biotopes :
- un herbier de posidonies à 6 mètres
- un éboulis fin à 6 mètres
- une des digues protégeant la plage du Larvotto entre 1 et 3 mètres.

Résultats et discussion

Jour du rejet

Structure de la population

Le diamètre d'environ 2000 individus a été mesuré et les données ont été reportées sur un histogramme de fréquences (Figure 1). Le diamètre moyen des individus prélevés était de 35 mm et les tailles s'échelonnaient de 24 à 50 mm.

Par la méthode des différences logarithmiques qui met en évidence les sous-populations gaussiennes d'une population, nous pouvons observer 2 sous-populations dans les classes de taille 30 et 40 mm (Figure 2).

Rejet et observations

Après le rejet des 6000 individus dans les sites choisis, nous avons immédiatement suivi, en plongée, leur comportement.

Malgré le soin apporté lors du rejet, de nombreux oursins étaient soit éparpillés sur le substrat dans une position contraire à "leur norme physiologique", soit regroupés en amas d'une vingtaine d'individus.

5 minutes : tous les individus avaient déjà retrouvé leur position physiologique normale et ils agitaient intensément leur podias.

10-15 minutes : apparition du comportement de couverture, phénomène habituel qui permet à *P.lividus* de recouvrir le pôle apical de son test d'algues et de débris divers ; l'activité des podias est toujours aussi intense.

20 minutes : tous les *P.lividus* étaient vivants et possédaient une activité intense des podias.

30 minutes : les *P.lividus* étaient de plus en plus mobiles. On discernait 2 types de comportement: les individus isolés s'enfouissaient plus profondément dans la matre, tandis que les individus regroupés en amas se recouvraient de feuilles de posidonies.

40-70 minutes : on assistait toujours à la dispersion des oursins en amas, mais on n'observait pas plus d'émission de produits génitaux que de boulettes fécales.

24 heures : on pouvait déjà noter 3 comportements bien différents selon la nature du biotope où le rejet a été effectué :

- les oursins rejetés sur la digue ou dans les éboulis n'étaient plus visibles, ce qui dénotait une activité intense.
- dans la matre, ils étaient très bien enfouis et n'offraient que très peu de prise aux prédateurs.
- dans l'herbier, les oursins, toujours en amas, n'étaient pas encore dispersés mais ils commençaient à brouter les feuilles de posidonies.

Etude de la population 2 mois après le rejet

Digue de la plage (1-3m)

Nous avons observé très peu d'individus ; en effet, les gros blocs aménagent des cavités profondes rendant toute observation et comptage impossibles. Il est donc difficile de conclure sur le choix de ce site.

Eboulis (6m)

Les oursins observés sous les galets, recouverts de débris divers montraient un comportement normal. L'histogramme des classes de taille (Figure 3) montre une structure irrégulière anormale due à une très forte mortalité consécutive à la transplantation. Le diamètre moyen de cette population n'est plus que de 29mm et les densités de l'ordre de 2 individus/m².

La méthode des droites de Battacharya met en évidence 4 sous-populations dans les classes de taille 25, 29, 35 et 37mm (Figure 4).

De part et d'autre de l'éboulis, on a pu observer de nombreux individus isolés, ce qui dénote une certaine migration et une colonisation progressive de l'espace.

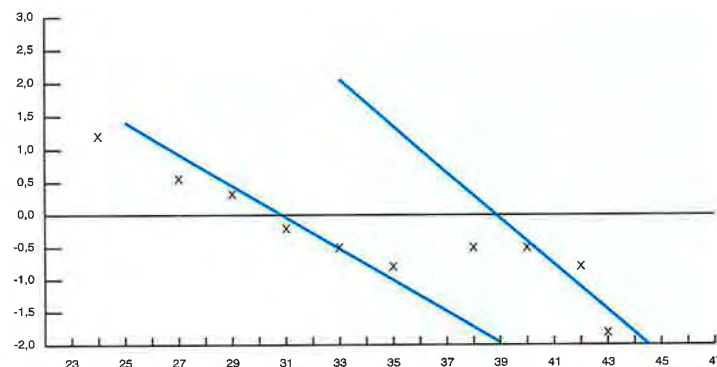


Figure 2
droites de battacharya
pour la population totale.

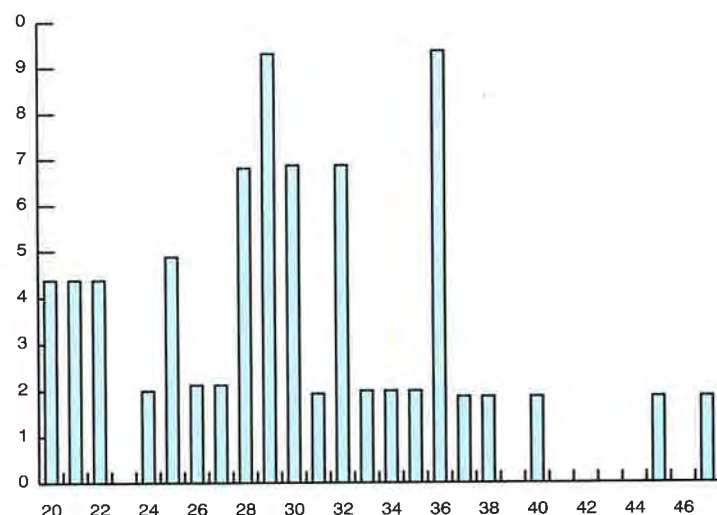


Figure 3
structure
de la population de l'éboulis.

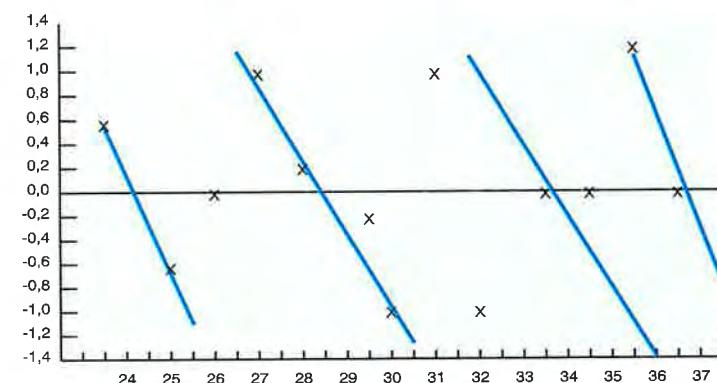


Figure 4
droites de Battacharya
pour la population de l'éboulis.

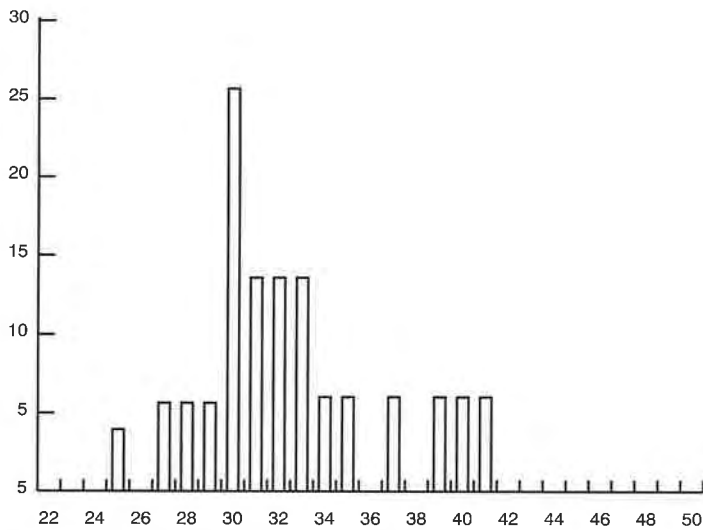


Figure 5
structure
de la population de l'herbier.

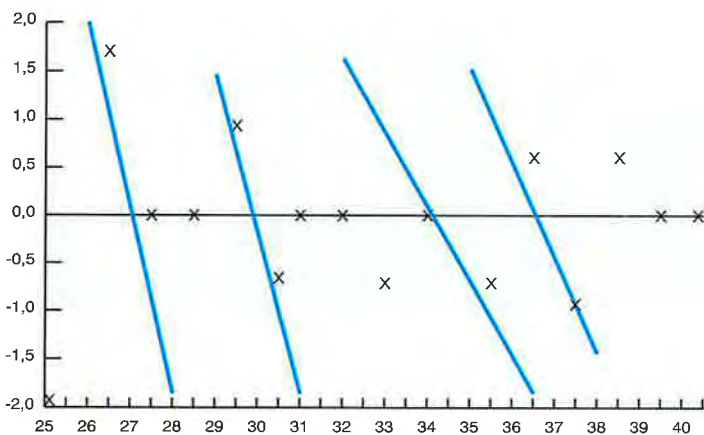


Figure 6
droites de Battacharya
pour la population de l'herbier.

Herbier (6m)

Les densités observées étaient de 1 individu/m² et le diamètre moyen de la population de 30mm. Sur ce site également, on observait un déplacement des individus en direction du milieu environnant. Tous les individus dont le diamètre dépassait 45mm étaient morts (Figure 5).

La méthode des droites de Battacharya met en évidence 4 sous-populations dans les classes de taille 27, 30, 34 et 37mm (Figure 6).

Si l'on compare le nombre d'oursins rejetés au nombre d'oursins retrouvés 2 mois après, on enregistre une mortalité importante ; sur les 6000 individus rejetés en avril 1987, on peut estimer que 35 à 40% sont morts. Il est difficile d'apprécier le pourcentage d'oursins morts des suites du

transport de celui des oursins morts par prédation mais il est certain que ce dernier facteur a joué un rôle très important. En effet, dans les minutes qui ont suivi les rejets, nous avons assisté à une arrivée massive de prédateurs (girelles, sars) qui, immédiatement, s'étaient attaqués aux oursins et 24 heures après le rejet, nous avons trouvé de très nombreux test complètement déchiquetés.

Toutefois, il semble que cette prédation spectaculaire se soit limitée à ces premières 24 heures, car le deuxième jour les poissons avaient disparu.

L'observation sur l'ensemble de la réserve sous-marine montrait une dispersion progressive des oursins à partir des sites repeuplés et une occupation de plus en plus uniforme de l'espace.

Nous pouvions penser que la situation s'était stabilisée et que le taux de mortalité était maintenant normal.

Conclusion

Deux mois après le rejet massif d'oursins dans la réserve de Monaco, malgré une mortalité initiale très importante, il semble que les oursins se soient très bien adaptés à leur nouveau milieu, qu'ils colonisaient progressivement.

Nous pouvions espérer dès le mois d'août, une ponte de la plupart des individus de 30-35mm et la fixation éventuelle des larves dès les premiers mois de l'automne.

Nous pensions donc pouvoir noter la présence de nombreux juvéniles dont les tailles s'échelonnaient autour de 5 à 10mm dans le courant de l'hiver 87-88.

Cette étude préliminaire visait une action à long terme dans le but d'étudier le comportement des individus transplantés, leur dispersion dans le milieu et le repeuplement par l'arrivée de larves issues des géniteurs introduits dans la réserve.

Dix ans après l'expérience de repeuplement

Les études scientifiques sur les stocks d'oursins comestibles menées dans la Réserve marine de Monaco pendant la période 1986-1987 ont abouti à des résultats encourageants.

Les responsables de cette zone protégée ont constaté depuis, un accroissement important du nombre d'oursins dans l'Herbier de Posidonies et dans les enrochements des terre-pleins. Une étude complémentaire devrait permettre de vérifier comment s'est poursuivie cet accroissement. L'Association Monégasque pour la Protection de la Nature qui a engagé ces expériences a bien montré l'intérêt qu'elle porte à cette espèce menacée dont on peut espérer qu'elle pourra survivre et se développer dans la réserve à l'abri de toute action de pêche.

LA DÉTOXICATION DES OURSINS COMESTIBLES

par

Philippe DELMAS⁽¹⁾ *Marie-Berthe REGIS*⁽¹⁾
Jean-Marie PERES⁽²⁾ *Nardo VICENTE*⁽¹⁾

Dynamique au cours du temps des concentrations en cuivre, plomb, cadmium et zinc chez l'oursin comestible, Paracentrotus lividus (Lam.), placé en stabulation dans la réserve sous-marine de Monaco dans le cadre d'opérations de repeuplement.

Introduction

Malgré sa résistance relative à certaines catégories de polluants, l'oursin comestible, *Paracentrotus lividus*, tend à se raréfier en tant que ressource halieutique, sur le littoral provençal. En effet, cette espèce a été victime, d'une part d'une épidémie de nécrose dermique (maladie de l'"oursin chauve") (Fenaux et al., 1983, Jangoux et Maes, 1988), d'autre part d'une pêche intensive touchant des individus de plus en plus jeunes (Gras 1985, 1987). Cet épuisement des stocks a conduit à la mise en place d'une législation mieux structurée (Le Direac'h, 1987; Régis, 1989) et à la recherche de solutions susceptibles d'augmenter l'exploitation de cette espèce sans risquer sa disparition. L'élevage d'oursins étant encore à un stade expérimental (Le Gall et Bucaille, 1987), les "oursiniers" du Quartier des Affaires Maritimes de Marseille ont réalisé, en 1984 et 1987, des opérations de repeuplement des zones exploitées à partir de stocks localisés dans des secteurs interdits à la pêche. Au cours de ces opérations, le nombre d'oursins transplantés étant de 100.000 à 300.000 individus (Le Direac'h, 1987), le site de récolte devait comporter des populations suffisamment importantes pour permettre des prélèvements massifs. Le choix s'est porté sur l'entonnoir de Cortiou, réceptacle des

Photo 1
Paracentrotus lividus dans l'une
des cages de stabulation lors
de l'expérience de 1988.

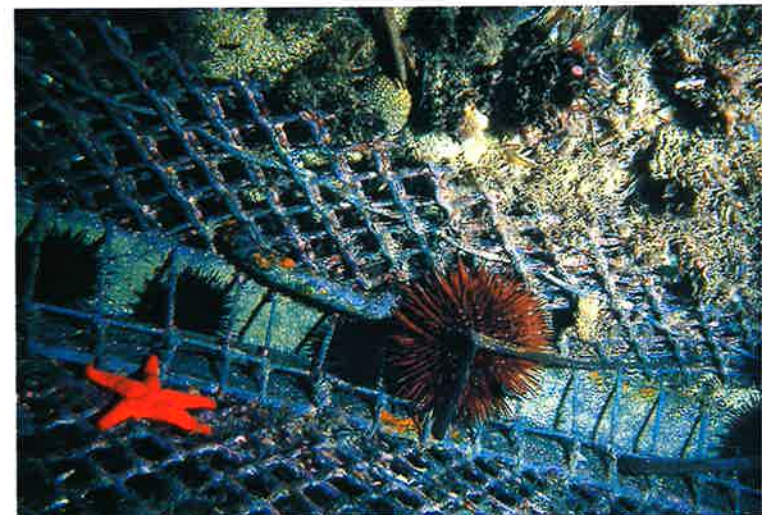
Photo 2
Oursins hors de la cage
en situation non protégée - 1988

Photo 1



Photos Ph. DELMAS

Photo 2



(1) C.E.R.A.M., U.E.R. Aix-Marseille III,
Av. Escadrille Normandie-Niemen (case 341),
F., 13397 Marseille CEDEX 20.

(2) Station Marine d'Endoume, Rue de la Batterie des Lions,
F., 13007 Marseille

LES RÉSERVES MARINES/ LA RÉSERVE DU LARVOTTO

eaux usées de l'agglomération marseillaise, où les densités moyennes de *P.lividus* étaient alors de 50 individus/m² (Delmas, 1992). Une opération semblable, avec des oursins prélevés également dans le secteur de Cortiou, a été conduite en 1986 par Gras (1987) dans la réserve sous-marine de Monaco, où 6000 *P.lividus* ont été implantés dans l'herbier de posidonies et sur une des digues protégeant les plages du Larvotto. Cette expérience faisait suite à une première tentative de réintroduction de l'espèce, réalisée en juillet 1985, au niveau du récif artificiel situé à -8m en face des plages. En effet, à cette date, nous avons observé qu'il n'y avait pas de *P.lividus* dans la réserve, tant sur le récif que dans l'herbier environnant (Delmas, 1985).

L'intérêt de ces opérations de repeuplement était d'obtenir, en 5 mois, des oursins commercialisables, dont les glandes sexuelles ou gonades soient bien développées, puisqu'il s'agit de la partie consommée, mais aussi, et surtout, de favoriser le réensemencement en augmentant la densité des populations. Comme ces *P.lividus* provenaient de sites soumis à une pollution complexe, nous avons décidé de mesurer les concentrations de quatre métaux lourds qui sont reconnus comme ayant une action néfaste, aussi bien sur le poids des gonades que sur la qualité des cellules sexuelles et le développement larvaire. Il s'agit du cuivre, du cadmium, du zinc, et du plomb dont les concentrations, au delà d'un certain seuil, sont susceptibles de perturber le métabolisme des oursins aussi bien au cours de leur vie en pleine eau, dans le plancton, que de leur vie sur le fond (Régis et al., 1988).

Déroulement des opérations et résultats

Deux stations de prélèvement ont été sélectionnées dans le secteur de Marseille-Cortiou. Elles représentent les points extrêmes de la zone généralement prospectée par les "oursiniers" lors des opérations de repeuplement. Il s'agit de la Calanque de l'Escu (Station 1) et de la Calanque de Marseilleveyre (Station 2) situées respectivement à 1200 m et 2800 m à l'Ouest de l'émissaire dans le sens d'étalement du panache de dilution (Fig.1).

Le site de stabulation (secteur considéré comme non pollué dans lequel les animaux peuvent éliminer les substances toxiques accumulées dans leur organisme) a été sélectionné en fonction de la qualité de ses eaux, mais aussi de la surveillance exercée sur les lieux, afin d'éviter le pillage des installations par des plongeurs peu scrupuleux. La Réserve sous-marine de Monaco répondait à ces deux critères. De plus, nous avons pu, sur ce site, bénéficier de l'assistance technique de l'équipe de plongeurs de l'Association Monégasque pour la Protection de la Nature, qui contrôlait régulièrement l'état de nos installations.

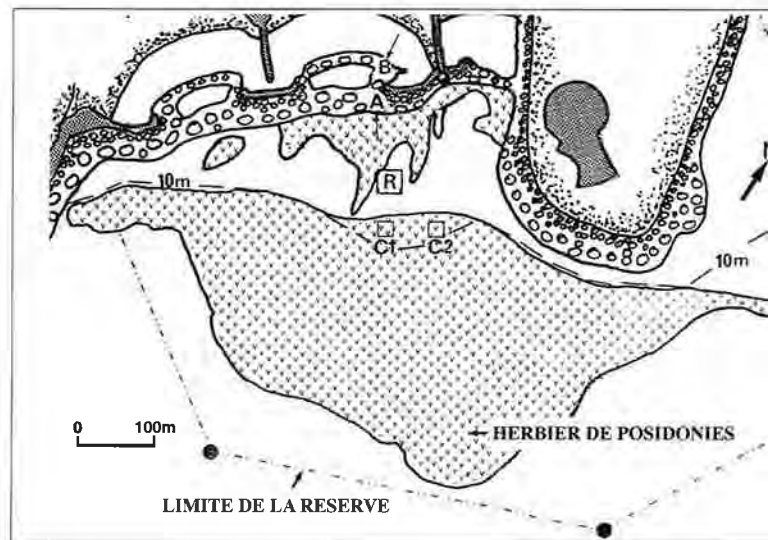
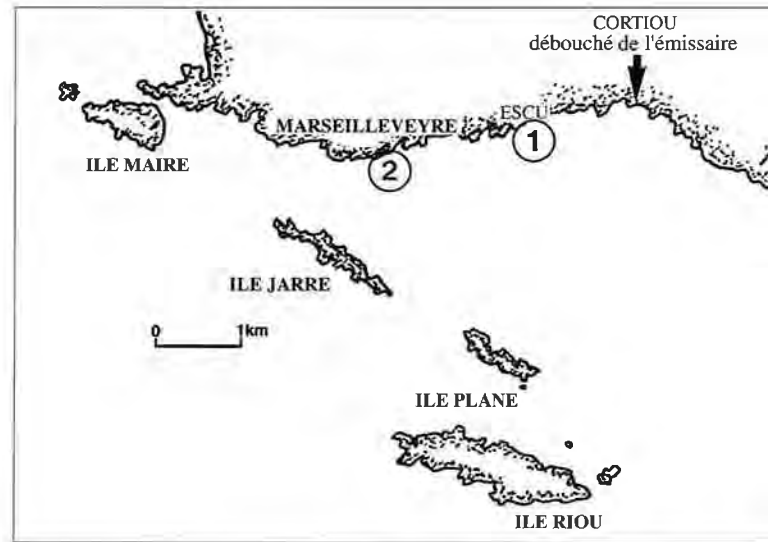


Fig. 1
Localisation des stations
de prélèvement dans
l'entonnoir de Cortiou.

Fig. 2
Localisation des cages de stabulation
(C1 et C2) et des points de comptage
de *P. lividus* (A et B) dans la Réserve
sous-marine de Monaco.
(R : Récif artificiel situé à -8m).

Deux expériences de stabulation ("désintoxication") ont été réalisées de juin à novembre 1986 et de mai à septembre 1988. Elles ont été conduites en corrélation avec l'opération de repeuplement en *P.lividus* de la réserve sous-marine de Monaco (Gras, 1987). Afin d'éviter tout effet de prédation et de fuite, deux cages sans fond ont été construites et amarrées sur l'herbier de posidonies, à -10m de profondeur, au large des plages du Larvotto (Fig.2). Pour

chaque expérience, 400 *P. lividus* ont été prélevés en plongée, en scaphandre autonome, dans chacune des deux stations choisies sur le site de Cortiou. Ils ont été transportés le jour même à Monaco et immergés dans les cages (*photo 1*). Les *P. lividus* provenant de la calanque de l'Escu (St.1) étaient des jeunes de diamètre compris entre 25 et 30 mm, ceux de la calanque de Marseilleyeyre (St.2) étaient des adultes de diamètre compris entre 35 et 45 mm. Lors de la première expérience, deux prélèvements ont été effectués, en juillet et en novembre 1986 après le transfert de juin ; au cours de la deuxième expérience, les prélèvements ont été mensuels. Les concentrations en métaux lourds ont été dosées dans les glandes sexuelles et le tube digestif, nous les avons comparées à celles mesurées sur des *P. lividus* du Parc National de Port-Cros, considéré comme un site de référence de milieu peu pollué en Méditerranée Nord-occidentale.

Au cours de ces expériences, nous avons également observé la croissance du "squelette" calcaire, ou test, formant l'"enveloppe" de l'oursin. En effet, à la station 1, nous avons constaté que les *P. lividus* cessaient de grandir vers l'âge de 5-6 ans (25-30 mm de diamètre) (Delmas, 1992), correspondant à la première phase de maturation des cellules sexuelles. Afin d'expliquer ce phénomène, nous avons émis l'hypothèse suivante (Delmas, 1992): jusqu'à l'âge de 5 ans, les *P. lividus* utiliseraient l'énergie disponible pour croître et résister aux agressions liées à la présence de polluants. Dès l'âge de 5 ans, l'apport nutritionnel serait utilisé en priorité pour l'élimination des substances toxiques et le développement des glandes sexuelles au détriment de la croissance. Les expériences de stabulation dans la Réserve sous-marine de Monaco devaient nous permettre de confirmer cette hypothèse.

Les concentrations en métaux observées au début de l'expérience de 1986 chez les *P. lividus* prélevés dans les deux stations sont du même ordre de grandeur que les valeurs moyennes mesurées dans les sédiments du secteur pollué de Marseille-Cortiou (Arnoux, 1987): le zinc est l'élément dominant, puis, par ordre décroissant, viennent le plomb, le cuivre et le cadmium. Après un mois de stabulation, les concentrations en cuivre, plomb et cadmium demeurent encore élevées chez les oursins dans les deux cages (*Fig.3 et 4*). En fin de stabulation (5 mois), elles sont, sauf pour le cuivre, inférieures à celles observées dans la baie de Port-Man (Parc National de Port-Cros) où les peintures antissalissures recouvrant les coques de navires libèrent dans l'eau des éléments métalliques (Augier et al., 1987).

Au cours de cette première expérience, nous avons observé une croissance du test des oursins de la cage 1 (station 1) dont le diamètre moyen a augmenté significative-

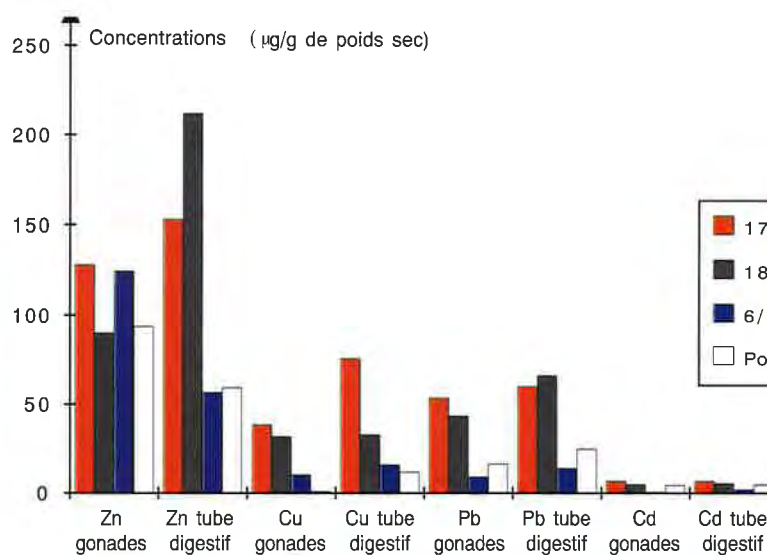


Fig. 3
Dynamique des concentrations en zinc (Zn), cuivre (Cu), plomb (Pb) et cadmium (Cd) dans les gonades et le tube digestif des *P. lividus* de la cage 1. Expérience de 1986.

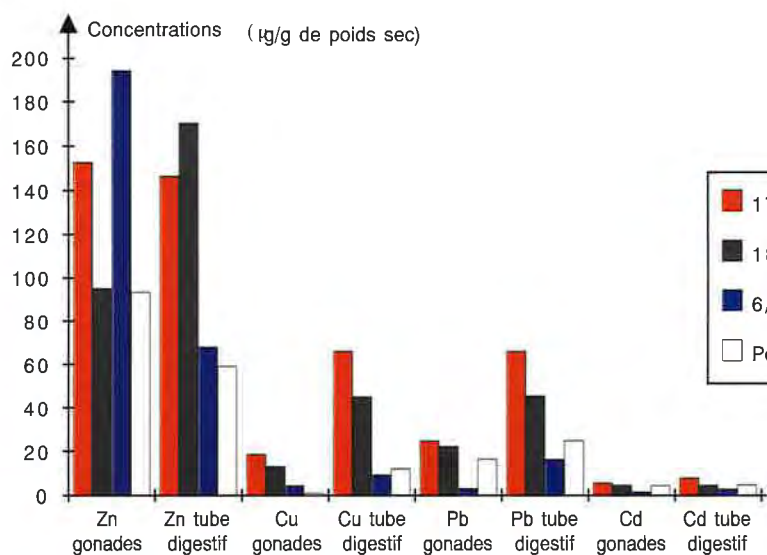


Fig. 4
Dynamique des concentrations en zinc (Zn), cuivre (Cu), plomb (Pb) et cadmium (Cd) dans les gonades et le tube digestif de *P. lividus* de la cage 2. Expérience de 1988.

ment en cinq mois de 2,8 mm. Le "nanisme" dont ils semblaient atteints (Delmas 1992) ne serait donc pas irréversible. Cette observation conforte l'hypothèse selon laquelle les processus de désintoxication, qui en milieu pollué doivent fonctionner de manière quasi-permanente, sont en partie responsables d'un déficit dans le bilan énergétique, limitant la croissance déjà ralentie en raison de la préparation de la première maturité sexuelle.

Lors de l'expérience de 1988, nous avons travaillé avec des oursins relativement moins "contaminés" qu'en 1986 en raison de la mise en fonction, en novembre 1987, de la station d'épuration des eaux de Marseille laquelle retient de 64%(Cu) à 79%(Pb) des métaux étudiés. Les oursins témoins provenant du Parc National de Port Cros ont été prélevés sur une paroi rocheuse verticale tournée vers le large et soumise à un mode battu ; l'influence des peintures antissalissures y est inexistante.

La dynamique du cadmium, en raison de trop faibles concentrations au début de l'expérience, n'a pu être observée de manière significative.

Le cuivre est le seul métal pour lequel la dynamique soit semblable dans les deux cages (Fig. 5 et 6), donc indépendante de l'âge et de l'origine des individus. Le processus de décontamination qui s'amorce dans le tube digestif dès le deuxième mois, est régulier et très efficace, puisqu'en fin d'expérience le cuivre, dans les organes étudiés, ne présente plus que des concentrations très faibles et même nulles.

La dynamique du plomb pourrait être liée au métabolisme des *P.lividus* qui doit être plus élevé chez les adultes de la cage 2 que chez les jeunes de la cage 1. Ainsi, chez les oursins de la cage 1, les concentrations en plomb diminuent progressivement pour se rapprocher des valeurs observées chez les témoins de Port-Cros (Fig.5). Dans la cage 2, malgré une adaptation immédiate aux eaux monégasques, les oursins paraissent avoir des difficultés pour éliminer le plomb, qui doit se trouver stocké sous une forme non toxique dans des cellules pouvant transiter d'un compartiment à l'autre de l'animal.

De tous les métaux étudiés, c'est le zinc qui est le moins bien éliminé par les oursins. En effet, quelle que soit l'expérience considérée, la concentration de ce métal, qui évolue de manière inverse dans les glandes sexuelles et le tube digestif (Fig.3, 4 et 6), est toujours élevée en fin d'expérience. Il semble que le zinc puisse être échangé entre différents compartiments de l'animal : glandes sexuelles, tube digestif, mais aussi, probablement test ou piquants. Il est donc possible qu'il participe en tant qu'oligoélément à certains processus physiologiques de l'oursin. Cette hypothèse est confortée par les observations de Fenaux et al. (1983) réalisées lors d'une étude sur la maladie de "l'oursin chauve" : l'analyse comparée des concentrations en zinc sur des

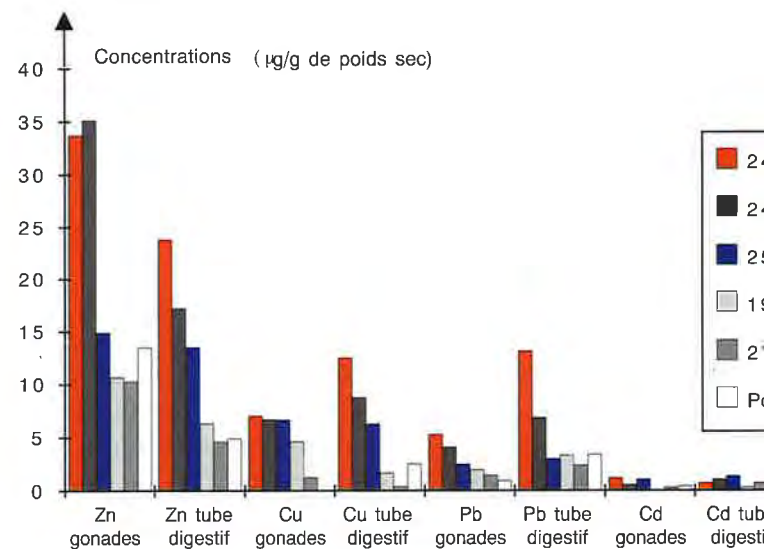


Fig. 5
Dynamique des concentrations en zinc (Zn), cuivre (Cu), plomb (Pb) et cadmium (Cd) dans les gonades et le tube digestif des *P. lividus* de la cage 1.

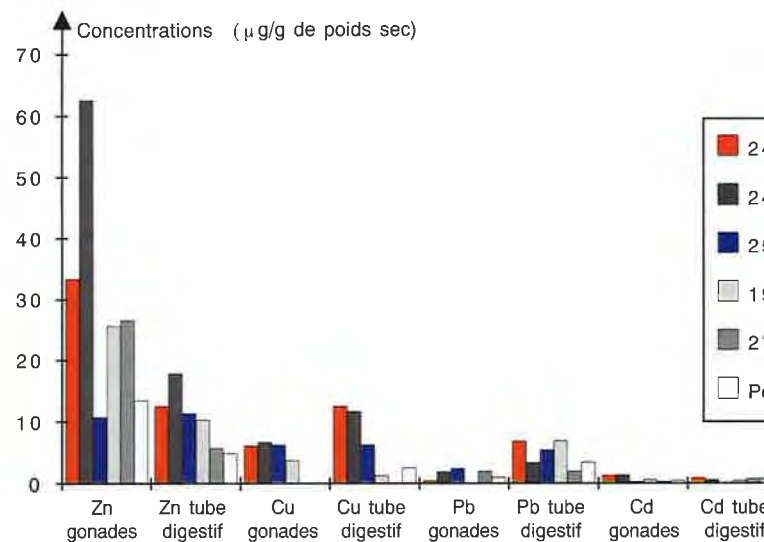


Fig. 6
Dynamique des concentrations en zinc (Zn), cuivre (Cu), plomb (Pb) et cadmium (Cd) dans les gonades et le tube digestif des *P. lividus* de la cage 2.

fragments sains et sur des fragments nécrosés de tests d'oursins malades, avait montré des proportions de 2 à 4 fois plus élevées sur les fragments nécrosés. De même, chez des oursins en voie de cicatrisation, les tissus en cours de régénération présentaient des concentrations en zinc toujours supérieures. Or, ce métal a été décrit en tant qu'activateur d'un enzyme (catalyseur biologique) nécessaire à la synthèse du calcaire (Schapira, 1959; Gendron et Vicente 1986). Il entre également dans la constitution d'enzymes indispensables aux phénomènes de division cellulaire (Schapira, 1959). On peut donc supposer que le zinc interviendrait dans l'édification des plaques calcaires du test de l'oursin, hypothèse qui semble confirmée par nos observations sur la croissance lors de l'expérience de 1988 :

- Chez les oursins de la cage 1, la plus forte diminution de la concentration en zinc, observée en juillet (*Fig. 5*), coïncide avec une phase de croissance significative entre juin et juillet, laquelle se poursuit jusqu'en septembre (augmentation du diamètre des oursins de 3,2 mm). Chez ces oursins, la concentration en zinc dans les glandes sexuelles diminue les mois suivants pour se stabiliser à environ 10 mg/g, valeur qui correspond à celle observée en juillet chez les oursins de la cage 2.

- Chez les oursins de la cage 2, la plus forte diminution de la concentration en zinc dans les glandes sexuelles, observée en Juillet (*Fig.6*), coïncide avec une phase de croissance significative (augmentation du diamètre des oursins de 2,7 mm) observée entre Juillet et Août. Par la suite,

Photo 3
Prédation d'oursins
par sars et girelles sur enrochements - 1988.



Photos Ph. DELMAS.

Photo 4
Oursins adultes
dans les enrochements - 1995.

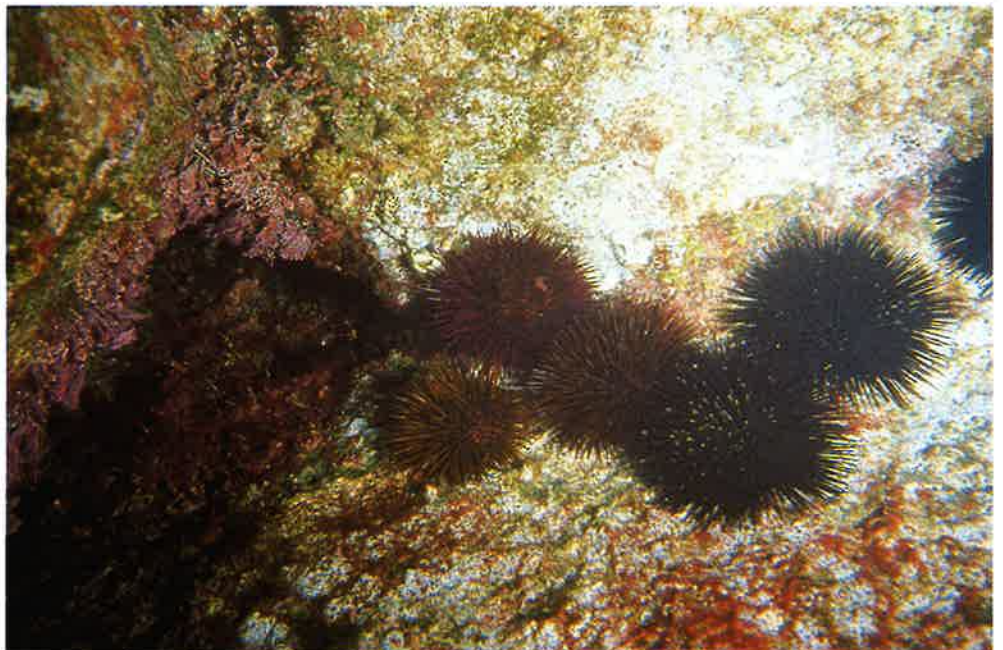




Photo Ph. DELMAS.

Photo 5

Groupe de *Paracentrotus lividus* dans touffe de *posidonies*, au niveau de la digue (Fig. 2, A) d'une des plages du Larvotto.

la concentration en zinc dans les glandes sexuelles augmente à nouveau et la croissance ne se poursuit pas.

Le zinc, probablement stocké dans des cellules mobiles présentes dans les glandes sexuelles, pourrait être transporté vers les zones d'édification de nouvelles plaques du test, où il favoriserait les divisions cellulaires et la synthèse de calcaire. Chez les oursins de la cage 2, la croissance ne se poursuivant pas au cours des mois suivants, une partie du zinc serait à nouveau stockée ce qui expliquerait l'augmentation de sa concentration dans les glandes sexuelles à partir d'août.

Les résultats des expériences de stabulation, corrélées à des expériences de repeuplement, s'étant révélés positifs, il convenait d'observer l'état des populations d'oursins comestibles dans la réserve sous-marine de Monaco environ 10 ans après. Nous avons donc effectué, en janvier 1995, une évaluation des densités de *P. lividus* dans la Réserve sous-marine de Monaco. Les comptages ont été effectués en plongée en scaphandre autonome, à l'aide d'un cadre de 1 m² déplacé au hasard sur les rochers et les éboulis au niveau de la digue d'une des plages (Fig.2).

En 1986, deux mois après l'implantation de 6000 *P. lividus* dans la Réserve sous-marine de Monaco, Gras (1987) indiquait "que malgré une mortalité initiale très importante, les oursins s'étaient bien adaptés à leur environnement qu'ils colonisaient progressivement". Cet auteur prévoyait l'apparition de juvéniles dans le courant de l'hiver 87-88.

Nos observations réalisées en 1995 confirment les prévisions de Gras. En effet, nous avons compté, sur l'éboulis faisant suite à la digue orientée vers la plage (Fig. 2, B), des densités moyennes de 3 *P. lividus* /m² (Photo 5). Sur les blocs d'endiguage, orientés vers le large (Fig.2, A), et donc soumis à un mode plus agité, les densités moyennes sont de 1,7 individus/ m². Ces valeurs correspondent à un peuplement équilibré, semblable à celui décrit par Harmelin et al. (1980) dans le Parc National de Port-Cros : 3,4 ind./m². Le diamètre moyen de ces oursins est compris entre 40 et 60 mm, ce qui pourrait correspondre à des individus nés entre 1987 et 1988.

Conclusion

Ces expériences, réalisées dans la Réserve sous-marine de Monaco, ont prouvé l'efficacité de la stabulation en ce qui concerne l'élimination du cuivre, du plomb et du cadmium dans les glandes sexuelles et le tube digestif de *P.lividus* provenant d'un secteur pollué.

En 1986, en fin d'expérience, les concentrations en cuivre et cadmium (Fig.3 et 4) étaient en deçà des normes sanitaires établies par le GIPM (1973) pour les mollusques et les poissons (Cu: 5 (poissons) à 40 mg/kg (mollusques), Cd: 1 (poissons) à 5 (mollusques) mg/kg). Par contre, les concentrations en plomb avaient encore, sauf dans les glandes sexuelles des *P.lividus* de la cage 2 (Fig.4), des valeurs supérieures à ces normes (< 6 mg/kg). Après élimination des métaux, ces oursins, transplantés massivement dans la Réserve sous-marine de Monaco (Gras, 1987), ont dû se reproduire comme le prouvent nos observations de 1995.

En 1988, après cinq mois de "désintoxication", les concentrations en plomb cuivre et cadmium (Fig. 5 et 6) étaient toutes en deçà des normes établies par le G.I.P.M.

Ainsi, si une opération de repeuplement à des fins commerciales avait eu lieu en avril 1988, les concentrations métalliques dosées dans l'organisme de *P.lividus* n'auraient pas représenté un facteur limitant pour une éventuelle exploitation des stocks en septembre.

Si le plomb, le cuivre et le cadmium sont éliminés avec une dynamique assez régulière, il n'en est pas de même pour le zinc qui reste toujours, quelle que soit l'expérience considérée, le métal le plus concentré dans l'organisme des oursins. Ce métal pourrait, en effet, intervenir dans la croissance de *P.lividus* en favorisant l'édification de nouvelles plaques du test.

Enfin, chez les oursins de la calanque de l'Escu (cage 1) placés en stabulation à Monaco, nous avons observé, quelle que soit l'expérience, une croissance relativement rapide. Ces observations confirment donc l'hypothèse selon laquelle, à la calanque de l'Escu, les réserves énergétiques dont disposaient les oursins étaient insuffisantes pour assurer à la fois la résistance aux polluants, le développement des glandes sexuelles et la croissance qui était alors partiellement inhibée.

Bibliographie

ARNOUX A., 1987. - Rapport sur l'analyse de polluants dans les sédiments et les organismes, site de Cortiou. Campagne de prélèvement de Juillet 1987- Décembre 1987. Document ville de Marseille. 86 p. + 35 Planches. (Diffusion limitée).

AUGIER H., RAMONDA G., SANTIMONE M., 1987. - Teneurs en métaux lourds des oursins comestibles *Paracentrotus lividus* (Lamarck) dans les zones à grande activité touristique de l'île de Port-Cros. In. Actes Colloque Intern. sur *Paracentrotus lividus* et les oursins comestibles, Carry-le-Rouet, Fr. 21-22 Février 1987, C.F. Boudouresque (ed.), GIS Posidonie, Marseille: 271-284.

DELMAS PH., 1985.- Réintroduction de l'oursin comestible *Paracentrotus lividus* (Lmck) dans la Réserve de Monaco. A.M.P.N., C.R. des activités 1984/1985: p.17.

DELMAS PH., 1992.- Etude des populations de *Paracentrotus lividus* (Lam.) (Echinodermata, Echinoidea) soumises à une pollution complexe en Provence Nord-Occidentale: densités, structure, processus de détoxification (Zn, Cu, Pb, Cd, Fe). Thèse Doc., Université Aix-Marseille III, France, 203p. multigr.

FENAUX L., VAGO C., VIVARES C., 1983.- Recherche sur les nécroses dermiques de l'oursin comestible *Paracentrotus lividus* (Lam.) Rapport au Conseil Régional Provence Alpes Côte d'Azur, Contrat 62028: 32 p. (Diffusion limitée).

GENDRON F. ET VICENTE N., 1986.- Approche de l'action physiopathologique des peintures antissalissures à base d'organo-étains et de l'oxyde de tributylétain sur la composition en cuivre et en zinc de l'huître *Crassostrea gigas*. In Actes du VIe colloque de la Soc. franç. de malacologie et colloque "Contamination, intoxication et perturbation des mollusques marins", Wimerieux, 4-8 Novembre 1985. *Haliotis*, 15: 327-334.

G.I.P.M., 1973.- Rapport pour une politique de lutte contre la pollution des mers. Groupe Interministériel d'étude des problèmes de pollution de la mer. La documentation Française: 44 p. multigr.

GRAS G., 1985.- Exploitation de l'oursin comestible *Paracentrotus lividus* (Lmck) dans le Quartier Maritime de Marseille: zones de pêche, densité des populations, indices physiologiques, DEA Ecol. médit. opt. Ecol. litt. Univ. Aix-Marseille III, France, 36 p. multigr. et annexes. (Diffusion limitée)

GRAS G., 1987. - Tentative de repeuplement en oursins comestibles de la réserve sous-marine de Monaco: transfert massif de *Paracentrotus lividus* en provenance du Golfe de Marseille. Compte rendu des activités 1986-1987 de l'Association Monégasque pour la Protection de la Nature (Diffusion limitée): 26-29.

HARME LIN J.G., BOUCHON C., DUVAL C., HONG J.S., 1980. - Les échinodermes de substrat dur de l'île de Port-Cros. Eléments pour un inventaire quantitatif. *Trav. sci. Parc nation. Port-Cros*, 6: 25-38.

JANGOUX M. ET MAES P., 1988. - Les epizooties chez les oursins réguliers (Echinodermata). In. Actes Colloque Intern. sur *Paracentrotus lividus* et les oursins comestibles, Carry-le-Rouet, Fr. 21-22 Février 1987, C.F. Boudouresque (ed.), GIS Posidonie, Marseille: 299-307.

LE DIREAC'H J.P., 1987.- La pêche des oursins en Méditerranée : Historique, techniques, législation, production. In. Actes Colloque Intern. sur *Paracentrotus lividus* et les oursins comestibles, Carry-le-Rouet, Fr. 21-22 Février 1987, C.F. Boudouresque (ed.), GIS Posidonie, Marseille: 335-362.

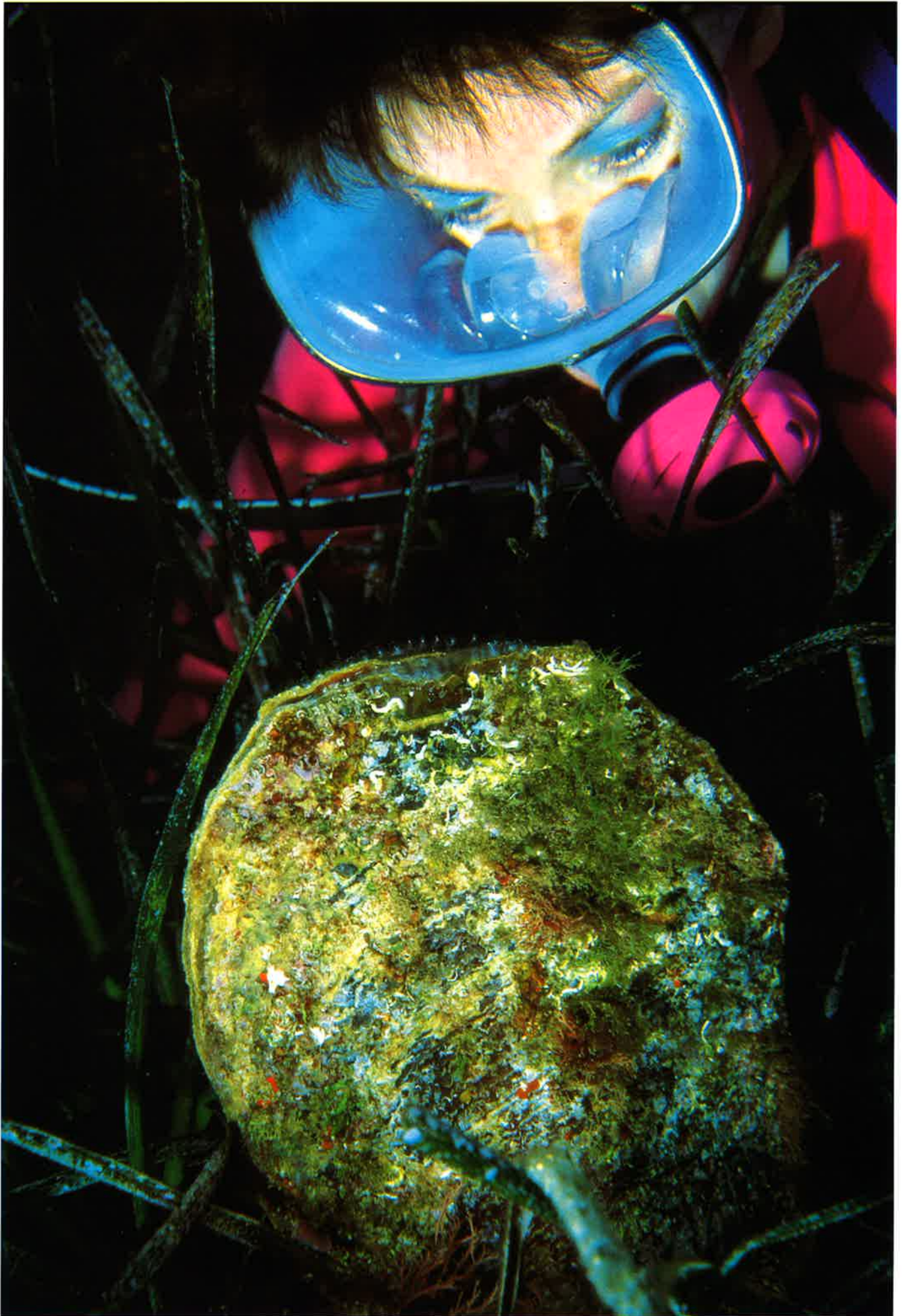
LE GALL P. ET BUCAILLE D., 1987. - Intérêt d'un élevage intensif de

l'oursin violet, *Paracentrotus lividus*. In. Actes Colloque Intern. sur *Paracentrotus lividus* et les oursins comestibles, Carry-le-Rouet, Fr. 21-22 Février 1987, C.F. Boudouresque (ed.), GIS Posidonie, Marseille: 399-405.

RÉGIS M.B., DELMAS P. ET GRAS G., 1988. - Distribution et densité des populations de *Paracentrotus lividus* (Lam.) du littoral méditerranéen français: potentiel d'eutrophie des eaux et présence d'altéragènes chimiques. In. *Echinoderm Biology, proc. of the sixth Intern. Conf. Echinoderm.*, Victoria, 22-28 August 1987, R.P. Burke et al. (eds.), Balkema, Rotterdam: 483-492.

RÉGIS M.B., 1989. - Impacts et résultats de la campagne "Sauvons l'oursin comestible: *Paracentrotus lividus*" (Echinodermata, echinoidea). In. Actes du VI e Séminaire Int. sur les Echinodermes, Ile des Embiez, (Var, France), 19-22 Septembre 1988, M.B. Régis (ed.), *Vie Mar.*, H. S. 10: 150-157.

SCHAPIRA G., 1959. - Biochimie générale. Flammarion Médecine-Sciences eds.: 355 p.



LA RÉIMPLANTATION DE LA GRANDE NACRE DE MÉDITERRANÉE *Pinna nobilis* L.

par

Béatrice DE GAULEJAC ⁽¹⁾ et *Nardo VICENTE* ⁽²⁾

Pinna nobilis L. dénommée communément nacre ou jambonneau est le plus grand coquillage bivalve de Méditerranée et sans doute l'un des plus grands au monde avec les bénitiers tropicaux du genre *Tridacna*. En effet, la nacre peut atteindre et dépasser quelquefois la taille de 100 cm. Des individus d'une telle taille se rencontrent encore occasionnellement sur les rivages corses.

C'est une espèce endémique de la Méditerranée au même titre que l'herbier de Posidonie auquel elle est inféodée, et elle peut se rencontrer parmi les Cymodocées en milieu lagunaire. Sa grande taille et sa capacité de filtration font de *Pinna nobilis* un indicateur biologique de la qualité du littoral méditerranéen, au même titre que *Posidonia oceanica* (Vicente et de Gaulejac, 1993). Elle fixe notamment les polluants métalliques et radioactifs.

Elle disparaît en même temps que l'herbier, agressée par diverses nuisances humaines. Les aménagements gagnés sur la mer : endigages, plate-formes, plages artificielles, en détruisant les posidonies, entraînent la disparition des nurseries de *Pinna*. Les jeunes individus en effet s'implantent le plus souvent par petits fonds, et ce sont ceux-là même qui sont détruits par les restructurations des rivages. Les rejets d'eaux usées avec leurs principes toxiques : détergents, herbicides, métaux lourds affectent les oeufs, les larves et les jeunes individus.



(1) Attachée d'études et de recherches au CERAM. Docteur es'Sciences.

(2) Professeur de Biologie Marine - Directeur du CERAM. Centre d'Etude des Ressources Animales Marines (CERAM), Faculté des Sciences et Techniques de Saint-Jérôme, 13397 MARSEILLE CEDEX 20

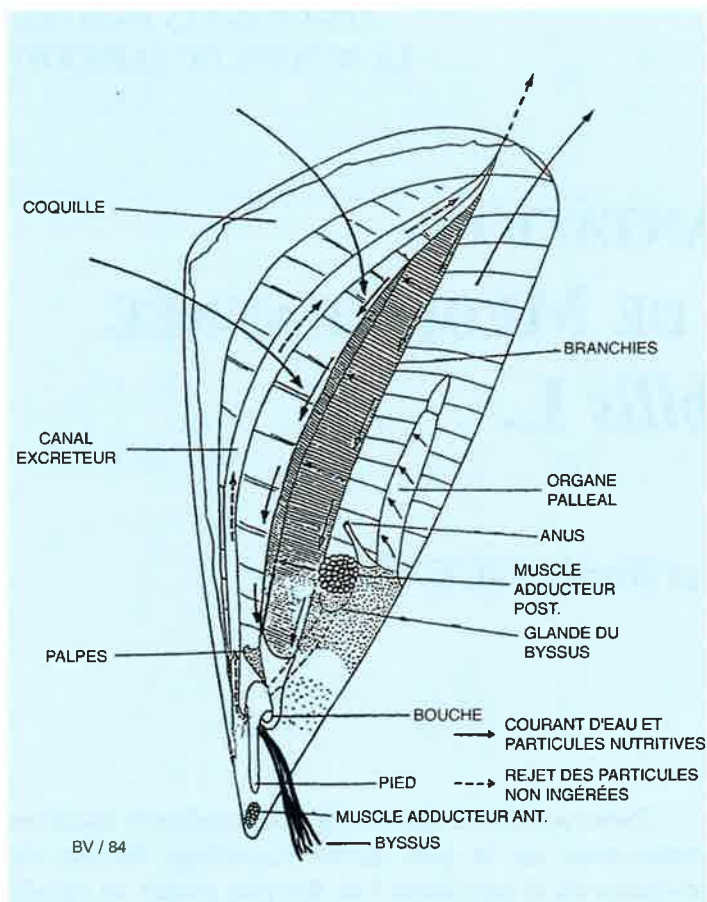


Fig. 1. - Anatomie de *Pinna nobilis*.



Les ancres des navires et les chaluts cassent les coquilles fragiles. Avec l'avènement de la plongée sous-marine en scaphandre autonome, la nacre est devenue un objet de convoitise et de souvenir souvent présent dans les boutiques de la Côte d'Azur. Enfin, les prédateurs peu nombreux (poules, daurades, sars) s'attaquent essentiellement aux jeunes individus.

L'espèce était exploitée en diverses régions de la Méditerranée, jusqu'au début du siècle. Il en était ainsi en Italie du Sud, en Sicile, à Malte, où la nacre était utilisée pour la fabrication des boutons. Le byssus très grand et soyeux, servait à tisser des gants, des écharpes et des bonnets. D'aucuns prétendent que la mythique Toison d'or fut confectionnée avec le byssus de *Pinna*.

Peu à peu les populations se sont rarifiées sur tout le littoral méditerranéen de la côte septentrionale, et sa protection est devenue nécessaire (Vicente et Moreteau 1991). C'est ainsi que par Arrêté du 26 novembre 1992 le Ministère de l'Environnement a interdit la capture, la vente et tout autre action pouvant nuire à la pérennité de l'espèce. *Pinna nobilis* est aujourd'hui protégée en France et par la volonté de S.A.S. le Prince Rainier, dans la réserve marine de Monaco.

Sur les rivages de la Principauté de Monaco l'espèce semblait absente lors de la création de la Réserve sous-marine en 1976. Ce fait avait été constaté après de nombreuses plongées (Hignette 1983). Or cette réserve constitue un endroit privilégié à l'abri du prédateur humain pour implanter l'espèce, et suivre sa croissance.

Premières réimplantations

C'est en 1979 que Michel Hignette alors responsable de l'Aquarium de Monaco eut l'heureuse idée d'implanter 26 individus en provenance de Corse et de la région toulonnaise où l'on trouvait encore en abondance des nacres adultes. Ces nacres furent plantées dans le sédiment par 15 m de fond après avoir été mesurées et marquées avec des étiquettes en matière plastique, fixées par un fil de nylon traversant la coquille près de la charnière. Sur ces 26 nacres, trois ans plus tard il en restait 16 vivantes, qui ont été mesurées après avoir été déplantées.

Pinna nobilis qui vit plantée dans le sédiment par sa pointe effilée, peut s'enfoncer plus ou moins selon l'hydrodynamisme du milieu ; elle s'accroche par son byssus aux grains de sable et aux rhizomes de *Posidonies*. Elle tend à s'incliner valves entrouvertes dans le sens du courant pour mieux capter les particules nutritives.

La déplantation doit se faire avec précaution après avoir creusé le sable tout autour de la pointe, sans sectionner le byssus ni ébrécher l'extrémité de la coquille. De la sorte, après observation et mesure, l'animal peut être replanté sans problème.

La croissance constatée dans la Réserve de Monaco apparaît beaucoup plus faible que celle d'une population étudiée au Parc National de Port Cros (Vicente et al, 1980). Plusieurs raisons peuvent être invoquées : le changement de biotope, le stress provoqué par la collecte, le transport et le marquage, de même que la quantité de nourriture disponible dans la Réserve.

Au même moment Hignette découvrait à plus grande profondeur, vers 24 m, sur fond sablo-vaseux de jeunes *Pinna* d'une taille de 15 cm, dont l'âge était d'environ 1 an et demi, d'après la table de vie de Moreteau et Vicente (1980) établie pour les nacres de Port-Cros. Cette découverte permettait d'émettre l'hypothèse que la population implantée s'était reproduite, mais aussi bien pouvait-il s'agir d'un recrutement larvaire extérieur, favorisé par les courants entrant dans la Réserve.

Nouvelles implantations en 1990

A la demande de Eugène Debernardi, Président de l'AMPN nous avons tenté dans un premier temps de retrouver les nacres implantées par Hignette en 1979. Seules les valves d'une *Pinna* morte ont pu être retrouvées à la pointe du Sporting Club. Lors de leur implantation les nacres avaient une taille de 35 à 60 cm, et donc un âge estimé entre 4 et 10 ans, or la durée moyenne de vie de l'espèce est de 15 ans. Il est donc plausible de penser que les individus ont disparu par mort naturelle.

A notre initiative nous avons procédé à de nouvelles réimplantations. Pour cela nous avons prélevé dix individus dans l'étang de Diana en Corse orientale où une population de nacres était étudiée depuis 1989 (de Gaulejac). Ces 10 individus, après transport dans des bidons en matière plastique opaque, remplis d'eau de mer saturée en oxygène, ont été réimplantés dans la Réserve.

La hauteur totale des individus réimplantés variait entre 28,5 et 38 cm. Deux sites de réimplantation avaient été choisis :

- derrière la pointe du Sporting Club, entre 13 et 15 m de fond, à proximité d'un récif artificiel,
- avant la pointe du Sporting Club, face à la plage, entre 14 et 16 m de fond, en bordure des éboulis.

Chaque individu a été marqué à l'aide d'une plaque en aluminium gravée d'un numéro et fixée par un collier en matière synthétique autour de la coquille, au niveau du sédiment. Par ailleurs un flotteur "repère" dépassant l'herbier de Posidonie permet de repérer le lieu d'implantation.

Les individus ont été plantés sur un tiers environ de leur longueur, et la hauteur au dessus du sédiment (Hs), a été mesurée ainsi que la plus grande largeur (Lc). Ces mesures sont effectuées à l'aide d'un compas à pointes sèches, et d'un mètre ruban de couturière, qui permet de noter l'écartement des pointes. Une dernière mesure concerne la largeur de la coquille au niveau du sédiment (lc). Ces paramètres sont utilisés pour évaluer la hauteur totale de la coquille sans déplanter l'animal. (Moreteau et Vicente 1982).

Une plongée de contrôle, le lendemain de la réimplantation nous a permis de vérifier le bon état des animaux qui

avaient repris leurs fonctions de filtration, valves entrebaillées montrant l'étalement des branchies jusqu'au sommet de la coquille, et se refermant vivement à l'approche du plongeur.

D'autres secteurs de la réserve ont été prospectés et cinq nacres ont été découvertes entre 7 et 15 m de profondeur. Leur hauteur totale estimée est comprise entre 21 et 52 cm. Cet éventail de tailles montre que le recrutement de *Pinna nobilis* se fait dans de bonnes conditions et régulièrement depuis 7 ans environ dans la Réserve de Monaco.

L'observation de coquilles de *Pinna* présentes à l'état naturel dans la Réserve montre que leur morphométrie est identique à celle rencontrée en milieu ouvert comme à Port Cros (Vicente et al 1980), ou à la Réserve naturelle de Scandola en Corse. Elles sont plus larges et plus effilées que la coquille des *Pinna* de l'étang de Diana (de Gaulejac et Vicente 1990) milieu lagunaire côtier aux conditions édaphiques très différentes de la mer ouverte (de Gaulejac 1993).

Evolution de la population implantée

Trois mois après leur implantation, les 10 nacres introduites dans la Réserve ont été observées 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 de l'activité du byssus. L'observation d'une croissance de la coquille qui se manifeste par un voile de calcite transparent d'un demi-centimètre de hauteur au sommet des valves, indique un bon état de santé, et une activité biologique normale (nutrition, croissance).

La survie de tous les individus implantés dans la Réserve est le témoignage de bonnes conditions du milieu, et indique une faible présence de prédateurs et en particulier du poulpe (*Octopus vulgaris*) qui provoque habituellement de fortes mortalités en d'autres secteurs où il est abondant. Peu ou presque pas de poulpes ont été rencontrés lors de nos plongées dans cette zone de la Réserve ou dans l'Herbier de Posidonie. Cette mortalité peut aller jusqu'à 80% des animaux implantés ou des juvéniles présents (de Gaulejac 1989).

Le suivi de cette petite population, permet de comparer la croissance des individus implantés avec celle d'autres *Pinna* introduites en d'autres secteurs du littoral méditerranéen (Archipel des Embiez, Parc Régional de la Côte Bleue ...) de même qu'avec celle des populations présentes naturellement. La découverte de *Pinna nobilis* de tailles variables dans la Réserve de Monaco montre que le recrutement s'effectue naturellement, et que les conditions de milieu sont favorables à l'espèce.

L'introduction d'espèces protégées comme *Pinna nobilis* dans les lieux privilégiés de notre littoral peut per-

LES RÉSERVES MARINES/ LA RÉSERVE DU LARVOTTO



Préparation
de la sortie en mer
pour l'implantation
des *Pinna nobilis*.

Photo
E. DEBERNARDI

mettre la reconstitution de populations nouvelles. C'est le cas pour la Réserve marine de Monaco depuis sa création. Un écosystème équilibré s'est reconstitué et participe à l'équilibre du littoral, comme c'est le cas pour les autres sites préservés.

L'implantation de *Pinna* adultes, aptes à la reproduction devrait amplifier le recrutement des juvéniles, et favoriser l'expansion de cette espèce menacée.

Les secteurs protégés permettent à la flore et à la faune de se régénérer pour le plus grand bien des zones de pêche voisines qu'ils contribuent à alimenter et à conforter.

Tous les utilisateurs du milieu marin doivent être conscients de l'intérêt que présentent de telles réserves pour la sauvegarde de la Méditerranée. Chacun, qu'il soit plai-

sancier, pêcheur, aménageur ou scientifique, ne peut que tirer des bénéfices substantiels dans son domaine, s'il consent à réserver quelques hectares d'où toute activité prédatrice, polluante ou contraignante (digués, ports, usines, égouts) doit être exclue.

Si l'homme dans son intelligence souvent orientée vers des objectifs de spéculation ou de rentabilité économique peut comprendre cela, il aura tout à gagner en retrouvant au cours des premières années du troisième millénaire, une Méditerranée vivante et généreuse qui ne pourra qu'améliorer son développement économique et culturel.

Encore faut-il y mettre le prix, et rendre à cette mer, berceau de notre civilisation un petit peu de ce qu'elle nous a donné avec tant de générosité, depuis des millénaires.

Bibliographie

De GAULEJAC, B. 1989 - Ecologie de *Pinna nobilis* L. Mollusque eu lamellibranche en baie de Calvi. DEA Environnement marin Fc. Sci. St-Jérôme. Marseille, pp 37.

De GAULEJAC, B. 1993 - Etude écophysiological du Mollusque Bivalve méditerranéen *Pinna nobilis* L. Reproduction, croissance, respiration. Thèse de l'Université d'Aix-Marseille III, pp. 220.

De GAULEJAC, B. et 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 eu lamellibranche) après implantation dans la Réserve sous-marine de Monaco. Rapp. Comm. Port. Mer. Médit., 28 : 3 : 237-238.

MORETEAU, J.C. et VICENTE N. 1980 - Etude morphologique et croissance de *Pinna nobilis* L. (Mollusque eu-lamellibranche) dans le parc national sous-marin de Port-

Cros (Var-France). Vie Marine, 2 : 52-58.

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

VICENTE, N., MORETEAU, J.C. et ESCOUBET, P. 1980 - Etude de l'évolution d'une population de *Pinna nobilis* L. (Mollusque eu-lamellibranche) au large de l'anse de la Palud (Parc national de Port-Cros) Trav. sc. parc Nat.de Port-Cros, 6 : 39-67.

VICENTE, N. et MORETEAU, J.C. 1991 - Statut de *Pinna nobilis* L. en Méditerranée (Mollusque eu-lamellibranche). In "Les espèces marines à protéger en Méditerranée". Boudouresque, C.F. Avon, M. et Gravez, V. édit., Gis Posidonie publ., Fr., 159-168.

VICENTE, N. et de GAULEJAC, B. 1993 - *Pinna nobilis* L. (Mollusque Bivalve), indicateur biologique du littoral méditerranéen. In "qualité du milieu marin. Indicateurs biologiques et physico-chimiques" Boudouresque, C.F., Avon, M. et Pergent-Martini, C. édit., GIS Posidonie publ., Fr : 141-150.

LES POSIDONIES DE LA RÉSERVE...

par

le Professeur Alexandre MEINESZ ⁽¹⁾

Petit historique en guise d'introduction ...

Janvier 1975. Jeune assistant au Laboratoire d'Ecologie marine de l'Université de Nice, alors dirigé par le Professeur Raymond Vaissière, j'étais amené à rédiger un rapport sur mes études réalisées dans le cadre de la réserve sous-marine expérimentale de Beaulieu-sur-Mer. C'était la première réserve sous-marine de petite surface créée en Méditerranée (quelques dizaines d'hectares). Avec mes collègues du Laboratoire d'Ecologie marine, nous avons constaté ce qu'on appelle maintenant l'effet réserve (Lafaurie et Meinesz, 1974). Cinq années après la création de la réserve, les poissons étaient très nombreux et se laissaient approcher aisément. Dans cette petite zone protégée, j'avais pu réaliser le premier récif artificiel de la région, sous la forme de ragues à Sars en assemblant, en plongée, des dalles de calcaire. L'effet de colonisation avait été spectaculaire.

Nous venions en outre de commencer nos études sur l'impact des ouvrages gagnés sur la mer, impact irréversible sur la surface exigüe de l'étage infralittoral. Ainsi, entre Menton et Théoule-sur-Mer, nous avons pu estimer que dans la tranche bathymétrique la plus riche du milieu benthique littoral (entre 0 et 20 mètres de profondeur), 13 % de la surface avait été définitivement détruits. 700 hectares avaient ainsi été recouverts ou endigués par 60 ouvrages

construits sur la mer, et, devant l'ensemble du littoral des Alpes-Maritimes et de Monaco, il n'y avait à l'origine qu'un total de 5300 ha de petits fonds entre 0 et -20m (Meinesz et Lefèvre, 1978).

Ces deux études préliminaires m'avaient conduit à lancer un appel à toutes les autorités locales : il fallait des mesures de compensation, mettre en place un réseau de petites réserves sous-marines, y construire des récifs artificiels, y transplanter des végétaux sous-marins.

A Monaco, venait de s'achever le terre-plein de Fontvieille. J'avais pris l'initiative d'adresser à son Altesse Sérénissime le Prince Rainier mon rapport d'études en soulignant l'utilité du concept des petites réserves sous-marines.

J'ai eu la satisfaction de recevoir une réponse très encourageante (20/01/1975). En me félicitant pour mes travaux le Prince me fit part de son souhait de créer une réserve sous-marine dans les eaux territoriales monégasques au large du Rocher de Monaco, sous le Musée Océanographique.

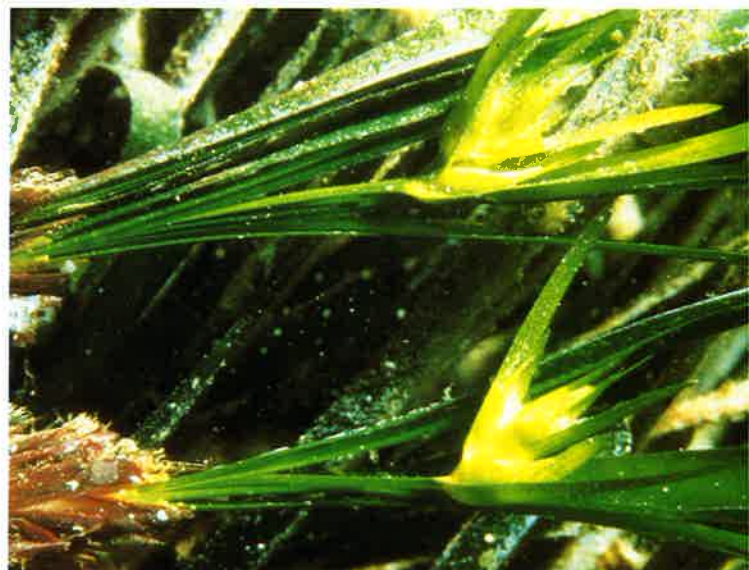
(1) Laboratoire Environnement Marin Littoral, Université de Nice-Sophia Antipolis, 06108 Nice Cédex 2



Une touffe
de Posidonies

Photos A. MEINESZ

Fleurs
de Posidonies



J'avais eu l'occasion de plonger sous le Musée. La pente y est très forte et sur le substrat rocheux la vie peu diversifiée. Les effluents de Monaco et des communes françaises limitrophes étaient alors rejetés non loin de là et les grands travaux réalisés à Fontvieille avaient généré beaucoup de vase. Le site, peu accessible, se prêtait mal à une démonstration utile pour la faune et la flore marines.

Nous avons par ailleurs constaté que devant les plages du Larvotto se trouvait le principal herbier de Posidonies de la Principauté. La pente est douce et on y trouve des substrats et des écosystèmes variés : des tumulus de roches protégeant les endigages, l'herbier de Posidonies, les intermattes de sable et, plus bas, le sable vaseux de l'étage circalittoral.

Conscient de l'intérêt que le Prince Rainier portait à ma démarche et aux études menées à l'Université de Nice, je suggérais, pour créer cette réserve, la zone s'étendant devant les plages du Larvotto.

Quelques mois plus tard le projet de réserve sous-marine fut mis à l'étude et sa réalisation confiée à l'Association Monégasque pour la Protection de la Nature créée spécialement à cet effet.

Ce petit historique montre simplement que l'herbier de Posidonies de la Réserve de Monaco a été déterminant dans la création de cette réserve.

Posidonia oceanica n'est pas une algue mais une plante à fleurs. C'est l'élément majeur des écosystèmes ben-

thiques littoraux de toute la Méditerranée. Si on trouve plus de 1000 espèces différentes d'algues macroscopiques, on n'y trouve que 5 espèces de plantes à fleurs, dont la Posidonie, qui représente à elle seule près de 80 % de la biomasse végétale sous-marine de la Méditerranée. La plante est de grande taille par rapport aux algues. Elle est pérenne, et constitue des peuplements denses support d'une vie intense. Pour toutes ces raisons l'herbier de Posidonies a été comparé à la forêt : c'est la forêt sous-marine.

Les Posidonies de la Principauté

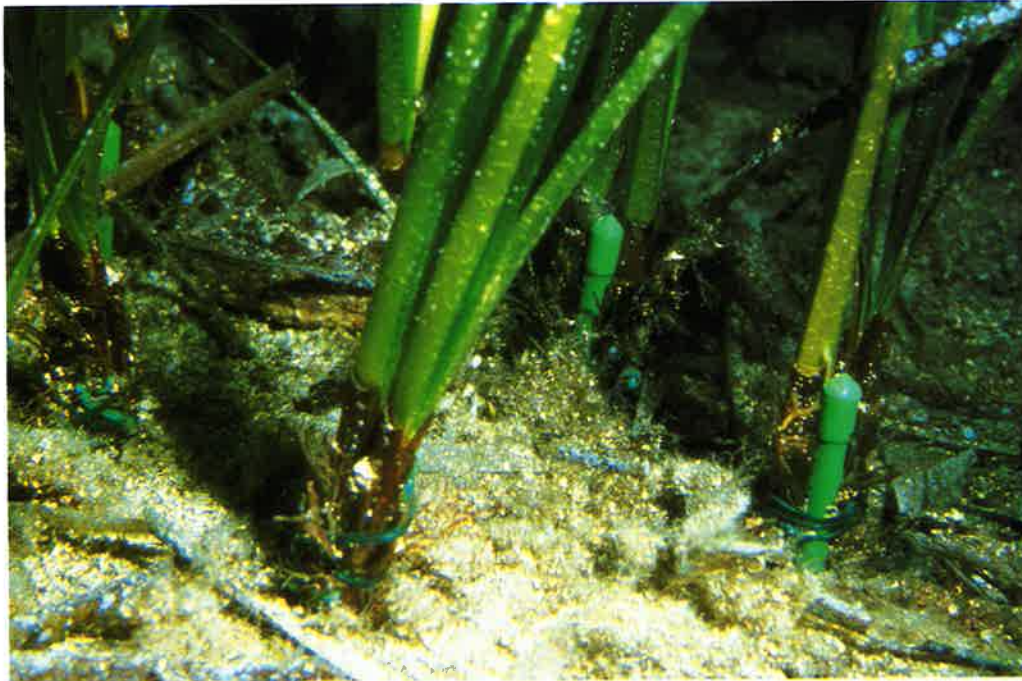
Il y a un siècle le domaine maritime devait être couvert par les herbiers de Posidonies. Mais petit à petit leur superficie s'est rétrécie en raison des pollutions urbaines générées par la Principauté, les communes environnantes et les emprises réalisées sur le littoral entre Cap d'Ail et Roquebrune Cap Martin. Il faut cependant souligner qu'on en trouve encore dans la partie Est de part et d'autre du terre plein du Sporting. Ainsi, plus de 90 % de l'Herbier se situe dans le périmètre de la Réserve, au quartier du Larvotto. Quelques dizaines de mètres carrés subsistent aussi dans la zone comprise entre le tombant du Loew's et le petit port du Portier, où se trouve la réserve à Corail.

Le balisage de la limite inférieure de l'herbier de Posidonies

Notre premier souci en liaison étroite avec l'Association Monégasque pour la Protection de la Nature a été de repérer la limite inférieure de cet herbier, de la photographier, de la baliser. Cette opération a été menée le 30 octobre 1977 avec un club de plongée des Alpes-Maritimes : le Moana. La limite inférieure de l'herbier s'arrête entre 23 et 25 mètres de profondeur. Sa majeure partie a été photographiée de 5 en 5 mètres. Depuis, des plongées de suivi montrent que la situation est stable ce qui est déjà

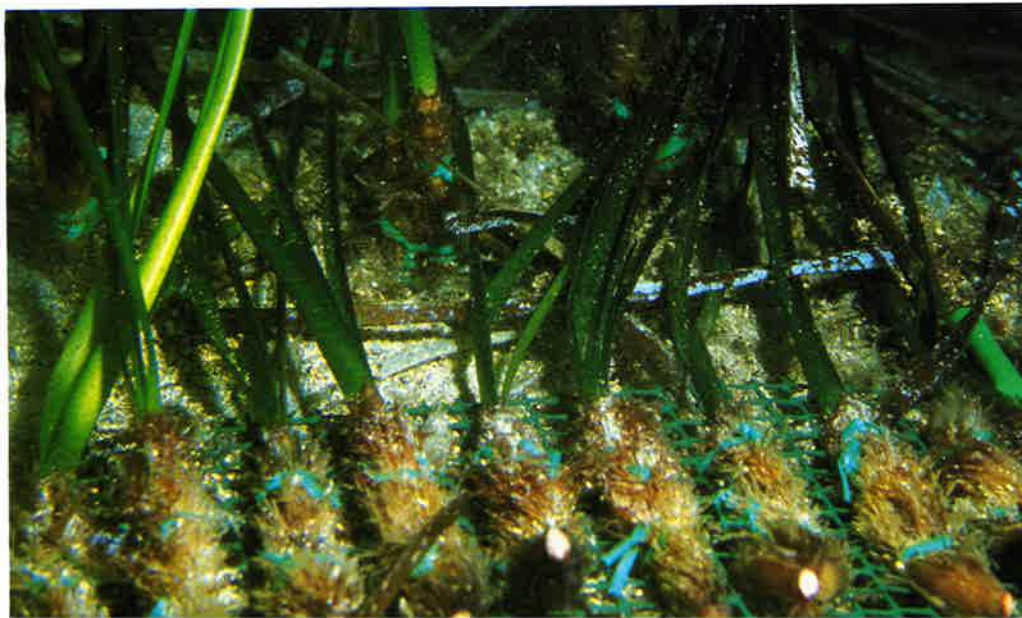
satisfaisant. La progression théorique au niveau de la limite inférieure est de toute façon très lente : de l'ordre de quelques centimètres par an. Par contre les régressions peuvent être brutales : des reculs de plusieurs mètres ont été observés dans la région PACA en un an.

Vers la limite Ouest de la Réserve, la limite inférieure de l'herbier forme un angle droit : elle rejoint la côte. Elle est parallèle au déversoir d'orage. Ainsi, épisodiquement, à la suite d'orages violents, les surverses du réseau d'égoûts conduisent à la mer des eaux troubles chargées de limons qui envasent les parages de l'extrémité de l'émissaire. Ces conditions ne sont pas favorables aux Posidonies qui ne peuvent ainsi se réinstaller durablement dans ce secteur.



*Boutures,
transplantées
avec tuteurs*

Photos A. MEINESZ



*Boutures,
transplantées
fixées sur
des grillages*

La carte de l'herbier de Posidonies

La carte de l'herbier a été dressée en 1984 à bord du petit sous-marin de la Marine Nationale "le Griffon". Pendant que le sous-marin évoluait au-dessus de la limite de l'herbier, la position de l'engin était relevée toutes les minutes. La carte sur laquelle figure la route du sous-marin correspond ainsi à la situation de la limite de l'herbier.

La carte des contours profonds de l'herbier a ainsi pu être dressée (Falconetti et Meinesz, 1989)

La transplantation de Posidonies

Une fois cette carte dressée et les contours les plus fragiles (limite inférieure) bien surveillés l'on pouvait envisager des études plus fondamentales sur la Posidonie. A Monaco, des expérimentations *in situ* étaient facilitées grâce à la stricte protection de l'herbier mis en réserve.

Des centaines de publications scientifiques traitent de la Posidonie. Beaucoup de biologistes ont consacré des années d'études sur sa biologie (sa croissance, son développement, sa reproduction), sur ses exigences écologiques comme sur la vie intimement liée aux longues frondaisons qui ondulent sous le courant. Mais, vers la fin des années

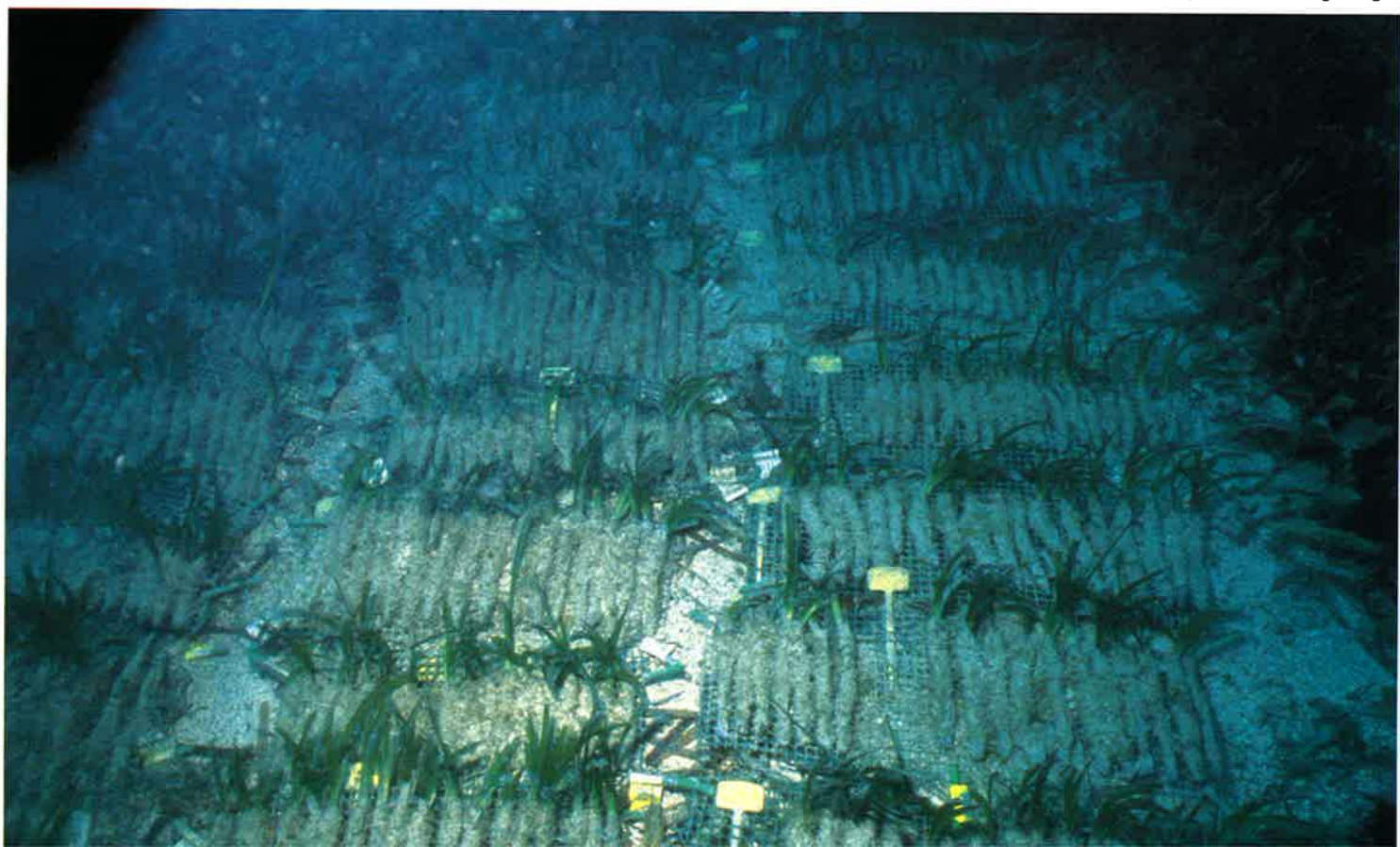
1970 un thème de recherche avait quelque peu retenu l'attention des biologistes : il s'agissait des caractéristiques de la reproduction végétative. Seul un marin pêcheur visionnaire, habitant la presqu'île de Giens, Monsieur Cooper, avait, avec beaucoup de perspicacité, constaté que l'on pouvait replanter des Posidonies comme on bouture des Géraniums.

Il était utile de décrire scientifiquement tous les paramètres qui favorisent la reproduction végétative (la reprise des boutures).

Les Posidonies ne sont pas des Géraniums, elles repoussent mal et, ne l'oublions pas, nous sommes sous l'eau. Les boutures étant soumises à la pression de l'hydrodynamisme, il faut qu'elles soient artificiellement fixées.

Mes premières tentatives de transplantations, datent de l'époque où je testais toutes les techniques susceptibles de restaurer la vie-marine littorale. Réalisées devant les plages de Nice en 1977, elles furent plutôt décevantes. Nous avons suivi le développement de ces boutures pendant cinq années. Les rares boutures survivantes poussaient très bien. Pourquoi elles et pas les autres ? Il fallait comprendre pour quelles raisons la plupart des boutures ne poussaient pas et dépérissaient après leur implantation.

*Réserve des Lavazzi :
5000 boutures
fixées sur des grillages*



Pendant trois années (1985 à 1988) nous avons multiplié les tentatives de transplantation avec l'aide du Conseil général des Alpes-Maritimes. De 1988 à 1992, nous avons sélectionné toute une série de paramètres susceptibles d'agir sur la reprise des boutures. Une de nos étudiantes fut chargée d'étudier ces paramètres dans le cadre d'un DEA, puis d'une thèse (Molenaar, 1992).

Plus de 6000 boutures furent transplantées à Nice, à Villefranche-sur-Mer, à Port-Cros et dans les réserves de Corse. Chacune d'elles était marquée et ses caractéristiques relevées. L'évolution de ces boutures fut suivie tous les trois mois pendant trois années. Tous les plongeurs de notre Laboratoire furent mobilisés pour cette étude.

Après ces trois années d'expérimentations laborieuses, nous avons défini le rôle d'un grand nombre de paramètres : le choix des boutures selon leur orientation d'origine (orthotropes ou plagiotropes), l'orientation des boutures implantées (dressées ou couchées), la saison de transplantation, la taille des boutures, le nombre de faisceaux foliaires par bouture (Caye et Meinesz, 1989 ; Meinesz *et al.*, 1990, 1991a, 1991b, 1992, 1993 ; Molenaar *et al.*, 1993).

Si l'on tenait compte des enseignements donnés par ces expériences, l'on obtenait de bons résultats de reprise mais avec parfois des taux importants d'échecs inexplicables. Un dernier paramètre fut étudié : la profondeur de récolte des boutures et la profondeur de transplantation. Ce paramètre se révéla déterminant : les Posidonies prélevées en profondeur et implantées au-dessus de cette profondeur reprenaient très bien. A l'inverse, des Posidonies prélevées près de la surface et transplantées plus bas reprennent mal, sinon pas du tout. Si la différence de profondeur dépasse les 15 mètres, le taux de reprise se situe entre 0 et 5 % (Molenaar et Meinesz, 1992).

Avec la connaissance de ce dernier paramètre nous avons pu proposer une méthode qui garantit une reprise de plus de 90 % des boutures transplantées sur un site favorable à leur développement.

Nous avons voulu approfondir ces recherches et connaître les raisons de l'importance du facteur "déplacement bathymétrique des boutures".

Pour cela, nous devions disposer d'un site d'expérimentation très protégé (pas d'ancrage), facile d'accès, non loin de notre Université. La Réserve de Monaco répondait à ces critères et nous avons ainsi encore eu l'opportunité de collaborer avec les responsables de celle-ci pour la réalisation de ces expériences. Les boutures récoltées devant la Pointe de la Vieille ont été transplantées à différentes profondeurs dans la Réserve de Monaco. L'analyse des pigments photosynthétiques (chlorophylles) et des réserves glucidiques de la plante fut réalisée tous les mois après leur implantation. Exposés dans le cadre d'un DEA et publiés

(Génot *et al.*, 1994) les résultats sont clairs : vers la surface les boutures sont pauvres en réserves glucidiques. Elles sont toujours en position d'en fabriquer suffisamment par photosynthèse. En profondeur, elles ont tendance à accumuler les glucides : à certaines saisons elles puisent dans ces stocks pour pallier au déficit en énergie lumineuse. Quand on coupe un rhizome de Posidonie (on détache une bouture), le fragment coupé reçoit un stress et utilise toutes ses réserves pour la cicatrisation du tissu coupé (attaqué par des bactéries marines). De même il doit reconstituer ses racines et réorienter ses faisceaux de feuilles pour capter au mieux la lumière. Seules les boutures prélevées en profondeur à la fin du printemps et au début de l'été, et transplantées plus près de la surface, ont suffisamment de réserves pour la reprise, également favorisée par une meilleure exposition à la lumière.

Conclusion

L'herbier de Posidonies de la Réserve de Monaco est resté stable pendant les vingt années de sa protection. Cet espace protégé où les Posidonies sont en équilibre avec les conditions du milieu nous a permis d'étudier certains paramètres qui régissent le bouturage de la plante. En l'absence de reproduction sexuée régulière, nous pensions que cette voie de reproduction végétative devait être prépondérante pour la survie et la progression de la plante. Nos expériences tendent à prouver qu'elle doit être peu efficace : les rhizomes arrachés par les tempêtes sont surtout arrachés près de la surface, là où l'hydrodynamisme est le plus actif. Les boutures entraînées par les mouvements de l'eau tendent à être emportées vers le fond. Le sens de ce déplacement bathymétrique est peu favorable à la reprise de ces boutures potentielles.

Pour la progression des Posidonies, il ne reste que la lente reptation des rhizomes en place : ils peuvent reconquérir les espaces ... au rythme de 3 à 10 cm par an.

Les techniques de transplantations de Posidonies sont ainsi utiles.

Devant la Principauté, il y a peu d'espaces favorables pour que ces techniques puissent être appliquées. Mais, dans la région PACA, on connaît des zones où des centaines d'hectares de Posidonies ont été détruits par une pollution aujourd'hui maîtrisée. Le biotope est redevenu favorable à la plante mais, on le sait, il faudra des siècles, voire des millénaires, pour qu'elle s'y réinstalle. Les techniques de transplantation de Posidonies pourront accélérer la reconquête de ces fonds par la forêt sous-marine.

Mais les Posidonies de la Réserve de Monaco, comme celles de toute la Méditerranée, sont maintenant menacées

par une autre atteinte inattendue, qu'on ne peut ignorer. Il s'agit d'une pollution biologique : une espèce d'algue tropicale introduite, au comportement envahissant, est entrée en concurrence avec la Posidonie. *Caulerpa taxifolia* a déjà envahi les petits herbiers de Posidonies reliques du Loews

et des Spélugues, elle est maintenant au contact avec les herbiers de la Réserve de Monaco.

Espérons que la Nature ou l'Homme, puisse relever ce nouveau défi et que les Posidonies ne soient pas classées, d'ici une génération, au chapitre des espèces disparues !

Bibliographie

- CAYE G. et MEINESZ A. 1989 : Cultures en milieu artificiel de *Posidonia oceanica* à partir de graines. *Proc. 2nd International Workshop on Posidonia beds - Ed. : GIS -Posidonie*, 2 : 293-299.
- CAYE G. et MEINESZ A. 1992 : Analyse des modalités de la multiplication végétative et de la reproduction sexuée de *Posidonia oceanica* et de ses conséquences sur la constitution génétique des herbiers. *Comm. Int. Exp. Sc. Med. Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, 33 : 32.
- FALCONETTI C. et MEINESZ A. 1989 : Charting the seaward limit of *Posidonia* meadows and of circular biocoenoses along the coast of Monaco. *Oceanologica acta*, 12 (4) : 443-447.
- GENOT I., CAYE G., MEINESZ A. et ORLANDINI M. 1994 : Role of Chlorophyll and carbohydrate contents in survival of *Posidonia oceanica* cuttings planted to different depths. *Marine Biology*, 119 : 23-29.
- LAFURIE M. et MEINESZ A. 1974 : Création d'un parc sous-marin de repeuplement expérimental. *Comm. intern. mer Médit. (CIESM)*, 22 (6) : 103-105.
- MEINESZ A., CAYE G., LOQUES F. et MACAUX S. 1990 : Analyse bibliographique sur la culture des phanérogames marines. *Posidonia newsletter* Ed. *GIS Posidonie*, 3(1) : 2-67.
- MEINESZ A., CAYE G., LOQUES F. et MOLENAAR H. 1991a : Growth and development in culture of orthotropic rhizomes of *Posidonia oceanica*. *Aquatic Botany*, 3 : 367-377.
- MEINESZ A., CAYE G., LOQUES F. et MOLENAAR H. 1991b : Restoration of Damaged areas with transplantation of seaweeds and seagrasses in the mediterranean : review and perspectives. 1st Marine Phytobenthos studies and their applications, *Oebalia*, 17 (1 suppl.) : 131-142.
- MEINESZ A., CAYE G., LOQUES F. et MOLENAAR H. 1993 : Polymorphism and development of *Posidonia oceanica* transplanted from different parts of the Mediterranean into the National Park of Port-Cros. *Botanica Marina*, 36 : 209 - 216.
- MEINESZ A. et LEFEVRE J.R. 1978 : Destruction de l'étage infralittoral des Alpes Maritimes (France) et de Monaco par les restructurations du rivage. *Bulletin d'Ecologie*, 9 (3) : 259-276.
- MEINESZ A., MOLENAAR H., BELLONE E. et LOQUES F. 1992 : Vegetative reproduction in *Posidonia oceanica* (L.) Delile. I. Effects of rhizome length and time of year on development in orthotropic transplants. *PSZNI Marine Ecology*, 13(2) : 163-174.
- MOLENAAR H., 1992. Etude de la transplantation de boutures de *Posidonia oceanica* (L.) Delile, phanérogames marines. Modélisation de l'architecture et du mode de croissance. Thèse de l'Université de Nice -Sophia Antipolis. Ed. Lab Environnement Marin Littoral-Univ. Nice Sophia Antipolis. 1-221.
- MOLENAAR H. et MEINESZ A. 1992 : Vegetative reproduction in *Posidonia oceanica* (L.) Delile. II. Effects on growth and development of transplanting orthotropic rhizomes between different depths. *PSZNI Marine Ecology*, 13(2) : 175-185.
- MOLENAAR., MEINESZ A. et CAYE G. 1993 : Vegetative reproduction in *Posidonia oceanica*. Survival and development in different morphological types of transplanted cuttings. *Botanica Marina*, 36 : 481-488.

LA RÉSERVE À CORAIL ROUGE

par

Denis ALLEMAND ⁽¹⁻²⁾ **Eugène DEBERNARDI** ⁽¹⁾

Pierre GILLES ⁽¹⁻³⁾ **Nadia OUNAIS** ⁽¹⁻³⁾

Didier THERON ⁽¹⁻³⁾ **Thierry THEVENIN** ⁽¹⁻³⁾

Présentation

La création de cette réserve a eu pour objectif initial la protection de l'unique tombant coralligène existant dans les eaux territoriales de la Principauté. La réserve a été créée par Ordonnance Souveraine n° 8681 du 19 août 1986 (complétée par l'Ordonnance Souveraine n° 10426 du 9 janvier 1992). Elle est située dans le tombant de la pointe Focignana avec une superficie de 1 hectare pour une profondeur maximale de 38 mètres.

Le Corail Rouge :

Mystérieuse mais fascinante espèce !

Le corail rouge 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 Sumériens, les Égyptiens, les Phéniciens, 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. Le moyen-âge lui confèrera 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. 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 (Liverino, 1983 ; Spinosa, 1990 ; Ascione, 1993).

Malgré cette utilisation plusieurs fois millénaire, la nature réelle du corail rouge est restée longtemps mystérieuse et de nombreux et vifs débats ont opposé les partisans d'un corail végétal aux partisans du corail animal voire

minéral. Il faut attendre le XVIII^e siècle avec les travaux d'un jeune médecin marseillais, Jean-André Peyssonnel, pour que la nature animale du corail rouge soit enfin reconnue : il écrit à Réaumur, «j'observais 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 où le corail était à une douce chaleur auprès du feu, tous les petits insectes s'épanouirent» (McConnel, 1990 ; Weinberg, 1993).

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 Égée. Sa répartition déborde en quelques points sur la façade atlantique : côte Sud du Portugal, côtes africaines (Iles Canaries, Mauritanie, Sénégal, Iles du Cap vert). Actuellement, les zones de pêche sont principalement localisées sur les côtes d'Afrique du Nord et d'Espagne, en Corse (Bonifacio) et en Sardaigne. 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 éclaircissement. Plus bas, on le rencontre fixé sur les falaises ou à même le sol (Laborel et Vacelet, 1961 ; Zibrowius *et al.*, 1984 ; FAO 1984, 1989).

D'autres espèces de coraux précieux *Corallium* vivent dans les mers du Japon (corail rose ou rouge : *C. japonicum*, *nobile*), et Atlantique (corail blanc : *C. johnsoni*)... Cet animal appartient à un vaste embranchement zoologique relativement primitif, les Cnidaires. Cet embranchement est

(1) AMPN.

(2) Observatoire Océanologique Européen du Centre Scientifique de Monaco.

(3) Aquarium du Musée Océanographique de Monaco.

LES RÉSERVES MARINES/ LA RÉSERVE À CORAIL

assez polymorphe et regroupe des animaux à priori aussi différents que les méduses, l'hydre d'eau douce, les coraux constructeurs de récifs (scléactiniaires), les anémones de mer, le corail noir (*Antipathes*), les gorgones...

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... Mais alors que ses cousins tropicaux constructeurs de récifs ont besoin de lumière pour vivre et élaborer leur imposant squelette, le corail rouge préfère l'ombre. En contrepartie son taux de calcification fait piètre figure : quelques millimètres par an par rapport à plusieurs centimètres pour les coraux tropicaux !

L'anatomie du corail rouge est relativement simple (Grillo *et al.*, 1993; Allemand, 1993) : les tissus recouvrent le squelette axial comme un doigt de gant (*Dessin 1*). Le squelette résulte donc d'une sécrétion externe centrifuge (par couches concentriques). Seul ce squelette a une valeur commerciale : il est formé de carbonate de calcium (CaCO_3), cristallisé sous la forme de calcite. Il possède également une fraction organique représentant environ 1,5 % du poids total du squelette (Allemand *et al.*, 1994). Cette fraction organique, constituée de protéines et de mucopolysaccharides complexes, jouerait un rôle clé dans le contrôle des processus de calcification et constituerait de plus une charpente conférant à la structure calcifiée, des propriétés mécaniques exceptionnelles (la pression de rupture d'une telle structure est 10 fois supérieure à celle d'un béton !). La couleur rouge du corail est uniquement due à la pigmentation de son squelette par des substances du type carotène (Merlin et Delé, 1983). La morphologie des tissus est classique de l'embranchement : deux couches de tissus (formées chacune d'une seule épaisseur de cellules) enserrant une couche gélatineuse sans cellule. Un lacs de petits canaux, parcourent la mésogée, comme un système circulatoire dont la fonction est encore mal comprise. Ces petits canaux communiquent avec de gros canaux situés parallèlement au squelette axial et 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 (Russo *et al.*, 1993). Leur fermeture ne signifie 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.

Les organes génitaux du corail se trouvent à l'intérieur des polypes. Normalement, les sexes sont séparés, bien que

Dessin 1
Corail Rouge

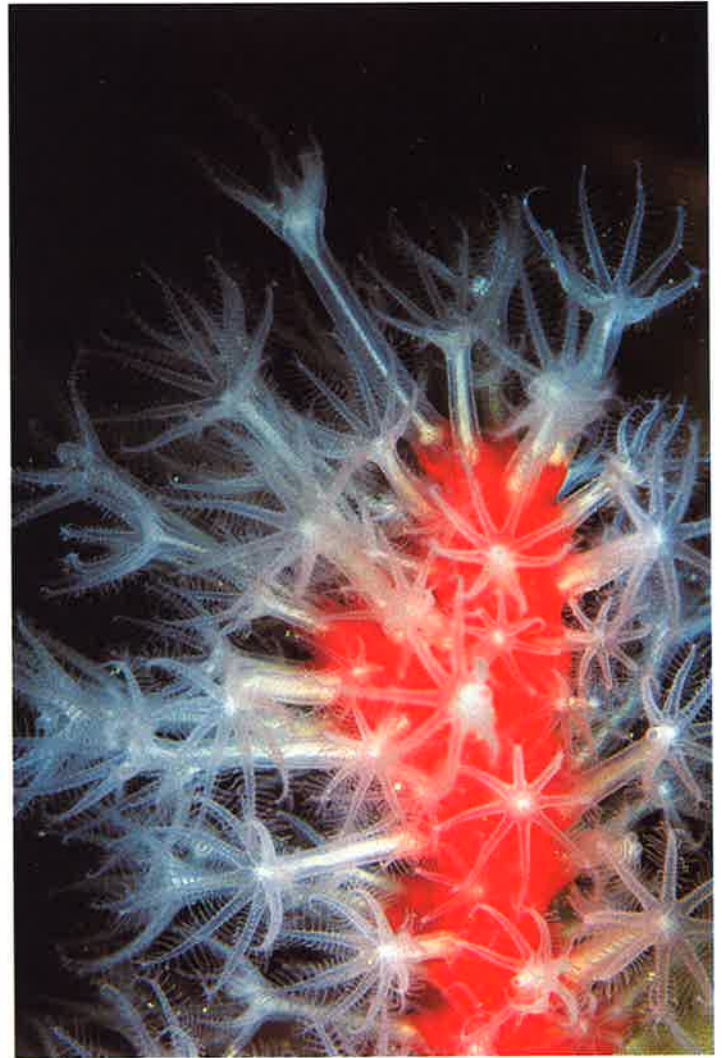


Extrait
LACAZE-DUTHIERS, 1864

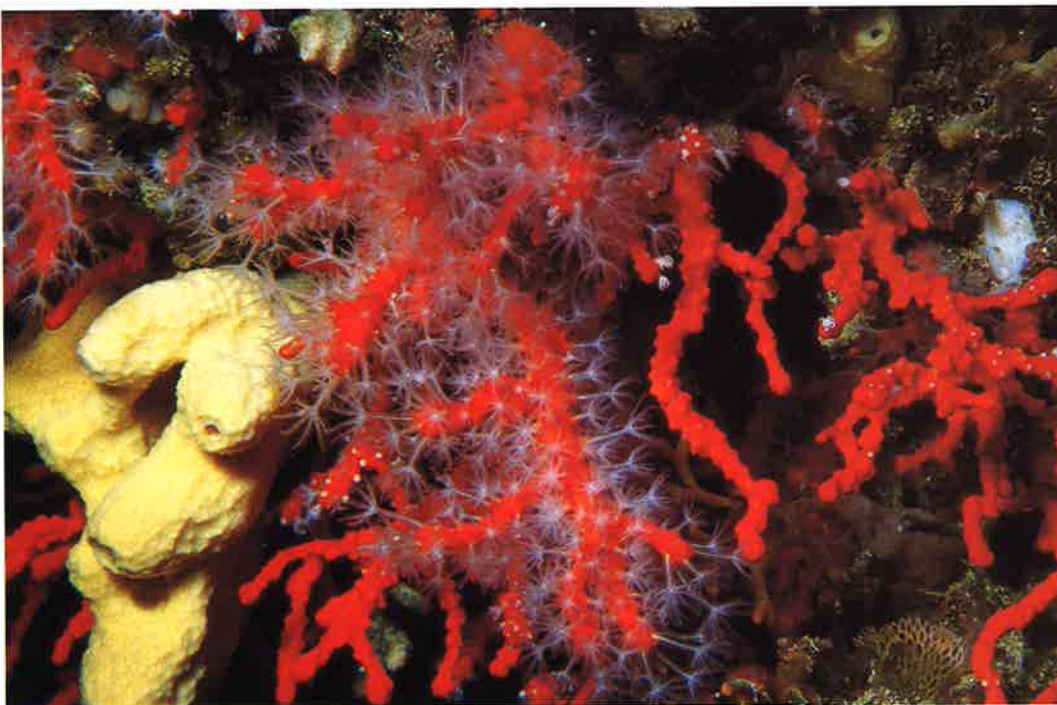
la présence de pieds hermaphrodites, quelquefois signalés, puisse s'expliquer par la fusion de deux colonies. La maturation des cellules reproductrices mâles s'effectue en un an. Elle commence au début de l'été. Par contre, la maturation des gonades femelles s'effectue sur deux ans. Celle-ci débute lentement la première année pour être pleinement réalisée au début de l'été de la 2^{ème} année (Vighi, 1972). 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. La fécondation se réalise à l'intérieur du polype. La jeune larve, appelée planule, se développe pen-

dant 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, leur nage devient descendante, 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 estime actuellement que la quantité annuelle de corail rouge pêchée en Méditerranée est de 70 tonnes. Si l'espèce corail rouge ne semble pas en danger, par contre, sa haute valeur économique, ou tout simplement son attrait sur les plongeurs amateurs a provoqué la surexploitation 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 traînants. La Croix de Saint-André est constituée d'une croix de bois ou plus récemment d'acier à laquelle sont attachés des filets. Traînée par le bateau sur des fonds d'une cinquantaine de mètres, la



Photos JEAN-MICHEL MILLE



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 squelette réduit 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 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 extrêmement 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 pris par les pays du bassin méditerranéen : 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 permanentes, la Sardaigne et l'Espagne ne 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 du

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.

La coralliculture

La disparition du corail rouge des zones de faibles profondeurs de nos côtes a fait surgir de nombreuses préoccupations au niveau de la gestion de cette ressource et a stimulé la recherche sur la biologie de cette espèce, encore fort méconnue (cf. ci-dessus et Allemand, 1993). Afin d'apporter des solutions à ce problème, deux consultations techniques ont été tenues sous l'égide de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (Food and Agriculture Organization - F.A.O.) et du Conseil Général des Pêches pour la Méditerranée (C.G.P.M.) (FAO, 1984, 1989). Lors de la II^e Consultation Technique sur le corail rouge de Méditerranée (Torre del Greco - Naples - 27 / 30 septembre 1988), la délégation italienne, en la personne du Professeur Ricardo Cattaneo-Vietti, proposait qu'un programme de recherches coordonnées soit engagé afin d'étudier les méthodes pouvant conduire à terme à une production artificielle de cette espèce.

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

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 permettant un suivi scientifique fut alors décidé par l'AMPN. Deux expériences de coralliculture allaient être réalisées de 1988 à 1995. Pour la première expérience, l'AMPN eut recours à des grottes en béton qui furent immergées fin 1988. Cette première expérience a permis de démontrer que :

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

Devant le succès de cette première expérience, le Président de l'AMPN proposait la mise à l'étude d'un prototype de grotte artificielle réalisée dans un matériau plus léger, et donc plus facilement transportable, tout en permettant un suivi scientifique plus aisé. Les premiers résultats de cette seconde expérience, présentés ici pour la première fois, confirment les résultats acquis et permettent d'envisager d'autres modes de multiplication du précieux corail rouge.

Première expérience de coralliculture

Les grottes artificielles en béton.

La première expérience de coralliculture a été réalisée en 1988 en utilisant des "grottes à corail" en béton aux dimensions (3 x 2 x 2,2 m). La construction de ces grottes a été précédée d'une série d'essais sur une maquette immergée dans un aquarium de manière à définir autant que possible le meilleur positionnement des ouvertures dans les parois pour assurer un courant d'eau optimal à l'intérieur du volume. Elles ont été calculées pour tenir compte des impératifs des plongeurs appelés à travailler (*Figure 1*)

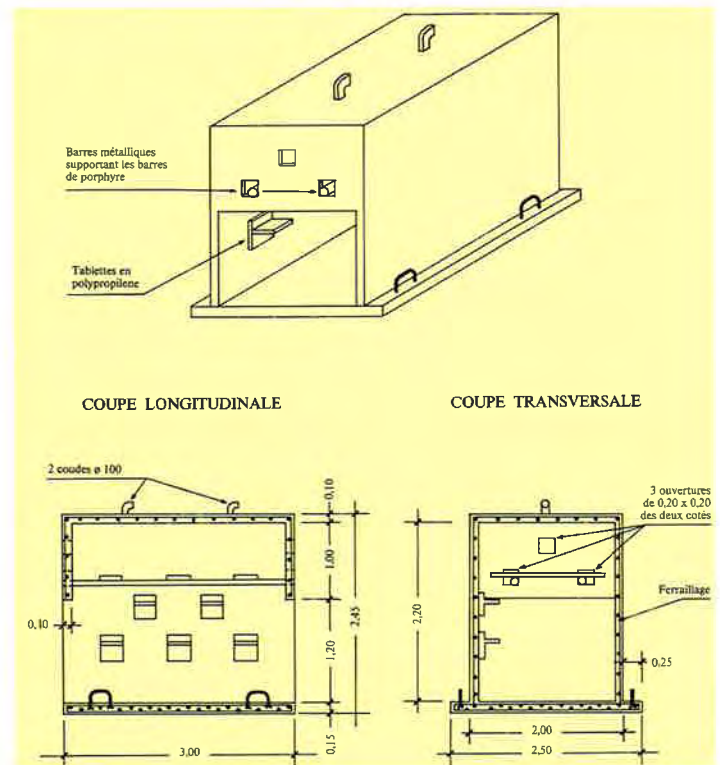
Vue générale de la grotte.

Photo JEAN-MICHEL MILLE



Figure 1
Grotte artificielle
à corail rouge

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



(Debernardi, 1992). Dès le mois de décembre 1988, la Direction de la Société «Entreprise des Grands Travaux Monégasques» commençait le moulage de 4 grottes en béton d'un poids unitaire de 8 tonnes, dont elle prenait en charge une part importante du coût de construction. Grâce au bienveillant concours des Services Techniques du Département des Travaux Publics, ces grottes pouvaient être immergées le 21 décembre 1988. L'immersion eut lieu dans un premier temps dans le port de Monaco afin de nettoyer le béton des grottes. Le 13 janvier 1989, les grottes furent transférées à leur emplacement définitif :

- 2 dans la réserve à corail, au pied du tombant du Loew's à 300 m à l'Est de l'entrée du port, par 38 m de fond,

- 2 à la limite Sud de la réserve principale (quartier du Larvotto) à environ 600 m à l'Est des précédentes et à 27 m de profondeur.

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

Des colonies de 3 à 8 cm de hauteur et d'environ 8 mm de diamètre ont été recueillies sur le tombant du Loew's tout proche. Elles furent d'abord fixées avec des boulons sur des panneaux de polypropylène à l'intérieur des grottes. Chaque panneau (60 x 19 x 3 cm) recevait ainsi 6 branches de corail.

Certains panneaux étaient placés en position verticale (le corail étant alors horizontal), d'autres en position horizontale (le corail étant alors «tête en bas»). Six mois après le début de l'expérience plus de 50 % des colonies avaient été perdues à cause du système de fixation qui avait provoqué soit la rupture de l'axe calcaire, soit la nécrose du tissu, avec pour conséquence de faire tomber les colonies, le serrage n'étant plus assuré. Cependant, les résultats étaient prometteurs puisque les colonies transplantées restées en place étaient saines et actives.

Un second procédé de fixation fut alors élaboré avec l'aide des responsables de l'aquarium du Musée Océanographique de Monaco. Les colonies furent cette fois fixées à l'aide d'une résine époxy spéciale neutre polymérisant à prise sous l'eau (UW Pâteux, DEVCON Ltd, Irlande). Dans ce cas, les colonies semblent avoir parfaitement toléré la transplantation, le pourcentage de colonies actives étant proche de 100 %. Des supports en porphyre furent également utilisés dans cette seconde série d'expériences réalisées avec la résine Devcon...

Résultats

Les colonies ont montré une bonne capacité d'adaptation compte tenu des conditions de luminosité, d'hydrodynamisme et de sédimentation optimales dont elles ont bénéficiées dans les grottes artificielles. Un an après le début de l'expérience, de nombreux organismes ont proliféré dans ces grottes sans pour autant gêner les colonies de corail transplantées qui restent même en mesure de s'opposer autour de leur base au développement de ces organismes (Cattaneo-Vietti *et al.*, 1992).

En avril 1991, deux ans après le début de l'expérience, de nombreuses jeunes colonies (10 à 15/m²) ont été observées sur le plafond de l'une des grottes. En février 1992, 150 jeunes colonies ont été dénombrées à l'intrados de la voûte de la grotte située à l'ouest du site du tombant du Loew's. Quelques petites colonies à peine visibles pouvaient être repérées sur les deux parois verticales principales. En janvier 1993, ces colonies présentaient un taux de croissance élevé qui pouvait aller jusqu'à 10 à 15 mm par an. Cependant, la plupart des colonies avaient une forme trapue, avec deux ou trois ramifications. Ce taux de croissance est beaucoup plus important que celui observé dans des expériences similaires conduites en laboratoire, où six mois après la fixation de la larve aucune augmentation de taille n'a pu être observée (Chessa *et al.*, 1992). Ceci démontre que la maîtrise de nombreux paramètres fait encore défaut pour réaliser une culture *in vitro* du corail rouge. D'autres jeunes colonies se sont également fixées sur la résine Devcon et sur les plaques de polypropylène.

Ces observations sembleraient démontrer que le substrat offert aux jeunes larves de corail leur convient et leur

assure des conditions suffisantes pour permettre leur fixation et leur développement ultérieur.

Rôle des grottes à corail.

En conclusion, étant donné le faible taux de croissance du corail rouge à l'état adulte, il ne semble pas que ce type de grotte soit approprié pour une réelle culture du corail rouge. Par contre, les bons résultats obtenus, tant en ce qui concerne la «manipulation» des colonies, que le succès de la fixation en si peu de temps, permet d'être optimiste pour une future utilisation de ces grottes comme «diffuseurs» de larves dans des programmes de recolonisation. En effet, les organismes marins, qu'ils vivent en pleine eau à l'état adulte comme les méduses, ou sur le sol comme le corail rouge ou l'oursin par exemple, possèdent une phase de leur cycle de vie planctonique, c'est-à-dire de vie en pleine eau, généralement au grès des courants. Cette phase, qui correspond à la fécondation des gamètes, au développement larvaire et à la métamorphose, est la phase du développement où la mortalité est la plus élevée (souvent proche de 99 %). Certains programmes de repeuplement (poissons, oursins...) court-circuitent cette étape, en réalisant la phase planctonique en laboratoire et rejetant des individus nouvellement métamorphosés dans le milieu ("ranching"), augmentant ainsi considérablement les chances de vie des individus remis à la mer. Les grottes à corail développées par l'AMPN peuvent être considérées comme procédant de la même philosophie : dans le milieu naturel, les larves de corail émises par les colonies adultes (cf. ci-avant) présentent une nage ascendante jusqu'à ce qu'elles trouvent un substrat adéquat pour que la métamorphose se réalise. Si ce substrat n'est pas trouvé (ou si la jeune larve sans protection rencontre un prédateur), la larve ne pourra se métamorphoser et mourra. Les grottes à corail, en constituant un piège, retiennent les larves qui n'auront d'autre possibilité que de se fixer et se métamorphoser sur le plafond. Dans ce cas, leur pourcentage de survie pourra être très élevé. Les grottes se comporteront alors comme collecteurs et diffuseurs de larves, et producteurs de jeunes colonies.

Seconde phase de l'expérience de coralliculture

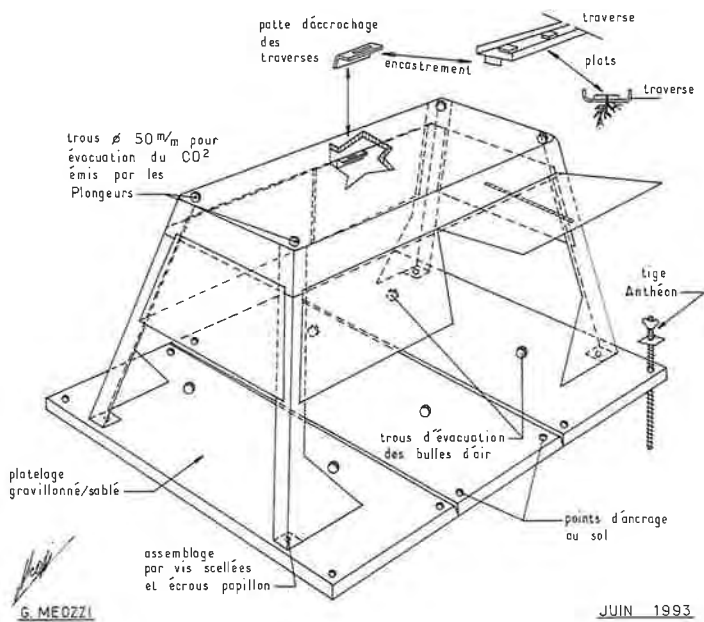
Les résultats très encourageants des premières expériences de coralliculture dans des grottes artificielles nous ont amenés à essayer d'affiner et d'optimiser la conception de ces grottes. En effet, même si les colonies de corail implantées survivaient bien et se reproduisaient, le suivi scientifique de l'expérience et la manipulation dans cette grotte demeuraient difficiles.

L'objectif de la seconde phase a donc été d'améliorer le concept de ces grottes en réalisant une structure beaucoup plus légère, qui puisse être facilement transportée sur le site,

PROTOTYPE DE GROTTTE A CORAIL

Conception: G. MEOZZI et A.M.P.N.
DIRECTION de l'AQUARIUM
Musée Océanographique de MONACO

Réalisation: Société EZAPLAST
Moyenne Corniche
06360 Eze Village



Vue de Face

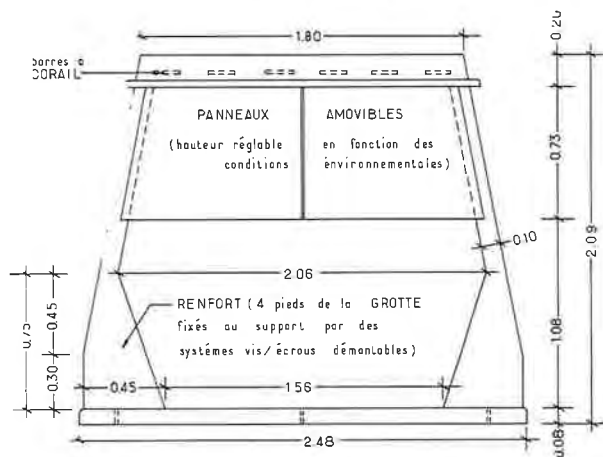


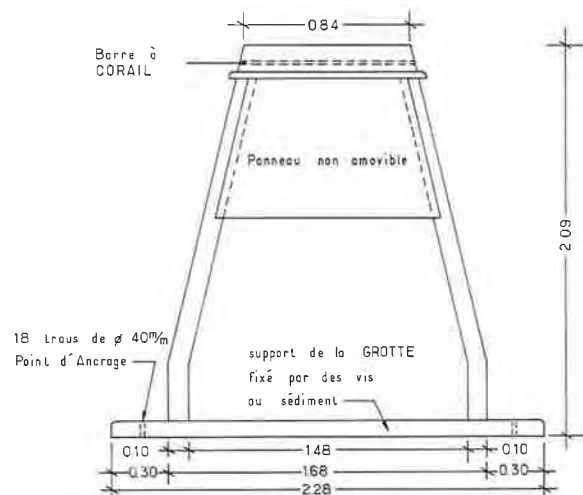
Figure 2
et Photo 5

immergée et éventuellement déplacée. Ainsi, un prototype de grotte artificielle en fibre de verre et résine polyester a été réalisé par la Société Ezaplast en conformité des dessins de Georges Méozzi notre dessinateur. Cette grotte est en partie démontable, légère (160 kg) et munie de 6 barres également en résine polyester, destinées à recevoir les colonies de corail. L'accès des plongeurs aux colonies a été facilité par la présence de panneaux amovibles permettant ainsi le travail à l'intérieur de la grotte comme à l'extérieur. Cette seconde phase d'expérimentation a été suivie par l'équipe de l'aquarium du Musée Océanographique de Monaco.

Implantation de la grotte et des colonies de corail

Le 23 juillet 1993, la grotte a été immergée à 39 m de profondeur, au pied du tombant du Loews, en aplomb de la

Vue de Côté



DETAIL d'une BARRE à CORAIL

barre de Polyester munie de 6 blocs de Porphyre troué : 0.80 x 0.15 x 0.06



VUE de PROFIL

renversée en forme de Goutlière



zone la plus riche en corail (zone Est). Les barres ont été immergées plus tard, le 28 juillet 1993, après y avoir fixé les colonies de corail. (*Figure 2 - Photo 5*).

Le but de l'expérience a été de tester la survie et la croissance des colonies de corail prélevées en milieu naturel et transplantées dans cette grotte expérimentale sous forme de colonies entières, mais également sous forme de boutures (sections réalisées à partir de colonies entières), ce qui n'avait pas été testé lors de la première expérimentation. Les boutures sont obtenues à partir de sections effectuées à l'aide d'une pince coupante sur des colonies entières. Ainsi, une quarantaine de colonies ont été récoltées à Marseille dans une zone riche en corail rouge, afin de préserver le tombant coralligène du Loews. Parmi elles, 18 colonies entières ont été sélectionnées. 18 autres ont permis de réaliser 36 boutures de 2 types : 18 apex (partie supérieure des branches de corail) et 18 bases (partie inférieure des branches). Chaque série de 18 colonies a été identifiée et répartie sur 2 barres, soit un total de 9 colonies par barres.

Les colonies entières et les boutures ont été fixées avec de la résine époxy (DEVCON) comme lors de la première expérience (*Photo 6*). Avant l'immersion, les différentes colonies ont été numérotées et mesurées :

- hauteur maximale pour les colonies entières (ou colonies mères), ainsi que la longueur d'une de leurs branches,
- hauteur des boutures.

Chaque colonie a également été photographiée. Les mesures et les photos réalisées au début de l'expérience sont primordiales. Elles facilitent par la suite le repérage et le suivi de chaque colonie. En effet, la croissance est un paramètre très difficile à appréhender et les mesures effectuées peuvent s'avérer insuffisantes. Il est difficile de prévoir la façon dont se développeront les branches de corail, la colonie peut croître en hauteur et acquérir une structure buissonnante.

Résultats

Un mois après l'implantation des colonies de corail dans la grotte, une plongée de contrôle a montré que la



Photo 6
Fixation
des colonies
sur carré
de porphyre
à la résine
Devcon.

Photo 7 - Une série de colonies entières aux polypes ouverts, un an après l'immersion.



transplantation était parfaitement réussie : les colonies entières et les boutures (sections) étaient vivantes et actives et présentaient un grand nombre de polypes déployés.

Un an après le début de l'expérience, les colonies de corail transplantées sont toujours vivantes (*Photo 7*). Les



Avant



Photo 8
Détail d'un apex
un an après immersion.
On peut observer l'apparition de
nouvelles ramifications.

mesures de croissance ont été effectuées le 22 novembre 1994 en plongée après avoir remonté les colonies par 6 m de fond, afin de faciliter les mesures tout en évitant de mettre à sec les colonies. La croissance s'est avérée plus difficile à appréhender pour les colonies entières que pour les apex et les bases (*Photos 8-9-10*).

Globalement, après un an passé dans la grotte, les trois types de colonies (colonies mères, apex et bases) présen-



Avant

Photo 9 - Détail d'une section



Un an après immersion



Avant



Photo 10
Détail
d'une
colonie

Un an après
immersion

Photo 11 - Organismes colonisateurs tapissant le plafond de la grotte (éponges, vers tubicoles, madréporaires...)

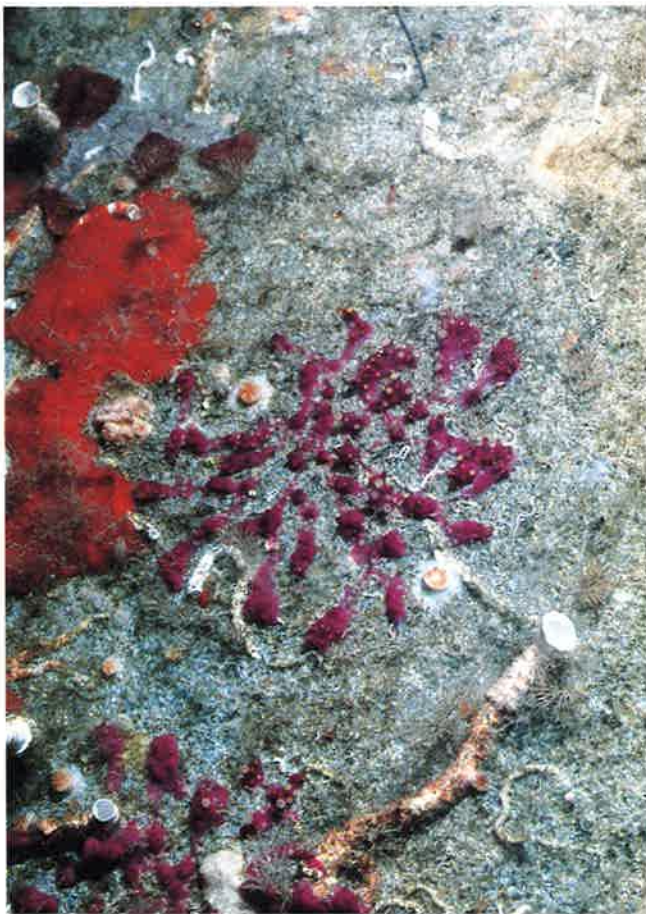


Photo 12 - Jeunes colonies de corail (indiquées par des flèches) fixées sur les barres de résine de polyester. La photographie a été prise un an après immersion.



LES RÉSERVES MARINES/ LA RÉSERVE À CORAIL

taient une nette croissance, estimée à 1 cm en moyenne. De nombreux organismes ont colonisé la grotte : Bryzoaires, vers tubicoles (*Protula* sp.), éponges, Madréporaires (*Caryophyllia* sp.). Nous avons noté plus particulièrement une très importante prolifération d'un Alcyonaire, très certainement *Alcyonium coralloïdes*, sur le plafond de la grotte (*Photo 11*). Une ponte de poulpe a même été signalée à proximité des barres, occasionnant quelques dégâts, certaines colonies ayant été décollées ou sectionnées.

La grotte remplit ainsi également un rôle de récif artificiel. Outre la croissance incontestable des colonies de corail implantées, de nombreuses nouvelles jeunes colonies ont été observées sur le plafond de la grotte mais également sur de nombreuses barres, aussi bien sur celles supportant les colonies entières, que celles supportant les boutures (apex et bases) (*Photo 12*).

Conclusion

Les résultats de cette seconde expérience entérinent ceux déjà obtenus dans les premières grottes en ce qui concerne la fixation des colonies, leur survie et leur croissance. Ce nouveau modèle de grotte artificielle semble très bien adapté à l'implantation, à la croissance et à la repro-

duction de colonies. Cependant, comparée au premier modèle de grotte, cette seconde version semble mieux adaptée à l'implantation des colonies et au suivi scientifique. En effet, outre sa légèreté, sa nouvelle conception a permis d'améliorer les conditions hydrodynamiques de la grotte et a entraîné un meilleur brassage de l'eau autour des colonies ainsi qu'une sédimentation sur le fond nettement moins importante que dans la première grotte.

Enfin, le succès du bouturage à partir de colonies de corail mères démontre les facultés de reproduction végétative du corail rouge. Ce succès peut laisser présager une future utilisation des grottes non plus seulement comme «diffuseurs» et «capteurs» de larves (reproduction par voie sexuée), mais réellement comme une grotte appropriée pour la multiplication végétative du corail rouge.

Les auteurs et l'AMPN remercient le Dr J.-G. HARMELIN pour son aide à la réalisation de cette expérience, et J.-M. MILLE (AMPN) et Y. BÉRARD (Musée Océanographique) pour la qualité de leurs photos, ainsi que Melle ISABELLE GALGANI pour sa précieuse collaboration.

Bibliographie

- ALLEMAND D. (1993). The biology and skeletogenesis of the Mediterranean Red coral. A review. *Precious Corals and Octocorals Research*, 2 : 19-39
- ALLEMAND D., CUIF J. P., WATABE N., OISHI M., KAWAGUCHI T. (1994). The organic matrix of skeletal structures of the Mediterranean Red Coral, *Corallium rubrum*. *Ann. Inst. Océanogr. Monaco. Biomin* 93. Numéro spécial 14(1): 129-139
- ASCIONE, C. (1993). The art of coral: myth, history and manufacture from ancient times to the present. In: *Il corallo rosso in Mediterraneo: Arte, Storia e Scienza. Red coral in the Mediterranean Sea: Art, History and Science*. Cicogna F. et Cattaneo-Viatti R. (Eds.). Min. Ris. Agr. Al. For. - Roma, pp 11 - 36
- CATTANEO-VIETTI R., BAVESTRELLO G., BARBIERI M., SENES L. (1992). Premières expériences d'élevage de corail rouge dans la réserve sous-marine de Monaco. Association Monégasque pour la Protection de la Nature, *Compte-Rendu des activités 1990-1991*, 35-41
- CHESSA L.A., GRILLO M.C., PAIS A., VITALE L.; 1992: Natural and artificial settlements of red coral, *Corallium rubrum* (L.): preliminary observations. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, 33 : 32
- DEBERNARDI E (1992). Expérience de coralliculture dans les eaux territoriales de la Principauté de Monaco. Association Monégasque pour la Protection de la Nature, *Compte-Rendu des activités 1990-1991*, 32-33
- FAO (1984). 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.
- FAO (1989). 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.
- GRILLO M.C., GOLDBERG W.M., ALLEMAND D. (1993). Skeleton formation in Mediterranean red coral *Corallium rubrum*. *Mar. Biol.* 117 : 119-128
- 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° DROEM 91-01.
- LABOREL J., VACELET J. (1961). Répartition biologique 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*. J.B. Baillière et fils, Paris - XXV +371p.
- 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
- MERLIN J.C., DELÉ M.L. (1983). Étude par spectroscopie Raman de résonance de la pigmentation des squelettes calcaires de certains coraux. *Bull. Soc. Zool. France*. 108: 289-301
- 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, (16 p.)
- RUSSO G.F., ZUPO V., PIRAINO S., ULIANICH L., COCOGNA F. (1993). Rearing and experimental aspects of the feeding biology of the red coral. In: *Il corallo rosso in Mediterraneo: Arte, Storia e Scienza. Red coral in the Mediterranean Sea: Art, History and Science*. Cicogna F. et Cattaneo-Viatti R. (Eds.). Min. Ris. Agr. Al. For. - Roma, pp 159 - 179
- 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
- WEINBERG S. (1993). Coral research through the centuries. In: *Il corallo rosso in Mediterraneo: Arte, Storia e Scienza. Red coral in the Mediterranean Sea: Art, History and Science*. Cicogna F. et Cattaneo-Viatti R. (Eds.). Min. Ris. Agr. Al. For. - Roma, pp 37 - 60
- ZIBROWIUS H., MONTEIRO MARQUES V., GRASSHOFF M. (1984). La répartition du *Corallium rubrum* dans l'Atlantique (Cnidaria : Anthozoa : Gorgonaria). *Téthys*. 11(2): 163-170

LES REBOISEMENTS AUTOUR DE MONACO

par

*Mesdames Muriel AGLIARDI⁽¹⁾ Michèle ROBILLON⁽¹⁾,
Messieurs Alexandre BORDERO⁽¹⁾ Denis LAURENS⁽²⁾*

L'Association Monégasque pour la Protection de la Nature et la Division "Jardins" du Service de l'Urbanisme et de la Construction collaborent depuis la création de l'AMPN à des opérations de reboisement sur les versants qui entourent Monaco. La contribution importante de la Division "Jardins" en personnels, matériaux, matériels et plantes a permis d'effectuer ces opérations avec le succès que nous constatons aujourd'hui.

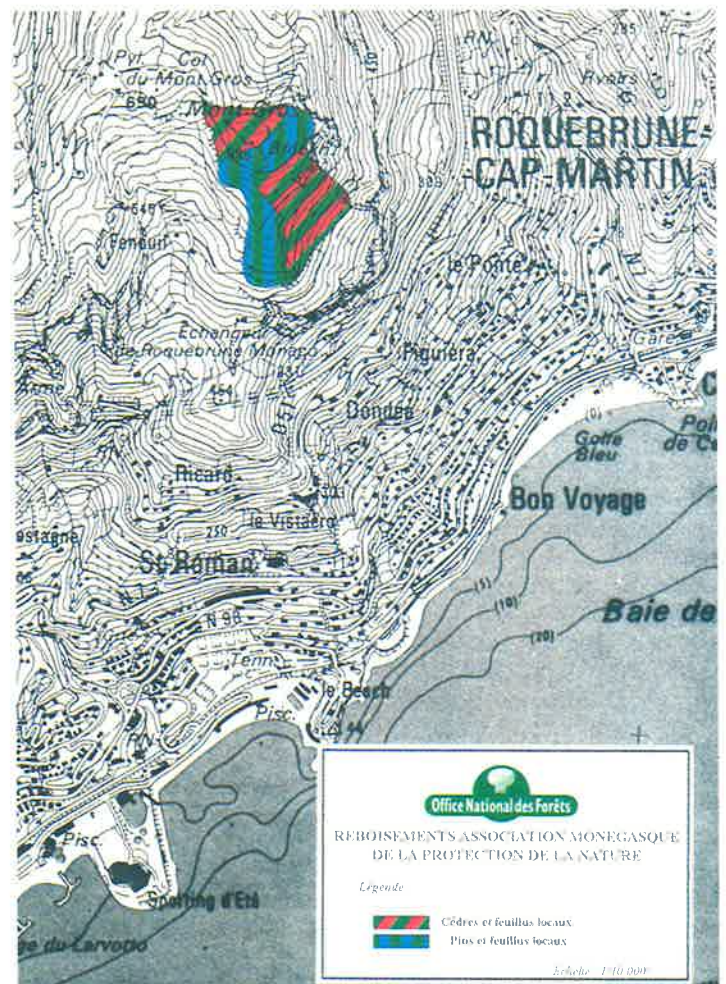
Nous avons reçu également l'assistance précieuse de la Direction Départementale de l'Office National des Forêts qui a suivi ces opérations avec la participation de ses techniciens auxquels, comme à nos jardiniers nous tenons à renouveler l'expression de nos vifs remerciements. La preuve a ainsi été faite qu'une collaboration bien comprise avec le souci d'aboutir apporte toujours des résultats positifs.

Dans notre région, aujourd'hui très urbanisée, la végétation a été grandement fragilisée autrefois par les pâturages d'hiver, les bandites et, plus récemment, par la réalisation de grands équipements.

Elle a été aussi gravement endommagée par les nombreux incendies qui ont affecté le département des Alpes-Maritimes.

La Principauté de MONACO, au travers de l'Association Monégasque pour la Protection de la Nature, du Service de l'Urbanisme et de la Construction, de Clubs Services et en liaison avec les municipalités des communes limitrophes a entrepris de participer à la reconstitution de la forêt sur ces espaces qui, aujourd'hui, portent une végétation n'exprimant pas toute leur potentialité.

Ces opérations auxquelles ont participé de jeunes scolaires de la Principauté, des adhérents de l'AMPN, des jardiniers du Service des Jardins, des Sapeurs Pompiers et des Carabiniers ont été pour nous l'occasion de sensibiliser, d'associer étroitement garçons et filles à une tâche, certes limitée, mais néanmoins fort utile. Elles nous ont également permis de mettre l'accent sur les difficultés inhérentes à ces



(1) AMPN

(2) Directeur Départemental de l'ONF

*Après le feu...
le reboisement*



*Approvisionnement
du chantier
de reboisement par hélicoptère.*



reboisements en raison des terrains difficiles où nous les pratiquons, et de la fragilité des écosystèmes.

Le milieu

Nous avons délibérément choisi de cristalliser nos efforts de reboisement en des points précis situés à proximité immédiate de la Principauté, qui présentent à la fois un intérêt particulier et des conditions telles que des chances sérieuses de succès peuvent être raisonnablement escomptées.

En outre, la participation des jeunes, nous oblige à choisir des sites suffisamment accessibles, de façon à leur permettre d'intervenir en toute sécurité.

Sites géographiques

Les sites géographiques retenus ont été :

- La Pointe des Douaniers (Commune de Cap d'Ail).
- Les Hauts de Monte-Carlo (Commune de La Turbie).
- Le Mont Gros (Commune de Roquebrune Cap Martin).
- La Tête de Chien (Commune de Cap d'Ail).
- La Route du Col de la Madone (Peille).

Géologie

Du point de vue géologique, ces reliefs littoraux proviennent de roches sédimentaires d'époque secondaire, datés du début du Jurassique au Crétacé.

Les calcaires durs du Jurassique moyen ont notamment donné les grandes falaises rocheuses de la Tête de Chien.

Cet ensemble sédimentaire génère des sols généralement carbonatés, marqués dans certains cas par les épisodes climatiques antérieurs, phases tropicales qui ont généré les "terra rossa" et phases glaciaires à l'origine des grandes colluvium de pente.

Seule exception géologique, le site de la Pointe des Douaniers est connu pour ses poudingues.

Climatologie

Rappelons que le climat méditerranéen est caractérisé essentiellement par une période de sécheresse estivale, mais aussi par des pluies, surtout automnales et printanières, peu fréquentes mais généralement violentes.

Ces caractéristiques rendent particulièrement difficile la reconstitution naturelle des végétations dégradées, notamment en raison de l'érosion intense que subissent les sols. Elles compliquent également les tentatives de reboisement : nécessité de créer des poches de terre, de combattre le stress hydrique estival, de choisir des sujets résistants, etc...

La géomorphologie du site, et la proximité de la mer donnent, dans le contexte méditerranéen, des hivers doux qui différencient la région du restant de la côte méditerranéenne ligure.

Végétation

Ces conditions climatiques "thermoméditerranéennes", présentes depuis le Mont Boron à Nice jusqu'à Menton, permettent le développement, jusqu'à 300 à 500m d'altitude, d'une formation végétale particulière à euphorbe arborescente, olivier sauvage, caroubier, autrefois palmier nain, "*Chamaerops humilis*".

Au dessus de 500m et sur les versants nord, se rencontre le milieu "mésoméditerranéen" caractérisé par le chêne vert, le frêne à fleurs, le chêne pubescent et l'*ostrya* sur les sols les plus profonds ; le pin maritime y est présent.

En versant nord, se rencontrent très rapidement le pin sylvestre, espèce montagnarde, sur les ubacs du Mont Gros par exemple, accompagné de chêne pubescent, d'érable, d'*ostrya*.

Cette végétation naturelle a été dégradée, autrefois par le pâturage d'hiver dans le cadre des "bandites", plus récemment par les grands incendies.

Les opérations de reboisement

Les différents partenaires

L'Association Monégasque pour la Protection de la Nature intervient dans la préparation des différentes opérations, elle participe à leur financement, au choix du terrain, assure l'encadrement des jeunes enfants et le bon déroulement des opérations.

Le Département des Travaux Publics et des Affaires Sociales participe, pour une large part, aux financements des reboisements, le Service des Jardins mettant à la disposition des organisateurs, du matériel, des équipes de jardiniers et des arbres. Ces jardiniers préparent, dans des conditions souvent difficiles, les trous où seront plantés les arbres. Ils assurent également l'encadrement des jeunes et leur apportent de précieux conseils.

Les Clubs Services ont financé un certain nombre d'opérations et assuré des campagnes de communication en faveur du reboisement, notamment à la suite des incendies de 1986.

La Direction Départementale de l'Office National des Forêts décide du choix des terrains à reboiser, en accord avec les mairies des communes limitrophes de la Principauté. Elle choisit les espèces qui seront plantées, et assure l'entretien et le suivi des zones reboisées, en liaison avec le Service des Jardins de la Principauté.

Jeunes et anciens s'affairent sur le terrain.





*Deux générations
pour un
même geste.*

Les espèces utilisées

* des feuillus locaux :

- L'**érable champêtre** et l'**érable à feuilles d'obier**, présents mais raréfiés, à l'état naturel.
- Le **cormier** (sorbier domestique) et l'**alisier torminal**, intéressant pour l'avifaune.
- Le **chêne vert**, le **chêne pubescent**, l'**ostrya** et le **frêne à fleurs**.

* des conifères, d'origine " exotique " :

- En premier lieu, les **cèdres** :

Le **cèdre de l'atlas**, qui retrouve sur les hauteurs, des conditions de milieu semblables à celles que l'on rencontre dans les chaînons littoraux de l'Afrique du Nord (de l'Atlas Blidéen par exemple, à proximité d'Alger).

- Le **cèdre de l'Himalaya ou Déodar**, botaniquement voisin du précédent, avec feuillage plus clair et aiguilles plus longues qui croît dans un milieu différent : les régions subtropicales d'altitude, de l'Afghanistan et du Cachemire. La croissance de cette espèce est assez satisfaisante au Mont Gros et à la Grande Corniche, semblant tirer parti des brouillards fréquents qui atténuent la sécheresse estivale.

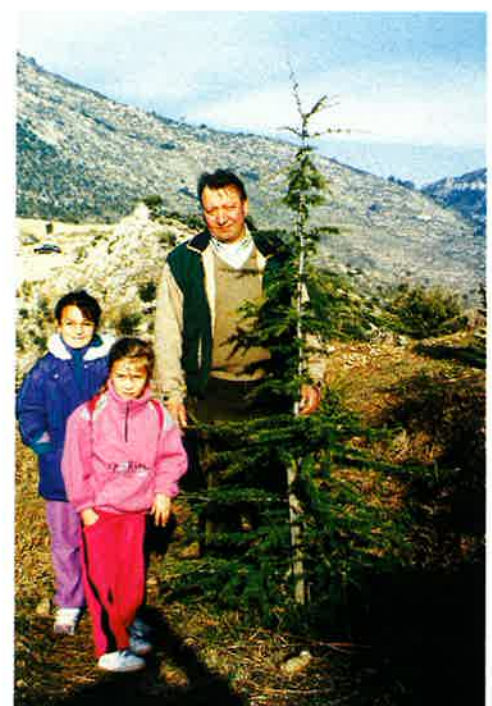
- Le **pin maritime**, de race résistante au *Matsucoccus*, originaire de l'Espagne (Cuenca) et du Maroc (Tamjoute) est lui aussi utilisé, réintroduit pour sa contribution caractéristique au paysage.

- Le **pin pignon**, pourtant originaire d'un milieu différent, les terrains côtiers sablonneux, s'adapte bien à nos reliefs littoraux, où il se montre d'une grande longévité, et réfractaire aux attaques des chenilles processionnaires.

Enfin, la protection du caroubier, espèce qui tend à se raréfier avec l'urbanisation du littoral, est énergiquement entreprise. La Principauté et l'O.N.F. réalisent la multiplication de caroubiers d'origine locale bien adaptés au climat (autrement sont importés des caroubiers d'Espagne ou de Sicile, qui résistent mal au froid), en vue de reconstituer les pentes inférieures de la Tête de Chien, du Mont Gros et de la Grande Corniche.

Après trois années ce cèdre a pris un bon départ.

*Petit mais repéré
pour suivre
son développement*





Une partie
de l'équipe
sur le terrain...

Chronologie des opérations

1976 : L'Association Monégasque pour la Protection de la Nature effectue sa première plantation au boulevard du Larvotto.

Les 15 pins mis en place à proximité de l'école des Carmes, sont les seuls arbres qui aient été plantés, par l'association, en territoire monégasque. Ils ont atteint aujourd'hui une belle taille et font l'objet des soins attentifs de nos jardiniers.

1977 : Le premier reboisement important, 400 Pins et 250 *chamaerops humilis*, est réalisé sur la commune de la Turbie.

1978 - 1979 : L'Association Monégasque pour la Protection de la Nature réalise un programme important de reboisement : 3500 *Pinus nigra* et *Cedrus atlantica* sont plantés à La Turbie, sous les Hauts de Monte-Carlo avec un bon résultat de 50 % de reprise.

1000 Cèdres sont plantés à Roquebrune Cap Martin.

500 Cyprès et Pins sont plantés sur la commune de Peille.

250 Pins sont plantés à la Pointe des Douaniers à Cap d'Ail, mais cette dernière tentative de plantation a été un échec car les jeunes pins ont souffert en pépinière et ont été plantés trop tardivement. Ils n'ont pas résisté aux rigueurs des embruns marins. A la suite de cet échec, une étude a été entreprise par l'Institut National de la Recherche Agronomique, afin d'en comprendre les motifs.

1982 - 1983 : L'Association Monégasque pour la Protection de la Nature procède à la plantation de 600 pins à La Turbie (*Pinus laricius* et *Pinus pinea*) offerts par l'Office National des Forêts, pour remplacer les pins morts lors de la précédente plantation, sous les Hauts de Monte-Carlo. Ont participé à cette plantation : les jardiniers du Service des Jardins, du Jardin Exotique et de la Société des Bains de Mer ainsi que des scolaires de Monaco.

A la suite de l'échec de la plantation en 1979 sur la Pointe des Douaniers les responsables de l'AMPN et les ingénieurs de la station d'Antibes de l'Institut National de la Recherche Agronomique ont procédé à une étude conjointe pour déterminer les espèces végétales susceptibles de supporter les conditions particulièrement difficiles de cette zone exposée du littoral de Cap d'Ail. 570 sujets répartis en 17 espèces ont été fournis par la station et mis en place en fonction notamment de leur résistance aux embruns marins. Le taux de réussite a été d'environ 70 %.

1986 - 1987 - 1988 : Le Lion's Club lance une campagne de sensibilisation pour le reboisement des zones sinistrées par les incendies dévastateurs de juillet 1986.

Il offre à l'Association Monégasque pour la Protection de la Nature 1000 plants : 300 *Pinus nigra* et 700 *Cedrus atlantica*.

27 janvier 1988 : 600 de ces arbres sont plantés sur le Mont Gros. La plantation, à laquelle ont participé les enfants de l'Association Monégasque pour la Protection de la Nature, les Sapeurs Pompiers de Monaco, les enfants du Centre aéré de Saint Agnès, les ouvriers municipaux de Roquebrune Cap Martin et le Service des Jardins, a nécessité le transport par hélicoptère de 16 tonnes de terreau.

27 février 1988 : Les 400 sujets restant sont plantés dans les mêmes conditions.

8 décembre 1988 : L'Association Monégasque pour la Protection de la Nature procède à la mise en place, au Mont Gros de 700 arbres supplémentaires.

1989 : Malheureusement, le 2 août 1989, un incendie ravage les pentes du Mont Agel et du Mont Gros, et détruit une partie de la plantation.

1990 - 1991 : Plantation de 700 cèdres, de 500 Pins d'Alep et Pins Laricio au Mont Gros, pour essayer de rééquilibrer, de faire disparaître les méfaits de l'incendie.

1992 - 1993 : 450 Pins sont plantés sous la Tête de Chien.

Les efforts poursuivis depuis 20 ans sont maintenant visibles dans le paysage. Les surfaces reboisées plus récemment y seront bientôt, elles aussi présentes, la forêt reconstituée mettant en valeur les escarpements rocheux.

ANNEE	LIEU DE PLANTATION	ESPECES	NOMBRE
1976	Larvotto	Pins	15
1977	La Turbie	Pins , Chamaerops humilis	400, 250.
1978-1979	La Turbie	Pins et Cèdres	3500
	Roquebrune-Cap-Martin	Cèdres	1000
	Peille	Cyprès et Pins	500
	Pointe des Douaniers	Pins	250
1982-1983	La Turbie	Pins	600
	Pointe des Douaniers	Espèces diverses adaptées au milieu.	570
1987-1988	Mont Gros	Pins, Cèdres, Autres.	300, 700, 700.
Avril 1989	Mont Gros	INCENDIE	
1990-1991	Mont Gros	Cèdres, Pins.	700, 500.
1992-1993	Tête de Chien	Pins	450

**CONFÉRENCES OU COLLOQUES INTERNATIONAUX
ET EXPOSITIONS INTERNATIONALES**
auxquels
L'ASSOCIATION MONÉGASQUE
POUR LA PROTECTION DE LA NATURE
a participé

Année 1980

18/20 SEPTEMBRE

Conseil Général des Pêches pour la Méditerranée (Palma de Majorque). "Présentation d'une communication sur les récifs artificiels de Monaco".

Année 1981

19 / 24 JUIN

Exposition cynégétique mondiale / Festival International du film sur la Protection de la Nature (Plovdiv - Bulgarie).

Exposition "Portofino" à Kobé - Japon avec la Direction du Tourisme et des Congrès.

Année 1982

27 SEPTEMBRE / 1^{er} OCTOBRE

XVI^{ème} Session du Conseil Général des Pêches pour la Méditerranée (Rome).

Communication sur le développement des structures artificielles immergées dans la Réserve (colonisation).

2 / 11 DÉCEMBRE

XXVIII^{ème} Congrès Assemblée plénière de la Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la Méditerranée. Présentation de communications sur les activités scientifiques déployées dans la Réserve.

Année 1983

7 / 21 JUILLET

XIII^{ème} Festival International du film de Moscou. Présentation de deux films tournés dans la Réserve.

9 / 14 SEPTEMBRE

Rencontres Internationales de l'Environnement et de la Nature (Royan). Présentation d'un film et d'une exposition de grandes photographies sous marines.

Année 1984

17 / 21 SEPTEMBRE

XVII^{ème} Session du Conseil Général des Pêches pour la Méditerranée (Rome). Présentation d'une communication sur "La contribution d'une réserve dans l'aménagement des pêches côtières."

12 / 14 OCTOBRE

Festival International du film sous marin de Lucerne (Suisse) à

l'occasion du XIX^{ème} Congrès Assemblée plénière de la C.I.E.S.M. Présentation de deux films, d'une exposition photographique sur la Réserve et diffusion de 1100 brochures sur les activités de l'A.M.P.N.

Année 1985

27 / 29 MARS

Conseil de l'Europe. Conférence des Régions du bassin méditerranéen (Marseille). Communication scientifique sur la Réserve et diffusion de nos brochures.

28 JUIN / 12 JUILLET

XIV^{ème} Festival International du film de Moscou. Présentation d'un nouveau film sur la Réserve et diffusion de nombreuses brochures.

1^{er} / 8 SEPTEMBRE

Festival International du film de l'Environnement (Cogne - Vallée d'Aoste). Présentation de trois films dont l'un "Petit poisson deviendra grand" a reçu le prix du meilleur commentaire. Depuis cette date l'A.M.P.N. participe tous les deux ans à ce festival.

Année 1986

17 / 19 MARS

Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (F.A.O. - Rome). Consultation technique sur la conchyliculture en mer et les récifs artificiels (Ancône - Italie). Thèmes : récifs artificiels, complémentarité entre les récifs artificiels et la conchyliculture, présentation des résultats des études menées dans la Réserve de Monaco.

23 MAI / 1^{er} JUIN

Exposition Internationale de Nuremberg (Allemagne) sur "La faune sauvage et l'environnement". Présentation des maquettes de la Réserve et d'un récif artificiel. Projection en continu d'un montage vidéo sur les activités scientifiques et culturelles dans la Principauté de Monaco. 200 000 visiteurs ont été reçus sur le stand de Monaco.

27 JUILLET

Parc National de Port Cros. Conférence sur la Réserve marine de Monaco et projection de films dans le cadre des soirées d'animation données par la Direction du Parc.

18 AOÛT

Création par l'Ordonnance Souveraine de ce jour, de la réserve à corail. Organisation et gestion par l'A.M.P.N.

6 / 10 OCTOBRE

XVIII^{ème} Session du Conseil Général des Pêches pour la Méditerranée (Monaco). Exposé sur la création d'une réserve à corail dans les eaux territoriales de la Principauté. Election de M. E. Debernardi, Président de l'AMPN à la Vice-Présidence du C.G.P.M. pour deux ans à compter du 11 octobre 1986.

20 / 25 OCTOBRE

XXX^{ème} Assemblée plénière de la Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la Méditerranée (Palma de Majorque). Deux communications scientifiques y ont été présentées sur les récifs artificiels et les microbiocénoses dans les sédiments de la réserve. Diffusion de 600 brochures éditées par l'A.M.P.N.

Année 1987

2 / 6 NOVEMBRE

IV^{ème} Conférence Internationale sur les récifs artificiels pour les Pêcheries (Université de Floride - Miami). Communication sur "La conception et la construction des récifs artificiels de Monaco". Présentation de notre film "Un monde éclairé" et diffusion d'une brochure spécialement éditée pour cette conférence.

Année 1988

27 / 30 SEPTEMBRE

II^{ème} Consultation Technique sur le corail rouge de Méditerranée (Torre del Greco - Naples - Italie). Au cours de cette consultation le Président de l'A.M.P.N. a proposé de réaliser dans la réserve à corail la première expérience grandeur nature de la culture du corail rouge. Cette expérience a débuté à Monaco le 13 janvier 1989 et se poursuit toujours.

12 / 13 DECEMBRE

Colloque International sur le suivi des vertébrés terrestres par radiotélémetrie (Monaco). Participation de l'A.M.P.N. à ce colloque organisé par la Direction du Parc National du Mercantour sur le suivi des mouflons par balises radio.

Année 1989

27 FÉVRIER / 3 MARS

XIX^{ème} Session du C.G.P.M. (Livourne - Italie). Approbation par le Comité exécutif du programme de coralliculture engagé par l'A.M.P.N. Réélection de M. E. Debernardi, Président de l'AMPN à la Vice-Présidence pour deux ans.

Année 1991

30 AOÛT / 3 SEPTEMBRE

V^{ème} Festival International du film Nature (Cogne - Vallée d'Aoste). Sous la présidence d'honneur de S.A.S. le Prince Héritaire Albert de Monaco qui a participé à diverses manifestations et notamment au lâcher de rapaces blessés en montagne et soignés par la ligue italienne pour la protection des oiseaux.

3 / 7 NOVEMBRE

V^{ème} Conférence Internationale sur les récifs artificiels appliqués

à la Pêche (Los Angeles - U.S.A.). Présentation par M. Michel Boisson, Conseiller scientifique de l'AMPN, d'une communication sur les résultats obtenus dans la Réserve Marine de Monaco depuis sa création.

Année 1992

20 AVRIL / 12 OCTOBRE

Exposition Universelle de Séville (Espagne). Présentation par photographies et maquettes de l'expérience de coralliculture. Conférence donnée le 11 octobre par MM. Denis Allemand, Conseiller scientifique de l'AMPN, et Eugène Debernardi dans l'Auditorium du Pavillon de la France sur cette expérience particulière.

15 MAI / 15 AOÛT

Exposition Internationale de Gênes organisée pour commémorer le 500^{ème} anniversaire de la découverte du continent américain par Christophe Colomb. (Présentation par l'AMPN de ses maquettes et d'une collection de photographies sur la coralliculture).

12 / 17 OCTOBRE

XXXII^{ème} Congrès Assemblée plénière de la C.I.E.S.M. (Trieste - Italie). Présentation par grandes photographies et maquettes de nos grottes artificielles à corail, du programme de coralliculture.

5 / 6 / 7 NOVEMBRE

III^{ème} Rencontre M.E.D.P.A.N. (Alicante - Espagne). Présentation par Mme Christine Ferrier-Pagès, membre du Conseil d'Administration de l'A.M.P.N. de l'expérience de coralliculture et diffusion de la brochure éditée spécialement à cet effet.

Année 1993

15 / 17 FÉVRIER

I^{er} Congrès International sur les coraux précieux (Kochi - Japon). Présentation de notre expérience de coralliculture par M. Denis Allemand, Conseiller scientifique au sein du Conseil d'Administration de l'A.M.P.N.

5 / 9 JUILLET

XX^{ème} Session du Conseil Général des Pêches pour la Méditerranée (Malte). Le Conseil a notamment mis l'accent sur la valeur de l'expérience "corail" en cours à Monaco, et son grand intérêt scientifique pour la protection de cette espèce.

Année 1994

Poursuite de nos programmes (récifs artificiels et corail).

22 / 30 JANVIER

Salon Nautique de Dusseldorf "Boot-94". 1er partenaire du Salon, la Principauté de Monaco y était représentée par l'Office du Tourisme, le Yacht Club de Monaco et l'AMPN (maquettes et brochures).

Année 1995

22 / 26 MAI

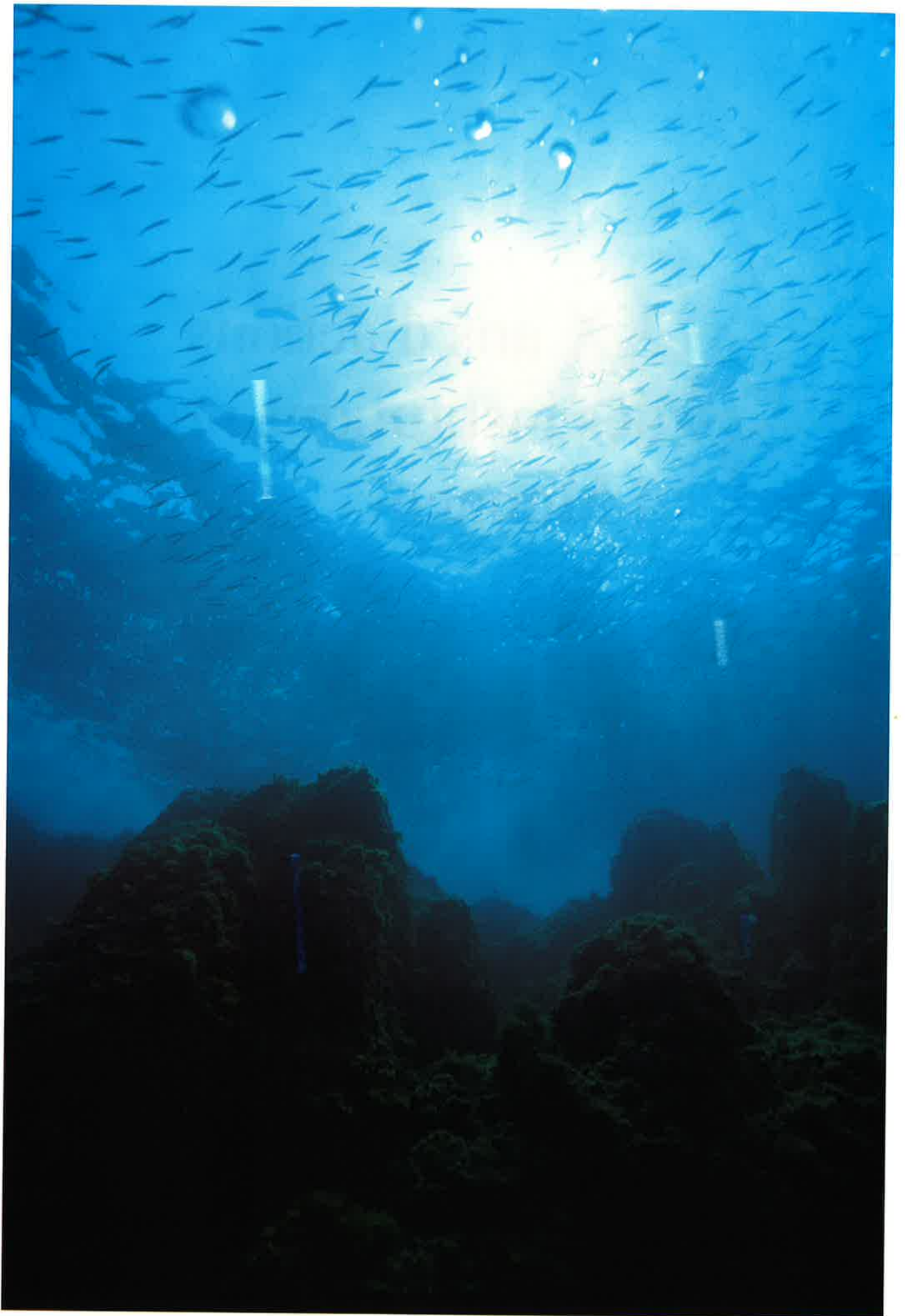
XXI^{ème} Session du Conseil Général des Pêches pour la Méditerranée (Alicante - Espagne). Communication sur l'évolution de la coralliculture à Monaco par le Président de l'A.M.P.N. Examen des problèmes généraux de la pêche des thonidés.



Photo JEAN-MICHEL MILLE

2.2

**XX ans d'actions
des institutions présentes
à Monaco**



LE MUSÉE OCÉANOGRAPHIQUE

par

François SIMARD⁽¹⁾

“Ici, Messieurs, vous le voyez, la terre monégasque a fait surgir un temple fier et inviolable, dédié à la divinité nouvelle qui règne sur les intelligences. Moi, j'ai prêté les forces de mon cerveau, de ma conscience et de ma Souveraineté à l'extension de la vérité scientifique, du seul terrain où puissent mûrir les éléments d'une civilisation stable, garantie contre l'inconstance des lois humaines”.

Ainsi parlait le Prince Albert Ier lors du discours qu'Il prononça le 29 mars 1910 à l'inauguration du Musée Océanographique.

Dans ce texte, Il explique quels ont été Ses choix, pourquoi Il a fait bâtir ce musée et donné toutes les lignes directrices pour que Son oeuvre soit continuée à tout jamais. Il y précise combien la science représente une valeur suprême sur laquelle il faut s'appuyer pour que ne s'écroule pas notre civilisation. Voici donc l'importance de ce musée. Voici donc la responsabilité qui est celle des personnes qui en ont la charge. Voici donc l'oeuvre que les visiteurs sont invités à contempler.

Depuis 1910, le Musée Océanographique a accueilli plus de 35 millions de visiteurs. Actuellement, il en accueille 800 000 à un million par an, ce qui le situe parmi les tout premiers musées du monde.

(1) *Directeur Adjoint.*



*Musée
Océanographique
de Monaco
vu depuis la mer.*

XX ANS D' ACTIONS DES INSTITUTIONS PRÉSENTES A MONACO

Depuis sa création, et conformément à la volonté du Prince Albert Ier, le Musée Océanographique appartient à une fondation de droit français, l'Institut Océanographique, sis à Paris. Cette Fondation, qui a pour objectif la divulgation scientifique, est dirigée par un conseil d'administration, présidé par Monsieur Edouard BONNEFOUS, et un comité de perfectionnement présidé par le Professeur Jean AUBOIN.

Quatre directeurs se sont succédés à la tête du Musée en 85 ans : le docteur Jules RICHARD (1910-1945) qui était un des plus proches collaborateurs du Prince Albert Ier, le Commandant Jules ROUCH (1945-1957), le Commandant Jacques-Yves COUSTEAU (1957-1988) qui apporta au Musée son essor médiatique ; le Professeur François DOUMENGE (depuis 1989) qui s'est donné pour mission, avec une équipe jeune et dynamique, de redonner à l'établissement une véritable image scientifique et de lui faire prendre le bon virage pour le XXI^e siècle.

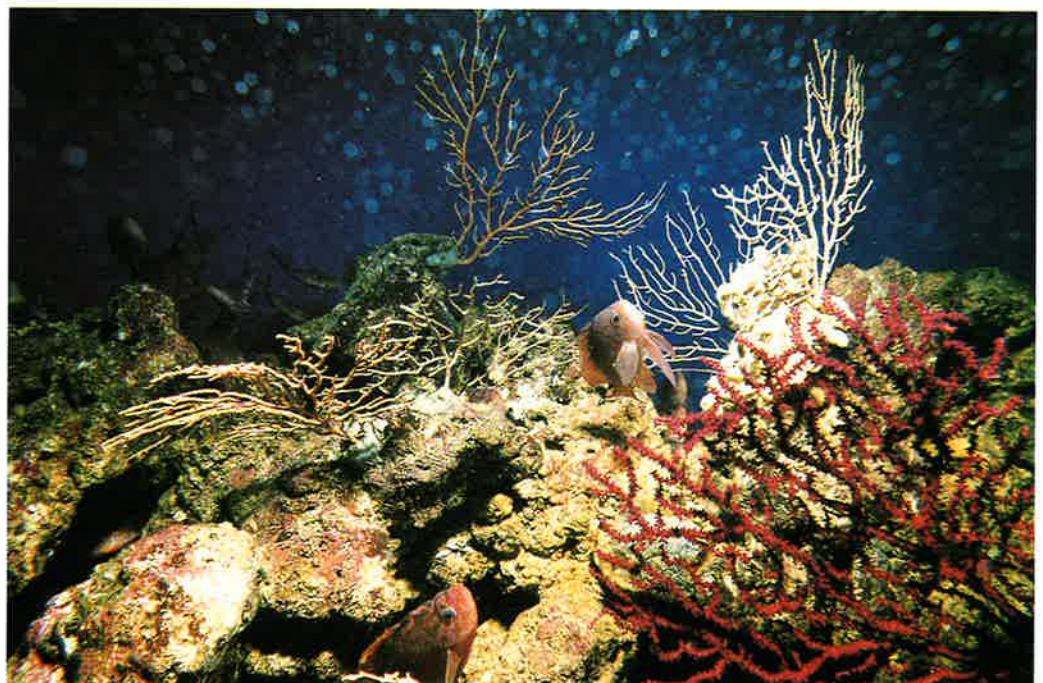
Le Musée Océanographique dispose de collections très variées, allant des oeuvres d'art aux poissons et organismes vivants, en passant par les objets artisanaux et éthologiques, les instruments océanographiques anciens et modernes, les objets pédagogiques et didactiques tels que les maquettes, les collections zoologiques et biologiques comme les squelettes ou les animaux naturalisés ou conservés dans le formol. Grâce à ces collections, le Musée axe ses actions sur plusieurs thèmes : les richesses de la mer, la connaissance fondamentale des océans, les milieux tropicaux, et la Méditerranée. Ce dernier thème est certainement celui qui nous tient le plus à coeur et qui représente notre vocation la plus forte.

La Méditerranée, *Mare nostrum*, s'étend devant les contreforts du Musée qui l'observent comme une vigie défiant le temps. Le Prince Albert Ier l'a voulu ainsi, et c'est ainsi que nous le concevons.

Une salle entière est affectée aux écosystèmes de Méditerranée dans l'aquarium qui constitue sans aucun doute le plus grand et le meilleur au monde au regard des espèces méditerranéennes offertes à la curiosité du public. Dans une quarantaine de bacs sont déclinés les différents aspects vivants de cette mer si proche mais si mal connue. Chaque bac, bien que centré sur une ou plusieurs espèces de poissons ou de gros invertébrés, présente l'écosystème complet dans ses moindres détails : algues vertes, algues brunes et rouges, invertébrés tels que les gorgones, les spirographes ou les cérianthes, bivalves fixés, ascidies, holothuries, oursins et étoiles de mer ; ainsi que l'invisible : bactéries, plancton, crustacés des espaces interstitiels du sable. Les visiteurs peuvent avoir une vision très proche de la réalité sous-marine et de sa complexité. Ils ont aussi l'opportunité d'aiguiser leur sens de l'observation car il se passe toujours quelque chose dans ces bacs vivants : une ponte, un comportement de parade nuptiale, un petit animal souvent caché, ou une querelle entre deux espèces. L'accent est mis sur le tombant coralligène qui est sûrement le plus bel écosystème méditerranéen. Les gorgones et éponges y succèdent aux anémones et au précieux corail rouge.

Pour parfaire ce tour de la Méditerranée, on peut aller voir la collection des squelettes de cétacés qui, complétée de magnifiques modèles très réalistes et anatomiquement exacts, offre un panorama complet des espèces spécifiques de Méditerranée.

*Aquarium
représentant le
tombant coralligène.*





S.A.S. le Prince Rainier III, S.A.S. le Prince Héréditaire Albert, Monsieur le Professeur Doumenge, Madame Saunier Seïte ancien Ministre des Universités et Madame Nadia Ounais Thévenin devant l'aquarium cylindrique de 8m³.

Photo MUSÉE OCÉANOGRAPHIQUE

Le micro-aquarium (salle de conférences), une nouveauté de 1995, permet au public de découvrir l'infiniment petit grâce à une liaison entre une loupe binoculaire et un écran géant. Cette installation a demandé plusieurs années de mise au point en collaboration avec le Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris.

Au premier étage, ce sont les images en provenance des satellites qui prennent le relais pour nous expliquer comment fonctionne la Méditerranée. Cette animation, également mise en place en 1995, permet de donner des informations fondamentales et spectaculaires sur la température, sur les vagues, les courants, les pollutions, grâce une banque d'images satellitaires contenues dans un puissant ordinateur et visualisées sur un grand écran.

Toujours au premier étage, la salle centrale est consacrée à la vie du Prince Albert Ier. On comprend mieux ainsi l'immense apport de Son oeuvre à l'océanographie et tout particulièrement à la connaissance de la Méditerranée. Dans la salle de l'ours, on remarquera la vitrine de corail pré-

cieux, thème qui avait donné lieu à une exposition temporaire en 1992-1993, et surtout à un "Festival du corail" en avril 1992 au cours duquel on a pu admirer de merveilleuses pièces de corail sculpté.

Il faut compléter ce parcours méditerranéen par les grandes nacres pinctadines sculptées de scènes religieuses aux XVIIIe et XIXe siècles en Italie (salon d'honneur), les mosaïques de style romain (palier du premier étage et de l'entrée), les maquettes de bateaux de pêche et les filets artisanaux (salle d'océanographie appliquée), les cartes bathymétriques du Bureau Hydrographique International (salle du Prince), sans oublier les multiples spécimens de poissons conservés dans des bocaux.

Cette approche méditerranéenne ne doit pas faire oublier toutes les autres beautés présentes au Musée. L'aquarium tropical permet au visiteur d'avoir une idée très précise et très proche de la réalité des fonds coralliens des mers chaudes et plus particulièrement de la mer Rouge. Ces aquariums, lumineux et colorés, débordant de vie, préfigu-

XX ANS D' ACTIONS DES INSTITUTIONS PRÉSENTES A MONACO

rent certainement les aquariums du futur où le visiteur oubliera complètement qu'il est sur terre devant un aquarium, tellement cette image de la nature sous-marine s'imposera à lui.

La collection "Art de la Nacre - Coquillages sacrés" nous montre l'histoire qui s'est tissée au fil des siècles entre les hommes et les coquillages au cours des différentes civilisations. On y découvre le coquillage objet d'art, mais aussi le coquillage rituel et le coquillage objet usuel, à travers de nombreuses espèces de bivalves et de gastéropodes.

La salle de conférence accueille expositions, projections de films et autres manifestations de grand prestige.

"Et voici la science de la mer qui entre dans ce palais où l'architecte a mis l'empreinte de ces conceptions géniales quand j'ai voulu réunir dans un même éclat les deux forces directrices de la civilisation : l'Art et la Science" (discours d'inauguration du Prince Albert Ier, 1910).

Réunir l'Art et la Science, voici bien encore une volonté géniale. Ainsi, récemment la salle de conférence a accueilli un grand congrès sur la biominéralisation, un colloque sur l'algue spiruline, un autre sur le droit international et la mer, mais aussi une exposition des oeuvres sculptées de Renoir, une autre sur le peintre Utrillo, ainsi que de nombreux concerts de musique de chambre ou symphonique.

Mise à part sa fonction prépondérante auprès du grand public, le Musée Océanographique n'en oublie pas de suivre sa vocation de soutien à la recherche. Il abrite depuis 1992 les laboratoires de l'Observatoire océanologique européen du Centre scientifique de Monaco qui dédient leur action à la connaissance fondamentale du métabolisme du corail et plus généralement aux cycles de l'azote et du carbone.

Le Musée continue d'entretenir une des meilleures et des plus anciennes bibliothèques océanographiques d'Europe. Ses collections, complétées et mises à jour en permanence, comportent à l'heure actuelle plus de vingt-cinq mille ouvrages, trois mille cinq cents séries de périodiques, dont mille deux cents sont reçues régulièrement en provenance de quatre-vingt pays. Le fonds est d'une richesse

toute particulière dans les domaines suivants : océanographie biologique et biologie marine, aquariologie et aquaculture, protection de l'environnement marin, noms scientifiques et vernaculaires des animaux et végétaux marins, histoire de l'océanographie. Les technologies modernes rendent accessibles tous ces documents aux utilisateurs du monde entier. Les lecteurs sont admis sur demande justifiée et peuvent consulter sur place l'ensemble des collections.

Le Musée continue également de publier plusieurs fois par an des volumes de ces revues, le Bulletin de l'Institut Océanographique et les Mémoires de l'Institut Océanographique. Ces ouvrages se font l'écho, à travers leur distribution mondiale, des progrès récents des sciences océanographiques. Les volumes les plus récents concernent la biominéralisation, la télédétection par satellite, l'algue spiruline, les mers tributaires de la Méditerranée, et les sépioles.

Une activité de publication de vulgarisation est également poursuivie avec des documents pédagogiques à l'usage des écoles, des ouvrages grand public sur certains aspects des collections ou sur des thèmes précis, la participation à des ouvrages sur la mer, ou encore l'édition de documents vidéo ou CD-ROM.

Enfin, grâce à l'action continue de son Directeur ou d'autres Responsables scientifiques, le Musée représente la Principauté auprès de grands organismes internationaux, tels que la Commission Baleinière Internationale (CBI), l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN), ou la Société Italienne de Biologie Marine (SIBM). Le Directeur est également Secrétaire général de la Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la mer Méditerranée (CIESM) sise en Principauté.

Par son activité variée, s'adressant aussi bien au monde de la recherche qu'au grand public, le Musée Océanographique de Monaco continue de jouer son rôle pour l'océanographie et plus particulièrement pour la connaissance, et en définitive pour la protection, de la mer Méditerranée.

LA CIESM⁽¹⁾ :

RECHERCHE MULTILATÉRALE

AU SERVICE DE LA PROTECTION MARINE

par
le Professeur F. BRIAND ⁽²⁾

La Principauté de Monaco abrite depuis près d'un siècle une institution originale : la Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la mer Méditerranée. Organisation intergouvernementale qui compte parmi ses membres la plupart des pays riverains du bassin méditerranéen, la CIESM joue un rôle de coordination de la recherche océanographique méditerranéenne et d'expert auprès des décideurs nationaux et internationaux. Ses liens avec la Principauté ne se limitent pas à la géographie. En effet, la création de la Commission est largement due à l'initiative du Prince Albert 1er, qui fut son premier Président. Aujourd'hui, le Prince Rainier III, régulièrement reconduit à la présidence de la CIESM par ses Etats-membres depuis 1951, veille activement à son évolution et à son développement.

Une longue histoire

“Exploration scientifique”, l'expression évoque irrésistiblement l'esprit pionnier et fleure bon le début du siècle. Et pour cause : les origines de la Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la mer Méditerranée remontent à 1908. Le IXe congrès international de Géographie, déplorant les lacunes dans la connaissance de la région, confiait alors à un comité, présidé par le Prince Albert 1er de Monaco, le soin de jeter les bases d'une future Commission de la Méditerranée. En mars 1910, le Prince Albert 1er soumettait ses premières conclusions au Comité réuni au Musée Océanographique, inauguré la veille. Il était convenu que la toute nouvelle Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la mer Méditerranée se réunirait à Rome l'année suivante. Mais en raison de conflits armés, la réunion ne put se tenir qu'en février 1914. Là furent posées les bases d'une Assemblée constitutive rassemblant les États riverains de la Méditerranée et de la mer Noire. La Première Guerre mondiale reporta de quelques années la tenue de cette réunion fondatrice.

Le 17 novembre 1919 à Madrid, en présence du Roi d'Espagne et du Prince Albert 1er, premier Président de la CIESM, cinq États indépendants (France, Espagne, Italie, Grèce et Principauté de Monaco) présidèrent à la fondation de la Commission, avec, à leurs côtés, l'Égypte sous protectorat britannique, la Tunisie sous protectorat français, l'Algérie et la Tripolitaine (Libye), colonies française et italienne. Ces membres de la première heure furent rapidement rejoints par la Roumanie, le royaume des Serbes, Croates et Slovènes, la Turquie ainsi que par des pays sous mandat britannique, français et espagnol : Chypre, Palestine, Syrie, Haut-Liban et Maroc. La CIESM couvrait alors la quasi-totalité du pourtour méditerranéen et une bonne partie des côtes de la mer Noire. Pendant une vingtaine d'années, le Bureau central et l'Assemblée plénière se réunirent régulièrement. Durant cette période, la CIESM fit preuve d'une grande activité, notamment en océanographie physique et biologique, publiant plus de 150 communications scientifiques et 467 planches sur la faune et la flore méditerranéennes.

La Seconde Guerre mondiale vint interrompre les activités de la Commission, une interruption qui faillit être définitive. En effet, le Conseil économique et social des Nations unies souhaitait que les agences spécialisées nouvellement créées de l'ONU puissent agir seules en Méditerranée. Les nations méditerranéennes, soucieuses de veiller au premier chef aux intérêts de leur région, surent résister aux pressions. Les efforts conjoints des commissions nationales de la CIESM qui s'étaient reformées seules après la guerre, et de la France, alors pays hôte du Secrétariat général, permi-

(1) *La Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la mer Méditerranée.*

(2) *Directeur Général de la CIESM.*

Le logo de la CIESM ci-contre représente l'étoile de mer *Hacelia attenuata*, répandue dans toute la Méditerranée et la province atlantique proche (jusqu'aux Açores). On trouve *Hacelia attenuata*, appelée communément "étoile de mer lisse", sur les fonds rocheux et coralligènes entre 3 et 150 mètres de profondeur (surtout entre 20 et 50 mètres). D'une taille moyenne de 20 centimètres, elle présente une coloration orange ou rouge écarlate. Le dessin d'*Hacelia attenuata* est reproduit d'une planche réalisée au début du siècle pour un ouvrage consacré aux campagnes océanographiques de S.A.S le Prince Albert 1er, à bord du yacht *Princesse Alice*. Lors de la campagne de 1897, plusieurs individus de cette espèce furent récoltés à une profondeur de 98 mètres.



rent la reprise des activités. En février 1951, la XIIe Assemblée plénière pouvait enfin se tenir à Paris.

La Commission sut accueillir auprès des anciennes puissances coloniales les nouveaux états indépendants, à l'exception de la Libye et du Liban. Cette indépendance vis-à-vis des conflits nationaux est d'ailleurs une des clés de la remarquable stabilité de son champ géographique. En 1969 et 1970, deux pays non riverains, l'Allemagne et la Suisse, vinrent grossir les rangs de la CIESM. Plus récemment, ce fut le tour de Malte (1990), de la Croatie et de la Slovénie (1992). Enfin, l'adhésion de l'Ukraine en 1992 lui a offert une ouverture vers l'Est et une meilleure couverture de la mer Noire. Derniers venus en 1995, les Pays-Bas portent désormais à 22 le nombre des Etats-membres de la Commission.

Aujourd'hui, la Commission est moins axée sur l'exploration et le plaisir intellectuel de la découverte que sur les applications de la recherche à la protection et à la gestion concertée d'un milieu menacé : recherches en géologie marine, océanographie physique et chimique, recherches sur la biodiversité marine, les introductions et les disparitions d'espèces, sur les courants, la radioactivité, les applications satellitaires, etc.

Une organisation internationale originale

La CIESM se distingue des autres organismes internationaux par sa structure et son champ géographique.

Sa structure :

Une commission scientifique puissante, car intergouvernementale mais dotée d'une grande souplesse de fonctionnement et d'une totale indépendance d'opinion.

A la création de la CIESM, la volonté de ses fondateurs est claire : donner un poids réel aux recommandations des "savants". A cette fin, les représentants des États-membres au Bureau central, organe exécutif de la CIESM, sont choisis par les gouvernements ; ils sont pour la plupart responsables de grands instituts de recherche dans leurs pays respectifs. Chaque État dispose d'une voix au sein de cette instance qui se réunit au moins une fois par an autour de son Président. Les Etats-membres ont élu à ce poste S.A.S le Prince Rainier III de Monaco et au poste de Secrétaire Général, le Professeur François Doumenge, Directeur du Musée Océanographique de Monaco. L'Assemblée plénière se réunit tous les trois ans, aux mêmes dates que les Congrès. Elle fixe le programme des travaux scientifiques qui devront être poursuivis par les Etats-membres.

Les fondateurs veillèrent aussi à accorder à la Commission une indépendance par rapport aux pouvoirs politiques, condition *sine qua non* de son efficacité dans une zone marquée par les conflits. Cette indépendance a donné à la CIESM la capacité de surmonter les recompositions politiques majeures de la région et de maintenir depuis son origine de réelles collaborations entre scientifiques originaires d'Etats séparés par de graves tensions. Elle lui a aussi permis de ne pas se faire absorber par le système des Nations unies et de conserver ainsi un fonctionnement souple et léger qui manque souvent aux grandes agences internationales.

Son champ géographique :

La mer Méditerranée et les mers tributaires.

La CIESM est à ce jour la seule organisation internationale, avec le Conseil Général des Pêches pour la Méditerranée de la FAO, dont le périmètre des travaux couvre à la fois la Méditerranée et la mer Noire. Une approche régionale au sens large qui reflète bien l'unité géo-climatique du système étudié. Elle offre également l'intérêt de réunir dans un champ géographique bien déterminé, très fragilisé par les agressions anthropiques, toute la dynamique et les difficultés des transferts Nord-Sud et Ouest-Est indispensables au développement durable.

Une autorité scientifique

Afin de guider les politiques scientifiques de ses Etats-membres, la CIESM collabore avec environ 500 labora-



LES ETATS-MEMBRES
DE LA CIESM (en jaune)

toires implantés sur le pourtour méditerranéen. Plus de 2000 chercheurs composent ses 11 comités scientifiques. Ils sont originaires de plus de 50 pays, car les collaborations de la Commission dépassent largement les frontières des 22 pays adhérents. Cinq de ces comités scientifiques et 40% des chercheurs relèvent des sciences océanographiques exactes tandis que les autres poursuivent des recherches sur les ressources vivantes.

La diversité de son réseau scientifique tant sur le plan disciplinaire que géographique offre à la CIESM des conditions privilégiées pour détecter les problématiques naissantes. Dès lors, elle peut réagir rapidement et prendre l'initiative de nouveaux programmes de recherche. Pour ne citer que les deux plus récents :

- L'analyse rigoureuse des cycles de variations du plancton méditerranéen devrait permettre de détecter un changement global de l'environnement. Pour ce faire, un programme a vu le jour, basé sur l'homogénéité des méthodes et la simultanéité de l'échantillonnage entre 25 stations du pourtour méditerranéen.

- Depuis l'ouverture du canal de Suez, plus de 300 espèces provenant de mer Rouge se sont implantées en Méditerranée. Quel est leur impact sur la biodiversité méditerranéenne ? Faut-il y lire le signe d'un changement durable des écosystèmes marins et côtiers, y voir un danger ? Ces importantes questions sont au coeur d'une vaste réflexion engagée par plusieurs comités scientifiques de la CIESM et ont déjà fait l'objet d'un volume préliminaire établi pour la Commission des Communautés européennes

(Les espèces introduites dans les eaux côtières européennes, 1993).

Visant à une efficacité optimale et à une cohérence des moyens, la Commission développe nombre de ses projets en collaboration avec les grandes agences internationales, telles que la Commission Océanographique Intergouvernementale (COI/UNESCO), l'Agence Spatiale Européenne, l'Agence Internationale de l'Energie Atomique, le Bureau Hydrographique International, le Conseil Général des Pêches pour la Méditerranée, ... ou encore les diverses instances de l'Union européenne.

Une vocation d'expert et d'aide à la décision

Forte de ces atouts confortés par la compétence et la diversité de son réseau scientifique, la Commission joue aujourd'hui un rôle qui va bien au-delà du simple appui à la recherche. Elle intervient comme expert et conseiller impartial auprès des décideurs nationaux et internationaux. Son approche, à la fois régionale et pluridisciplinaire, est particulièrement recherchée en tant qu'outil d'aide à la décision pour une gestion durable des ressources marines et côtières.

Il s'agit bien là d'une préoccupation centrale pour les pays du bassin de la Méditerranée et de la mer Noire, une région qui, comme le soulignait en 1992 au Sommet des Chefs d'Etat de la Planète réunis à Rio de Janeiro, le Prince Rainier III, illustre à elle seule toute la complexité des problèmes d'environnement et de développement de la planète.

LE JARDIN EXOTIQUE DE MONACO

par
J.M. SOLICHON ⁽¹⁾

Le Jardin Exotique de Monaco a ouvert ses portes au public en février 1933, mais son histoire remonte à la fin du siècle dernier. En 1895, Augustin Gastaud, jardinier-chef des jardins du Gouvernement monégasque, entreprit de constituer pour son propre plaisir une collection de ce que l'on appelait alors des "plantes grasses". Des catalogues imprimés datés de 1905 (320 "variétés" de cactées et 264 "variétés" de plantes grasses) et de 1921 (3 500 espèces et variétés) attestent de l'attention et du succès avec lesquels cette collection fut suivie dès son origine.

Ces végétaux furent rassemblés sur le Rocher de Monaco, à l'emplacement actuel des Jardins Saint-Martin. Cultivés avec passion et grâce à un climat tout à fait remarquable, ils se développèrent si bien qu'ils attirèrent l'attention du "Prince Savant", Albert 1^{er}. Celui-ci décida de la création d'un jardin entièrement consacré à ces plantes.

En 1912, fut acquis le promontoire de l'Observatoire, ainsi nommé car y était édifié un petit observatoire astronomique. Ce lieu semblait donner toutes les garanties requises car y poussaient déjà spontanément Agaves et Figuiers de Barbarie. Ce choix fut déterminant pour le destin de ce jardin car cet emplacement s'est avéré particulièrement adapté aux végétaux qui en font la spécificité et qui, pouvant se développer dans les meilleures conditions, lui ont conféré une renommée internationale.

(1) *Directeur du Jardin Exotique de Monaco*

Photo J.M. SOLICHON

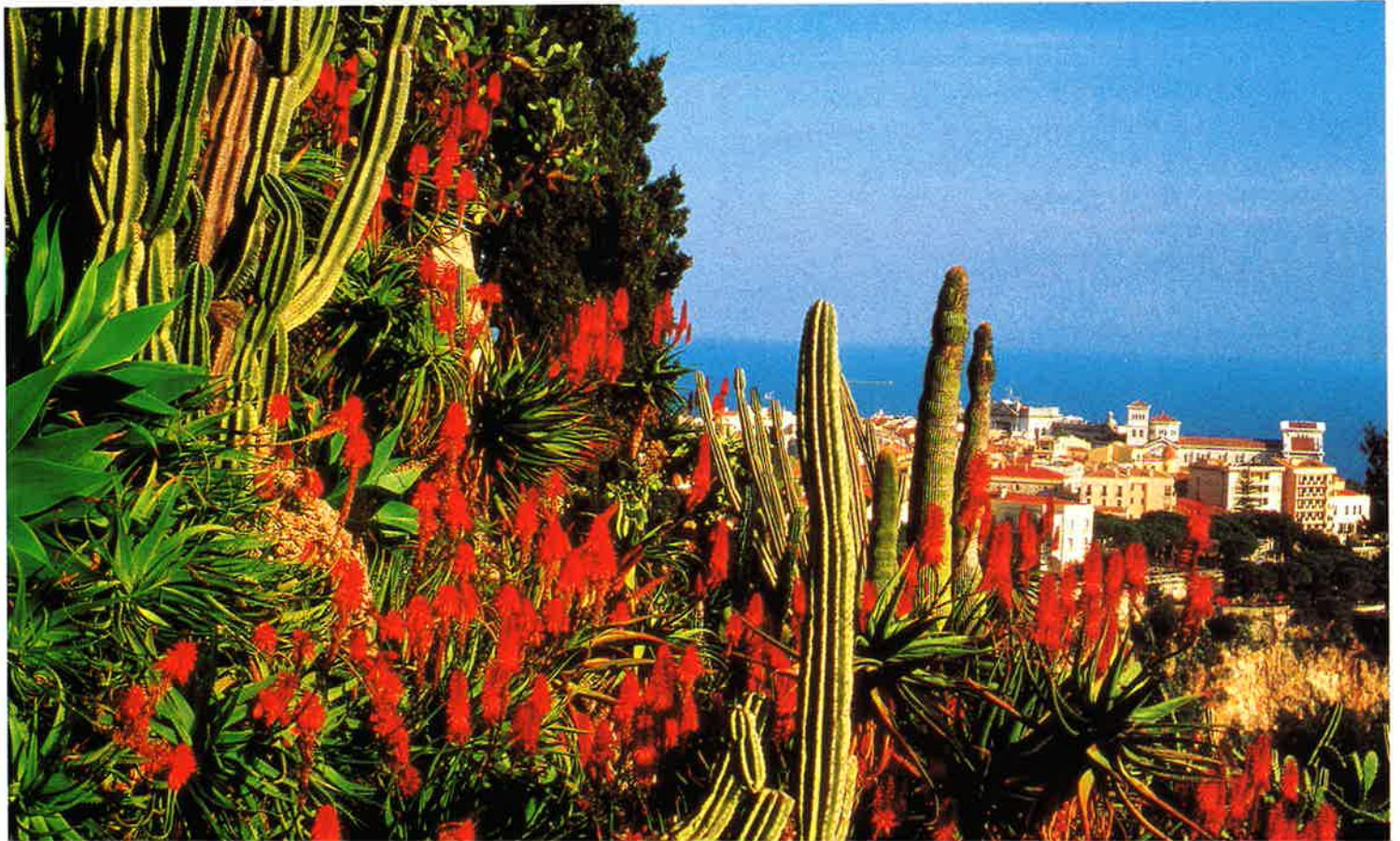


Photo J.M. SOLICHON

*Ariocarpus
Retusus*



Le dessin du jardin fut l'œuvre de Louis Notari, Ingénieur en Chef des Travaux Publics, qui donna ici la pleine mesure de son immense talent. Des passerelles furent installées, des rochers artificiels vinrent modeler ce lieu tout en servant de brise-vent. Un mélange terreux spécialement adapté fut apporté dans des poches aménagées à l'aide d'enrochements pour constituer "la plus grande rocaïlle à plantes succulentes du monde".

Le Jardin Exotique de Monaco fut inauguré par S.A.S. le Prince Louis II le 13 février 1933. Cette année-là, il reçut 22 000 visiteurs ; 50 ans plus tard la fréquentation annuelle a dépassé le demi-million de personnes.

La spécificité de ce Jardin est donc d'être consacré entièrement aux plantes que l'on appelait autrefois "grasses" et que l'on préfère qualifier aujourd'hui de "succulentes". Les plantes succulentes sont gorgées de sucs, de réserves aqueuses stockées dans des organes hypertrophiés. Il s'agit là d'une adaptation leur permettant de traverser les longues périodes de sécheresse qu'elles connaissent dans leur milieu naturel.

Les plantes succulentes les mieux connues du grand public sont les "Cactus" ou plantes de la famille des Cactacées, toutes originaires du continent américain. Leur aire de répartition est assez vaste puisqu'elle s'étend depuis la Colombie Britannique au Nord, jusqu'à la Patagonie au Sud. Homologues des Cactacées, mais provenant du continent africain, certaines Euphorbiacées succulentes leurs sont à ce point ressemblantes qu'on les nomme "cactiformes".

D'autres familles botaniques possèdent des genres ou des espèces qui composent également le vaste ensemble des "succulentes" : Agavacées, Crassulacées, Asclépiadacées, Liliacées, Aizoacées, Apocynacées, Vitacées, etc... Chacune est représentée dans le Jardin, parfois avec abondance, parfois avec discrétion lorsque les conditions d'une acclimatation parfaite ne sont pas toutes réunies.

L'intérêt ornemental de ces végétaux est indéniable : masses colorées des fleurs d'Aloe en hiver ou de Lampranthus au printemps, formes bizarres et tourmentées de la plupart des Cactacées et gigantisme de ceux qui, largement centenaires car provenant de la collection originelle, atteignent ici les proportions incroyables qu'ils atteignent dans leurs pays d'origine. La taille de ces plantes (jusqu'à 10 m de haut), leur croissance en plein air et le cadre prestigieux dans lequel s'insère ce jardin nous autorisent à considérer qu'il ne possède pas d'équivalent au monde.

Dès 1955, sous l'impulsion de Marcel Kroenlein, Directeur de 1969 à 1993, et de la Mairie de Monaco, propriétaire et gestionnaire du Jardin Exotique, s'est développé le Centre Botanique. Trois rôles sont attribués à ce centre composé de serres et d'abris dont la superficie dépasse 5 000 m² :

1. L'élevage des sujets destinés à prendre place au jardin.
2. La culture d'exemplaires spectaculaires afin de participer aux Florales et autres manifestations florales ou horticoles.
3. L'entretien de la collection botanique spécialisée, bien entendu, en plantes "succulentes".

La conservation de cette multitude de plantes, aux besoins souvent différents, implique de nombreuses recherches et essais de culture. La Direction du Jardin a établi des relations avec plusieurs centaines de jardins botaniques, d'universités, de voyageurs, de botanistes amateurs, de collectionneurs éclairés et d'horticulteurs.

L'accroissement des collections est obtenu grâce à des échanges, des dons et des achats. Des voyages d'étude sont effectués dans les pays d'origine ; ces déplacements permettent de réaliser de nombreuses observations in situ, de ramener des documents photographiques (précieux pour les publications et les conférences) et d'établir sur place des relations bénéfiques.



*Pachypodium
Namaquanum*



*XX ANS D' ACTIONS
DES INSTITUTIONS PRÉSENTES A MONACO*

La volonté des Responsables actuels est de donner à cette Collection le caractère d'un véritable jardin botanique. Pour ce faire, un inventaire a été entrepris. Parallèlement, un long travail d'identification et de recherche de l'origine des espèces en culture a débuté. Dans les prochaines années, l'accent sera mis sur les sujets pour lesquels une localité d'origine est connue et sur ceux ayant un intérêt historique. L'informatisation des données facilitera ce travail.

Il y a lieu de considérer que les conditions climatiques privilégiées de la Principauté permettent le développement, la floraison et la fructification de certaines espèces de succulentes à qui cette possibilité n'est pas offerte dans les autres jardins botaniques européens. Nous pouvons donc tenir ici un rôle tout à fait précieux dans l'obtention de matériel végétal aux fins de conservation.

Il faut savoir, en effet, qu'une grande partie des plantes succulentes est considérée comme menacée dans son habitat naturel et protégée par la Convention de Washington. Citons notamment l'ensemble de la famille des Cactacées (une trentaine d'espèces et quatre genres entiers sont à

l'Annexe I, le reste à l'Annexe II). Plusieurs espèces des genres Aloe, Pachypodium, Dudleya et Euphorbia sont également à l'Annexe I de la CITES. Une importante proportion de ces taxons figure dans la collection du Jardin Exotique de Monaco.

Chaque espèce présente en culture est répertoriée et son origine enregistrée. Une personne est chargée de la récolte des fruits et du traitement des graines. Chaque année un Index Seminum est édité. Il est adressé à environ 500 jardins botaniques dans le monde. 5000 sachets de graines en moyenne sont expédiés annuellement dans une quarantaine de pays différents. Nos collections ont également fait l'objet d'observations et d'expériences dans le cadre de travaux réalisés par des étudiants stagiaires ou des chercheurs dans diverses disciplines.

Le Jardin Exotique de Monaco est membre de l'I.O.S. (organisation internationale de recherche sur les plantes succulentes) qui regroupe des scientifiques intéressés par cette spécialité de la botanique. Notre Etablissement est également le Siège de l'Association Internationale des Amateurs de Plantes Succulentes (A.I.A.P.S.) qui publie une revue trimestrielle "Succulentes".

LES ACTIVITÉS DU LABORATOIRE DE L'ENVIRONNEMENT MARIN DE L'A.I.E.A.

(AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE)

par

F. BOISSON et M.S. BAXTER ⁽¹⁾

Créée en 1957 conformément à une décision de l'Assemblée générale des Nations-Unies, l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique est une organisation intergouvernementale indépendante. Elle a son siège à Vienne en Autriche et elle compte cent vingt deux États Membres qui coopèrent pour atteindre les principaux objectifs de son statut : "hâter et accroître la contribution de l'énergie atomique à la paix, la santé et la prospérité dans le monde entier et s'assurer, dans la mesure de ces moyens, que l'aide fournie par elle-même ou à sa demande ou sous sa direction ou sous son contrôle n'est pas utilisée de manière à servir à des fins militaires". Elle est habilitée à encourager la recherche et le développement des applications pacifiques de l'énergie atomique ainsi qu'à favoriser les échanges de renseignements scientifiques et techniques.

Le Laboratoire International de Radioactivité Marine (1961-1986)

A la fin des années 50 l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique prévoyait la nécessité de connaître le comportement des matières radioactives dans les océans. Son Altesse Sérénissime le Prince Rainier III accueillit en novembre 1959 le premier congrès scientifique international sur le stockage des déchets nucléaires. Ce même engagement pour la protection de l'environnement marin aboutit en 1961 à la signature d'un accord tripartite entre l'AIEA, le Gouvernement Princier et une fondation privée, l'Institut Océanographique, pour la création du Laboratoire International de Radioactivité Marine. Le Laboratoire s'installa dans un bâtiment de renommée internationale : le Musée Océanographique.

Le programme de ce laboratoire était alors d'étudier les facteurs environnementaux "influant sur le passage depuis l'eau de mer jusqu'à l'homme, à travers divers organismes marins, des éléments radioactifs les plus importants évacués des réacteurs nucléaires terrestres ou éventuellement installés sur des navires". Au fil des années, le laboratoire s'est progressivement équipé, modernisé, agrandi et, à la seule recherche fondamentale sur la radioactivité dans les océans, se sont ajoutées des activités de services telles que :

- contrôler la qualité des analyses ;
- assurer, pour les États Membres, la formation de leur personnel et un service d'assistance et de conseil.

Le Laboratoire de l'Environnement Marin

En 1986 a été conclu l'accord historique de siège entre l'AIEA et le Gouvernement Princier. C'est en 1991 que Le Laboratoire International de Radioactivité Marine a pris une appellation plus large, correspondant mieux à ses pré-occupations. Il est ainsi devenu le Laboratoire de l'Environnement Marin. C'est le seul laboratoire marin au sein du système des Nations-Unies. Il emploie environ quarante personnes représentant une vingtaine de nationalités. Il dépend du département "Recherche et Isotopes" de l'AIEA et il est financé principalement par l'AIEA (40%), le Programme des Nations-Unies pour l'Environnement et la Principauté de Monaco. Un financement ponctuel est

(1) *Directeur du Laboratoire de l'Environnement Marin de l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique.*

assuré par l'intermédiaire de contrats passés avec des Etats Membres de l'AIEA ou des Organisations Internationales.

Le mandat de ce Laboratoire est triple :

- effectuer des recherches sur la radioactivité marine naturelle, accidentelle ou intentionnelle afin de prévoir son comportement dans l'environnement marin et les doses de radiation potentielles pour l'homme ;
- connaître les niveaux de radioactivité des mers dans lesquelles ont été rejetés des déchets nucléaires et évaluer les conséquences sur l'environnement ;
- aider les Etats Membres ainsi que les Organisations Internationales ou régionales à faire face aux problèmes de la pollution radioactive ou non radioactive de l'environnement marin en formant leur personnel, en établissant des programmes de recherche coordonnée, en assurant des services de contrôle de la qualité des études réalisées par les laboratoires nationaux et en dispensant conseils et assistance (Figure 1).

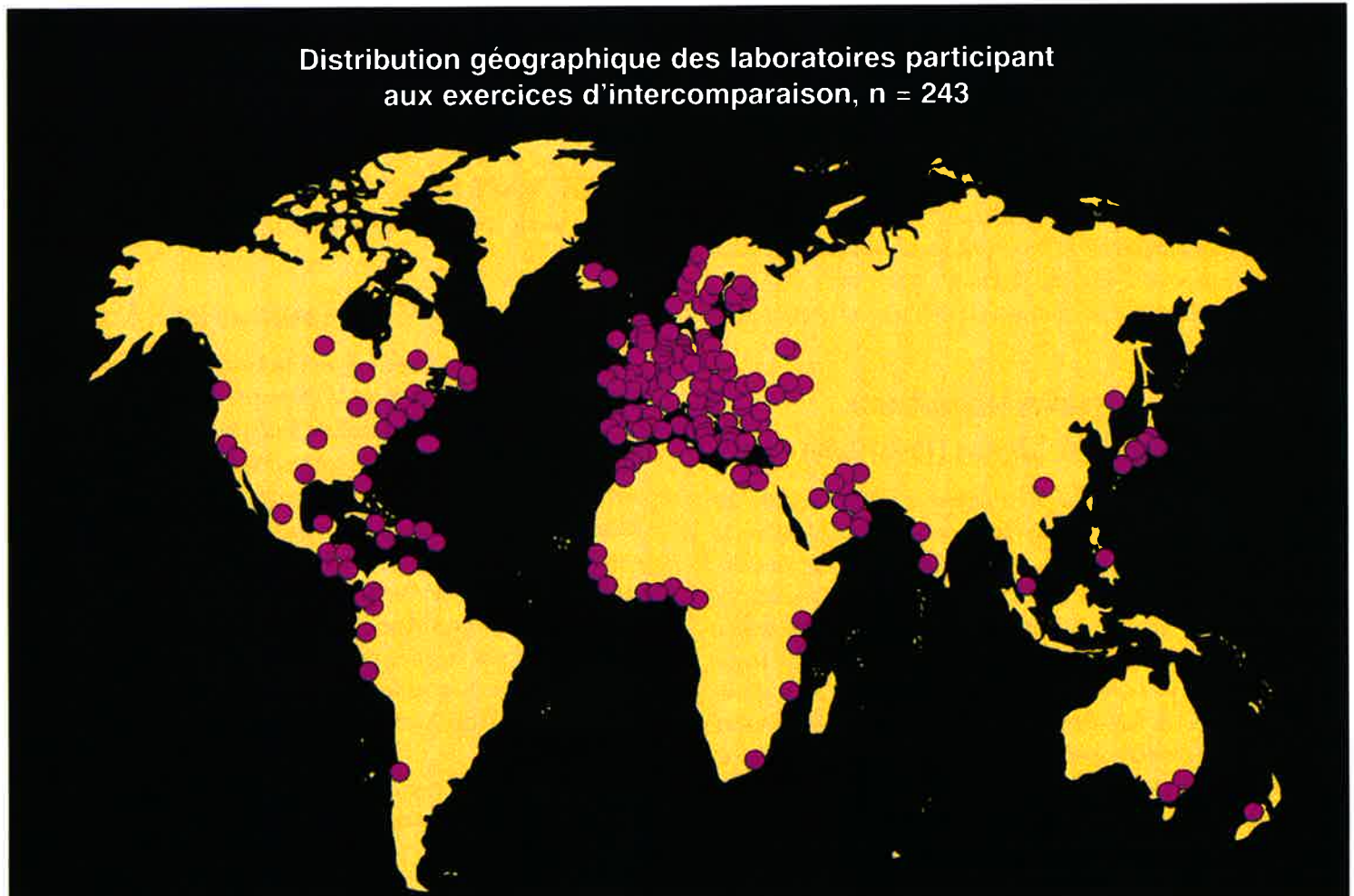
Plusieurs types d'activités sont développées au Laboratoire.

Recherches sur la radioactivité marine

La radioactivité dans les océans peut être de source naturelle comme la croûte terrestre ou le rayonnement cosmique ou bien être produite par l'activité humaine. Dans ce cas, on peut citer : les retombées des essais nucléaires, le rejet contrôlé d'effluents liquides faiblement radioactifs, l'évacuation de déchets solides emballés, les accidents de centrales nucléaires, les accidents en mer (navires et sous-marins à propulsion nucléaire, avions, satellites) et certaines industries non nucléaires.

Les recherches effectuées au Laboratoire pour les programmes de l'AIEA ou dans le cadre de collaborations ont pour objectif de fournir des informations scientifiques quantitatives sur les conséquences de la pénétration de matières radioactives dans l'environnement marin. Il est en effet important de connaître leur comportement dans l'eau de mer, leur devenir dans la chaîne alimentaire et leur contribution à la dose de radiation absorbée par l'homme. Ces études s'effectuent suivant deux modalités :

Figure 1
Répartition géographique des laboratoires collaborant avec le Laboratoire de l'Environnement Marin (d'après M. Horvat).



1) la première d'entre elles est le travail à la mer qui permet de mettre en évidence le cycle physique, chimique et biologique des éléments, c'est-à-dire leur distribution, leur mode de transfert et les flux qui leur sont associés. Le Laboratoire participe à plusieurs programmes internationaux, comme par exemple :

– DYFAMED, programme français réalisé en Méditerranée nord-occidentale pour lequel nous appliquons des techniques nucléaires pour étudier le transport, depuis la surface vers le fond des océans, du carbone et de certains éléments radioactifs naturels ou artificiels. Le gaz carbonique est en effet "pompé" par la matière organique végétale présente dans les océans. Or, le gaz carbonique représente 50 à 60% des gaz responsables de l'effet de serre, aussi, connaître le comportement du carbone permettra de mieux évaluer le rôle des océans dans les changements climatiques. C'est également dans le cadre de ce programme qu'ont été effectuées, en 1986, les premières mesures de taux de radioactivité dans les eaux méditerranéennes après l'accident de la centrale nucléaire de Tchernobyl. Ce programme scientifique a été primé en 1994 pour l'intérêt que ses résultats apportent à la vie quotidienne.

– EROS-2000, un programme européen sur l'impact des sources côtières de pollutions, radioactives ou non, apportées notamment par les grands fleuves. Une partie des études a été effectuée dans le Golfe du Lion, en particulier sur le panache du Rhône ;

– ELNA, programme européen, dans lequel nous utilisons des techniques nucléaires pour étudier la capacité d'assimilation du carbone ainsi que le transport des polluants en mer Adriatique.

Pour ces différentes études il a été utilisé une technique de piège à particules organiques mise au point au Laboratoire (*Photo 2*). Ces particules sont des débris organiques de très faible dimension qui sédimentent plus ou moins rapidement assurant ainsi le transfert du carbone depuis la surface jusqu'au fond des océans (*Photo 3*).

2) la seconde approche pour ces études sur la radioactivité marine est l'expérimentation au laboratoire. Elle est réalisée à l'aide de techniques de marqueurs radioactifs. Elle permet de comprendre les processus mis en jeu tels que le transport dans la chaîne alimentaire, la distribution dans les tissus, l'efficacité d'assimilation et l'excrétion des éléments radioactifs par les organismes marins. Les moules, les étoiles de mer ou les crustacés ont été sélectionnés comme modèles pour les expériences en raison de leur large répartition géographique. Par ailleurs, ils permettent de reconstituer des chaînes alimentaires simples.



Photo J-C. MIQUEL

Photo 2
Déploiement
d'un piège à particules
en Méditerranée à partir d'un navire
océanographique.

Plusieurs collaborations avec l'Association Monégasque pour la Protection de la Nature et l'Observatoire Océanologique Européen ont été développées dans le cadre de ces recherches (*Photo 4*).

Surveillance des sites de rejet de déchets radioactifs

L'immersion des déchets radioactifs de haute activité est interdite depuis la Convention de Londres de 1975. L'interdiction d'immersion des déchets de faible activité a été prononcée au début de l'année 1994.

Dans le cadre d'une surveillance, le Laboratoire participe à des missions océanographiques sur des sites connus de rejet ou de stockage des déchets radioactifs, en particu-

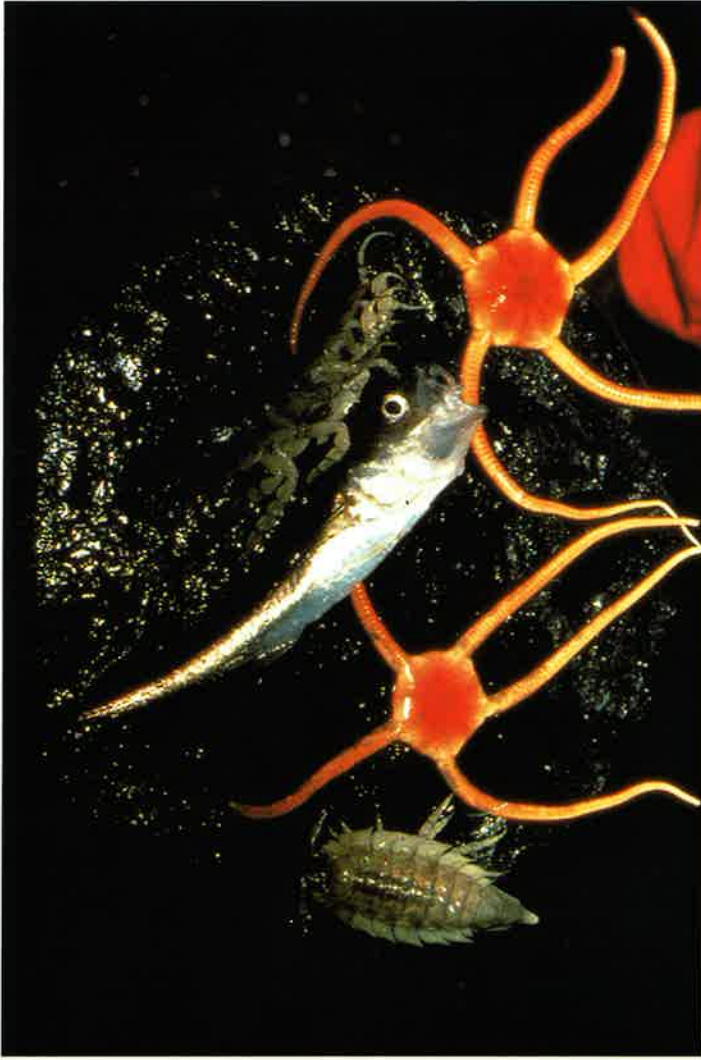


Photo 5
Principales
espèces
vivant dans la mer
de Kara.

Photo I. OSVATH

Photo 3
Présentation
en microscopie optique
des particules organiques
détritiques recueillies
dans les pièges à sédiment.

Photo J-C. MIQUEL

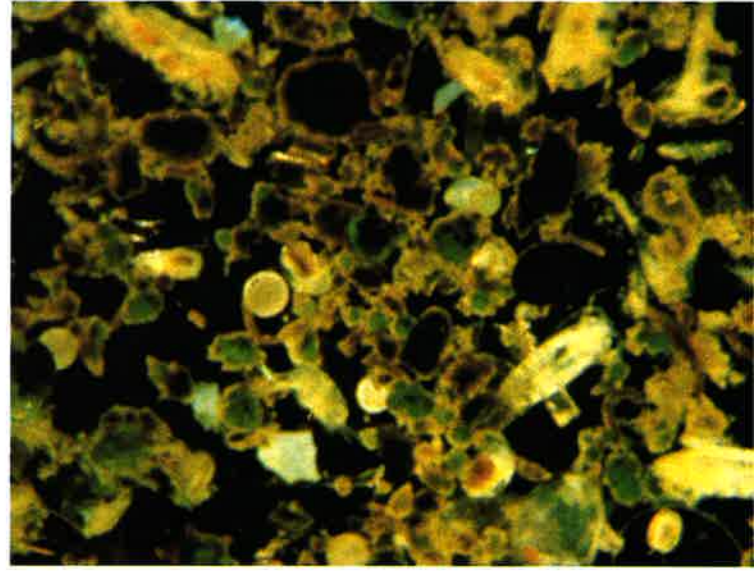


Photo S. W. FOWLER

Photo 4
Expérience
in situ sur des moules réalisée
dans la réserve sous-marine
de Monaco.



lier dans les mers Arctiques et en mer du Japon. Il effectue de nombreux prélèvements d'eau, de sédiment et d'organismes vivants (*Figure 5*) qui sont ensuite analysés pour leur niveau de radioactivité. Ces mesures permettent ensuite de connaître la dispersion et le devenir des déchets radioactifs stockés. Par ailleurs, il tient à jour une base de données sur les teneurs globales, en certains radioéléments clés, mesurées dans le sédiment, l'eau de mer et les organismes marins de toutes les mers et les océans.

Pour ces études, le Laboratoire a développé:

- des techniques performantes de mesure instantanée de la radioactivité soit par voie aérienne pour la surface des océans, soit sous-marine pour le fond des océans ce qui permet de cartographier la répartition de la radioactivité sur les sites de stockage (*Photo 6*);
- des modèles mathématiques de comportement des radioéléments dans l'environnement marin qui aideront à mieux maîtriser la dose de radiation potentiellement reçue par l'homme à partir de ces déchets.

Surveillance et recherche sur les polluants non radioactifs

Etant donné que dans les océans le comportement des éléments radioactifs est lié à celui de leurs homologues non radioactifs, le Programme des Nations Unies pour l'Environnement et la Commission Océanographique Internationale (UNESCO) ont fait appel aux moyens et à l'expérience de notre laboratoire. Une collaboration durable a ainsi été établie avec pour objectif de fournir des informations scientifiques sur les niveaux de pollution non nucléaire (métaux lourds, hydrocarbures, pesticides,...) conformément aux recommandations de la Conférence des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement qui s'est tenue à Rio en 1992. Des contrôles sont ainsi effectués à la demande d'Etats Membres ainsi que la formation de leur personnel aux techniques d'analyses. Le Laboratoire assure également la distribution de matériaux de référence pour des exercices de comparaison des résultats entre différents laboratoires ainsi qu'un service de secours d'urgence qui prête assistance et conseils aux Etats Membres.

Photo 6
Déploiement
en mer de Kara
du nouveau système
de mesure sous-marine
de la radioactivité.

Le Laboratoire intervient dans de nombreuses régions du globe nécessitant une surveillance de la pollution telles que :

- le Golfe Persique pour évaluer les conséquences de la guerre ;
- la côte égyptienne et le problème de la mégapole du Caire ;
- le Danube qui draine des rejets domestiques, agricoles et industriels ;
- la mer Noire qui est confrontée à la détérioration de la qualité de ses pêcheries ;
- les lagunes de la zone côtière tropicale dans lesquelles s'accumulent les pesticides (*Photo 7*).

Le Laboratoire participe également à un programme international de contrôle de la distribution et du transport de certains polluants le long des côtes de l'Amérique Centrale et de l'Amérique du Sud.

De nombreuses méthodes d'analyses sont développées au Laboratoire ainsi que l'utilisation de techniques de marquage radioactif pour étudier les sources, les taux de transfert et le devenir de ces polluants non radioactifs.

Photo 1. OSVATH



Autres activités

Des chercheurs du Laboratoire coordonnent également des programmes internationaux de recherche associant plusieurs Etats Membres et traitant des sujets suivants :

- PESTICIDES : étudier, à l'aide de traceurs radioactifs, la distribution, le devenir et les effets des pesticides sur les organismes de l'environnement marin tropical ;
- MARDOS : recenser les sources et les niveaux d'activité de certains radioéléments clés dans toutes les mers et océans et évaluer leur contribution à la dose de radiation reçue par l'homme ;
- MER NOIRE : faire le bilan de la radioactivité en Mer Noire suite à l'accident de Tchernobyl et appliquer des techniques de marquage radioactif pour l'étude de la pollution importante de cette mer par des contaminants non radioactifs ;
- CORAUX : utiliser des techniques nucléaires pour rechercher dans les bandes annuelles de croissance des récifs coraliens la trace de pollutions ou de changements climatiques passés.

Enfin, le Laboratoire reçoit de nombreux stagiaires des Etats Membres ou organise dans ces pays des stages de formation aux méthodes d'analyse classique ou à l'utilisation des techniques nucléaires pour la connaissance et le contrôle de l'environnement.

Photo F. CARVALHO.

Le Laboratoire dans l'avenir

Dans l'avenir, le Laboratoire d'Environnement Marin de l'AIEA développera la surveillance et la modélisation de la dispersion éventuelle de la radioactivité à partir des lieux d'accidents ou de rejet. Il augmentera ses connaissances théoriques afin d'accroître ses capacités de secours d'urgence en cas d'accident nucléaire en fournissant rapidement des conseils et une aide pratique. Il développera l'utilisation de techniques nucléaires pour mieux connaître le comportement des polluants non radioactifs dans l'environnement marin. Son installation dans les locaux définitifs sur le port de Monaco permettra une augmentation importante du nombre de ses activités et l'organisation d'un centre de formation. La collaboration avec la Principauté de Monaco ainsi qu'avec les autres agences des Nations Unies sera accrue.

Enfin, l'expérience du Laboratoire dans le domaine des pollutions radioactives ou classiques et son équipement de pointe le désignent pour jouer un rôle essentiel dans le développement d'un programme international de surveillance pour la sauvegarde de l'environnement.

Le Laboratoire agit dans le cadre d'un accord bipartite entre l'Agence Internationale de l'Energie Atomique et le Gouvernement de la Principauté de Monaco.

Photo 7 Expérience à grande échelle dans une lagune côtière tropicale pour suivre le devenir dans la chaîne alimentaire de pesticides marqués par un composé radioactif.



LE CENTRE SCIENTIFIQUE DE MONACO PASSÉ, PRÉSENT ET AVENIR

par
S.E. César C. SOLAMITO⁽¹⁾

*A Monaco, la recherche scientifique est une tradition qui dure depuis plus d'un siècle.
L'œuvre commencée par les campagnes océanographiques du Prince Albert I^{er}
est poursuivie par l'Institut Océanographique et son Musée
ainsi que par le Centre Scientifique de Monaco fondé le 23 mai 1960 par S.A.S. le Prince Rainier III.*

Le Passé

La création du Centre Scientifique de Monaco fut motivée par le désir de S.A.S. Rainier III, Prince Souverain de Monaco, de doter la Principauté des moyens de mener des recherches océanographiques et de soutenir l'action des organisations gouvernementales et internationales chargées de protéger et de conserver la vie marine.

Prenant la parole le 16 novembre 1959 lors de l'ouverture de la Première Conférence Scientifique de l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique sur l'Élimination des Déchets Radioactifs, S.A.S. le Prince Rainier III soulignait le fait que cette conférence continuait en quelque sorte l'œuvre de paix et d'entente entre les peuples à laquelle Son Aïeul, le Prince Albert I^{er}, avait *"consacré sa vie en choisissant plus particulièrement le domaine scientifique comme terrain d'entente et de paix internationale"*. Poursuivant Son exposé, S.A.S. Le Prince Rainier III annonçait la mise en place de nouveaux laboratoires et déclarait : *"Ainsi, après la fin de cette conférence, la Principauté pourra continuer d'apporter à l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique son concours dans la poursuite de son objectif essentiel, qui, aux termes même de son statut, est de hâter et d'accroître la contribution de l'énergie atomique à la paix, la santé et la prospérité du monde entier"*.

Créé dans ce contexte, le Centre Scientifique de Monaco (CSM) reçut la double mission :
– de participer, aux côtés de l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique (AIEA), à *"l'Action Internationale de l'Atome pour la Paix"*,

– de développer, en liaison avec les organisations gouvernementales et internationales, des recherches orientées vers la conservation et la protection de la vie marine.

Le CSM mit en place, au Musée Océanographique de Monaco, un laboratoire de surveillance de la pollution — dirigé par des chercheurs détachés par le Commissariat à l'Énergie Atomique (CEA) — et prit en charge les laboratoires des services de météorologie et de séismologie créés par S.A.S. le Prince Albert I^{er}. Ces trois entités constituèrent, au sein de la Fondation Albert I^{er}, les *"Laboratoires Associés"* de l'Institut Océanographique.

Au mois de mars 1961, le Laboratoire International de Radioactivité Marine fut créé dans le cadre d'un Accord tripartite entre le Centre Scientifique de Monaco, l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique (AIEA) et la Fondation Albert I^{er}. Installé dans des locaux spécialement aménagés du Musée Océanographique, il fut d'abord chargé d'étudier les pollutions radioactives marines et de mettre au point des méthodes permettant de les prévenir et de les combattre.

De 1961 à 1989, le Centre Scientifique de Monaco et le Laboratoire International de Radioactivité Marine de l'AIEA menèrent des recherches dont la renommée contribua à renforcer le rayonnement de la Fondation qui les hébergeait et les aidait.

Le Laboratoire International de Radioactivité Marine eut un développement rapide. En 1989, il fut transféré dans

(1) *Président du Comité de Perfectionnement du Centre Scientifique de Monaco.*



S.A.S. le Prince Rainier III visite l'une des salles climatiques installées dans les laboratoires de l'OEE, où sont cultivés des organismes marins, en particulier des coraux. Les coraux de culture, "animaux de laboratoires" d'un genre nouveau, sont des modèles biologiques très bien adaptés à l'étude des mécanismes complexes, tels que la "photocalcification", impliqués dans le maintien des grands équilibres de la biosphère.

des locaux plus vastes et mieux agencés, situés dans le quartier de Fontvieille, mis à la disposition de l'AIEA par le Gouvernement Princier.

En 1990, les laboratoires de Surveillance de la Pollution, de Météorologie et de Séismologie du Centre Scientifique de Monaco furent pris en charge par le Service de l'Environnement du Gouvernement Princier. Ce transfert fut motivé par le haut degré de standardisation atteint par les techniques de surveillance de l'environnement. En particulier, le contrôle de la pollution avait quitté le domaine de la Recherche pour entrer dans celui des techniques administratives attachées à la vérification des normes de qualité applicables en matière d'environnement.

Simultanément, le CSM fut restructuré et ses liens avec les grands programmes internationaux mis en œuvre sous l'égide de l'UNESCO, de la COI, de la FAO, du CGPM, de la CIESM... furent renforcés. Orientées vers l'océanologie, ses nouvelles activités furent consacrées à l'étude des principaux organismes et mécanismes responsables du maintien des grands équilibres de la biosphère. La même année, la Principauté de Monaco adhéra à l'Accord Partiel Ouvert "Risques Majeurs" du Conseil de l'Europe et mit en place, au sein du CSM, les laboratoires de recherche constituant l'Observatoire Océanologique Européen (OOE). La programmation, le suivi et l'évaluation des activités de ces laboratoires furent confiés à une *Commission*

Scientifique nommée par Ordonnance Souveraine du 26 février 1991.

Ainsi transformé le CSM put reprendre ses activités purement scientifiques et contribuer, en continuité dans la voie tracée par S.A.S. le Prince Albert I^{er}, à la recherche régionale et internationale, avec pour objectifs :

- la prévention des catastrophes naturelles et technologiques majeures et la régénération des écosystèmes dégradés (recherches menées dans le cadre de l'Accord Partiel Ouvert "Risques Majeurs" du Conseil de l'Europe),
- l'étude des mécanismes biologiques et biogéochimiques impliqués dans la régulation des grands équilibres de la biosphère (recherches liées aux altérations des processus climatiques susceptibles d'être provoquées par les rejets massifs de gaz carbonique anthropogénique).

En raison de son expérience et de l'intérêt qu'il portait à ces objectifs, M. Jean Jaubert, Professeur de biologie marine à l'Université de Nice-Sophia Antipolis, fut invité à élaborer un programme de recherche. Nommé Directeur de l'Observatoire Océanologique Européen en 1991, le Professeur Jaubert entreprit de mettre en œuvre ce programme avec le concours de collaborateurs de haut niveau capables d'encadrer et de former des étudiants préparant la thèse de doctorat. Après une phase préparatoire relative-ment courte (aménagement des locaux ; mise en place des personnels et des équipements scientifiques financés par le

Gouvernement de S.A.S. le Prince Rainier III et par des dons) la montée en puissance des laboratoires fut exceptionnellement rapide.

Le Présent

Le personnel de l'Observatoire Océanologique Européen du Centre Scientifique de Monaco (OOE du CSM) compte actuellement une quinzaine de chercheurs et techniciens (y compris les doctorants et les associés) répartis dans deux laboratoires de recherche dont les activités sont étroitement coordonnées et parfaitement complémentaires.

La calcification marine, étudiée à l'aide du modèle "corail", constitue le principal thème de recherche. Le laboratoire de Physiologie Cellulaire et Moléculaire étudie les mécanismes de la calcification à l'échelle cellulaire et sub-cellulaire : transport de carbone et de calcium. Le Laboratoire d'Écophysiologie étudie les conséquences environnementales de ces mécanismes à l'échelle des organismes et de l'écosystème récifal : influence sur les cycles du carbone et du calcium et action sur les échanges de gaz carbonique entre l'océan et l'atmosphère.

A la demande de S.A.S. le Prince Rainier III, des recherches sont menées en vue de déterminer : (a) l'origine

de l'algue verte *Caulerpa taxifolia* qui colonise les côtes Nord de la Méditerranée occidentale ; (b) les causes et les conséquences écologiques de sa prolifération dans certains biotopes côtiers. Ces recherches bénéficient du support logistique du Musée de Monaco.

Les travaux menés par l'Observatoire Océanologique Européen et le Musée Océanographique en vue de développer les applications du procédé MICROCEAN® (procédé breveté de purification biologique des eaux douces et marines mis au point par le Professeur Jean Jaubert) ont donné lieu à d'autres interactions utiles et constructives entre le CSM et la Fondation Albert I^{er}.

Ce procédé, dont l'efficacité est attestée par cinq années d'utilisation continue, répond aussi bien aux besoins des laboratoires de recherche de l'Observatoire Océanologique Européen qu'à ceux de l'aquarium public du Musée Océanographique de Monaco.

Après transformation, les aquariums du Musée Océanographique ont accueilli des modèles réduits d'écosystèmes, répliques exactes de biotopes marins naturels. En plus de leurs qualités esthétiques et pédagogiques exceptionnelles, les aquariums ainsi transformés sont beaucoup plus simples, donc plus fiables, que les aquariums classiques. En outre, grâce à l'excellente qualité de leur eau, les maladies des poissons sont rares et des organismes fragiles

Photo 2
Organismes extrêmement fragiles et exigeants, les coraux constructeurs de récifs ne se développent que dans l'eau parfaitement pure de ces bacs de culture fonctionnant en circuit semi-ouvert et équipés du procédé de traitement de l'eau MICROCEAN®.

L'Observatoire Océanologique Européen est, dans le monde, le premier laboratoire de recherche à pratiquer la culture intensive de ces organismes.



autrefois impossibles à conserver longtemps en captivité, sont désormais facilement élevés et multipliés. C'est en particulier les cas des coraux constructeurs de récifs. Par ailleurs, la consommation d'eau de mer étant faible, il n'est plus nécessaire de disposer, en permanence, de grandes quantités d'eau de mer. D'une façon générale, les contraintes inhérentes aux soins et au stockage des organismes marins ont été considérablement allégées, d'où des économies substantielles et une meilleure sécurité.

Dans les salles de cultures de l'OEE, des souches de coraux ont été transformées en véritables animaux de laboratoires. Ces derniers sont façonnés en fonction des expériences envisagées afin que le puissant arsenal des techniques modernes de la biologie cellulaire et moléculaire puisse leur être appliqué. Des progrès déterminants ont ainsi pu être réalisés dans la compréhension des mécanismes qui contrôlent la physiologie et l'écophysiologie de ces organismes.

La culture *in vitro* des coraux constructeurs de récifs présente un large éventail d'autres applications. Outre la production de coraux d'élevage destinés aux aquariums publics et privés, on peut à moyen terme envisager : (a) de mettre au point des techniques de production de prothèses biodégradables à base de squelettes coralliens — déjà utilisées en chirurgie humaine pour la reconstruction osseuse — et (b) de mettre en place des fermes "pépinières" dont la production serait destinée à des expériences de repeuplement de récifs dégradés. Cette dernière application fait l'objet de travaux préliminaires menés en collaboration avec le Commissariat à l'Énergie Atomique (Océan Pacifique, Polynésie Française) et avec la Station Marine d'Aqaba (mer Rouge, Jordanie).

L'OEE du CSM occupe actuellement une place de premier plan dans le domaine de la recherche fondamentale. Reconnu par la communauté scientifique internationale, il reçoit de nombreux visiteurs scientifiques étrangers et collabore avec quelques uns des meilleurs laboratoires français, italiens, américains, australiens, japonais, israéliens ... Ses chercheurs font partie d'instances consultatives internationales (COI/UNESCO, SCOR/ICSU) et sont régulièrement invités à participer à des séminaires de recherche et à des congrès internationaux. A la demande des autorités saoudiennes l'OEE du CSM fut l'un des premiers organismes consultés pour évaluer l'impact de la catastrophe écologique consécutive à la guerre du Golfe.

L'OEE du CSM organise régulièrement des réunions scientifiques dont l'une des plus importantes fut le 7^e Congrès International de Biominéralisation qui tint ses assises au Musée Océanographique de Monaco en novembre 1993.

Dans plusieurs pays, notamment en France, aux États Unis et au Japon, l'écho des activités de l'OEE dépasse largement le cercle des organismes spécialisés.



Photo 3: Installation de microscopie confocale. En associant la précision des faisceaux lasers et la puissance de calcul des ordinateurs, le microscope confocal est devenu un outil indispensable à la conduite de recherches de pointe en biologie cellulaire et moléculaire. Il permet de réaliser de véritables tomographies optiques sur du matériel vivant ou fixé. Cette installation, qui comprend un microscope droit et un microscope inversé, est l'une des plus modernes et performantes d'Europe.



Photo 4: Laboratoire de physiologie cellulaire et moléculaire. Les mécanismes de transport de certaines substances dissoutes sont étudiés, dans ce laboratoire, à l'aide d'éléments marqués avec les isotopes 14 du carbone et 45 du calcium.



Photo 5: Laboratoire d'analyses. Les instruments servant aux analyses de routine sont regroupés dans ce laboratoire très largement automatisé.

L'Avenir

Au cours des années écoulées (1991-1994), des progrès significatifs ont été accomplis dans les principaux domaines étudiés :

- les mécanismes de la calcification et leurs conséquences globales,
- la culture des micro-coraux et ses applications méthodologiques (recherche scientifique et restauration des récifs dégradés),
- les causes et les conséquences de la prolifération de la *Caulerpa taxifolia*.

Le nouveau programme de cinq ans (période 1995-2000) comprend des recherches fondamentales et des recherches appliquées.

En matière d'environnement global, la dégradation généralisée des récifs, notamment constatée par la *Global Task Team on the Implication of Climate Change on Coral Reefs* réunie à Guam (USA) en juin 1992 est devenue, au plan international, un sujet aussi important que celui de la disparition des forêts primaires. Dans cette perspective, le phénomène du blanchissement des coraux, susceptible d'être le signe précurseur d'une perturbation climatique majeure, fera l'objet de recherches intensives. L'accent sera mis sur la compréhension des mécanismes. Par ailleurs la mise au point de méthodes de culture sera accélérée afin de pouvoir conserver des espèces menacées et restaurer des récifs dégradés.

L'étude de la calcification/symbiose a, jusqu'à présent, été essentiellement menée au moyen de techniques physiologiques appliquées à des micro-coraux ou à des tissus isolés. Elle a conduit à un premier modèle qui identifie de nombreux mécanismes dont la nature et les propriétés seront caractérisées à l'aide de moyens d'investigation renforcés. On fera notamment appel aux techniques de la biologie moléculaire et on emploiera les outils performants (par exemple un système de microscopie confocale et de traitement d'images) acquis à la fin de l'année 1994. Ces travaux seront réalisés en collaboration avec plusieurs équipes, notamment françaises (Université de Nice) et américaines (Université de Californie à Los Angeles et Université d'Alabama).

A l'échelle de l'organisme et de l'écosystème, les travaux visant à étudier l'impact global de la calcification marine sur le cycle du gaz carbonique seront poursuivis en collaboration avec des équipes australiennes (AIMS) et japonaises (RITE, MBI). Ces recherches seront complétées par des expériences au laboratoire. Des mésocosmes coralliens serviront à étudier l'action de contraintes environne-

mentales telles que les concentrations de gaz carbonique et les températures élevées sur la production et la croissance des récifs coralliens.

La poursuite des travaux menés en collaboration avec le CEA en vue de restaurer les peuplements coralliens de l'atoll de Mururoa et la multiplication des marques d'intérêt manifestées par divers groupes industriels montrent que l'OOE du CSM devrait être de plus en plus sollicité et incité à développer les applications environnementales et biomédicales du modèle "micro-coral" mis au point dans ses laboratoires. Ce travail pourrait être confié à une section "recherche-développement" chargée de mettre au point des techniques de culture de masse et d'autres biotechnologies susceptibles, à terme, de générer des recettes non négligeables pour le budget des laboratoires.

L'étude de l'impact écologique du réchauffement global de la Méditerranée et de l'expansion des nombreuses espèces originaires de la mer Rouge (environ 300 ont franchi le canal de Suez) pourraient constituer un nouvel axe de recherche. Ces phénomènes risquent, en effet, d'avoir des conséquences économiques et sociales non négligeables, dont l'évaluation justifierait une meilleure connaissance des milieux coralliens du Nord de la mer Rouge qui communiquent désormais presque librement avec la Méditerranée.

Enfin, grâce au resserrement de liens noués en 1993, un vaste projet de croisières scientifiques est en préparation. Ces croisières pourraient être réalisées grâce à deux navires, dotés d'équipements ultramodernes, appartenant à un généreux mécène qui soutient les travaux du CSM.

Ces perspectives sont nombreuses et attrayantes. Elles exigeront des choix judicieux. Ainsi l'Observatoire Océanologique Européen du Centre Scientifique de Monaco pourra-t-il continuer à bénéficier de l'aide de mécènes internationaux et maintenir l'esprit d'entreprise et la dynamique qui lui ont permis de se placer parmi les laboratoires de recherche les plus performants.

Malgré sa notoriété, un programme cohérent et des atouts incontestables – en particulier des locaux globalement fonctionnels et bien équipés et un personnel scientifique de très haut niveau – l'Observatoire Océanologique Européen du Centre Scientifique de Monaco doit renforcer son personnel technique spécialisé et améliorer son fonctionnement afin de pérenniser l'ensemble des moyens et des techniques indispensables au fonctionnement optimal de ses laboratoires, de continuer à bénéficier de l'aide de mécènes internationaux et de maintenir la dynamique qui lui a permis de se hisser au premier rang mondial des laboratoires de recherche.



Photo JEAN-MICHEL MILLE



L'ACCORD RAMOGE ET LA COMMISSION RAMOGE

par

Jean-Michel MANZONE ⁽¹⁾

Dans le cadre géographique de la région frontalière Italie, Monaco, France, Son Altesse Sérénissime le Prince Rainier III de Monaco sensibilisé par l'état de l'environnement marin, prend en automne 1970 l'initiative de proposer la création d'une zone pilote contre les pollutions marines.

La Commission pour l'Exploration Scientifique de la Mer Méditerranée dont le Prince assure la Présidence, accueille ce projet favorablement et le soutient.

Cette prise de conscience vient souligner le besoin prioritaire de protection de cette zone nécessitant la mise en oeuvre d'efforts solidaires et coordonnés des trois pays riverains.

Le projet prend alors le nom de RAMOGE issu des premières syllabes des trois villes St Raphaël, Monaco, Gênes, situées aux extrémités et au centre de la zone retenue. Depuis, ces limites ont été étendues aux villes de Marseille et de La Spezia.

Ce projet s'est concrétisé à travers l'accomplissement des étapes suivantes :

- L'exécution d'une étude exhaustive et l'établissement d'un rapport sur l'état "du littoral RAMOGE" appréhendé sous différents aspects techniques et administratifs. Ce rapport établi par des experts français, italiens et monégasques rédigé et édité par le Centre Scientifique de Monaco, énumèrait les propositions concrètes et les priorités d'actions à entreprendre pour la sauvegarde et même le sauvetage de ce milieu naturel.

- La signature le 10 mai 1976 d'un Accord entre la France, l'Italie et Monaco fixant les principes d'une coopération étroite en vue de lutter contre les différentes formes de pollution marine de la zone. Cet Accord qui s'inscrivait dans le cadre de la Convention de Barcelone et de son Plan d'Action, est entré en vigueur le 1er mars 1981 après avoir été ratifié par les trois pays.

- Deux rencontres informelles tenues à Monaco, les 17 juin et 28 novembre 1981, ont préparé la première réunion de la Commission de l'Accord RAMOGE qui s'est tenue les 19 et 20 février 1982.

Les organes de fonctionnement de l'accord Ramoge

L'Accord RAMOGE met en oeuvre trois organes de fonctionnement :

1. La Commission

Elle est l'organe exécutif de l'Accord chargée de mener à bien les tâches spécifiées par l'Accord, notamment :

- examiner tout problème d'intérêt commun relatif à la pollution des eaux ;

(1) Secrétaire Exécutif



La zone RAMOGE, à l'origine incluait la bande littorale comprise entre St Raphaël - Monaco et GÊNES. Elle s'étend désormais de Marseille à La Spezia.

- susciter une concertation des services administratifs compétents dans le but de recenser les zones polluées, de s'informer sur les projets d'aménagement du territoire susceptibles de créer un risque grave de pollution, de réaliser régulièrement une étude économique des infrastructures et des équipements nécessaires pour lutter contre la pollution des eaux ;

- favoriser et éventuellement susciter des études et des recherches, des échanges d'informations et des rencontres d'experts dans le cadre d'une coopération efficace ;
- proposer toutes mesures de nature à protéger les eaux, notamment au moyen d'accords scientifiques.

La Commission est composée de trois Délégations comptant chacune sept membres, dont un Chef de Délégation, désignés par chaque Gouvernement. Sa Présidence est assurée, à tour de rôle, par chaque Chef de Délégation pendant une période de deux ans.

La Commission peut en outre constituer des GROUPES DE TRAVAIL pour l'étude de questions particulières dont elle désigne les membres et fixe le budget.

La Commission se réunit au moins deux fois par an. Elle peut être convoquée en session extraordinaire. Elle établit chaque année un rapport qu'elle adresse au Président de Chaque Délégation pour être porté à la connaissance de chaque Etat membre.

2. Le Comité Technique

Il est constitué, de trois groupes de cinq experts techniques pour chaque Pays, dont un chef de groupe désigné par son Chef de Délégation. Il a pour tâche d'assister la Commission. La Présidence du Comité Technique est assurée à tour de rôle pendant deux ans, par le Chef de Groupe de chacun des Etats. La nationalité du Président du Comité Technique doit être différente de celle du Président de la Commission.

3. Les Groupes de travail

La Commission constitue des Groupes de travail pour l'étude des questions particulières dont elle fixe le mandat et le budget de fonctionnement. Les contenus techniques des travaux de ces groupes de travail sont suivis par le Comité Technique.

La Commission dispose d'un budget annuel financé par les trois participants dans les proportions suivantes :

- * 45 % pour l'Italie,
- * 45 % pour la France,
- * 10 % pour Monaco qui, en outre, met à la disposition de la Commission son siège permanent, à la "Villa Girasole" et pourvoit au fonctionnement du Secrétariat Exécutif.

L'ordre de grandeur de ce budget annuel est d'environ 500.000 Francs. Il pourra paraître modeste eu égard à l'importance des tâches assignées à la Commission. Il convient toutefois de préciser que la Commission est, avant tout, un organe de concertation où les trois pays débattent des sujets à traiter et des spécifications des études à mener en commun dans les trois pays.

Ces études sont essentiellement financées et exécutées par les moyens propres aux administrations des trois pays.

Synthèse des travaux

Les travaux de la Commission RAMOGE, tels que rappelés en annexe, peuvent s'analyser suivant trois phases: - **La première phase** (1982-1990) a fait l'objet d'un Rapport Général. Au cours de cette phase, la tâche de la Commission a essentiellement consisté à favoriser et provoquer des études et recherches, des échanges d'informations et des rencontres d'experts.

L'étude des bassins versants est l'exemple type des travaux menés en commun au cours de cette phase.

Cette étude a permis de mener à bien une analyse comparative des différents bassins versants de la zone en évaluant :

- les populations résidentes et les linéaires côtiers des communes littorales,
- la localisation, la longueur, la section et la profondeur des émissaires côtiers,
- les rejets (débits, modes de traitement et pollution résiduelle) des villes côtières,
- les superficies et les populations sédentaires et saisonnières de ces bassins versants,
- les flux polluants rejetés aux embouchures des rivières de ces mêmes bassins.

- **La seconde phase** (1990-1993) a été consacrée à des réflexions sur l'orientation des travaux et à la poursuite des actions de sensibilisation, en particulier au niveau des établissements scolaires. Ces réflexions ont conduit à la réalisation des conditions préalables pour une meilleure prise en compte de l'identité spécifique de la zone RAMOGE, à savoir :

- l'extension de la zone pour la doter d'une dimension écologique propre permettant l'établissement de normes communes d'évaluation de la qualité du milieu ;
- l'actualisation et la synthèse de l'étude sur la comparaison des réglementations en matière de lutte contre la pollution marine en vigueur dans les trois pays.

La principale action de sensibilisation conduite au cours de cette seconde phase a été la réalisation d'une mallette pédagogique distribuée à l'ensemble des professeurs et élèves des lycées et collèges de la zone RAMOGE.

Cette mallette pédagogique, intitulée " Le Milieu Marin Méditerranéen, un écosystème à protéger " comprend :

- un livre du Maître,
- un cahier d'exercices pour les élèves,
- un jeu de diapositives

qui illustrent : les caractéristiques spécifiques du milieu méditerranéen, l'origine et les manifestations des différentes formes de pollution ainsi que les différents modes de prévention et de traitement de ces pollutions.

La phase correspondant aux travaux en cours (1994-1996) tentera d'aboutir à la définition d'harmonisations propres à la zone RAMOGE dans les domaines de la surveillance de la qualité des eaux marines et de la gestion de l'espace littoral, notamment dans le domaine de la réglementation en matière de gestion écologiquement rationnelle de cet espace littoral.

Ainsi la Commission RAMOGE s'avère bien le cadre de concertation où les trois Etats définissent en commun les études à conduire de concert pour mieux appréhender les données propres à la zone RAMOGE qui ont une influence sur la qualité de ses eaux et de son environnement.

Les résultats des études conduites en commun, sous l'égide de la Commission, sont destinées à la préparation des recommandations soumises aux Gouvernements des trois Etats membres pour favoriser la mise en oeuvre d'une gestion homogène et intégrée du littoral RAMOGE, en vue de limiter ses atteintes par les pollutions et préserver la qualité de ses eaux.

Parallèlement, les études entreprises permettent à chaque Etat partie de l'Accord RAMOGE de bénéficier des initiatives et des expériences de ses partenaires.

Désormais la zone RAMOGE, étendue de Marseille à La Spézia, constitue la façade maritime d'une région européenne officiellement reconnue. Les travaux de la Commission RAMOGE sont donc susceptibles d'aider à la réalisation d'opérations régionalement concertées en faveur de la protection de l'environnement.

Dans ce contexte, en focalisant son action à l'intérieur de cet espace géographique, RAMOGE peut désormais s'affirmer comme l'instrument d'une réelle coopération régionale.

ANNEXE

RAPPEL DES TRAVAUX ENTREPRIS PAR LA COMMISSION RAMOGE

1. Information réciproque sur l'organisation de la prévention et de la lutte contre la pollution dans les trois Etats dans les domaines juridique, administratif, technique et scientifique.

2. Inventaire permanent des sources de pollution qui affectent le milieu marin.

2.1. Rejets urbains côtiers.

2.2. Sources de pollution provenant des bassins versants.

- Détermination des données physiques des bassins versants : cartes des bassins versants, évaluation des populations sédentaires et saisonnières, courbes des débits classés, inventaire des stations d'épuration ;
- Evaluation des charges théoriques polluantes produites par les populations de ces bassins versants ;
- Recueil des mesures existantes aux embouchures des rivières des bassins versants.

2.3. Etudes des sources de pollution provenant directement ou indirectement de la mer :

- les déchets flottants : estimation des charges polluantes potentielles constituées par les déchets solides rejetés dans les différents bassins versants ;

- les campagnes de recueil, d'évaluation et de classification :

a - des macrodéchets échoués sur les plages,

b - des déchets flottants dans les eaux littorales,

- les ports maritimes (plaisance, pêche et commerce).

3. Détermination de la qualité du

milieu marin résultant des travaux entrepris.

3.1. Mise en oeuvre de quatre campagnes en mer dans la zone Ramoge avec des spécialistes des trois Pays à bord du bateau-laboratoire " RAMOGE ".

3.2. Etude de la contamination des organismes marins par les métaux lourds et les germes bactériens.

3.3. Evaluation des apports des principaux cours d'eau en sels nutritifs, en matière en suspension et évaluation de la contamination correspondante.

3.4. Caractérisation et répartition du plancton dans l'eau de mer.

4. Etablissement des programmes des trois Pays pour lutter contre la pollution marine.

5. Comparaison des réglementations des trois Pays en matière de prévention et répression des pollutions marines.

6. Actions de sensibilisation du Public.

7. Création du " Prix Alain VATRICAN ".

8. Extension de la zone RAMOGE de l'embouchure du Petit-Rhône à La Spezia.

9. Edition d'une plaquette sur le système VAR/ROYA.

10. Réalisation et édition de documents pédagogiques : constitués d'un " Livre du Maître " et d'un " Cahier d'exercices des élèves " intitulés le " Milieu Marin Méditerranéen - Un

écosystème à protéger ", mis à la disposition de l'enseignement public.

11. Etablissement et soutien du plan RAMOGEPOL : Plan d'intervention contre les pollutions marines accidentelles dans la zone RAMOGE mis en oeuvre par les organes militaires et civils de chaque pays.

12. Organisation d'un Colloque sur l'écologie et la protection du littoral RAMOGE.

13. Création de Groupes de travail au sein du Comité Technique sur :

a) l'harmonisation des méthodes de surveillance et d'analyse du milieu marin ;

b) la promotion d'un réseau de surveillance fondé sur l'observation des biomarqueurs ;

c) l'évaluation, à partir de bases homogènes, des pollutions générées par l'activité humaine au sein des bassins versants ;

d) la gestion de l'espace littoral qui, après étude de l'état actuel, fera des suggestions en matière de gestion intégrée du littoral pour mieux prendre en compte les données liées à la protection de l'environnement.

PROGRAMMES ET TRAVAUX DE L'OBSERVATOIRE OCÉANOLOGIQUE EUROPÉEN DU CENTRE SCIENTIFIQUE DE MONACO

par

Jean JAUBERT ⁽¹⁾

Des laboratoires performants au service d'un grand dessein :
comprendre les mécanismes qui contrôlent les grands équilibres de la biosphère
pour mieux évaluer les risques majeurs et réhabiliter les écosystèmes dégradés.

Panorama

Le Centre Scientifique de Monaco (CSM) fut fondé le 23 mai 1960 par S.A.S. le Prince Rainier III pour participer, aux côtés de l'Agence Internationale à l'Energie Atomique, à "*l'action Internationale de l'Atome pour la Paix*" et soutenir l'action des organisations gouvernementales et internationales œuvrant pour la protection de la vie marine. Il fut ensuite mis sous tutelle gouvernementale et chargé de surveiller la pollution. En 1990, à la suite de l'adhésion de la Principauté à l'Accord Partiel Ouvert "Risques Majeurs" du Conseil de l'Europe, le CSM put abandonner ces activités - qui furent transférées au Service de l'Environnement- et reprendre sa mission initiale de recherche en mettant en place les laboratoires de l'Observatoire Océanologique Européen (OOE). Conformément aux dispositions de l'Ordonnance Souveraine du 26 février 1991, les activités de l'OOE sont programmées, suivies et évaluées par une Commission composée de personnalités appartenant à la communauté scientifique internationale.

L'OOE fait partie du réseau des centres spécialisés de l'Accord Partiel Ouvert "Risques Majeurs" du Conseil de l'Europe. A ce titre, il mène des recherches ayant pour objectif l'évaluation des risques écologiques et la restauration des écosystèmes dégradés. Ses laboratoires de recherche sont installés, au Musée Océanographique de

Monaco, dans des locaux mis à la disposition du CSM par l'Institut Océanographique (Fondation Albert Ier, Prince de Monaco). La proximité des hommes et la complémentarité des objectifs ont suscité des interactions dont bénéficient les deux organismes.

Les activités des laboratoires sont étroitement coordonnées et parfaitement complémentaires. La calcification marine (précipitation de carbonate de calcium par les algues calcaires et les coraux constructeurs de récifs) constitue l'un des principaux thèmes de recherche. C'est en effet un processus qui intervient, à l'échelle planétaire, en agissant sur les échanges de gaz carbonique entre l'océan et l'atmosphère (Berner, 1993) et par voie de conséquence sur l'évolution à long terme des phénomènes climatiques liés aux variations de l'effet de serre.

(1) *Professeur de Biologie Marine détaché de l'Université de Nice, Directeur de l'Observatoire Océanologique Européen*

XX ANS D' ACTIONS
DES INSTITUTIONS PRÉSENTES A MONACO

Le laboratoire de Physiologie Cellulaire et Moléculaire utilise le modèle "corail" pour étudier les mécanismes de la calcification. Les travaux sont menés *in vitro* à l'échelle de la cellule et de la molécule. Le Laboratoire d'Écophysiologie et Biogéochimie étudie les interactions calcification-environnement à l'échelle de l'organisme (colonies coralliennes) et de l'écosystème (cycle du carbone-calcium et échanges de gaz carbonique océan-atmosphère dans les récifs coralliens). Ce laboratoire étudie également l'algue benthique *Caulerpa taxifolia*. Les recherches portent essentiellement sur son origine ainsi que sur les causes, les mécanismes et les conséquences de sa prolifération dans certains biotopes côtiers.

Toutes ces recherches sont réalisées dans le cadre de programmes pluriannuels mis en œuvre sous la haute autorité de la Commission Scientifique.

L'OOE bénéficie annuellement d'une dotation versée par la Principauté de Monaco et d'une subvention allouée par l'Accord Partiel Ouvert "Risques Majeurs" du Conseil de l'Europe. A ces ressources s'ajoutent des subventions et dons d'origines diverses accordés à des actions spécifiques. C'est par exemple le cas des travaux sur le cycle du CO₂ dans les récifs de la Grande Barrière de Corail, menés, en coopération avec l'Institut Australien des Sciences de la Mer (AIMS) et l'Université de Liège, avec le soutien du Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS, France) dans le cadre du Programme National Récifs Coralliens (PNRCO) et du Fond National pour la Recherche Scientifique (Belgique). C'est aussi le cas des études portant sur la physiologie cellulaire et moléculaire (symbiose et calcification) des coraux constructeurs de récifs, menées *in vitro* à Monaco, en collaboration avec divers partenaires

Photo J. JAUBERT et J. CHISHOLM.

Photo 1
Métamorphose
de *Caulerpa mexicana*.



Photo 2
A gauche,
Caulerpa mexicana
de Méditerranée orientale
après la métamorphose ;
à droite,
C. taxifolia
récoltée près de Monaco.



Photo Y. BÉRARD

(dont l'Université de Nice) et soutenus par le PNRCO. Enfin, les recherches entreprises, avec l'appui du Musée Océanographique, pour mettre au point de nouvelles méthodes de conservation et de restauration des récifs coralliens, sont financées par des mécènes internationaux. Les fonds sont collectés au cours d'opérations de *fund raising* organisées par le magazine américain "Showboats International".

Programme et travaux

Le programme comprend trois thèmes majeurs :

– la réponse des écosystèmes côtiers méditerranéens et tropicaux aux changements globaux (recherche de signes précurseurs de perturbations écologiques majeures),

– les mécanismes biologiques et biogéochimiques qui participent à la régulation des grands équilibres de la biosphère (recherches liées au contrôle des processus climatiques susceptibles d'être altérés par les rejets massifs de gaz carbonique anthropogénique).

– les techniques aquacoles non conventionnelles (recherches relatives à la conservation d'espèces menacées et à la restauration de milieux dégradés).

Changements globaux en Méditerranée

Depuis une dizaine d'années, les côtes nord de la Méditerranée Occidentale sont colonisées par une algue verte tropicale : la *Caulerpa taxifolia*. L'origine de cette algue, les causes de son expansion et les conséquences de sa prolifération dans certains biotopes côtiers sont encore très mal connues et font l'objet d'hypothèses variées. Selon une idée largement répandue par les médias : a) les *Caulerpa taxifolia* apparues sur nos côtes en 1984 seraient issues d'une souche mutante ou hyper-résistante échappée d'un aquarium ; b) elles auraient la capacité de proliférer dans tous les biotopes côtiers et menaceraient gravement l'équilibre de la Méditerranée (Meinesz et Hesse, 1991 ; Meinesz *et al.*, 1994).

Les recherches menées à l'OOE ne confirment pas ce point de vue.

Origine et causes de son expansion

Un phénomène de métamorphose, observé au laboratoire, laisse penser que *C. taxifolia* est la variété morphologique locale d'une Caulerpe venue de Méditerranée Orientale où elle est connue sous le nom de *Caulerpa mexicana*. Des échantillons de *C. mexicana* récoltés près de Messine (Sicile) commencèrent à se transformer dès leur mise en culture à Monaco. Toutes les nouvelles pousses avaient la forme typique des *C. taxifolia* de Méditerranée

Photo 3
Prairie mixte
de *Caulerpa racemosa*
(feuilles en grappes)
et de *C. prolifera*
(feuilles rubanées)
dans le détroit de Messine
(Sicile).

Photo G. GIACCONE



Occidentale (Photos 1 et 2). Ce résultat confirme le point de vue des spécialistes qui ne reconnaissent qu'une seule espèce présentant deux écades (variétés morphologiques) : l'écade *taxifolia* et l'écade *mexicana* (Jaasund, 1977; Coppejans & Beeckman, 1990 ; Coppejans & Prud'homme van Reine, 1992)

Caulerpa taxifolia écade *mexicana* a été trouvée sur les côtes du Levant dès 1939 (Rayss, 1941). Elle appartient vraisemblablement au contingent des quelques 300 à 500 espèces lessepsiennes (espèces venues de mer Rouge via le canal de Suez) qui ont colonisé l'extrême sud-est de la Méditerranée (province lessepsienne). Au cours des 20 dernières années, quelques espèces lessepsiennes ont migré en direction de la Méditerranée Nord Occidentale. L'une d'entre elles, *Caulerpa racemosa* (Photo 3), proche parente

Photo 4
Mésocosme
corallien
(modèle de récif en aquarium)
développé en vue
d'étudier les mécanismes
assurant le fonctionnement
de l'écosystème récifal
et leurs perturbations.



Photo Y. BÉRARD.

Photo 5
"Pépinière" de coraux :
"microcoraux" non fixés,
multipliés par bouturage,
cultivés sur des grilles
en matière plastique
destinés à des expériences
de repeuplement
de récifs dégradés.

Photo Y. BÉRARD



de *C. taxifolia*, a récemment été signalée dans la région de Livourne (Italie) (Piazzini *et al.*, 1994). *Caulerpa taxifolia* écade *mexicana* a semble-t-il effectué la même migration et changé de forme en atteignant les côtes nord de la Méditerranée Occidentale. Ce point de vue est conforté par la récente découverte de *C. taxifolia* sur la côte est de l'Adriatique. En effet, l'hypothèse d'une migration-métamorphose de *Caulerpa taxifolia* écade *mexicana* est la façon la plus logique et naturelle d'expliquer l'arrivée de cette algue dans cette région éloignée de la Méditerranée Nord Occidentale et baignée par des courants directement venus du bassin oriental.

Un ensemble de données suggèrent que les écosystèmes côtiers commencent à réagir au réchauffement de la Méditerranée. Si ce réchauffement, mis en évidence par des océanographes physiciens (Béthoux *et al.*, 1990), était la conséquence d'une tendance climatique de longue durée, l'expansion de ces deux *Caulerpes* pourrait marquer le début d'un bouleversement écologique de grande ampleur.

Causes et conséquences de sa prolifération dans certains biotopes côtiers

D'autres recherches ont permis de rassembler des éléments d'appréciation relatifs aux causes et aux conséquences de la prolifération de *C. taxifolia*. Des analyses de prélèvements et des expériences au laboratoire montrent clairement que la prolifération de *C. taxifolia* est liée à la présence de polluants organiques et inorganiques piégés dans les sédiments côtiers. Ces polluants proviennent de rejets d'eaux usées et (ou) pluviales. Ils sont absorbés par les rhizoïdes (pseudoracines) de cette algue dont les peuplements denses marquent les zones polluées (Chisholm *et al.*, 1995). En dégageant de grandes quantités d'oxygène et en absorbant certains polluants, *C. taxifolia* semble capable de faciliter la régénération des sédiments pollués. Ces résultats, qui devront être confirmés, laissent penser que son impact est loin d'être négatif.

Coraux, gaz carbonique, effet de serre et changement climatique global.

L'accroissement de l'effet de serre, dû au rejet excessif de CO₂ anthropogénique dans l'atmosphère, pourrait être la cause d'un réchauffement généralisé du climat. D'où l'importance de mieux connaître les mécanismes qui contrôlent la fixation et la libération de ce gaz dont la



Photo 8
Un laboratoire
sous la mer :
mesure du métabolisme
des coraux transplantés.

Photo 6
Développement
d'une "micro-colonie"
de *Galaxea fascicularis* destinée
à des expériences au laboratoire.
En quatre semaines,
le polype sectionné,
suspendu à l'aide d'un fil de Nylon,
a bourgeonné quatre fois
pour former une "microcolonie"
dont le squelette est entièrement
recouvert de tissus.

Photos Y. BÉRARD.



concentration a presque doublé depuis le début de l'ère industrielle. Ces mécanismes sont nombreux et complexes. Parmi eux il convient de citer la calcification marine que l'OOE étudie en utilisant le modèle des coraux et des récifs coralliens.

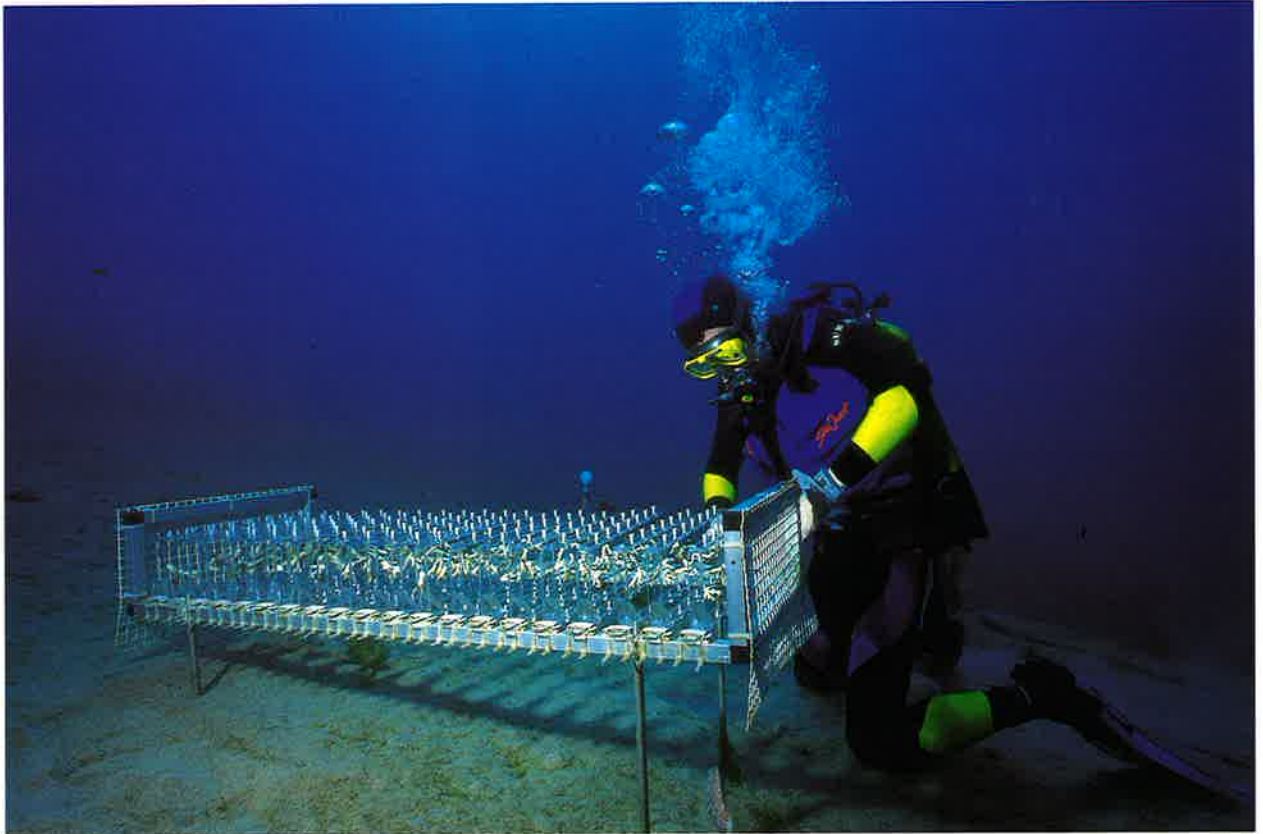
L'OOE est actuellement, dans le monde, le seul organisme de recherche ayant parfaitement maîtrisé la culture *in vitro* des coraux constructeurs de récifs. Un procédé de purification biologique de l'eau des aquariums (brevets MICROCEAN® : Europe, U.S.A., Monaco et Japon) est à l'origine de ce succès (Photo 4). En effet, les coraux sont des organismes très fragiles et exigeants, qui ne peuvent se développer que dans des eaux d'une très grande pureté. A l'OOE, les coraux sont cultivés à des fins purement scientifiques et sont utilisés comme animaux de laboratoire (Photo 5). Cependant, leur culture présente de multiples perspectives d'applications, notamment : a) la production de spécimens destinés au marché des aquariums publics et privés ; b) la production de prothèses biodégradables à base

de squelettes coralliens (déjà utilisées en chirurgie humaine pour la reconstruction osseuse) ; et c) la mise en place de fermes "pépinières" destinées au repeuplement des récifs dégradés (Photo 6).

D'autres applications, en cours de développement, concernent l'utilisation des coraux comme des signes pré-curseurs des changements globaux. En étudiant les relations complexes qui unissent les coraux constructeurs à leurs algues symbiotiques (zooxanthelles), on s'attachera à déterminer la signification exacte du blanchissement (décoloration consécutive à la rupture de l'association symbiotique et signe de stress), phénomène que de nombreux chercheurs soupçonnent d'être le signe annonciateur d'un réchauffement généralisé du climat (Williams & Bunkley-Williams, 1990).

Enfin les coraux réagissent aux variations des facteurs de leur environnement en piégeant des substances contenues dans l'eau et (ou) en modifiant la structure et la composition de leur squelette. Ils conservent ainsi l'empreinte

Photo 7
Opération
de transplantation
de coraux
en mer Rouge.



d'événements ponctuels (explosions atomiques, inondations) ou de longue durée (variations climatiques). Ce sont donc d'excellents outils qui devraient nous aider à prévoir l'avenir à la lumière du passé.

Conservation d'espèces menacées et restauration de récifs dégradés

L'OOE est aujourd'hui capable de conserver et reproduire l'immense majorité des espèces de coraux symbiotiques. En revanche il lui reste à maîtriser les problèmes liés

à la fixation et à la survie des coraux de culture implantés dans le milieu naturel. En effet, l'objectif n'est pas de créer des jardins sous-marins à la française, mais de faire en sorte que les récifs restaurés retrouvent leur aspect naturel.

L'OOE s'emploie à acquérir le savoir faire nécessaire grâce à de multiples expériences de terrain. Ces expériences sont réalisées en collaboration avec la Station Marine d'Aqaba (mer Rouge, *Photos 7 et 8*) et avec le Commissariat à l'Énergie Atomique (Polynésie Française).

Références bibliographiques

BÉTHOUX J. P., GENTILI B., RAUNET J., TAILLEZ D. 1990. Warming trend in the Western Mediterranean deep water. *Nature* 347: 660-662.
BERNER R. A., 1993. Paleozoic Atmospheric CO₂: Importance of Solar Radiation and Plant Evolution. *Science* 262: 68-70.
CHISHOLM J.R.M., FERNEX F., MATHIEU D., JAUBERT J.M. 1995. Links between sediment pollution and *Caulerpa taxifolia* proliferation. *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.*, 34, p 24.

COPPEJANS E., BEECKMAN T. 1990. *Caulerpa* (Chlorophyta, Caulerpales) from the Kenyan coast. *Nova Hedwigia* 50: 111-125.
COPPEJANS E., PRUD'HOMME VAN REINE W. F. 1992. Seaweeds of the Snellius-II Expedition (E. Indonesia): the genus *Caulerpa* (Chlorophyta-Caulerpales). *Bull. Séanc. Acad. r. Sci. Outre-Mer Meded. Zitt. K. Acad. overzeese Wet.* 37: 667-712.
JAASUND E. 1977. Marine algae in Tanzania VIII. *Bot. Mar.* 20: 509-520.

MEINESZ A., HESSE B. 1991. Introduction et invasion de l'algue tropicale *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée nord-occidentale. *Oceanol. Acta* 14: 415-426.
MEINESZ A., PIETKIEWICZ D., KOMATSU T., CAYE G., BLACHIER J., LEMÉE R., RENOUX-MEUNIER A. 1994. Notes taxinomiques préliminaires sur *Caulerpa taxifolia* et *Caulerpa mexicana*. *First International Workshop on Caulerpa taxifolia*, Marseille, France: GIS Posidonie publ., 105-114.

PIAZZI L., BALESTRI E., CINELLI F. 1994. Presence of *Caulerpa racemosa* in the north-western Mediterranean. *Cryptogamie, Algol.* 15: 183-189.
RAYSS T. 1941. Sur les Caulerpes de la côte palestinienne. *Palestine J. Botany* 2: 103-124.
WILLIAMS E. H. JR. AND BUNKLEY-WILLIAMS L. 1990. The world-wide coral reef bleaching cycle and related sources of coral mortality. *Atoll Res. Bull.* 335: 1-71.

LA QUALITÉ DES EAUX CÔTIÈRES ET DES EAUX DE BAIGNADE

par

P. VAN KLAVEREN ⁽¹⁾ et *Marie-Christine GRILLO* ⁽¹⁾

La qualité des eaux côtières et des eaux de baignade constitue un facteur essentiel de la politique de protection de l'Environnement du Gouvernement Princier.

Le maintien de cette qualité nécessite une intervention sur trois niveaux complémentaires ; la surveillance, avec ses deux composantes principales, le diagnostic de l'état du milieu et l'évaluation des mesures prises, la compréhension des phénomènes naturels à prendre en compte dans les différentes actions d'analyse et de protection et la mise en œuvre d'installations spécifiques de protection.

Surveillance

Objectifs

Notre surveillance de l'environnement marin a 4 objectifs principaux :

- 1/ Evaluer, en vue de leur atténuation, les atteintes du milieu naturel par les actions humaines ;
- 2/ Evaluer l'efficacité des mesures prises et les ajuster tant sur le plan technique que réglementaire ;
- 3/ Evaluer la faisabilité de mise en œuvre de techniques de conservation ou de réhabilitation ;
- 4/ Collaborer avec d'autres Etats pour obtenir ces résultats à l'échelle de la région Méditerranéenne.

Programme de surveillance

Il est assuré par le Service de l'Environnement et vise à la fois les sources de pollution directes ou indirectes ainsi que les zones ou les activités sensibles à ces pollutions.

En dehors de l'évaluation permanente et à long terme de l'état des peuplements marins par un suivi cartographique de leur extension et de l'état de leurs différentes composantes, le Service de l'Environnement utilise des indicateurs de qualité du milieu qui sont physicochimiques ou biologiques. Les résultats de ce type de surveillance sont souvent immédiatement exploitables.

Le programme de surveillance de la qualité du milieu marin monégasque fait appel à une série d'analyses classiques ainsi qu'à la mise en œuvre de méthodes nouvelles, conformément aux orientations des programmes internationaux et nationaux de surveillance. Les méthodes nouvelles, retenues dans la plupart des pays mettant en œuvre des programmes de surveillance du milieu marin, ont pour objectif d'évaluer l'état de santé de la faune et de la flore marine par la mesure de la réponse d'organismes marins à des perturbations du milieu.

Stratégie de surveillance

Elle revêt un double aspect :

- l'évaluation directe des substances contaminantes, par des prélèvements périodiques et des analyses d'échantillons d'eau de mer, destinée à déterminer les tendances à court terme de la pollution marine ;-
- une surveillance indirecte, par des prélèvements périodiques d'organismes marins (Moules et Poissons) et de sédiments, destinée à déterminer les tendances à moyen terme et à long terme de la pollution.

La surveillance directe est effectuée essentiellement par des prélèvements d'eau de mer sur un réseau de stations défini par rapport aux sources d'apports terrestres (émissaires des stations de traitement des eaux usées, déversoirs d'orages, ferme marine, etc.).

La surveillance indirecte chimique consiste essentiellement en prélèvements de moules sur la digue du nouveau port de Fontvieille et en prélèvements de sédiments en divers points de la baie, selon les moyens à la mer disponibles.

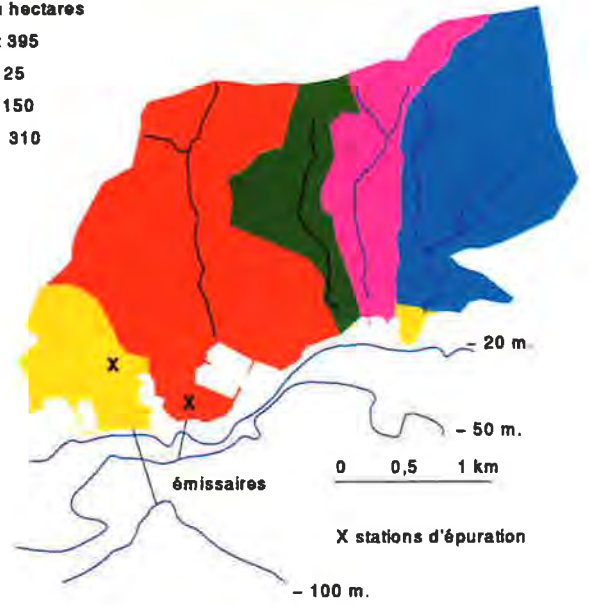
⁽¹⁾ Service de l'Environnement.

Amphithéâtre de Monaco: bassins versants

Surfaces en hectares

Ste Dévote: 395
 La Noix: 125
 Larousse: 150
 St Roman: 310

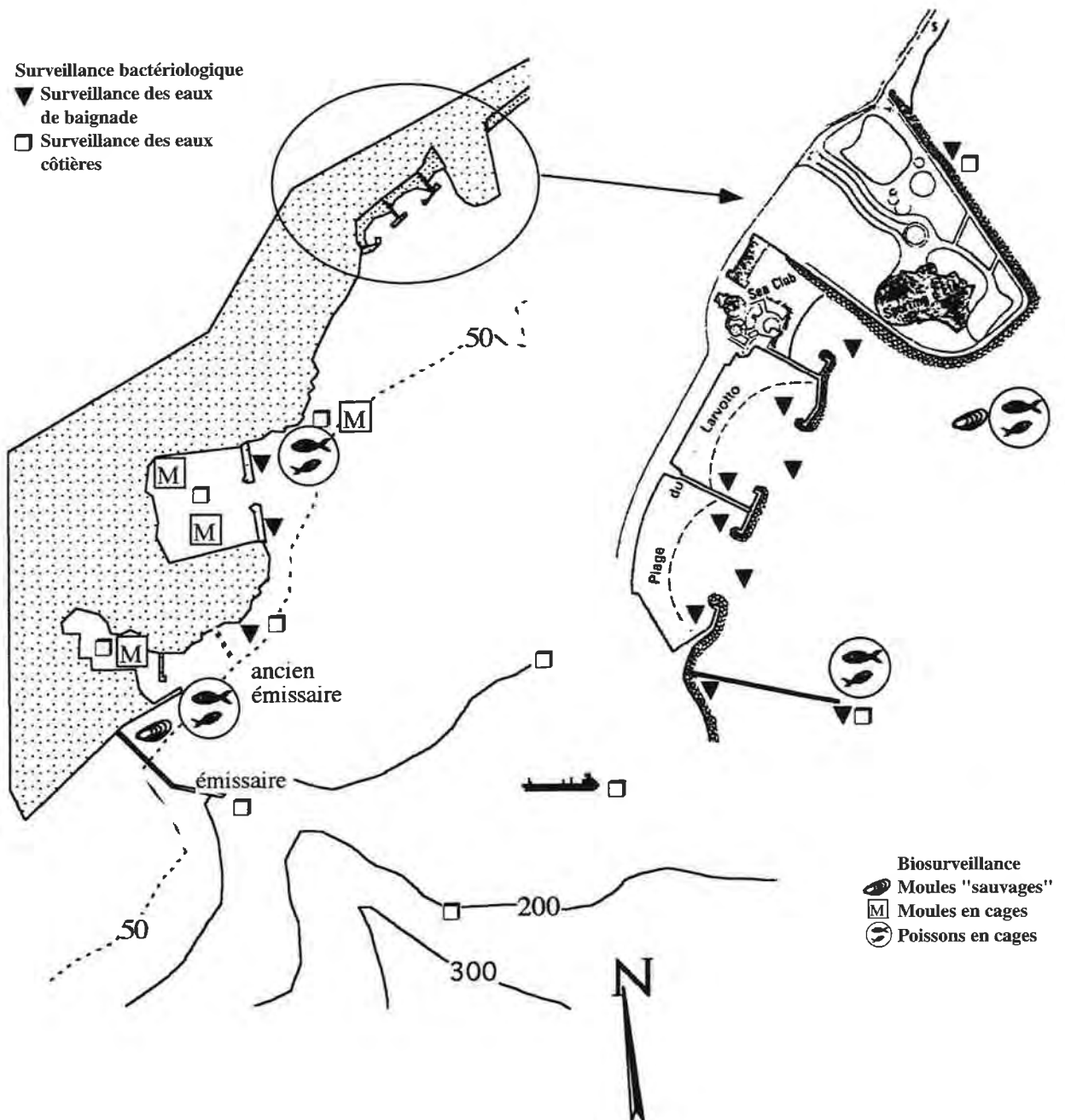
Les divers vallons :
 St. Dévote
 en rouge,
 La Noix en vert,
 La Rousse
 en violet,
 St. Roman en bleu clair



Programme de surveillance du milieu marin

Surveillance bactériologique

- ▼ Surveillance des eaux de baignade
- Surveillance des eaux côtières



- Biosurveillance
- 🐚 Moules "sauvages"
 - 📦 Moules en cages
 - 🐟 Poissons en cages

La surveillance indirecte biologique fait partie d'un nouveau programme débuté en mars 1994. Elle utilise des poissons et des moules, soit maintenus en cages en divers points du littoral soit, prélevés dans les peuplements naturels.

Cette partie du programme a été récemment mise en liaison avec des programmes italiens et français dans le cadre de RAMOGE. Il correspond aussi à des orientations nouvelles du MEDPOL (Programme de Surveillance des Etats Méditerranéens).

Les eaux de baignade font l'objet d'une surveillance bactériologique qui couvre un réseau de treize points. La fréquence de prélèvement est hebdomadaire d'avril à septembre et mensuelle d'octobre à mars. Pendant la période estivale, la qualité de l'eau de baignade est publiée hebdomadairement. Chaque année un bilan saisonnier est établi.

La Principauté de Monaco a également mis en œuvre d'autres activités de surveillance de la pollution marine depuis plusieurs années. Il s'agit essentiellement :

- de la participation au Réseau National Français d'Observation de la qualité du milieu marin (R.N.O.). Cette participation permet de surveiller la qualité des eaux marines dans l'extrême Sud-Est de la France (actuellement 5 stations situées entre Menton et Villefranche sur mer et huit missions par an).

- d'actions ponctuelles de surveillance telles que des contrôles fréquents des teneurs en hydrocarbures de l'eau de mer au moment de l'accident du HAVEN, une surveillance renforcée des teneurs en germes fécaux et en ammonium en cas de panne de la station d'épuration, etc.

- de la surveillance de l'impact de la ferme aquacole Labrax.

Paramètres déterminés et méthodes utilisées

A/ Surveillance physico-chimique :

- la surveillance directe de la qualité de l'eau de mer se fait selon une fréquence de prélèvement mensuelle. Les paramètres physico-chimiques déterminés sont les suivants :

- transparence, matières en suspension, température, salinité, oxygène dissous, pigments du plancton végétal (chlorophylle et phéophytine), nitrates et nitrites, ammonium, phosphates, détergents anioniques, hydrocarbures aromatiques.

- la surveillance indirecte se fait selon une fréquence de prélèvement annuelle (pour les moules) et occasionnelle pour les sédiments. Jusqu'à présent, seuls les métaux lourds (Plomb, Cadmium, Mercure, Cuivre) ont été déterminés dans ces échantillons. La méthode appliquée à l'analyse de ces échantillons est la spectrométrie d'absorption atomique.

B/ Surveillance biologique :

Il y a donc un besoin urgent de trouver des outils permettant d'établir un diagnostic précis et capable de prédire l'impact d'un polluant, un système d'alarme précoce : les biomarqueurs répondent à cette attente.

A l'exemple des longues séries d'analyses permettant la mise en évidence des anomalies de fonctionnement du corps humain leur mise en œuvre sur les êtres vivants animaux ou végétaux marins permet d'établir le degré d'exposition de ces organismes à des contaminants parfois indosables directement ou agissant en synergie.

Les biomarqueurs sont donc basés sur la réponse physiologique et biochimique d'un organisme à la présence d'un polluant.

La fréquence d'analyse est saisonnière.

Les analyses biologiques sont doublées de dosages chimiques des métaux lourds chez les organismes (fréquence saisonnière) et des hydrocarbures polyaromatiques (HAP), polychlorobiphényles (PCB) et métaux lourds dans les sédiments sous jacents aux cages et en d'autres zones littorales (fréquence annuelle).

C/ Surveillance bactériologique de la contamination par les eaux usées :

Elle s'effectue au cours de 2 programmes :

- la surveillance côtière mensuelle de la qualité des eaux associée à des paramètres physico-chimiques,
- la surveillance de la qualité des eaux de baignade dont la fréquence est hebdomadaire en été et mensuelle en hiver.

Le choix des points de prélèvement est défini par rapport aux sources de pollutions éventuelles (émissaires de station d'épuration et d'orage) et des zones sensibles (zones de baignade).

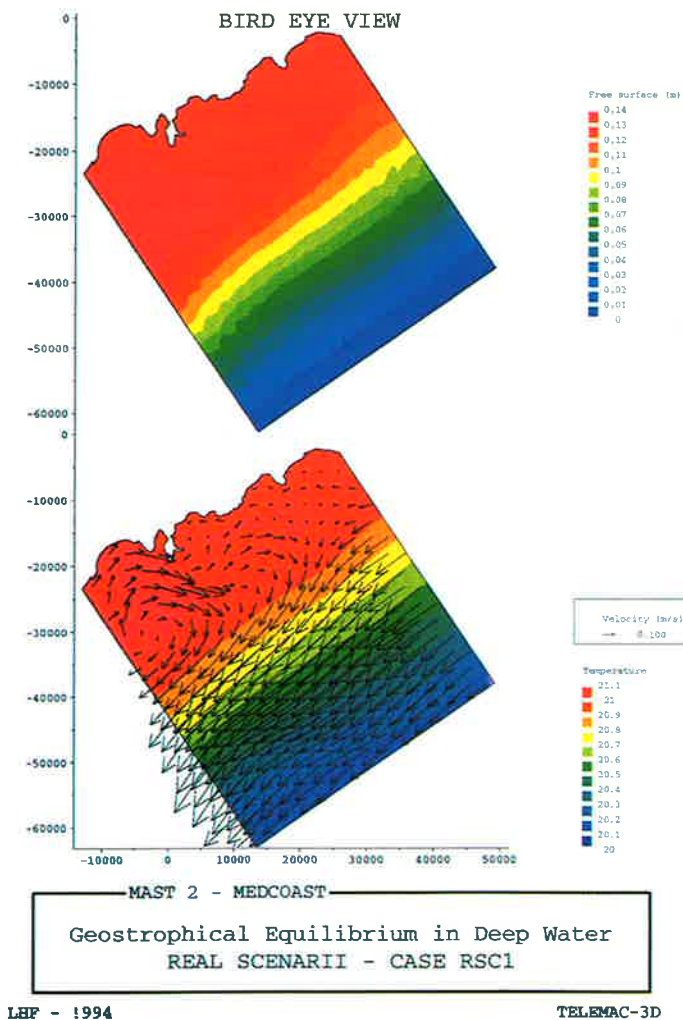
Paramètres analysés : depuis de nombreuses années, les analyses portent sur les germes classiques témoins de contamination fécale tels que :

- les coliformes fécaux, =>
- les coliformes totaux, => EN TOUTE SAISON
- les streptocoques fécaux =>
- *Pseudomonas aeruginosa* =>
- les staphylocoques pathogènes => EN PERIODE ESTIVALE
- *Candida albicans* =>

D/ Surveillance des rejets industriels et du fonctionnement des systèmes d'épuration :

Les méthodes classiques de contrôle de la charge polluante des rejets sont employées dans le cadre du Service de l'Environnement. En outre notre laboratoire d'écotoxicologie met en œuvre divers tests utilisant des organismes

Figure 1 :
Les courants de surface devant Monaco en été par temps calme bien établi.
La figure du bas représente les vecteurs vitesse et la variation de la température de surface de la mer, de la côte jusqu'à 20 km au large, où le courant Ligure a sa vitesse maximale.
La figure du haut représente le dénivelé du niveau de la mer, de l'ordre du centimètre, associé au courant Ligure (le niveau le plus élevé est à la côte).



Outre son intérêt dans la détermination du degré de toxicité des rejets, cette méthode permet une simulation de l'impact de l'effluent sur les performances des biofiltres de la station d'épuration.

Ces évaluations de toxicité sont également mises en œuvre dans le domaine marin (sédiments) et dans l'évaluation de la qualité des ressources en eaux douces (nappes du réseau karstique).

Afin de comprendre l'impact de ces rejets dans le réseau, puis en mer après traitement ou débordement du réseau en période orageuse, le Service de l'Environnement met en œuvre une série de programmes d'étude des débits des différents émissaires en mer. A côté de ces études d'approche du flux de pollution, un ambitieux programme de modélisation des déplacements de ces masses d'eaux d'origine terrestre est en cours dans le cadre d'une collaboration européenne.

La Modélisation de la Baie de Monaco

Les rejets provenant des torrents, des déversoirs d'orages et des émissaires urbains d'eaux traitées et prétraitées constituent les apports d'origine tellurique. La connaissance de ces apports et de leur répartition spatio-temporelle en mer est particulièrement importante pour l'évaluation des risques liés à la pollution littorale qui est par ailleurs l'objet de campagnes de surveillance périodique des qualités bactériologiques physico-chimiques et biologiques des eaux côtières et particulièrement des eaux de baignade.

Cette répartition peut être calculée dans la mesure où les rejets sont connus tant par leur localisation, leur niveau d'immersion leur débit que par les variations des teneurs en substances polluantes qu'ils contiennent. En effet, arrivés en mer ces rejets forment des panaches qui se diluent et se dispersent selon des processus régis par les mouvements de l'eau de mer : l'hydrodynamique du milieu.

C'est dans le cadre de la mise en œuvre de "modèles d'hydrodynamique" que la direction et la vitesse des courants sont calculées, en plusieurs milliers de points répartis dans le volume de la baie. Le Service de l'Environnement participe au programme européen MEDCOAST qui a pour objectif de :

- comprendre les évolutions hydrodynamiques côtières en Méditerranée,
- tester différents modèles capables de représenter l'hydrodynamique de baies ayant les mêmes caractéristiques que celle de Monaco, c'est-à-dire une côte très accore et des eaux côtières sous l'influence d'un courant du large : le courant Ligure,
- améliorer les techniques de modélisation,
- définir les meilleures stratégies de construction, d'exploitation et de validation.

(Daphnies, Algues, Poissons d'eau douce) permettant d'évaluer la toxicité des échantillons.

Parmi eux l'on peut citer une méthode normalisée (Microtox), basée sur la mesure d'une perte de luminescence de certaines bactéries (*Photobacterium phosphoreum*) en contact avec le milieu étudié.

Pour ce faire quatre organismes européens ont adapté chacun un modèle mathématique et l'ont appliqué à la baie de Monaco.

Les premiers résultats obtenus se rapportent aux conditions prévalant en été lorsqu'un temps calme et ensoleillé est établi depuis plusieurs jours. Ils montrent (Fig. 1) que les courants les plus rapides sont localisés à l'avant des caps et du Rocher de Monaco où se trouve par 100 mètres de fond le point de rejet de l'usine de traitement des eaux résiduaires de la ville. Ils montrent aussi au niveau des plages des deux baies encadrant le Rocher, l'existence d'un courant poussant vers le large les eaux côtières.

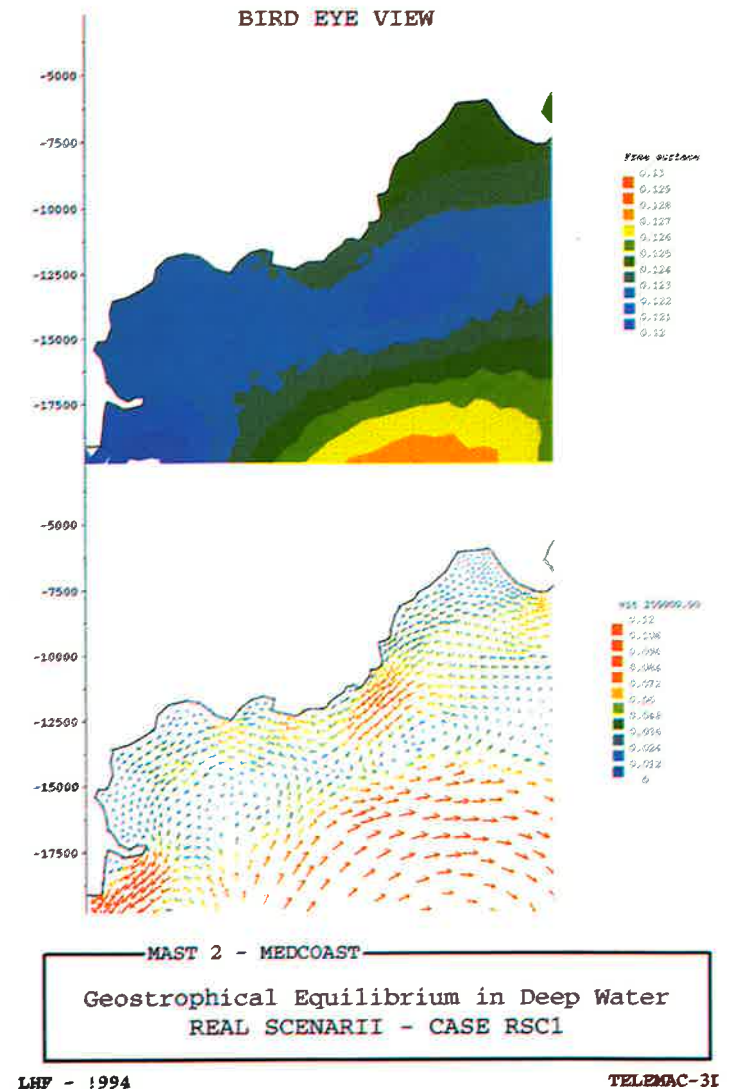
Ces premiers résultats sont fondés sur les caractéristiques du courant Ligure, coulant d'est en ouest à 20km en avant des côtes (Fig. 2), définies à partir des informations recueillies dans le cadre du programme de Recherches International en Méditerranée Occidentale (PRIMO) effectué conjointement sous l'égide de la Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la Méditerranée (CIESM) par l'Italie, la France, l'Espagne et Monaco.

Une première exploitation du modèle est envisagée pour l'étude de la modification des courants devant le port du fait de la construction future de la nouvelle digue. Une deuxième exploitation à plus long terme, pourrait être la prévision de la qualité des eaux de la Principauté particulièrement de celle des plages.

Cela présuppose que la validité des modèles soit contrôlée en comparant les résultats aux informations qui seront fournies par différentes sources : les stations météorologiques réparties sur l'amphithéâtre, les capteurs déjà installés dans le réseau de collecte des eaux résiduaires ainsi que sur les torrents et ceux à installer en mer.

Cette validation, qui est la continuation des travaux de modélisation en cours est une tâche dont la mise en œuvre est préparée pour le début 1996 dans le cadre d'une proposition de programme européen MASTIII.

Figure 2 :
Zoom de la figure précédente entre le Cap Martin et le Cap Ferrat.
Observer qu'à la côte les courants les plus rapides se situent devant les Caps et devant le Rocher de Monaco.





GESTION DES INSTALLATIONS DE PROTECTION DU MILIEU MARIN⁽¹⁾

La Principauté de Monaco occupe la façade maritime d'un bassin versant qui s'étend :

- sur la totalité du territoire de la Principauté,
- sur la totalité du territoire de la commune de Beausoleil,
- sur une fraction des territoires des communes de Cap d'Ail et de la Turbie.

La protection du milieu marin qui s'étend le long de cette façade maritime nécessite le traitement des effluents qui émanent de l'ensemble de ce bassin versant, aussi bien par temps sec que par temps de pluie.

Le plan d'assainissement de la Principauté s'est assigné trois objectifs pour le traitement de ces effluents :

- épuration performante du débit de temps sec,
- épuration satisfaisante du premier flot d'orage qui charrie la part la plus polluée du ruissellement,
- réduction des déversements d'eaux polluées au voisinage de la côte.

Pour atteindre ces objectifs la Principauté s'est dotée d'ouvrages performants en matière d'assainissement des eaux usées :

- Un réseau d'assainissement complet et étanche.
- Une station de prétraitement des effluents.
- Une station d'épuration biologique des effluents.
- Des émissaires profonds.

Le réseau d'assainissement

La Principauté dispose d'un réseau d'assainissement complet et bien entretenu qui draine, par temps sec et par temps de pluie, l'ensemble des effluents du bassin versant vers les deux collecteurs du littoral et de Fontvieille.

Ces deux collecteurs convergent au point dit de "La Quarantaine" qui constitue le point bas de l'ensemble du réseau.

Par temps sec le débit qui converge en ce point est de l'ordre de 250 litres par seconde (l/s) en moyenne avec des pointes de 500 l/s. Par temps de pluie les orages importants peuvent y générer un débit de l'ordre de 2000 l/s. Lors des

(1) Service du Contrôle Technique et de la Circulation



- Collecteur du littoral
- Liaison station prétraitement station d'épuration
- Rejets en mer

orages exceptionnels qui génèrent un débit supérieur à ce dernier chiffre les déversoirs situés le long des deux collecteurs entrent en fonctionnement de sorte que le débit maximal qui peut être observé au point de convergence de "la Quarantaine" reste limité à 7 ou 8 m³/s.

Plusieurs stations de pompage, dont la plus importante dessert le nouveau quartier de Fontvieille, permettent de relever les eaux usées produites à une côte inférieure à celle des collecteurs principaux : la maintenance de ce réseau, ainsi que des équipements associés, est assurée par la Section Assainissement du Service du Contrôle Technique et de la Circulation.

Les ouvrages d'épuration

La station de prétraitement

Pour prévenir les déversements d'eaux polluées au voisinage de la côte une station de prétraitement a d'abord été réalisée, tout naturellement, à "La Quarantaine".

A cet effet, une galerie de 80 mètres de long, 12 mètres de large et 7 mètres de hauteur a été creusée sous le "Rocher". La station de prétraitement a été mise en service dès juillet 1987 et son exploitation est assurée depuis 1990 par la "Section Assainissement du Service du Contrôle Technique et de la Circulation".

Le traitement des eaux

Au sein de cette station de prétraitement s'effectuent les premières opérations du cycle d'épuration des effluents à savoir :

- Un dégrillage qui permet d'extraire les éléments de dimension supérieure à 20 mm.
- Un tamisage qui complète cette extraction jusqu'à la dimension de 6 mm, y compris pour les "filasses".
- Un dessablage et un déshuilage qui s'effectuent dans deux bassins de sédimentation où les effluents séjournent suffisamment pour permettre la décantation des sables au fond de ces bassins et la flottaison des huiles et des graisses qui sont récupérées par "écrémage" de leur surface.

Cette station de prétraitement a été dimensionnée pour pouvoir :

- dégriller un débit de 6 m³/s, correspondant à l'orage décennal (d'occurrence une fois tous les dix ans),
- tamiser, dessabler et déshuiler un débit de 2 m³/s qui correspond au débit véhiculé par le réseau lors des orages annuels les plus importants.

A la sortie de la station de prétraitement, les effluents ainsi prétraités, mais dans la limite de 500 l/s, sont dirigés vers la station d'épuration, située dans le quartier de Fontvieille, pour y bénéficier d'un traitement complémentaire plus performant. Ainsi :

- par temps sec : comme le débit de pointe ne dépasse pas 500 l/s tous les effluents du bassin versant sont d'abord complètement prétraités (dégrillés à 20 mm, puis tamisés à 6 mm, puis dessablés et déshuilés) avant d'être refoulés vers la station d'épuration pour y bénéficier du traitement biologique poussé,

- par temps de pluie : lors des petits orages et jusqu' aux orages annuels les plus importants dont le débit peut atteindre 2000 l/s, tous les effluents sont complètement prétraités.

Dans la limite de 500 l/s la partie correspondante des effluents prétraités est toujours dirigée vers la station d'épuration tandis que l'excédent (1500 l/s) est évacué en émissaire, à la pointe Saint Martin, où l'ancien émissaire a été doublé pour assurer une évacuation par 40 mètres de profondeur de cet excédent. Lors des très gros orages le débit véhiculé par le réseau est prétraité dans la station dans la limite de 2000 l/s (et traité à la station d'épuration dans la limite de 500 l/s) tandis que l'excédent est malgré tout dégrillé avant d'être rejeté directement à la côte à la pointe Saint Martin.

Le traitement des déchets

Les refus de dégrillage, les résidus de tamisage et les graisses sont regroupés dans des conteneurs spécifiques avant d'être transportés vers l'usine d'incinération des ordures ménagères où ils sont incinérés.

Les sables extraits des bassins de décantation sont évacués en décharge.

Le traitement de l'air

Pour éviter les nuisances olfactives la station de prétraitement est dotée d'un équipement de traitement de l'air. A cet effet, l'ensemble des volumes de la station est maintenu en dépression pour éviter une propagation de l'air ambiant vers le tunnel routier voisin.

L'air extrait de la station est traité sur trois tours de lavage (lavage acide, basique et oxydant) avant d'être refoulé à la pointe Saint Martin.

La station d'épuration

Dans la limite de 500 l/s qui correspond au débit de pointe de temps sec, les effluents, après avoir été complètement prétraités sont refoulés vers la station d'épuration pour y bénéficier d'une épuration plus complète.

Cette épuration poussée génère d'importantes quantités de boues qui sont incinérées à l'usine d'incinération des ordures ménagères. C'est la raison pour laquelle la station d'épuration a été localisée en sous-sol d'un bâtiment mitoyen de cette usine d'incinération.

La liaison entre la station de prétraitement et la station d'épuration est assurée par une conduite capable de véhicu-

Déssablage - Déshuilage



Tamisage



Pompes de relèvement



Filtration biologique



ler ledit débit de 500 l/s à travers le tunnel et le quartier de Fontvieille. L'exploitation de cette station fait l'objet d'un contrat de concession conclu entre l'Etat Monégasque et la Société Monégasque des Eaux en utilisant le savoir faire de la Société OTV (Omnium de Traitements et de Valorisation) qui a mis au point le procédé de filtration biologique qui constitue l'étape principale de l'épuration. La tutelle de cette concession est assurée par le Service du Contrôle Technique et de la Circulation.

Le traitement des eaux

Les effluents prétraités qui arrivent ainsi à la station d'épuration sont soumis :

- à une décantation poussée dite de type lamellaire,
- à une filtration de type biologique, c'est-à-dire que les effluents percolent à travers un filtre constitué de biocarbone (gravier de schiste) tandis que de l'air est insufflé à travers ce biocarbone. Des bactéries spécifiques se dévelop-

pent sur chaque grain du filtre et se nourrissent de la pollution résiduelle contenue dans l'eau à traiter.

L'eau épurée qui est recueillie au fond des filtres après cette épuration biologique est d'excellente qualité dans l'échelle des eaux épurées puisqu'elle atteint le niveau "e" de la réglementation française.

En fonctionnement courant la station opère ainsi en filtration biologique. En cas de panne ou de fonctionnement dégradé de cette filtration biologique, il est possible d'injecter dans l'effluent en provenance de la station de prétraitement des additifs spécifiques (chlorure ferrique et polymères) qui permettent d'accroître encore la capacité de décantation des décanteurs lamellaires.

La partie filtration biologique peut ainsi être totalement ou partiellement court-circuitée : on dit que la station fonctionne alors respectivement en mode physico-chimique ou en mode mixte, ce qui assure une grande fiabilité de fonctionnement en regard de la mission d'épuration à devoir assurer.



*Vue
extérieure
du
bâtiment*

Le traitement des boues

Les boues qui sont générées lors de la décantation lamellaire et lors du lavage journalier des filtres biologiques (qui sinon se colmatent) sont d'abord épaissies par décantation puis centrifugées pour être rendues encore plus compactes avant d'être refoulées, par une pompe à piston, de type "pompe à béton", dans une tuyauterie étanche qui les conduit directement dans le four de l'usine d'incinération des ordures ménagères où elles sont ainsi rapidement incinérées.

Cette chaîne de traitement des boues prévient leur mise à l'air libre lors des différentes étapes du procédé (épaississement, centrifugation, incinération) ce qui limite la génération des odeurs.

Le traitement des odeurs

Ce traitement est d'abord assuré, comme nous l'avons vu par une stricte limitation des odeurs à la source mais aussi par une mise en dépression de l'air de l'ensemble de la station.

Cet air extrait des différentes zones de la station est traité dans trois tours de circulation successivement à caractère acide, basique et oxydant qui "cassent" les longues molécules odorantes contenues dans l'air extrait, préalablement à son rejet en toiture de l'immeuble.

Les émissaires en mer

Les points du réseau d'assainissement où d'importantes quantités d'eau sont susceptibles d'être rejetées en mer ont été équipés d'émissaires dont le plus important est celui qui véhicule les effluents produits par la station de traitement : il débouche à la profondeur de 100 m et à une distance de 800 m au large de la digue de Fontvieille. L'émissaire de la pointe Saint Martin, au pied du rocher de Monaco, évacue les eaux prétraitées qui n'ont pas pu être acceptées par la station de traitement du fait de leur débit dépassant, en cas d'orage notamment, la capacité de cette station.

Il débouche à la profondeur de 45 m et à une distance de 400 m de la côte. Un autre émissaire (longueur 200 m, exutoire à 40 m de profondeur) véhicule les eaux de deux val-

lons (La Noix et La Rousse) au large du quartier à Monte Carlo.

La surveillance et l'entretien de ces émissaires, ainsi que le curage des vallons, sont assurés par la Section Assainissement du Service du Contrôle Technique et de la Circulation.

L'ensemble de ces équipements, réseau d'assainissement + station de prétraitement + station d'épuration + émissaires profonds assure une parfaite épuration des effluents du bassin versant monégasque et donc une excellente protection du milieu marin et des plages balnéaires du littoral monégasque.

L'élimination des déchets

L'usine d'incinération des ordures ménagères de Monaco située à Fontvieille, tout près de la station d'épuration, constitue le dernier maillon de l'épuration des eaux usées puisqu'elle traite la plus grande partie des déchets produits par les diverses étapes de traitement.

Cette usine, parfaitement intégrée au milieu urbain où elle est située, reçoit les ordures ménagères non seulement de la Principauté mais aussi de nombreuses communes voisines du département français des Alpes Maritimes à raison d'environ 65000 tonnes par an. Elle est équipée d'un système de lavage humide des fumées qui assure le respect des normes européennes les plus récentes en matière de rejets à l'atmosphère. La combustion des résidus produit de l'énergie électrique qui est injectée sur le réseau de distribution électrique de Monaco ainsi que de l'énergie thermique sous forme de vapeur utilisée dans une centrale thermofrigorifique elle-même située à proximité. De nombreux immeubles du quartier de Fontvieille sont alimentés par cette usine qui produit simultanément de l'eau chaude et de l'eau froide.

L'exploitation de l'usine d'incinération fait l'objet d'un contrat de concession conclu entre l'Etat Monégasque et la Société Monégasque d'Assainissement qui a, notons le au passage, mis au point le système d'injection des boues produites par la station de traitement des eaux résiduaires. La tutelle de cette concession est assurée par le Service du Contrôle Technique et de la Circulation.

LES JARDINS DE MONACO

par
J.L. VAN KLAVEREN ⁽¹⁾

Historique

Au début du siècle dernier, les espaces verts de la Principauté de Monaco étaient constitués de zones naturelles, falaises, glacis. Le quartier de La Condamine était occupé par des terrains agricoles avec des oliviers et des agrumes. En fait, seul MonacoVille était construit. L'eau destinée à ces terres cultivées provenait d'une source située sur la commune de Beausoleil.

Les premiers jardins publics créés en Principauté sont situés sur le Rocher. Ce sont les jardins Saint Martin, décidés en 1816 par le Prince Honoré V. La Principauté alors, éprouvée par la Révolution et l'Empire, subissait une grave famine. Le Prince décida alors de donner au plus vite du travail à la population en créant ces jardins.

C'est toutefois sous le règne du Prince Charles III, et plus précisément lors de la création du Quartier de Monte Carlo, vers 1863, que débute la politique d'espaces verts en

Principauté. En 1879, Marie BLANC, épouse de François BLANC fondateur du Casino de Monte-Carlo, fait appel à deux architectes paysagers, LINDEN et ANDRE, pour agrémenter le plateau des Spélugues.

Parmi les espaces verts du début du siècle, il convient de citer le PARC PRINCESSE ANTOINETTE, ancienne oliveraie transformée en jardin public.

L'histoire des jardins de la Principauté est intimement liée à celle du développement de la Côte-d'Azur. Hormis ceux du Palais Princier, il n'y avait pas, au début du XIX^{ème} siècle, de jardin d'agrément digne de ce nom.

Les autres jardins sont récents puisqu'ils ont vu leur création s'échelonner à partir des années 1960, liés au développement immobilier. C'est le cas des espaces verts des quartiers du Larvotto et de Fontvieille.

(1) *Chef du Service Jardins*

*Romneya
Coulteri*



Photo VIETHEL

La Division "Jardins"

Chargée des espaces verts au sein du Service de l'Urbanisme et de la Construction.

En 1961, l'entretien des jardins, auparavant assuré par une entreprise privée, est intégré à l'administration gouvernementale.

Les jardins représentaient une surface d'environ 50.000 m², avec 450 arbres d'alignement. Une petite pépinière produisait les végétaux nécessaires aux plantations et aux décorations des espaces verts et des lieux publics.

En 1961, le Service des Jardins, composé de 28 agents rattachés à un service du Département des Travaux Publics, prend rapidement de l'importance puisque les superficies, au cours des années, vont atteindre 74.000 m² en 1970 et 160.000 m² en 1980.

En 1990, avec l'aménagement du terre-plein de Fontvieille, les surfaces entretenues atteindront 244.000 m² pour un effectif de 117 agents.

A la fin de l'année 1994, le total est passé à 266.000 m², dont 700 arbres d'alignement et environ 1.400 jardinières mobiles.

L'effectif, (encadrement, bureau d'études, personnel de maîtrise, jardiniers et surveillants) est de 134 agents. La surface de l'ensemble des espaces verts, publics et privés s'élève à 418.000 m², soit plus de 20 % de la surface totale de la Principauté. Le rapport, compte tenu d'une population de 30.000 habitants, est de 13,93 m² par habitant. Monaco est bien une "ville verte".

Le bureau d'études de la Division Jardins élabore tous les projets d'espaces verts, îlots directionnels, expositions, squares, rue piétonne, brochures, affiches, index seminum et diverses manifestations. Dès que le projet est approuvé par le Gouvernement Princier, l'équipe chargée de la création prend le relais avec les moyens financiers et techniques appropriés. Sept équipes entretiennent les différents secteurs de la ville.

Cultures

Fleurs et arbustes

Jusqu'en 1977, une pépinière d'une surface d'environ 5.000 m², produisait, dans le quartier du Ténau à Beausoleil, les végétaux nécessaires aux jardins publics. La production annuelle d'environ 100.000 unités, devint rapidement insuffisante pour satisfaire des besoins en croissance constante.

Aussi, une propriété de 17.000 m² située à Saint Laurent d'Eze a été acquise par le Gouvernement Princier et progressivement aménagée. La production pouvait commencer dès 1977 et atteindre aujourd'hui 320.000 plantes par an.

Echanges botaniques internationaux

Soucieuse d'apporter sa contribution à l'effort international consenti par de nombreux pays pour la sauvegarde d'espèces végétales en voie de disparition, la Division Jardins, édite depuis 1980, l'Index Séminum de l'ensemble des plantes endémiques (espèces vivantes propres à la région) et des plantes existantes dans les jardins publics de la Principauté, au nombre de 1600 à la fin de 1994.



Photo BELFIORE



*Intérieur
d'une serre
(Primevères malacoides)*

Photo BELFIORE

*Parc
Princesse Antoinette*

Photo VIETHEL



XX ANS D' ACTIONS DES INSTITUTIONS PRÉSENTES A MONACO

Cet Index diffusé auprès des spécialistes de 78 pays, permet de fructueux échanges de graines, de boutures, de bulbes, etc..., assurant ainsi la pérennité d'un monde végétal soumis à bien des agressions de toute nature.

L'acclimatation d'espèces exotiques fait également l'objet de soins particulièrement attentifs.

L'épanouissement de ces végétaux qui se sont parfaitement acclimatés et prospèrent depuis une quinzaine d'années, malgré les rigueurs des hivers de 1985 et 1986 en est la démonstration.

Contrôle des créations et de l'entretien des espaces verts privés

Le contrôle du bon état réglementaire des espaces verts privés, est effectué par les surveillants de voirie, qui interviennent le cas échéant, par des mises en demeure de reprendre l'entretien déficient ou abandonné.

Reboisement des communes limitrophes de la Principauté

La Division Jardins participe avec ses moyens techniques et financiers, aux opérations de reboisement des communes limitrophes, sur des parcelles communales ou appartenant à la Principauté de Monaco, afin de reconstituer le couvert végétal, détruit par les incendies dramatiques de 1986.

Le Gouvernement Princier a financé la plantation de plus de 36.000 arbres (sur environ 48 hectares), notamment sur les communes de La Turbie et de Roquebrune Cap Martin, en collaboration étroite avec l'Association Monégasque pour la Protection de la Nature.

Arboretum de Roure

Plantation d'arbres de nombreuses espèces sur un même terrain, en vue de leur étude botanique.

Il est utile, avant tout, de préciser la situation géographique de la petite commune de Roure. Situé à l'extrémité Sud de l'arc alpin, dans la Vallée de la Tinée près de Saint Sauveur (département des Alpes Maritimes), ce village offre une amplitude altimétrique de 500 à 2.800 mètres et une variété de substrats telle que les richesses naturelles s'y multiplient.

Roure, a créé un arboretum avec la participation de l'Office National des Forêts, de plusieurs villes de la Côte d'Azur et notamment de la Principauté de Monaco, qui fournit depuis 1989, assistance matérielle et technique.



Photo VIETHEL

Une des particularités de cet arboretum tient à l'existence dans son périmètre, d'une aire où sont rassemblées de nombreuses variétés d'érables. C'est sur un territoire de 6 hectares à 1.100 m d'altitude, qu'a été implanté ce premier arboretum des Alpes Maritimes réunissant différentes essences des Alpes du Sud et d'autres régions de montagne.

Expositions internationales

La Division Jardins représente la Principauté dans les expositions internationales :

- Festival de la Rose à Nantes, en 1982
- Fête des Plantes, organisée à Nice par la Municipalité, en 1985
- Nuremberg, aux journées de la faune sauvage et de l'environnement, en 1986
- EXPO 90 à Osaka, du mois d'avril au mois d'octobre 1990
- AMERIFLORA 92, Columbus (Ohio), avril à octobre 1992
- Floralties de Thann (Alsace), en juin 1992.



Arboretum
de
Roure

Photo VIETHEL



*Exposition de
Colombus (U.S.A.)
1992*

Photo Eric VERMIGLIO



*Terrasses
de
Fontvieille*

*Photo
P. PETTAVINO*



Photos P. PETTAVINO

Jardin japonais

Jardin Japonais

Au quartier du Larvotto

Soucieux de diversifier la présentation d'espaces verts originaux, le Gouvernement Princier confiait à la Division Jardins et à Yasuo Beppu, Paysagiste, grand prix d'art floral à Osaka, le soin de réaliser un Jardin Japonais au quartier du Larvotto, à proximité même du futur Palais des Expositions. Ce jardin d'une superficie de 7000 m², a été inauguré le 7 mai 1994 par Son Altesse Sérénissime le Prince Rainier III. Il constitue un véritable conservatoire naturel : montagne, lac, colline, ruisseau, îles, cascade, tout y est symbole, signes, figures, et artifices. C'est une autre facette intéressante de l'environnement monégasque.

Possibilités d'avenir

Vers la fin de ce siècle, les terrains libérés par la mise en souterrain de la voie ferrée, comporteront 45 % d'espaces verts nouveaux, pour le plaisir des habitants de la Principauté et de ses visiteurs.

La sauvegarde et le développement des espaces verts en milieu urbain constituent une des préoccupations importantes des pouvoirs publics, à une époque où l'amélioration du cadre de vie a pris une dimension fondamentale aux yeux de l'opinion publique.

La Division Jardins par ces compétences et la motivation de son personnel, est le plus sûr garant de la pérennité d'une réussite confirmée depuis de nombreuses années.



Renseignements techniques

Les techniciens de la Division Jardins peuvent être contactés par téléphone pour tout renseignement se rapportant aux traitements des végétaux, botaniques, conseils divers, etc. aux n° de téléphone: 93.15.85.49 93.15.83.37 ou 93.15.83.36, ou par fax: 93.15.88.02

A
LA RENCONTRE
DE
LA VIE SOUS-MARINE



*Rencontre d'une plongeuse
et d'un serran écriture
(Serranus scriba).*

RÉSERVE DE MONACO

Texte DIDIER THÉRON

Photos JEAN-MICHEL MILLE

Sommaire

	<i>Pages</i>
Introduction : une réserve pour la vie	III
Les paysages sous-marins de la réserve	IV
Vie végétale : la couleur des algues... ..	VI
Vie animale : attrait et beauté des invertébrés fixés	VII
Vie animale : invertébrés mobiles, affaire à suivre !	IX
Vie animale : découverte de quelques poissons	XII
Espèces menacées : la vie en danger	XX

N-B : *Tout au long de l'ouvrage, le lecteur rencontrera les signes suivants:*

° : *Les mots accompagnés de ce signe sont définis dans le lexique page XXII.*

+ : *Les mots accompagnés de ce signe correspondent au nom monégasque de l'espèce citée.*

N-B : *Tous les clichés d'espèces présentés dans ce fascicule ont été réalisés dans les eaux de la réserve sous-marine de Monaco, exceptés les suivants : la cigale de mer, la tortue caouanne, la datte de mer et le mérou.*

Une réserve pour la vie

A l'image de la Méditerranée, la vie sous-marine de la réserve naturelle° de Monaco est intense, diversifiée et passionnante à observer. Il suffit pour s'en convaincre d'écouter les récits des plongeurs qui ont la chance d'évoluer sous la surface de cette Grande Bleue miniature!

A l'image de la Méditerranée, son équilibre naturel est fragile. Aussi, pour que les eaux de cette zone jouent le rôle de réservoir vital dévolu aux aires protégées, il est primordial que leur accès soit règlementé et reste limité.

A l'occasion de ce 20ème anniversaire, les quelques pages qui suivent ont été écrites pour mieux faire connaître ce monde sous-marin à ceux qui n'ont pas la possibilité de le côtoyer directement. A travers la présentation des milieux et la description de quelques espèces représentatives de la réserve, les membres de L'AMPN ont souhaité faire partager au plus grand nombre leur passion mais aussi leurs préoccupations et leurs espoirs quant à la sauvegarde de ce patrimoine vivant de l'humanité qu'est la Méditerranée.

Plus que jamais, cette mer menacée mérite la protection et le respect de tous.

LES PAYSAGES SOUS-MARINS DE LA RÉSERVE :

Une fois franchie, la surface de l'eau laisse apparaître les biotopes° sous-marins de la réserve monégasque. Peu connus, parfois mystérieux, ces habitats naturels ou artificiels ont chacun leur propre visage et leurs caractéristiques. Les espèces animales et végétales marines s'y répartissent en fonction de leur mode de vie.



BEAUSOLEIL

LES BLOCS

Digue du Sporting ou brise-lames du Larvotto ; installés à l'origine en guise de protection, les gros blocs de pierres de la Turbie hébergent sous la surface une faune et une flore associées qui apprécient ces endroits battus par les vagues.



LE TOMBANT

La Méditerranée est riche par la variété de ses peuplements et par ses couleurs. L'éclat des parois verticales, colonisées par de nombreux invertébrés° fixés, en apporte la preuve. Entre 20 et 40 mètres de profondeur, sur le tombant du Loews, ces splendides gorgones (Eunicella cavolinii) révèlent leur teinte dorée.

LES GROTTES EXPÉRIMENTALES

Testé dans la réserve depuis 1989, l'élevage, en milieu naturel, du corail rouge de Méditerranée (*Corallium rubrum*), est porteur d'un immense espoir ; celui de voir dans un avenir proche son application à grande échelle. De mieux en mieux maîtrisé, il devrait permettre le repeuplement des zones où le corail des bijoux a désormais disparu.



UNE VARIÉTÉ DE SITES POUR UNE MULTITUDE D'ESPÈCES



LA MER OUVERTE

La pleine eau abrite les organismes vivants du plancton et du necton. Ici, une méduse (*Aurelia aurita*) ou *carnassa*, parfaitement inoffensive, nage en vain contre le courant qui l'emporte. Périodiquement, les conditions climatiques favorisent la prolifération de méduses urticantes comme la pélagie (*Pelagia noctiluca*), au désespoir des baigneurs de la plage du Larvotto.

LA PRAIRIE SOUS-MARINE

L'herbier de posidonie (*Posidonia oceanica*), phanérogame marine nommée aussi paille de mer ou herbe de Neptune, occupe dans la réserve une surface importante. Stabilisateur des fonds sableux de 10 à 30 mètres, producteur d'oxygène, lieu de reproduction et de ponte de nombreuses espèces, l'herbier joue un rôle très important dans l'équilibre des milieux côtiers.



LES RÉCIFS ARTIFICIELS

Au bout de quelques mois, les récifs immergés dans la réserve sous-marine n'ont plus rien d'artificiel ! Très vite, la vie colonise ces structures aux formes diverses : c'est bien là le but recherché. L'introduction de ces nouveaux habitats est intéressante à plus d'un titre : elle permet d'augmenter les densités de populations animales ou végétales déjà présentes, mais aussi de réintroduire une espèce devenue rare, en recréant les conditions qui lui sont favorables.

VIE VÉGÉTALE : LA COULEUR DES ALGUES° . . .

HALIMEDA

Halimeda tuna (Ellis & Solander) Lamouroux, 1824

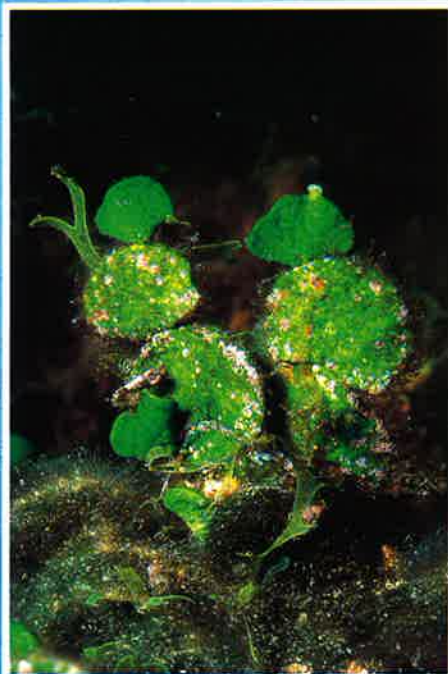
Embranchement : Thallophytes - Classe : Chlorophycées (Algues vertes) - Sous-classe : Ulvophycées -
Ordre : Caulerpales - Famille : Halimedacées.

Répartition géographique : mer Méditerranée, mers tempérées et tropicales du monde entier.

Taille : 3 à 20 cm de hauteur.

Petites pièces sous la mer

L'halimeda est abondante entre 10 et 30 mètres sur les fonds rocheux. Elle peut vivre cependant jusqu'à 75 mètres de profondeur. Son appareil végétatif se présente sous la forme d'un éventail, composé d'un empilement de pièces articulées qui rappelle l'aspect de certains cactus. Ces articles discoïdes servent eux-mêmes de support à d'autres algues et à de nombreux invertébrés. Chaque disque mesure de 5 à 25 mm de diamètre pour une épaisseur de 1 mm. La rigidité relative de l'ensemble est due au calcaire que cette algue a le pouvoir de sécréter. Comme chez toutes les chlorophycées, les pigments chlorophylliens contenus dans les cellules pigmentaires de l'halimeda sont responsables de sa couleur verte. Ils interviennent dans le mécanisme de la photosynthèse° en tant que capteurs de l'énergie solaire.



SPHÉROCOQUE

Sphaerococcus coronopifolius (Stackhouse, 1797)

Embranchement : Thallophytes - Classe : Rhodophycées (Algues rouges) -
Sous-classe : Floridéophycidées - Ordre : Gigartinales -
Famille : Sphaerococcacées

Répartition géographique : mer Méditerranée, mer Noire, océan Atlantique nord-est (du Maroc aux îles britanniques)

Taille : jusqu'à 25 cm de hauteur.

Rouge réseau

Fréquente entre 5 et 20 mètres de fond, cette algue rouge affectionne aussi bien les eaux calmes que les zones rocheuses agitées par les courants. Son appareil végétatif, ou thalle°, est doté à sa base d'un large disque de fixation. Un ou plusieurs axes cylindriques ramifiés de façon anarchique se dressent à partir de cette base. Vers le haut, ils s'amincissent et s'aplatissent, les ramifications devenant plus régulières.

A l'exception de quelques genres dont la répartition est limitée aux eaux douces, les algues rouges sont marines dans leur grande majorité. Elles sont présentes dans toutes les mers du globe. C'est aussi le cas des algues brunes.



PADINE PAON

Padina pavonica (Linné) Thiry, 1960

Embranchement : Thallophytes - Classe : Fucophycées (Algues brunes) - Ordre : Dictyotales -
Famille : Dictyotacées.

Répartition géographique : mer Méditerranée, mer Noire, océan Atlantique nord-ouest, océan Atlantique nord-est (de la Mauritanie aux îles britanniques)

Taille : 2 à 15 cm de hauteur.

Un drôle d'oiseau...

Les algues brunes sont bien représentées en Méditerranée. Les espèces que l'on y rencontre sont en général de taille modeste. La padine, qui en fait partie, se plaît dans les eaux calmes et ensoleillées des 20 premiers mètres de profondeur. Sa morphologie particulière la rend facilement identifiable au milieu des autres algues fixées. Comme l'indique l'étymologie latine de son nom d'espèce : *pavonica*, dont la traduction littérale signifie "à allure de paon", son aspect rappelle effectivement la forme générale de cet oiseau. La couleur brun jaunâtre de la padine est plus ou moins atténuée à certains endroits par un fin revêtement calcaire concentrique.



VIE ANIMALE : ATTRAIT ET BEAUTÉ DES INVERTÉBRÉS FIXÉS

EPONGE ENCROÛTANTE ROUGE - *Crambe crambe* (Schmidt, 1862) - Embranchement : Porifères - Classe : Démospongiaires - Ordre : Poeciloscleridés
Famille : Myxillidés. - Répartition géographique : espèce endémique° de la Méditerranée - Taille : elle peut recouvrir des surfaces de 1 m²

La colonisatrice

Entre 0 et 30 mètres de profondeur, l'éponge rouge encroûtante recouvre les surfaces rocheuses peu éclairées : face inférieure des pierres, failles, surplombs. C'est elle qui donne à certains récifs artificiels de la réserve sous-marine une teinte à dominante rouge. Cette éponge se fixe également sur d'autres animaux qui la côtoient dans son habitat ; elle orne la coquille de mollusques bivalves comme le spondyle (*Spondylus gaederopus*), une espèce qui devient rare, ou l'arche de Noé (*Arca noae*). Son mode de nutrition réside dans la filtration active de l'eau de mer. Celle-ci, chargée d'oxygène et de particules nutritives, est pompée au niveau des nombreux pores inhalants de petite taille répartis sur les parois externes de l'éponge. Une fois épurée, elle est évacuée par les orifices exhalants, ou oscules, après avoir emprunté les canaux aquifères qui débouchent en un réseau étoilé sur ces ouvertures, comme le montre ce cliché.



ANÉMONE DE MER VERTE, ORTIE DE MER - *Barbairœra+* - *Anemonia sulcata* (Pennant, 1766) - Embranchement : Cnidaires - Classe : Anthozoaires
Sous-classe : Hexacoralliaires - Ordre : Actiniaires (anémones solitaires) - Famille : Actiniidés - Répartition géographique : mer Méditerranée, océan Atlantique est (des îles Canaries jusqu'à l'Ecosse) - Taille : pied d'environ 10 cm de hauteur. Les tentacules peuvent atteindre 15 cm.

Une histoire de tentacules

L'anémone de mer verte affectionne les eaux peu profondes et ensoleillées. Ses tentacules très nombreux ne sont pas rétractiles. Leur tissu externe contient des cellules urticantes, les cnidocytes, qui servent à paralyser les proies capturées. Tous les animaux de l'embranchement des cnidaires (gorgones, méduses, corail rouge...), mot dont la racine grecque "knidè" signifie ortie, possèdent des nématocystes. Redoutable prédatrice, l'ortie de mer abrite pourtant toute une faune associée insensible à son pouvoir urticant : les crevettes du genre *Leptomysis*, la petit crabe des anémones (*Inachus phallangium*, visible sur ce cliché) ou le gobie rayé. Chez l'homme, le contact de la peau avec les tentacules provoque des inflammations douloureuses mais sans danger. En vinaigrette, en beignets ou en omelette, l'ortie fait le bonheur des amateurs de fruits de mer.



PARAZOANTHUS, ANÉMONE ENCROÛTANTE JAUNE - *Parazoanthus axinellae* (Schmidt, 1862)
Embranchement : Cnidaires - Classe : Anthozoaires - Sous-classe : Hexacoralliaires - Ordre : Zoanthidés (anémones coloniales) - Famille : Parazoanthidés - Répartition géographique : mer Méditerranée, océan Atlantique nord-est (jusqu'à la Manche) - Taille : Chaque individu mesure 1 à 2 cm de hauteur et 1 cm de diamètre. Les colonies peuvent recouvrir plusieurs mètres carrés de surface.

Jamais seule...

Entre 10 et 200 mètres de profondeur, dans les eaux bien agitées, ces anémones coloniales se rencontrent sur les parois des grottes sous-marines et les surplombs rocheux ombragés. Souvent implantées sur des ascidies et des éponges, en particulier les axinelles (*Axinella damicornis*), elles se nourrissent des micro-organismes en suspension drainés par les courants. La nature du support lui-même influe sur la forme encroûtante ou ramifiée de la colonie. Chaque petite anémone jaune possède 36 tentacules lisses et gracieux utilisés à la capture des proies et à la défense. Comme chez l'ortie de mer et tous les hexacoralliaires dans leur ensemble, le nombre total de ces tentacules est un multiple de 6. Tout individu de la colonie est relié aux autres par une membrane commune qui joue un rôle dans la fixation sur le substrat. Ainsi réunies, ces anémones dorées forment de magnifiques tapis vivants à l'éclat incomparable.



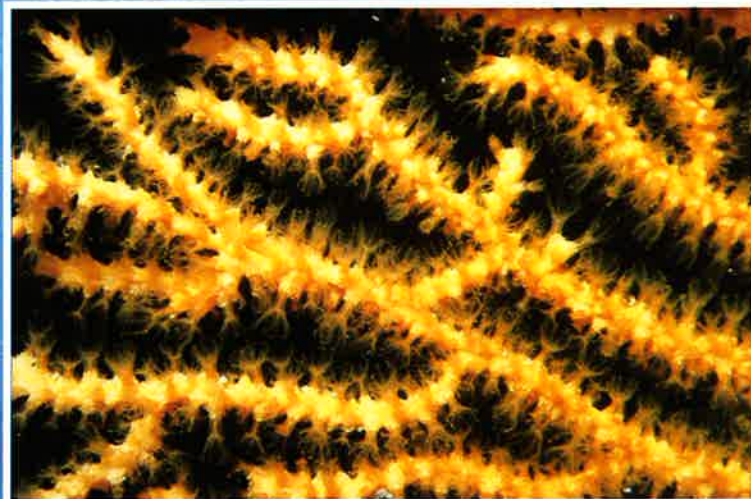
GORGONE JAUNE

Eunicella cavolinii (Von Koch, 1887)

Embranchement : Cnidaires - Classe : Anthozoaires - Sous-classe : Octocoralliaires - Ordre : Gorgonaires - Famille : Plexauridés.

Répartition géographique : espèce endémique de la Méditerranée.

Taille : 20 à 50 cm de hauteur.



La chevelure du tombant

Au sein de la réserve, les gorgones jaunes vivent sur les tombants rocheux situés entre 15 et 40 mètres de profondeur. Dressées perpendiculairement aux courants dominants, elles donnent à ces parois verticales tout leur caractère et leur attrait. Dans la mythologie grecque, les gorgones étaient trois créatures féminines aux cheveux de serpents et au regard pétrifiant. En zoologie, ce sont des animaux fixés aux formes buissonnantes. Leurs ramifications irrégulières rappellent l'aspect de la chevelure qui ornaît la tête de Stheno, Euryale et Méduse. Chaque gorgone est faite de plusieurs centaines de petites unités vivantes d'une taille de 2 mm : les polypes. Ils ressemblent à un sac dont l'ouverture unique est bordée d'une couronne de huit tentacules urticants, utilisés pour la défense et la capture des proies. L'ensemble des polypes participe à l'élaboration d'un squelette souple, corné et protecteur à l'intérieur duquel ils se logent. Cette construction lente (0,5 à 2 cm de croissance par an) aboutit à la forme en éventail caractéristique de la gorgone.



SPIROGRAPHE, OMBRELLE DE MER

Spirograpsus spallanzani (Viviani, 1805)

Embranchement : Vers annélides - Classe : Polychètes - Ordre : Sédentaires - Famille : Sabellidés.

Répartition géographique : mer Méditerranée, océan Atlantique est (des côtes marocaines à la mer du Nord).

Taille : jusqu'à 35 cm de hauteur.

Quel panache !

Un œil peu averti pourrait confondre cet animal fixé avec une magnifique fleur aquatique. Il s'agit pourtant d'un ver marin : le spirographe. Abrité dans un tube souple qu'il fabrique lui-même à partir de sécrétions, il déploie en pleine eau ses branchies plumeuses en un magnifique panache. Les branchies assurent deux fonctions vitales essentielles : la respiration et l'alimentation. Piégées par cette ombrelle vivante, les particules nutritives en suspension dans l'eau sont ensuite acheminées vers la bouche. Comme la plupart des vers tubicoles, le spirographe est extrêmement sensible aux vibrations ; au moindre danger, le panache branchial se rétracte brusquement à l'intérieur du tube protecteur. Cet animal au corps segmenté affectionne les substrats durs mais il vit aussi sur les fonds sableux depuis la surface jusqu'à 40 mètres de profondeur.



ASCIDIE ROUGE, OUTRE DE MER

Halocynthia papillosa (Linné, 1758)

Embranchement : Tuniciers - Classe : Ascidies

Répartition géographique : mer Méditerranée, océan Atlantique est (côtes du Portugal)

Taille : jusqu'à 20 cm de hauteur.

Aspirer, filtrer, éliminer...

L'ascidie rouge compte parmi les premiers invertébrés fixés qui colonisent les récifs artificiels de la réserve sous-marine. Les roches, les épaves, les rhizomes de la posidonie ou la coquille de la grande nacre sont des supports habituels qui lui conviennent parfaitement. Facilement reconnaissable à sa couleur, ce tunicier a l'aspect d'un sac muni de deux ouvertures. Pour se nourrir, il filtre les particules nutritives en suspension. L'eau de mer est aspirée par le siphon inhalant situé en haut du corps. A l'intérieur du sac, le pharynx en forme de grille retient la nourriture qui est ensuite acheminée vers l'estomac pour être digérée. L'eau et les déchets sont éliminés par le siphon exhalant, placé sur le côté. Autre tunicier présent dans la réserve, le violet comestible (*Microcosmus sulcatus*) est consommé sur les côtes méditerranéennes. Sa récolte trop souvent excessive et mal gérée a entraîné ses dernières années une baisse sensible des populations.

VIE ANIMALE : INVERTEBRÉS MOBILES, AFFAIRE À SUIVRE !

FLABELLINE MAUVE

Flabellina affinis (Gmelin, 1815)

Embranchement : Mollusques - Classe : Gastéropodes - Sous-classe : Opisthobranches -
Ordre : Nudibranches - Famille : Flabellinidés

Répartition géographique : espèce endémique de la Méditerranée

Taille : jusqu'à 20 mm

Stratégie défensive d'une beauté sous-marine

Lignes élégantes, couleurs chatoyantes ; la flabelline mauve évolue avec grâce et lenteur sur les petits fonds rocheux, entre 5 et 30 mètres de profondeur. Sous l'apparente fragilité d'un corps mou et dépourvu de coquille protectrice, cette limace de mer dissimule un système de défense propre à décourager de nombreux prédateurs. Elle est capable de concentrer dans ses tissus les cellules urticantes et les toxines des invertébrés fixés qu'elle consomme, pour les réutiliser ensuite à son avantage. Les hydriaires, qui appartiennent à l'embranchement animal des cnidaires, constituent le met favori de la flabelline. C'est le plus souvent sur leurs fines ramifications que l'on peut l'observer, occupée à s'alimenter. C'est là aussi qu'elle dépose ses chapelets d'oeufs au moment de la ponte.



SEICHE COMMUNE

Süpia+ - *Sepia officinalis* (Linné, 1758)

Embranchement : Mollusques - Classe : Céphalopodes - Ordre : Sépioidés -
Famille : Sépiidés.

Répartition géographique : mer Méditerranée, océan Atlantique est (du Maroc à la Scandinavie)

Taille : de 20 à 40 cm en moyenne pour les adultes.

Une vie éphémère

En Méditerranée, l'existence de la seiche est marquée par une migration verticale saisonnière. Au mois de février, après une période de maturation sexuelle en profondeur, les adultes gagnent les petits fonds. C'est là que se déroulent jusqu'en août l'accouplement, la ponte et la naissance des jeunes. Comme le montre ce cliché, la robe des mâles présente au moment de la reproduction des zébrures noires et blanches très contrastées. Collés sur différents supports par la femelle, les oeufs sont recouverts d'une membrane protectrice noire. L'ensemble de la ponte a l'aspect d'une grappe de raisin. Semblables aux adultes, de petites seiches de 1 cm de long verront le jour 1 à 2 mois plus tard. Leur vie sera courte puisqu'elle n'excède pas 1 à 2 ans en moyenne. Les femelles meurent peu après la ponte alors que de vieux mâles atteignent l'âge de 4 ans.



POULPE COMMUN OU PIEUVRE

Purpu+ - *Octopus vulgaris* (Cuvier, 1797)

Embranchement : Mollusques - Classe : Céphalopodes - Ordre : Octopodes - Famille : Octopodidés

Répartition géographique : mer Méditerranée, mers tempérées et tropicales du monde entier.

Taille : 1,2 à 1,3 mètres maximum pour un poids voisin de 10 kg. Le poids moyen est de 3 kg.

Les multiples visages du poulpe

Le poulpe commun change de couleur en fonction de l'endroit où il se trouve et des situations auxquelles il est confronté : séduire une partenaire, impressionner un adversaire, passer inaperçu... Ce sont les cellules pigmentées de la peau, les chromatophores, qui rendent cette adaptation possible. Ces variations de couleurs s'accompagnent souvent d'un changement d'aspect. Le corps peut se hérissier d'aspérités pour imiter les roches lorsque l'animal, paisiblement installé à l'entrée de sa tanière, scrute les alentours de son oeil perçant. Face à un intrus, il adopte une posture d'intimidation caractéristique ; sa peau devient lisse, son corps pâlit et ses huit tentacules s'arrondissent en position arquée. En cas de fuite, il protège sa retraite rapide en libérant un jet d'encre noire. Comble de la perfection, ce nuage opaque reproduit les contours de son corps !



DROMIE VELUE

Grita perusa+ - *Dromia personata* (Linné, 1758)

Embranchement : Arthropodes - Classe : Crustacés - Sous-classe : Malacostracés -

Ordre : Décapodes - Sous-ordre : Brachyours - Famille : Dromiidae

Répartition géographique : mer Méditerranée, océan Atlantique est (de la Mauritanie à la mer de Nord)

Taille : jusqu'à 9 cm.

Passer inaperçu ...

Le crabe dormeur est facilement identifiable à son corps bombé et entièrement velu. Sur les fonds rocheux ou sableux des trente premiers mètres, il se nourrit principalement d'algues. Pour tromper ses prédateurs, ce crabe agrippe avec ses pinces larges et vigoureuses des éponges ou des ascidies fixées sur le substrat. Il les place ensuite sur son dos et les maintient à l'aide de ses pattes postérieures aux extrémités pointues. Si elle n'a pas trop souffert du prélèvement dont elle a été victime, l'éponge ou l'ascidie peut se fixer sur la carapace et se développer. Paré de ce "déguisement", le crabe dormeur devient invisible. Cette technique de camouflage est aussi employée par d'autres espèces de crustacés comme les araignées de mer.

LANGOUSTE EUROPÉENNE

Lengusta+ - *Palinurus elephas* (Fabricius, 1787)

Embranchement : Arthropodes - Classe : Crustacés - Sous-classe : Malacostracés

Ordre : Décapodes - Sous-ordre : Macroures - Famille : Palinuridae

Répartition géographique : mer Méditerranée (absente dans l'est du bassin oriental), océan Atlantique est (du Maroc à la Norvège)

Taille : 30 à 50 cm à l'âge adulte

Une habituée des récifs artificiels

La langouste européenne vit sur les fonds rocheux coralligènes ou détritiques, entre 15 et 160 mètres de fond. La plupart des récifs artificiels de la réserve sous-marine reproduisent bien son habitat naturel et elle adopte volontiers ce type de logement. L'immersion de telles structures permet à de nouvelles populations de s'établir et de se reproduire en toute tranquillité. Très prisée pour sa chair, la langouste fait l'objet d'une pêche semi-industrielle ou artisanale en Méditerranée. Pour éviter un épuisement des stocks naturels, des mesures de protection locales sont appliquées. La pêche et la capture en plongée sont soit réglementées, soit interdites, notamment de septembre à mars, période durant laquelle les femelles portent leurs œufs sous l'abdomen. En Principauté, l'interdiction s'étend du 15 août au 15 février.

PAGURE MULTICOLORE

Cumetu.a pate+ - *Pagurus anachoretus* (Risso, 1826)

Embranchement : Arthropodes - Classe : Crustacés - Sous-classe : Malacostracés -

Ordre : Décapodes - Sous-ordre : Anomoures - Famille : Paguridae

Taille : 2 à 3 cm

Répartition géographique : mer Méditerranée

Abdomen mou cherche refuge sûr et confortable !

Le pagure multicolore se rencontre à faible profondeur sur les rochers de la zone côtière où il vit en solitaire. Il se nourrit d'algues, de petits invertébrés fixés et de déchets. Contrairement à d'autres familles de crustacés supérieurs, les pagures, plus connus sous le nom de bernard-l'ermite, ont la particularité de posséder un abdomen mou dépourvu de carapace protectrice. Pour protéger cette partie vulnérable de leur anatomie, ils s'abritent dans des coquilles vides d'escargots de mer adaptées à leur taille. La protection est amplifiée quand une anémone de mer symbiotique (*Calliactis parasitica* sur ce cliché) se fixe sur la coquille. Les tentacules urticants de cette associée découragent de nombreux prédateurs. De son côté, l'anémone bénéficie de la mobilité du pagure.

ANTÉDON DE MÉDITERRANÉE ou CRINOÏDE

Antedon mediterranea (Lamarck, 1816)

Embranchement : Echinodermes - Classe : Crinoïdes - Ordre : Comatulidés - Famille : Antedonidés.

Répartition géographique : mer Méditerranée

Taille : jusqu'à 20 cm

De lointains ancêtres

Lis ou plumes de mer : les qualificatifs ne manquent pas pour décrire la grâce et la légèreté des crinoïdes. Abondantes dans certaines mers, elles sont rares en Méditerranée où elles ne sont représentées que par trois espèces. Cette classe d'échinodermes, terme qui définit les animaux marins recouverts de piquants, fut très prospère il y a 250 millions d'années. Ses représentants actuels sont des formes évoluées des crinoïdes fossiles qui peuplaient alors les océans. Un de leur stade larvaire°, la phase pentacrine, est anatomiquement proche de ces lointains ancêtres. Espèce la plus commune, l'antédon de Méditerranée fréquente les fonds de 30 à 40 mètres. Il possède cinq bras articulés, chacun d'eux étant divisé en deux à sa base. Leurs ondulations pendant la nage donnent lieu à de magnifiques ballets aquatiques. Cependant, l'antédon reste la plupart du temps accroché par ses cirres dorsaux à divers supports ; rameaux de gorgones, algues ou roches.



ETOILE DE MER ÉPINEUSE

Stela de marina+ - *Coscinasterias tenuispina* (Lamarck, 1816)

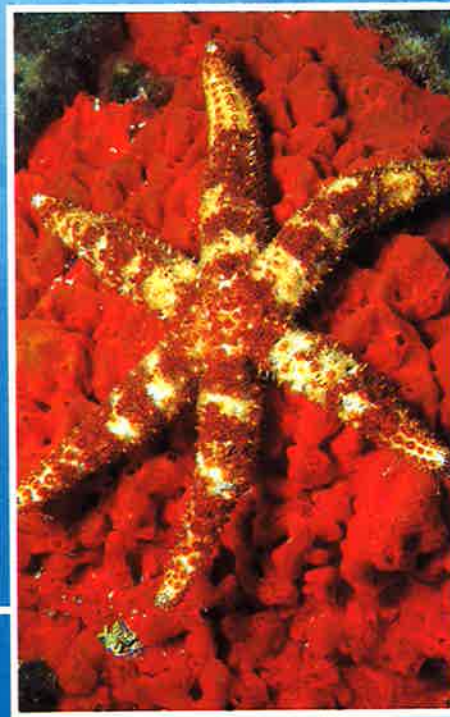
Embranchement : Echinodermes - Classe : Astéroïdés - Ordre : Forcipulates - Famille : Asteroïdés.

Répartition géographique : mer Méditerranée, océan Atlantique est (du Cap-Vert au golfe de Gascogne), océan Atlantique ouest (du Brésil aux Bermudes).

Taille : 3 à 15 cm de diamètre.

Régénérescence et autotomie

L'étoile de mer épineuse se rencontre sur les fonds de 0 à 50 mètres, parmi les algues ou dans les anfractuosités rocheuses. Elle possède six à dix bras vigoureux, recouverts de piquants sur leur face supérieure. Comme toutes les étoiles de mer, cette espèce peut régénérer les éléments de son corps endommagés ou amputés. Les sexes sont séparés et la reproduction sexuée a lieu au printemps et en été, après émission des ovules et des spermatozoïdes en pleine eau. L'étoile de mer épineuse est également capable de se multiplier grâce à un phénomène de reproduction asexuée nommé "autotomie" ; dans certaines conditions, un ou plusieurs bras peuvent se séparer du corps. Ils redonnent par la suite de nouvelles étoiles.



OURSIN COMESTIBLE - Zenzin+ - *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816)

Embranchement : Echinodermes - Classe : Echinoïdés - Ordre : Oursins réguliers - Famille : Echinidés. - Répartition géographique : mer Méditerranée, océan Atlantique est (des Canaries jusqu'aux îles anglo-normandes et à la côte ouest de l'Irlande). - Taille : jusqu'à 10 cm de diamètre

Que mange-t-on dans l'oursin... et quand ?

Familier des petits fonds, l'oursin comestible est apprécié des amateurs de fruits de mer qui consomment ses glandes génitales mâles ou femelles : les gonades. Au printemps, la femelle pond environ 20 millions d'œufs. Ils sont fécondés en pleine eau par les spermatozoïdes émis simultanément par le mâle.

Après plusieurs semaines de vie planctonique, les larves, après une métamorphose, acquièrent la forme adulte à la taille de 3 mm. Elles rejoignent alors le fond et évoluent pendant un an dans des zones peu profondes appelées "nurseries". Pour que l'espèce puisse se reproduire correctement, la pêche est strictement réglementée : elle n'est autorisée que du 1er septembre au 30 avril sur le littoral français et monégasque. Attention : les prélèvements illégaux sont lourdement sanctionnés !



DÉCOUVERTE DE QUELQUES POISSONS

MULET LIPPU - *Müsarü chelo+* - *Chelon labrosus* (Risso, 1826) - Embranchement : Vertébrés° - Classe : Ostéichthyens° - Ordre : Perciformes - Famille : Mugilidés.
Répartition géographique : mer Méditerranée, mer Noire, océan Atlantique est (du Sénégal à la Norvège et à l'Islande) - Taille : jusqu'à 60 cm



“L'ambassadeur” de la réserve

S'il est un poisson que les baigneurs de la plage du Larvotto ont de fortes chances de rencontrer, c'est bien le mullet lippu qui, aux abords du rivage, guette le moindre morceau de pain qui pourrait tomber à l'eau! Cet omnivore a un régime alimentaire des plus variés : les adultes, regroupés en bancs de quelques individus, se nourrissent de petits animaux benthiques°, de déchets et d'algues qu'ils raclent sur le fond ou filtrent dans la vase. Il n'est pas rare de les voir également écrémer la surface lorsqu'un léger film de matières nutritives s'y forme. L'hiver, son appétit diminue et il ne s'alimente pratiquement pas. Ce poisson tolère des variations de salinité importantes. Les jeunes fréquentent souvent les embouchures de fleuves et les étangs dans lesquels il pénètrent au printemps pour les quitter au début de l'hiver. Les mâles sont matures à l'âge de trois ans, les femelles à quatre ans. La reproduction a lieu de décembre à mars. (Œufs et larves sont pélagiques°.

SÉRIOLE COURONNÉE - *Seriola+* - *Seriola dumerili* (Risso, 1810) - Embranchement : Vertébrés - Classe : Ostéichthyens - Ordre : Perciformes - Famille : Carangidés
Répartition géographique : mer Méditerranée, océan Atlantique est (du golfe de Gascogne au golfe de Guinée), océan Atlantique ouest (du Brésil au nord des Etats-unis), océan Indo-Pacifique (golfe d'Arabie, Australie, Japon, Hawaï) - Taille : commune entre 30 cm et 1m, elle peut atteindre 2 mètres.



Quand la sériole passe...

Le corps fuselé de la sériole a été façonné pour fendre les grands espaces bleus comme une flèche. La vitesse est l'atout majeur de ce prédateur actif. Il se nourrit surtout de poissons, tels que les anchois ou les sardines, mais aussi de seiches et de crustacés. Poisson de pleine eau, elle se tient près de la surface par petits bancs. La sériole se rapproche des côtes en saison chaude pour chasser et se reproduire. Du mois de juin au mois d'octobre, quelques individus sont observés dans les eaux de la réserve sous-marine, le long des digues du Sporting ou du Larvotto. En mer, les jeunes alevins° ont pour habitude de s'abriter sous les bois flottants ou à l'intérieur de l'ombrelle des grandes méduses. Bien des aspects du comportement de cette excellente nageuse restent à découvrir. La sériole est recherchée par les pêcheurs pour sa chair excellente. Au Japon, son élevage en captivité est très développé.

PETITE CASTAGNOLE - *Castagnocera+* - *Chromis chromis* (Linné, 1758) - Embranchement : Vertébrés - Classe : Ostéichthyens - Ordre : Perciformes - Famille : Pomacentridés - Répartition géographique : mer Méditerranée, océan Atlantique est (de l'Angola au Portugal) - Taille : 10 à 15 cm



Bleu azur et noir de velours

La petite castagnole est l'une des espèces les plus répandues en Méditerranée. La robe des adultes, d'un noir velouté, est éclaircie au milieu du corps par une teinte brune dorée qui laisse apparaître nettement le dessin régulier des écailles. Le long de la côte, ce poisson vit au sein de groupes de plusieurs centaines d'individus entre 0 et 30 mètres de profondeur. Au-dessus des zones rocheuses, des herbiers ou des récifs de la réserve, les bancs se nourrissent en pleine eau des particules en suspension et des animaux planctoniques drainés par les courants. Le soir venu, les castagnoles rejoignent le fond pour dormir parmi les roches ou dans les matras de posidonies. En juin et juillet, les mâles délimitent un territoire et choisissent une aire de ponte sur une portion de roche qu'ils nettoient activement. La femelle y colle ses œufs, fécondés par le mâle. Celui-ci surveille et oxygène la ponte. Trois à quatre jours plus tard naissent des larves de 2,6 mm. Au bout d'un mois, elles arborent une magnifique couleur bleu azur qui s'atténue avec le temps.

SAUPE - Sarpa+ - *Sarpa salpa* (Linné, 1758)

Embranchement : Vertébrés - Classe : Ostéichthyens - Ordre : Perciformes - Famille : Sparidés

Répartition géographique : mer Méditerranée, mer Noire (peu présente), océan Atlantique est (de l'Afrique du sud jusqu'au golfe de Gascogne)

Taille : 12 à 30 cm en moyenne, 50 cm au maximum

Mise au vert

La saupe est l'un des rares poissons de Méditerranée au régime alimentaire essentiellement herbivore : la laitue de mer, les algues brunes ou les diatomées constituent ses repas favoris. Elle se nourrit aussi de petits crustacés qu'elle trouve sur les rochers. Les dix à douze bandes longitudinales dorées qui ornent son corps la rendent facilement identifiable. Les bancs de saupes évoluent en formations serrées et bien organisées, sur les zones rocheuses proches de la surface ou les herbiers. Les jeunes sérioles ou les bogues (*Boops boops*) se mêlent souvent à ces troupes. Il est rare de rencontrer ce poisson au-delà de 20 mètres de profondeur, bien qu'il puisse descendre jusqu'à 100 mètres. Au cours de son existence, la saupe est tout d'abord du sexe mâle. Elle acquiert sa maturité à l'âge de trois ans et devient femelle au cours de sa quatrième année d'existence, lorsque sa taille est d'environ 28 cm. Les pontes pélagiques ont lieu au printemps et en automne. Les jeunes, omnivores, ont une croissance rapide : à un an, ils mesurent déjà 15 cm.



MENDOLE - Menura+ - *Spicara maena* (Linné, 1758)

Embranchement : Vertébrés - Classe : Ostéichthyens - Ordre : Perciformes - Famille : Centranchidés

Répartition géographique : Mer Méditerranée, océan Atlantique est (des îles Canaries au Portugal) - Taille : 12 à 20 cm en moyenne, 25 cm au maximum

Dans l'arène

La mendole vit en bancs sur les fonds d'herbiers, de roches ou de vase, jusqu'à 170 mètres de profondeur. Les groupes qu'elle forme restent en général fidèles à l'habitat qu'ils ont choisi. Elle se nourrit de plancton ou de petits organismes benthiques. La coloration de ce poisson est variable en fonction de l'âge, du sexe, de la saison ou du moment de la journée. La nuit, la tâche noire qui orne ses flancs disparaît complètement. En Méditerranée, elle se reproduit d'août à octobre. Sur les fonds de sable, les mâles creusent un nid circulaire, dénommé "arène" de reproduction, dans lequel les femelles déposent des œufs gluants qui adhèrent au substrat. Ils sont immédiatement fécondés par le mâle. Riche en arêtes et peu goûteuse, la chair de la mendole n'est pas très appréciée. Les allemands ou les néerlandais traduisent bien ce faible engouement puisqu'ils donnent à la mendole le nom de "poisson laxatif" !



DAURADE ROYALE - Durada+ - *Sparus aurata*, Linné, 1758

Embranchement : Vertébrés - Classe : Ostéichthyens - Ordre : Perciformes - Famille : Sparidés

Répartition géographique : mer Méditerranée, océan Atlantique est (du Cap Vert aux îles britanniques)

Taille : commune entre 20 et 50 cm. Maximum : 70 cm

Daurade ou dorade ?

De ces deux orthographes, laquelle est la bonne ? Si les deux sont admises, la première est préférentiellement employée sur les côtes méditerranéennes, alors que la deuxième est courante en atlantique. Mais ce n'est pas là le seul nom de ce poisson à haute valeur commerciale, friand de coquillages et de petits crustacés : de "gueule pavée", terme utilisé à Concarneau, en passant par "soubre" à Antibes ou "palmata" à Bastia, la daurade, d'une région française à l'autre, est affublée de vingt-cinq noms communs différents ! Il est parfois difficile d'y retrouver son latin... Les romains appréciaient déjà ce poisson à la chair délicieuse qu'ils faisaient grossir dans d'immenses viviers d'eau de mer. Ils ouvraient la voie aux élevages actuels. Aujourd'hui le cycle de reproduction complet de cette espèce est totalement maîtrisé en captivité. Dans la réserve sous-marine, un ou deux exemplaires se laissent souvent admirer aux abords de la digue du Sporting ou de la plage du Larvotto.



SAR COMMUN - Sargu+ - *Diplodus sargus* (Linné, 1758) - Embranchement : Vertébrés - Classe : Ostéichthyens - Ordre : Perciformes - Famille : Sparidés
Répartition géographique : mer Méditerranée, mer Noire. - Taille : commune de 15 à 30 cm. 45 cm au maximum.



“Enragé”

Le sar commun compte parmi les espèces les plus représentatives des eaux de la réserve sous-marine. Poisson gris clair aux reflets argentés, il est identifiable à sa nageoire caudale bordée de noir. Chez les jeunes spécimens, les flancs sont rayés de sept à neuf bandes verticales sombres qui s’atténuent progressivement avec l’âge, puis disparaissent. Ses molaires puissantes lui permettent de broyer les coquilles de mollusques et de venir à bout des oursins. Il se nourrit aussi de vers et de crustacés. Le sar commun vit dans les eaux côtières jusqu’à 80 mètres de profondeur, sur les fonds rocheux et sableux. Les adultes se nourrissent surtout la nuit. Dans la journée, ils se dissimulent dans des failles rocheuses bien précises. Ces caches, tant recherchées par les chasseurs sous-marins, sont aussi connues sous le nom de “ragues”, un terme utilisé dans le jargon méditerranéen. Le sar commun se reproduit de mars à juin. Les jeunes fréquentent les embouchures et les eaux saumâtres au printemps. Ils reviennent s’installer en automne dans la prairie de posidonie.



PAGEOT

Testassu russu+ - *Pagellus erythrinus* (Linné, 1758)

Embranchement : Vertébrés - Classe : Ostéichthyens - Ordre : Perciformes - Famille : Sparidés

Répartition géographique : mer Méditerranée, mer Noire, océan Atlantique est (du Cap Vert à la Scandinavie où il est rare) - Taille : 10 à 30 cm en moyenne. 50 cm au maximum.

La daurade rose

Le pageot vit au-dessus ou à proximité des fonds de roches, de graviers, de sable ou de vase, jusqu’à 300 mètres de profondeur. Il est commun entre 20 et 100 mètres. C’est un omnivore mais il se nourrit surtout de poissons et d’invertébrés benthiques : crustacés, coquillages, vers. Ce poisson commence sa vie comme femelle et atteint sa maturité à l’âge de un ou deux ans. Au cours de sa troisième année d’existence, il se transforme en mâle. La reproduction a lieu à proximité des zones côtières entre le mois de mai et le mois d’août. Les œufs et les larves sont pélagiques. Sa couleur est d’un rose assez vif, la partie supérieure des flancs étant parsemée de petites écailles bleu argenté. En période de frai°, la teinte bleue s’accroît chez les mâles sur l’ensemble du corps. L’appellation de daurade rose, tout à fait correcte pour le pageot commun, est souvent employée à tort pour d’autres espèces de sparidés sur les étalages des poissonniers.

CORB

Corvu+ - *Sciaena umbra*, Linné, 1758

Embranchement : Vertébrés - Classe : Ostéichthyens - Ordre : Perciformes - Famille : Sciaenidés

Répartition géographique : mer Méditerranée et mer Noire, océan Atlantique est (du Sénégal au golfe de Gascogne) - Taille : commune de 20 à 35 cm. La taille maximale est de 70 cm.



Un poisson trop chassé

Magnifique poisson à la robe grise irisée de reflets argentés, le corb compte parmi les espèces qui ont payé un lourd tribut à la chasse sous-marine en Méditerranée, à l’instar des mérous, dentés, sars et autres cigales de mer. Sa rencontre sur le littoral est devenue aujourd’hui exceptionnelle, en dehors des quelques zones et réserves où il est partiellement protégé. En Principauté, cette espèce bénéficie, comme le mérou brun, d’un statut de protection totale. Essentiellement nocturne, le corb se nourrit de poissons, de crustacés, de mollusques et d’algues. Dans la journée, il se tient par petits groupes dans les éboulis et les failles peu profondes, immobile face aux courants. Ce comportement statique le rend très vulnérable. Les jeunes sont souvent observés dans les prairies de posidonies et pénètrent aussi dans les estuaires. Comme d’autres représentants de sa famille, le corb a une vessie natatoire° très développée. Il l’utilise comme caisse de résonance pour émettre des sons graves dont le rôle est inconnu. Cette particularité a valu aux Sciaenidés le surnom de “poissons tambours”.

LOUP, BAR

Luvassu+ - *Dicentrarchus labrax* (Linné, 1758) - Embranchement : Vertébrés - Classe : Ostéichthyens - Ordre : Perciformes - Famille : Serranidés
Répartition géographique : mer Méditerranée, océan Atlantique est (du Sénégal à la Norvège) - Taille : 20 à 55 cm en moyenne. 1 mètre au maximum

Le chasseur

Poisson de noble allure, le loup est un prédateur vorace, extrêmement méfiant.

Il se nourrit de poissons comme le soulet (*Atherina hepsetus*) qu'il aime capturer dans les eaux agitées de surface en les chassant à courte distance. Ce bon nageur surprend ses proies aux abords des zones rocheuses battues par les vagues ou dans les rouleaux qui déferlent sur les plages les jours de tempête. Sa quête le conduit souvent à l'embouchure des fleuves et des rivières. Capable de supporter des variations importantes de salinité, il n'hésite pas à remonter ces cours d'eau sur plusieurs kilomètres. Plutôt solitaires, les adultes se rassemblent en bancs compacts près de la côte entre le mois de janvier et le mois de mars pour frayer ; les œufs et les larves sont pélagiques. Le loup est assez abondant dans les eaux de la réserve sous-marine. L'élevage en captivité de ce poisson à la chair très estimée est aujourd'hui bien maîtrisé. Aristote disait de lui : "le loup est le plus fin des poissons".



GIRELLE COMMUNE

Zigurela reale+ - *Coris julis* (Linné, 1758) - Embranchement : Vertébrés - Classe : Ostéichthyens - Ordre : Perciformes - Famille : Labridés
Répartition géographique : mer Méditerranée, océan Atlantique est (du golfe de Guinée à la Scandinavie) - Taille : 10 à 20 cm. 25 cm au maximum

Royale destinée

La girelle commune est un des poissons les plus colorés de la Méditerranée. Elle fréquente les zones littorales rocheuses et l'herbier de posidonies où elle vit en petits groupes. Sa nage agitée et rapide est caractérisée par des mouvements saccadés et des changements d'orientation soudains. Elle consacre ses journées à la recherche de sa nourriture, composée d'invertébrés variés. De temps à autre, le labre nettoyeur de Méditerranée (*Symphodus melanocercus*), visible sur ce cliché, lui offre ses services : il la débarrasse de ses lambeaux de peau morte et de ses parasites. La nuit venue, la girelle s'enfouit dans le sable. La période de reproduction s'étend du mois d'avril au mois d'octobre et les pontes sont pélagiques, contrairement à celles de nombreux autres labres qui sont benthiques. Les mâles adultes sont parés d'une livrée éclatante qui leur vaut le nom de girelle royale. Quelques femelles âgées gagneront le droit de porter ce titre, à la faveur d'une inversion de sexe déclenchée par les relations sociales au sein du groupe.



CRÉNILABRE OCELLÉ

Ruché canadela+ - *Symphodus ocellatus* (Forskäl, 1775) - Embranchement : Vertébrés - Classe : Ostéichthyens - Ordre : Perciformes - Famille : Labridés
Répartition géographique : poisson endémique° de la Méditerranée - Taille : 10 à 12 cm

Quand le poisson fait son nid...

Ce mâle en livrée nuptiale est occupé à la préparation de ses nids. Comparables à ceux des oiseaux, ils sont confectionnés à faible profondeur avec des morceaux d'algues vertes et rouges entremêlés, prélevés ici et là. A l'époque du frai, qui débute au printemps, le mâle bâtit un nid par semaine, à environ 10 cm d'intervalle des précédents. Le nombre de ces nids est de six sur un territoire de quelques mètres carrés. Le mâle les défendra contre rivaux et prédateurs par des attaques frontales au cours desquelles il écarte ses opercules de façon menaçante. Les femelles se tiennent à proximité et nagent au-dessus de son domaine. La fabrication du nid terminé, une ou plusieurs d'entre elles y déposent leurs œufs collants, fécondés aussitôt par le futur père. De temps à autre, celui-ci tolère de jeunes mâles matures qui en profitent pour se reproduire. Les jeunes ont un comportement de poissons nettoyeurs commun à de nombreux labres juvéniles.



SERRAN ÉCRITURE

Saran+ - *Serranus scriba* (Linné, 1758) - Embranchement : Vertébrés - Classe : Ostéichthyens - Ordre : Perciformes - Famille : Serranidés

Répartition géographique : mer Méditerranée, océan Atlantique est (de l'Afrique du Sud au golfe de Gascogne) - Taille : 20 à 25 cm en moyenne. Il peut atteindre 36 cm de long.



Double jeu

Le changement de sexe est fréquent chez de nombreuses familles de poissons. Mais l'hermaphrodisme synchrone est beaucoup plus rare. Ce terme caractérise les espèces qui possèdent en même temps des organes reproducteurs mâles et femelles fonctionnels : c'est le cas du serran écriture. Mature à l'âge de trois ans, il se reproduit entre le mois d'avril et le mois d'août. A priori, rien ne l'empêche de se féconder lui-même. C'est pourtant la formation de couples et la fécondation croisée des partenaires qui est généralement observée. Cette stratégie de reproduction évite à long terme une dégénérescence de l'espèce. Les pontes se déroulent près de la surface, au crépuscule. Après une parade nuptiale où les deux poissons s'enroulent l'un autour de l'autre et nagent de concert en remontant vers la surface, un des individus féconde les œufs émis en pleine eau par son comparse. Ce comportement se répète immédiatement après mais chaque partenaire change alors de rôle. Le couple peut se reproduire cinq fois dans la même soirée.

ANTHIAS DE MÉDITERRANÉE, BARBIER

Castagnœra russa+ - *Anthias anthias* (Linné, 1758) - Embranchement : Vertébrés - Classe : Ostéichthyens - Ordre : Perciformes - Famille : Serranidés

Répartition géographique : mer Méditerranée, océan Atlantique est (du sud de l'Angola au nord du Portugal. Présence aux Açores)

Taille : 15 cm en moyenne. Il peut atteindre 27 cm de long.



Un poisson élégant

Le long des tombants, à l'entrée des grottes ou au dessus des épaves, entre 20 et 200 mètres de fond, les bancs d'anthias, souvent immobiles et comme bercés par les courants, offrent à la vue des plongeurs un spectacle magnifique. D'un point de vue esthétique, ce poisson à la nage gracieuse et aux couleurs remarquables n'a rien à envier à ses cousins des mers tropicales. Le régime alimentaire de cette espèce est composé principalement de crustacés planctoniques mais aussi de petits poissons. Sa reproduction a lieu au printemps ou au début de l'été. Les œufs, libérés et fécondés en pleine eau, sont planctoniques. Au sein du groupe, formé souvent de plusieurs dizaines d'individus, la communauté s'organise autour des mâles dominants, qui vivent en harem avec plusieurs femelles. A la mort du mâle dominant, c'est en général la femelle la plus âgée qui change de sexe et prend sa place. Mais les jeunes mâles primaires, c'est-à-dire les poissons nés à l'état de mâle, peuvent aussi revendiquer ce rôle !

APOGON DE MÉDITERRANÉE, ROI DES ROUGETS

Castagnœra de fundu+ - *Apogon imberbis* (Linné, 1758) - Embranchement : Vertébrés - Classe : Ostéichthyens - Ordre : Perciformes - Famille : Apogonidés

Répartition géographique : mer Méditerranée, océan Atlantique est (du golfe de Guinée au Portugal. Présence aux Açores, à Madère et aux Canaries)

Taille : Jusqu'à 15 cm



La ronde des apogons

Ces poissons vivent en groupes, entre 10 et 200 mètres de profondeur, à proximité des grottes et des surplombs rocheux. Dans la réserve, ils sont observés notamment sur le tombant du Léws. Ils se reproduisent de mai à septembre dans les eaux de surface. Plusieurs jours durant, les couples formés se livrent à des "rondes nuptiales" sans fin. Les nageoires anales et ventrales des deux partenaires servent de gouttières pour acheminer les spermatozoïdes émis par le mâle jusqu'à l'orifice génital de la femelle. Ce type de fécondation interne des œufs, sans accouplement et sans organe spécialisé, est exceptionnel chez les poissons. La ponte est expulsée en une seule fois par la femelle : 20 à 22 000 œufs agglomérés entre eux forment une boule compacte. Instantanément, le mâle les récupère dans sa bouche pour les protéger et les oxygéner jusqu'à l'éclosion. Celle-ci a lieu 8 jours plus tard et les larves mesurent alors 2 mm. Son devoir de père accompli, le mâle, infatigable, entamera une nouvelle "ronde" avec une autre compagne.

RASCASSE ROUGE, CHAPON

Capun russu+ - *Scorpaena scrofa*, Linné, 1758 - Embranchement : Vertébrés - Classe : Ostéichthyens - Ordre : Scorpaeniformes - Famille : Scorpaenidés
Répartition géographique : mer Méditerranée, océan Atlantique est (du Sénégal aux îles britanniques. Présence à Madère, aux Canaries et aux îles du Cap-vert)
Taille : 30 cm en moyenne. Il peut atteindre 50 cm de longueur.

Le roi du camouflage

Comme la rascasse brune (*Scorpaena porcus*), autre espèce établie dans les eaux de la réserve sous-marine, le chapon se confond à la perfection avec le milieu qui l'entoure. Couleur identique à celle des roches, corps trapu, immobilité parfaite : avec de tels atouts, il n'a aucun mal à disparaître dans le décor pour échapper aux prédateurs et chasser à l'affût. Les lambeaux cutanés qui recouvrent sa tête accentuent la ressemblance avec le relief irrégulier des pierres sur lesquelles il se trouve. Aspirés à la vitesse de l'éclair par ce mauvais nageur, les gobies, blennies ou autres mendoles qui n'ont pas prêté attention à ce rocher vivant agrémentent ses repas nocturnes. La ponte des femelles a lieu entre le mois de mai et le mois d'août. Fécondée en pleine eau par les spermatozoïdes des mâles émis simultanément, elle est enrobée dans un ruban gélatineux et transparent contenant des milliers d'œufs de 0,9 mm de diamètre. Les larves mènent une existence planctonique avant de redescendre sur les fonds de 20 à 200 mètres.



BLENNIE GATTORUGINE

Baveca+ - *Parablennius gattorugine* (Brünnich, 1768) - Embranchement : Vertébrés - Classe : Ostéichthyens - Ordre : Perciformes - Famille : Blenniidés
Répartition géographique : mer Méditerranée, océan Atlantique est (du Maroc à l'Ecosse) - Taille : 15 à 20 cm, 30 cm au maximum

Un caractère affirmé !

La blennie gattorugine est en Méditerranée l'une des plus grandes espèces de sa famille. Baveuse, cabot, perce-pierre : les noms qui lui sont donnés traduisent bien les différentes facettes de son comportement naturel. Rencontrée entre 0 et trente mètres de fond, elle a une préférence marquée pour les blocs rocheux des tout premiers mètres où elle se tient à l'affût, surtout quand ils sont pourvus de nombreuses caches et de galeries où elle peut se dissimuler. Son régime alimentaire est à base de petits crustacés, de mollusques, de vers mais aussi d'algues qu'elle broute sur les rochers. Très curieuse, elle a une connaissance parfaite de son territoire et de ses environs. Elle n'hésite pas à le défendre avec hargne devant un intrus, allant même jusqu'à mordre ; d'ailleurs, la main d'un plongeur ne l'intimide pas ! Son corps est recouvert d'une grande quantité de mucus qui la rend difficile à saisir. Au printemps, c'est le mâle qui prend soin des œufs collés au substrat par les différentes femelles qui pondent dans son territoire. Les larves naissent un mois après.



MURÈNE DE MÉDITERRANÉE

Murēna+ - *Muraena helena*, Linné, 1758 - Embranchement : Vertébrés - Classe : Ostéichthyens - Ordre : Anguilliformes - Famille : Muraenidés
Répartition géographique : mer Méditerranée, océan Atlantique est (du Maroc aux îles britanniques. Présence à Madère et aux Açores)
Taille : jusqu'à 1,30 mètre

Une réputation surfaite

Relativement abondante dans la région niçoise, la murène de Méditerranée habite les fonds rocheux, depuis la surface jusqu'à 100 mètres de profondeur. Elle affectionne aussi les épaves où elle trouve de nombreuses caches et ne dédaigne pas les récifs artificiels de la réserve. Le poulpe est sa proie favorite. Est-ce l'utilisation qu'en faisait l'empereur Néron, qui leur donnait ses esclaves en pâture, ou leur aspect impressionnant qui font des murènes des poissons mal aimés ? Toujours est-il que si la murène est parfois très agressive envers l'homme, sa férocité, servie par une force musculaire redoutable et une dentition puissante, ne s'exprime que dans des conditions bien précises : si elle est dérangée ou si elle se sent en danger, la murène se défend. Les pêcheurs qui la remontent dans leurs casiers ou les plongeurs trop curieux sont exposés à sa morsure douloureuse et profonde. La plaie s'infecte rapidement en raison des toxines contenues dans la salive de l'animal.



TRIPTÉRYGION

Püverëta de marina + - *Tripterygion tripteronotus* (Risso, 1810) - Embranchement : Vertébrés - Classe : Ostéichthyens - Ordre : Perciformes - Famille : Tripterygiidés - Répartition géographique : mer Méditerranée, océan Atlantique est (des Canaries aux côtes de Normandie) - Taille : jusqu'à 8 cm.



La danse du triptérygion

Entre 0 et 12 mètres de fond, le triptérygion affectionne les zones ombragées et abritées des parois rocheuses de surface. Dans la réserve, les blocs du brise-lames du Larvotto situés côté plage lui conviennent très bien. Très actif, il se nourrit des petits invertébrés benthiques qu'il côtoie dans son habitat. Le mâle en livrée nuptiale, au corps orangé et à la tête d'un noir prononcé, se distingue facilement de la femelle, dont la robe brun jaunâtre est plus terne. En période de reproduction, de mai à juillet, il fait sa cour en effectuant de petits bonds en zigzag devant la compagne qu'il a choisie, pour l'attirer dans son territoire. Sa tête est agitée de mouvements saccadés. Après avoir déposé ses œufs, la femelle abandonne son compagnon et s'en va frayer avec d'autres prétendants. Cette activité est essentiellement matinale. Comme la blennie gattorugine, le triptérygion a une parfaite connaissance de son environnement. Un mâle capturé puis relâché à une distance de 30 mètres de son domaine le retrouve sans aucune difficulté.

GOBIE ENSANGLANTÉ

Gobu+ - *Gobius cruentatus*, Gmelin, 1789 - Embranchement : Vertébrés - Classe : Ostéichthyens - Ordre : Perciformes - Famille : Gobiidés
Répartition géographique : mer Méditerranée (absent des côtes sud-est), océan Atlantique est (du Maroc au bassin d'Arcachon. Présence dans le sud-ouest de l'Irlande) - Taille : jusqu'à 18 cm



Famille nombreuse

Avec 64 espèces différentes, la famille des gobies est la plus importante de Méditerranée. Elle représente à elle seule 10% de toutes les espèces de poissons actuellement recensées dans la grande bleue. Dans les eaux côtières, le gobie ensanglanté vit sur des reliefs variés tels que les fonds sableux, les zones rocheuses ou l'herbier de posidonies. Il se nourrit de petits crustacés, de vers, de mollusques et parfois de jeunes poissons. Sa tête aplatie, ses joues arrondies et ses grosses lèvres rouges le rendent facilement identifiable, ce qui est loin d'être le cas pour d'autres espèces de sa famille. Le mâle établit un territoire d'environ 1m². Il se cache dans les cavités, sous les pierres ou à l'intérieur des coquilles vides. C'est là que plusieurs femelles viennent fixer leurs œufs au moment de la reproduction qui a lieu au printemps et en été. Le futur père protège et oxygène les pontes. Pour impressionner d'éventuels prédateurs, il émet des grondements menaçants et nettement audibles, produits par le frottement de ses dents.

ROUGET DE ROCHE

Treglia de schœgglu+ - *Mullus surmuletus* (Linné, 1758) - Embranchement : Vertébrés - Classe : Ostéichthyens - Ordre : Perciformes - Famille : Mullidés - Répartition géographique : mer Méditerranée, océan Atlantique est (du Sénégal à la mer du Nord) - Taille : 10 à 25 cm en moyenne. Taille maximale : 40 cm



Un fin gourmet

Le rouget de roche est fréquent sur les fonds de roches, de graviers ou de sable jusqu'à 100 mètres de profondeur. Il se distingue du rouget de vase (*Mullus barbatus*) par la présence sur ses flancs de cinq bandes longitudinales, plus ou moins apparentes en fonction du moment de la journée et du comportement du poisson. Pour le rouget, le sable est le meilleur des restaurants ! Il possède à la base du menton deux barbillons fourchus et souples. Ces organes tactiles et gustatifs sont utilisés pour fouiller le sédiment et en détecter le contenu. Le rouget déloge ainsi tous les petits animaux benthiques qu'il repère. Il se délecte alors de crustacés, de mollusques ou de vers. La reproduction a lieu entre le mois d'avril et le mois de juillet. La ponte est pélagique et les larves, planctoniques, sont d'une belle couleur bleutée. Elles s'alimentent essentiellement de crustacés copépodes durant cette phase. La chair blanche et ferme du rouget de roche est appréciée depuis la haute antiquité. Les romains organisaient des festins où il était consommé en abondance.

GRANDE VIVE

Aragna draco+ - *Trachinus draco*, Linné, 1758 - Embranchement : Vertébrés - Classe : Ostéichthyens - Ordre : Perciformes - Famille : Trachinidés
Répartition géographique : mer Méditerranée, océan Atlantique est (du Maroc à la Scandinavie) - Taille : 10 à 30 cm en moyenne. 45 cm maximum.

Attention : venin !

Enfouie dans le sable durant la journée, sur les fonds de 5 à 100 mètres, la grande vive guette ses proies. Elle les capture à la vitesse de l'éclair, en se propulsant hors du sédiment grâce aux mouvements puissants de sa nageoire caudale. Pris au piège de ce prédateur invisible, les petits crustacés et les poissons composent l'essentiel de son alimentation. La grande vive ne laisse dépasser du sédiment que ses yeux et les premiers rayons épineux de sa nageoire dorsale. Ces aiguillons contiennent un venin puissant. En cas de piqûre, il provoque des douleurs insupportables. La gravité de la blessure varie avec la quantité de venin injecté et la corpulence de la victime.

Hormis la douleur, les troubles peuvent se traduire pendant plusieurs jours par des œdèmes, des nausées, des difficultés respiratoires. Les effets du venin sont atténués par la mise en contact immédiate de la zone indurée avec une source de chaleur. Par mesure de sécurité, ces aiguillons sont éliminés par les pêcheurs quand elle est mise en vente sur les marchés.



FAUX TURBOT

Rombu d'arena+ - *Bothus podas* (Delaroche, 1809) - Embranchement : Vertébrés - Classe : Ostéichthyens - Ordre : Pleuronectiformes - Famille : Bothidés
Répartition géographique : espèce endémique de la Méditerranée - Taille : Commune de 8 à 18 cm. 45 cm maximum

Mimétisme et métamorphose

Le faux turbot peuple les fonds sablo-vaseux de 15 à 400 mètres. Comme tous les poissons de sa famille, il vit couché sur l'un de ses flancs. Son corps aplati et ses aptitudes à un changement de couleur rapide le font passer totalement inaperçu. D'ordinaire, il se tient légèrement enfoui, ne laissant apparaître que ses yeux dont l'écartement est caractéristique. Très mobiles, les yeux fonctionnent de façon indépendante. Comparables à de véritables tours de contrôle, ils lui permettent de voir en même temps dans toutes les directions. Ainsi protégé, le faux turbot se tient à l'affût des moindres proies qui passent à sa portée ; crevettes, vers et petits poissons agrémentent ses repas. La reproduction se déroule entre le mois de mai et le mois d'août en Méditerranée occidentale. Les jeunes ont un mode de vie pélagique. Au début, ils n'ont rien d'un poisson plat. Leur corps, parfaitement symétrique, subit une métamorphose au cours de laquelle l'œil droit migre vers le côté gauche du corps. La transformation opérée, ils rejoignent le fond.



POISSON LÉZARD

Pisciu ratabrūna+ - *Synodus saurus* (Linné, 1758) - Embranchement : Vertébrés - Classe : Ostéichthyens - Ordre : Scopeliformes - Famille : Synodontidés
Répartition géographique : mer Méditerranée, océan Atlantique est (le long des côtes et des îles africaines), océan Atlantique ouest (Bermudes, Bahamas, petites Antilles) - Taille : 15 à 25 cm. 45 cm au maximum.

Mystérieux

Le comportement du poisson lézard est encore méconnu, bien que ce poisson soit observé régulièrement dans les eaux de la réserve ou dans le port de Monaco. Généralement solitaire, il vit sur les fonds sablo-vaseux, à partir de 25 mètres et jusqu'à 400 mètres de profondeur. Il se tient immobile, comme un lézard, dans l'attente du passage de poissons ou de crevettes qu'il saisit avec une grande rapidité.

Ses mâchoires, armées de dents pointues et sa tête, aplatie et triangulaire, le caractérisent. Six taches noires circulaires ornent les flancs des jeunes. Un deuxième représentant de la famille des synodontidés vit en Méditerranée, dans le sud-est oriental : le poisson lézard à grandes écailles (*Saurida undosquamis*). Répandu en mer Rouge et dans l'océan Indo-Pacifique, il fait partie des migrants lessepsiens, c'est-à-dire des espèces qui ont traversé le canal de Suez depuis sa création et se sont adaptées à la vie dans les eaux méditerranéennes. Actuellement, environ 50 espèces de poissons lessepsiens sont recensées.



ESPÈCES MENACÉES : LA VIE EN DANGER

Pollution par rejets de métaux lourds, de détergents ou de produits organo-chlorés, pollution par rejets d'engrais agricoles, prélèvements excessifs, sacs plastiques et autres déchets domestiques jetés à la mer, constructions côtières gagnées sur la mer, filets dérivants, ancrage des bateaux sur des fonds sous-marins fragiles, dégazages, non respect des réglementations, tir par balles, etc...

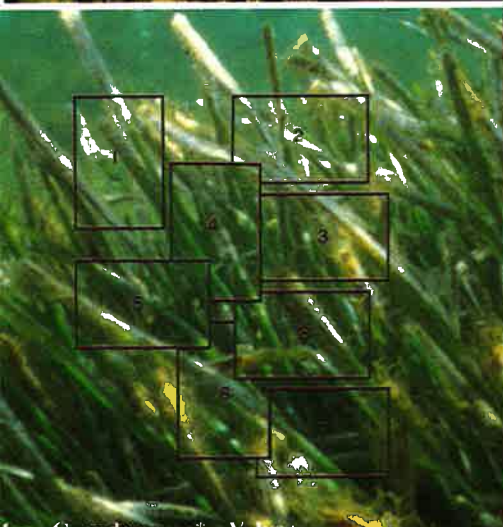
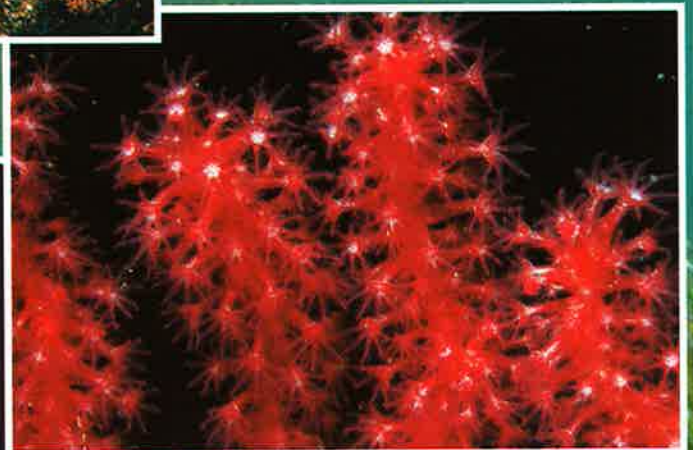
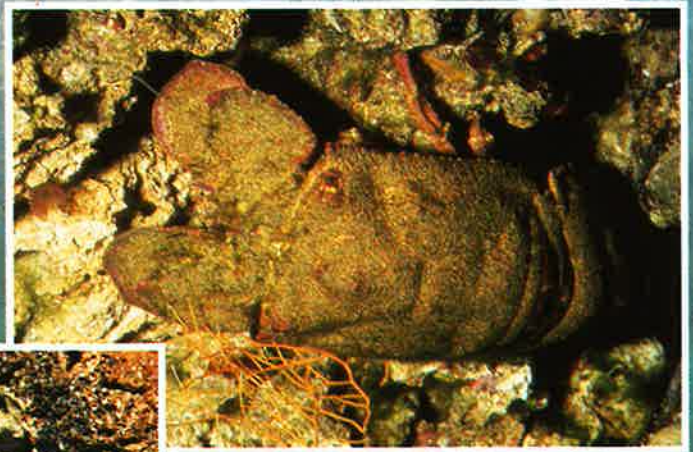
Aujourd'hui, les actions négatives de l'homme sur l'environnement menacent gravement la Méditerranée et ses peuplements. Cette mer au milieu des terres subit chaque jour un peu plus la pression des populations humaines, et l'accroissement constant, installées sur ses rivages. Conséquences : la qualité des biotopes sous-marins se dégrade, la faune et la flore souffrent.

Devant cette situation alarmante, les gouvernements des pays riverains développent peu à peu, à l'échelle nationale ou internationale, une politique environnementale et éducative plus réaliste. Les actions locales concrètes se multiplient. Ce mouvement d'ensemble va dans le sens de la sauvegarde de la Méditerranée et doit s'amplifier. En ce qui concerne notamment les espèces en danger, il devient urgent qu'il se traduise dans les faits par des mesures de surveillance plus efficaces et par une répression plus souvent effective des actes illégaux.

Mais la protection du milieu et des espèces menacées est aussi l'affaire de tous. Les petits "gestes bleus" de la vie quotidienne pèsent parfois plus lourd que les grandes décisions quand ils sont multipliés des millions de fois, pendant des années...

Espèces protégées° en Méditerranée : (Ces espèces bénéficient d'un statut de protection légal sur l'ensemble du littoral français).	Menaces principales qui pèsent sur ces espèces et entraînent une raréfaction des peuplements en Méditerranée :
Phanérogames : Posidonie (<i>Posidonia oceanica</i>) Cymodocée (<i>Cymodocea nodosa</i>)	Constructions côtières, pollutions et rejets côtiers
Cnidaires : Corail rouge (<i>Corallium rubrum</i>)	Surexploitation, prélèvements abusifs pour l'utilisation en bijouterie
Mollusques : Patelle géante - Ruchela+ (<i>Patella ferruginea</i>) Datte de mer (<i>Lithophaga lithophaga</i>) Grande nacre (<i>Pinna nobilis</i>). Nacre épineuse (<i>Pinna rudis</i>)	Pollution, surexploitation. Usage alimentaire. Derniers peuplements importants au Maroc et en Tunisie. Surexploitée en Italie et en Croatie. Usage alimentaire. Prélèvements abusifs pour usage décoratif. Régression de l'habitat naturel, l'herbier de posidonies. Même cause.
Crustacés : Grande cigale de mer (<i>Scyllarides latus</i>)	Surexploitation. Usage alimentaire
Echinodermes : Oursin diadème de Méditerranée (<i>Centrostephanus longispinus</i>)	Pollution, prélèvement abusifs.
Poissons : Mérou brun (<i>Epinephelus marginatus</i>)	Pêche et chasse sous-marine excessives. Usage alimentaire.
Tortues marines : Un nouvel arrêté assurant leur protection intégrale est en cours d'application. Cinq espèces sont rencontrées en Méditerranée : Tortue caouanne (<i>Caretta caretta</i>), Tortue verte (<i>Chelonia mydas</i>), Tortue caret (<i>Eretmochelys imbricata</i>), Tortue de Kemp (<i>Lepidochelys kempii</i>), Tortue luth (<i>Dermochelys coriacea</i>).	Dégradation ou dérangement des sites naturels de pontes (tourisme). Pollution. Les sacs plastiques flottants confondus avec des méduses sont avalés et provoquent des occlusions intestinales ou l'étouffement. Capture et consommation d'individus sauvages encore en usage dans certaines régions.
Mammifères marins : Pinnipèdes : Phoque moine de Méditerranée (<i>Monachus monachus</i>) Baleines et dauphins (Balena+ - Derfin+): 12 espèces de cétacés vivent en Méditerranée : Rorqual commun (<i>Balaenoptera physalus</i>), Petit rorqual (<i>Balaenoptera acutorostrata</i>), Grand cachalot (<i>Physeter catodon</i>), Baleine à bec de Cuvier (<i>Ziphius cavirostris</i>), Orque (<i>Orcinus orca</i>), Grand dauphin (<i>Tursiops truncatus</i>), Dauphin bleu et blanc (<i>Stenella coeruleoalba</i>). Dauphin commun (<i>Delphinus delphis</i>), Dauphin à bec étroit (<i>Steno bredanensis</i>), Dauphin de Risso (<i>Grampus griseus</i>), Globicéphale noir (<i>Globicephala melas</i>), Faux-orque (<i>Pseudorca crassidens</i>). Un nouveau projet visant à leur protection efficace en Méditerranée est actuellement en cours de réalisation.	Dégradation ou dérangement des sites de reproduction (tourisme). Chasse. 200 individus survivent en Méditerranée. Espèce en voie d'extinction. Pollution par les hydrocarbures, les pesticides, les métaux lourds. Elle entraîne des maladies, des malformations, un taux d'avortements plus élevé. Ingestion de corps étrangers (sacs plastiques, objets coupants). Filets dérivants provoquant la noyade. Collisions avec les bateaux rapides. Tirs volontaires de balles, explosions.

Même si elle n'est pas toujours respectée, la loi protège ces espèces. D'autres organismes marins ne bénéficient encore d'aucune mesure de protection. Pourtant, leurs populations diminuent de façon inquiétante dans certaines régions de la Méditerranée : c'est le cas par exemple de la Gorgone rouge (*Paramuricea clavata*), du spondyle (*Spondylus gae-deropus*) ou des hippocampes (*Hippocampus hippocampus* et *Hippocampus ramulosus*).



- 1 : Grande nacre* - Valva+
- 2 : Grande cigale de mer - Maciota grossa+
- 3 : Corail rouge de Méditerranée*
- 4 : Datte de mer* - Dataru+
- 5 : Oursin diadème de Méditerranée*
- 6 : Tortue caouanne - Tartaruga de marina+
- 7 : Mérou brun - Mera+
- 8 : Gorgone rouge

* : Espèces menacées présentes dans les eaux de la réserve sous-marine monégasque.

L'herbier de posidonie* (*Posidonia oceanica*).

LEXIQUE

Alevin : chez les poissons, étape du développement se situant immédiatement après le stade larvaire.

Algues : végétaux aquatiques des eaux douces ou salées dépourvus de racines, de tiges et de feuilles, unicellulaires ou pluricellulaires. Leur couleur est déterminée par la nature et la teneur des pigments contenus dans les tissus.

Benthique : terme qui qualifie le fond des océans, des mers, des lacs ou des rivières. Les organismes vivants fixés ou mobiles qui peuplent le fond constituent le benthos.

Biotope : aire géographique délimitée, caractérisée par des conditions écologiques particulières (nature du sol, température, salinité, etc...) et qui sert d'habitat aux organismes vivants qui la peuplent.

Endémique : ce terme définit une distribution géographique limitée. Cette notion s'applique aux espèces comme aux unités de classification des êtres vivants de rang supérieur. Sur les 638 espèces de poissons actuellement recensées en Méditerranée, 117 sont endémiques : on ne les rencontre dans aucune autre mer.

Espèce : appartient à la même espèce des organismes vivants qui se ressemblent par leur forme, leur anatomie, leur écologie, leur comportement et leur fonctionnement interne ; ils ne sont pas isolés géographiquement de leurs semblables, se reproduisent entre eux et leurs descendants sont féconds.

Espèce protégée : une espèce est dite protégée lorsque sa destruction, sa capture, son transport, sa mise en vente et son achat sont interdits sur un territoire donné.

Frai : époque, acte décrivant la reproduction chez les poissons et les amphibiens.

Incubation : période qui s'écoule entre la fécondation et la naissance d'un organisme vivant.

Invertébré : animal dépourvu de colonne vertébrale. Le corps de nombreux invertébrés marins est souvent protégé par une enveloppe externe élaborée par l'animal : squelette externe des coraux, coquille des mollusques, carapace des crustacés.

Necton : ensemble des organismes vivants de la pleine eau dont le mode de déplacement est suffisamment puissant pour être indépendant des courants ou des marées.

Ostéichthyens : poissons pourvus d'un squelette osseux. Ce sont les plus représentés actuellement. Ils se distinguent des poissons à squelette cartilagineux (Requins, raies, chimères) et des poissons cartilagineux dépourvus de mâchoires (lamproies, myxines).

Phanérogame : plante terrestre ou aquatique pourvue de racines, de tiges et de feuilles, qui fleurit périodiquement et produit des graines.

Photosynthèse : synthèse biochimique de matière organique et production d'oxygène à partir d'éléments minéraux ou organiques et de l'énergie solaire. On distingue les êtres vivants autotrophes, capables de réaliser cette synthèse (ex : les algues), des êtres vivants hétérotrophes, incapables de synthétiser eux-mêmes de la matière organique (ex : les poissons).

Pélagique : terme qui qualifie tout organisme vivant dans les zones marines de pleine eau, c'est-à-dire libre de tout contact avec le fond.

Plancton : ensemble des organismes vivants, animaux ou végétaux, qui vivent en suspension dans les océans et les eaux douces et dont le déplacement dépend des courants.

Réserve naturelle : territoire terrestre ou aquatique spécialement affecté à la conservation et à la protection des êtres vivants.

Stade larvaire : stade immature présenté par certains animaux au cours de leur développement. Il diffère parfois beaucoup de la forme adulte.

Thalle : appareil végétatif des algues, caractérisé par l'absence de tige, de feuilles et de racines.

Vertébré : animal pourvu d'une colonne vertébrale. Les animaux vertébrés comprennent les batraciens, les reptiles, les poissons, les oiseaux et les mammifères. Ils représentent environ 2 % de toutes les espèces vivantes de la planète Terre.

Vessie natatoire : sac rempli de gaz, relié ou non au tube digestif des poissons. Il sert de ballast aux poissons et leur permet de maintenir leur équilibre. La vessie natatoire n'est pas présente chez toutes les espèces.



Pour en savoir plus...

- “Parcs et réserves de France”, P. Darmangeot. 1991. Editions ARTHAUD.
“Guide des réserves naturelles de France”, A. Reille et C. Bonnin Luguot. 1987. Editions DELACHAUX & NIESTLE.
“Découvrir la Méditerranée”, S. Weinberg. 1992. Editions NATHAN.
“Guide de la faune sous-marine des côtes méditerranéennes”, W. Luther & K. Fiedler. 1987. Editions DELACHAUX & NIESTLE.
“Guide des poissons de la Méditerranée”, M. Harmelin-Vivien & J. G. Harmelin. 1990. Editions DELACHAUX & NIESTLE.



Remerciements

Ce fascicule a été réalisé avec la collaboration et la participation des personnes ci-après auxquelles nous adressons nos vifs remerciements :

Annig Toulemont, Nadia Ounaïs, Maguelonne Déjeant-Pons, Joëlle Raffin, Yves Bérard, Christian Carpine, Thierry Thevenin, Pierre Gilles, Denis Allemand, Jean-Marie Bouchard, Daniel Battaglini, Edmond Lafont et le personnel de la bibliothèque du Musée océanographique de Monaco.

Enfin, nous adressons nos remerciements au Professeur François Doumenge, Directeur du Musée océanographique de Monaco, qui a autorisé l'auteur à réaliser ce travail.

Tous les clichés de cet ouvrage ont été réalisés par J-M. Mille, exceptés les photos suivantes :

Pages XX-XXI - Grande cigale de mer, Tortue caouanne : clichés de Yves Bérard. Datte de mer : cliché de Daniel Battaglini.

Fond de page Pages IV-V - Extrait de la carte N° 6881P du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine Nationale, reproduit avec l'aimable autorisation (N° 521/95) du Chef de la section distribution (ne pas utiliser cette carte pour la navigation). Cliché de Yves Bérard.



*L'ombrelle en forme de cloche de cette méduse de grande taille, le rhizostome (*Rhizostoma pulmo*), sert de refuge idéal aux alevins° de certaines espèces de poissons exposés aux dangers de la pleine eau, comme ces jeunes chinchards (*Trachurus mediterraneus*).*

Textes

Didier THÉRON, Responsable pédagogique du Musée Océanographique de Monaco

Documentation et recherche bibliographique

Christine FERRIER-PAGÈS, Docteur en Océanographie
Michèle ROBILLON, Maître ès Sciences Naturelles

Photographies

Jean-Michel MILLE

Conception graphique et maquette :
EGC - Monaco

Compo-gravure et impression :
Multiprint - Monaco

AMPN

secrétariat :

7, rue de la Colle
MC 98000 MONACO
Tél. : 92.05.61.70
Fax : 92.05.32.45

Dépôt légal : 28.920/5000/novembre 1995

Cet ouvrage a été achevé d'imprimer le 30 octobre 1995
sur les presses de l'imprimerie Multiprint à Monaco.

